

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Тришин П.Р.
ТЕКСТИ (конспект) лекцій з дисципліни

«Процеси механічної обробки та їх еволюція»

для студентів всіх форм навчання
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
спеціалізації «**Технології машинобудування**»
галузі знань «Механічна інженерія»

2024

Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Процеси механічної обробки та їх еволюція» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. доц. Тришин П.Р., ст. викл. Кучугуров М.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 277 с.

Укладач – Тришин П.Р., ст. викл. каф. ТМБ
Кучугуров М.В., ст. викл. каф. ТМБ

Рецензент – Гончар Н.В. канд.техн.наук, доц. каф. ТМБ

Відповідальний за випуск – доц., к.т.н. Дядя С.І.

Затверджено на
засіданні кафедри
«Технології
машинобудування»
Протокол № 1 від
06.08.2024р.

Рекомендовано до
видання НМК
машинобудівного
факультету
протокол № 1
від 27.08.2024р.

ЗМІСТ

Тема 1. Професія інженера та її особливості	4
1.1. Мета і зміст інженерної діяльності	4
1.2. Винахідництво і раціоналізація	
1.3. Диференціація та інтеграція інженерних професій	
1.4. Науковий потенціал сучасного інженера	
1.4.1. Теоретична підготовка інженера-механіка	
1.4.2. Нові аспекти інженерної підготовки	
Тема 2. Наука і сучасна інженерна діяльність	21
2.1. Рубежі сучасної науки та її основні напрямки	
2.2. Сучасні науково-технічні системи	
2.3. Розвиток обчислювальної техніки	
2.3.1. Механічні обчислювальні машини (сторінки історії)	
2.3.2. Електроніка і сучасні ЕОМ	
2.3.3. Біопроецесори	
2.4. Інформаційні технології – нова ера у розвитку цивілізації	
2.4.1. Комп'ютери та комп'ютерні мережі	
2.4.2. Біоелектроніка	
2.4.3. Штучний інтелект	
2.4.4. Роботи і роботизація виробництва	
2.5. Інженерна діяльність в епоху НТР	
2.5.1. Особливості інженерної діяльності на сучасному етапі	
2.5.2. Комп'ютери в інженерній практиці	
Тема 3. Сучасна енергетика та її проблеми	62
3.1. Джерела енергозабезпечення.	
3.1.1. Природні і перетворені джерела енергії	
3.1.2. Енергетичні системи і машини	
3.2. Області використання і проблеми сучасної енергетики	
3.3. Перспективи розвитку атомної енергетики.	
3.3.1. Атомна енергія сьогодні і завтра	
3.3.2. Інші напрямки використання атомної енергетики	
3.4. Можливості використання сонячної енергії	
3.4.1. Джерело, яке не вичерпується	
3.4.2. Перетворювачі сонячної енергії	
3.4.3. Приклади використання сонячної енергії	

(дійсність і перспектива)

3.5. Нові технології використання вугілля

3.6. Альтернативні джерела енергії

3.6.1. Використання поновлюваних джерел енергії

3.6.2. Використання промислових та сільськогосподарських відходів

3.6.3. Біопаливо для автомобілів

3.6.4. Енергозберігаючі технології і конструкцій

Тема 4. Матеріали в інженерних конструкціях 99

4.1. Традиційні конструкційні матеріали

4.1.1. Класифікація конструкційних матеріалів

4.1.2. Чорні метали та їх сплави

4.1.3. Кольорові метали і їх сплави

4.1.4. Неметалеві матеріали

4.2. Нові конструкційні матеріали

4.2.1. Особливості отримання нових конструкційних матеріалів

4.2.2. Нове – це добре забуте старе

4.2.3. Наноматеріали і порошки

4.2.4. Матеріали – напівпровідники

4.2.5. Композиційні матеріали

4.2.6. Порошкові матеріали

4.2.7. Метали і сплави зі спеціальними властивостями

4.2.8. Тверді сплави і надтверді матеріали

4.2.9. Функціональні покриття

4.2.10. Біополімери (органічні напівпровідники)

Тема 5. Сучасне устаткування в машинобудуванні 139

5.1. Оброблювальне устаткування та його роль у розвитку трудових процесів

5.2. Металорізальні верстати і системи

5.2.1. Сторінки еволюції токарного устаткування

5.2.2. Класифікація металорізальних верстатів

5.2.3. Основні напрями розвитку оброблювального устаткування

5.3. Верстати з ЧПУ

5.3.1. Технологічні можливості верстатів з ЧПУ

5.3.2. Системи управління верстатів з ЧПУ

5.3.3. Високопродуктивне устаткування на базі ЧПУ

5.3.4. Особливості експлуатації автоматизованого устаткування

5.3.5. Металообробні верстати та різальні інструменти	
5.3.6. Комп'ютерне забезпечення машинобудування	
5.4. Устаткування для немеханічних методів обробки	
5.4.1. Устаткування для променевих методів обробки матеріалів	
5.4.2. Устаткування для інших немеханічних методів обробки деталей	
Тема 6. Методи обробки деталей	172
6.1. Чинники, що визначають вибір метода обробки деталі	
6.2. Механічна обробка матеріалів різанням	
6.3. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів	
6.3.1. Електроерозійні методи обробки	
6.3.2. Електрохімічна розмірна обробка	
6.3.3. Ультразвукова обробка	
6.3.4 Променеві методи обробки	
6.4. Методи поверхнево-пластичного деформування	
6.4.1 Формотворчі методи поверхнево-пластичної деформації	
6.4.2. Зміцнювальні методи обробки	
6.4.3. Регулярний мікрорельєф поверхні та його формування	
Тема 7. Об'єкти інженерної діяльності	198
7.1. Машини і технічні системи	
7.1.1. Від механіки до мікроелектроніки	
7.1.2. Еволюція техніки у свідомості людей	
7.1.3 Системний підхід до оцінки об'єктів інженерної діяльності	
7.1.4. Філософія техніки	
7.2. Людина і машина	
7.2.1. Функціональні можливості людини і машини	
7.2.2. Система "Людина – машина"	
7.2.3. Характеристика систем "Людина-машина"	
7.3. Сучасний рівень розвитку техніки	
7.3.1. Класифікація машин	
7.3.2. Основні напрями розвитку сучасної техніки	
7.4. Техніка сучасного покоління	
7.4.1. Принципово нові конструкції технічних об'єктів	
7.4.2. Модернізація існуючих конструкцій	
Тема 8. Інженер і виробничий процес	237
8.1. Виробничі процеси в машинобудуванні	
8.1.1. Особливості сучасних виробничих процесів	

8.1.2. Рівні автоматизації виробничих процесів	
8.1.3. Гнучкі виробничі системи	
8.2. Технічна підготовка виробництва в машинобудуванні	
8.3. Технологічна підготовка виробництва	
8.3.1 Зміст технологічної підготовки виробництва	
8.3.2. Сучасні проблеми технологічної підготовки виробництва	
8.3.3. Проектування нестандартного устаткування	
8.4. Організаційні особливості сучасних виробництв	
Тема 9. Технологія і інженер-технолог на виробництві	249
9.1. Технологія і роль інженера-технолога в її забезпеченні	
9.1.1. Історичне коріння технології машинобудування	
9.1.2. Роль технології машинобудування в діяльності інженера	
9.2. Технологічний процес (загальні відомості)	
9.2.1. Класифікація технологічних процесів	
9.2.2. Поняття про модульну технологію	
9.3. Проектування технологічних процесів	
9.3.1. Традиційні методи проектування технологій	
9.3.2. Особливості проектування технологічних процесів для верстатів з ЧПУ	
9.4. Основні напрями розвитку сучасної технології	
9.4.1. Якісні зміни технологічних процесів	
9.4.2. Автоматизація технологічних процесів	
9.4.3. Технологічна уніфікація процесів	
9.5. Нові технологічні процеси	
9.5.1 Електроніка і машини-автомати	
9.5.2. Нанотехнології та перспективи їхнього розвитку	
Література	277

ТЕМА 1. ПРОЦЕСІЯ ІНЖЕНЕРА ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

1.1. Мета і зміст інженерної діяльності

Одним з різновидів творчої трудової діяльності є професія інженера. Як будь-яка трудова діяльність, інженерна професія має свою мету і свої завдання. Для інженера – це проектування і виготовлення технічних об'єктів – машин і технічних систем самого різноманітного призначення.

Сучасні словники по-різному визначають значення слова "інженер":

• **Інженер** [фр. *ingenue*] – фахівець в якій-небудь області техніки з вищою освітою.

• **Інженер** – це людина з вищою технічною освітою, яка використовує технічні знання і навички, щоб розробляти, конструювати і т. д. машини, виробниче обладнання і т. д.

Обидва визначення вірні, але кожне з них дає лише одностороннє визначення інженерної професії. Насправді, вона повинна володіти двома цими якостями одночасно.

Дуже цікава також етимологія слова "інженер". "Латинське слово *ingenium*, з якого походить італійське *ingegno*, французьке *ingenieur* і англійське *engineer*, означає майже теж саме, що й давнє російське слово "измысленный", тобто "майстерно виконаний", замість якого тепер залишилося слово "измышление", тобто вміння орієнтуватися в різних практичних ситуаціях. Англійці досі називають *engineer* всякого техника і перенесли це слово і на машину – *engine*.

"Інженерна діяльність, – за словами В. Л. Кірпічова, – це, "головним чином, розумова діяльність, спрямована на створення, винахід нового. Якщо хтось вважає, що можна тільки рутинно копіювати старовину, тому не потрібно закінчувати вищий навчальний заклад: його робота буде роботою ремісника, а не інженера".

З іншого боку, робота інженера базується на широкому комплексі найрізноманітніших наукових знань, які дає вища школа.

Отримання диплома про вищу технічну освіту не завершує наукової підготовки інженера. Освіта тільки тоді надає фахівцеві право гідно носити звання інженера, коли він дійсно включений в

інженерну діяльність, творчо застосовує знання, придбані у вищій школі і після її закінчення, коли він стає творцем нової техніки: конструктором або технологом, випробувачем або умілим організатором виробництва, що мислять нестандартно.

Наявність творчих елементів потрібна при виконанні будь-яких інженерних завдань, незалежно від їх характеру.

Елементи інженерної професії та їх забезпечення.

Як видно з визначення терміну "інженер", інженерна діяльність належить до складних професій. Вона поєднує в собі завдатки вченого, художника і практика.

Інженер, подібно до вченого, є носієм нових ідей. Ці нові ідеї формуються у напрямі вдосконалення технічних засобів і процесів, що їх забезпечують. Але інженерна праця, маючи дослідницьку спрямованість, принципово відрізняється від наукової діяльності. Якщо вчений ставить перед собою пізнавальні цілі, то перед інженером завжди стоїть конкретне практичне завдання – створити новий технічний або технологічний об'єкт.

Наявність принципових відмінностей в науковій і інженерній діяльності зовсім не означає, що їх не можна поєднувати. Творчість видатних діячів науки і техніки, таких як Архімед, Леонардо да Вінчі, М.В. Ломоносов, І.В. Курчатов, С.П. Корольов та ін., переконливо доводять можливість і плідність такого поєднання наукової та інженерної діяльності.

Інженерна діяльність має багато спільного і з працею художника. Інженер повинен уміти подумки представити об'єкт своєї діяльності. А для цього необхідно, щоб він, подібно до художника, мав добре розвинену просторову уяву.

Мислення інженера розгортається в об'ємній формі, що ідеалізується, потім (подібно до художника) візуалізується графічними методами, щоб втілитися на виробництві у вигляді реальних тривимірних форм.

Візуальне вираження інженерної ідеї (задуму) може бути у вигляді схеми, технічного малюнка або креслення. Інженер для цього повинен досконало володіти креслярсько-графічною технікою. Знання правил і норм грамотного зображення об'єкту вимагають умілого переходу від об'ємних зображень до зображень на площині і навпаки.

Основним графічним документом інженера є креслення. "Креслення, – писав німецький інженер А. Рідлер, – найважливіший,

часто єдиний засіб вираження, необхідне зняття творчості інженера, це його мова – мова багата і міжнародна. Креслення в машинобудуванні є засіб виразити думку конструктора, виразити так, щоб її міг засвоїти виконавець-робітник".

Комп'ютерна графіка відкриває нові можливості в удосконаленні научного зображення технічних об'єктів, дозволяє виконувати ці роботи швидко і якісно.

Естетичний рівень інженерних розробок не менш важливий. Адже вони призначені для використання людьми. Тому і художній смак інженера, і його знання ергономіки і психології значною мірою визначають зручність використання і комфортність технічних засобів.

При оформленні інженерних розробок часто виникає необхідність підготовки письмових документів – пояснювальних записок, інструкцій тощо. Від того, наскільки повно, грамотно і логічно викладена ідея в письмових документах, значною мірою визначається її доступність для розуміння і правильності виконання.

Третя особливість інженерної діяльності – це необхідність матеріального втілення виконаних розробок. Матеріальна реалізація можлива лише за наявності відповідної матеріальної бази.

Технічна спрямованість інженерної професії визначає зміст матеріально-технічної бази: основними елементами в інженерних конструкціях є *матеріали* (метали, їх сплави і матеріали-замінники), *технологічне устаткування і інструменти*, які дозволили б обробити ці матеріали; *джерела енергії*, що забезпечують використання технічних засобів і реалізацію необхідних технологічних процесів.

Успіх реалізації значною мірою визначається тим, наскільки правильно і уміло в конструкції враховані матеріальні, енергетичні і технічні можливості.

При розробці конструкцій інженер повинен знати і враховувати всі можливості матеріальної бази і передбачувати масштаби випуску.

Наприклад, якщо планується використання автоматичних ліній, то вже на стадії розробки конструкцій деталей повинні враховуватися і забезпечуватися можливості їх автоматичної переорієнтації і транспортування та ін. Використання верстатів з ЧПУ також визначає свої вимоги до оформлення креслень деталей, і, якщо вони не враховані в конструкторській документації, то при технологічній підготовці операцій технологам доводиться вносити необхідні зміни до креслень.

Матеріали, форми, габарити, технічні характеристики, закладені в конструкції виробу, в свою чергу, значною мірою впливають на вибір технічних і технологічних рішень.

Стає очевидним, що всі етапи інженерної діяльності (проектування, конструювання і реалізація) корельовані, тобто мають взаємний зв'язок і взаємно впливають один на одного. Це підтверджує необхідність вже на першому етапі, при проектуванні і конструюванні виробу, планувати і визначити технічні і технологічні вимоги, а при формуванні матеріальної бази і процесів виготовлення – враховувати вимоги і особливості конструктивних рішень.

Як і будь-який творчий процес, інженерна діяльність розпочинається з накопичення інформації в тій області, яка визначена технічним завданням. Успішне рішення багатьох завдань значною мірою визначається якістю і повнотою початкової інформації. Це інформація з різних областей фундаментальних і прикладних наук; інформаційні матеріали з бібліотек та Інтернету, які характеризують об'єкт, що проектується; довідкові матеріали, накопичені і підготовлені до зручного використання попередніми поколіннями інженерно-технічних працівників (конструкції і їх елементи, емпіричні формули, таблиці, графіки і тому подібне).

Важливим елементом інженерної професії є спостереження. Розвинена спостережливість у поєднанні з увагою дуже важлива для інженерної практики. Уміння побачити предмет, зрозуміти, проаналізувати і оцінити його позитивні риси і недоліки, і, що дуже важливо, визначити та оцінити потенційні можливості предмета для його використання (можливо, навіть, в інших якостях). Спостереження часто дозволяють робити дуже важливі висновки і відкриття. Іноді, при цілеспрямованій діяльності, пошуку рішення поставленої задачі, спостереження найімовірніших явищ можуть стати джерелом потрібної ідеї.

При вирішенні багатьох інженерних завдань дуже часто повторюється слово "вибрати": вибрати матеріал, вибрати інструмент, вибрати режими обробки і так далі.

Процес вибору – це аналіз початкової інформації і аналогів, уміння оцінити корисність і можливість використання наявних варіантів, уміння вибрати оптимальний варіант, що забезпечує якнайкраще рішення поставленої задачі і з мінімальними економічними витратами. У тих випадках, коли немає відповідних

аналогів, інженер повинен знайти і запропонувати свої варіанти рішень. Іноді такі рішення лежать в сусідніх галузях науки і техніки (на стику двох або декількох різних дисциплін).

Процес вибору варіантів вимагає об'єднання аналітичного і логічного мислення, уміння сміливо, творчо мислити. Аналітичний підхід до рішення практичних завдань істотно відрізняє інженерну працю від простого технічного виконання. Хороший інженер – це, фахівець, що уміє знаходити оптимальні варіанти рішень; генератор нових рішень і нових ідей.

Дуже велике значення має особистий виробничий досвід інженера. Без придбання і накопичення практичного досвіду – безцінного багажу будь-якого інженера – професіоналізм неможливий. Для набуття виробничого досвіду необхідно якомога частіше бути у виробничих цехах, вивчати досвід передових підприємств і безпосередньо брати участь у вирішенні конкретних практичних питань.

Організаторські здібності – невід'ємна якість будь-якого фахівця, але для інженера, який реалізує свою працю в різних областях (конструюванні, технологіях, управлінні виробництвом) ці якості особливо важливі. Уміння відділити головне від другорядного, спланувати і розподілити час, навчитися дотримуватися термінів виконання роботи – це ті навички, які потрібні не менше, чим професійні. Вони високо цінуються у фахівців-виконавців, а праця організаторів виробництва без цих якостей взагалі неможлива.

Вміння правильно організувати свою працю і працю підлеглих – ще одна риса, дуже важлива для інженера. Незалежно від того, в якій області працює інженер, талант організатора значною мірою підвищує показники його трудової діяльності. В умовах ринкових стосунків розвинені організаторські здібності в рівній мірі потрібні і керівникові виробництва, і бізнесменові.

Кожна нова інженерна розробка (конструкція, методика розрахунку, технологічний процес) повинна пройти дослідну (експериментальну) перевірку і отримати експертну оцінку на предмет її працездатності і новизни (див. 1.3).

Експериментальна перевірка, необхідна для встановлення життєздатності і якості нової розробки, включає:

1. Створення експериментальної установки, що моделює об'єкт, який вивчається.

2. Планування експерименту з урахуванням реальних умов експлуатації.

3. Проведення дослідних випробувань.

4. Отримання і аналіз результатів експерименту.

5. Внесення змін до розробки (при необхідності).

Експериментальні дослідження дозволяють визначити слабкі місця в нових інженерних розробках і ліквідувати їх до запуску виробу у виробництво, що особливо важливо в умовах серійних і масових виробництв. Тому інженер повинен володіти також знаннями експериментатора.

1.2. Винахідництво і раціоналізація

Винахідництво є вищою формою творчого трудового процесу. Це найбільш активна і прогресивна форма інженерної діяльності, спрямована на прискорення впровадження передових наукових відкриттів в життя, на поліпшення якості продукції і ефективності виробничих процесів. Науково-технічний прогрес є невід'ємним від винахідницької діяльності.

Винахідникові потрібні і природжене прагнення, і захоплення, і терпіння, і знання, і знайомство з економічними проблемами. Багато відомих винахідників – наші сучасники. Їх винахідливість іноді стає легендарною.

Глибина знань, уміння своєчасно, розумно ними скористатися, плюс винахідливість – безцінний капітал інженера.

Розповідають, ніби був такий випадок. "Знаменита фірма "Сименс і Шуккерт" попросила у П.Л. Капіци консультацію: потрібно було з'ясувати, чому не працює електродвигун дуже важливої машини. Сума гонорару була призначена досить висока – 10 тисяч марок. Петро Леонідович оглянув машину, узяв молоток і ударив по корінному підшипнику: двигун запрацював. Фірмі не хотілося платити такі гроші, і вона попросила вченого скласти кошторис на виконану роботу. Кошторис був такий: 1 удар молотком – 1 марка і 9.999 марок – за те, що знав куди ударити".

Саме "знання куди вдарити", інженерна інтуїція, що базується на глибокому розумінні досліджуваних процесів, визначає головну цінність знань.

Винаходи виникають лише в результаті довгої і напруженої роботи. "Натхнення, осяяння і тому подібне приходить лише тоді, коли для них вже створений солідний фундамент".

Процес роботи над винаходами може бути різної тривалості, але організація дослідницьких робіт практично однакова. Вона має декілька основних етапів, які включають:

1. Чітку постановку завдання. Правильно поставити завдання – це часто означає вирішити її наполовину. У ряді випадків правильна постановка завдання полегшує вибір потрібного засобу її вирішення і навіть може підказати його, але одна лише постановка завдання не є винаходом.

2. Аналіз завдання. Розкладання його на складові елементи. Теорія. Частина елементів виявиться відомою. Невідоме стане ясніше.

3. Комбінаторику (творчість). Класифікацію рішень і заповнення порожніх класів. Аналогії. Сміливі скачки думки. Чим сміливіше, тим краще.

4. Критичний фільтр. Сувору перевірку комбінаторики, перевірку новизни, доцільності і корисності. "Чим більш суворо і прискіпливо, тим краще".

Винаходи вирішують протиріччя між необхідністю і наявністю засобів для їх задоволення. Таким чином, винахід – це засіб вирішення протиріч.

Наприклад, до винаходу рушниці, що заряджається з казенної частини, протиріччя полягало в тому, що для посилення вогневих властивостей треба було укорочувати ствол, оскільки заряджалася рушниця зі ствола, а при короткому стволі ця операція спрощувалася. Для посилення ж використання багнета рушниці ствол необхідно було подовжувати. Ці протиріччя були вирішені в рушниці, коли була винайдена конструкція рушниці, яка заряджається з казенної частини.

Г. Альтшулер в книзі "Творчість як точна наука" приводить сорок основних прийомів усунення технічних протиріч, розповідає про технологію творчості, якій надається організований і керований характер, приводить алгоритми рішення винахідницьких завдань.

Найбільш вдале творче рішення задачі часто-густо несподіване. Іноді воно може бути зовсім не схожим на існуючі аналоги.

Добре ілюструє це явище одна з розповідей Антуана де Сент Екзюпері: "Коли Пілот зробив вимушену посадку в пустелі і зустрів Маленького Принца, знайомство почалося з вирішення задачі.

Маленький Принц попросив намалювати баранчика. Перший малюнок був знехтуваний: баранчик вийшов кволим. Забракував Маленький Принц і два інші малюнки, тому що на одному виявився занадто великий баран, а на іншому – занадто старий. І тоді Пілот просто накреслив декілька ліній: "Ось тобі ящик. А в ньому сидить такий баранчик, якого тобі хочеться". Маленький Принц зрадів: "Ось це добре!".

Як видно, тут довелося відмовитися від звичного образу об'єкту творчості. Врешті-решт, винайдений "баранчик" може вийти зовсім несхожим на прототип. На тому і стоїть творчість, в цьому – одна з особливостей винахідництва.

Нині отримані нові науково обґрунтовані методики і рекомендації для вирішення пошукових інженерних завдань. Теорія рішення винахідницьких завдань (ТРВЗ) дозволяє залежно від типу і характеру вирішуваної задачі вибрати необхідні методики рішень, спростити і прискорити ці рішення.

Науковий підхід до вивчення інженерної творчості починається з простої істини: завдання бувають різні, не можна вивчати їх "взагалі". Є дуже легкі завдання, їх вирішують з декількох спроб, і є завдання неймовірної складності, які вирішуються протягом декількох років. Перший крок полягає у визначенні рівня вирішуваної задачі.

Відповідно до розробленої теорії рішення винахідницьких завдань визначено п'ять рівнів завдань технічної творчості.

У завданнях першого рівня об'єкт (пристрій або спосіб) не змінюється. Рішення завдань першого рівня спрямоване на поліпшення існуючого об'єкту і вимагає перебору декількох очевидних варіантів ("метод проб і помилок"). Це доступно кожному інженерові. Подібні завдання повсякденно вирішуються без ускладнень, хоча далеко не завжди оформляються у вигляді заявок на винахід. Завдання цього рівня і засоби їх рішення знаходяться в межах однієї вузької спеціальності.

Завдання другого рівня передбачають зміну об'єкту дослідження. При розгляді завдань другого рівня рішення може знаходитися за межами цієї спеціалізації. Засоби рішення слід шукати в межах галузі. Число варіантів рішень вимірюється вже десятками. Перебрати 50 – 70 варіантів в принципі здатний кожен інженер. Але все-таки тут вимагається певне терпіння, наполегливість, упевненість в можливості рішення задачі.

Правильне рішення завдань третього рівня ховається серед сотень неправильних. Для завдань третього рівня рішення доводиться шукати в інших галузях. Метод "проб і помилок", вживаний на перших двох рівнях, стає дуже трудомістким і погано підходить для вирішення завдань цього класу.

Приклад винаходу третього рівня: "Гвинтова пара, що складається з гвинта і гайки, відрізняється тим, що з метою попередження зносу їх поверхонь шляхом усунення тертя між ними під час роботи гвинт і гайка розташовуються з проміжком, що зберігається під час роботи, в їх різьбленні укладені обмотки для створення електромагнітного поля, що забезпечують поступальну ходу гайки відносно гвинта" (а.с. № 154459). Гвинтова пара залишилася, але вона сильно змінена в порівнянні з прототипом.

Рішення завдань четвертого рівня потрібно шукати вже не в техніці, а в науці. Введення систем автоматичного управління істотно змінили суть і способи управління об'єктами, а також умови їх експлуатації. Ці завдання зажадали об'єднання знань механіки і кібернетики. До завдань четвертого рівня, як приклад, можна віднести створення агрегатних верстатів, автоматичних ліній, роботизованих виробництв і тому подібне.

Нарешті, на п'ятому рівні, де міняється вся технічна система, в яку входить об'єкт, число проб і помилок зростає до сотень тисяч і мільйонів і, звичайно, для вирішення таких завдань практично не підходить.

Можна згадати, наприклад, що Едісону довелося виконати біля 50000 дослідів, щоб винайти лужний акумулятор (йдеться тільки про речові досліди). Розумових експериментів, всіляких "а якщо зробити так?", напевно, було значно більше.

Вихід в космос потребував рішення багатьох завдань п'ятого рівня. Ті об'єкти, які нормально працювали в умовах земного тяжіння, принципово міняли свою поведінку в умовах невагомості.

Рівень вирішуваних завдань пояснює необхідність розвитку обчислювальної, комп'ютерної техніки та інших науково-технічних систем.

ТРВЗ корисна не лише для винахідників, але і для вирішення поточних щоденних інженерних завдань.

Другою формою творчої інженерної діяльності є *раціоналізація*. Предметами раціоналізації зазвичай є технічні об'єкти, що мають

застарілі або нераціональні елементи конструкцій, або недосконалі процеси. Головне завдання раціоналізаторської діяльності – усунути помічені (як правило, дрібні) недоліки і запропонувати нові, досконаліші технічні рішення. Зазвичай, раціоналізаторські пропозиції містять рекомендації по удосконаленню окремих елементів даного об'єкту, спрямовані на підвищення його якісних характеристик. Раціоналізаторська діяльність сприяє розвитку творчого потенціалу інженера, накопиченню досвіду рішення технічних завдань невеликої і середньої складності.

Дуже важливо, щоб нові творчі ідеї відповідали і співпадали з проблемними питаннями виробництва, не затримувалися в розробці, знаходили найкоротші шляхи до впровадження. Творчі, новаторські пропозиції дозволяють істотно удосконалювати і конструкції, і виробничі процеси в машинобудуванні.

1.3. Диференціація та інтеграція інженерних професій

Спеціалізація праці – характерна риса для різних видів діяльності. Її коріння сягає глибокої старовини, коли на тлі натурального господарства почали розвиватися окремі спеціалізовані виробництва (гончарне, млинове та ін.).

Не є виключенням і інженерна діяльність. Аналіз функцій інженера, приведений вище в розділі 2.2, свідчить про неоднорідність і істотну відмінність цих функцій.

Першим розподілом функцій інженерної праці стало відособлення тих фахівців, які проектують і конструюють нову техніку, від тих, хто забезпечує її виготовлення. Основна маса інженерних функцій достатньо жорстко розмежована і закріплена за певними спеціальностями.

Проектування полягає в тому, що на цій стадії інженер розробляє не окремих виріб, пристрій або прилад, а технічну систему "Людина-техніка". В результаті виконання цієї роботи має бути отриманий технічний проект, що визначає необхідні технічні засоби, їх взаємний зв'язок і функції, а також, роль і функції людини-оператора. Одночасно визначається структура і робочі характеристики технічних засобів. Інженерові-проектувальникові вже недостатньо технічних і природних наукових знань, що традиційно використовуються в інженерній практиці. З'являється необхідність

використання додаткових знань в області інформатики, кібернетики, інженерної психології і ергономіки.

Конструкторські розробки "одягають" голий скелет принципової схеми механізму або приладу "м'язами" реальних деталей, відомих раніше (стандартних або нормалізованих) або спеціально сконструйованих для забезпечення роботи цього пристрою. Інженер-конструктор, узявши за основу загальний принцип роботи виробу, перекладає його графічною мовою, створюючи спочатку технічний, а потім і робочий проект. Конструктор здійснює серію необхідних розрахунків (силових, розмірних та ін.), вибирає матеріали деталей, визначає їх форми. Із сукупності відомих технічних елементів створюється комбінація, яка має нові функціональні властивості, що якісно відрізняється від усіх інших, раніше відомих.





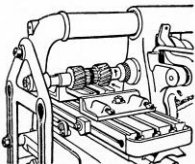
Технологічна функція пов'язана з виконанням другої частини інженерного завдання: як виготовити те, що вже винайдене? Інженер-технолог повинен реалізувати розроблені конструкторські проекти, і зробити це так, щоб в результаті взаємодії людей і техніки нова система працювала продуктивно, забезпечуючи мінімальні витрати матеріалів, часу і зусиль. Успіхи або прорахунки технолога визначають цінність усієї інженерної праці, яка була попередньо виконана при створенні ідеалізованої форми об'єкту.

Проектувальник, конструктор і технолог визначили, що і як зробити. Залишилося найпростіше і одночасно найскладніше – виготовити. Це завдання робітника, але організувати його працю, забезпечити умови для плідної діяльності з мінімальними непродуктивними втратами – це завдання цехових інженерів – технологів, механіків і виробничих майстрів.

Інженерна діяльність має ту ж структуру, що і будь-який трудовий процес, але відрізняється своєю багатогранністю і складністю, таблиця. 1.2.

Таблиця 1.1 – Узагальнені етапи та ресурси трудового процесу в інженерній професії (на прикладі інженера-механіка)

Е Т А П И Т Р У Д О В О Г О П Р О Ц Е С У			
Виникнення ідеї	Візуалізація ідеї (малюнки,	Розробка плану, методів втілення	Ресурси матеріального втілення ідеї

(технічне завдання)	схеми, креслення)	(технологія)	Людина	Матеріали	Інструменти	Енергія	Обладнання
							
Інженер-проектувальник	Інженер-конструктор	Інженер-технолог	Інженер-експлуатаційник				

Як видно з таблиці 1.1, в інженерній діяльності чітко виділяються чотири різні спеціалізації, взаємопов'язані і взаємозалежні одна від одної. В той же час вони відрізняються як методикою, так і організацією елементів трудового процесу.

Окрім функціонального розподілу професій інженера велике значення має також галузева спеціалізація, особливо для інженерів проектувальників і конструкторів.

Кожна галузь промисловості має свою специфіку. Приміром, очевидна істотна різниця між виробництвом кораблів, літальних і космічних апаратів, наземного транспорту. Вони відрізняються не лише функціональним призначенням і середовищем використання, але і габаритами, матеріалами конструкцій, масштабами випуску. А, в результаті, і технологічним устаткуванням, і організацією виробництва, і спеціальностями виконавців.

Тому не випадково організована роздільна підготовка інженерів з урахуванням спеціалізації.

1.4. Науковий потенціал сучасного інженера

1.4.1. Теоретична підготовка інженера-механіка

Творчий характер інженерної праці вимагає глибокої і різносторонньої науково-теоретичної і практичної підготовки. Будь-яке інженерне рішення спирається на використання тих або інших

теоретичних і практичних знань. Професійна орієнтація визначає базову наукову підготовку для кожної інженерної спеціальності. Це, передусім, ті науки, без знання яких неможливе ні рішення практичних інженерних завдань, ні розуміння суті даних процесів. Тому дуже важливо, щоб при вивченні базових наукових дисциплін майбутній інженер добре уявляв, для вирішення яких реальних практичних завдань вони потрібні. На жаль, часто фундаментальні наукові дисципліни читаються на чисто академічному рівні, без ув'язки з майбутньою професією студента і недостатньо ілюструються конкретними практичними прикладами.

Науково-теоретична підготовка для різних інженерних спеціальностей, звичайно, різна. Вона визначається учбовими програмами вузів для кожної інженерної спеціальності з урахуванням її особливостей.

Розглянемо фрагменти використання наукового базису на прикладі підготовки однієї з найбільш поширених і універсальних професій – професії *інженера-механіка*.

Практична діяльність інженера-механіка раніше базувалася на фундаментальних природних науках: математиці, фізиці, хімії, механіці, матеріалознавстві, електротехніці. Але сьогодні цього недостатньо. Електроніка, кібернетика, інженерна психологія та інші науки вже увійшли до кола практичних інженерних завдань і вимагають свого використання і обліку в інженерній творчості.

Жодна відповідальна деталь машини не може бути сконструйована без необхідних розрахунків, що враховують її функціональне призначення, характеристики матеріалу, величину і характер навантажень. Знання предмета "опір матеріалів" дозволяє, на базі правильно обраних розрахункових методик, зробити оптимальний вибір геометрії елементів конструкцій, матеріалів та методів їх обробки, що забезпечують міцність і довговічність деталей.

Різні інженерні розрахунки (кінематичні, динамічні, розрахунки на міцність та ін.) вимагають від інженера не лише уміння знаходити оптимальні розрахункові методики, але і створювати максимально прості і ефективні математичні моделі об'єктів. Для створення математичної моделі необхідно не лише знати механіку і фізичні закони, їх можливі прояви залежно від особливостей конструкції і умов роботи, але враховувати і нові наукові підходи до формування сучасних об'єктів інженерної діяльності. В умовах автоматизації

сучасні моделі технічних систем стали настільки складними, що потребують використання принципово нових методик і обчислювальної техніки.

Важливим для вирішення інженерних завдань є досконале знання конструкційних матеріалів, уміння орієнтуватися у виборі оптимальних матеріалів з урахуванням конкретних експлуатаційних умов і навантажень. Знання властивостей матеріалів потрібне і при конструюванні, і при розробці будь-яких технологічних процесів (заготівельних, оброблювальних, складальних).

Важко уявити собі інженера, який, вибираючи матеріал для виготовлення деталі, погано знає хімію, не розуміє, як той або інший хімічний елемент впливає на властивості металу. Враховуючи сучасні тенденції отримання нових матеріалів, де задіяна практично уся таблиця Менделєєва (включаючи і рідкоземельні метали), хімія в сучасних умовах набуває особливого значення. Адже вже назви багатьох матеріалів визначають їх хімічний склад. Які властивості матеріалу приховані за цими назвами, чому в чорних металах присутність хлору та сірки не бажана, і навіть у сплави додають хром і нікель – на ці питання відповідає хімія.

Цей аналіз впливу теоретичних знань на рішення інженерних завдань можна було б значно продовжити, але наше завдання полягало в тому, щоб показати, що в інженерній практиці немає "зайвих" знань; швидше, навпаки, спостерігається їх нестача, яка проявляється в необхідності постійно вчитися.

Другим важливим науковим напрямом підготовки інженера-механіка є вивчення закономірностей протікання виробничих процесів і виявлення тих параметрів, які дозволяють підвищити якість виробів і ефективність виробництва. Це – технологічна підготовка інженера. Незалежно від області діяльності, інженер повинен знати методи обробки матеріалів, типові технологічні процеси обробки деталей і складання виробів, види і особливості оброблювального устаткування й інструментів, структури технологічних операцій та інші особливості машинобудівних процесів.

Сучасні напрямки розвитку технології машинобудування по оптимізації режимів і методів обробки, автоматизації серійного виробництва і управління технологічними процесами базуються не лише на досягненнях фундаментальних наук, але і на використанні електронної обчислювальної техніки, інформатики, кібернетики,

металофізики та ін. Особливо слід виділити автоматизацію і комп'ютеризацію сучасних виробництв.

Великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як теорія різання, оброблювальні верстати й різальні інструменти, допуски, технічні виміри, матеріалознавство і термічна обробка. Розгляд технологічних питань без використання цих наук взагалі неможливий.

Творчий характер інженерної праці зобов'язує інженера знати не лише технологічні і конструктивні особливості техніки, що розробляється, але й добре уявляти ті енергетичні, екологічні і соціальні процеси, які причетні до виготовлення або експлуатації її. Неприпустимо вважати вдалим, а тим більше використовувати такі інженерні рішення, які порушують рівновагу екологічних систем або безпеку і комфорт оточення.

У зв'язку з посиленням впливу науки в усіх сферах життя суспільства, необхідністю комплексного рішення науково-технічних проблем, нині поступово формується новий стиль інженерно-наукового мислення. Доля витрат інженерної праці при створенні сучасних технічних об'єктів постійно збільшується. Сучасні інженери знаходяться на самих відповідальних передових ділянках усього науково-технічного прогресу.

1.4.2. Нові аспекти інженерної підготовки

Функції інженерної діяльності, що змінилися, і характер нових науково-технічних завдань вимагають розширення і поглиблення наукової підготовки фахівців.

У складних сучасних умовах розвитку техніки можна виділити три основних напрямки інженерної діяльності, що вимагають різної підготовки фахівців.

По-перше, це *інженери-виробничники*, які покликані виконувати функції технолога, організатора виробництва і інженера по експлуатації. Підготовка такого роду фахівців має бути спрямована переважно на їх практичну діяльність.

Вже сьогодні можна зустріти робочі професії, що вимагають не лише середньо-технічної, але й вищої освіти (наприклад, спеціалісти, що налагоджують ЕОМ і верстати з ЧПУ, обслуговуючий персонал гнучких виробничих комплексів і тому подібне).

По-друге, це *інженери-розробники*, які повинні поєднувати в собі функції винахідника, проектувальника і конструктора, тісно пов'язані з науково-дослідницькою роботою. Для цих спеціалістів необхідна більш глибока науково-теоретична підготовка з урахуванням конкретного напрямку діяльності.

Третій напрямок – це підготовка *фахівців-системщиків* широкого профілю, завданням яких є організація і управління складною інженерною діяльністю. Підготовка такого інженера-організатора вимагає найширшої системної і методологічної спрямованості. Готувати таких фахівців необхідно для системного забезпечення розробок: їх методичного обслуговування, науково-тематичної координації.

У великому арсеналі знань, які потрібні сучасному інженерові, виділяється ряд нових дисциплін : біоніка, кібернетика та ін. Серед них видне місце займає інженерна психологія, яка досліджує взаємодію людини з різноманітними технічними пристроями і машинами в процесі праці.

Широке використання комп'ютерів та інших видів техніки в усіх сферах діяльності сучасного інженера висуває ряд додаткових вимог до професійної кваліфікації інженера, що необхідно для опанування новими інформаційними, значною мірою формалізованими, технологіями інженерної праці.

В наші дні важко провести чітку межу, що розділяє науку і техніку. За останні роки вченими зроблено багато нових відкриттів, а інженерами-винахідниками знайдені тисячі технічних рішень, що втілюють в життя ці відкриття, що мають велике значення для подальшого розвитку прогресу і цивілізації. Усі новітні досягнення науки стають досягненнями техніки, а розвиток техніки частенько викликає стрімкий рух вперед цілих галузей науки.

Високі темпи розвитку сучасної науки і техніки вимагають від інженерних кадрів постійного поповнення своєї інформаційної бази новітніми науковими і технічними знаннями, уміння орієнтуватися в них і знаходити сферу застосування у своїй творчості. Існуючі форми перепідготовки інженерних кадрів не будуть ефективними без активної самостійної роботи над підвищенням своєї кваліфікації.

Контрольні питання

1. Структура та особливості трудового процесу.
2. Вплив техніки на формування трудових процесів.
3. Інженерна діяльність, її особливості.
4. Науковий базис інженера.
5. Диференціація і інтеграція інженерних професій.
6. Роль винахідництва і раціоналізації.
7. Галузеві технічні системи.

ТЕМА 2. НАУКА І СУЧАСНА ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ

2.1 Рубежі сучасної науки та її основні напрямки

Прогрес людства безпосередньо пов'язаний з науково-технічною революцією. Визрівала вона поступово, щоб, потім в останній чверті ХХ століття надати початок гігантському приросту матеріальних і духовних можливостей людства.

Науково-технічна революція:

1. Визначила нові пріоритетні наукові напрямки.
2. Сприяла створенню великих науково-технічних систем.
3. Визначила нові області використання науково-технічних відкриттів.

Сучасна наука і техніка мають практично необмежені можливості. Це означає, що ми наближаємося до глибокої, революційної зміни мислення.

На сучасному етапі розвитку цивілізації змінилися тенденції і напрями розвитку науки. Визначилися три нових пріоритетних наукових напрямки: *біологія, фізика часток і високих енергій, інформатика*.

Стався перехід *біології* в перший ряд наукових дисциплін. Застосовуючи найдосконалішу техніку і знання фізики, хімії і математиків, біологія йде вперед гігантськими кроками. Біологія розкрила дивну організацію живих істот. Найдосконаліше підприємство – дитяча іграшка в порівнянні з живою клітиною. Живі істоти є моделями структур і процесів кардинально революційного характеру, а сучасна біотехнологія і генна інженерія – лише боязкі спроби проникнути в істоту цих моделей.

Великий і все зростаючий інтерес набувають численні дослідження біологічних систем, які самоупорядковуються, саморегулюються і самоприспосовуються. Ці інженерні моделі нейропсихічних функцій, характерних для діяльності живих організмів, створюються і досліджуються за допомогою електроніки, кібернетики, біоніки.

Одним з найважливіших прогнозованих досягнень науки ХХІ століття, на думку багатьох експертів, стане відкриття "психологічного коду". Тобто з'ясування способів кодування, передачі, алгоритмів обробки інформації в нервовій системі, ролі біохімічного аналізу в роботі свідомості.

За останні роки великих успіхів досягла фізика часток і високих енергій. Відкриття величезної кількості нових часток, дослідження з метою уніфікації різних типів взаємодії – усе це привело до народження нових ідей як відносно незмірно малих величин (будова матерії), так і відносно незмірно великих величин (будова Всесвіту). До теперішнього часу наука прагнула досягти величезних енергій, високих температур і тисків, великих швидкостей і величезних

масштабів. Але виявилось, що на мікрорівні дуже багато не розкритих можливостей.

Все почалося в 1959 році, коли всесвітньо відомий американський фізик Ричард Фейман прочитав в Каліфорнійському технологічному інституті лекцію під назвою "Внизу повним-повнісінько місця". Внизу – в сенсі, на рівні атомів і молекул. Тоді прогнози вченого здавалися просто ненауковою фантастикою. Але в 80-х роках минулого століття були створені мікроскопи для сканування, що дозволило розрізняти не лише молекули, але і окремі атоми, а сьогодні – і маніпулювати ними.

Зараз з'явився новий термін – нанотехнології. Вони маніпулюють матерією на атомно-молекулярному рівні. Наноструктури – це ті області, у яких один або декілька розмірів об'єкту менше 100 нанометрів, тобто в тисячу разів менше міліметра. Вже сьогодні нанотехнології дозволили отримати нові матеріали з невідомими раніше якостями і характеристиками і стимулювали значний підйом в розвитку матеріалознавства. Величезні можливості нанотехнологій в області охорони здоров'я і медицина (у стоматології, хірургії і тому подібне) Вже сьогодні ведуться розробки штучних органів людини, які дозволять обходитися без донорів. Подальше вивчення і практичне використання нанотехнологій дозволяє прогнозувати нову революцію не лише в науці, техніці і технологіях, але і в усіх сферах життя.

Дослідження електричних і магнітних полів привели до величезних революційних успіхів техніки. Досить згадати про електроенергію як основу промисловості.

Вивчення електромагнітних явищ привело до створення теорії відносності. Ця теорія змінила наші уявлення про простір і час. Згідно з теорією відносності при великій швидкості руху змінюються закони механіки: швидкість світла $c=3 \times 10^{10}$ см/с виявилася межею для прискорення будь-якої частки і одночасно граничною швидкістю передачі інформації.

Величезне число робіт в галузі фізики мають прямий технічний вихід. За останні півстоліття з'явилася атомна енергетика; радіолокація, з її спочатку військовими, а потім цивільними застосуваннями. З'явилися лазери з незліченними технічними застосуваннями: від мікрохірургії ока до обробки металу і зондування атмосфери. З'явилася напівпровідникова техніка: спочатку з нею був

пов'язаний прогрес радіомовлення і телебачення, дещо пізніше народилися обчислювальна техніка і інформатика. Ймовірно, саме напівпровідники розв'яжуть проблему освоєння сонячної енергії. Не виключено, що при цьому передача енергії здійснюватиметься за допомогою напівпровідників.

Завдання космічного масштабу, процеси на рівні клітини і атома, визначили поява і швидкий розвиток інформатики і обчислювальної техніки, оскільки до їх рішення іншими засобами важко було підійти. Ці завдання вимагали розрахунків величезного об'єму і необхідність великого числа одночасно виконуваних дій. Вони не були б вирішені без використання сучасної електронно-обчислювальної техніки. Досвід, накопичений при складанні і рішенні масштабних програм, знайшов застосування для вирішення багатьох питань молекулярної біології, екології, в самих різних областях техніки, плануванні і, звичайно, в соціально-економічних областях, які також виходять на складні системи, що вимагають досить містких обчислень.

Сьогодні інформатика це, по суті справи, важіль багатьох досягнень в усіх наукових напрямках. Роль інформатики не обмежується обчислювальними функціями. У інформатики є свої логіка, погляд і концепції.

До найважливіших досягнень сучасної науки належить поява нанотехнологій. Поняттям *нанотехнологія* означають процеси отримання нано або ультра дисперсних матеріалів, а також технологічні процеси отримання приладів, пристроїв, конструкцій з використанням наноматеріалів.

Нині в багатьох країнах ведуться роботи по освоєнню нанотехнологій. Особливо широко поставлені ці дослідження в США, Японії, Росії, Німеччині.

Можливості нанотехнологій величезні, але нині вони досліджені ще недостатньо повно.

Поява цих абсолютно нових по своїй фізичній суті процесів неминуче і істотно вплине на різні сфери людської діяльності, а, можливо, і на розвиток цивілізації в цілому.

2.2. Сучасні науково-технічні системи

Багато сучасних науково-технічних завдань настільки наукомісткі і трудомісткі, вимагають для своєї реалізації стільки наукових, технічних і економічних ресурсів, що не можуть бути вирішені зусиллями окремих вчених або колективів. Для їх реалізації створюються науково-технічні систем нового рівня, що об'єднують наукових фахівців і інженерів не лише різних професій, але і різних галузей.

До таких великомасштабних досліджень належать *космічні завдання, процеси на рівні клітини і атома, нові інформаційні системи і нанотехнології.*

Прикладами таких науково-інженерних розробок для освоєння Космосу є створення і космічних кораблів, і комічних станцій, і автоматичних апаратів для дослідження космічного простору, Місяця, Марса.

Для вирішення цих абсолютно нових завдань стало необхідним створення потужних науково-дослідних комплексів; експериментальних баз з новітньою технікою і приладами, і, звичайно, наявність фахівців різних наукових напрямків. Так, наприклад, в США при здійсненні програми "Сатурн-Аполлон" брали участь більше півмільйона чоловік і приблизно 20 тисяч фірм.

У розвитку космонавтики в СРСР брали участь сотні тисяч людей. Космічні дослідження потребували комплексного підходу при вирішенні багатьох наукових, технічних, біологічних, економічних і інших проблем. Багато вчених, блискучих конструкторів і експериментаторів, вольових організаторів і працелюбних виконавців внесли свій посильний і необхідний вклад.

Освоєння космосу нерозривно пов'язане з іменами Сергія Павловича Корольова. Одним з головних завдань було створення ракети-носія, здатною вивести корабель на навколосезну орбіту. Цю проблему вирішив головний конструктор ракетно-космічних систем С. П. Корольов. Він об'єднав зусилля всіх ланок науково-виробничої системи, яка була створена для досягнення єдиної мети – освоєння Космосу. Його діяльність була яскравим прикладом поєднання наукової, конструкторської і організаційної роботи. Під його керівництвом і особисто ним було розроблено більше ніж 150 проектів авіаційних, ракетних і космічних комплексів.

Запуск першого штучного супутника Землі "Супутник-1" відкрив еру освоєння Космосу в історії людства. Цим винаходом

СРСР випередив увесь світ, на довгі роки впевнено зайнявши лідируюче положення в космонавтиці.

Костянтин Едуардович Ціолковський передбачав цю подію. Ще в 1911 році він писав: "Людство не залишиться вічно на Землі, але, в гонитві за світлом і простором, спочатку боязко проникне за межі атмосфери, а потім завоює собі увесь навколосонячний простір". Це був виключно сміливий прогноз, здійснення якого забезпечує космонавтика – нова сучасна область науково-інженерної діяльності.

"Супутник-2" з собакою на борту став наступним кроком на шляху підкорення космічного простору. Серія успішно проведених експериментів над твариною довела теоретичну можливість присутності на космічному кораблі живих істот і людини.

В 1961 році перший космонавт Землі Юрій Гагарін на кораблі "Схід" здійснив вікову мрію людства – політ в Космос. В цілому космонавт провів в безповітряному просторі 102 хвилини і благополучно повернувся на землю. Це був тріумф вітчизняної космічної думки.

У лютому 1986 року на навколосонячній орбіті почала працювати велика наукова лабораторія нового покоління – орбітальна станція "Мир", розрахована на застосування нових технологій наукових досліджень. Можливість доповнення і заміни наукового, технічного і технологічного устаткування станції, дозволяє розширити різноманітність наукових досліджень, що виконуються на орбіті. Перший екіпаж станції у складі льотчиків Л. Кізіма і В. Соловйова, успішно працював до 5 травня 1986 р. і підтвердив життєздатність станції [89].

До глобальних проблем Землі, що вирішуються в Космосі, належать дослідження, які вимагають вакууму, а також перевірка працездатності устаткування, призначеного для використання в космосі, але спроектованого і виготовленого в земних умовах та ін.

Більше 80 відсотків завдань в космосі можна і треба вирішувати без участі людини. Для цього необхідне створення абсолютно нової космічної автоматичної техніки, яка не має аналогів. Це один з нових сучасних напрямів інженерної діяльності.

Багато науково-технічних завдань вимагають настільки великої інтеграції знань з різних галузей науки і техніки, таких матеріальних витрат, що можуть бути вирішені тільки при об'єднанні зусиль декількох держав. Сучасна велика наука не має меж, оскільки об'єднує

і концентрує досягнення людства у світових масштабах. Нижче наведені приклади таких міжнародних науково-технічних об'єднань і систем.

До великих міжнародних наукових об'єднань належить *Європейський центр ядерних досліджень* (CERN), в створенні і роботі якого беруть участь науковці і фахівці 20 країн (у тому числі і фахівці України).

Створена і експлуатується *Міжнародна космічна станція* (МКС). Спочатку станція складалася тільки з двох модулів – радянського модуля "Зоря" і американського "Юніті" (Unity). Вони були виведені на орбіту в 1998 році. Поступово станція розросталася, і в 2008 році на ній вже налічувалося сім модулів. В березні 2008 року до МКС приєднали ще два модулі японського лабораторного комплексу "Кібо". До теперішнього часу в реалізації проекту і роботі МКС беруть участь 16 країн. МКС – передусім орбітальний лабораторний майданчик. Унікальні умови – вакуум і невагомість – дозволяють здійснювати досліди, неможливі на землі. У березні 2009 року на МКС доставлене нове устаткування і група американських дослідників. Приклади інтеграції можна спостерігати і в інших галузях науки і техніки.

У Гамбурзі в німецькому електронно-синхротронному центрі DESY будується найпотужніший у світі *"Рентгенівський лазер на вільних електронах"* (XFEL).

Проект XFEL (X-Ray Free Electron Laser) по справжньому унікальний. Експерти вважають, що будівництво лазера подібної потужності є якісним досягненням, яке можливе тільки один раз, як відкриття материка. Новому лазерному устаткуванню стануть підвладними різні білкові з'єднання – наноб'єкти, які раніше не піддавалися дослідженню.

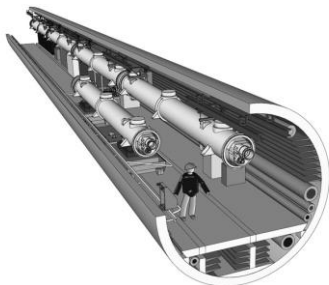


Рис. 2.1 – Рентгенівський лазер на вільних електронах (XFEL)

Щоб створити і запустити установку, вимагається близько мільярда євро. Окрім Німеччини в реалізації проекту беруть участь ще 14 країн, [57].

Аналогічні за призначенням, але менш потужні лазери вже будують в США, в Стенфорді, і в Японії, в науковому центрі Spring-8.

Великий адронний колайдер (БАК) – найпотужніший в історії науки прискорювач елементарних часток є кільцевою конструкцією протяжністю 27 км, яка розташована в підземному тунелі на глибині 100 м під межею Швейцарії і Франції.

Дослівно колайдер переводиться як "зштовхувач". Під час його запуску в тунелі два пучки часток (протонів і іонів) повинні рухатися у різних напрямках з певною швидкістю, стикаючись в деяких точках перетину. Швидкість часток при цьому практично дорівнює швидкості світла і створює умови, ідентичні тим, які наступили через одну трильйонну долю секунди після так званого великого Вибуху і породили Всесвіт. Якщо в наземних дослідницьких лабораторіях хазяї учені-фізики, по підземні споруди і комунікації Бака обслуговують сотні інженерів самих різних спеціальностей.

В цілому на створення колайдера пішло 14 років і 8 млрд. доларів.

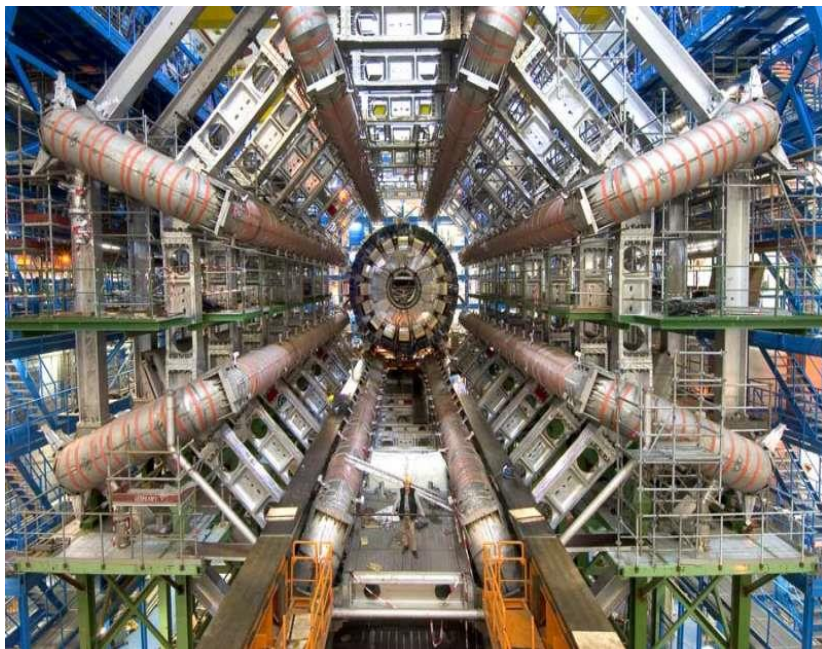


Рис. 2.2 – Великий адронний колайдер

Від запуску цього міжнародного наукового об'єкту чекають фантастичних результатів, що імітують умови великого космічного вибуху при виникненні всесвіту і утворення чорних дір. У роботах по ВАК беруть участь і вчені України.

На міжнародному рівні вирішується багато енергетичних проблем. До їх числа належить також проект *Міжнародного експериментального термоядерного реактора (ITER)*.

Мета проекту ITER – оцінити, наскільки раціональним є використання термоядерного синтезу для промислового отримання енергії.

Термоядерний синтез – реакція злиття ядер легких елементів, при якій виділяється величезна кількість енергії. Термоядерний синтез давно розглядався вченими як вірогідна заміна не дуже ефективних, не екологічних або потенційно небезпечних ТЕЦ, ГЭС і АЕС.



Рис. 2.3 – Міжнародний експериментальний термоядерний реактор (ITER)

Реалізація проекту затримується через високу вартості – більше 1,6 мільярдів доларів.

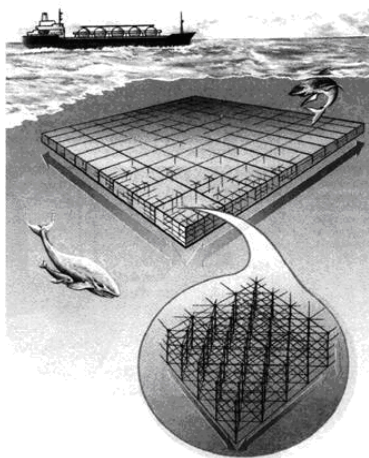


Рис. 2.4 – Океанська електростанція

Новим напрямом рішення енергетичних проблем є використання теплової енергії Гольфстріму.

Першу у світі океанську електростанцію планується побудувати в протоці Флориди, де Гольфстрім переміщає 25 мільйонів кубічних метрів води в секунду. Це в 20 разів перевищує сумарну витрату води усіх річок Земної кулі.

Конструкція станції є металевою платформою, що збирається з готових секцій.

В США розроблений проект океанської електростанції на Гольфстрімі. Платформа буде

встановлена на якорях і занурена на глибину, що гарантує вільний прохід судів з найбільшим осіданням.

Для забезпечення електроенергією віддалених районів розробляються плавучі атомні станції. Плавуча станція може використовуватися для отримання електричної і теплової енергії, а

також для опріснення морської води. У добу вона може видати від 100 до 400 тисяч тонн прісної води.

Згідно з проектом, плавуча атомна станція малої потужності (АСММ) складається з несамохідного судна з двома реакторними установками КЛТ40С. Орієнтовна вартість будівництва плавучої АЕС з двома атомними судновими реакторами КЛТ40С складає більше 9 млрд. рублів. Встановлена електрична потужність кожного реактора – 35 МВт, тепла потужність – 140 гікакалорій. Термін експлуатації станції складе мінімум 36 років: три цикли по 12 років, між якими необхідно здійснювати перезавантаження реакторних установок. Згідно з проектом, будова і експлуатація ПАЭС набагато вигідніші за будову і експлуатацію наземних атомних електростанцій.



Рис. 2.5 – Плавучі атомні електростанції.

В Росії на Нижньгородському машинобудівному заводі побудована ПАЭС криголамного типу для районів крайньої півночі. Довжина судна – 144 метри, ширина – 30 метрів. Водотоннажність – 21,5 тисяч тон.

Зростання чисельності населення (на сьогодні це більше 5 мільярдів чоловік), висока щільність населення в мегаполісах визначили новий напрям науково-технічної діяльності – розширення зон і територій мешкання людини. З'явилися і починають впроваджуватися розробки, по освоєнню пустель і підводного простору в морях і океанах (поки – на південних широтах), по створенню штучних островів і тому подібне. Нижче наведено декілька прикладів, що ілюструють ці напрями сучасної науково-технічної діяльності.

Нестача пляжів та готелів для туристів в Дубаї (столиці Арабських Еміратів) стимулювала зародження ідеї штучних островів. Острови продаються – найдешевший сьогодні коштує 15 млн. доларів.

Цікаво вирішили нестачу території в японській столиці – Токіо. Там звели так звані "сміттєві" острови. Найвідоміший з них – "Одайбе". Це "місто майбутнього" побудоване на місці колишнього сміттевого звалища, вміст якого і послужив матеріалом для створення нової території. Затока навколо 6-ти островів була засипана спеціальним матеріалом з перероблених промислових відходів. До речі, самі острови були побудовані ще в середині ХІХ століття. Нову землю зміцнили гарматами для захисту внутрішньої частини Токійської затоки, тому район і називається Одайбе – "форт зі знаряддями". Другим, менш відомим, але не менш красивим із "сміттєвих" островів Токіо є Теннозу – місце проживання багатой столичної публіки.



Рис. 2.6 – Штучний острів-пальма

Заповзятливі жителі Еміратів вже на протязі декількох років насипають десятки островів у вигляді трьох пальм.

Зведення частини островів вже закінчене, забудоване дорогими віллами і готелями.

Будівництво штучних островів планується і ведеться і в інших місцях Планети.

Штучний острів "Хулхумале" з'явився біля столиці Мальдівських островів – Мале. У територіальних водах Катару вже будується штучний острів "Перлина Катару". До справжнього моменту готові 400 га острова з 32-метровою береговою лінією, а також три бухти і канали. Близько 40 тис. людей зможуть стати жителями 15 тис. будинків до 2010 р.

У Тірренському морі, біля західних берегів Італії, Асоціація морських курортів Італії планує спорудити п'ять штучних островів з метою розширення туризму.

Розроблений проект будівництва штучних островів і в Росії в Сочі. Там заплановано зведення більше 10-ти островів, на яких буде

розташована частина олімпійських об'єктів. Втілювати ці плани з 2009 року будуть японські будівельні компанії.

Екологічні проблеми Планети примушують вчених і інженерів постійно шукати способи захисту навколишнього простору. Початий пошук нових форм житла людини, які допоможуть вирішити сучасні екологічні проблеми побутового рівня.

Фахівці компанії Philips розробили проект "Екологічно чисте житло – 2020" (Sustainable Habitat 2020). Нове житло в усіх сенсах будівля, обтягнута біонічною "шкірою". Шкіра не лише захищає організм. Вона бере участь і в обміні речовин з довкіллям (шкірне дихання, виведення токсинів з потім), синтезує вітамін D під впливом світла і тому подібне.

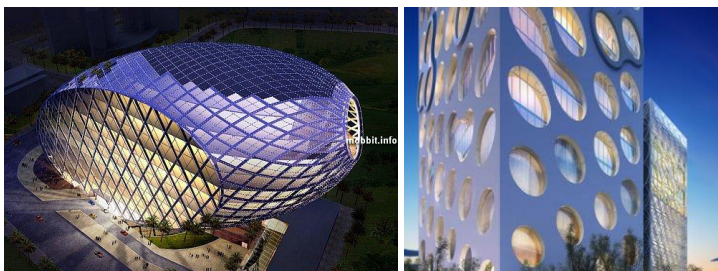


Рис. 2.7 – Розумні хмарочоси

Наведені вище приклади наочно ілюструють рівень розвитку не лише науки і техніки, але і всієї сучасної цивілізації.

2.3. Розвиток обчислювальної техніки

2.3.1. Механічні обчислювальні машини (сторінки історії)

Усе почалося з потреби оперувати великими багато розрядними числами. Необхідність обчислювальних дій з такими числами ставала трудомісткою і не гарантованою від появи помилок. Для виконання і прискорення обчислювальних операцій з'явилася необхідність в технічних помічниках.

Одним з перших таких "помічників", що дійшли до наших днів, стали канцелярські рахівниці, рис. 2.8. В основу цього пристрою покладена десятирічна система числення (по 10 кісточок на кожній лінії).



Рис. 2.8 – Канцелярські рахівниці

а – давньоруські рахівниці; б – російська бухгалтерська рахівниця

Ці рахівниці дозволяли, перекладаючи кісточки, оперувати числами, складаючи і віднімаючи їх по розрядах (розряди розташовувалися по окремих лініях).

Ідея навчити машину рахувати або хоч би складати багато розрядні цілі числа з'явилася давно.

Ще близько 1500 р. великий діяч епохи Просвітництва Леонардо да Вінчі розробив ескіз 13-розрядного пристрою для додавання чисел. Це було першою спробою вирішити вказане завдання.

Першу ж діючу машину, що підсумовує, побудував в 1642 р. Блез Паскаль – знаменитий французький фізик, математик, інженер, (рис. 2.9). Його 8-розрядна машина збереглася до наших днів. Проте сучасники сприйняли машину Паскаля як чудовий курйоз [107].

До створення практично корисного і широко використовуваного агрегату – арифмометра (механічного обчислювального пристрою, здатного виконувати 4 арифметичних дії) – пройшло майже 250 років.



Рис. 2.9 –Рахункова машина Паскаля (Лувр, фотографія)

Розвиток науки і техніки вже в ХІХ столітті потребував виконання значних математичних розрахунків.

Ще в першій половині століття англійський математик Ч. Беббідж перший зробив спробу побудувати універсальний обчислювальний пристрій, названий ним "аналітичною машиною". Вона була задумана як механічний пристрій з пам'яттю і програмним управлінням за допомогою перфокарт – прямокутних карток із щільного картону з інформацією, що наносилася шляхом пробивки отворів (перфорації).

Таким чином, Беббідж передбачив ідею сучасного комп'ютера. Проте, здійснити цю ідею при тому рівні техніки виявилось неможливим. Ідеї Беббіджа настільки випередили свій час, що були значною мірою забуті і знову відкриті в наступному столітті.

Спочатку з'явилися прості рахункові прилади, в основному для складання: в Швеції, Німеччині, Росії, Франції (1866-1885 рр.).

Арифмометр "Однер-машина", створений і запатентований петербурзьким винахідником В. Т. Однером в 1874 р., був набагато досконалішим від попередніх рахункових машин. Це був вже прототип арифмометрів, якими користувалися в ХХ столітті.

Російський математик П. Л. Чебишев поклав початок багатьом розділам математики і зробив немало відкриттів у галузі теорії механізмів. В 1876 р. він винайшов арифмометр безперервної дії і сконструював до нього приставку для множення і ділення (1881 р.).

Рахунковий автомат Чебишева містив нові і цікаві ідеї. На відміну від інших обчислювальних пристроїв автомат Чебишева міг працювати в швидкому темпі, що перевищує 500 обчислень з годиною. Тому принцип, покладений Чебишевим в конструкцію рахункового автомата, привертав і привертає до себе увагу багатьох інженерів. На жаль, ця модель поширення в Росії не отримала і опинилася в Парижі, в музеї мистецтв і ремесел.

Американський інженер У.С. Барроуз створив і запатентував в 1885 р. "лістингову машину" для додавання, в якій вперше застосував зручний клавішний засіб набору чисел замість важільного. Це був прообраз популярного в середині ХХ століття конторського калькулятора.

Подальше вдосконалення рахункових клавішних машин пов'язане з іменами американських інженерів Е. Фельта і Р. Тарану,

що створили калькулятор на чотири арифметичні дії, який після вдосконалення забезпечував також друкування виконуваних операцій.

У 80-х роках інший американський інженер Герман Холлерит сконструював обчислювальну машину "Табулятор", в якій автоматизував процес обробки інформації, використовуючи перфокарти як носії інформації. У 1896 році він заснував фірму по випуску обчислювальної техніки і перфокарт. У 1924 р. ця фірма була перетворенні у всесвітньо відому нині фірму IBM (International Business Machines).

До кінця XIX століття всі обчислювальні машини були механічними. Механічні рахункові машини могли виконувати тільки арифметичні дії, мали низьку продуктивність. Проте, багато конструктивних елементів механічних рахункових машин було використано при подальшому розвитку обчислювальної техніки.

У 1904 р. академік А.Н. Крилов в Росії запропонував конструкцію машини для інтеграції звичайних диференціальних рівнянь. Машина була побудована в 1912 році.

Перші автоматично діючі обчислювальні пристрої з'явилися в середині XX століття. Це стало можливим завдяки використанню електромеханічних реле разом з механічними конструкціями.

Винахід релейної ЕОМ Z3 з програмним управлінням за проектом інженера Цузе (1941 р.) дозволив прискорити обчислювальні операції в декілька десятків разів.



Рис. 2.10 – Тестування першої релейної машини Марк-1

У 1944 р. під керівництвом Говарда Айкена – американського математика і фізика – на фірмі IBM (International Business Machines) була запущена машина "Марк 1", в якій вперше була реалізована ідея Беббіджа (хоча розробники, мабуть, не були з ними знайомі).

Перше покоління ЕОМ – це електронні лампи, діоди, об'ємні резистори, конденсатори і інші деталі. Ця машина могла зберігати по масштабах того часу величезні об'єми інформації без збитку для швидкості роботи. Для представлення чисел в ній були використані механічні елементи (рахункові колеса), для управління – електромеханічні.

Одна з найпотужніших релейних машин РВМ- 1 була побудована на початку 50-х років під керівництвом М.І. Бессонова в СРСР. Вона виконувала до 20 множень в секунду з досить великими двійковими числами.

Ще в 70-х роках минулого століття на полицях магазинів стояли електромеханічні клавішні обчислювальні машини: "Фелікс" та їхні "найближчі родичі", забезпечені електричним приводом.



Рис. 2.11 – Обчислювальні машини ХХ століття
а – важільний арифмометр "Фелікс"; б – калькулятор на електромеханічних реле

Механічні арифмометри минулого століття знаходили широке застосування скрізь, де доводилося працювати з великими числами (у бухгалтеріях, учбових закладах, на складах і тому подібне).

Поява калькуляторів була серйозним досягненням в галузі обчислювальної техніки. Механічні елементи обчислювальних машин (важелі, зубчасті колеса та ін.) замінила електрика. Калькулятори мали жорсткі робочі програми, такі, наприклад, як "помножити", "відняти" та ін. Проте, поява релейних машин безнадійно запізнилась і вони були дуже швидко витиснені електронними, набагато продуктивнішими і надійнішими.

В інженерних розрахунках найбільш вживаною була логарифмічна лінійка, яка дозволяла окрім чотирьох арифметичних дій виконувати піднесення чисел до ступеня і витягання коріння, логарифмувати числа.



Рис. 2.12 – Логарифмічна лінійка

Розвиток механічних і електромеханічних обчислювальних приладів підготував базу для того ривка в конструюванні обчислювальної техніки, який стався після появи електроніки.

2.3.2. Електроніка і сучасні ЕОМ

Освоєння Космосу, вивчення процесів, на рівні клітини і атома визначили необхідність швидкого розвитку обчислювальної техніки, оскільки до рішення цих проблем іншими способами важко було підійти. Ці завдання вимагали розрахунків величезного об'єму і необхідність великого числа одночасно виконуваних дій.

Поява електроніки і її використання в обчислювальних машинах внесла революційні зміни не лише до конструкцій ЕОМ, але і в розвиток техніки в цілому. Робота над новим поколінням обчислювальних машин почалася у кінці 30-х років одночасно в США, Німеччині, Великобританії і СРСР. До цього часу електронні лампи, що стали технічною основою засобів обробки і зберігання цифрової інформації, вже щонайширшим чином застосовувалися в радіотехнічних пристроях.

Першою діючою електронною машиною стала ENIAC – ЕОМ (США, 1945 – 1946 р), створена під керівництвом конструкторів Маучлі і Еккерта на основі електронних ламп. Швидкість обчислень у нового винаходу в порівнянні з Z3 була вища в 120 разів [107].

Практично одночасно велися роботи над створенням ЕОМ у Великобританії. З ними пов'язано передусім ім'я Аллана Тьюринга – математика, що вніс також великий внесок до теорії алгоритмів і кодування. У 1944 р. у Великобританії була запущена машина "Колос".

Ці та ряд інших перших ЕОМ не мали якостей, важливих з точки зору конструкторів наступних комп'ютерів, – програма не зберігалася в пам'яті машини, а набиралася досить складним чином за

допомогою зовнішніх комутуючих пристроїв. Кожне покоління електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) використовувало ту елементну базу, якою мала в розпорядженні електроніка в той або інший час.

Величезна кількість деталей (десятки і сотні тисяч), які використовувалися в перших ЕОМ, їх з'єднання за допомогою металевих провідників з використанням пайки, робили конструкції ЕОМ дуже громіздкими. Крім того, збільшення кількості деталей та їх з'єднань було причиною зниження надійності ЕОМ. Але навіть з цими недоліками, ЕОМ були ефективнішими в порівнянні з механічною обчислювальною технікою.

Транзистор Бардіна, Бернштейна, Шоклі (1947 р.) ознаменував відкриття нової ери в області комп'ютерних технологій. Саме ця маленька деталь стала основою для подальшого розвитку ЕОМ. У 1950 році ці автори були удостоєні Нобелівської премії.

Один з найважливіших принципів – принцип збереження програми – запропонував великий американський математик Джон фон Нейман. Цей принцип вимагає, щоб програма закладалася в пам'ять машини так само, як в неї закладається початкова інформація. Перша ЕОМ з програмою (EDSAC), що зберігається, була побудована у Великобританії в 1949 р.

У 1951 р. вчені України під керівництвом С. А. Лебедева створили першу в СРСР і на континенті Європи електронну цифрову рахункову машину, рис. 2.8.

Вона була дуже громіздкою (займала п'ятиповерховий будинок), але цим винаходом був закладений фундамент розвитку технологічних основ створення нових поколінь ЕОМ.

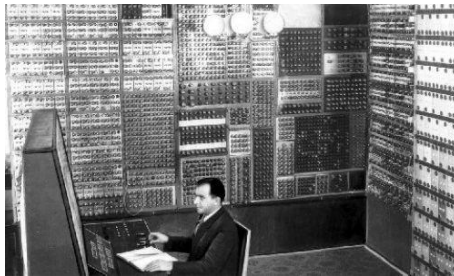


Рис. 2.13 – Перша радянська ЕОМ – МЭСМ ("мала електронно-рахункова машина")

Сергій Олександрович Лебедєв, видатний радянський конструктор обчислювальної техніки, згодом академік, лауреат державних премій, створив ціле покоління ЕОМ, серед яких кращою була БЭСМ-6 ("велика електронно-рахункова машина, 6 модель"). БЭСМ-6, створена в середині 60-х років, довгий час була базовою машиною в оборонній промисловості, космічних і інших науково-технічних дослідженнях в СРСР.

В СРСР усі розробки в області електронно-обчислювальної техніки практично велися самостійно. Річ у тому, що всі відкриття в цій галузі розглядалися спочатку як надсекретний стратегічний продукт. Поступово режим секретності лагіднішав, але і кінці 80-х років можна було купувати за кордоном тільки застарілі моделі ЕОМ. В умовах ринкової економіки це положення мало змінилося і нині – найдосконаліші і потужніші комп'ютери США і Японія і сьогодні розробляють і виробляють в умовах секретності.

Поява напівпровідникової техніки (перший транзистор був створений в 1948 р., а перша ЕОМ з їх використанням – в 1956 р.) різко змінив вид машинного залу – більш нормальний температурний режим, менший гул (лише від зовнішніх пристроїв) і, найголовніше, збільшені можливостей для користувача.

Вже починаючи з другого покоління, машини почали ділитися на великі, середні і малі за ознаками розмірів, вартості, обчислювальних можливостей. Так, невеликі вітчизняні машини другого покоління ("Наїрі", "Мир" та ін.) з продуктивністю близько 104 оп/с у кінці 60-х років були доступні кожному вузу, тоді як згадана вище БЭСМ-6 мала професійні показники (і вартість) на 2-3 порядки вищі.

Втім, безпосереднього користувача до машин перших трьох поколінь майже ніколи не підпускали – біля них чаклували інженери, системні програмісти і оператори, а користувач найчастіше передавав у вузьке віконце або клав на стелаж в сусідньому приміщенні рулон перфострічки або колоду перфокарт, на яких була його програма і вхідні данні для вирішення задачі.

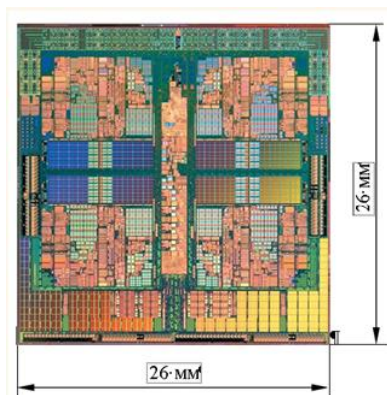


Рис. 2.14 – Мікропроцесор в розрізі

У 1952 році вперше заявила про себе фірма ІВМ, що випустила свою першу промислову ЕОМ – ІВМ 701. Нині ця фірма займає одну з лідируючих позицій на ринку комп'ютерних технологій.

Пам'ять для ЕОМ на магнітних сердечниках Форрестера забезпечила можливість збереження значно більшого об'єму інформації в пам'яті комп'ютерів. Тепер програміст міг не використовувати зовнішні накопичувачі даних, застосовуючи лише можливості ЕОМ.

Без пайки і інших звичних тоді в радіотехніці дій на них "вирощувалися" електронні схеми, що виконують функції основних логічних вузлів ЕОМ (тригери, суматори, дешифратори, лічильники і так далі). Це дозволило перейти до третього покоління ЕОМ. технічна база якого – інтегральні схеми.

Вже в третьому поколінні з'явилися великі уніфіковані серії ЕОМ. В США були уніфіковані елементи великих і середніх машин всього сімейства ІВМ 360/370.

В СРСР періодом створення уніфікованих серій були 70-і та 80-і роки. Були розроблені: єдина система ЕОМ – ЄС, КСМ (великі і середні машини), СМ – система малих ЕОМ і "серія МИКРО – ЕОМ ("Електроніка). Були створені і випущені десятки моделей ЕОМ, які відрізнялися призначенням і продуктивністю. У основу цих конструкцій були покладені американські прототипи фірм ІВМ і DEC (Digital Equipment Corporation).

Випуск цього класу обчислювальних машин практично припинений на початку 90-х років, але багато моделей ще використовується в самих різних сферах діяльності, включаючи освіту (наприклад, комп'ютери ДВК, БК, а також УКНЦ – аналоги МІНІ-ЕОМ типу PDP-1)

Комп'ютерні технології третього покоління характеризуються відмовою від дискретних схем і переходом до інтегральних схем. Переваги – зменшення розмірів конструкцій, зменшення енергоємності, підвищення надійності.

ЕОМ на інтегральних схемах – наступний ступінь розвитку комп'ютера.



Рис. 2.15 – Мікрокалькулятори
а – "Електроніка БЗ-18А"; б – "CITIZEN SDC-8НВ"

У 1964 р. фірма ІВМ почала виробництво моделі ІВМ – 360, яка швидко витиснула конкурентів і стала найбільш популярною моделлю. Розвиток мікроелектроніки супроводжувався зростанням міри інтеграції при одночасному зменшенні мінімального розміру елементів інтегральних схем. Сьогодні велика інтегральна схема (ВІС), що містить близько 1 мільйона елементів, представляє собою пластину (чіп) розміром 3x4 мм, а основні елементи цієї схеми мають розміри близько 0,002 мм.

За останні 10-15 років продуктивність інтегральних схем зросла в 100 тис. разів. Сучасний мікрокалькулятор в 40 разів потужніше і в той же час в 10 тис. разів дешевше, в 17 разів легше, в півтори тисячі разів менше за об'ємом, в 2,8 тис. разів менш енергоємний, чим перші лампові ЕОМ [64]. Оновлення комп'ютерної техніки відбувається приблизно кожні 10 років.

З розвитком твердо тільної електроніки (і, передусім, мікроелектроніки) пов'язане успішне рішення проблем великомасштабної комп'ютеризації і інформатики, створення сучасних систем зв'язку і телебачення, ефективної передачі і перетворення електроенергії, різноманітної побутової, медичної і спеціальної електронної апаратури. В наслідок цього сталися величезні зміни не

лише в галузі обчислювальної техніки, але і в світі науково-технічного прогресу в цілому.

В галузі розробки ЕОМ першим таким наслідком виявилось створення персональних комп'ютерів (ПК) – невеликих і відносно недорогих ЕОМ, здатних акумулювати і посилювати інтелект свого персонального хазяїна (втім, помітимо, що, як і всякий технічний засіб, ПК здатний і на зворотний ефект – марно віднімати час і пригнічувати інтелект).

Двома молодими американцями Джоббсоном і Возняком в 1967 р. був створений персональний комп'ютер "APPLE", мал. 3.16. Ця ЕОМ стала базовою для відкриття винахідниками своєї власної фірми Apple Computer, яка сьогодні всесвітньо відома і успішно конкурує з такими гігантами, як IBM і Microsoft.

Найближчим конкурентом комп'ютерів IBM PC є персональні комп'ютери фірми "Apple Computer". Що прийшли на зміну "Apple-2" машини "Macintosh" широко використовуються в системах утворення багатьох країн.



Рис. 2.16 – Перший персональний комп'ютер "Apple-2" сучасний і ноутбук фірми MSI

За чверть століття, що пройшла з часу створення ПК, вже змінилося декілька поколінь комп'ютерів: 8-бітних, 16-бітних, 32-бітних, 64-бітних. Багаторазово удосконалилися зовнішні пристрої, усе операційне оточення, включаючи мережі, системи зв'язку, системи програмування, програмне забезпечення та ін. Персональний комп'ютер зайняв нішу "персонального підсилювача інтелекту" людей

самих різних професій, став у ряді випадків ядром автоматизованого робочого місця (у конструкторських бюро, в банках, в квиткових касах, в шкільних клас та ін.).

Розробка нових компактних конструкції персональних комп'ютерів (ноутбуків) ще більш підвищило зручності використанні і розширило можливості застосування цих машин (рис. 2.16).

З часу появи електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) у своєму розвитку мають вже п'ять поколінь: ЕОМ на електронних лампах, дискретних напівпровідникових приладах, інтегральних мікросхемах, великих інтегральних мікросхемах (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристики ЕОМ різних поколінь

Показатель	Поколения ЭВМ					
	Первое 1951-1954	Второе 1958-1960	Третье 1965-1966	Четвертое		Пятое?
				А 1976-1979	Б 1985-?	
Элементная база процессора	Электронные лампы	Транзисторы	Интегральные схемы (ИС)	Большие ИС (БИС)	Сверхбольшие ИС (СВИС)	+Оптоэлектроника +Криоэлектроника
Элементная база ОЗУ	Электронно-лучевые трубки	Ферритовые сердечники	Ферритовые сердечники	БИС	СБИС	СБИС
Максимальная емкость ОЗУ, байт	10^2	10^1	10^4	10^5	10^7	10^8 (?)
Максимальное быстродействие процессора (оп/с)	10^4	10^6	10^7	10^8	10^9 +Многопроцессорность	10^{12} , +Многопроцессорность
Языки программирования	Машинный код	+ Ассемблер	+ Процедурные языки высокого уровня (ЯВУ)	+ Новые процедурные ЯВУ	+Непроцедурные ЯВУ	+ Новые непроедурные ЯВУ
Средства связи пользователя с ЭВМ	Пульт управления и перфокарты	Перфокарты и перфоленты	Алфавитно-цифровой терминал	Монохромный графический дисплей, клавиатура	Цветной + графический дисплей, клавиатура, "мышь" и др.	Устройства голосовой связи с ЭВМ

У 2008 Корпорація ІВМ створила суперкомп'ютер, що працює з продуктивністю 1,026 петафлопс. Іншими словами, новий суперкомп'ютер, що займає цілу будівлю, може виконувати квадраніон операцій в секунду.

Люди цілком можуть змагатися з Roadrunner: щоб наздогнати його, усі жителі землі (близько шести мільярдів чоловік) повинні

озброїтися калькуляторами і 46 років цілодобово виконувати математичні операції. Щоб перемогти попередній суперкомп'ютер, теж розроблений IBM, досить було шести мільйонів чоловік.

Для подальшого вдосконалення майбутніх ЕОМ можливі різні шляхи:

- на фізичному рівні – це перехід до використання інших фізичних принципів побудови вузлів ЕОМ;
- на основі оптоелектроніки, що використовує оптичні властивості матеріалів, на базі яких створюються процесор і оперативна пам'ять;
- на базі криогенної електроніки, що використовує надпровідні матеріали при дуже низьких температурах.

2.3.3 Біопроецесори

Нині у пошуках реальної альтернативи напівпровідниковим технологіям для створення нових обчислювальних систем вчені звертають все більшу увагу на біотехнології, або біокомп'ютинг, який є гібридом інформаційних, молекулярних технологій і біохімії. Біокомп'ютинг дозволяє вирішувати складні обчислювальні завдання, користуючись методами, прийнятими в біохімії та молекулярній біології, організовуючи обчислення за допомогою живих тканин, клітин, вірусів і біомолекул.

Найбільшого поширення набув підхід, де в якості основного елемента (процесора) використовуються молекули дизооксирибонуклеїнової кислоти. Центральне місце в цьому підході займає так званий ДНК-процесор. Окрім ДНК функції біопроецесора можуть виконувати також білкові молекули і біологічні мембрани. Так само, як і будь-який інший процесор, ДНК-процесор характеризується структурою і набором команд. У нашому випадку структура процесора – це структура молекули ДНК, а набір команд – це перелік біохімічних операцій з молекулами.

Використання молекул ДНК для організації обчислень – це не занадто нова ідея. Теоретичне обґрунтування подібної можливості було зроблене ще в 50-х роках минулого століття Р. П. Фейманом. Більш детально ця теорія була опрацьована в 70-х роках Ч. Бенеттом і в 80-х – М. Конрадом.

Перший комп'ютер на базі ДНК був створений ще в 1994 р. американським вченим Леонардом Адлеманом. Він змішав в пробірці молекулу ДНК, в якій були закодовані початкові дані, і спеціальним чином підібрані ферменти. В результаті хімічної реакції структура ДНК змінилася таким чином, що в ній в закодованому вигляді була одержана відповідь на завдання. Оскільки обчислення проводилися за участю ферментів в ході хімічної реакції, на них було витрачено дуже мало часу.

Ричард Лептон із Принстона першим довів, як, використовуючи ДНК, кодувати двійникові числа і вирішувати проблему задоволення логічного виразу. Суть у тому, що, маючи деякий логічний вираз, включаючи "n" логічних змінних, треба знайти усі комбінації значень змінних, які відповідають істинним значенням виразу. Завдання можна вирішити тільки перебором 2^n комбінацій. Усі ці комбінації легко закодувати за допомогою ДНК, а далі діяти за методикою Адлемана.

Першу модель біокомп'ютера, правда, у вигляді механізму з пластмаси, в 1999 р. створив Іхуд Шапіро із Вейцманського інституту природничих наук. Система імітувала роботу "молекулярної машини" в живій клітині, яка збирає білкові молекули за інформацією з ДНК, використовуючи РНК як посередника між ДНК і білком. А в 2001 р. Шапіро вдалося реалізувати обчислювальний пристрій на основі ДНК, який може працювати майже без втручання людини. Система імітує машину Тьюрінга – одну з фундаментальних концепцій обчислювальної техніки. Машина Тьюрінга крок за кроком прочитує дані і залежно від їх значень приймає рішення про подальші дії. Теоретично вона може вирішити будь-яке обчислювальне завдання. За своєю природою молекули ДНК працюють аналогічним чином, розпадаючись і рекомбінуючи відповідно до інформації, закодованої в ланцюжках хімічних сполук.

Розроблена у Вейцманському інституті установка кодує вхідні дані і програми в молекулах ДНК, які складаються з двох ланцюгів, і змішує їх з двома ферментами. Молекули ферменту використовувалися для апаратного забезпечення, а молекула ДНК – програмного. Один фермент розщеплює молекулу ДНК з вхідними даними на відрізки різної довжини залежно від коду, що міститься в ній. А інший рекомбінує ці відрізки відповідно до їх коду і коду молекули ДНК з програмою. Процес триває уздовж вхідного ланцюга,

і, коли доходить до кінця, утворюється вихідна молекула, відповідна кінцевому значенню системи.

Цей механізм може використовуватися для вирішення самих різних завдань. Проте на рівні окремих молекул обробка ДНК відбувається повільно – з типовою швидкістю від 500 до 1000 біт/с, що в багато мільйонів разів повільніше за сучасні кремнієві процесори. За своєю природою цей пристрій допускає масовий паралелізм. За оцінками Шапіро і його колег, в одній пробірці може одночасно відбуватися трильйон процесів, так що при споживаній потужності в одиниці нановатт може виконуватися мільярд операцій в секунду.

У 2002 р. фірма Olympus Optical розробила ДНК-комп'ютер, призначений для генетичного аналізу. Він має молекулярну і електронну складові. Перша здійснює хімічні реакції між молекулами ДНК, забезпечує пошук і виділення результату обчислень. Друга – обробляє інформацію і аналізує отримані результати.

Можливостями біокомп'ютерів зацікавилися і військові. Американське агентство по дослідженнях в галузі оборони DARPA виконує проект, що дістав назву Bio-Comp (Biological Computations, біологічні обчислення). Його мета – створення потужних обчислювальних систем на основі ДНК.

Поки що до практичного застосування комп'ютерів на базі ДНК ще дуже далеко. Проте в майбутньому їх зможуть використовувати не лише для обчислень, але і як своєрідні нанофабрики ліків. Помістивши подібний "пристрій" в клітину, лікарі зможуть впливати на її стан, зцілюючи людину від самих небезпечних недугів.

2.4. Інформаційні технології – нова ера у розвитку цивілізації

Розвиток інформатики, кібернетики, електроніки і обчислювальної техніки, проникнення цих наук в сферу розумової діяльності людини визначили нові форми і методи трудової діяльності в усіх сферах, але особливо там, де вирішуються творчі і інтелектуальні завдання.

Сьогодні інформатика з штучним інтелектом, з експертними системами вносить свій вклад до розвитку логіки, моделювання процесів, допомагає логічному мисленню і ухваленню рішень. Іншими

словами, йдеться про якісне і кількісне продовження розумової діяльності людини.

Якщо спочатку освоєння техніки було спрямоване на здійснення гасла "важка фізична праця – на плечі машин" і його реалізація здійснювалася застосуванням механічних пристроїв, то сьогоднішні завдання фокусуються в області моделювання розумової діяльності, що міняє методики, технології, і матеріальне забезпечення цих принципово нових процесів.

Застосування сучасних інформаційних технологій змінило поняття про інформацію. Раніше інформація розглядалася як "повідомлення, що інформують про стан справ, про стан чого-небудь", (С. І. Ожегов). Але з середини 20 століття термін інформація набув більш широкого значення.

Інформація – це "загальнонаукове поняття, що включає обмін відомостями між людьми, людиною і автоматом, автоматом і автоматом, обмін сигналами в тварині і рослинному світі, передача ознак від клітини до клітини, від організму до організму; одне з основних понять кібернетики".

Вирішальну роль зіграв розвиток обчислювальної техніки, що підготував матеріальну базу для розвитку і впровадження інформаційних технологій в усі сфери діяльності людини.

2.4.1. Комп'ютери та комп'ютерні мережі

Найбільшим досягненням НТР в забезпеченні людини технічними засобами праці, але вже не фізичної, а розумової, є електронні обчислювальні, управлінські, інформаційні та інші види техніки. Поява комп'ютерів і їх використання як у сфері виробництва, так і в повсякденному житті суспільства суттєво змінили багато трудових процесів. Особливо велику роль вони відіграють в автоматизації виробництва, в управлінні технологічними процесами, в інженерних розрахунках, в плануванні соціально-економічного розвитку районів, областей і цілих регіонів, галузей економіки.

Комп'ютери та інші засоби автоматизації дозволяють вивчати об'єкти, недоступні для безпосереднього дослідження: ядерні процеси в реакторах, властивості космічного простору, атмосферні процеси, великі глибини морів і океанів, поверхні Місяця і планет сонячної системи та ін.

Успішне вирішення проблем великомасштабної комп'ютеризації і інформатики пов'язане з розвитком твердо тільної електроніки (і, передусім, мікроелектроніки).

Досконалість комп'ютерів активно продовжує рости, особливо у напрямку підвищення їх продуктивності (див. 3.2.2). Оновлення комп'ютерної техніки відбувається приблизно кожні 10 років.

Вже сьогодні величезну роль грають мережі ЕОМ, що дозволяють розподілити рішення складних задач між декількома комп'ютерами. У недалекому майбутньому технології обробки інформації з допомогою комп'ютерних мереж стануть, мабуть, домінуючими.

Перша територіальна інформаційна комп'ютерна мережа з'явилася в 1969 році. Спочатку вона складалася з чотирьох комп'ютерів і об'єднувала Каліфорнійський університет в Лос-Анджелесі, Каліфорнійський університет в Санта Барбарі і університет Солт-Лейк в штаті Юта. На основі цієї першої високошвидкісної мережі згодом був створений глобальний *Міжнародний Internet*.

Сучасні технології обробки інформації з допомогою комп'ютерних мереж стають домінуючими, інтегруючи у собі персональні комп'ютери.

В усіх передових країнах світу розвитку електроніки приділяється дуже велика увага. Якщо в 1966 р. світове виробництво напівпровідникових приладів в грошовому численні складало 160 млрд. доларів, то до 2000 р. воно збільшилося вже до 300 млрд. доларів.

Розвиток мікроелектроніки показав, що вона є одним з найважливіших чинників, що визначають не лише науково-технічний прогрес, але і соціальний розвиток суспільства в цілому.

2.4.2. Біоелектроніка

В області електроніки біотехнологія може бути використана для створення поліпшених типів біосенсорів і нових привідних пристроїв, які мають назву біочіпи.

Біотехнологія робить можливим створення пристроїв, в яких білки є основою молекул, які діють як напівпровідники. Для індикації забруднень різного походження останнім часом стали

використовувати не хімічні реагенти, а біосенсиори – ферментні електроди, а також іммобілізовані клітини мікроорганізмів. Ферменти мають найвищу чутливість.

Біоселективні датчики створюють також шляхом нанесення цілих клітин мікроорганізмів або тканин на поверхню іоноселективних електродів. Наприклад, *Neurospora Europea* – для визначення NH_3 , *Trichosporon brassiacaе* – для визначення оцтової кислоти.

Як сенсори використовують також моноклональні антитіла, що мають виключно високу вибірковість. Лідерами у виробництві біодатчиків і біочіпів є японські компанії, такі як Hitachi, Sharp. Наприклад, компанія Hitachi на початку 90-х років створила проектну групу чисельністю в 200 чоловік виключно для робіт в області біоелектроніки. Компанія Sharp проводить дослідження по розробці комп'ютерів з біокомпонентами.

З'явився новий тип напівпровідників, в яких привідну функцію здійснюють молекули білків. Такі ферментні системи працюють з більшою швидкістю, чим кремнієві напівпровідники. Біочіпи мають невеликі розміри, надійні і здатні до самоскладання.

Ще одна японська компанія, Sony, запатентувала засіб виробництва високоякісних акустичних систем із целюлози, що утворюється бактеріями. Желеподібна целюлоза висушується. Отриманий матеріал має структуру сотів і використовується для виготовлення плоских діафрагм акустичних систем.

Біочіпи використовуються для самих різних цілей. Армія США стверджує, що має біочіпи, які дозволяють дуже швидко визначати в довкіллі наявність хвороботворних мікробів. У медицині біочіпи допомагають за лічені години виконати діагностику туберкульозу, лейкозу і інших ракових захворювань.

Біочіпи – це організоване розміщення молекул ДНК на спеціальному носію. Професіонали називають цей носій "платформою". Платформа – це найчастіше пластинка із скла або пластика (іноді використовують і інші матеріали, наприклад кремній). У цьому сенсі чіпи біологічні близькі до чіпів електронних, які і базуються на кремнієвих пластинах. Це організоване розміщення займає на платформі дуже невелику ділянку розміром від поштової марки до візитної картки, тому в назві біочіпів присутнє слово *micro*. Мікроскопічний розмір біочіпа дозволяє розміщувати на невеликій

площі величезну кількість різних молекул ДНК і прочитувати з цієї площі інформація за допомогою флуоресцентного мікроскопа або спеціального лазерного пристрою для читання.

Способи виготовлення біочіпів теж бувають різними. Одна з найбільших фірм по виробництву біочіпів – Affymetrix – виготовляє біочіпи таким же способом, яким виготовляють електронні чіпи (розташована ця фірма в Силіконовій долині, в Каліфорнії). Чіпи Affymetrix нарощуються прямо із скляної пластинки методом фотолітографії з використанням спеціальних мікро масок. Застосування відпрацьованих методів електронної промисловості дозволило отримати вражаючі результати. На одному такому чіпі розташовані десятки (а іноді і сотні) тисяч плям розміром в декілька мікрон. Кожна пляма – це один унікальний фрагмент ДНК завдовжки в десятки нуклеотидів.

2.4.3. Штучний інтелект

Порівняно недавно було сформульовано нове поняття – штучний інтелект (ШІ).

Штучний інтелект (англ. Artificial intelligence) – це наука, що вивчає можливості моделювання процесів мислення. Базується вона на розробці інтелектуальних (особливо комп'ютерних), програм і технічних пристроїв.

Історія ШІ як нового наукового напрямку починається з середини ХХ століття. До цього часу вже було сформовано безліч передумов його зародження : серед філософів давно йшли суперечки про природу людини і процес пізнання світу, нейрофізіологи і психологи розробили ряд теорій відносно роботи людського мозку і мислення, економісти і математики задавалися питаннями оптимальних розрахунків і представлення знань про світ у формалізованому виді; нарешті, народився фундамент математичної теорії обчислень – теорія алгоритмів – і були створені перші комп'ютери.

Можливості нових машин в плані швидкості обчислень виявилось більше людських, тому у вченому співтоваристві закралося питання: які межі можливостей комп'ютерів і чи досягнуть машини рівня розвитку людини? В 1950 році один із піонерів у галузі обчислювальної техніки, англійський вчений Алан Тьюринг, пише статтю під назвою "Чи може машина мислити?", у якій приводить свої

відповіді на подібні питання, і описує процедуру, за допомогою якої можна буде визначити момент, коли машина порівняється в плані розумності з людиною (тест Тьюринга).

Підходами, які найбільш активно розвиваються в ШІ, в порядку убування наведені нижче:

1. *Нейронні мережі.* Цей напрям стабільно тримається на першому місці. Триває вдосконалення алгоритмів навчання і класифікації в масштабі реального часу, обробки природних мов, розпізнавання зображень, мов, сигналів, а також створення моделей інтелектуального інтерфейсу, що підлаштовується під користувача.

2. *Еволюційні обчислення.* На розвиток сфери еволюційних обчислень (ЕО; автономна і адаптивна поведінка комп'ютерних застосувань і робото технічних пристроїв) значний вплив зробили передусім інвестиції в нанотехнології. ЕО зачіпають практичні проблеми самоскладання, самоконфігурування і самовідновлення систем, що складаються з безлічі одночасно функціонуючих вузлів.

3. *Нечітка логіка.* Системи нечіткої логіки найактивніше застосовуватимуться переважно в гібридних системах, що управляють.

4. *Обробка зображень.* Продовжується розробка способів представлення і аналізу зображень (стискування, кодування при передачі з використанням різних протоколів, обробка біометричних образів, знімків з супутників), незалежних від пристроїв відтворення, оптимізації колірного представлення на екрані і при виводі на друк, розподілених методів отримання зображень.

5. *Експертні системи.* Попит на експертні системи залишається на досить високому рівні. Основна увага сьогодні привернута до систем ухвалення рішень витягання, аналізу і моделювання знань, систем динамічного планування та ін.

6. *Інтелектуальні застосування.* Зростання числа інтелектуальних застосувань, здатних швидко знаходити оптимальні рішення комбінаторних проблем (що виникають, наприклад, в транспортних завданнях), пов'язане з виробничим і промисловим зростанням в розвинених країнах.

7. Поява автономних робото-технічних пристроїв підвищує вимоги до організації процесів самоналагоджування – планування обслуговуючих операцій, використання засобів ШІ для ухвалення рішень в умовах дефіциту часу.

8 *Інтелектуальна інженерія*. Особливу зацікавленість в ІІ виявляють в останні роки компанії, що займаються організацією процесів розробки великих програмних систем для потреб програмної інженерії. Методи ІІ все частіше використовуються для аналізу початкових текстів і розуміння їх сенсу, управління вимогами, виробленням специфікацій, проектування, кодогенерації, верифікації, тестування, оцінки якості, виявлення можливості повторного використання, рішення завдань на паралельних системах.

Сфера ІІ, що стала зрілою наукою, розвивається поступово – повільно, але неухильно просуваючись вперед. Тому результати досить добре прогнозовані, хоча на цьому шляху не виключені і раптові прориви, пов'язані із стратегічними ініціативами. Наприклад, в 80-х роках національна комп'ютерна ініціатива США вивела немало напрямлень ІІ з лабораторій і мала істотний вплив на розвиток теорії високопродуктивних обчислень і її застосування в безлічі прикладних проєктів. Такі ініціативи знаходять рішення швидше за все на стиках різних дисциплін – теорії вірогідності, нейронних мереж, нечіткої логіки та ін.

Сучасні можливості комп'ютерної техніки вийшли на рівень, який дозволяє системам ІІ вирішувати дуже складні для людини практичні завдання.

Корпорація ІВМ, що створила в 2008 р. надпотужний комп'ютер Roadrunner, вже зараз з п'ятьма американськими університетами проєктує нову комп'ютерну систему, яка по алгоритму своєї роботи буде подібна до людського мозку. У корпорації впевнені, що зараз вже настав час для створення систем, що симулюють роботу мозку. По-перше, неврологи досягли значних успіхів у вивченні процесів взаємодії нейронів, по-друге, потужності сучасних процесорів вже дозволяють проводити в реальному часі обчислення, аналогічні мозковим процесам, нарешті, в-третьє, за допомогою нанотехнологій в недалекому майбутньому можна буде створити штучний мозок, в якому буде стимульовано усе, аж до кожного нервового закінчення і нейрона.

Перша фаза проєкту, під час якої вчені проєктуватимуть алгоритм майбутньої системи, продовжиться 9 місяців. На даний момент у інженерів вже є програмне забезпечення, здатне симулювати розумові процеси невеликих тварин, наприклад, мишей і шурів. Менеджер нового проєкту Дарментра Модха відмічає: "Взагалі ці

питання настільки складні, що для їх вирішення вимагається комплексний підхід. Ми доки що знаходимося на початковій стадії головоломки" (Lenta.ru).

Вчені намагаються заглянути і у віддалене майбутнє. Чи можна створити автономні пристрої, здатні при необхідності самостійно збирати собі подібні копії (розмножуватися)? Чи здатна наука створити відповідні алгоритми? Чи зможемо ми контролювати такі механізми? Відповідей на ці питання поки що немає.

2.4.4. Роботи і роботизація виробництва.

На перетині декількох напрямів фізики, куди, безумовно, входить і електроніка, знаходиться конструювання роботів для заміни багатьох функцій людини. Прогнозується, що найближчими роками ці пристрої вплинуть на характер виробництва, продукції і праці самої людини, на організацію цієї праці, розміри і розташування підприємств та ін.

Спроби створити механізми, подібні до людини і інших живих істот, йдуть корінням в глибоку старовину. Усі вони носили спочатку розважальний характер і практичного значення не мали.



Рис. 2.17 – Механічні писарі
П'єра-Жака Дро і Анрі Дро
(1774 р.)

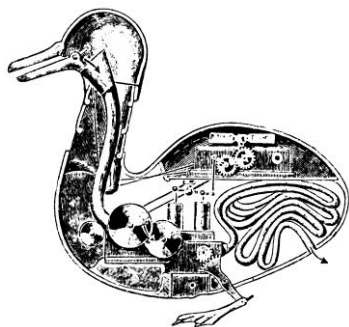


Рис. 2.18 – Механізм качки-автомата Вокансона (1838 р.).

Качка зображена на рис. 2.18 могла плавати, крякати, чистити пір'їнки, їсти, і навіть переварювати їжу.

Тільки в середині ХХ століття виник і сформувався новий науково-технічний напрям – робототехніка, спрямований на автоматизацію допоміжних робіт в машинобудуванні.

У 1962 році фірми "АМФ Версат ран" і "Юні-мейшн Інкорпорейтид" випустили перших промислових роботів. Їх застосування на виробництві довело ефективність роботизації промисловості.

У колишньому СРСР серійне виробництво роботів почалося з 1975 року. Було випущено 120 одиниць роботів, а в 1985 році було виготовлено вже 13,2 тисячі промислових роботів.

Промисловий робот – це автоматичний пристрій з власним програмним управлінням, який дозволяє швидке переобладнання для синхронізації його дій з іншими з іншими машинами і технічними системами. Цей пристрій легко вписується в комплекс технологічного устаткування для його обслуговування або виконання певних робочих операцій [94].

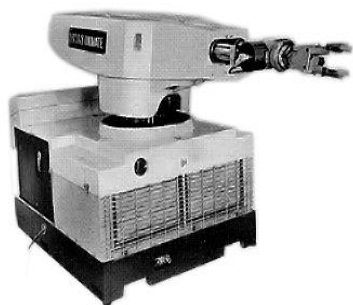


Рис. 2.19 – Перші промислові роботи

Перше покоління – роботи-маніпулятори – автоматичні пристрої, обладнані однією або декількома "механічними руками". Роботи першого покоління працюють за "жорсткою" програмою і вимагають точного визначення позицій виробів. Використовуються в основному для транспортно-завантажувальних робіт.

Рухи "руки" здійснюються по декільком керованим координатах (від двох до восьми) із заданою програмованою швидкістю і необхідною точністю. Переміщення робочого органу відбувається в межах зони обслуговування промислового робота.

Програма передбачає наявність циклограми усіх рухів маніпулятора з урахуванням їх послідовності і тривалості.

Така конструкція народилася не випадково. З точки зору механіки рука людини – виключно гнучкий транспортний пристрій. Вона легко згинається в плечі, лікті та в кисті. Озброєння п'ятьма пальцями дозволяє руці брати предмети різної форми, на різній

відстані і висоті, переносити їх по складній траєкторії в обхід перешкод, просувати через вузькі отвори та виконувати інші рухи.

Перші конструкції маніпуляторів були дуже громіздкими, формувалися на використанні пневматичних або гідравлічних приводів.

Роботи другого покоління – адаптивні роботи, здатні пристосовуватися до оточуючого середовища, яке змінюється, і не вимагають точного позиціонування виробів, оскільки забезпечені датчиками зворотного зв'язку (сенсорними пристроями). У широкому спектрі цих датчиків налічується декілька десятків типів, починаючи від простих електромеханічних і закінчуючи стереоскопічними телевізійними.

В конструкціях роботів сталися істотні зміни. Якщо раніше використовувалися в основному пневматичні і гідравлічні механізми, то в сучасних конструкціях переважають електромеханічні приводи. В результаті значно зменшилися габарити роботів. Використання поворотних ланок, елементів сучасних автоматичних систем дозволили створити роботів мобільнішими, гнучкішими, універсальними.

Поява адаптивних роботів намітила перехід від їх використання на транспортно-завантажувальних роботах до функціональних, робочих операцій, особливо коли ці робочі операції шкідливі для людини (зварювальні, лазерні та ін.).



Рис. 2.20 – Моделі адаптивних промислових роботів, які виконують робочі операції

Розрахунки і конструювання роботів виконують виходячи з комплексу завдань, які повинен виконувати робот. Конструюються

роботи із окремих модулів, тобто із завершених частин певного функціонального призначення: модулів лінійних або кутових переміщень, змінних захватів та ін.

Нині народжується вже третє покоління роботів. Зараз ці роботи знаходяться у стадії розробки. Створені окремі, як правило, експериментальні і дослідні зразки, а застосування їх у промисловості тільки починається.

Роботи третього покоління – інтелектуальні роботи – можуть сприймати інформацію, логічно оцінювати ситуацію і, залежно від цього, визначати рухи, необхідні для досягнення заданої мети. Системи управління цими роботами забезпечені вбудованими комп'ютерами.

Конструкції роботів з штучним інтелектом істотно відрізняються від попередніх поколінь тим, що вони дуже часто виконуються рухливими, оздоблюються колісним або гусеничним ходом. Досить поширеним науковим напрямом є створення крокуючих роботів.



Рис. 2.21 – Дослідні зразки роботів третього покоління

Роботи зі штучним інтелектом складніші і значно дорожчі за роботів другого покоління. Вони оздоблюються потужними ЕОМ, оскільки вимагають складного математичного забезпечення. Пам'ять робота – це математична модель зовнішнього середовища і загальна мета, яку необхідно досягти. Конкретна програма дій виробляється в процесі руху робота на підставі зіставлення моделі зовнішнього середовища, основної мети і інформації, яку забезпечують датчики сприйняття реальної ситуації.

На рис. 2.22 зображено робочого робота третього покоління, що по заданій програмі з управлінням від комп'ютера виконує складну художню фасонну обробку обличчя людини. Робот самостійно рухається, вибираючи найбільш зручне положення при роботі.

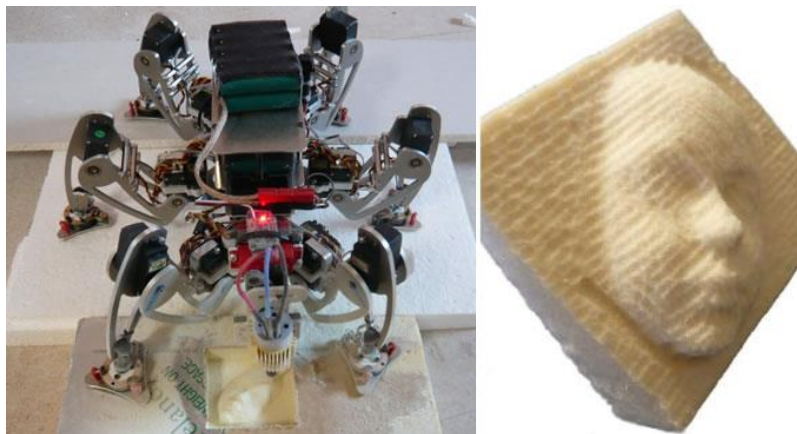


Рис. 2.22 – Робот третього покоління, що виконує художню обробку по заданій програмі

Застосування промислових роботів

У ряді випадків роботи можуть бути незамінними помічниками людини, коли йдеться про виконання робіт на великих глибинах морів і океанів, в Космосі, в агресивних середовищах, в умовах праці, шкідливих для здоров'я.

Переваги використання роботів виявляється також у тих випадках, коли:

- Доводиться працювати з великогабаритними і масивними деталями або обробляти велике число отворів.

- При обробці заготівель малої жорсткості та в'язких матеріалів недостатньої твердості. При лазерній обробці заготівель робот переміщає робочий орган над оброблюваною поверхнею по траєкторії, визначуваною програмою. Програмою також регулюється інтенсивність світлового променя відповідно до товщини оброблюваного матеріалу.

- При використанні методів різання струменями рідини. Струмені рідини прорізають в початковому матеріалі ряд отворів і

щілин, а також видаляють зайві елементи пластмасових пресованих деталей.

Спеціальні дослідження в Японії, Німеччині, США, а також у Франції, Італії і колишньому СРСР показали, що промислові роботи значно підвищують продуктивність праці, замінюючи від 2 до 5 чоловік і більше, мають певну технологічну гнучкість, дозволяють повністю автоматизувати багато виробництв.

Бурхливий розвиток робототехніки в усіх промислово розвинених країнах набуває не лише технічного, але ще і гострого актуального соціального значення. Чим більше роботів впроваджують у виробництва, тим менше стає робочих місць, отже, росте число безробітних.

Як відомо, в Японії найбільша кількість виробництв, на яких застосовуються роботи. Тому ця країна вже нині відчуває гостроту соціальних проблем наростаючого безробіття.

Роботизація виробництва, вирішуючи комплексні науково-технічні і економічні завдання, одночасно загострює соціальні проблеми, тому вимагає усебічного наукового вивчення і обґрунтування. Сфери і масштаби застосування роботів мають бути чітко визначені наукою і регламентовані урядами, а, у ряді випадків – обмежені. Ця проблема стає ще актуальнішою у зв'язку з розвитком штучного інтелекту і появою нового покоління роботів.

2.5. Інженерна діяльність в епоху НТР

2.5.1. Особливості інженерної діяльності на сучасному етапі

Розвиток науки і техніки, утворення науково-технічних комплексів, автоматизація багатьох напрямів розумової і фізичної праці істотно змінили форми і методи інженерної діяльності. На базі наукових відкриттів інженерна праця створила потужну технічну і виробничу бази, що забезпечило небувалий розвиток продуктивних сил, сприяло подальшому зростанню матеріального благополуччя і культури людського суспільства. Праця інженера стала багатогранною і наукомісткою. Роль інженерної праці нестримно зросла і зростає в усіх сферах трудової діяльності людини.

Норми і методи інженерного мислення проникли в наукову, соціальну і навіть гуманітарну сфери. З'явилися соціально-інженерні розробки, біотехнологія, інженерно-економічні методики і тому

подібне. Інженерні розробки в області медичних приладів і фармакології впливають і на сферу медичної практики. Вони не лише змінюють зміст діяльності інженера, але вимагають від нього прояв громадянської відповідальності за всі технічні рішення, що приймаються в усіх аспектах – соціальному, екологічному, моральному та ін.

Сучасний етап інженерної діяльності визначається рядом особливих характеристик:

1. Розширенням сфер інженерної діяльності.
2. Розширенням і зміною об'єктів проектування і конструювання.
3. Системним підходом до рішення сучасних складних науково-технічних завдань.
4. Суттєвою зміною матеріально-технічної бази інженерної праці.
5. Значними змінами в технологіях і організації виробництва.
6. Широким впровадженням автоматизації в усіх ланках виробничих процесів.
7. Зверненням до всього комплексу соціальних, гуманітарних, природних і технічних знань.

Ці вимоги знаходять втілення в діяльності сучасного інженера. Подальші розділи цієї книги допоможуть чіткіше розібратися з характером цих багатогранних і численних змін.

2.5.2. Комп'ютери в інженерній практиці

Електронні, обчислювальні, такі, що управляють, інформаційні і інші види машин стали незамінними помічниками інженерів в усіх ланках трудового процесу. Вперше в історії цивілізації з'явилися технічні засоби, які змінюють умови розумової діяльності людини.

Сьогодні для скорочення часу організаційно-виробничої підготовки, поліпшення планування виробництва, підвищення ефективності інженерної праці широко застосовується комп'ютеризація цих процесів. У конструкторській, технологічній та інженерно-організаційній діяльності комп'ютери стали органічно необхідними помічниками.

Використання комп'ютерної техніки привело до істотних змін у роботі інженера як за змістом, так і за умовами організаційній.

Сьогодні комп'ютер дозволяє не лише обробляти великі масиви інформації, але і автоматизує функції самого виконавця. Це торкається пошуку, збору і накопичення різних відомостей, проектування і конструювання, математичному моделюванню і так далі. Багато з цих функцій ще нещодавно вважався творчим, а нині їх виконує комп'ютер.

Вирішення проблеми підвищення ефективності інженерної праці у сфері проектування йде у трьох напрямках:

- раціоналізація систем проектування, включаючи систематизацію самого процесу проектування і поліпшення організації праці інженера-проектувальника;
- комплексна автоматизація розумово-формальних, нетворчих функцій інженера-проектувальника в процесі проектування;
- розробка імітаційних моделей для відтворення на ЕОМ розумової діяльності людини, його здатності приймати рішення в умовах повної і часткової невизначеності проектних ситуацій, розробки евристичних алгоритмів, що дозволяють якісно вирішувати складні завдання проектування при вступі певних обмежень.

Тенденцією сучасного етапу автоматизації проектування є створення комплексних систем автоматизованого проектування і виготовлення виробів, що включають конструювання, технологічне проектування, підготовку програм для управління устаткування з ЧПУ, виготовлення деталей, складання вузлів і машин, упаковку і транспортування готової продукції.

Одним з напрямів комплексної автоматизації є розробка систем автоматичного управління підприємствами (АСУП). В процесі впровадження АСУП виникає безліч соціально-економічних і соціально-психологічних проблем, що вимагають додаткових знань і досліджень, оскільки реалізується нова система "людина-машина", що втворюється в сфері соціальних стосунків.

АСУП передбачає створення на підприємстві єдиної інформаційної бази даних, до яких підключаються як основні, так і допоміжні служби виробництва.

З урахуванням номенклатури і специфіки виробництва в єдину інформаційну базу включаються:

- Нормативна документація (стандарти, інструкції, нормалі).

- Конструкторська документація (тривимірні моделі, креслення).

- Технологічна документація (типові технологічні процеси, маршрутні технології, зразки технологічної документації).

- Відомості по устаткуванню, оснащенню, інструментам.

За допомогою єдиних інформаційних баз стає можливою ліквідація або значне скорочення заділів незавершеного виробництва, скорочення витрат часу на пошук необхідної інформації, поступовий перехід до без паперових технологій та ін.

Використання систем автоматичного моделювання – САМ, верстатів з ЧПУ і управляючих програм дозволяє здійснити на виробництвах без паперові технології і без складські технологічні процеси (логістику).

Робочі місця конструкторів і технологів забезпечуються персональними комп'ютерами, підключеними до єдиної інформаційної бази даних.

Приведені вище зміни в творчості інженера вимагають безперервного поповнення і вдосконалення знань; всебічної підготовки, як професійної, так і наукової. Сьогодні повинні вчитися всі і вчитися постійно – ось головна особливість нашого часу.

Контрольні питання

1. Основні напрями розвитку сучасної науки.
2. Мислення людини і інформатика.
3. Комп'ютери і комп'ютерні системи.
4. Промислові роботи.
5. Значення обчислювальної техніки у розвитку науки і техніки.
6. Зміни в організації інженерної діяльності.

ТЕМА 3. СУЧАСНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ ПРОБЛЕМИ

Енергія означає дію, діяльність, і, отже, це основна, найбільш універсальна міра усіх видів роботи, що виконується людьми.

Якість енергії визначається різноманітністю форм роботи, яка може бути виконана за рахунок конкретного виду енергії. Жодна технічна система або живий організм не можуть існувати без енергетичного забезпечення, адаптованого до умов сприйняття цією системою.

Сучасна техніка потребує великих енергетичних затрат, які постійно збільшуються. Пам'ятаючи про те, що енергія – основне джерело будь-якого руху, комплекси енергетичних машин і систем, які проектується і втілюється в життя, постійно зростають.

Енергетика, як і матеріали, також зазнала значних змін. З'явилися нові види енергії – електронно-променева і лазерна. Використання нових джерел енергії завжди відкривало нові рубежі трудової діяльності людини і можливості розвитку техніки. При нинішніх масштабах технічного розвитку питання енергетичного забезпечення належать до первинних наукових і інженерних завдань.

3.1. Джерела енергозабезпечення.

3.1.1. Природні і перетворені джерела енергії

Енергетика Землі сформувалася під впливом потоків сонячною і космічною енергій. Сонячна енергія, що живить усі живі організми, – це, передусім, світло і тепло.

Земля має і свої енергетичні джерела. Це магнітне поле Землі, яке захищає живі організми і космічні супутники від згубної дії космічних часток. Дуже багато фізичних явищ визначаються наявністю магнітного поля (сила тяжіння, гравітація та ін.). Крім того, надра землі мають джерела енергії (газ, нафта, торф, кам'яне вугілля), які мільйонами років накопичували енергію Сонця та інших джерел. Живі організми для забезпечення своєї життєдіяльності також мають необхідні види енергії.

Природні джерела енергії можуть бути двох типів:

Первинні – сонячна енергія, повітря, вода, хімічні елементи, магнітне поле, атомна енергія та ін. Первинні джерела енергії

забезпечують усі цикли життєвих процесів на Планеті, у тому числі, існування і життєдіяльність живих організмів.

Вторинні – ті, що трансформують і накопичують енергію первинних джерел – рослини, газ, нафта, торф, кам'яне вугілля, енергія живих істот.

Всі природні джерела енергії підрозділяються на поновлювані і не поновлювані.

Поновлювані джерела – це первинні природні джерела енергії і деякі вторинні (енергосистеми живих організмів, що мають системи саморегулювання і самовідновлення).

До не поновлюваних джерел енергії належать нафта, вугілля, газ, торф. Ці джерела енергії формувалися в надрах землі упродовж тисячоліть. Їх запаси, що інтенсивно використовуються сучасною цивілізацією, не можуть бути відновлені в досяжному майбутньому.

Перетворені джерела – енергія стислого газу і пари, електрична енергія та ін. Отримання цих видів енергії здійснюється перетворенням природних джерел енергії за допомогою технічних пристроїв і систем. Для їх отримання використовуються як поновлювані, так і не поновлювані джерела енергії.

Використання не поновлюваних джерел енергії, засноване на процесах горіння, неминуче призводить до виділення продуктів неповного згорання (токсичних газів і золи), що забруднюють навколишній простір і порушують екологію Планети.

Проте, саме перетворені види енергії, особливо електрична енергія, нині найбільш широко використовуються в техніці та трудових процесах.

Остання половина двадцятого століття ознаменувалося появою нових перетворених джерел енергії – електронно-променевої та лазерної. Ці види енергії, що мають унікальні властивості, отримані на подальшому перетворенні електричної енергії. Їх використання знаходиться в початковій стадії, але вже сьогодні вони знайшли широке застосування. Розроблені і виготовлені пристрою для використання цих видів енергії.

Стрімке зростання енергоспоживання в всьому світі, маловтішна перспектива зниження світових запасів вугілля, нафти і природного газу змусила звернутися ще до одного природного джерела енергії – атомної енергії.

3.1.2. Енергетичні системи і машини

На перших етапах трудової діяльності, орієнтованої на забезпечення умов існування людини, всі потреби цілком забезпечувалися лише її енергетичними системами.

Але ідеї багатьох трудових процесів почали випереджати можливості людини. Для їх здійснення вимагалися витрати енергії значно більші, ніж ті, які мала в своєму розпорядженні людина.

Перші рішення цієї проблеми полягали в об'єднанні зусиль виконавців, пізніше – у використанні енергії приручених домашніх тварин.

На рис. 3.1 приведено зображення перевезення важких предметів шумерами 6000 років тому (по матеріалах музею в Багдаді).

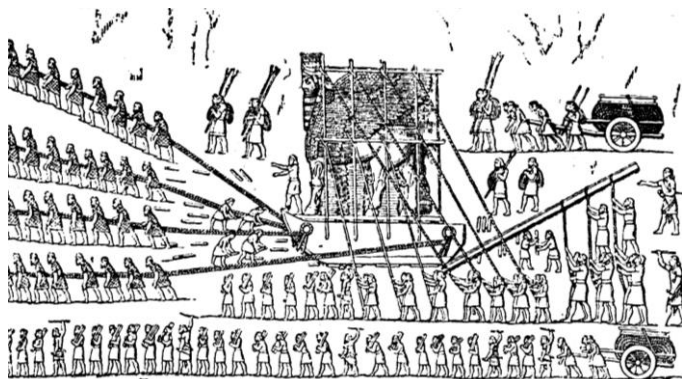


Рис. 3.1 – Перевезення багатотонної статуї в древньому Вавилоні.

Такими ж методами вирішувалися подібні проблеми і в Єгипті. Геродот (V століття до н. е.) розповідав, що "100 тисяч людей протягом трьох місяців тягнули камені для піраміди Хеопса (найбільшої піраміди) і знадобилося десять років, щоб прокласти дорогу від місця здобичі каменю до Нілу".

Тому природним був пошук інших джерел енергії, які полегшили б працю людини.

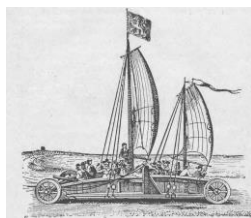
Найдоступнішими були первинні природні джерела енергії – вогонь, вода, вітер. Людина вчилася їх використовувати.

На рис. 3.2-а зображено одного з древніх вітрильних кораблів, в якому для переміщення разом з веслуванням використовувалася сила повітряного потоку – вітру.

Рух повітря, впливаючи на вітрило, передавався щоглі, на якій встановлене вітрило, а разом з нею і тому об'єкту де закріплена щогла. Цей спосіб забезпечував пряме використання природної енергії – переміщення об'єкту у напрямі дії сили. Такий вид енергії був ненадійний: вітер дув не завжди, та частенько і не в той бік, куди необхідно було рухатися.



а



б

Рис. 3.2 – Приклади використання вітрильних "двигунів"
а – вітрильно-весельний корабель (VII ст. до н.е.), б – вітряний
автомобіль Стевіна (1600 р.)

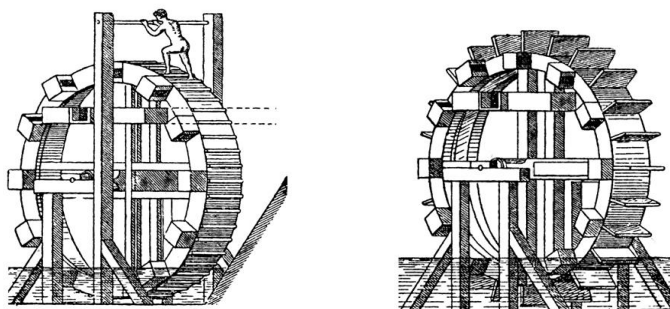
Вітрило удосконалили, роблячи його поворотним з таким розрахунком, щоб можна було, упіймавши струмінь повітря, одночасно змінити напрям руху об'єкту. Це була перша перемога у використанні природної енергії – зміна напрямку діючої сили.

Від прямого використання вітрової енергії людина не відмовилася і в пізніші часи (рис. 3.2-б). Нині вдосконалена протягом декількох століть вітрильна техніка дозволяє об'єктам рухатися в будь-якому бажаному напрямі, і навіть лавірувати назустріч вітру.

Для трудової діяльності людини природні джерела енергії стали доступними лише тоді, коли людина навчилася перетворювати їх в інші види енергії за допомогою технічних пристроїв.

Першим таким пристроєм стало **водяне колесо**, створене в I столітті до н.е. Пробразом водяного колеса було єгипетське водочерпальне колесо, що приводилося в рух енергією раба, рис. 4.3-а.

Було помічено – якщо по периметру колеса поставити лопатки і направити на них струмінь води, то це колесо зможе працювати і без допомоги раба, У Вітрувія зустрічається опис того і іншого колеса, так що, мабуть, 2000 років тому водяне колесо почало витісняти мускульну енергію людини.



а

б

Рис. 3.3 – Водяні колеса (Єгипет, 1 вік н.е.)

а – водочерпальне колесо для поливу, що обертається від зусиль раба,
б – колесо водяного двигуна, яке рухається енергією водяного потоку

З сучасної точки зору працююче водяне колесо можна назвати водяним двигуном, енергетичною машиною без всяких перебільшень. Воно перетворює потенційну енергію водяного потоку в механічну енергію без зусиль людини.

Водяне колесо знаменує собою нову епоху в розвитку не лише техніки, але і цивілізації в цілому: в трудових процесах людина почала використовувати природні джерела, перетворені в механічну енергію.

Але застосувати водяний двигун у багатьох випадках було неможливо з ряду причин:

- у зв'язку з віддаленістю водяних джерел від об'єктів споживання,
- для переміщення рухливих об'єктів,
- зимою в помірних країнах – в Швеції, Росії та ін. – сила води не діє, бо вода замерзає.

У подібних випадках продовжувала використовуватися енергія живих організмів – (ступальні колеса, гужовий транспорт т.п.).

Необхідність в потужніших і більш мобільних джерелах енергії залишалася досить гострою.

Винахід парового двигуна Уаттом в 1769 р. був дуже актуальним і вирішував багато проблем.

Паровий двигун Уатта (рис. 4.4), мав ряд переваг в порівнянні з водяними і вітряними двигунами:

1. Використання стислої пари дозволяло розвивати більші потужності в порівнянні з водяними двигунами.

2. Він міг працювати в будь-якому місці і в будь-який час, незалежно від погодних умов.

3. Він не залежав від розташування джерела енергії – паливо могло доставлятися до машини або переміщатися разом з нею.

Процес отримання пари заснований на неодноразовому перетворенні початкового джерела енергії (деревини, кам'яного вугілля, нафти і газу).

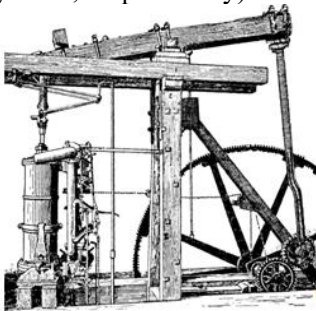


Рис. 3.4 – Парова машина Уатта – 1788 р, (Лондонський музей)

У паровій машині Уатта здійснювалося триразове перетворення енергій.

Перше перетворення – це процес отримання тепла при спалюванні палива, друге – перетворення води в пару під дією теплової енергії, третє – перетворення енергії пари в механічну енергію.

Для отримання багаторазових енергетичних перетворень в паровому двигуні Уатта були об'єднані топка, паровий котел і циліндро-поршневий механізм. Перетворення зворотно-поступального переміщення поршня в обертальний рух робочого валу забезпечувалося системою механізмів – важільного, кривошипно-шатунового та ін.

Парові машини (системи) разом з позитивними якостями мали і ряд недоліків: низький ККД; громіздкість конструкції; шумність машини при експлуатації.

До негативних явищ, пов'язаних з появою парових двигунів слід віднести також:

- Використання не поновлюваних запасів вторинних природних джерел енергії.

- Сильне забруднення довкілля і атмосфери продуктами неповного згорання палива.

Громіздкість конструкції, необхідність великих запасів палива визначили пошук нових, компактніших і більш зручних в експлуатації енергетичних систем.

Реактивні двигуни розширили можливості енергетичних систем, призначених, в першу чергу, для потреб транспорту.

В основі реактивних двигунів різних типів лежить принцип прямої реакції, тобто принцип створення рушійної сили (чи тяги) у вигляді реакції (віддачі) струменя "робочої речовини", що витікає з двигуна, зазвичай – розжарених газів.

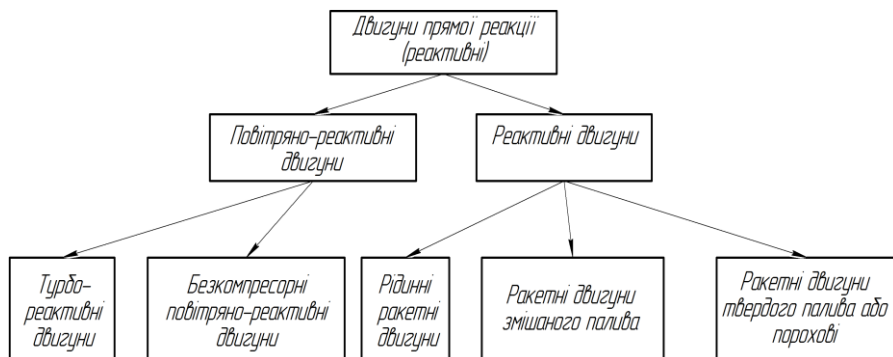


Рис. 3.5 – Класифікація сучасних реактивних двигунів

Усі реактивні двигуни поділяються на два класи залежно від того, чи використовують вони для своєї роботи навколишнє повітря, чи ні.

До повітряно-реактивних двигунів належать поршневі двигуни автомобілів, літаків, тепловозів, парові і газові турбіни електростанцій і так далі, тобто двигуни, робота яких можлива тільки в повітряному середовищі.

Назва першої конструкції двигуна внутрішнього згорання – *дизель* – увічнило ім'я його винахідника Рудольфа Дизеля.

У липні 1893 року Рудольф Дизель випробував свій дослідний дизель. На перших же випробуваннях на шматки розлетівся індикатор

і Дизель дивом залишився живим. Протокол випробувань свідчив: "вважати, що здійснення робочого процесу на цій незавершеній машині неможливе". Але працьовитість і наполегливість Дизеля перемогли. Вже 17 лютого 1894 року почалося випробування нової, переробленої машини. Дизель не помітив її першого холостого ходу, побачив тільки, що старий Ліндон, слюсар-монтажник, раптом мовчки стягнув з голови промаслений картуз – в що мить народився дизель.

Дизельний двигун – поршневий двигун внутрішнього згорання, що працює на рідкому дизельному паливі, рис. 4.5 Паливо подається в камеру згорання форсунками під великим тиском (від 10 до 220 МПа).



Рис. 3.6 – Один з перших дизелів (експонат Лейпцігського музею)

У дизельних двигунах повітря поступає в циліндр окремо від палива і суміш потім стискується. Із-за високої міри стискування суміш нагрівається до температури самозаймання дизельного палива.

Займання (вибух) паливно-повітряної суміші і утворення стислого газу, що створює робочу рушійну силу, відбувається безпосередньо в камері згорання поршня.

Окрім енергоперетворюючих устаткувань дизелі (як і інші двигуни внутрішнього згорання) мають ще паливну систему, яка забезпечує подачу палива в камеру згорання в необхідній кількості і в належній час; систему запалювання та ін.

Сукупність цих механізмів дозволяє вважати дизелі та інші двигуни внутрішнього згорання *енергетичними системами*.

Сучасні дизелі виготовляють з чотиритактним або двотактним циклом роботи. Перші застосовуються у вантажних автомобілях і автобусах, другі – на морських катерах..

Автомобільні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) відрізняються від дизеля не тільки видом палива (бензин – в автомобілях, гас – в авіаційних двигунах), а також принципом подачі паливно-повітряної суміші, і способом її займання.

Ракетні двигуни створюють тягове зусилля тільки за рахунок взаємодії з робочим тілом, без опори або контакту з іншими тілами.

Вони утримують усі компоненти робочого тіла на борту і здатні працювати в будь-якому середовищі, у тому числі і в безповітряному просторі. З цієї причини найчастіше вони використовуються для приведення в рух літаків з реактивними двигунами, ракет і космічних апаратів.



а



б

Рис. 3.7 – Сучасні реактивні двигуни

а – турбореактивні двигуни АЛ-31Ф літака Су-30МК (клас реактивних двигунів); б – повітряно-ракетний двигун Спейс Шаттл.

Основоположником реактивного руху, звичайно, по праву є Н.Е.Жуковський, що уперше розробив основні питання цієї теорії.

Електричні системи та електродвигуни

Сенсаційною подією була поява електричної енергії. Першого січня 1867 року німецький винахідник Вернер Сіменс зробив свою знамениту доповідь в Берлінській Академії наук на тему "Про перетворення механічної енергії на електричний струм без використання постійних магнітів".

Отримання електричної енергії засноване на дворазовому перетворенні природних джерел енергії спочатку в механічну, а потім в електричну енергію

Електрика має цілий ряд істотних переваг порівнюючи з енергіями, які використовувалися раніше:

- можливість повернутися до використання первинних джерел енергії;
- можливість транспортування електроенергії на великі відстані за допомогою ліній електропередач (ЛЕП)
- можливість регулювання основних характеристик електричної енергії (потужності, напруги, сили струму) в широкому діапазоні;
- електрика менше забруднює довкілля і тому належить до так званих "чистих" видів енергії;
- вона забезпечує можливість створення автономних індивідуальних приводів машин і технічних систем.

Ці якості електрики визначили її широке використання як основного виду енергії, споживаної виробництвами і технічними пристроями теперішнього часу.

Електричні станції і системи.

Нині отримання електроенергії здійснюється на теплових, гідравлічних, атомних, сонячних і вітрових станціях шляхом перетворення відповідних видів енергії в електричну енергію.

Гідроелектростанції (ГЕС) були першими енерготехнічними системами, що використали енергію водяного потоку для отримання електричної енергії (див. главу 8).

Сучасна ГЭС – це складний комплекс енергетичних машин і технічних систем, призначених:

- для перетворення потенційної енергії водяного потоку в механічну енергію (турбіни);
- для перетворення механічної енергії в електричну (генератори струму);
- для регулювання параметрів струму (трансформатори, комплектно-розподільні пристрої та ін.);
- для зберігання і передачі енергії (акумулятори, лінії електропередач – ЛЕП та інші пристрої).

Атомні електростанції (АЕС). Атомна енергія сьогодні є основним джерелом, здатним забезпечити збільшені світові потреби в енергетиці. Енергія атома – потужне енергетичне джерело, проте її пряме використання неможливе. Перетворення енергії атома здійснюється на АЕС (розділ 4.3.2).

Геліоелектричні станції призначені для використання і перетворення сонячної енергії в електричну. Це енергетика завтрашнього дня, але вже сьогодні видно величезні перспективні можливості такого невичерпного джерела енергії (див. розділ.4.4).

Вітроелектростанції (ВЕС) дозволяють отримувати електричну енергію, перетворюючи енергію повітряних потоків за допомогою вітродвигунів і генераторів струму. ВЕС знаходять широке застосування в енергозабезпеченні багатьох країн.

В Україні також ведуться роботи по проектуванню і будівництву ВЕС.

Сьогодні електрична енергія є самим необхідним видом енергії для роботи переважної більшості технічних засобів.

Електричні двигуни та автоматизований електропривід.

Як відомо, основним призначенням будь-якого двигуна є перетворення первинних джерел енергії в механічну енергію, необхідну для роботи машин та виробничих систем.

Особливість електричних двигунів полягає в тому, що вони, на відміну від усіх попередньо розглянутих видів двигунів, використовують не первинні джерела енергії, а вже перетворену їх форму – електричний струм. Це дозволяє значно спростити конструкцію електричних двигунів.

Слід звернути увагу на те, що той пристрій, який ми звикли називати електричним двигуном, фактично є лише електромеханічним перетворювачем електричної енергії в механічну, и стає електричною машиною, лише після з'єднання з джерелом енергії.

Нині енергетика має в своєму розпорядженні цілий арсенал механізмів, які здійснюють перетворення змінного струму в обертальний чи поступальний механічний рух або інші види енергії. Це стало можливим після появи електроніки і використання її в електричних приводах., що суттєво впливає и змінює конструкції всіх елементів машин.

Автоматизований електропривід.

В автоматичних системах набув поширення автоматизований електропривід. Він визначається як "машинний пристрій, що перетворює електричну енергію в механічну і забезпечує автоматичне управління перетвореною механічною енергією".

Автоматизований електропривод завойовує все нові сфери застосування. Так, якщо в 1976 рр. він складав лише 8-12% загального числа промислових роботів, то в 1980-1981 рр. його доля досягла вже 30-32% і продовжує рости. Сучасні автоматизовані електроприводи (або мехатронні модулі руху) забезпечують подальше вдосконалення верстатного устаткування, гнучких автоматичних ліній та інших технічних систем.

Для забезпечення низьких частот обертання вихідного валу без застосування редуктора розроблена група електричних приводів. *Це хвилеві двигуни, тихохідні редукторні двигуни та двигуни з ротором, що котиться.* Низька частота обертання вихідного валу при значному моменті хвилевого двигуна дозволяє сполучати його безпосередньо з виробничим механізмом.

Велике число виробничих механізмів і пристроїв мають поступальну або зворотно-поступальну ходу робочих органів (підійомно-транспортні машини, механізми подач різних верстатів, преси, молоти та ін.). Для приводів цих машин та систем до недавнього часу використовувалися звичайні електродвигуни у поєднанні з додатковими механічними передачами, які перетворювали обертальний рух двигунів в прямолінійний рух робочих органів. Застосування *лінійних електродвигунів з прямолінійним рухом ротора* дозволяє спростити або повністю виключити механічні передачі, підвищити економічність і надійність роботи приводу і виробничого механізму в цілому.

Робочі органи ряду механізмів при виконанні ними виробничих операцій повинні переміщатися дискретно, кроками. До таких механізмів належать механізми подач різних верстатів, пристрої переміщення валків прокатних станів, проекційна апаратура, деякі електронні та інші пристрої. Для приводу цих робочих органів доцільно, очевидно, застосовувати двигун, здатний по своєму принципу дії забезпечувати подібні дискретні рухи.

Таким двигуном є *кроковий двигун (КД)*, ротор якого здійснює крокові переміщення певної величини з фіксацією положення ротора у кінці кожного кроку.

Широке поширення крокового електроприводу визначається ще й тим, що він добре поєднується з цифровими обчислювальними машинами, програмними пристроями і різними цифровими приладами

для управління, які все ширше застосовуються в багатьох галузях техніки.

Високооборотні двигуни постійного струму здатні розвивати на валу значні моменти як при обертанні якоря, так і при його нерухомому стані, причому момент при нерухомому якорі може навіть перевищувати момент при обертанні двигуна. Використання таких двигунів забезпечує регулювання швидкості руху робочого органу в ширших межах без застосування механічної передачі від двигуна до виконавчого органу.

На базі циліндричних лінійних КД створені двокоординатні лінійно-поворотні двигуни, що підсумовують на загальному валу дію двох незалежних рухів – обертального та поступального.

Найбільш поширеними є *багатокоординатні КД*. Характеристики одного з таких чотирьох координатних (X, Y, Z – КД) наступні: хід по координатах X і Y – 0,6 м, Z – 9,015 м, крок відповідно до 10-5 мкм, максимальне зусилля до 80 Н.

Двигуни такого типу, відрізняючись високою точністю і швидкістю позиціонування, використовуються в приводах маніпуляторів і в автоматичних системах технологічних ліній.

3.2. Області використання і проблеми сучасної енергетики

Процес індустріалізації і високі темпи його розвитку в усьому світі вимагає колосальних енергетичних витрат. Якщо на початку минулого століття споживання енергії у світі подвоювалося приблизно за 50 років, то в середині століття це відбувалося вже за 30 років, а у кінці – за 15-20 років. При цьому виробництво електроенергії подвоюється приблизно за 10-15 років, тобто питома вага електрифікації росте.

Незважаючи на гостроту енергетичної проблеми і заходи, що приймаються, світове споживання енергоресурсів збільшується дуже високими темпами. Витрата нафти досягла 80 мільйонів баррелів у добу і продовжує рости. В результаті цього у ряді країн стала відчуватися нестача традиційних видів палива.

Як відомо, основою енергетики сьогодення є нафта і газ. Це дуже зручні види енергоресурсів. Зараз ними покривається близько 70 % енергоспоживання у світі. Проте світові запаси нафти і

газу обмежені. Якщо врахувати зростання споживання енергії, вони можуть бути вичерпані протягом двадцяти, максимум п'ятдесят років.

Для всієї Планети характерна наступна усереднена картина витрачання природних енергоресурсів. Відсотків 20 йде на отримання електроенергії, при чому з часом ця частина зростає. Близько 20% витрачається на забезпечення паливної бази авіації, автотранспорту, морського і річкового флоту, дрібних енергоустановок з дизелями і т. д. Приблизно 30% витрачається на опалювання і побутові потреби, на технологічні процеси, що використовують тепло низького потенціалу, тобто при температурі до 150 °С. І, нарешті, відсотків 30 природних ресурсів споживається в промисловості для отримання високо потенціального тепла – при температурі 500 – 1500 °С.

Не можна також забувати, що нафта і газ – це не лише енергетична сировина. Їх надзвичайно важливо зберегти на більш тривалий час, як сировину для отримання цілого ряду хімічних продуктів, пластмас, для виробництва білку, за рахунок мікробіологічного синтезу і так далі.

Енергетична криза, що захопила багато держав, викликала величезне зростання ціни на нафту і різке підвищення цін на газ. Здавалося б, людство стоїть перед сумною перспективою недалекої тотальної енергетичної кризи. Проте розумна енергетична політика, що спирається на досягнення науки, дає можливість уникнути цього.

За прогнозом Міжнародного інституту прикладного системного аналізу запасів нафти і газу вистачить приблизно до 2030 року. Перед людством стоїть завдання створення за цей час таких енергетичних систем, які задовольнили б енергетичні потреби людства на багато років. Такі системи можуть бути створені на основі використання атомної і сонячної енергії.

3.3. Перспективи розвитку атомної енергетики.

3.3.1. Атомна енергія сьогодні і завтра

Використання атомної енергії (а в найближче століття – вугілля) дозволяє побудувати енергетику на новій основі і в таких масштабах, які потрібні для забезпечення потреб людства.

Необхідність максимально економити нафту і газ неминуче призводить до збільшення використання атомної енергії.

Успіхи фізики атомного ядра дозволяють відвести загрозу енергетичної кризи шляхом використання енергії зв'язку в атомних ядрах, яка звільняється при деяких ядерних реакціях.

Перша з них – ланцюгова реакція ділення важких атомних ядер – сьогодні широко технічно використовується на атомних електростанціях, а друга – термоядерний синтез легких атомних ядер – доки реалізується тільки в некерованому виді в термоядерних бомбах.

Сьогодні на атомних електростанціях споживається виключно уран-235, зміст якого в природному урані 0,7%, і лише невелика доля (близько 1%) урана-238 включається в паливний цикл, який реалізується в існуючих реакторах. Якщо підрахувати енергетичну ефективність цих ресурсів, то виявиться, що їх вистачить на стільки ж часу, як і нафти.

Наукові відкриття і інженерні розробки в області атомної енергетики спрямовані на створення термоядерних електростанцій. Можливість створення атомної енергетики, яка само забезпечує себе ядерним паливом за рахунок його розширеного відтворення в процесі отримання енергії, дозволяє створювати енергосистеми, практично необмежено забезпечені паливом. Енергетичними ресурсами реально стануть десятки мільйонів тонн урану, які знаходяться, наприклад, в океанічній воді, в бідних ураном рудах, кислих гірських породах, і сотні мільйонів тонн торія. А такі ядерні ресурси для створення атомної енергетики можна назвати необмеженими – їх вистачить на тисячоліття.

Нині вже розроблений проект Міжнародного експериментального термоядерного реактора (див. розділ 3.2). Реалізація проекту затримується із-за його високої вартості – більше 1,6 мільярдів доларів.

Фундаментальні дослідження фізиків, які розкрили можливості розширеного відтворення ядерного пального, докорінно змінюють картину енергозабезпечення.

Можливість створення атомної енергетики, яка само забезпечує себе ядерним паливом за рахунок його розширеного відтворення в процесі отримання енергії, дозволяє створювати енергосистеми, практично необмежено забезпечені паливом.

Комбінуючи в атомних реакторах процес ділення і процес утворення нового пального (плутонію або урану-233), можна

побудувати таку схему, яка в цілому не лише не витрачає пального, але навіть нарощує його кількість.

Для створення системи енергетики, яка сама забезпечує себе ядерним паливом практично необмежений час, слід реактори на теплових нейтронах поєднувати з реакторами на швидких нейтронах, які виробляють більшу кількість плутонію або урану-233, ніж їх витрачається на підтримку ланцюгової реакції.

Від того, як спроектувати атомний реактор, наскільки інтенсивно відбирати тепло від його активної зони, залежатиме швидкість напрацювання нової речовини, здатної ділитися, а цією швидкістю напрацювання ядерного палива визначається можливий темп розвитку енергетики. В результаті в таких реакторах – бриддерах (розмножувачах) – один кілограм природного урану може віддавати енергії разів в 30-40 більше, ніж в звичайних ядерних реакторах на теплових нейтронах.

Техніка реакторів-розмножувачів на швидких нейтронах зараз знаходиться у стадії експериментального відробітку і пошуку найкращих інженерних рішень. Перша дослідно-промислова станція такого типу потужністю 350 тис. кВт, побудована в місті Шевченко на березі каспійського моря і вже працює близько п'ятдесяти років. Вона використовується для двох цілей: виробництва електроенергії та опріснення морської води.

3.3.2. Інші напрямки використання атомної енергетики

Нині йде пошук шляхів застосування атомної енергетики для теплофікації міст, опалювання жител, в технологічних процесах промислових підприємств, а також для енергетики транспорту, тобто в усіх областях споживання енергоресурсів.

Зараз вже почато будівництво таких атомних станцій теплопостачання (АСТ). Розрахунки показують, що їх вартість окупиться приблизно за п'ять-шість років. Хоча АСТ дорожче за котельню, що працює на нафті або вугіллі, але завдяки дуже низьким витратам на паливний цикл атомної станції, вартість одиниці виробленого нею тепла буде значно нижча, ніж при використанні традиційних палив або мазуту. При цьому відсутність газових викидів істотно понизить забруднення атмосфери міст. Такі станції

теплопостачання дозволять заощадити сотні мільйонів тонн палива і розвантажать транспорт від його перевезень.

Над питанням використання атомної енергетики для отримання високо потенційного тепла, яке потрібне металургії, хімічній промисловості та іншим галузям, працюють учені Японії, Німеччини, США і Росії. Вирішення цього питання дозволить дуже ефективно реалізувати ряд технологічних процесів з одночасним отриманням електроенергії і, мабуть, в цьому напрямі ще тривало змінюватимуться технології двадцять першого століття.

Але навіть ті ректори, які встановлюються зараз на атомних електростанціях, як виявилось, можна успішно застосовувати для плазово-термічних технологічних процесів. При цьому утворюється водень, проміжний продукт, який можна використовувати і в металургії, як відновник і як енергоносій, і у ряді хімічних виробництв, наприклад для отримання аміачних добрив, метанолу і інших речовин.

Виникне ряд нових технологій. Нині розробляються, наприклад, економічні методи отримання водню з води. Можливо, в перспективі для значної частини транспорту паливом служитиме водень, що не забруднює атмосферу. Отримання дешевого водню – одна з найважливіших перспектив ядерної енергетики.

3.4. Можливості використання сонячної енергії

3.4.1. Джерело, яке не вичерпується

Сонячна енергія – кінетична енергія випромінювання (в основному світла), що утворюється в результаті реакцій в надрах Сонця. Оскільки її запаси практично не обмежені, її відносять до поновлюваних енергоресурсів.

Незалежно від того, будемо ми її використовувати чи ні, на енергетичному балансі Землі і стані біосфери це ніяк не відіб'ється.

Сонячна енергія практично невичерпне джерело енергії, і могла б задовольнити енергетичні потреби усього населення землі на багато віків. Земля щодня отримує від Сонця в тисячу разів більше енергії, чим її виробляють усі електростанції світу. Завдання полягає в тому, щоб навчитися використовувати хоч би невелику її кількість для практичних цілей.

Партнерами сонячної енергії повинні виступати різні види рідкого або газоподібного палива. Найбільш вірогідною формою для використання є водень. Його отримання за допомогою сонячної енергії шляхом електролізу води, може бути досить дешевим, а сам цей газ з високою теплотворною здатністю легко транспортувати і тривало зберігати.

Найбільш економічні можливості при використанні сонячної енергії можна одержати, якщо направляти її на отримання вторинних видів енергії в сонячних районах земної кулі. Отримане рідке або газоподібне паливо можна буде перекачувати по трубопроводах або транспортувати в інші райони.

Перші спроби використання сонячної енергії на комерційних засадах належать до 1973 року. Нині над проектами великих сонячних електростанцій працюють у ряді країн Європи, Японії, США. Найефективніше їх можна використовувати в південних широтах, але і в середній смузі вони знаходять застосування. Дзеркала в установках використовуються або традиційні – скляні, або з полірованого алюмінію.

3.4.2. Перетворювачі сонячної енергії

Розрізняють три основні перетворювачі сонячної енергії в електричну:

1. Фотоелектричні перетворювачі (ФЕП) – напівпровідникові пристрої, що прямо перетворюють сонячну енергію в електрику. Декілька об'єднаних ФЭП називаються сонячною батареєю (СБ).

2. Геліоелектростанції (ГЕЕС) – сонячні установки, що використовують висококонцентроване сонячне випромінювання як енергію для приведення в дію теплових та інших машин (парових, газотурбінних, термоелектричних та ін.).

3. Сонячні колектори (СК) – сонячні нагрівальні низькотемпературні пристрої.

Фотоелектричні перетворювачі (ФЕП) з енергетичної точки зору є найбільш ефективними напівпровідниковими пристроями. При характерній для ФЕП рівноважній температурі близько 300-350 Кельвінів (К) і температурі сонця приблизно 6000 К, їх граничний теоретичний ККД >90% . Це означає, що, в результаті оптимізації структури і параметрів перетворювача, спрямованої на зниження

безповоротних втрат енергії, цілком реально вдасться підняти практичний ККД до 50% і вище (у лабораторіях вже досягнутий ККД 40%).

Перетворення енергії у ФЭП засноване на фото вольтовому ефекті, який виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при дії на них сонячного випромінювання



Рис. 3.8 – Фото електричний перетворювач

Геліоенергетичні програми розроблені і прийняті в багатьох країнах – від північної Скандинавії до випалених пустель Африки.

Теоретичні дослідження і практичні розробки, в області фотоелектричного перетворення сонячної енергії підтвердили можливість реалізації таких високих значень ККД з ФЭП і визначили основні шляхи досягнення цієї мети.

Пристрої, що використовують енергію сонця, розроблені для опалювання, освітлення і вентиляції будівель, хмарочосів, опріснення води, виробництва електроенергії.

Такі пристрої використовуються і в різних технологічних процесах.

З'явилися транспортні засоби з "сонячним приводом": моторні човни і яхти, літаки і дирижаблі з сонячними панелями. Сонцемобілі учора належали до розважальних авто атракціонів, а сьогодні вони перетинають країни і континенти з швидкістю, яка майже не поступається звичайному автомобілю.

Геліоелектростанції (ГЕЕС).

В тих регіонах Планети, де багато сонячних днів, випрадене будівництво сонячних електростанцій.

Так, наприклад, у Центральній Азії на кожен квадратний метр поверхні, що знаходиться перпендикулярно сонячним променям, падає 800-1000 Ватів енергії за 1 годину, тобто приблизно 1 кВт/г.

А 1 кВт/г – це та кількість енергії, яка потрібна, щоб 10-ти тонна вантажівка з місця розганялася до швидкості 100 км/г.

В Криму в 1985 р. в п. Щолкіно була введена в експлуатацію перша в СРСР сонячна електростанція СЕС-5 електричною потужністю 5 МВт Основною частиною є

геліоконцентратор, прилад, в якому паралельні сонячні промені концентруються за допомогою увігнутого дзеркала. Якщо у фокус дзеркала помістити трубу з водою, то вона нагріється. Це принцип дії сонячних перетворювачів прямої дії.



Рис. 3.9 – Кримська геліоелектростанція

Схема роботи Кримської експериментальної сонячної електростанції показана на рис. 3.10.

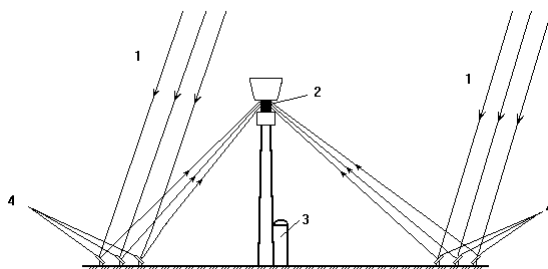


Рис. 3.10 – Принцип дії сонячної електростанції

1 – сонячні промені; 2 – генератор-геліоприймач; 3 – пароводяний акумулятор енергії місткістю 500 м; 4 – геліостати

На острові Сицилія ще на початку 80-х років дала струм сонячна електростанція потужністю 1 МВт.. Дзеркала фокусують сонячні промені на приймачі, розташованому на вежі 50-метрової висоти. Там виробляється пара з температурою більше 600°C , яка приводить у дію традиційну турбіну з підключеним до неї генератором струму. Незаперечно доведено, що на такому принципі можуть працювати

електростанції потужністю до 10-20 МВт, а також і значно більші, якщо групувати подібні модулі, з'єднуючи їх один з одним.

В Алькерії на півдні Іспанії побудована електростанція декілька іншого типу. Її відмінність у тому, що сфокусоване на вершину вежі сонячне тепло приводить в рух натрієвий кругообіг, а той вже нагріває воду до утворення пари. Потужність іспанської станції має всього 0,5 МВт. Але на її принципі можуть бути створені куди більші – до 300 МВт. В установках цього типу концентрація сонячної енергії настільки висока, що ККД паротурбінного процесу тут анітрохи не гірше, ніж на традиційних теплових електростанціях.

Сонячно-газова електростанція в Каліфорнії. Перші спроби використання сонячної енергії на комерційній основі були зроблені в США в 1989 році.

Електрична станція в Каліфорнії продемонструвала, що газ і сонце, як основні джерела енергії найближчого майбутнього, здатні ефективно доповнювати один одного. У нічний час і взимку енергію дає газ, а влітку і в денний час – Сонце.



Рис. 3.11 – Електростанція в Каліфорнії

Початкова потужність Каліфорнійської сонячно-газової станції 80 МВт., у 1994 році її потужність була збільшена до 480 МВт. при вартості 4-8 центів за 1кВт/ч енергії. Тому не випадковий вивід, що партнером сонячної енергії повинні виступати різні види рідкого або газоподібного палива.

Сонячні водонагрівачі-колектори збирають і використовують сонячну енергію для нагріву води.

Особливість колекторів полягає в тому, що поверхня, яка сприймає промені, оброблена компонентами, що забезпечують максимальне теплосприймання за рахунок їх вибіркової до

теплого спектру сонячного потоку і нагрівають воду, що проходить по трубках усередині.



Рис. 3.12 – Сонячний водонагрівач-колектор

Сонячний водонагрівач-колектор складається з короба із змійовиком, бака холодної води, бака-акумулятора і труб. Короб стаціонарно встановлюється під кутом $30-50^{\circ}$ з орієнтацією на південну сторону. Холодна, важча, вода постійно поступає в нижню частину короба, там вона нагрівається і, витиснена холодною водою, поступає в бак-акумулятор. Тепла вода може бути використана для опалювання, для душу або для інших побутових потреб.

Для досягнення вищих температур теплоносія поверхню панелі покривають спектрально-селективними шарами, що активно поглинають короткохвильове випромінювання сонця і що знижують її власне теплове випромінювання в довгохвильовій частині спектру. Шари створюються на основі "чорного нікелю", "чорного хрому", окислів міді на алюмінію, окислів міді на міді.

Вакуумний сонячний водонагрівач-колектор.

Іншим способом поліпшення характеристик плоских колекторів є створення вакууму між панеллю, яка сприймає тепло, і прозорою ізоляцією для зменшення теплових втрат (вакуумні сонячні колектори четвертого покоління). У вакуумному водонагрівачі-колекторі об'єм, в якому знаходиться чорна поверхня, що поглинає сонячне випромінювання, відокремлений від довкілля простором вакууму, що дозволяє практично повністю уникнути втрат теплоти в довкілля за рахунок теплопровідності і конвенції.

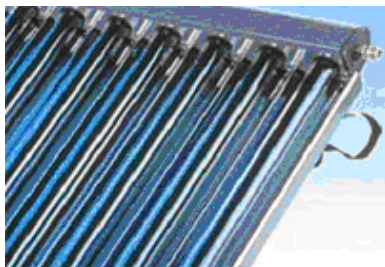


Рис. 3.13 – Фрагмент вакуумного сонячного водонагрівача-колектора

Втрати на випромінювання значною мірою компенсуються за рахунок застосування селективного покриття.

Оскільки повний коефіцієнт витрат у вакуумному колекторі малий, теплоносій в ньому можна нагрівати до температур 120-160°C.

Новий сонячний колектор з будівельних пластмас працює в Норвегії. В основі його лежить принцип об'єднання поверхні сонячної системи з внутрішньою системою гарячої води. Велике число прикладів використання таких систем як у приватних будинках, так і у великих будівлях довело можливість здійснення і економічну сприятливість концепції.

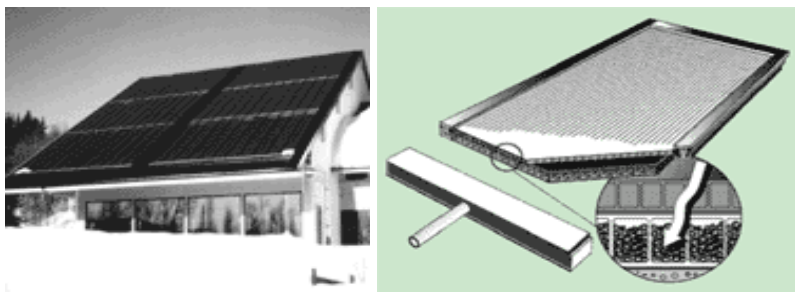


Рис. 3.14 – Сонячний колектор (Норвегія)

Система включає сонячний дах (фасад), тепловий резервуар без тиску і поверхову систему нагріву, діючу при мінімальній температурі. Всі встановлені елементи не мають теплообмінників. Ця сонячна система є системою зворотного витоку. Єдиний контролер регулює внутрішню температуру, управляє сонячним насосом і обслуговує допоміжне джерело тепла.

Для колектора використовується модульний будівельний елемент, призначений для дахів і фасадів. Його базові розміри: ширині 60 см і різні стандартні довжини від 175 см до 520 см. Алюмінієві контури, що обрамляють модулі, забезпечують легкість монтажу. Подвійний трубопровід, розміщений внизу колектора, забезпечує швидке і легке складання. Колектор може використовуватись також і у версії горизонтального водяного потоку. Колектор був розроблений в співпраці двох фірм – SolarNor AS і General Electric Plastics. Виготовлення спеціального пластичного матеріалу NORYL(r) PX507 виконує General Electric Plastics, як частину спільного проекту EUREKA. Цей матеріал забезпечує необхідну довговічність конструкції відносно високої температури та вологих умов.

3.4.3. Приклади використання сонячної енергії (дійсність і перспектива)

Сонячні батареї в космосі. Уперше сонячні батареї були використані в умовах Космосу для енергозабезпечення орбітальних станцій "Салют" і "Мир". Енергозабезпечення на станції "Мир" було модернізоване. До його складу увійшли дві панелі сонячних батарей (замість трьох на "Салютах") з розмахом близько 30 м і загальною площею близько 80 м⁰. Ці панелі, як і раніше, заряджають акумуляторну батарею, яка безпосередньо живить бортову мережу постійною напругою 28,5 В. Проте, якщо раніше допускалися відхилення від номінальної живлячої напруги на декілька вольт в одну або іншу сторону, то тепер воно збалансоване і може мінятися не більше ніж на 0,5 В. Максимальна потужність джерел електроживлення 9 кВт. Цього достатньо для живлення 150-200 телевізорів.

Сонячні станції і батареї в земних умовах застосовуються переважно в районах досить високої сонячної активності і невеликої хмарності. Французький винахідник Клод Бод створив сонячні батареї і на основі сірчатої міді. Їх вартість в 11 разів нижче, а ККД на 30-60%, ніж у відомих досі конструкцій.

Світовий океан – акумулятор сонячної енергії (проект). Світовий океан концентрує сонячну енергію у формі тепла водних мас. Американський професор Зенер пропонує використовувати цю особливість для одержання електроенергії. В

основу пропозиції покладений принцип нерівномірного прогрівання води. Врахована та обставина, що Сонце нагріває лише верхній шар води морів і океанів і що нагріта вода не опускається вниз, оскільки по питомій вазі вона легша, ніж холодна. Проектована електростанція матиме незвичайний вигляд, оскільки з її допомогою належить з'єднати між собою зони теплої і холодної води. При будівництві станції буде використаний новий тип мотора, що приводиться в дію перепадом температур холодною і теплою води (мотор Бенкса).

Замість того, щоб використовувати дорогі лінії електропередач для постачання електроенергії на сушу, передбачається використовувати її прямо на місці для перетворення води на кисень і водень шляхом розкладу. По напірному трубопроводу можна буде доставляти на сушу отриманий таким чином водень, цей виключно чистий газ, що згорає без залишків. Фірма "Боїнг" пропонує транспортувати газ по повітрю і створити для цієї мети мережу повітряних ліній і спеціальних літаків (див. гл. 7).

"Сонячна вежа" в Австралії заввишки 999 метрів і діаметром 130 метрів буде збудована на межі штатів Новий Південний Уельс і Вікторія. Фактично "Сонячна вежа" – це електростанція, що працює на сонці і повітрі. Розташована біля підніжжя вежі система, що уловлює сонячні промені, нагріватиме навколишнє повітря. Через різницю тисків, нагріте повітря спрямовується наверх і починає крутити турбіни електрогенераторів, розташовані у вежі. Потужність станції складе 200 мегават. За попередніми розрахунками, робота "Сонячної вежі" дозволить уникнути щорічно викиду в атмосферу до 900 тонн парникових газів. Автори проекту вибрали для будівництва вежі саме Австралію, оскільки в цій країні самий високий рівень сонячної радіації і спокійна сейсмічна обстановка. Основні причини для критики – висока вартість електрики "Сонячної вежі" і її низька продуктивність.

Сонячна електростанція в Сахарі (проект). Поєднання сонячних електростанцій термального типу і оригінальних опріснювачів води дозволила б Sahara Forest буквально "з нічого" виробляти їжу, паливо, електроенергію і питну воду, що змінило б цілий регіон.



Рис. 3.15 – Проект "Ліс Сахари"
(Сонячна електростанція і теплиці)

комбінувалося б відразу декілька перспективних і вже випробуваних технологій.

Сонячні термальні електростанції Sahara Forest будуть розташовуватися безпосередньо в ланцюжку теплиць, які потребують забезпечення енергією. Таким чином, комбінація двох технологій (сонячних веж і теплиць з опріснювачами) посилює переваги кожної з них і знімає проблеми, властиві цим проектам окремо. Самі фермерські "угіддя" тут теж нетрадиційні. Це "теplicі на основі морської води", розроблені компанією Seawater Greenhouse.

Ініціатори проекту вважають, що багатокілометрові смуги "Лісів Сахари", розташованих поблизу північного узбережжя Чорного континенту, могли б не лише забезпечувати місцеве населення водою, їжею і електрикою, але і поставляти надлишки енергії в Європу.

Вартість "Лісу Сахари" оцінюється в 80 мільйонів євро за комплекс теплиць площею 20 гектарів, поєднаних з сонячними установками сумарною потужністю 10 мегават. Це не так вже дорого, якщо врахувати усі бонуси технологій.

На думку фахівців, найпривабливішою ідеєю відносно перетворення сонячної енергії є використання фотоелектричного ефекту в напівпровідниках.

У розробці технологій використання енергії Сонця зроблені тільки перші кроки. Багато існуючих проектів є складними і громіздкими. Вони базуються на сьогоднішніх промислових і інженерних можливостях суспільства. Можна припустити, що

Ці споруди являються не лише власне теплицями, але ще і опріснювачами, і навіть системами витягання вологи з навколишнього повітря.

Прісна ж вода знадобиться і самим сонячним електростанціям для промивання великих поверхонь дзеркал від пилу і поповнення водяних контурів турбогенераторів.

Новатори Туманного Альбіону пропонують створити в Сахарі великі супертеplicі, в яких

широкомасштабне використання сонячної енергії здійснюватиметься за допомогою технологій майбутнього, заснованих на використанні напівпровідників і надпровідності матеріалів.

3.5. Нові технології використання вугілля

Одночасно з розвитком атомної енергетики і проникненням її в сфери, нетрадиційні для використання цього нового виду енергетики, наростатиме і споживання вугілля, запаси якого на нашій планеті ще великі. За різними оцінками запаси вугілля достатні ще на 200-500 років. В усякому разі, очікується неминуче зростання споживання вугілля і в нинішньому столітті.

При цьому зростання прямого спалювання вугілля буде, мабуть, обмеженим, оскільки вимоги екологічного характеру, поза сумнівом, стають все жорсткішими. Тому буде розвинена глибока технологічна переробка вугілля з воднем або водяною парою.

При цьому виходитимуть вуглеводневі продукти в газоподібній і рідкій формі, зокрема відновники і паливо для металургії і хімії, усі види рідких палив для транспорту, мастильні матеріали та ін. Природно, що тепло, необхідне для такої переробки, буде одержане за рахунок згорання частини вугілля, або за рахунок об'єднання вуглехімічного комплексу з атомною електростанцією.

Очевидно, подальше підвищення цін на нафтопродукти вже нині зробить синтетичний бензин і моторне паливо конкурентноздатним по відношенню до світлих нафтопродуктів, а надалі слід чекати організації багатотоннажних промислових виробництв синтетичних моторних палив в районах великих вугільних, сланцевих і інших родовищ. У газоподібні або рідкі палива можуть перероблятися різні органічні відходи, сланці, бітумінозні піщаники і т. д.

Ситуація, що створилася, посилила прагнення поставити на службу людині так звані нетрадиційні альтернативні джерела енергії.

3.6. Альтернативні джерела енергії.

Поки йде розробка і пошук варіантів використання термоядерною і сонячною енергією дуже важливо економно витратити не поновлювані джерела – нафту і газ. У цей період використання

альтернативних джерел енергії і розробка нових конструкцій машин, що працюють на цих джерелах, стають гостро актуальними [82].

У енергетиці є ще багато прихованих і невикористаних можливостей. Намітилося декілька напрямів у пошуках рішення енергетичних проблем :

1. Використання поновлюваних джерел енергії (вітровою, геотермальною).

2. Використання відходів промисловості і сільського господарства.

3. Розвиток енергозберігаючих технологій, як на рівні виробництва, так і в побуті, і в процесі експлуатації технічних засобів.

У червні 2008 року в Києві відбулася міжнародна конференція, присвячена використанню альтернативного палива на Україні.

Розглядалися варіанти використання надлишкового тепла атомних електростанцій для обігріву житлових будинків і інших об'єктів в неподалік розташованих селищах, розробка нових технологій по використанню біомас та ін.

У Китаї, наприклад, розроблена конструкція двигуна, що працює на воді. У Європі і США розгорнуто будівництво сонячних і вітрових електростанцій. У Канаді і США є пристрої, що працюють на біологічному паливі і тому подібне.

3.6.1. Використання поновлюваних джерел енергії

Використання вітрової і геотермальної енергії нині успішно реалізується в багатьох країнах.

Вітрові електричні станції (ВЕС). Запаси вітрової енергії, по суті справи, безмежні. Ця енергія поновлювана, і на відміну від теплових станцій вітроенергетика не використовує багатства надр, адже видобуток вугілля, нафти, газу пов'язаний з величезними витратами праці. До того ж теплові станції забруднюють довкілля, а греблі ГЭС створюють на річках штучні моря, порушуючи природну рівновагу.

З іншого боку, ВЕС такої ж потужності, як ГЕС або АЕС, в порівнянні з ними займає набагато більші площі. І справедливості ради слід сказати, що ВЕС не зовсім нешкідливі: вони заважають польотам птахів і комах, шумлять, відбивають радіохвилі лопатями,

що обертаються, створюючи перешкоди прийому телепередач в довколишніх населених пунктах.

Зазвичай робочим органом вітродвигуна служать лопаті повітряного гвинта, який і називають вітроколесом. Теорію його ще на початку ХХ століття розробив відомий російський учений Н.Е. Жуковський. Для опису явищ, пов'язаних з проходженням повітряного потоку через колесо, він застосував теорію підйомної сили крила літака і визначив значення максимально можливого коефіцієнта використання енергії вітру ідеальним колесом. Коефіцієнт корисної дії виявився рівним 59,3%.

У Криму стартує будівництво двох ВЕС сумарною потужністю 300 МВт.



Рис. 3.16. – Вітрова електростанція на Тарханкутському півострові Криму

Передбачається, що на станціях буде встановлено 150 вітротурбін потужністю по 2 МВт кожна. Коефіцієнт використання настановної потужності нових ВЕС складе 30-34%. Це в три рази більше, ніж у існуючих українських ВЕС.

Загальна сума інвестицій складатиме 500 млн. євро. У фінансуванні візьмуть участь португальська компанія Martifer Group, якій належить контрольний пакет акцій, ТОВ "Ново-Еко" та інші країни Європи.

Будівництво почате в 2008 році. Усі роботи планується завершити через два роки. Нині на Україні вже функціонує десять малих ВЕС загальною потужністю 396 МВт.

Сумарна потужність ВЕС у світі швидко зростає. По використанню ВЕС у світі лідирують США, в Європі – Німеччина, Англія, Данія і Нідерланди. Німеччина отримує од вітру десяту частину своєї електроенергії, а всій Західній Європі вітер дає 2500 МВт електроенергії.

Геотермальні джерела. Геотермальна енергія – найбільше поновлюване джерело тепла на Землі. Завдання геотермальної енергетики – навчитися використовувати це тепло. Тепло Землі – найбільше поновлюване джерело енергії, яке, до того ж, ніяк не залежить від сонячної активності. Одним з перспективних напрямів освоєння теплової енергії земних надр є її перетворення в електричну енергію шляхом будівництва двоконтурних ГеоТЕС на низькокиплячих робочих агентах.

Поновлювана геотермальна енергія і екологічна чистота виробництва електроенергії і тепла дозволяють геотермальній енергетиці успішно конкурувати на енергетичному ринку і виробляти електроенергію і тепло, в деяких випадках дешевшу чим на традиційних КЕС і ТЕЦ.

Витрати на дослідження і розробку (буріння) геотермальних полів складають до 50% усієї вартості ГеоТЕС, і тому вартість електроенергії, яка виробляється на ГеоТЕС, досить значна.

Аналіз досвіду експлуатації великих ГеоТЕС на Філіпінах, в Новій Зеландії, Мексиці та в США дозволяє зробити висновок, що собівартість 1кВт/г електроенергії на цих станціях не перевищує 1 цента. При цьому, слід мати на увазі, що коефіцієнт використання потужності на ГеоЕС досягає значення 0,95%. Згідно з оцінкою Світової Енергетичної Ради з усіх поновлюваних джерел енергії найнижча ціна за 1 кВт/г – у ГеоЕС.

Кондиціонування і опалювання за допомогою підземних теплообмінників – це другий напрям використання геотермальної енергії. Геотермальне теплопостачання вже давно знайшло

застосування для обігріву теплиць, опалювання і гарячого водопостачання в житлово-комунальному секторі.

Таблиця 3.1 – Характеристики альтернативних видів енергій

Види НВИЭ	Встановлена потужність (МВт)	Коефіцієнт використання потужності (%)	Вартість 1кВт·ч сьогодні (цент)	Вартість 1кВт·ч в майбутньому (цент)	Вартість 1кВт·ч встановленої потужності (дол.)	Доля виробленої електроенергії (%)	Приріст в останні 5 років (%)
Гео-термальна	10200	55 – 95 (75)	2–10	1 – 8	800 – 3000	70,2	22
Вітер	12500	20 – 30 (25)	5 – 13	3 – 10	1100 – 1700	27,1	30
Сонячна	50	8 – 20	25 – 125	5 – 25	5000 – 10000	2,1	30
Приливи	34	20 – 30	8 – 15	8 – 15	1700 – 2500	0,6	

Геотермальне теплопостачання найвигідніше при прямому використанні геотермальної гарячої води, а також при впровадженні теплових насосів, в яких може ефективно застосовуватися тепло землі з температурою 10-30 С⁰, тобто низько потенціальне геотермальне тепло.

Аналіз світового досвіду свідчить про перспективність геотермального теплопостачання. Нині у світі працюють геотермальні системи теплопостачання загальною потужністю 17175 МВт, тільки в США експлуатується більше 200 тисяч геотермальних установок. Згідно планів Європейського союзу потужність геотермальних систем теплопостачання, включаючи теплові насоси, повинна зрости з 1300 МВт в 1995г до 5000 МВт у 2010 р.

3.6.2. Використання промислових та сільськогосподарських відходів

Є ще й інші джерела отримання рідкого і газоподібного палива – це використання сонячної енергії, яка конденсована в біомасі рослин в результаті фотосинтезу. Цьому джерелу приділяється зараз велика увага як в промислово розвинених, так і в країнах, що розвиваються.

Біогазові технології. Досить поширений спосіб отримання енергії з біомаси – анаеробна переробка біомаси (зброджування відходів сільськогосподарського виробництва без доступу кисню). Продукти, що виходять в результаті цього процесу, – біогаз і напіврідка маса, що перебродила, – мають велику цінність як газоподібне паливо і органічне добриво.

Газифікація і виробництво теплової енергії на біогазових установках є зростаючою галуззю в багатьох країнах, що розвиваються. Сьогодні біогазові технології стали стандартом очищення стічних вод і переробки сільськогосподарських і твердих відходів і використовуються в більшості країн світу

Найбільшим центром по розробці конструкцій вітчизняних біогазових установок (а також інших машин для переробки відходів аграрного виробництва) був Запорізький конструкторсько-технологічний інститут сільськогосподарського машинобудування (КТІСМ). Отримані вченими розробки лягли в основу створення декількох лабораторних і зразкових установок, проте до державних приймальних випробувань була допущена тільки одна конструкція КТІСМ – КОБОС-1. Установа КОБОС-1 успішно пройшла випробування і була реалізована в 10 екземплярах.

Висока міра розвитку ринку біогазових технологій може бути знайдена в муніципальній утилізації стічних вод, очищенні індустріальних стічних вод і в утилізації сільськогосподарських відходів. У Швеції енергія біомаси забезпечує 50% необхідної теплової енергії. В Англії, на батьківщині першого промислового біогазового реактора, за допомогою біогазу ще в 1990 р. вдалося покрити усі енерговитрати в сільському господарстві. У Лондоні діє один з найбільших у світі комплексів по переробці побутових стічних вод.

Використання енергії і тепла, вироблюваного за допомогою анаеробної переробки біомаси, в Європі зосереджено, в основному, в

Австрії, Фінляндії, Німеччині, Данії і Великобританії. В Німеччині аналогічні установки для анаеробної переробки біомаси широко використовуються – на даний момент налічується близько 2000 великих установок. У Австрії нині працює більше 120 біогазових установок з об'ємами реакторів більше 2000 м³ кожна, близько 25 установок знаходяться у стадії проектування і будови.

У Запорізькій області почато будівництво декількох теплових міні-станцій, які працюватимуть на лушпинні з-під насіннячок. Подібна технологія добре зарекомендувала себе і в США, і в Європі. Почато розширення посівів рапсу для отримання біопалива.

Використання метану – ще один важливий альтернативний напрям отримання енергії. Викиди метану при розробці корисних копалини, на болотистих місцях та інших джерелах практично не використовуються. Збільшення викидів парникових газів, збільшення споживання води та її забруднення, зниження родючості земель, неефективна утилізація відходів і зростаючі проблеми зі знищенням лісів є частинами негативної системи використання природних ресурсів в усьому світі. Біогазові технології є одним з важливих компонентів у ланцюзі заходів по боротьбі з вищезгаданими проблемами.

Доля енергії, яку отримують з біомаси в країнах, що розвиваються, складає близько 30-40% від усієї споживаної енергії, а в деяких країнах (в основному в Африці) досягає 90%.

На Україні, країні з високим рівнем сільськогосподарського виробництва, до теперішнього часу використання біогазових технологій недостатньо розвинене. Відходи сільськогосподарського виробництва для отримання енергії використовуються погано:

- Слабо впроваджуються технології по брикетуванню соломи і її використанню як енергоносія (досвід Канадських фірм).

- Погано використовуються відходи тваринницьких ферм. Створення свинарських ферм-комплексів дозволило б окрім отримання продуктів харчування вирішувати ще дві дуже важливі проблеми: енергетична і екологічна.

- При цьому одночасно підвищується санітарна культура фермерських господарств і вивільняються корисні посівні площі, раніше засмічені відходами.

- Дуже повільно впроваджуються біогазові технології.

3.6.3. Біопаливо для автомобілів

Ідея перевести автомобільні двигуни на біопаливо – етанол і біодизель – виникла майже півстоліттям назад. Найбільші успіхи в цьому напрямі у Бразилії, де більше 30% автомобілів їздять на суміші етанолу з бензином. Зростання цін на нафту і газ стимулюють необхідність ширшого використання біопалива і на Україні.

Етанол – замітник бензину, що виробляється на основі спирту. З лютого 2009 року на Україні відновлено виробництво біопалива на основі етилового спирту під маркою БІО- 100, в якому знаходиться до 60% етанолу.

За думкою фахівців АН України, БІО- 100 ідеально підходить для сучасних автомобілів з інжекторною системою подачі палива (у старих автомобілів – карбюратори), при цьому потужність і витрата палива такі же, як у тих двигунів, що працюють на бензині. Викиди в атмосферу шкідливих речовин (перш за все – бензопірену) на порядок менші, ніж у бензину.

США займають перше місце в світі по використанню біоетанолу, що виробляється із зернових; приблизно половина бензину продається з добавкою 10% біоетанолу.

В Старому Світі основний замітник бензину не етанол, а біодизель. Попереду – Німеччина, де його виробляють з рапсу, далі йдуть Італія і Франція, Британія і ще 12 країн Європи.

Біопаливо з водоростей. Вчені світу намагаються замінити бензин і дизпаливо продуктами синтезу водоростей. Вони ростуть в трубах і навіть не торкаються до землі. Живі виробники біопалива називаються "боттриококкус броуні". Ці унікальні одноклітинні водорості розміром 5 мкм і вагою близько 1 міліграма в процесі зростання накопичують в собі не жирні кислоти, як інші рослини – рапс, соняшник, водорості хлорела (саме такі кислоти є сировиною для біодизельного палива), а подібні до нафти з'єднання – довго ланцюгові вуглеводні. Фактично це – біологічна нафта, яка не потребує подальшої обробки для отримання з неї палива. Якщо ж цей продукт піддати подальшій переробці, то можна отримати і дизпаливо, і бензин. Проблема вирощування боттриококкуса в промислових масштабах ще не розв'язана, тому говорити про регулярне отримання палива вже завтра не можна.

Досліджуються і інші види водоростей. У Дніпропетровську функціонує підприємство "Біодизель-Дніпро", по виробництву біодизеля з водоростей, здатних за певних умов накопичувати в собі жири. З 1 кг водоростей на виході одержують до 80 % біодизеля.

Біодизель виробляється з рослинних олій змішаних з дизельним паливом в пропорції від 5 до 30% (без переробки двигуна). Набагато вигідніше виробляти біодизель із звичайної хлорели, яка живе в наших річках і озерах, ніж з рапсу або соняшнику. Соняшник дає 800 кг масла з гектара, рапс – 1 тону, а мікро водорості – 79,3 тонни з гектара, або майже в 80 разів більше, ніж рапс і в 100 разів більше, ніж соняшник.

У наших широтах без підігрівання хлорелу можна вирощувати тільки в Криму. Тому на Україні рапс і соняшник доки що залишаються найпоширенішою сировиною для виробництва біодизеля.

3.6.4. Енергозберігаючі технології і конструкцій

Дуже важливим напрямом в подальшому використанні енергетики є розробка енергозберігаючих технологій і відмова від енергоємних конструкцій, Важливо розумно і економно використовувати усі види енергії і на виробництві, і в побуті. Серйозність енергетичної проблеми примушує уряди багатьох країн вже сьогодні приймати заходи по скороченню енергетичних витрат, забороні енергоємних конструкцій і технологій.

Так, наприклад, у Великобританії підготовлений проект закону, що забороняє продаж плазмових телевізорів і інших енергоємних конструкцій. Для прикладу: плазмовий телевізор споживає електроенергії в два, а то і в три рази більше, ніж рідкокристалічний.

Вето може бути накладене і на пристрої, в яких для індикації режиму очікування використовуються світло діоди. Як повідомляється в законопроекті, тільки на ці машини, які повністю не вимикаються, а переходитимуть в режим очікування, у Великобританії йде до 2% усієї електрики, що виробляється. Вихованню ощадливості там приділяється велика увага починаючи з шкільного віку.

Одночасно, не дивлячись на енергетичні проблеми, багато сучасних машин і технологічних процесів споживають невиправдано

велику кількість енергії. Наприклад, викликають нерозуміння технічні характеристики легкового автомобіля Porsche Cayenne S. Маючи максимальну швидкість 270 км/г Porsche Cayenne Turbo S видає страхітливу комбінацію потужності та інших характеристик: число циліндрів – 8, потужність – 521 к.с. при 5500 об/хв. Не зрозуміло, на яких автомобільних трасах може бути реалізована така швидкість, як вона сумісна з швидкостями інших марок автомобілів і навіщо легковому авто така потужність?

Енергозберігаючі технології повільно, але вже починають впроваджуватися у виробництво. Проте, багато відкриттів в НДІ та винаходів раціоналізаторів залишаються не використаними через відсутність або недолік засобів фінансування та опір конкуруючих фірм.

Так, наприклад, в Росії на фірмі "Простір" винайдений плазмово-резонансний імпульсний мотор "ПРИМ", що забезпечує підвищення питомої потужності в 80-100 разів в порівнянні із звичайними двигунами. Екологічна чистота дивовижна, оскільки пальне в Примі згорає майже повністю. Витрата пального знижується більше, ніж удвічі.

Ще один енергозберігаючий винахід – "плазмотрон" – електростатичний апарат для попередньої обробки палива і повітря, які поступають в двигун. За висновками МВТУ ім. Баумана двигуни, не втрачаючи потужності, на різних режимах економили від 19 до 34% палива. Ці пристрої-насадки не вимагають переробки двигуна, прості по конструкції і не потребують великих витрат на виготовлення. Токсичність вихлопу різко падає.

Враховуючи темпи зростання сучасної техніки і застосування нових технологій попит на енергоресурси постійно збільшується, особливо для забезпечення енергоємних галузей виробництва, таких як металургія, хімія та ін.

Таким чином, у числі найважливіших завдань енергозабезпечення, які належить вирішувати інженерам майбутнього, існує три основних проблеми:

- зменшення енергоємності конструкцій і технологічних процесів,
- засвоєння нових альтернативних джерел енергії

- більш широке використання відомих природних джерел енергії, особливо енергії сонця.

Контрольні питання

1. Джерела енергії, їх класифікація.
2. Енергетичні перетворюючі пристрої і енергетичні машини.
3. Двигуни, їх призначення і різновиди.
4. Електричні двигуни і приводи.
5. Роль енергетики в розвитку техніки і цивілізації.
6. Електрична енергія, її роль у розвитку машинобудування.
7. Енергетичні проблеми сучасного суспільства
8. Альтернативні джерела енергії.
9. Біоенергетика, суть, роль і перспективи.
10. Енергозберігаючі технології

ТЕМА 4. МАТЕРІАЛИ В ІНЖЕНЕРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Для будь-якого інженера, незалежно від його спеціалізації, дуже важливо добре знати конструкційні матеріали, їхні фізико-хімічні і міцнісні характеристики. Якщо інженера-конструктора в першу чергу цікавлять експлуатаційні характеристики матеріалів, то інженер технолог повинен знати, як ці матеріали обробити, зберегти або надати їм необхідні властивості при мінімальних економічних витратах. Особливого значення набувають ці знання зараз, коли з'явилася велика кількість матеріалів з новими властивостями і характеристиками.

Значення матеріалів у трудовій діяльності людини завжди було настільки велике, що визначило назву цілих історичних епох: кам'яний, мідний, бронзовий, золотий та залізний віки. Кожен вік дістав свою назву відповідно до тих природних матеріалів, які людство могло використовувати у своїй діяльності. Якщо спочатку трудової діяльності людина застосовувала лише ті матеріали, які Природа дарувала в "готовому вигляді" (камінь, дерево, глина, самородки металів), то пізніше з'явилися матеріали, які добувалися штучно. Артефакти свідчать про істотний вплив матеріалів на розвиток культури людства усіх віків.

Всі природні матеріали не втратили свого значення і використовуються до теперішнього часу, але найбільший вплив на розвиток техніки мали метали, особливо залізо.

В епоху Космосу і атомної енергетики необхідними стали принципово нові матеріали, з новими якостями і фізико-механічними характеристиками.

Нові матеріали прийнято називати матеріалами ХХІ століття. Без них не можливі істотні досягнення ні в одному з основних напрямів розвитку сучасної науки і техніки. Пошук нових матеріалів визначив вихід матеріалознавства в число секторів науки, що швидко розвиваються, визначивши йому третє місце в науково-практичному розвитку (перші два займають медико-біологічні дослідження і інформаційні технології). Роль нових матеріалів з кожним роком зростає. Для їх отримання і використання стали необхідними нові методики і технології.

Особливе місце серед сучасних матеріалів зайняли наноматеріали і нанотехнології. За оцінкою американських експертів, до 90 % сучасних матеріалів найближчим часом буде замінено принципово новими, отриманими на базі нанотехнологій. Це може привести до революційних змін практично в усіх галузях техніки.

Використання нових матеріалів створює перспективу появи абсолютно нових виробів, розширює можливості машинобудування, сприяє впровадженню нових технологій і нових напрямів при конструюванні технічних засобів.

4.1. Традиційні конструкційні матеріали

При проектуванні сучасних машин для їх виготовлення використовується досить багато природних і штучних матеріалів. Матеріали, призначені для виготовлення деталей машин, апаратів, приладів і інших інженерних конструкцій називають конструкційними матеріалами.

Деталі працюють при статичних, циклічних і динамічних навантаженнях, при низьких або високих температурах, у контакті з різними, у тому числі і агресивними, середовищами. Ці чинники визначають вимоги до конструкційних матеріалів, головними з яких є експлуатаційні, технологічні і економічні вимоги. У довідковій літературі [11] приведені основні властивості і характеристики матеріалів та області їх використання, що істотно полегшує роботу конструктора.

4.1.1 Класифікація конструкційних матеріалів

Перелік конструкційних матеріалів, які застосовуються в машинобудуванні, дуже великий і класифікувати їх можна за різними ознаками. Найбільш поширеною є спрощена і в деякій мірі умовна класифікація, згідно з якою вся сукупність конструкційних матеріалів розділена на дві великі групи:

1. метали і їх сплави,
2. не метали органічного і неорганічного походження.

На рис. 4.1 наведена класифікація конструкторських матеріалів, які традиційно використовувалися в інженерній практиці. Але ця класифікація не включає окремі підгрупи матеріалів, які набули

поширення останнім часом і займають проміжне положення між окремими групами матеріалів.

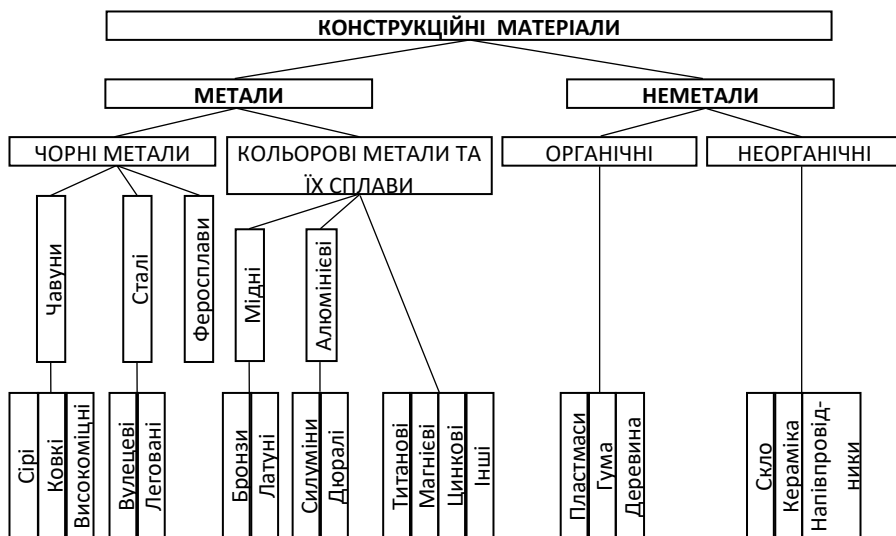


Рис. 4.1 – Класифікація традиційних конструкційних матеріалів

По обсягах виробництва і застосування безперечним лідером серед конструкційних матеріалів є чорні метали – сталь і чавун. У світовому обсязі річне виробництво сталі перевищує 700 млн. тон. Цьому сприяли цінні фізичні та механічні властивості, значне поширення в природі, відносно просте і дешеве виробництво чорних металів.

Хоча обсяги виробництва кольорових металів і їх сплавів значно менші, ніж чорних (5-10 % від загального обсягу виробництва металів), проте без їх використання було б неможливим створення таких галузей сучасної техніки, як електро, радіо і приладобудування, авіація, атомна і космічна техніка та ін.

В кінці минулого століття широке поширення набуло виробництво синтетичних конструкційних матеріалів – пластмас. Обсяг їх виробництва досягає 100 млн. тон за рік і кожні 5 років подвоюється. Пластмаси і інші не металеві матеріали широко використовуються замість металів і сплавів. Вони дозволяють

зменшити масу конструкції, економлячи дефіцитні метали і сплави; збільшити терміни служби деталей і складальних одиниць, понизити трудомісткість і вартість обробки.

У довідковій і учбовій літературі є детальні відомості про особливості і технічні характеристики традиційних конструкційних матеріалів. Тому нижче приведені лише короткі відомості про них.

4.1.2. Чорні метали та їх сплави.

Неможливо назвати жодної галузі машинобудування, де б не використовувалися чорні метали. Сталі, чавуни і їх сплави до теперішнього часу залишаються в числі найбільш поширених конструкційних матеріалів. У металургії є таке поняття – переділ. Першим переділом називається виробництво чавуну, другим – сталі, третім – прокату, а четвертий переділ – це додаткова обробка прокату.

Чавуни. Чавуном називається сплави заліза з вуглецем, кремнієм і деякими іншими домішками. Зміст вуглецю в чавуні складає більше 2%. Розрізняють чавуни сірі, білі і зі спеціальними властивостями.

Сірий чавун – дешевий конструкційний матеріал з хорошими ливарними якостями, добре обробляється різанням і чинить опір навантаженням стискування, погано переносить ударні навантаження. Має хороші антифрикційні якості і здатність гасити вібрації. Для отримання відливаних використовуються різні марки чавуну : сірий, високоміцний, антифрикційний, жаростійкий і антикорозійний.

Ковкий чавун – умовна назва чавуну, більш пластичного, ніж сірий. Ковкий чавун ніколи не кують. Якості ковкого чавуну отримують шляхом тривалого відпалу відливок білого чавуну. Ковкий чавун широко використовується в автомобільному, сільськогосподарському і текстильному машинобудуванні. З нього виготовляють деталі високої міцності, здатні сприймати знакозмінні і ударні навантаження. Він добре працює в середовищі вихлопних газів і підвищеної вологості.

Чавуни із спеціальними властивостями використовують у тих випадках, коли деталі окрім високої міцності повинні мати ті або інші специфічні властивості (бути зносостійкими, жаростійкими, стійкими до хімічних середовищ і тому подібне)

Магнітний чавун використовують для виготовлення корпусів електричних машин, рам, щитів. Для цих цілей краще використовувати феритні чавуни з гранульованим графітом. Немагнітний чавун використовують для виготовлення кожухів і бандажів різних машин, двигунів підводних човнів та ін.

Корозійностійкий аустенітний чавун має також високу кислотостійкість, жаростійкість, стійкий до дії лугів.

Сталі. *Сталь* – залізовуглецевий сплав, що містить домішки кремнію, марганцю, фосфору, сірки та інших елементів залежно від способу виробництва і призначення. Зміст вуглецю в сталях не перевищує 2%. Сталь має гарні пластичні властивості, добре обробляється, дозволяє застосовувати різні методи пластичного деформування. Властивості сталей можуть мінятися в широких межах залежно від хімічного складу і вжитої термічної обробки.

Сталі класифікуються по хімічному складу, призначенню, якості. По хімічному складу сталі розділяються на вуглецеві і леговані. Вуглецеві сталі звичайної якості, широко застосовуються в різних конструкціях машин. Легування сталі, підвищує експлуатаційні характеристики деталей машин. Легуючі елементи істотно впливають на фізичні, механічні, хімічні і технологічні властивості сталі. Залежно від введених елементів розрізняють, сталі хромисті, марганцеві, хромонікелеві та ін.

За призначенням сталі, розподіляються на конструкційні, інструментальні і сталі із спеціальними властивостями. *Конструкційні* сталі складають основну групу сталей, призначені для виготовлення деталей машин, пристосувань, елементів будівельних конструкцій.

Інструментальні сталі підрозділяються на сталі для виготовлення різального, вимірного інструментів і штампів.

Сталі спеціального призначення – це нержавіючі (корозійностійкі), жаростійкі, зносостійкі та інші сталі.

Якість сталей визначається однорідністю їх хімічного складу та технічними властивостями залежно від кількості шкідливих домішок і газів. Сталі можуть бути звичайної якості, якісними, високоякісними та особливо високоякісними.

Широко використовується сталевий прокат і калібрована сталь. Їхній сортамент і розміри регламентовані Держстандартами і приведені в довідковій літературі. Прокат отримав широке

застосування в інженерній практиці самих різних напрямів – і в машинобудуванні, і в будівництві будівель і споруд. Сучасний вигляд прокату дозволяє отримувати точні заготовлі і навіть готові деталі, що не вимагають подальшої обробки.

4.1.3. Кольорові метали і їх сплави

Кольорові метали і сплави в порівнянні з чорними дорожчі і дефіцитніші, але сфера їх застосування в техніці безперервно розширюється. Обумовлено це тим, що більшість з них мають унікальні фізичні і хімічні властивості. Крім того, багато з них, особливо сплави з легких металів, мають високу питому міцність.

Мідь і її сплави. Мідь – метал червоного або помаранчевого кольору, один з металів "дивної сімки" (золото, срібло, залізо, олово, свинець, ртуть), відомих людині з глибокої старовини, – приблизно 10 тисячоліть, по обсягах виробництва мідь займає серед металів третє місце, поступаючись першістю тільки залізу і алюмінію.

Мідь використовується для виробництва катодів, прокату міді, ливарних сплавів на мідній основі. Такі технічні властивості міді, як висока електропровідність, пластичність і теплопровідність незамінні в деяких галузях виробництва. Електропровідність міді в 5 разів вища, ніж у заліза, в 1,5 рази перевищує електропровідність алюмінію, в 3 рази – цинк, в 35 разів – титан. Ці характеристики визначають використання міді для виготовлення катодів, провідників і у складі нових матеріалів і сплавів.

Чисту мідь використовують для електротехнічних цілей і як легуючу добавку. Із-за низької міцності чисту мідь як конструкційний матеріал не використовують. Широке застосування знайшли її сплави з цинком, оловом, алюмінієм, кремнієм, марганцем і свинцем.

Бронзи – це сплави міді з оловом, алюмінієм, берилієм, кремнієм, свинцем. Бронзи додатково легують фосфором, цинком, марганцем, нікелем, титаном. За технічними властивостями бронзи ділять на ливарні і такі, що деформуються. Перші відрізняються високими ливарними, механічними і антифрикційними властивостями, низьким коефіцієнтом тертя. Використовуються для виробництва складного фасонного литва, виготовлення деталей з високою стійкістю проти корозії і як антифрикційний матеріал для підшипників ковзання, вінців черв'ячних коліс і т. п.

Латунь подвійні або багатокомпонентні сплави міді з цинком. Латунь містить до 45% цинку, має високу пластичність, яка при зміні цинку вище 39% різко падає. За методом одержання заготовки з латуні поділяється на ливарні та одержані пластичним деформуванням.

Алюміній і його сплави. Алюміній – легкий метал, сріблясто білого кольору з високою електро- і теплопровідністю. Має низьку міцність, твердість, але високу пластичність. Він добре обробляється тиском, зварюється, але погано обробляється різанням. Має високу корозійну стійкість. На повітрі швидко окислюється, покриваючись тонкою щільною плівкою оксидів, які не пропускають кисень в товщину металу, чим забезпечує захист від корозії. Як конструкційний матеріал алюміній використовується у вигляді сплавів з іншими металами і неметалами. Алюмінієві сплави об'єднують в собі кращі властивості чистого алюмінію і підвищені якості легуючих домішок.

Усі сплави алюмінію розподіляються на штамповані і ливарні. Найбільш поширеними є ті сплавами, що деформуються. Є сплави алюмінію з міддю, магнієм і марганцем, які мають назву дюралюмінію. Поширені ливарні алюмінієві сплави – це сплави алюмінію з кремнієм (від 4 до 13%), їх називають силумінами. Силуміни мають високі механічні і ливарні властивості: високу рідко текучість, невелику усадку, досить високу міцність, задовільну пластичність. Силуміни використовуються для виготовлення тонкостінних деталей складної форми, що працюють з малими і середніми навантаженнями.

Титан і його сплави. Титан – сріблястий сірий метал, якості якого об'єднують високу механічну міцність і хімічну стійкість. Титанові сплави порівняно з іншими сплавами мають ряд переваг: з'єднання високої міцності з високою пластичністю; невелику щільність; високу жароміцність; високу корозійну стійкість в багатьох агресивних середовищах. Титанові сплави мають задовільні ливарні властивості, проте добре піддаються обробці тиском, добре зварюються в середовищі інертних газів.

Титан і його сплави широко використовуються в ракетній, космічній і авіаційній техніці, в суднобудуванні і транспортному машинобудуванні. Сплави титану використовують для обшивки надзвукових літаків, ракет і кораблів, для виготовлення дисків і лопаток турбін. Завдяки пластичності і в'язкості при низьких

температурах вони використовуються в холодильній і криогенній техніці.

Магній і його сплави. Магній – найлегший серед технічних кольорових металів. Із-за низьких механічних характеристик магній у чистому вигляді не використовується. Для виготовлення деталей застосовують сплави магнію, леговані алюмінієм, цинком і марганцем. При заміні алюмінієвих сплавів сплавами магнію на 25-30% зменшується маса деталі. Магнієві сплави добре поглинають вібрацію, що дуже важливо для космічної і ракетної техніки, авіації і транспортного машинобудування.

4.1.4. Неметалеві матеріали

Промислові способи отримання різноманітних штучних матеріалів забезпечують скорочення витрат природних матеріалів, що дуже важливо на сучасному етапі з багатьох причин (екологічної, соціальної, економічної). Розвиток цього напрямку привів до створення смол і пластмас, різних волокон і тканин, полімерних матеріалів, кристалів, штучного каучуку та ін.

Штучні матеріали мають ряд особливостей, що роблять їх в деяких випадках більш придатними в порівнянні з природними. Вони легші і дешевші за природні матеріали; більш стійкі до дії хімічних реагентів, атмосферних процесів і світла; більш стійкі до корозії.

Пластичні маси.

Пластичні маси – штучні матеріали на основі різних синтетичних смол. Іноді двадцяте століття називають "століттям полімерів", "століттям синтетичних матеріалів", підкреслюючи цим стрімке зростання цих матеріалів, широту фронту їх вторгнення в усі галузі господарства. Дійсно, якщо світове виробництво пластмас в 1950 році було усього 1,5 млн. т (у 90 разів менше, ніж чорних металів), то в 1980 воно досягло 100 млн. т, що лише в 9 разів менше випуску чавуну і сталі, і в 3 рази перевершило виробництво алюмінію. Властивості пластмас залежать від природи єднальних речовин і наповнювачів.

Наповнювачі можуть бути трьох видів:

1. *Порошкові* (деревне борошно, дрібний азбест, паперова і текстильна крихта та ін.).
2. *Волокнисті* (синтетичне, скляне і азбестове волокно).

3. *Шаровані* (деревна шпона, папір, бавовняні, синтетичні і склотканина).

Розрізняють пластмаси *термопластичні* (термопласти) і *терморективні*. Термопласти під дією тепла і тиску не зазнають корінних змін і їх можна нагрівом повторно розм'якшувати і переробляти. У терморективних пластмасах під впливом певних температур і тисків відбуваються безповоротні зміни, після яких матеріали повторній переробці не підлягають.

Пластичні маси мають ряд позитивних якостей: низьку щільність, хімічну стійкість, високу питому міцність і зносостійкість, фрикційні або антифрикційні властивості, хороші діелектричні характеристики, тепло і звукоізоляційні властивості. Деталі з пластмас в більшості випадків отримують методами пресування, екструзії або литва.

Серед синтетичних матеріалів, що нещодавно з'явилися, особливе місце займають фторполімери, тобто полімери, що містять у своєму складі фтор. Ще півстоліття назад вважалося, що ні фтор, ні його з'єднання, не матимуть промислового значення. Він найактивніший, найагресивніший елемент у природі.

Зміни у долі фтору були продиктовані потребами атомної промисловості, ракетної техніки і реактивної авіації. Отримані на основі фтору полімерні матеріали раптом виявилися найбільш інертними, хімічно і біологічно стійкими, найбільш нешкідливими, самими кращими діелектриками. Сучасні літаки і керовані снаряди були б немислимі без застосування фторополімерів. Ці матеріали (а їх більше 30 основних типів) широко застосовуються в електротехнічній і радіоелектронній промисловості, в медицині і в побуті.

Гумові матеріали.

Гума – це матеріал, який має дуже цінні специфічні якості, : високу пружність, здатність багаторазово згинатися, чинити опір стиранню, поглинати вібрацію; вона водо- і газонепроникна, стійка проти дії рідкого палива і масел, має високі діелектричні властивості. Використовується для виготовлення найрізноманітніших виробів. Гума – продукт хімічного перетворення (вулканізації) природного або синтетичного каучуку.

Каучук (природний або синтетичний) служить основою гуми. Для зменшення витрати каучуку і надання необхідних фізико-механічних властивостей гумовим виробам в композицію вводять

наповнювачів (порошкові або тканинні), до порошкових наповнювачів відносять сажу, каолін, вуглекислий марганець, крейду, тальк, оксиди кремнію або титану та ін. Тканинними силовими наповнювачами служать корд, рукавні тканини і ін. Для полегшення змішування каучуку з наповнювачами і віддання гумі необхідної м'якості і морозостійкості в гуму вводять пластифікатор: стеаринову і олеїнову кислоти, парафін, каніфоль. При необхідності в гуму додають барвники: вохру, ультрамарин та ін.

Силікатні матеріали. Особливу групу серед неметалічних конструкційних матеріалів представляють силікатні матеріали. Основними серед них є скло, кераміка і ситали.

Скло – аморфна речовина, яку одержують при сплаві оксидів або без оксидних з'єднань шляхом переохолодження рідкісних сплавів. Головними матеріалами для отримання скла є оксиди SiO_2 , B_2O_5 , P_2O_5 , GeO_2 , а також деякі безкисневі з'єднання миш'яку, селена, телура. Ці речовини утворюють склоподібну структуру. Основні властивості скла : ізотропність; висока хімічна стійкість; високі діелектричні властивості; оптичні властивості; технологічність. У машинобудуванні скло використовується як склоемалі і як конструкційний матеріал. Як склоемалі скло надає красивого вигляду і захищає метал від корозії (650 °С). Скло також використовується як мастильний матеріал при гарячому штампуванні і пресуванні. Як конструкційний матеріал скло ефективно використовується при додаткових заходах для підвищення його міцності і зменшення крихкості. Один з напрямів використання скла – трубопроводи. Витрата енергії при виготовленні 1 т. скла в два рази менше, ніж при виробництві 1 т сталі, і в дев'ять разів менше, ніж при виробництві однієї тони пластмаси.

Виробництво штучних матеріалів на Україні займає видне місце в сьогоденні. Особлива увага звертається на збільшення об'єму синтетичних смол і пластмас, хімічних волокон і ниток, а також синтетичного каучуку.

4.2. Нові конструкційні матеріали

Зміна і розширення сфери інженерної діяльності, необхідність створення машин і механізмів, з новими якостями і характеристиками, які раніше не зустрічалися, визначили необхідність використання

нових матеріалів. Розроблені і впроваджуються у виробництво принципово нові матеріали, у яких, жаростійкість і жароміцність, зносостійкість, антикорозійні і інші якості набагато вищі, ніж характеристики наявних матеріалів.

Розвиток біології і мікроелектроніки визначив появу нових матеріалів, які починають все ширше використовуватися для технічних і медичних цілей.

4.2.1. Особливості отримання нових конструкційних матеріалів

Останні наукові досягнення дозволили встановити, що сплави – це далеко не єдиний спосіб отримання складних з'єднань і форм матеріалів. На молекулярному рівні, а тим більше на атомарному, багато хімічних елементів поведуться абсолютно інакше і дозволяють отримувати такі з'єднання, які раніше вважалися неможливими.

Нові технологічні процеси, розроблені і ті, що розробляються нині, дозволили здійснити ці з'єднання. В результаті отримано декілька груп принципово нових матеріалів : композиційних, порошкових, керамічних полімерів, наноматеріалів і біоматеріалів.

Характерною особливістю нових матеріалів є те, що їх компоненти на атомно-молекулярному рівні здатні істотно змінювати свою структуру: аморфні можуть ставати кристалічними і навпаки. При цьому значно змінюються їхні і фізичні, і механічні властивості – модулі пружності, межі міцності та інші характеристики, пластичні матеріали стають крихкими і навпаки, крихкі матеріали можуть стати над пластичними.

При отриманні нових матеріалів набули великого значення рідкоземельні і дорогоцінні метали. Незважаючи на високу вартість, використання саме цих металів забезпечує ті високі фізико-технічні характеристики матеріалів, які потрібні в космосі, атомних реакторах, ракетах і інших сучасних машинах, які працюють в екстремальних умовах і середовищах. Багато рідкоземельних металів не використовувалися раніше, тому їх зараз знаходять і добувають із відвалів металургійних підприємств.

Рідкоземельні метали мають ряд незамінних експлуатаційних якостей. Так, наприклад, тонкий шар індію, нанесений на підшипники, оберігає їх від ерозії і збільшує термін служби; гафній відомий як матеріал для регулюючих стержнів ядерних реакторів. Перспективне

застосування гафнію у виробництві жароміцних сплавів для авіації і ракетної техніки.

Таких прикладів можна привести множину. Зараз вже, мабуть, немає такої області нової техніки, де б в тій або іншій мірі не застосовувалися рідкоземельні метали, їх сплави або різноманітні з'єднання.

Класифікація нових матеріалів. Нові матеріали, отримані з основних традиційних початкових компонентів, займають особливе положення не лише по своїй структурі, але і за характеристиками основних властивостей.

Наслідуючи властивості компонентів, які входять до їх складу, нові матеріали часто набувають особливі специфічні властивості, які не властиві початковим матеріалам.

На рисунку 4.2 видно, наскільки збільшуються і ускладнюються в нових матеріалах зв'язки між компонентами, що входять до їхнього складу.

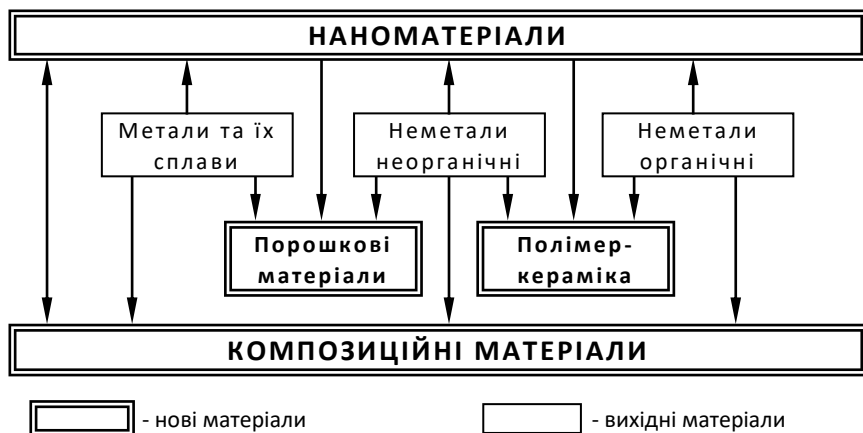


Рис. 4.2 – Нові конструкційні матеріали

Детальніше нові матеріали будуть розглянуті нижче. У ряді випадків нові технології були отримані, орієнтуючись на старі, іноді навіть древні джерела.

4.2.2. Нове – це добре забуте старе

Багато віків людство намагалося розгадати таємницю отримання дамаських клинків. Самий ранній опис дамаських клинків відноситься до 540 р. н.е. Але, можливо, вони застосовувалися значно раніше, ще за часів Олександра Македонського (близько 323 р. до н. е.).

У давньоіндійських епосах "Махабхарата" і "Рамаяна" згадується, що з Гімалайських гір в Пенджаб (прадавнє князівство в Індії) спустилася каста ковалів, які добре знали залізну справу і вміли виготовляти зброю з незвичайними для того часу властивостями. Згадується також, що ці мечі були великими і дуже важкими, але про їхній зовнішній вигляд і властивості нічого не сказано. З Пенджабу індійське залізо поширилося в Сіам і Японію.

Відомі були способи обробки зброї, але методи отримання початкового матеріалу зберігалися у глибокій таємниці, передавалися лише синам на смертному одрі, доки зовсім не були втрачені.



Рис. 4.3 – Кинджал з дамаської сталі (фотографія)
Фон – візерунки леза клинка при збільшенні у 8 разів

Аристотель згадує індійську сталь, називаючи її "феррум-кандіум" ("біле залізо"). "Біле залізо" дуже високо цінувалося і продавалося у вигляді невеликих круглих коржів, розрізаних навпіл. Такі половинки пізніше почали називати "вутцями". Вутці добре

кувалися, оброблялися, полірувалися. З одного вутця виходив один меч або кинджал.

Вважалося, що кращі клинки з індійського вутця кують в Персії, з нього ж робили щити і обладунки. Свою назву дамаські клинки отримали не за місцем походження, а по тому району, де європейці уперше побачили їх під час хрестових походів.

Араби для отримання знаменитих клинків з дамаської сталі ще в X столітті застосовували типово порошкову технологію. Прокована сталева криця, перетворювалася на ошурки, яка вигримувалась на повітрі для іржавіння. Взаємодія ошурків заліза з киснем атмосфери призводила також до окислення домішок заліза. Отриманий порошок знову піддавався гарячому куванню. Така обробка тривала до того часу, доки шкідливі домішки не були добре подрібненими і добре розподіленими в об'ємі сталі, а зміст вуглецю ставав досить низьким. Отримана таким чином сталь мала високі властивості, порівнянні з властивостями булату, що пояснюється тонким диспергуванням і спіканням часток сталевих порошків, що мають різний зміст вуглецю.

Японський булат мав якусь незвичайну якість заліза, яка після цілого ряду проковувань набувала навіть вищу твердість і міцність, ніж дамаська сталь. Мечі і шаблі, виготовлені з цього заліза, відрізнялися дивною гнучкістю і незвичайною гостротою.

Вже у наш час був зроблений хімічний аналіз сталі, з якої виготовлялася в Японії зброя в XI – XIII віках. І древня зброя розкрила свою таємницю: в сталі був виявлений молібден. Молібден – один з легуючих елементів, додавання якого до сталі викликає підвищення її в'язкості і твердості одночасно. Порівняно з дамаськими клинками японські мечі і шаблі здавалися дивом. Чи означає це, що японці в той далекий час уміли отримувати леговану сталь? Звичайно, ні. Метал молібден був відкритий значно пізніше, в самому кінці XVIII століття. Очевидно, японські майстри помітили, якщо брати руду в одному визначеному місці, то сталь зроблена з неї, має особливі якості. Вони і не підозрювали, що руди мали домішки окислу молібдену – молібденіт – і домішки інших рідкоземельних металів.

Деякі європейські вчені намагалися розгадати секрет дамаської сталі, в їх числі і Майкл Фарадей, сам син коваля. У 1819 р. Фарадей досліджував зразки дамаської сталі і дійшов висновку, що її виняткові властивості пояснюються присутністю невеликих кількостей кремнію і алюмінію.

Хоча вивід виявився помилковим, стаття Фарадея надихнула Жана Роберта Бреана, інспектора Паризького монетного двору, провести серію експериментів, у яких він вводив в сталь різні хімічні елементи. Саме Бреан уперше в 1821 році висловив здогадку, істотну для розуміння металургійної природи дамаської сталі, що її незвичайна міцність, в'язкість і вид мають бути обумовлена високим вмістом вуглецю. Він встановив, що структура дамаського клинка має світлі ділянки "навуглеродженої сталі" на темному фоні, який він назвав просто сталлю. Бреану вдалося виготовити клинки з візерунком, як у дамаської сталі, але він до кінця своїх днів так і дав детального пояснення основному способу. Більш того, він не зміг зрозуміти важливості усіх послідовних операцій у використаному ним процесі.

У східних мовах існувала інша назва індійського вутця – "пулад". Від цього слова походить російське слово "**булат**", яке закріпилося в древній Русі за індійською сталлю. Мечі і кинджали часто називали булатними.

П. П. Аносов шукав і досвідним шляхом отримав на Златоустівському металургійному заводі матеріал, подібний індійському вутцю.

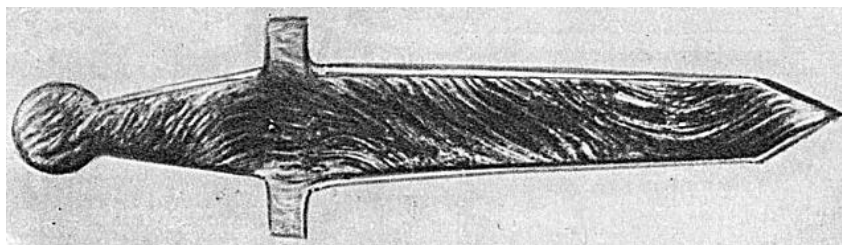


Рис. 4.4 – Булатний клинок (знімок з архіву Златоустівського заводу)

Натхненний своїми відкриттями він в 1841 р. захоплено писав: "Закінчую твір надією, що скоро наші воїни озброяться булатними мечами, наші землероби оброблятимуть землю булатними знаряддями; одним словом, я переконаний, що з поширенням способів приготування і обробки булатів вони витіснять із вживання всякого роду сталь, вживану нині на приготування виробів, що вимагають особливої гостроти і стійкості". На жаль, його пророцтва не збулися.

Після появи технології отримання легованих сталей, виробництво Златоустівського булату було припинене із-за високої трудомісткості.

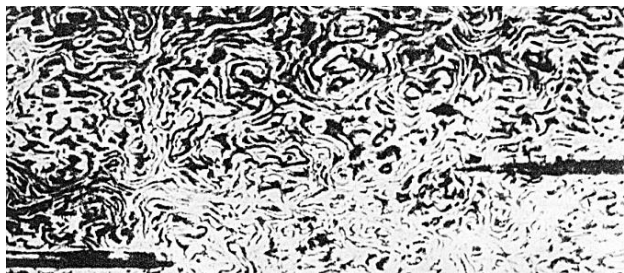


Рис. 4.5 – Візерунки зварювального булату; (збільшення у 2 рази)

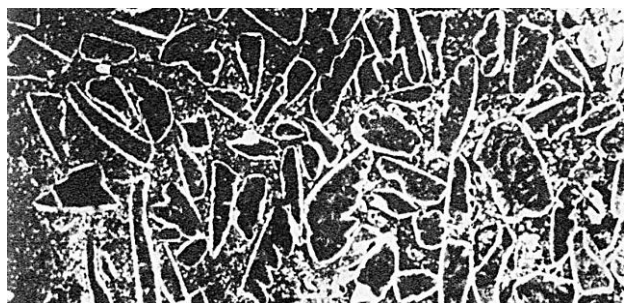


Рис. 4.6 – Макроструктура зливка булату з вуглецевими прошарками (збільшення в 4 рази)

При оцінці якості булатної зброї велику роль грав візерунок на клинку. Візерунок завжди був світліший за фон (чи ґрунт). У візерунку мали значення форма, величина візерунка і колір основного матеріалу (фону). Великий візерунок досягав 10-12мм і був ознакою булату високої якості.

Наукове пояснення структури дамаської сталі отримано лише при кінці XIX століття, коли були досліджені і вивчені фазові перетворення чорних металів і їх сплавів і встановлена залежність від температури і змісту вуглецю.. Але навіть тепер, коли фазова діаграма залізо-вуглець добре вивчена, процес виготовлення дамаської сталі (по американському юридичному праву) вважається *відкриттям* і може бути запатентований.

Професор Пітер Пауфлер із Дрезденського Технологічного університету провів ряд досліджень дамаської сталі і оголосив сенсаційні результати: з великою впевненістю можна говорити, що при її виробництві застосовувалися *нанотехнології*.

Щоб це з'ясувати, шматочок вутця був розчинений в соляній кислоті. Процес розчинення був досліджений професором Пауфлером з допомогою електронного мікроскопа. Аналіз знімків показав, що до складу вутця входить залізо з домішкою карбиду заліза у вигляді нанониток. Структура дамаської сталі виявилася подібною до сучасних матеріалів, що виготовляються з використанням нанотехнологій.

Напевно в давнину люди не знали, що використовують саме нанотрубки і не до кінця розуміли їх природу, але абсолютно очевидно, що вони мали технологію їх виробництва. Нині професор Пауфлер працює над відновленням цієї древньої технології. Адже абсолютно очевидно, що вона була значно простіша і досконаліша за складну технологію сучасного виробництва таких матеріалів.

На думку віце-президента АН УРСР В. И. Трефілова "булат в сучасному розумінні є першим композиційним матеріалом, що поєднує в собі пластичність заліза і міцність вуглецевої сталі.

Будова булату дає привід для багатьох "запозичень" при освоєнні сучасної технології виробництва композиційних матеріалів.

Ті результати, яких стародавні металурги досягли випадково, а П.П. Аносов добився талантом і наполегливою працею, сьогодні використовується для отримання матеріалів з дивними, часом фантастичними властивостями.

4.2.3. Наноматеріали і порошки

Найбільш пріоритетними для усього технічного прогресу ХХІ століття є нанотехнології і наноматеріали. Вони таять в собі величезні непередбачувані перспективи. Зменшення розміру зерна металу з 10 мікрон до 10 нанометрів дає підвищення міцності приблизно в 30 разів. Істотно змінюються і покращуються багато функціональних і фізико-механічних характеристик.

В першу чергу від нанотехнологій чекають нових небачених матеріалів із заданими властивостями. Причому, з будь-якими необхідними властивостями. Тобто, спочатку треба визначити, що

саме ми хочемо отримати на виході, а потім за допомогою конструювання з окремих атомів і молекул можна буде отримати необхідний продукт. Усе це відбуватиметься шляхом так званої атомної зборки. Вірніше за самоскладання, коли атоми і молекули вишиковуюватимуться в потрібній конфігурації, підкоряючись закладеним в них програмам.

Наука про наноматеріали знаходиться тільки на початку свого становлення. Незважаючи на певний прогрес в області конструювання наноматеріалів, залишається ще багато невирішених питань, як у фундаментальному, так і в прикладному розумінні. Нині ведуться роботи над створенням нових матеріалів з новими, раніше невідомими, властивостями на основі нанотехнологій.

Під наноматеріалами маються на увазі або навмисно сконструйовані, або природні матеріали, в яких один або більше розмірів лежать в діапазоні нанометрів з розміром морфологічних часток менше 100 нм. До цієї категорії належать також так звані "нано-нано" композити, які містять більше ніж одну фазу, але усі фази менш за 100 нм.

За геометричними ознаками ці елементи можна розділити на нульмірні атомні кластери і частки; одно і двомірні мультислої, покриття і ламінарні структури; тривимірні (об'ємні) нанокристалічні і нанофазні матеріали.

Актуальність проблеми виробництва наноматеріалів визначається особливістю їх фізико-хімічних властивостей, що дозволяють створювати матеріали якісно і кількісно іншими властивостями, придатними для практичного використання. Це пояснюється тим, що при формуванні таких матеріалів діє квантова механіка, а це істотним чином змінює механічні, оптичні і електричні властивості речовини. Перші дослідження наноматеріалів показали, що в них змінюються, в порівнянні із звичайними матеріалами, такі фундаментальні характеристики, як питома теплоємність, модуль пружності, коефіцієнт дифузії, магнітні властивості та ін. Отже, можна говорити про наноструктурний стан твердих тіл, що принципово відрізняється від звичайного кристалічного або аморфного.

Поведінка наноматеріалів часто визначається процесами на межі часток або зерен. Наприклад, нанокераміка може досить помітно пластично деформуватися за рахунок здвигів по межах часток. Ця

"надпластична" деформація знаходиться в сильному протиріччі з крихкою поведінкою звичайної кераміки. Є відомості, що деякі кераміки мають виключно низьку теплопровідність. Це дозволяє використовувати їх як теплозахисні покриття.

Вибір методу отримання наноматеріалів визначається сферою їх застосування, бажаним набором властивостей кінцевого продукту. Характеристики отриманого продукту – гранулометричний склад і форма часток, зміст домішок, величина питомої поверхні – можуть коливатися залежно від способу отримання в широких межах.

До наноматеріалів належать і природні матеріали, у яких один або більше розміри у діапазоні менше за 100 нм.

Нанопорошки. Залежно від умов отримання, нанопорошки можуть мати сферичну, гексагональну, пластівчасту, голчасту форми, аморфну або дрібнокристалічну структуру. Методи отримання нанопорошків поділяють на хімічні, фізичні, механічні і біологічні.

Хімічні методи синтезу включають процеси осадження, термічного розкладання, відновлення, гідролізу, електро осадження. Методом осадження можна отримувати порошки з розміром часток до 100 нм.

Нанопорошки заліза, вольфраму, нікелю, кобальту, міді і ряду інших металів отримують відновленням із оксидів воднем. Як тверді відновники використовують вуглець, метали або гідриди металів: молібдену, хрому, платини, нікелю і інші. Як правило, розмір часток знаходиться в межах 10-30 нм. Сильнішим відновником є гідрид кальцію. Так отримують порошки церію, нефриту, талія, ніобію. Шляхом термічного розкладання суміші карбонілів на нагрітій підкладці отримують поліметалічні плівки.

Фізичні методи синтезу нанопорошків металів засновані на випарі металів, сплавів або оксидів з наступною їх конденсацією в реакторі з контрольованою температурою і атмосферою. Розмір і форма часток залежать від температури процесу, складу атмосфери і тиску в реакційному просторі. Розмір часток – десятки нанометрів.

Механічні методи засновані на подрібненні часток матеріалів в млинах різного типу. Механічним шляхом змізернюють метали, кераміку, полімери, оксиди, крихкі матеріали. Міра подрібнення залежить від матеріалу: для оксидів вольфраму і молібдену розмір часток близько 5 нм, для заліза – 10-20 нм.

Різновидом механічного подрібнення є *механосинтез* або *механічне легування*, коли в процесі подрібнення відбувається взаємодія подрібнених матеріалів і в результаті такої взаємодії одержуємо матеріал нового складу. Так отримують порошки легованих сплавів, інтерметалідів, силіцидів і дисперсно впорядкованих композитів з розміром часток 5-15 нм.

Унікальною рисою способу є те, що за рахунок взаємної дифузії в твердому стані тут можливе отримання "сплавів" таких елементів, взаємна розчинність яких при використанні звичайних методів зневажливо мала. Позитивною стороною механічних способів подрібнення є порівняльна простота обладнання та технології, можливість подрібнювати різні матеріали і отримувати порошки сплавів, а також можливість отримувати матеріал у великій кількості. До недоліків методу належить отримання порошків з вузьким розподілом часток по розмірах, проблеми регулювання складу продукту в процесі подрібнення, а також можливість забруднення подрібненого порошку матеріалами, які використовуються в процесі подрібнення.

При отриманні наночасток будь-яким способом проявляється ще одна їх особливість – схильність до утворення об'єднань часток. Такі об'єднання називають агрегатами і агломератами. Агрегація і агломерація наночасток ускладнює отримання компактних матеріалів. Вимагаються великі механічні зусилля або підвищення температури при спіканні, щоб здолати сили агломерація. В зв'язку з цим при розробці нанопорошків тривають пошуки заходів для виключення або зменшення міри утворення об'єднань наночасток.

Додавання нанопорошків до звичайних порошків при пресуванні останніх призводить до зменшення температури пресування, підвищення міцності виробів.

Об'ємні наноструктурні матеріали

Нині існує три напрями отримання об'ємних наноструктурних матеріалів:

- контрольована кристалізація аморфних матеріалів,
- компактування ультра дисперсних порошків
- інтенсивна пластична деформація матеріалів зі звичайним розміром зерна.

Властивості і сфери застосування наноструктурних матеріалів. До унікальних властивостей наноматеріалів належать відмінність їх температур плавлення і розмірів кристалічних решіток від відповідних величин в матеріалах із звичайною структурою.

Експерименти демонструють можливість отримання звичайних вуглецевих сталей в наноструктурному стані з вищою корозійною стійкістю, ніж у спеціальних нержавіючих сталей. Наприклад, наноструктурований нитинол демонструє виняткову над пружність і ефект пам'яті форми.

У нанокомпозиті $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ спостерігається поєднання високої термічної стабільності і електро- провідності.

Наноструктурні магніто тверді сплави (систем Fe-Nb-B, Co-Pt та ін.) демонструють рекордні магнітні гістерезисні властивості, а магніто м'які наноматеріали проявляють дуже низьку магнітну проникність.

Досягнення дуже високої міцності і пластичності в металах і сплавах, підданих інтенсивній пластичній деформації, відкриває шляхи створення принципово нових конструкційних матеріалів, мікроструктури яких є нанорозмірними.

Наприклад, наноструктурний титан VT1-0 після інтенсивної пластичної деформації проявляє дуже високі значення меж міцності і витривалості, що перевищує аналогічні параметри високолегованого титанового сплаву ВК-6.

Нанокристалічні матеріали. Поняття про нанокристали було введене в наукову літературу в 80-х роках минулого століття Х. Гляйтером (Німеччина) і незалежно від нього – И.Д. Мороховим (Росія).

До недавнього часу були відомі дві поліморфні модифікації вуглецю, які широко використовувались у багатьох областях техніки, в тому числі і в електроніці – алмаз і графіт.

Найтвердіша речовина в природі – алмаз. Це вуглецеве з'єднання має кристалічну решітку у формі тетраедра – піраміди з чотирма рівновеликими трикутними гранями. Його вершини утворені чотирма атомами вуглецю. Трикутник – дуже жорстка фігура його можна зламати, але деформувати або зім'яти не можна. Саме тому міцність алмазу така висока. У природі відомі кристали з решітками, що складаються не з атомів, а з молекул. Якщо молекули досить великі і зв'язки між ними сильні, то кристалічна решітка виявляється

надзвичайно міцною. Цим умовам повною мірою відповідають фулерени: маючи діаметр більше 0,5 нм, вони з'єднуються в кристал з осередками розміром менше 1,5 нм.

Фулерен був змодельований групою вчених США, а пізніше тими ученими був експериментально отриманий з пари графіту. Він є представником сімейства кулястих (сферичних) замкнутих порожнистих молекул різних розмірів.

Фулерен в кристалічній формі носить назву фулерита. Відстань між молекулами в таких кристалах менше, ніж відстань між атомами в решітках алмазу. Крім того, в чарунках є "особливий" фулерен, що взаємодіє з іншими через 12-16 дуже коротких і сильних міжмолекулярних зв'язків. Усе це і визначає надзвичайну твердість кристалічного фулерита: вона в два-три рази вище за твердість алмазу. За відкриття фулеренів американські учені Г. Крото, Р. Смоллі та Р. Керл були удостоєні Нобелівської премії по хімії.

Справжній бум в дослідженнях фулеренів почався в 1990 році. Це сталося після того, як німецький астрофізик В. Кретчмер і американський дослідник Д. Хафман розробили технологію отримання фулеренів в достатніх кількостях. Технологія заснована на термічному розпилі електричної дуги з графітовими електродами і наступної екстракції фулеренів з продуктів розпилу за допомогою органічних розчинників, наприклад, бензолу, толуолу. Нова технологія дозволила численним науковим лабораторіям досліджувати фулерени не лише в молекулярній формі, але також і в кристалічному стані.

В результаті були зроблені нові відкриття. Так, в 1991 році американські вчені виявили надпровідність фулеренових кристалів, легованих атомами лужних металів, з критичною температурою від 18 до 40 градусів Кельвіна залежно від сорту лужного металу.

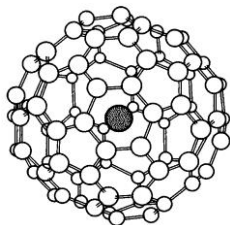


Рис. 4.7 – Молекула металофулерена

І до теперішнього часу дослідження і розробки в області фулеренів є одним з пріоритетних напрямів світової науки і технології. Подібна популярність пов'язана з дивними фізико-хімічними властивостями фулеренів, що відкривають можливість їх прикладного використання

Молекули фулеренів мають високу електронегативність. Вони здатні приєднувати до себе до шести вільних електронів. Це робить фулерени сильними окисниками. Вони здатні утворювати безліч нових хімічних сполук з новими цікавими властивостями. До складу хімічних сполук фулеренів, входять шестичленні кільця вуглецю з одинарними і подвійними зв'язками. Тому можна розглядати їх як тривимірний аналог ароматичних з'єднань. Кристали фулеренів є напівпровідниками з шириною забороненої зони 1-2 еВ. Вони мають фотопровідність при опроміненні видимим світлом.

Фулерени мають широке коло можливих технологічних застосувань. Так, використання фулеренів в якості присадки до мастильного масла істотно (до 10 разів) знижує коефіцієнт тертя металевих поверхонь і відповідно підвищує зносостійкість деталей і агрегатів. Активно розробляються також інші можливості масового застосування фулеренів, пов'язані, зокрема, зі створенням нового типу акумуляторних батарей, які не схильні до руйнування електродів, на відміну від традиційно використовуваних батарей на основі літію.

Нанорозмірні вуглецеві трубки близькі по механізму створення до фулеренів. Вони були експериментально виявлені одночасно з фулеренами в 1991 р. за допомогою електронної мікроскопії. Вуглецеві трубки мали діаметр в декілька нанометрів, а їх довжина складала від одного до декількох мікрон. По своїй міцності нанотрубки перевершують сталь в 50-100 разів при меншій щільності в шість разів. Трубки не лише міцні, але й гнучкі. По своїй поведінці вони нагадують жорсткі гумові трубки.

У простому випадку вуглецеві трубки можна уявити як згорнутий у циліндр лист графіту моноатомної товщини, в якому атоми вуглецю розташовані у вершинах шестикутників. Схеми вуглецевих нанотрубок показані на рис. 4.8.

Нанотрубки можуть бути одношаровими і багатошаровими. Багатошарові трубки мають зовнішній діаметр 4.5 нм і складаються зі

вставлених одна в іншу трубок все меншого розміру (за типом матрьошки).

Вуглецеві нанотрубки можуть мати властивості або металу, або напівпровідника. Нитка діаметром в один міліметр, що складається з нанотрубок, могла б витримувати вантаж до 20 т.

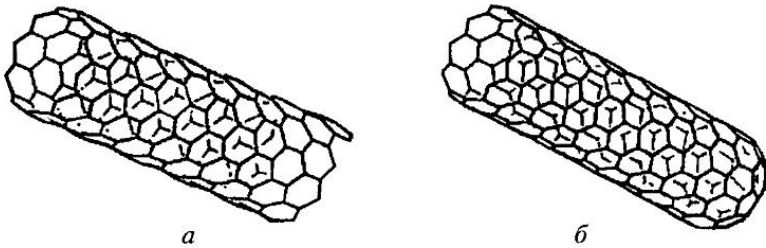


Рис. 4.8 – Схеми одношарових нанотрубок
а – відкрита нанотрубка, б – нанотрубка закрита з одного боку

Отримані і експериментально перевіряються кремневі нитки, алмазні волокна і інші гнучкі матеріали з величезною міцністю на розрив. На одній такій нитці можна буде підвісити слона, а на тисячі – міст через будь-яку річку, а то і через протоку [38]. Фулерени і нанотрубки – матеріали майбутнього.

Нанокompозити – матеріали, які отримують введенням наночасток в хімічно інертну матрицю: мезопористий діоксид кремнію – залізо; алюмосилкат – срібло; мезопористий оксид алюмінію – нікель.

4.2.4. Матеріали – напівпровідники

Напівпровідникові матеріали по праву займають одне з провідних місць у ряді найважливіших матеріалів, що визначають рівень розвитку світової цивілізації. Вони складають основу елементної бази сучасної електронної техніки, без якої сьогодні неможливий науково-технічний прогрес.

З розвитком твердотільної електроніки (і, передусім, мікроелектроніки) пов'язано успішне вирішення проблем широкомасштабної комп'ютеризації та інформатики, створення

сучасних систем зв'язку і телебачення, ефективної передачі і перетворення електроенергії, різноманітної побутової, медичної і спеціальної електронної апаратури. Велику роль грають ці матеріали в рішенні завдань розвитку екологічно чистих енергетики і холодильної техніки, створенні сучасних систем моніторингу забруднення довкілля, а також високочутливої сенсорної техніки широкого функціонального призначення.

Характерною особливістю сучасного етапу розвитку електронної техніки є включення в сферу її безпосередніх інтересів широкої номенклатури напівпровідникових матеріалів. Найважливішими з них є: кремній, арсенід галію, германій, карбід кремнію, бінарні з'єднання і тверді розчини, різноманітні термоелектричні і сенсорні і інші матеріали. Матеріалом номер один сучасної твердотільної електроніки є кремній. Сьогодні монокристалічний кремній – це найдосконаліший кристалічний матеріал з величезного різноманіття матеріалів, створених будь-коли людиною або природою.

Основною тенденцією в технології отримання монокристалів широкого кола напівпровідників є збільшення діаметру вирощуваних зливків, при одночасному безперервному посиленні вимог до досконалості кристалічної структури та однорідності розподілу необхідних електрофізичних характеристик в об'ємі матеріалу.

Необхідність збільшення діаметру пластин продиктована, передусім, економічними міркуваннями. Щоб процес виробництва пластин був рентабельним, необхідно, щоб в межах площі однієї пластини вміщалося принаймні сто чіпів, розмір яких зростає у міру переходу до складніших процесів. Отримані оцінки показують, що якщо на зміну пластинкам діаметром 150 мм прийшли пластини з розмірами 200 мм, то на зміну останнім повинні прийти пластинки діаметром 300 мм.

Отриманий зливко кремнію розрізають на тонкі (0,3 – 0,5 мм) пластинки, на яких потім формуватимуться інтегральні схеми. Пластинки шліфують і ретельно полірують, готуючи для виконання фотолітографії – одного з основних процесів в технології інтегральних схем.

Гідрировані напівпровідники – це новий клас не кристалічних напівпровідникових матеріалів, початок яким покладений з середини

70 років минулого століття роботами по гідрированому аморфному кремнію.

Плівки аморфного кремнію, гелію і ряду інших відомих напівпровідників синтезовані досить давно і за своїми властивостями не представляють великого практичного інтересу. Прецизійно управляти електричними і оптичними властивостями таких аморфних плівок практично неможливо. Положення докорінно змінюється при введенні в такі плівки атомів водню. Виявилось, що водень має дуже високу розчинність в аморфному кремнії (до 30-40%) і насичуючи плівку, замикає на себе велику частину обірваних зв'язків. В результаті в такому гідрированому матеріалі (названому @-SiH) різко знижується щільність і виникає провідність. Після легування традиційними донорами (фосфором або бромом) і акцепторними домішками він набуває властивостей електронного або дірчастого типу провідності. Інакше кажучи, гідрирований кремній набуває властивостей нормального напівпровідникового матеріалу. Пізніше з'ясувалось, що ефекту, аналогічного введенню водню, можна досягти за допомогою фтору.

Органічні напівпровідники. Органічні напівпровідники – тверді органічні речовини, які мають (чи можуть придбати під впливом зовнішніх дій) електронну або діркову провідності.

До органічних напівпровідників належать органічні барвники (наприклад, метиленовий блакитний, фталоціаніни), ароматичні з'єднання (нафталін, антрацен, віолантрен та ін.), полімери зі спряженими зв'язками, деякі природні пігменти (хлорофіл, б-каротин та ін.), молекулярні комплекси з перенесенням заряду, а також іон-радикальні солі.

Органічні напівпровідники характеризуються наявністю в молекулах системи сполучення (див. Валентність). Органічні напівпровідники перетворюються в носії струму в результаті збудження р-електронів, нелокалізованих у системі спряжених зв'язків. Енергія активації, необхідна для перетворення носіїв струму в Органічні напівпровідники, знижується у міру збільшення числа сполучень в молекулі і в полімерах може бути порядку теплової енергії.

Органічні напівпровідники існують у вигляді монокристалів, полікристалічних або аморфних порошоків і плівок. Величини питомого опору ρ при кімнатній температурі у органічних

напівпровідників лежать в діапазоні від 1018 ом см (нафталін, антрацен) до 10⁻² ом см. Органічні напівпровідники являються іон-радикальним солями на основі аніон-радикала тетраціанхінодиметана. Вони виявляють електропровідність металевого характеру. У органічних напівпровідників з низькою електропровідністю спостерігається явище фотопровідності [34].

Особливості органічних напівпровідників визначаються молекулярним характером їх структури і слабкою міжмолекулярною взаємодією:

- поглинання світла викликає збудження молекул, яке може мігрувати по кристалу у вигляді екситонів;
- виникнення носіїв струму під дією світла пов'язане з розпадом екситонів на поверхні кристала, дефектами його структури, домішками, при взаємодії екситонів один з одним, а також з автоіонізацією високо збуджених молекул;
- зони провідності вузькі (~0,1 еВ), рухливість носіїв струму, як правило, мала (~1 см²/В×сек);
- разом із зонним механізмом електропровідності здійснюється стрибковий механізм.

В кристалах іон-радикальних солей міжмолекулярна взаємодія дуже анізотропна, що призводить до високої анізотропії оптичних і електричних властивостей і дозволяє розглядати цей клас органічних напівпровідників, як квазіодномірні системи.

Органічні напівпровідники знаходять застосування як світлочутливі матеріали (наприклад, для процесів запису інформації), в мікроелектроніці, при виготовленні різного роду датчиків. Дослідження органічних напівпровідників важливе для розуміння процесів перетворення і перенесення енергії в складних фізико-хімічних системах і особливо в біологічних тканинах. З органічними напівпровідниками, зокрема, з іон-радикальними солями, пов'язана перспектива створення надпровідників з високою критичною температурою.

Є підстави припустити, що в досяжному майбутньому нас чекають дуже серйозні зміни як в номенклатурі і технологіях отримання найважливіших матеріалів електронної техніки, так і в створенні на їх основі принципово нових наномірних приладових пристроїв, що працюють на нових фізичних принципах.

4.2.5. Композиційні матеріали

Композиційні матеріали – це складні матеріали, що складаються з декількох компонентів з різними властивостями, чітко розмежованими в матеріалі, нерозчинними або малорозчинними один в одному. Оптимальне поєднання компонентів дозволяє отримати матеріал з комплексом фізико-механічних і механічних властивостей, які значно перевершують усі традиційні конструкційні матеріали. Принцип побудови композиційних матеріалів запозичений у природи. Наприклад, у дерев волокна целюлози пов'язані між собою еластичним лігніном, а в кістках тварин тонкі і міцні нитки фосфорних солей – з пластичним колагеном.

Компонент, безперервний в усьому об'ємі композиційного матеріалу, називається *матрицею*. Компонент або компоненти переривчасті, розділені матрицею, називаються *арматурою* або армуючим компонентом (іноді – наповнювачем).

Класифікація композиційних матеріалів.

Композиційні матеріали класифікуються за декількома основними ознаками:

- за матеріалом матриці;
- за структурою (геометрією і розташуванням) компонентів;
- за методами отримання і сферами застосування.

Класифікація композитів за матеріалом матриць та армуючих компонентів. Залежно від матеріалу матриці розрізняють:

- *Металеві або на основі сплавів металів.* Найчастіше для матриць використовуються алюміній, магній, титан, мідь і сплави на їх основі. Нині проводяться розробки по створенню матриць на основі високоміцних сталей, тугоплавких металів і їх сплавів.

- *Матриці на основі інтерметалідів,* коли для матриць використовуються хімічні сполуки металів з металами. Це відносно новий клас композиційних матеріалів, в якому для виготовлення матриць використовуються жароміцні інтерметаліди Ti_3Al , $TiAl$, $NiAl$, Ni_3Al та ін. Іноді до цієї групи композиційних матеріалів відносять композити на основі силіцидів металів типу $MoSi_2$, Ni_5Si_3 та ін.

- *Керамічні матриці.* В якості матриць використовуються також неорганічні з'єднання оксидів, карбідів, нітриду і тому подібне.

Це відносно новий клас композиційних матеріалів, який характеризується супержароміцними властивостями матеріалів.

- *Матриці з неметалічних компонентів.* Це передусім композиційні матеріали на основі вуглецю, які вважаються одним з найперспективніших конструкційних матеріалів, особливо у поєднанні з вуглецевими волокнами.

- *Матриці з полімерів* -епоксидних, поліефірних і деяких інших термоактивних смол, а також полімерних термопластів. Це найбільш широко поширена групою матриць.

Армуючі компоненти, або наповнювачі багато в чому визначають властивості композиційних матеріалів. Нині широке застосування знайшли Армуючі компоненти, виготовлені з:

- металів і сплавів (сталь, берилій, вольфрам, титану та ін.);
- неметалів, таких як вуглець і бор;
- кераміки – (Al_2O_3 , SiC, TiC, TiB_2 , AlN та ін.)
- скла, типу Е або S;
- органічних речовин – лавсану, поліетилену та ін.

Класифікація композиційних матеріалів за структурою і розташуванням наповнювачів. Відповідно до структури наповнювачів композиційні матеріали розділяються:

- *композити, армовані частками;*
- *волокнисті композити, в яких пластинчата матриця армована високоміцними волокнами різної довжини;*
- *шаруваті композиційні матеріали.*

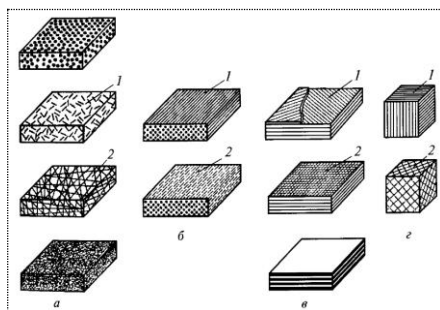


Рис. 4.9 – Види армування композиційних матеріалів
 а – хаотично армовані композити; б – одновимірно армовані,
 в – двовимірно армовані; г – просторово армовані.

Окрім цього, визначається також характер розташування наповнювачів. Розрізняють армування хаотичне, однонапрявлене, двовимірне і просторове. Вид армування визначається розмірами армуючих матеріалів і співвідношенням їх розмірів.

Ділення композиційних матеріалів на конструкційні і функціональні декілька умовно, оскільки конструкційні матеріали окрім комплексу механічних властивостей повинні володіти ще і комплексом спеціальних властивостей, наприклад, жароміцністю і жаростійкістю, корозійною стійкістю, зносостійкістю та ін.

Сфери застосування композиційних матеріалів.

Композиційні матеріали з металевою матрицею уперше почали застосовуватися в авіа космічній техніці, де була прийнятна висока вартість їх виробництва. Нині удосконалення технології дозволило застосовувати конструкційні матеріали з металевою матрицею в автомобільній промисловості, суднобудуванні і інших галузях, де вимагається поєднання високої міцності, жорсткості, а також високий опір зносу, дії високої температури і агресивних середовищ.

Волокнисті композиційні матеріали з високо пластичною алюмінієвою матрицею і високоміцними ниткоподібними кристалами і частками наповнювачів відрізняються високими антифрикційними, пружньо-міцностними і демпфівальними властивостями. Для армування використовують борні, вуглецеві, карбідокремнієві і оксидні (Al_2O_3) волокна. Основний метод отримання волокнистих композиційних матеріалів – плазмове напилення матричного сплаву на шар армуючих волокон.

Використання цих матеріалів забезпечує зменшення маси деталей, зниження зносу, збільшення терміну служби. Найбільше поширення серед композиційних матеріалів отримав матеріал бор алюміній марок ВКА-1, ВКА-1Б завдяки кращому комплексу технологічних, корозійних характеристик і досить високим механічним властивостям.

Вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (УУКМ) – це одне з найбільш значних досягнень в матеріалознавстві і технології неметалічних матеріалів. УУКМ характеризуються хімічною інертністю, малою щільністю, хорошими електрофізичними властивостями, має можливість регулювати теплопровідність і електричний опір в широких межах. Незважаючи на відносно високу

вартість УУКМ вже знайшли застосування, передусім в авіації і космонавтиці, у вузлах реакторів термоядерного синтезу, в автомобілебудуванні і в медицині.

Останніми роками в усіх промислово розвинених країнах ведуться інтенсивні розробки по застосуванню цілої гамми композитних матеріалів в конструкціях газотурбінних двигунів, що обумовлено можливістю підвищення робочих температур, зменшення маси, габаритів, збільшення питомої тяги двигуна та ін. УУКМ є перспективними матеріалами для застосування в газотурбінних двигунах.

4.2.6. Порошкові матеріали

До запечених порошкових матеріалів належать тверді інструментальні сплави, антифрикційні і фрикційні сплави, пористі сплави для фільтрів і деталей охолодження, сплави для конструкційних деталей, магнітні сплави, електротехнічні сплави, сплави для роботи при високих температурах.

Антифрикційні матеріали необхідні для виготовлення втулок підшипників, які використовуються у різних галузях промисловості: автомобільній, авіаційній, будівельній та ін.. Найбільш поширеними є бронза і залізографітові порошкові матеріали. Бронза-графіт, наприклад, що уявляє собою зерна твердого розчину олова з міддю та включеннями пористого графіту, пори якого заповнені маслом.

Компактні порошкові матеріали. Конструкційні порошкові матеріали і вироби з них є найбільш поширеним видом продукції порошкової металургії. Вона дозволяє організувати масове виробництво деталей з розмірами, які не вимагають або майже не вимагають додаткової механічної обробки. При серійному виробництві (50-100 тис. штук) ці матеріали використовуються в машинобудуванні для виготовлення не дуже навантажених деталей (втулок, кулачків, кришок та ін.).

До магнітних порошкових матеріалів належать м'які (ферити), магнітно-жорсткі матеріали (постійні магніти), магнітодіелектрики. *Ферити* виготовляють пресуванням порошків чистого заліза і сплавів на його основі або порошків на основі оксидів заліза. Ферити швидко намагнічуються і швидко втрачають магнітні властивості при знятті магнітного поля.

Постійні магніти це сплави складного хімічного складу на основі заліза легованого алюмінієм, нікелем, міддю, кобальтом. Спечені постійні магніти мають масу в два рази меншу і магнітну потужність від 3 до 6 разів вищу, ніж литі магніти.

Магнітоелектрики – це композиції магнітних і ізоляційних матеріалів. Як ізоляційні матеріали використовують фенольні смоли поліхлорвініл, силікати, каучук і ін. Як магнітні матеріали використовують альсифер (сплав алюмінію, кремнію і заліза), карбонільне залізо, пермалой. Зміст ізоляційного компонента в магнітодіелектриках складає від 5-15 %.

Електроконтактні металокерамічні матеріали виготовляють із суміші порошків тугоплавких металів з міддю, сріблом, нікелем. Тугоплавкі метали (вольфрам, молібден, кобальт, нікель) визначають механічні властивості, легкоплавкі метали служать наповнювачем і надають матеріалам високу електропровідність. Отримані матеріали – корозійностійкі, використовуються для виготовлення контактів електроапаратури.

4.2.7. Метали і сплави зі спеціальними властивостями

Керамічні матеріали. До керамічних матеріалів належать хімічні сполуки металів з киснем, вуглецем, бромом, кременем і всілякі їх поєднання. Спектр сучасних керамічних матеріалів спеціального призначення дуже широкий і різноманітний як по складу, структурі, властивостям (функціям), так і по сфері застосування. Нині особливо інтенсивно ведуться роботи по створенню і застосуванню конструкційних керамічних матеріалів, тобто матеріалів, придатних для експлуатації при одночасній дії високих температур, високих механічних навантажень, корозійних середовищ. Це в першу чергу пов'язане з розвитком двигунобудування. Подолання порогу температур вище 1100-1200 °С, як показали розрахунки, дозволяє істотно підвищити ККД двигунів, забезпечити повноту згорання палива, зменшити масу двигуна.

Керамічні матеріали отримують при високо температурному спіканні мінеральних порошків. При нагріванні початкові матеріали взаємодіють між собою, утворюючи кристалічну (розмір кристалів 20-30 мкм) і аморфну фазу. Аморфна фаза є склом, яке по складу відрізняється від кристалів. Кераміка має полікристалічну будову з

прошарками скла з безладним розташуванням зерен і тому має однорідні властивості. Чим дрібніше кристали і пористість кераміки, тим вище її міцність.

Позитивні властивості кераміки: високі діелектричні властивості, стійкість до лугів; хімічна, водо- і теплостійкість; стабільність властивостей в часі (не старіє); відсутність залишкової напруги.

Недоліки: крихкість, велика усадка при відпалі (до 25%); погана оброблюваність різанням (тільки абразивним інструментом).

Кераміка широко використовується в електро- і радіотехніці як ізоляційний матеріал при виготовленні ізоляторів, плат каркасів котушок. Керамічні вироби на основі корунду використовуються в машинобудуванні як різальний інструмент, філь'єри для простягання дроту та ін.

Ситали або склокристалічні матеріали, отримують із скла за допомогою контрольованої кристалізації. Структура ситалів представляє суміш дуже дрібних (від 0,01 до 1 мкм) безладно орієнтованих кристалів (63.95% об'єму) в матриці залишкового аморфного скла. Основні властивості ситалів: мала щільність, висока твердість і жорсткість, висока міцність і зносостійкість, нульове термічне розширення, антифрикційні властивості, радіо прозорість, діелектричні властивості, технологічність. Ситали виготовляють з гірських порід, металургійних і паливних шлаків, відходів виробництва скла.

Комплекс технічних характеристик і властивостей, можливості використання ситалів не поступаються не лише діелектрикам, але і металевим сплавам.

Сплави з пам'яттю форми. Сплави з пам'яттю форми – це загальна назва, яка належить сплавам, що мають незвичайну властивість – здатність деформуватися і відновлювати (повністю або частково) свою початкову форму. Великі деформації можуть відновлюватися при постійній температурі (ефект суперпружності), або в результаті зміни температури.

Явище пам'яті форми сплаву було відкрите Бюлером із співавторами у Військово-морській артилерійській лабораторії США, в 1963 році. Цей сплав часто називають нітинолом.

Незважаючи на велику кількість повідомлень про сплави, в яких спостерігається ефект пам'яті форми, практично використовуються

лише матеріали на основі міді і NiTi, причому найбільш широке застосування має останній. Це обумовлено значною величиною відновлюваної деформації і відмінною корозійною стійкістю NiTi. Відновлювана деформація досягає 7%, що у поєднанні з порівняно високою міцністю і чудовою корозійною стійкістю є основою їх успішного застосування. Захисна поверхнева пінка діоксиду титану (TiO₂) забезпечує цьому сплаву корозійну стійкість, порівнянну з нержавіючою сталлю. Ця плівка дуже стійка до дії більшості хімічно активних речовин. Невисока електрична провідність сплавів NiTi дозволяє використовувати їх в деталях, що змінюють свою форму при нагріванні електричним струмом.

Суперпружність відновлення – використання ефекту пам'яті при постійній температурі – визначається здатністю матеріалів відновлювати первинну форму після зняття деформуючих навантажень.

Термостимульоване відновлення форми використовується рідше. Успішне його використання було зафіксовано при з'єднанні труб в конструкції літака Grumman F-14. Для цього використовували кільце із сплаву NiTiFe, діаметр якого збільшили при низькій температурі і потім помістили на місце з'єднання труб. При поступовому нагріві кільця до кімнатної температури, воно прагнуло повернути свій первинний розмір, що забезпечило стискування труби і міцне і надійне з'єднання деталей.

Сплави з пам'яттю форми використовують в авіа космічній техніці, приладобудуванні, побутовій техніці, спеціальному машинобудуванні, медицині та ін.

4.2.8. Тверді сплави і надтверді матеріали

Тверді сплави – це кераміко-металічні композиційні матеріали (кермети). Вони можуть бути отримані спіканням або литвом. Спечені тверді сплави отримують методом порошкової металургії з карбідів вольфраму, титану або танталу, що цементуються кобальтом або сплавом міді з молібденом. Як кераміка використовували безкисневі з'єднання: карбіди, борид, нітрид та ін. У твердих сплавах карбід вольфраму – кобальт (ВК- 4, ВК- 6, ВК- 8 ін.) вдалося отримати високі значення міцності і в'язкості навіть при невеликому змісті металу.

Використовувати кермети як конструкційні матеріали нерационально із-за їхньої високої вартості і низької стійкості до окислення при температурах вище 800-1000 С⁰. Тому вони знайшли основне застосування як інструментальні сталі для обробки конструкційних матеріалів з високими механічними характеристиками. Вольфрамокобальтові сталі (ВК8 та ін.) застосовують для обробки чавуну, титановольфрамів (Т15К6 та ін.) – для обробки сталей.

Надтверді матеріали. До надтвердих матеріалів належать чотири речовини: кубічний алмаз; гексагональний алмаз або лонсдейліт і дві кубічні модифікації нітриду бору.

З глибокої старовини алмаз відомий як один з найкрасивіших і найдорожчих ювелірних мінералів. Проте, цінність алмазу як технічного матеріалу незрівнянно вища. Широкого поширення в промисловості алмаз набув передусім із-за своєї твердості. Незважаючи на високу ефективність, інструмент з природних алмазів залишався дуже дорогим і унікальним. Стратегічне завдання отримання штучного алмазу було вирішене спочатку в Швеції і США, а потім і в СРСР в 50 роках минулого століття.

Виробництво надтвердих матеріалів є однією з галузей промисловості, яка дуже динамічно розвиваються, у світі. Це пояснюється тим, що алмази мають унікальні фізичні властивості і міцність, але не мають альтернативи для таких галузей промисловості, як машинобудування, приладобудування, будівництво, гірничодобувна та геологорозвідувальна галузі. Сьогодні провідними виробниками надтвердих матеріалів у світі є США, Японія, Росія, Україна, Китай і Південна Корея.

Нині в області синтезу алмазів сформувалися такі напрями:

- вирощування монокристалічних алмазів вагою до 10 карат і розробка методів дозованого легування з метою набуття напівпровідникових властивостей;
- отримання матеріалу на основі фулеренів С60 з твердістю вище за природні алмази;
- новий високо зносостійкий матеріал для формотворних сопел;
- отримання полікристалічних алмазів і алмазних пластин, що забезпечують високі експлуатаційні властивості в області металообробки і струменеформуючих інструментів;

- створення спеціальних технологій отримання шихтових компонентів для синтезу алмазу, що забезпечують заданий рівень якості алмазних матеріалів.

Полікристалічні матеріали на основі алмазу за фізико-механічними властивостями істотно відрізняються від монокристалів. Для них характерна ізотропія властивостей, висока зносостійкість, полікристали значно перевершують монокристали по тріщиностійкості (ударній в'язкості). Оскільки полікристалічний алмаз є композиційним матеріалом, то його механічні властивості залежать від властивостей алмазного наповнювача, міцності металокерамічної зв'язки і процесів взаємодії на межі алмаз-зв'язка.

Нові матеріали на основі синтетичних алмазів і кубічного нітриду бору – ельбор, гексаніт та ін. – дають можливість обробляти високолеговані сталі і чавуни на надвисоких швидкостях

Виробництво синтетичних алмазів і надтвердих матеріалів є однією з галузей промисловості, що динамічно розвиваються у світі. Сучасний рівень індустріальних країн в значній мірі визначається об'ємом і структурою споживання технічних алмазів і інших надтвердих матеріалів, а також абразивних, різальних та інших видів інструментів на їх основі. Це пояснюється тим, що алмаз має унікальну міцність та інші високі фізичні властивості і не має альтернативи для багатьох галузей промисловості.

4.2.9. Функціональні покриття

Інженерія поверхні (ІП) є одним з найбільш перспективних напрямів сучасного матеріалознавства, що бурхливо розвиваються, обслуговуючи різні галузі науки і народного господарства. Найбільший розвиток в області ІП останнім часом отримали наступні напрями:

- нові високопродуктивні технологічні процеси нанесення покриттів, що забезпечують значне підвищення експлуатаційних властивостей виробів;
- нанесення покриттів на великі поверхні;
- розробка трибологічних покриттів, що дозволяють відмовитися від традиційних мастил;
- металізація пластиків, скла і виробництво бар'єрних покриттів;

- сертифікація продукції і екологічно чисті процеси.

Застосування покриттів поширилося у зв'язку з розвитком таких галузей, як авіаційне машинобудування, біомедицина, магнітооптика, наноелектроніка, магнето електроніка та ін. Важливість і актуальність практичного використання покриттів наочно ілюструється хоч би тим фактом, що нині за кордоном більше 40% усього різального і оброблювального інструменту випускається із захисними покриттями.

Першими покриттями, освоєними в промислових масштабах, були карбід і нітрид титану. До середини 80-х років XX століття з'явилися покриття на основі титану, кремнію, нікелю; на початок 90-х р. – вуглецеві плівки, а до середини 90-х р. – алмазні і багаточарові покриття. Останніми роками все більший інтерес викликають багатокомпонентні наноструктурні покриття, що мають чудові фізико-механічні властивості. Останні роботи в напрямі отримання надтвердих (H більше 40 ГПа) і ультра твердих (H понад 70 ГПа) наноструктурних тонких плівок показали, що твердість матеріалів може практично досягати твердості природного алмазу. У комбінації з іншими сприятливими характеристиками, такими як висока міцність і пружність відновлення, ці матеріали мають комплекс унікальних характеристик.

Алмазні покриття викликають інтерес головним чином, завдяки їх високій твердості, що досягає до 100 ГПа. Проте, їх практичне застосування в якості захисного покриття на різальному і оброблювальному інструменті стримується тим, що вуглець легко розчиняється в сплавах заліза і ряду інших матеріалів.

Нещодавно були синтезовані і вивчені нові трикомпонентні склади покриттів, наприклад, Ti-Al-B, Ti-Si-N, Ti-Si-B, а також чотирьохкомпонентні тонко плівкові композиції Ti-B-C-N, Ti-Al-B-N, Ti-FI-Si-N. Багатокомпонентні складні плівки використовуються для самозмазувальних, трибологічних та інших типів покриттів. Самозмазувальні покриття, знайшли широке застосування у вузлах тертя різних космічних апаратів. Низька стійкість до окислення обмежує застосування цих матеріалів для різального і оброблювального інструменту. Функціональні покриття широко використовуються і в інших галузях господарської діяльності – у медицині, харчовій промисловості та ін.

4.2.10. Біополімери (органічні напівпровідники)

Біополімери (повна назва – біорозкладні полімери) відрізняються від інших пластиків можливістю розкладання на мікроорганізми шляхом хімічної або фізичної дії. Основним поштовхом до розробки біополімерів стала проблема утилізації пластикових відходів, об'єми яких ростуть з кожним роком [34].

Нині ведеться розробка біополімерів по трьом основних напрямках:

- виробництво біорозкладаних полієфірів на основі гідроксикарбінових кислот;
- надання біорозкладності промисловим полімерам,
- виробництво пластичних мас на основі відтворних природних компонентів.

Одним з найперспективніших біопластиків для застосування в упаковці вважається полілактид – продукт конденсації молочної кислоти. Полілактид – прозорий безбарвний термопластичний полімер. Його основна перевага – можливість переробки усіма способами, вживаними для переробки термопластів.

Із листів полілактида можна формувати тарілки, підноси, отримувати плівку, волокно, упаковку для харчових продуктів, імплантанти для медицини. Але широке його застосування стримується низькою продуктивністю технологічних ліній і високою вартістю отриманого продукту.

Активно розробляються три напрями: введення в структуру біорозкладних молекул, що містять у своєму складі функціональні групи, сприяючі фоторозкладанню полімеру; отримання композицій багатотоннажних полімерів з біорозкладними природними надбавками, здатними в певний момент часу ініціювати розпад основного полімеру; спрямований синтез біодеградуючих пластичних мас на основі промислово освоєних синтетичних продуктів.

Переваги біорозкладних полімерів: можливість обробки, як і звичайних полімерів, на стандартному устаткуванні; низький бар'єр пропускання кисню, водяної пари (оптимально для використання в області харчової упаковки); стійкість до розкладання в звичайних умовах; здатність швидко і повністю розкладатися за природних або

спеціально створених умов; відсутність проблем з утилізацією відходів; незалежність від нафтохімічної сировини.

Недоліки біорозкладних полімерів: обмежені можливості для великотоннажного виробництва; висока вартість (поки в середньому 2-5 євро за кг).

Перспективи розвитку. Не дивлячись на те, що нині доля біорозкладних пластиків на ринку надзвичайно мала, потенціал цього ринку величезний. Подальше посилення екологічних вимог може допомогти біорозкладним пластмасам успішно конкурувати зі звичайними пластмасами, замінюючи їх. Нині "наймасовіша" сфера застосування біорозкладних пластиків – тара і упаковка для харчових продуктів. Проте вже відомі приклади застосування біопластиків в галузях IT технологій, автомобілебудування, іграшок і т. д. Крім того, уся Європа використовує біорозкладні мішки для біологічних відходів, багато країн застосовують і біорозкладну мульчу (с/х плівка).

Загальне використання біорозкладних пластмас в 15 основних країнах ЄС в 2001 р. складало 20 тис. тонн; у 2003 г – 30-35 тис. тонн (причому, в області упаковки зростання склало від 1 тис. тонн до 5-10 тис. тонн, тобто в наявності поява нового ринку); у 2005 р., за деякими оцінками, біопластики зайняли значну нішу на ринку полімерних матеріалів – близько 10% від загального об'єму європейського ринку пластиків (40 млн. тонн) – проте, така оцінка навряд чи відповідає реальності; потенційний ринок Західної Європи в 2005 р. на компостовані біодеструктуровані матеріали з полієфірамідів, сополієфірів і їхніх сумішей з крохмалем склав 200 тис. т/рік.

В Україні, на жаль, біополімери доки не виробляються і не застосовуються. Основні тому причини: обмежена платоспроможність як підприємств, так і кінцевих споживачів (неготовність платити за унікальну, екологічно чисту, але дорогую упаковку), недостатня увага до екологічних проблем з боку законодавчої влади і неготовність вкладати в розвиток нових технологій виробництва полімерних матеріалів. Але і у нас є "перші ластівки": компанія "Пагода" почала виробництво одноразових харчових контейнерів з полілактида.

Контрольні питання

1. Перерахувати традиційні конструкційні матеріали.

2. Особливості отримання нових конструкційних матеріалів.
3. Особливості наноматеріалів.
4. Композиційні матеріали, їх структура.
5. Порошкові матеріали.
6. Напівпровідникові матеріали, особливості і сфера застосування.

ТЕМА 5. СУЧАСНЕ УСТАТКУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

5.1. Оброблювальне устаткування та його роль у розвитку трудових процесів

Металорізальні верстати та інші види робочих машин визначають рівень технологічної культури і економічності виробництва. Удосконалення устаткування і верстатів активно впливає на розвиток усіх інших виробничих сфер, підвищуючи продуктивність і ефективність трудових процесів. Тому виробництво засобів виробництва, виготовлення верстатного устаткування для усіх країн завжди було наріжним каменем в розвитку їх економіки. Сьогодні ми є свідками, що високого технічного і економічного рівня розвитку досягли тільки ті країни, де активно створювалася і розвивалася технічна база.

Сучасне виробництво має потужну технічну базу, яка забезпечує умови вискоефективного виготовлення виробів. Створена ця база працює багатьох мільйонів інженерів-верстатобудівників, які і нині не втрачають своїх флагманських позицій. Глибокі, постійно оновлювані знання про стан сучасного технологічного устаткування важливі для всіх інженерів, незалежно від того, в якій галузі виробництва вони працюють. Уміння аналізувати і використовувати всі можливості устаткування дозволяє забезпечити ефективне виробництво і конкурентну здатність виробів.

Конструктор вже з перших кроків проектування повинен знати не лише масовість випуску продукції, але і перелік наявного устаткування, його можливості і рівень автоматизації, що дуже важливо для створення технологічних конструкцій виробів.

Інженер-технолог, приступаючи до розробки технологічного процесу і орієнтуючись на характеристики устаткування, наявного на заводі, має бути добре інформований і про перспективні розробки в області верстатобудування, про нові напрями і можливості цієї галузі.

Підготовка технологічного оснащення і різальних інструментів також вимагає знання характеристик устаткування, для якого вони проектується.

Оброблювальне устаткування прийнято ділити на дві групи, що відрізняються способом видалення припуску з поверхні заготовки:

1. Металорізальні верстати, засновані на процесі різання металів різальними інструментами.

2. Устаткування, на якому видалення припуску в зоні обробки здійснюється за допомогою електрохімічних і електрофізичних процесів.

Сучасне устаткування забезпечує усі стадії виготовлення виробу від отримання заготовок до останніх складальних і контрольних операцій. Проте оцінити рівень його досконалості і значення творчого вкладу винахідників і інженерів неможливо без знання початкових витоків, без знання процесів розвитку.

5.2. Металорізальні верстати і системи

5.2.1. Сторінки еволюції токарного устаткування

Процеси механічної обробки деталей є найбільш трудомісткими і енергоємними. Саме вони визначали актуальність і необхідність розвитку оброблювального устаткування і різальних інструментів.

Нижче як приклад розглянута еволюція токарних верстатів – родоначальників металорізального устаткування.

"Токарний верстат займає перше місце за своїм значенням в устаткуванні кожної механічної майстерні і в той же час відрізняється найбільшою простотою конструкції. Ця обставина, у зв'язку з великою різноманітністю робіт, які можуть бути виконані на ній, роблять токарний верстат особливо цікавим.

Якщо, на додаток до цього, взяти до уваги, що основні частини конструкції верстата і головні прийоми роботи на ній є характерними для багатьох верстатів по металу, то навряд чи може виникнути сумнів, що вивчення роботи на верстатах треба починати саме з токарних верстатів".

Історія відносить винахід токарного верстата до 650 рр. до н. е.

Створення верстатів для "токарної справи" здійснювалося століттями, крок за кроком удосконалюючи їх.

В старих енциклопедичних словниках поняття "Токарна справа" пояснюється як "мистецтво здійснювати обробку дерева, кістки, металу і інших матеріалів різальним інструментом на машині, названій токарним верстатом, що обертає оброблювану деталь". У цій

характеристиці – частка історії токарного устаткування, на основі якого створено немало сучасних верстатів.

Найважливіше відкриття древньої людини, яка почала своїми руками обробляти матеріали – це розуміння, що для отримання циліндричних поверхонь *заготовку необхідно обертати*. Саме древнє джерело, що проливає світло на вирішення цієї проблеми, було зображення, знайдене в гробницях фараонів стародавнього Єгипту, рис. 5.1.

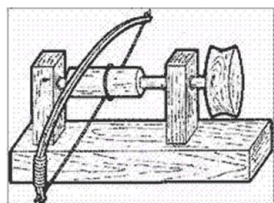


Рис. 5.1 – Перший відомий пристрій для обертання заготовок

інструменту. Адже одночасно з обертанням матеріалу його необхідно ще і обробляти.

Стало ясно, що потрібні пристосування і помічники. На рис. 5.2 приведені зображення древніх верстатів для "токарної справи" з ручним "приводом". Раб або підмайстер обертав заготовку, майстер тримав різець в руках і, притискаючи його в потрібному місці до заготовки, знімав стружку, надаючи заготовці необхідної форми і розміру.

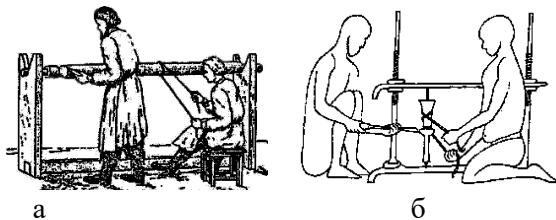


Рис. 5.2 – Перші токарні пристрої з ручним приводом

Настінний рисунок зображував пристрій для обертання заготовки, встановленої в дерев'яних (чи кістяних) центрах лучковим методом. Можливо, це був прообраз майбутнього токарного верстата. Втім, деяким африканським племенам лучкові верстати служать досі.

Вже древня людина зрозуміла, що для виконання "токарної справи" потрібне:

- по-перше, якимось чином встановити і закріпити матеріал,
- по-друге, змусити його обертатися,
- по-третє, звільнити руки для

а – установка заготовки на "призмах"; б – установка заготовки в центрах (давньоєгипетський "токарний верстат", 300 рр. до н.е.)

Обертання заготовки здійснювалося вручну за допомогою ременя або мотузка. Цей метод обробки при низькій продуктивності праці вимагав великих витрат фізичних зусиль, тому оброблялися тільки матеріали невисокої міцності. Дії виконавців не були синхронними, не забезпечували рівномірної швидкості обертання заготовки і високої точності оброблюваних виробів.

Пошук нових верстатів для токарної обробки тривав у напрямі усунення цих недоліків.

Пізніші токарні пристрої з ножним "приводом" вже не вимагали двох виконавців, звільняли руки токаря, забезпечуючи узгодженість рухів і підвищуючи якість обробки (рис 5.3).

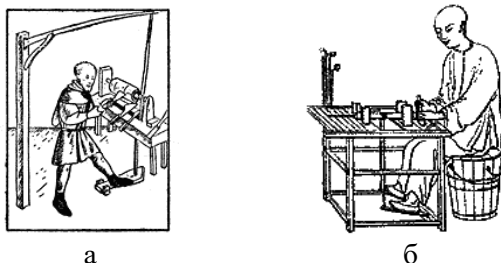


Рис. 5.3 – Токарні пристрої з ножним "приводом"

а – пристрій з оцепом (гнучкою жердиною); б. – китайський варіант педального обертання

Проте інструмент як і раніше залишався в руках виконавця і умови праці не стали легшими. На цих пристроях як і раніше оброблялися вироби з дерева, кістки, каменю і кольорових металів. Обробка залізних деталей забезпечувалася тільки ковальським методом.

Поява парових машин, для яких необхідно було виготовлення точних циліндричних деталей із заліза, активізували розробку токарного устаткування.

"Якщо ви хочете знати, в чому полягає головна перешкода до пристрою машини, пише в одному зі своїх листів Уатт, так я скажу вам, що найважливіше утруднення – це недолік ковальської роботи.

Ковалі не вміють виготовити такий циліндр, щоб поршень в нім ходив добре".

Конструкція парової машини вимагала забезпечення нової, не відомої раніше, високої геометричної і розмірної точності деталей. Циліндри, виготовлені ковальським способом, мали розміри діаметрів, які в різних перерізах відрізнялися до 1/8 дюйма. Уатту, щоб краще "приганяти" поршень до циліндра, довелося вдатися до використання ртуті, скляної мастики, повсті.

Проблема, що виникла при виготовленні парової машини, свідчила про те, що існуючий рівень розвитку оброблювальної техніки і методів обробки не може забезпечити необхідної якості деталей нових машин. Ці нові конструкції (тіла обертання) і новий матеріал (залізо) вимагали абсолютно інших методів обробки, які ще не були відомі. Протиріччя, що виникли між технічними вимогами і можливостями ковальської обробки, стимулювали появу нового методу – методу механічної обробки різанням, заснованого на принципово інших технологічних процесах і використанні верстатів – абсолютно нового технологічного устаткування.

Використання процесів різання металу було принципово новим як по фізичній суті процесу, так і по характеру його оснащення. Воно вимагало нових верстатів, робочих інструментів і нових технологічних рішень.

Поява токарних верстатів з механічними ланками була новим етапом в розвитку "токарної справи". Використання механізмів принципово змінювало можливості устаткування і умови роботи верстатника.

Знаменитий токарний верстат, створений на початку XVIII століття Андрієм Нартовим (1680-1756 р.) спільно з механіком Г. Занепенсом, відкривав нові можливості токарної обробки матеріалів, рис. 5.4.

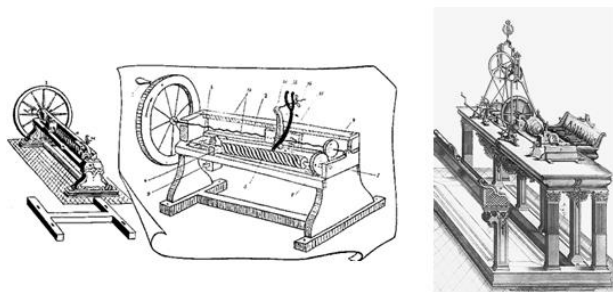


Рис. 5.4 – Токарні верстати Нартова

"Царськими токарями" А. Нартовим, И. Блеєром, Ф. Зінгером, Г. Занепенсом (у Росії його називали Юрієм Кирпатим), були розроблені також токарно-копіювальні верстати різних конструкцій.

Діяльність цих майстрів була пов'язана з так званим "романтичним" напрямом в розвитку токарних робіт. Створювані ними токарно-копіювальні верстати ("махіни") призначалися, головним чином, для виготовлення художніх виробів.

За допомогою цих верстатів можна було зробити по копію будь-яку кількість копій медальйонів або інших художніх виробів, використовуючи як оброблюваний матеріал кістку, ріг або дерево.

Робота на токарних верстатах була одним із захоплень Петра I упродовж усього його життя. Він щодня з дев'ятої або десятої години ранку займався токарною роботою, "в якій був такий майстерний, що рішуче жодному художникові не поступиться".

Виготовлені ним в Росії медальйони, а іноді і самі верстати, підносилися в якості дипломатичних подарунків.

Так, наприклад, кубок і табакерка, виточені із слонової кістки власноручно Петром I, були даровані в 1718 р. королеві Фрідріху Вільгельму I.



Рис. 5.5 – Андрій Костянтинович Нартов (1693 – 1756).



Рис. 5.6 – Ваза, виготовлена на токарно-копіювальному верстаті. Висота – 27,6 см (Державний Ермітаж).

У 1755 р. Нартов закінчив роботу над книгою "Театрум махінарум або ясне видовище машин". У цьому рукописі, над яким автор працював протягом двадцяти років, він підводив підсумок своїм знанням в області різальних верстатів. "*Механіка усі інші науки перевершує*", – написав Нартов в передмові.

Нартов висунув немало ідей, що удосконалили токарний верстат, у тому числі і знаменитий пристрій для механічної подачі інструменту, – "*держалку*", яка була прообразом супорта, – механізму, який замінив руку людини і, таким чином, перетворив верстат із складного знаряддя в робочу машину. Принципові схеми механізмів і машин, розроблених Нартовим, використовуються і у наш час.

Друга половина XVIII століття у верстатобудуванні ознаменувалася різким збільшенням сфери застосування металорізальних верстатів і пошуками задовільної схеми універсального токарного верстата, який міг би використовуватися в різних цілях.

У 1751 р. Ж. Вокансон у Франції побудував верстат, який за своїми технічними даними вже походив на універсальний. Він був виконаний з металу, мав потужну станину, два металеві центри, дві направляючі V-подібної форми, мідний супорт, який забезпечував механізоване переміщення інструменту в подовжньому і поперечному

напрямах. В той же час в цьому верстаті була відсутня система затиску заготовки в патроні, хоча цей пристрій існував в інших конструкціях верстатів. Тут передбачалося кріплення заготовки тільки в центрах. Відстань між центрами можна було міняти в межах 10 см. Тому обробляти на верстаті Вокансона можна було лише деталі приблизно однакової довжини.

У 1778 р. англієць Д. Рамедон розробив два типи верстатів для нарізання різьб. В одному верстаті уздовж заготовки, яка могла обертатися, по паралельним напрямним пересувався алмазний різальний інструмент, швидкість переміщення якого задавалася обертанням еталонного гвинта. Змінні шестерні дозволяли отримувати різьби з різним кроком. Другий верстат давав можливість виготовляти різьби з різним кроком на деталях більшої довжини, ніж довжина еталону. Різець просувався уздовж заготовки за допомогою струни, що накручувалася на центральну шпонку.

Накопичений досвід дозволив до кінця XVIII століття створити універсальний токарний верстат, що став основою верстатобудування.

У 1795 р. французький механік Сіно виготовив спеціалізований токарний верстат для нарізки гвинтів зі змінними шестернями, великим ходовим гвинтом, простим механізованим супортом. Верстат був позбавлений будь-яких прикрас, які застосовували майстри раніше.

У 1800 р. Модсли удосконалив цей верстат, а потім створив і третій варіант, що містив усі елементи, які мають токарно-гвинторізні верстати сьогодні. Модсли зрозумів необхідність уніфікації деяких видів деталей і першим став впроваджувати стандартизацію різьб на гвинтах і гайках. Він почав випускати набори мітчиків і плашок для нарізки різьб.

Генрі Модсли в 1794 р. створив першу досить недосконалу конструкцію супорта, але в 1798 р. він значно поліпшив її, що дозволило створити варіант супорта універсального токарного верстата. Відкривши власну майстерню Модслі власноручно виготовляв всі деталі своїх верстатів.

Показаний на рис. 5.7 токарний верстат Робертса із ступінчастим шківом і перебором,

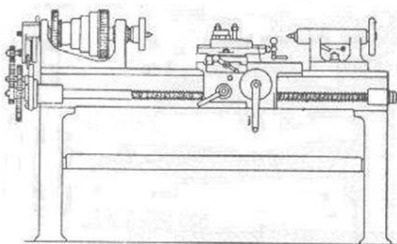


Рис. 5.7 – Токарний верстат Робертса

був створений в середині дев'ятнадцятого століття. На таких верстатах виробу можна було обробляти з різною частотою обертання, що забезпечувалася ступінчастим шківом. Рух супорту передавався зубчастим перебором і ходовим гвинтом.

Р. Робертс, один з учнів і продовжувачів справи Модсли, поліпшив токарний верстат тим, що розташував ходовий гвинт перед станиною, додав зубчастий перебір, ручки управління виніс на передню панель верстата, що зробило управління верстатом зручнішим. Цей верстат працював до 1909.

У 1835 р. Д. Вітворт винайшов автоматичну подачу в поперечному напрямі, яка була пов'язана з механізмом подовжньої подачі.

Подібні токарні верстати виготовлялися ще і на початку ХХ століття. У кінці дев'ятнадцятого і на початку двадцятого століття токарні верстати із ступінчастим шківом були забезпечені коробками передач для зміни швидкості переміщення супорта, а так само ходовим валиком і ходовим гвинтом. Енергозабезпечення цих верстатів здійснювалося від парового двигуна за допомогою індивідуальних трансмісій, що йшли від загального валу до кожного верстата.

Якщо на початку ХІХ століття лідирувала Європа, то в другій половині століття серйозно завило про себе американське верстатобудування. Проте основним його досягненням був не розвиток традиційного токарного верстата, а створення його модифікації – револьверного верстата.

У зв'язку з необхідністю виготовлення нової стрілецької зброї (револьверів) С. Фітч в 1845 р. розробив і побудував револьверний верстат з вісьмома різальними інструментами в револьверній голівці. Швидкість зміни інструменту різко підвищила продуктивність верстата при виготовленні серійної продукції. Це був серйозний крок до створення верстатів-автоматів.

Поява токарно-револьверних верстатів, заміна різцетримача револьверною голівкою дозволила розширити технологічні можливості токарних верстатів, збільшити кількість різальних інструментів, прискорити їх зміну.

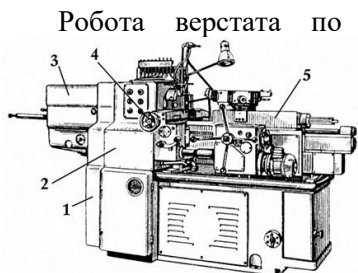


Рис. 5.8 – Сучасний токарно-револьверний верстат

заздалегідь налагоджених упорах і використання револьверної голівки забезпечувала підвищення точності деталей і продуктивності обробки.

Попереднє налаштування верстата вносило зміни і в трудовий процес. Ідея використання різних інструментів і можливість їх швидкої зміни при роботі токарно-револьверних верстатів дозволяє вважати револьверні голівки передвісниками появи інструментальних магазинів в

сучасних агрегатних верстатах.

У автоматизації верстатного устаткування пальма першості належить американцям. Вже в 1842 р. з'явилися перші деревообробні верстати-автомати К. Випиль, а в 1846 р такий автомат побудував Т. Слоан. Перший універсальний токарний автомат був винайдений в 1873 р. Хр.Спенсером.

На базі токарно-гвинторізних верстатів був створений ряд спеціалізованих верстатів (горизонтально-розточувальних – для розточування внутрішніх поверхонь, лоботокарних – для обробки великих площин, карусельно-токарних, – для обробки великогабаритних деталей та ін.), що дало можливість істотно розширити сфери застосування токарної обробки і збільшити продуктивність цього устаткування.

Револьюційною подією була поява електрики і використання її в приводах токарних верстатів. З механічних цехів були викинуті трансмісії, в лом пішли морально застарілі верстати типу "само точок", над якими робітники вже підсміювалися: "Тихий хід, малий самохід і тоненька стружка".

Їх місце зайняли нові токарні верстати з індивідуальними електродвигунами, коробками швидкостей і коробками подач.

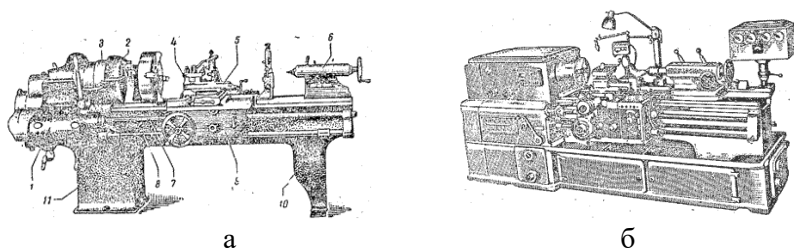


Рис. 5.9 – Токарні верстати з електричним приводом
 а. – токарно-гвинторізний верстат ТН- 20; б. – токарно-гвинторізний
 верстат 1620 заводу "Червоний пролетар"

У 1932 році в країні було освоєно виробництво першого токарного верстата з коробкою швидкостей. Верстат називався ДИП ("Наздогнати і перегнати"). Цим девізом радянські верстатобудівники кидали виклик світу : "Ми наздоженемо і переженемо вас".

Поява верстатів з пристроями числового програмованого управління відкрила нові технологічні можливості і перспективи для ефективного використання токарного устаткування. Це говорить про те, що токарна обробка ще надовго залишиться однією з найбільш необхідних і поширених операцій при виготовленні деталей машин.

5.2.2. Класифікація металорізальних верстатів

Сучасні металорізальні верстати, що здійснюють обробку різальним інструментом, класифікуються за трьома ознаками:

- за цільовим призначенням,
- по рівню спеціалізації,
- по точності.

Цільове призначення визначається характером обробки і типом вживаних інструментів. Верстати цієї категорії розділяються по групах на:

1. Токарні.
2. Свердлувальні і розточувальні.
3. Фрезерні.
4. Шліфувальні.
5. Багатоцільові (оброблювальні центри).

За рівнем спеціалізації розрізняють:

1. Універсальні верстати, призначені для виготовлення широкої номенклатури виробів. Обробка здійснюється невеликими партіями в умовах дрібносерійного і серійного виробництв. Універсальні верстати можуть бути з ручним або числовим управлінням.

2. Спеціалізовані верстати, призначені для обробки заготовок порівняно вузької номенклатури. Наприклад, для обробки колінчастих валів. Вони автоматизовані і використовуються у крупносерійному виробництві для великих партій деталей, що вимагають рідкісної переналадки.

3. Спеціальні верстати призначаються для обробки однієї або декількох майже однакових деталей в умовах крупносерійного або масового виробництв. Ці верстати мають високу міру автоматизації.

4. Жорсткі автоматичні лінії (з набору верстатів автоматів, кожен з яких виконує певну технологічну операцію). Розташовуються верстати в послідовності, визначеній технологічним процесом. Усі верстати пов'язані загальним транспортом і єдиним загальним управлінням.

5. Верстати з ЧПУ.

6. Гнучкі виробничі модулі (ГВМ) – автоматизовані універсальні технологічні осередки, основою якої є верстати з повним набором маніпуляторів і засобів контролю.

По рівню точності верстати умовно поділяють на класи точності: нормальну, підвищену, високу, особливо високу і особливо точні верстати.

5.2.3. Основні напрями розвитку оброблювального устаткування

Безперервні зміни виробів і масштабів їх випуску постійно висувають усе нові і нові вимоги до технологічного устаткування. Тому оброблювальне устаткування постійно змінюється і удосконалюється відповідно до цих вимог.

На підставі прогнозу і аналізу розвитку верстатобудування можна виділити наступні головні напрями розвитку оброблювальної техніки:

- якісна зміна конструкцій металорізальних верстатів (конструкції верстатів з паралельною кінематикою, гексаподні та мехатронні конструкції).

- істотне підвищення продуктивності верстатів, реалізація технологій швидкісної обробки;
- широка уніфікація верстатів, реалізація принципів агрегатно-модульного конструювання.
- широке використання мехатронних модулів лінійного і обертального руху.
- створення нових спеціальних установок для немеханічних методів обробки.

За останні роки в конструюванні металорізальних верстатів сталися істотні і принципові зміни. Це – прямий наслідок бурхливого розвитку електроніки і використання її у верстатобудуванні. Стався якісний скачок: системи програмного управління і командо-апарати дозволили автоматизувати не лише процес різання, але і ряд допоміжних операцій, у тому числі контрольних і вимірювальних. У верстатах багато традиційних механічних вузлів тепер уже не застосовуються: функції їх узяли на себе електроніка і обчислювальна техніка. У сучасних виробничих системах широко застосовуються верстати з програмним управлінням і гнучкі виробничі модулі.

5.3. Верстати з ЧПУ

За останні роки в конструюванні металорізальних верстатів сталися істотні і принципові зміни. Це прямий наслідок бурхливого розвитку електроніки і використання її у верстатобудуванні. Стався якісний стрибок: системи програмного управління і командо-апарати дозволили автоматизувати не лише процес різання, але і ряд допоміжних переходів і операцій, у тому числі контрольних і вимірювальних.

Верстати з ЧПУ мають гнучкість і універсальність властиві універсальним верстатам і точність і продуктивність властиву верстатам-автоматам.

Під ЧПУ розуміють управління обробкою заготовки на верстаті за управляючою програмою, в якій дані приведені у числовій формі. Управляюча програма – це сукупність команд на мові програмування.

Принципова особливість верстатів з ЧПУ полягає у відсутності у них фізичних носіїв отримуваних розмірів (упорів, кулачків, копіїв). Багато традиційних механічних вузлів тепер уже не

застосовуються: їхні функції взяли на себе електроніка і обчислювальна техніка



Рис. 5.10 – Сучасні верстати з ЧПУ

а – токарний верстат з ЧПУ; б – фрезерний верстат з ЧПУ

Основними техніко-економічними показниками верстатів з ЧПУ є їхня ефективність, висока продуктивність і надійність, гнучкість і точність обробки. Значне підвищення продуктивності верстата забезпечується завдяки автоматизації і швидкому виконанню допоміжних переходів, можливостям періодичного автоматичного контролю без зупинки верстата і ряду інших автоматизованих елементів.

Експлуатація верстатів з ЧПУ має ряд особливостей: для їх обслуговування потрібні висококваліфіковані фахівці різних профілів (в основному з вищою технічною освітою) – електрики, математики-програмісти, наладники високої кваліфікації, інженери-технологи, які володіють методиками проектування операцій для цих верстатів.

На базі ЧПУ виконана розробка високоефективних металорізальних верстатів, оброблювальних центрів, гнучких модулів, робото технічних комплексів і гнучких виробничих систем.

5.3.1. Технологічні можливості верстатів з ЧПУ

Поява верстатів з ЧПУ – революція в сфері технологічних процесів обробки. Вони дозволили в корені змінити зміст і організацію технологічних служб, особливо в умовах серійного і одиничного виробництв.

Токарні верстати з ЧПУ забезпечують можливість обробки як в центрах, так і в патроні. На них встановлюється контурна система програмного управління з лінійно-круговим інтерполятором і пристроєм для нарізання різьби. На таких верстатах можливе обточування зовнішніх і розточування внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь складного профілю, підрізка торців, нарізання різьб, проточка канавок. На верстатах можлива корекція положення різальної кромки інструменту.

Фрезерні верстати з ЧПУ істотно відрізняються по конструкції від базових моделей з ручним управлінням. Застосування точних безлюфтових зубчастих передач і гвинтових кулькових пар, висока жорсткість всього верстата з ЧПУ і його окремих вузлів служать запорукою підвищення точності і продуктивності обробки деталей. Конструкція фрезерних верстатів з ЧПУ дозволяє вести обробку як при зустрічному, так і при попутному фрезеруванні. В сучасних моделях верстатів є блок зміщення еквідистанти, за допомогою якого можна вести обробку за однією програмою як новими, так і переточеними фрезами. На фрезерних верстатах з ЧПУ можна виконувати в автоматичному режимі фрезерування плоских контурів різної кривизни, об'ємне фрезерування, свердління, зенкування, розточування.

Свердлувальні верстати з ЧПУ використовуються для обробки деталей з великим числом отворів з боку, зверненого до шпинделя. На верстатах з автоматичною зміною інструменту (моделі 2Р118Ф2 АБО 2р136Ф2, оснащені шестишпindelними револьверними голівками) можна обробляти отвори різного діаметру, а також виконувати обробку одного отвору за декілька проходів.

Розточувальні верстати з ЧПУ по компонованню і технологічним можливостям аналогічні з універсальними, але значно перевершують їх по продуктивності. Поворотний стіл дозволяє обробляти взаємно перпендикулярні і похилі отвори з усіх чотирьох сторін деталі, а також виконувати фрезерування по восьмикутному контуру і обробку з круговою подачею столу.

5.3.2. Системи управління верстатів з ЧПУ

У верстатах з ЧПУ управління здійснюється за допомогою програмноносіїв, на яких в числовому вигляді занесені і геометрична, і технологічна інформація.

Клерувальна інформація для систем ЧПУ є дискретною і її обробка в процесі управління здійснюється цифровими методами. Управління технологічними циклами практично повсюдно виконується за допомогою програмованих логічних контролерів, що реалізуються на основі цифрових електронних обчислювальних пристроїв.

По технологічному призначенню і функціональним можливостям системи ЧПУ підрозділяються на чотири групи:

- позиційні, які задають тільки координати кінцевих точок положення виконавчих органів верстата після виконання ними певних елементів робочого циклу;
- контурні або безперервні, які керують рухом виконавчого органу по заданій криволінійній траєкторії;
- універсальні (комбіновані), що здійснюють програмування як переміщень при позиціонуванні, так і рух виконавчих органів по заданій траєкторії, а також зміну інструментів і завантаження-вивантаження заготівель.
- багатоконтурні системи, що забезпечують одночасне або послідовне управління функціонуванням ряду вузлів і механізмів верстата.

Прикладом застосування систем з ЧПУ першої групи являються свердлувальні, розточувальні і координатно-розточувальні верстати. Системи ЧПУ другого типу застосовуються в різних токарних, фрезерних і круглошлифовальних верстатах. До третьої групи належать системи ПУ різних багатоцільових токарних і свердлувально-фрезерно-розточувальних верстатів.

5.3.3. Високопродуктивне устаткування на базі ЧПУ

На базі ЧПУ виконана розробка високоефективних металорізальних верстатів, оброблювальних центрів, гнучких модулів, робототехнічних комплексів і гнучких виробничих систем.

Оброблювальні центри – це багатоцільові верстати з ЧПУ, призначені для виконання декількох видів обробки різанням, оснащені

ЧПУ і автоматичною зміною інструменту. Багатоцільові верстати або оброблювальні центри набули поширення останніми роками. Вони забезпечують виконання різних операцій завдяки автоматичній зміні різальних інструментів.

Оброблювальні центри є високоавтоматизованими верстатами з програмним управлінням, додатково забезпеченим інструментальним магазином (до 138 інструментів). За заданою програмою на оброблювальному центрі можна здійснювати автоматичне переміщення заготівель по трьом координатним осям та обертання відносно вертикальної осі поворотного столу і дещо інше.

На оброблювальному центрі можливе виконання майже усіх процесів механічної обробки металів різанням. Це дозволяє виконувати обробку усіх видів поверхонь корпусних деталей з однієї установки з усіх боків (окрім базових поверхонь), причому, обробка деталей на оброблювальному центрі, як правило, здійснюється остаточно. Продуктивність обробки на оброблювальних центрах в 4-10 разів перевершує продуктивність обробки на універсальних верстатах.



Рис. 5.11 – Оброблювальний центр

При появі верстатів типу "оброблювальний центр" багато авторів називали їх багатоопераційними, прагнучи підкреслити широкі технологічні можливості нового устаткування. Проте з точки зору визначення поняття "операція", така назва була помилковою, оскільки при обробці на цих верстатах деталь не змінювала свого базування. Вся обробка по формуванню деталі

проводилася на незмінному устаткуванні, тобто на одному верстаті при автоматичній зміні інструменту. Пізніше з'явилася вдаліша назва цих верстатів – "багатоцільові верстати з ЧПУ", в яких відсутнє визначення, що зачіпає поняття операції.

Агрегатні верстати. Найбільший ефект при створенні гнучких систем досягається при використанні агрегатно-модульного принципу побудови технологічного і допоміжного устаткування.

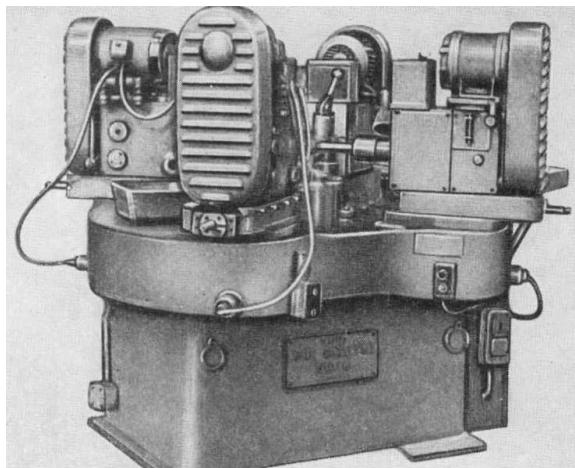


Рис. 5.12 – Універсальний агрегатний верстат

Модульний або агрегатний принцип побудови агрегатних верстатів полягає у використанні уніфікованих елементів, керованих за числовою програмою і оснащених пристроями з ЧПУ.

Уніфіковані вузли агрегатних верстатів (поворотні хрестоподібні і прямолінійні столи, стійки з шпиндельними бабками та ін.) дозволяють отримувати самі різні варіанти компонувань верстатів. Так, наприклад, з десяти типових уніфікованих вузлів можна отримати до тридцяти різних компонувань верстатів. Кожен силовий агрегат оснащується інструментальним магазином і механізмом автоматичної зміни інструменту.

На агрегатних верстатах можлива автоматична комплексна обробка деталей за один установ. Таким чином, агрегатні верстати з ЧПУ відносяться до класу оброблювальних центрів.

Гнучкі виробничі модулі (ГПМ), об'єднуючи у своєму складі сукупність технічних систем і пристроїв, функціонально необхідних для виконання складних технологічних операцій, є гнучкими промисловими системами нижнього структурного рівня.

До складу ГПМ для механічної обробки входять одна або дві одиниці основного технологічного устаткування з пристроями ЧПУ і допоміжне устаткування для зміни заготівель і інструменту (накопичувач, автооператор або ПР), видалення стружки, контролю якості обробки, контролю і підналагоджування технологічного

процесу. ГПМ, призначений для автономної роботи, в автоматичному режимі багаторазово виконує задані цикли обробки, має можливість вбудовуватися в ГПС більш високого рівня.

Гнучкі виробничі модулі – це устаткування, що працює при мінімальній участі людини. Вони в автоматичному режимі виконують не лише обробку виробу, але і всі контрольні, вимірювальні операції: стежить за наявністю інструменту, його цілісністю, мірою зносу, його розмірами, положенням виробу в зоні обробки. Розробляються гнучкі модулі на базі оброблювальних центрів, токарних і шліфувальних верстатів з ЧПУ.

До складу ГПМ для механічної обробки входять одна або дві одиниці основного технологічного устаткування з пристроями ЧПУ і допоміжне устаткування для зміни заготовок і інструменту (накопичувач, автооператор або виробничий робот), видалення стружки, контролю якості обробки, контролю і подналадки технологічного процесу.

Деякі гнучкі виробничі модулі, об'єднані автоматизованою системою управління і автоматизованою транспортно-складською системою, складають гнучкий виробничий комплекс (ГПК). ГПК автономно функціонує протягом заданого інтервалу часу і має можливість вбудовування в систему вищої системи автоматизації.

Залежно від конкретних цілей виробництва застосовуються ГПМ, різні за складом устаткування і його розташування

Робототехнологічний комплекс (РТК) – це сукупність одиниць технологічного устаткування, промислового робота і засобів оснащення, що автономно функціонує і здійснює багаторазові цикли. РТК, призначені для роботи в ГПС, повинні мати автоматизовану переналадку і можливість вбудовування в систему. Засобами оснащення РТК можуть бути: пристрої накопичення, орієнтації, поштучної видачі об'єктів виробництва та інші елементи, що забезпечують функціонування РТК.

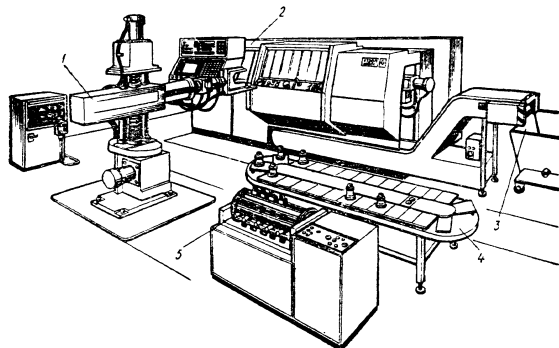


Рис. 5.13 – Робототехнологічний комплекс заводу "Червоний пролетар"

1 – робот, 2 – токарний напівавтомат 1720ПФ30 з ЧПУ,
3 – пристрій для відведення стружки, 4 – стіл для заготовок і деталей,
5 – інструментальний барабан з інструментальним монітором

Найбільшого поширення набули РТК наступних компоновань:

- одноверстатні, до складу яких входить один верстат, що обслуговується підвісним (розташованим над верстатом), підлоговим (розташованим поряд з верстатом) або вбудованим у верстаті промисловим роботом;
- багатоверстатні РТК, що обслуговуються підвісними промисловими роботами. Компонування устаткування – лінійне або лінійно-паралельне;
- багатоверстатні РТК, що обслуговуються підлоговими промисловими роботами з круговим компонованням устаткування.

Автоматична лінія (АЛ) – це система, що складається з верстатів, транспортних пристроїв, автооператорів та інших елементів, забезпечує автоматичне виконання обробки деталей відповідно до технологічного процесу без втручання робітника.

Створення АЛ базується на принципі концентрації операцій, що забезпечує найбільшу економічну ефективність. Автоматичну лінію прийнято розглядати як одну операцію, а верстати, що входять до лінії, – як позиції цієї операції. Позиції автоматичної лінії, через які проходить заготовка, можуть мати різне призначення: робочі позиції служать для виконання обробки; контрольні позиції – для перевірки

правильності розмірів і форм, які формуються під час обробки; холості позиції – для поворотів заготовки; позиції для очищення деталей від стружки.

Існує декілька напрямів класифікації автоматичних ліній. Залежно від структури і способу організації автоматичні лінії підрозділяються на синхронні (*жорсткі*) і асинхронні (*гнучкі*).

Робота синхронних АЛ визначається *тактом* роботи. Такт – це проміжок часу між виходом двох чергових деталей. На цих АЛ на обробку надходить по одній черговій заготовці, яка передається від позиції до позиції. Відмова будь-якого елемента жорсткої АЛ призводить до її зупинки. На рис. 5.14 наведено приклад такої лінії для обробки корпусних деталей..

На початку (АЛ) знаходиться завантажувальна позиція, на якій заготовка закріплюється в спеціальному пристосуванні-супутнику, який забезпечує їй орієнтацію відносно інструментів на різних позиціях. Заготовка разом із супутником транспортується через всі позиції (АЛ).

Обробка деталі може виконуватися з двох (рис. 5.15-а) або з декількох сторін (рис. 5.15-б). У другому випадку в (АЛ) вводиться додаткова позиція для переорієнтації деталі – поворотний стіл.

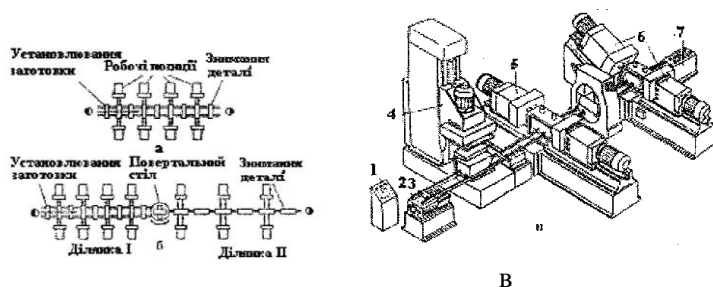


Рис. 5.14 – Схеми автоматичних синхронних ліній для обробки корпусних деталей

а – для обробки деталі з двох сторін; б – для обробки деталі з декількох сторін; в – приклад оформлення асинхронної лінії

Залежно від кількості найменувань деталей, які можуть виготовлятися на (АЛ), жорсткі лінії поділяються на не переналаджувані (для обробки однієї деталі в умовах масового

виробництва) і переналагоджувані (для групової обробки деталей в умовах серійного виробництва).

Для нормальної роботи на робочих місцях асинхронних (АЛ) створюються запаси заготовок за допомогою накопичувачів.

5.3.4. Особливості експлуатації автоматизованого устаткування

Незалежно від того, що закладено в конструкцію верстата з ЧПУ або гнучкого виробничого модуля, ці пристрої є досить дорогими і виправдовують витрати на їх виготовлення тільки при активній експлуатації мінімум у дві зміни. Для огляду верстата, проведення профілактики, усунення можливих непередбачених ситуацій та інших робіт, необхідних для забезпечення подальшої нормальної роботи верстата, досить однієї зміни.

Як підтверджує світовий досвід, найраціональніше одну зміну (першу) відвести для профілактики і всіх інших організаційних заходів, а дві інші, вечірню та нічну, працювати в режимі безлюдного виробництва.

Звільнення людини від роботи у вечірні та нічні години має велике соціальне значення. Та і сама праця на такому підприємстві носитиме вже інший характер: верстатник позбавляється від монотонної роботи і стає фактично оператором, обслуговуючим групу верстатів. У нього з'являється час для творчої діяльності, скажімо, для участі в складанні програм для виготовлення наступної деталі, іншої конструкції.

5.3.5. Металообробні верстати та різальні інструменти

Для того, щоб різноманітні і численні верстати могли ефективно працювати, вони мають бути забезпечені відповідним різальним інструментом, здатним сформувавши необхідну якість оброблених поверхонь деталі.

Дослідження в області теорії різання металів розкрили і науково обґрунтували процеси, які відбуваються в зоні обробки та ін. Це забезпечило науковий підхід до конструювання різальних інструментів, вибору геометрії і матеріалів інструментів, а також до визначення оптимальних режимів обробки. Різноманітність верстатів і

методів обробки визначають і різні геометричні форми різальних інструментів, рис. 5.15.

Проте, окрім геометрії інструменту, до його найважливіших характеристик належать твердість, міцність і зносостійкість, а ці характеристики визначаються вибором матеріалу різального інструменту. Для забезпечення процесу різання твердість і міцність матеріалу різального інструменту мають бути вище, ніж у оброблюваної деталі.

В завдання цього розділу не входить класифікація різальних інструментів, але є необхідність показати ті чинники, які мали визначальний вплив на розвиток різних типів металорізальних інструментів.

Аж до першого десятиліття ХХ ст. єдиним матеріалом, придатним для виготовлення металорізальних інструментів, була вуглецева інструментальна сталь. Низька температуростійкість і зносостійкість інструментів, виготовлених з вуглецевої інструментальної сталі, обмежували швидкість різання металевих матеріалів (10-20 м/хв., в деяких випадках до 30 м/хв.) і мали невисокий експлуатаційний ресурс. Обробка металів була малопродуктивна і неекономічна.



Рис. 5.15 – Основні типи металорізальних інструментів

- 1 – різець з механічним кріпленням пластинки твердого сплаву; 2 – гвинтове свердло; 3 – зенкер з конічним хвостовиком, оснащений твердосплавними пластинками; 4 – торцева насадна фреза зі вставними ножами, оснащеними твердим сплавом; 5 – машинна розгортка з твердосплавними пластинками; 6 – плашка; 7 – гвинторізна голівка з круглими гребінками; 8 – черв'ячна фреза; 9 – шліцьове протягання; 10 – різцева голівка для обробки конічних коліс з круговим зубом; 11 – мітчик; 12 – зуборізальний довбач із спіральними зубами.

При цьому існував тісний взаємозв'язок з технічним рівнем металорізальних верстатів. Частота обертів шпинделя не перевищувала 300-500 об/хв. Верстати мали малопотужні приводи від ремінних передач, споживана потужність не перевищувала 2-3 кВт. Конструкції верстатів були нежорсткими.

На початку ХХ ст. була розроблена перша високолегована інструментальна сталь. Ця сталь мала легуючі присадки – 18% вольфраму, 4,5% хрому і 1% ванадію. В порівнянні з вуглецевою нова сталь мала значно вищі фізико-механічні властивості, особливо температуростійкість і зносостійкість.

Металорізальні інструменти, виготовлені із цієї сталі, могли обробляти сталі і чавуни зі швидкостями різання до 30-60 м/хв. (у 2-

2,5 разів вищу, ніж до цього). Завдяки швидкісним характеристикам нова розроблена сталь дістала назву швидкорізальної сталі. Її хімічний склад вона відповідає сучасній марці P18.

Металорізальні інструменти, виготовлені з швидкорізальної сталі, уперше були продемонстровані в 1910 р. на Всесвітній Промисловій виставці в Брюсселі. З того часу ця сталь зайняла провідне місце в інструментальному виробництві. Нині більше половини металорізальних інструментів виготовляють з швидкорізальних сталей.

У 20-х роках минулого століття потрібно було повністю замінити тихохідний і малопотужний парк металорізальних верстатів новими, технічно досконалішими верстатами з частотою обертання шпинделя до 1000-1500 об/хв. і потужністю до 6-8 кВт. Це був перший значний стрибок в сучасній технології механічної обробки деталей, викликаний появою досконалішого інструментального матеріалу. У роки першої п'ятирічки машинобудівні заводи, що реконструювалися і будувалися в СРСР, були обладнані імпортними металорізальними верстатами. Нові інструментальні заводи приступили до виробництва швидкорізальних інструментів, а верстатобудівна промисловість, що зароджувалась, почала розробку і випуск власних моделей металорізальних верстатів, призначених для роботи з швидкорізальним інструментом.

У свій час вважалося, що в усіх випадках сталь P18 є кращою швидкорізальною сталлю, а всі розроблені марки з меншим змістом вольфраму розглядалися як менш якісні і неповноцінні її замітники. Але дослідження показали, що в деяких випадках вона поступається іншим маркам.

Вольфрам – основний легуючий елемент швидкорізальних сталей – дефіцитний матеріал. В період Великої Вітчизняної війни через нестачу вольфраму отримав застосування новий матеріал – швидкорізальна сталь марки P9, що містить 9% вольфраму.

В результаті подальших пошуків у середині 30-х років був розроблений новий твердий сплав, який містив окрім карбідів вольфраму ще й карбіди титану. Вольфрамтитанові тверді сплави були успішно застосовані при обробці сталей, але виявилися малоефективними при обробці чавунів. Перші марки радянських вольфрамтитанокобальтових твердих сплавів (група ВТК) позначалися а15 і а21. Сплав а15 відповідає існуючому нині сплаву

марки Т15К6. Сплав а21 застосування надалі не знайшов. Таким чином, починаючи з середини 30-х років, в машинобудуванні застосовуються пластинки твердих сплавів двох груп. Із сплавів групи ВК виготовляють інструменти, призначені для обробки чавунів, а із сплавів групи ВТК – інструменти для обробки сталевих матеріалів.

Металорізальні інструменти, оснащені твердосплавними пластинками, могли обробляти сталі і чавуни зі швидкостями в 2-3 рази вищими, ніж інструменти із швидкорізальних сталей. Таким чином, поява нових інструментальних матеріалів – твердих сплавів – знову стало причиною чергового стрибка в області верстатобудування і механічної обробки деталей машин. Знову зросли швидкості і потужності верстатів. Частота обертання шпинделів підвищилася до 2000 об/хв. Потужність, наприклад, токарних верстатів досягла 13-15 кВт. Це підвищило продуктивність праці і економічність обробки металів різанням. Відтоді не було розроблено нових композиційних інструментальних матеріалів на металевій основі, які мали б вищі фізико-механічні властивості.

У 40-х роках зусилля вчених були спрямовані на розробку мінеральних інструментальних матеріалів, фізико-механічні властивості яких перевершили б властивості матеріалів на металевій основі.

У Московському хіміко-технологічному інституті була розроблена мінералокераміка на основі кристалів корунду, що отримала позначення ЦМ332. Мінералокераміка, володіючи дуже високою температурною і зносостійкістю мала низьку міцність на вигин, приблизно в 10 разів меншу, ніж швидкорізальні сталі, і в 3-4 рази меншу, ніж тверді сплави. Виявилася дуже крихким матеріалом, схильним до локальних викришувань. Нею оснащували різці, призначені для швидкісної остаточної обробки сталей і чавунів. Із-за крихкості і низької ударної в'язкості широкого промислового поширення мінералокераміка не отримала.

Виробляючи спроби підвищити міцність і зменшити крихкість мінералокераміки легуванням деякими тугоплавкими металами, вчені отримали нову підгрупу метало мінеральних інструментальних матеріалів, названих керметами. Пошуки досконаліших композицій керметів тривають досі, але поки що їх властивості не дозволяють широко застосовувати ці матеріали як інструментальні.

У 50-х роках була розроблена в промислових масштабах технологія виробництва синтетичних алмазів. Алмазні шліфувальні круги знайшли широке застосування для продуктивного і якісного заточування твердосплавних інструментів, а так само виробів з мінералів і напівпровідникових матеріалів. Різці, оснащені штучним алмазом, використовуються для обробки твердих і термооброблених металів, мінералів, заготовок з алюмінієвих сплавів з підвищеними вимогами до якості обробленої поверхні. Алмазними інденторами спеціальних форм виконують швидкісне випрасовування поверхонь.

У 60-70-х роках почалися пошуки нових марок швидкорізальних сталей, що містять окрім вольфраму молібден і кобальт в різних співвідношеннях і пропорціях. Була розроблена технологія поверхневого покриття (запилення) лез швидкорізальних інструментів зносостійкими і тугоплавкими металами – вольфрамом, титаном, молібденом, а так само їхніми хімічними сполуками – нітридами і карбідами. Цим досягалося підвищення зносостійкості і ресурсу роботи швидкорізальних інструментів.

Технологія виробництва перших вольфрамокобальтових твердих сплавів полягала в розплавленні компонентів і відливанні пластинок, які потім припаювали до корпусу інструменту. Дослідження різців з припаяними пластинками литого твердого сплаву показали, що їх різальні властивості не набагато вищі, ніж у інструментів з швидкорізальних сталей. Справа змінилася, коли дослідники перейшли до застосування методів порошкової металургії (пресування подрібнених в пил компонентів). Твердосплавні пластинки, виготовлені за цією технологією, мали високі фізико-механічні властивості і виявилися дуже ефективним інструментальним матеріалом. Така технологія використовується і в наш час.

Різальні інструменти, оснащені твердосплавними пластинами, стали поступово витіснити інструменти із швидкорізальних сталей. Спочатку твердосплавними пластинками оснащувалися різці, дещо пізніше – фрези, розгортки. Потім, по мірі розвитку інструментальної технології, оснащувалися фасонні інструменти, зубо- і різьбонарізні інструменти, протяжки. У США, Німеччині і СРСР приблизно в один і той же час (у другій половині 20-х років) тверді сплави були випущені як товарна продукція. Ці сплави, отримані з карбідів вольфраму і металевого кобальту (група ВК), в США називалися як і фірма, що

виробляє їх, "карболой", в Німеччині "відіа" (тобто як алмаз), в СРСР вони дістали назву "победіт". Усі ці тверді сплави виявилися чудовим матеріалом для обробки чавунів, але непридатними для обробки сталей. З цієї причини перші роки (до середини 30-х років) ними оброблялися тільки чавуни, а сталі продовжували обробляти швидкорізальними інструментами.

У 60-х роках доктором технічних наук Н. Е. Філоненко була розроблена оригінальна технологія виготовлення синтетичного мінерального матеріалу із з'єднання азоту і бору, що дістав назву ельбор. Шліфувальні круги з ельбора мають підвищені різальні властивості і вважаються найкращими для шліфування виробів з високолегованих термооброблених сталей, наприклад різальних, вимірювальних інструментів. Різці, оснащені лезами з ельбора, застосовуються для швидкісного чистового точіння чавунів, для обробки високолегованих сталей і мінералів.

Для отримання високої якості оброблених поверхонь різцями з лезами з синтетичних алмазів і ельбора, верстати повинні мати високу жорсткість і вібростійкість.

Ті великі і активні зміни, які відбуваються в техніці, верстатобудуванні і матеріалознавстві, визначають необхідність подальшого пошуку шляхів вдосконалення оброблювальних інструментів і технологій.

Вже нині доводиться обробляти матеріали, технічні характеристики яких вищі, ніж у різальних інструментів. Дозволяють розв'язати цю проблему нові технології і установки, що базуються на електрофізичних методах обробки.

5.3.6. Комп'ютерне забезпечення машинобудування

Новим видом устаткування машинобудівних виробництв є електронна техніка. Персональні комп'ютери і ноутбуки органічно увійшли до оснащення робочих місць конструкторів, технологів, керівників підприємств і інших фахівців. Комп'ютерні системи і створення єдиних інформаційних мереж (див. підп. 3.3.1) забезпечують нові можливості використання автоматизованого устаткування.

Змінилася і розмножувальна техніка. Для розмноження конструкторської і технологічної документації замість

світлокопіювальних пристроїв використовуються сканери і принтери. (див. гл. 10 і 11).

5.4. Устаткування для немеханічних методів обробки

Окрім механічної обробки, заснованої на формоутворенні деталей за допомогою процесів різання, на сучасних виробництвах досить широко використовуються електрохімічні і електрофізичні методи обробки.

Необхідність використання цих методів визначена рядом технологічних причин. Вони потрібні для обробки матеріалів, які неможливо або важко обробити традиційними методами, або для виконання таких технологічних операцій, які або не здійснимі, або важко здійснимі різальним інструментом.

Загальним для всіх цих методів є те, що вони засновані на різних процесах безпосередньої енергетичної дії на оброблювані поверхні заготівель.

Природно, що для кожного методу, а часто і для окремих технологічних операцій, доводиться конструювати спеціальне устаткування. Проте це виправдано в двох випадках:

- по-перше, коли виконати роботу іншими способами неможливо,
- по-друге, коли запропонований новий метод має певні переваги (наприклад, скорочення виробничих площ, підвищення економічних показників та ін.).

5.4.1. Устаткування для променевих методів обробки матеріалів

До променевих методів обробки відносяться лазерна і електронно-променева. Для обох методів характерне використання променя як робочого інструмента.

Устаткування для цих методів обробки істотно відрізняється і своїм обладнанням, і умовами роботи, і характером робочих процесів.

Устаткування для лазерної обробки.

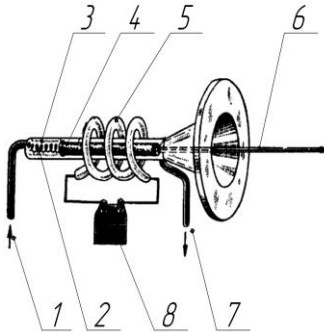


Рис. 5.16 – Схема установки для лазерної обробки

1 – оболонка; 2 – рубіновий кристал; 3 – імпульсна лампа; 4 – когерентний промінь; 5, 8 – підвід та відвід охолоджувальної рідини; 6 – пружина; 7 – джерело живлення

оптичної лінзи крізь напівпрозорий торець кристала випромінюється когерентний промінь 4. Промінь може бути сфокусований на майданчику діаметром до 0,01мм.

Найбільше поширення одержали твердотілі лазери з імпульсним накачуванням і молекулярні CO₂-лазери. Імпульсно збуджувані рубінові і неодимові (стекло з неодимом і ітрій-алюмінієвий гранат (ІАГ) з неодимом) лазери, що використовуються в електронній технології і обробці матеріалів, застосовують також для одержання точково-зварних невеликих металевих елементів і для свердлення малих отворів в металах, алмазах, рубінах і кераміці.

Незамінні лазери при необхідності отримання малих отворів діаметром до 10 мкм. Техніка лазерного свердління малих отворів використовується при виготовленні алмазних філь'єр для виробництва тонкого дроту, рубінових і сапфірових годинникових каменів.

Переваги лазерних установок. Лазерні установки значно менші за габаритами, ніж металорізальні верстати, у багатьох випадках забезпечують вищу продуктивність і економічність. Нові технології на базі лазерів не лише розширюють можливості методів обробки, але і значно підвищують ефективність технологічних процесів. Їх застосування скорочує об'єми традиційної механічної обробки, зменшує витрати на металорізальне устаткування та ін.

Сконструйовано багато видів лазерів і лазерних пристроїв. На рис. 5.16. приведена принципова схема установки для лазерної обробки.

Схема лазерної установки включає рубіновий кристал 2, лампу підкочування 3, скляну трубку (оболонку) 1 і пружину 6 для фіксації. У трубці знаходиться рубіновий стрижень, який охолоджується проточною рідиною 5.

При спалахах лампи 3 рубін освітлюється, і за допомогою

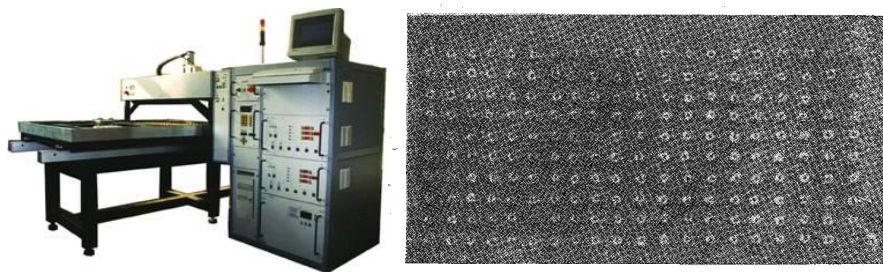


Рис. 5.17 – Установка для свердління отворів в алмазних філь'єрах на базі ІАГ-лазера

Установка для електронно-променевої обробки. Електронно-променева обробка здійснюється у вакуумі на спеціальній установці з електронною гарматою 6, (рис. 5.19).

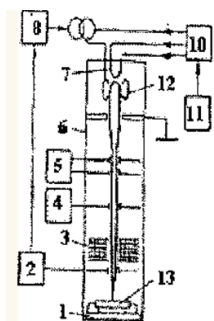


Рис. 5.18 – Схема установки для електронно-променевої обробки

Установка складається з генератора високої напруги 11, генератора розігрівання катода і напруги збудження 10, імпульсного генератора 8, імпульсного трансформатора 9 і вольфрамового катода 7. Діаметр пучка може бути сфокусований до 0,005мм, температура в місці обробки досягає 6000 0С.

Завдяки великій різниці напруги між катодом і анодом (до 50-70 кВ) пучок електронів отримує прискорення і за допомогою електростатичної системи 12, електромагнітних котушок 5, коректора зображення 4, магнітних лінз 3 і кола 2 фокусується і спрямовується на заготовку 13, яка розташована на столі 1, що має можливість переміщатися всередині вакуумної камери в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

5.4.2. Устаткування для інших немеханічних методів обробки деталей

Використання нових надзвичайно міцних матеріалів у сучасній техніці сприяло поширенню і подальшому розвитку методів обробки електрофізичними та електрохімічними методами.

Перше устаткування для обробки деталей комбінованою дією електрохімічних та механічних засобів з'явилися ще у 1930-1931 роках. Перший промисловий екземпляр верстата для заточки різців у рідкому склі та розчинах хлористого натрію було виготовлено у 1943 році. Найбільше розповсюдження одержали верстати для електроерозійної, анодно-гідралічної та ультразвукової обробки.

Верстати, виготовлені в СРСР і за кордоном, орієнтовані на обробку фасонних складних поверхонь, прошивку отворів діаметром до 5мм, для зняття задирок та ін. Велика частина верстатів, використовуваних заводами, проектувалось і виготовлялось безпосередньо цими ж заводами по своїм проектам і по проектам НДІ КБ.

Особливістю устаткування для цих методів обробки є їхня максимальна спеціалізація. Перш за все, вони орієнтовані на певні методів обробки. Окрім того, багато деталей потребують спеціального обладнання і пристосувань. Спеціальні верстати, наприклад, використовувалися при виготовленні колінчастих валів (рис. 5.19), для обробки робочого профілю пера турбінних лопаток та ін.

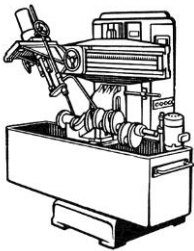


Рис. 5.19. – Верстат для електроерозійної обробки колінчастих валів



Рис. 5.20. – Сучасний електроерозійний верстат з ЧПУ

В деяких випадках спеціалізоване обладнання отримували шляхом модернізації універсального. Вченими Запорізького машинобудівного інституту розроблено багато устаткування для електроконтактної обробки деталей на базі універсальних верстатів. Наприклад, для використання електроконтактної обробки при ремонті корінних та шатунних шийок колінчастих валів розроблені пристрої

для модернізації круглошліфувальних верстатів; для електроконтактної обробки зубчатих коліс шляхом обкатки на базі зубофрезерного верстата розроблена принципово нова конструкція установки та інші пристрої.

Верстатобудівельна промисловість випускає також верстати для сумісної алмазно-абразивної та ультразвукової прошивки отворів, для виготовлення твердосплавних штампів і обробки деталей із особливо твердої сталі (модель 4Б722).

Умови експлуатації верстатів для електрохімічної обробки і особливості технологічного процесу вимагають підвищеної уваги і спостереження в порівнянні із звичайним металорізальним устаткуванням.

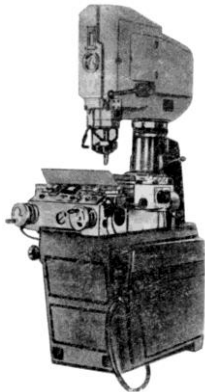


Рис. 5.21 – Верстат 4Б722 для обробки штампів і прес-форм.

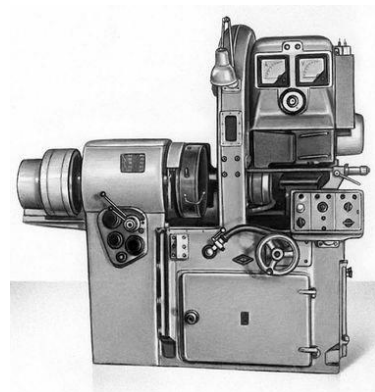


Рис. 5.22 – Дісковий анодно-механічний відрізний верстат 4А821

Сучасне устаткування для обробки металів з високими фізико-механічними характеристиками дозволяє об'єднувати різні методи обробки на одному агрегаті (рис. 5.21 і 5.22).

Контрольні питання

1. Оброблювальне устаткування, його призначення і роль в розвитку машинобудуванні.
2. Металорізальні верстати, їх класифікація.

3. Верстати з ЧПУ, конструктивні особливості і сфера застосування.

4. Принцип агрегування і його використання у верстатобудуванні.

5. Автоматизація оброблювального устаткування і його вплив на підвищення ефективності виробничих процесів.

6. Різальні інструменти призначення і різновиди.

7. Устаткування для немеханічних методів обробки.

ТЕМА 6. МЕТОДИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Одним з найголовніших завдань інженерної творчості є пошук методів формування деталей заданої форми і розмірів, з необхідною якістю робочих поверхонь. Причому, це завдання завжди залишається актуальним у зв'язку з тим, що постійно міняється матеріальна база і постановка технічних завдань.

Поява нових матеріалів, що мають нові фізико-механічні характеристики, часто вимагають нових методів обробки. Пошук нових методів обробки окрім матеріалів стимулюють також конструктивні зміни виробів (деталей) і технічних вимог до них.

Зміни в конструкціях, матеріалах і в технічному оснащенні відбуваються безперервно. Особливо суттєвими вони були за останні півстоліття. Поява нових висококоміцних і жароміцних матеріалів, конструкцій з новими, не відомими раніше, характеристиками, потребували подальшого пошуку нових методів обробки і нових технологій.

6.1. Чинники, що визначають вибір метода обробки деталі

Під обробкою мається на увазі зміна форми, розмірів і якості початкового матеріалу з метою надання йому необхідних для експлуатації характеристик.

Нині у розпорядженні технологів знаходиться велика різноманітність методів обробки. Сучасні методи обробки класифікуються за способами видалення припусків, за видами різальних інструментів, за точністю обробки та ін.

Методи обробки поділяються на три групи:

- механічна обробка,
- електрофізичні та електрохімічні розмірні методи обробки,
- зміцнювальна обробка (без видалення припуску).

Вибір методу обробки деталі виконується з урахуванням таких основних факторів:

- фізико-механічних характеристик матеріалів,
- величина припусків на обробку,
- заданої точності обробки,

- необхідних характеристик поверхневого шару деталі.
- продуктивності та собівартості методу обробки.

Правильний вибір метода обробки повинен забезпечувати задані форми, розміри і якість деталі при мінімальній трудомісткості і собівартості, а також при мінімальних витратах матеріалу. Сучасний девіз інженера – безвідходні технології. Йому повинні відповідати і сучасні методи обробки.

6.2. Механічна обробка матеріалів різанням

Механічна обробка матеріалів різанням має трьохсотрічну історію, але вона і в теперішньому часі є одним з найбільш поширених методів. Механічна обробка різанням здійснюється на макрорівні – видалення шару матеріалу з поверхні заготовки виконується за рахунок його руйнування на певній глибині за допомогою різального інструменту (різців, свердел, фрез, протяжок та ін.).

Режими різання визначаються фізико-механічними характеристиками матеріалу, глибиною різання і величиною заданого припуску.

Залежно від геометричних форм і розмірів деталей механічна обробка виконується точінням, фрезеруванням, свердлінням, простяганням, шліфуванням та іншими методами.

Токарна обробка належить до вискоефективних універсальних методів обробки деталей тіл обертання. Вона виконується за допомогою різців різного типу.

Цей метод обробки, зазнавши багато змін разом з оброблювальним устаткуванням, оснащенням і різальними інструментами до теперішнього часу залишається одним з найбільш поширених і затребуваних методів обробки.

У теорії різання і технології машинобудування токарні методи обробки детально вивчені і розроблені.

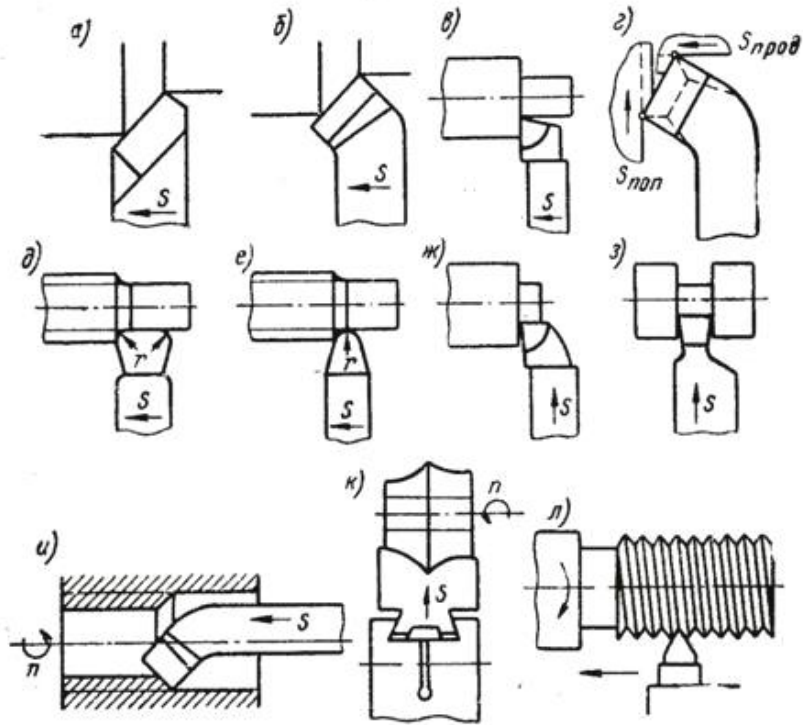


Рис. 6.1 Схеми основних методів токарної обробки

Розрізняють токарну чорнову, напівчистову, точну і тонку токарну обробку залежно від необхідної точності і якості оброблюваних поверхонь.

Останні зміни до токарної обробки внесли верстати з ЧПУ і використання високоміцних алмазних інструментів, які дозволили значно змінити структуру технологічних операцій і підвищити режими різання (див. глави 6 і 12).

Фрезерування – високоефективний метод обробки, що дозволяє обробляти по-різному орієнтовані плоскі поверхні, пази, уступи, канавки, а також фасонні поверхні. Основні типи фрез і види робіт, що виконуються на фрезерних верстатах, приведені на рис. 6.2.

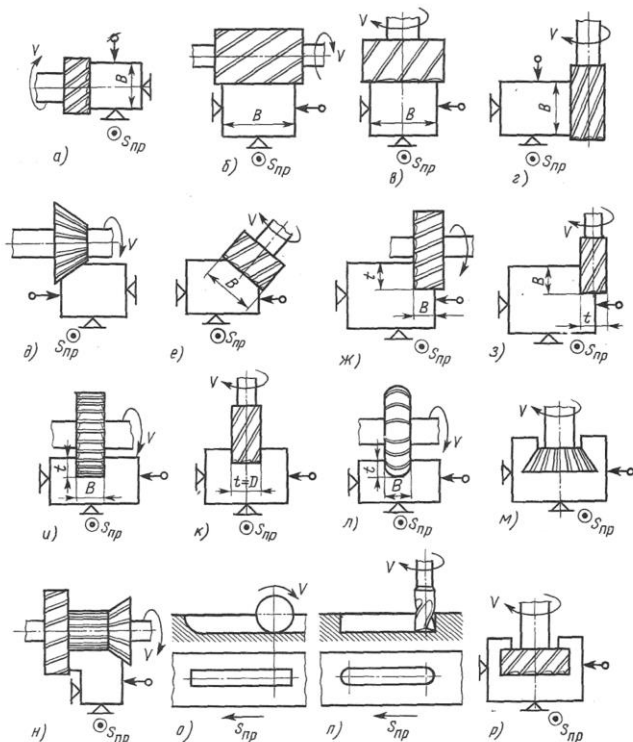


Рис. 6.2 – Фрезерування різних поверхонь та характер рухів інструментів: V – головний рух різання, $S_{пр}$ – подовжня подача інструменту, $S_{в}$ – вертикальна подача

Робочий інструмент – фрези – багатолезовий інструмент, кожен зуб якого, як клин, вривається в оброблювану поверхню.

Обробка отворів лезоподібним інструментом. На відміну від точіння, заготовка при виконанні обробки отворів залишається нерухомою, а обидва рухи (обертання і подача) надаються інструменту.

Обробка отворів на свердлувальних верстатах виконується різними інструментами залежно від необхідної точності і якості оброблюваних поверхонь. Основні інструменти – свердла, зенкери, розгортки, мітчики і плашки.

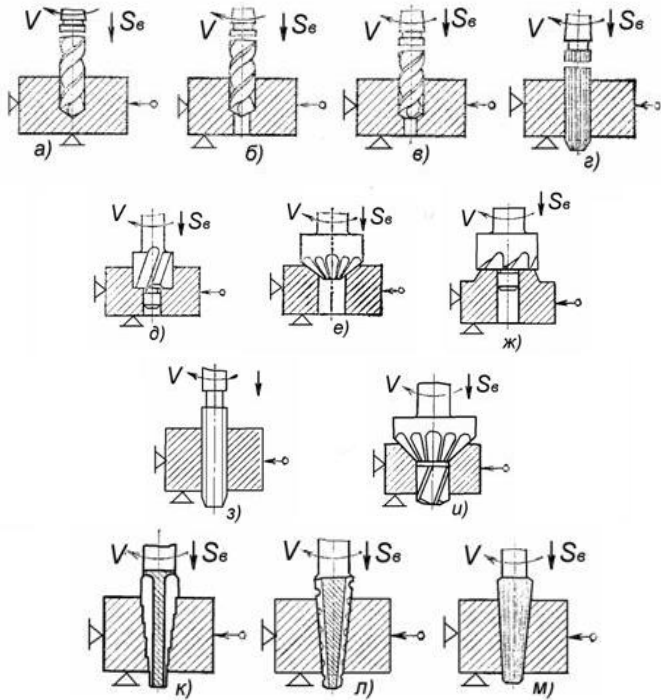


Рис. 6.3 – Інструменти та їхні рухи при обробці отворів на свердлувальних верстатах
 n – частота обертання інструменту; S_v – вертикальна подача

Свердлінням отримують отвори в суцільному металі або для чорнової обробки отворів, отриманих в заготовлях (рис. 6.3. а-в). Обробка грубих отворів обмежується часто одним свердлінням. Для точних отворів свердління – це попередній метод обробки.

Зенкерування застосовують або після свердління, або для обробки литих або прошитих отворів (рис. 7.3-г).

Розгортання отворів застосовується зазвичай як метод остаточної обробки або як метод, передуючий хонінгуванню. Розгортання не виправляє відведення і зміщення осі отвору. Застосовується тільки для отримання точного діаметрального розміру.

Для обробки плоских поверхонь, перпендикулярних осі отвору, використовується цекування (рис. 6.3 д - ж).

Простягання застосовують для обробки отворів і пазів будь-якого перерізу і зовнішніх поверхонь. Застосування простягання дозволяє спростити обробку, оскільки у багатьох випадках одне протягання замінює декілька інструментів. Продуктивність простягання в 8-10 разів вища, ніж при фрезеруванні, проте висока вартість інструменту виправдовує його застосування лише в умовах масового і багатосерійного виробництва.

Простягання використовується для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Короткі протяжки, які не простягаються, а проштовхуються через отвір, називаються прошивками.

Шліфування – це процес різання матеріалу за допомогою абразивного інструменту. При шліфуванні роль численних різців виконують зерна абразивного матеріалу шліфувального круга. Для виготовлення абразивних інструментів використовуються як природні (корунд, алмаз, наждак), так і штучні матеріали (електрокорунд, корунд кремнію і бору, синтетичні алмази та ін.). Типові схеми обробки деталей шліфуванням приведені на рис. 7.4.

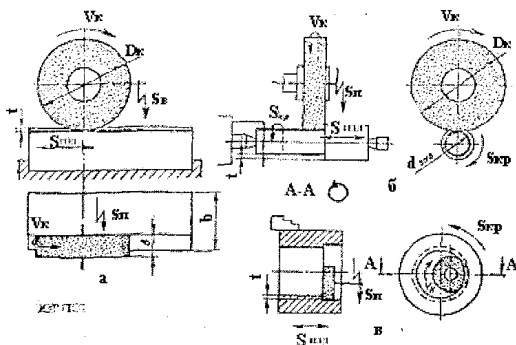


Рис. 6.4 – Типові схеми шліфування

Для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання використовується кругле шліфування (рис. 7.4-б, в), для площин – плоске шліфування (рис. 7.4-а).

Для остаточної обробки високоточних деталей використовуються тонке точіння і фрезерування, хонінгування, суперфінішування, полірування, доведення і інші методи.

6.3. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів

Космічна техніка, електроніка і інші нові напрями в розвитку сучасного машинобудуванні вимагають абсолютно нових інженерних рішень, як в галузі конструювання, так і в реалізації цих рішень.

З'явилася необхідність обробляти надтверді матеріали, характеристики яких близькі або навіть перевищують твердість різальних інструментів (тверді сплави, зносостійкі сплави, рубін, сапфір, алмази та ін.).

Обробка матеріалів, які мають надзвичайно низьку в'язкість (свинець і його сплави), методами різання також ускладнена, а іноді неможлива. Складно обробляти такі матеріали, які під час обробки різанням одержують значне зміцненню (жароміцні, нержавіючі і деякі інші сплави аустенітного класу).

Окрім цього, з'явилася необхідність виконувати обробку таких конструктивних елементів в деталях, які неможливо здійснити традиційними методами (наприклад, виготовлення отворів з криволінійною віссю; отворів не круглого перерізу або дуже малих діаметрів). Не менше технологічних проблем і при обробці заготовок з низькою жорсткістю (наприклад, порожнистих валів діаметром 200-300мм з товщиною стінок 1,5-2мм) і деталей складної форми (типу лопаток гідронасосів).

Залежно від характеру процесів електрофізичні та електрохімічні методи обробки можна поділити на чотири групи:

- електроерозійні методи обробки струмопровідних матеріалів, які включають електроіскрову, електроімпульсну і анодно-механічну обробку;
- електрохімічна обробка, яка побудована на процесі анодного руйнування поверхневого шару заготовки в електроліті;
- ультразвукова обробка, яка базується на імпульсній дії інструменту на заготовку через робоче середовище, що містить абразивний порошок;
- променеві методи обробки – електронно-променева і лазерна.

Особливістю електрофізичних і електрохімічних методів обробки є те, що зміна розмірів і форм деталей відбувається під дією різних енергетичних, фізичних і хімічних чинників *на атомарному*

рівні на відміну від процесу різання, який здійснюється на молекулярному рівні.

6.3.1. Електроерозійні методи обробки

Електричними способами обробки називають такі види обробки, при здійсненні яких видалення слою металу або зміна структури і якості поверхневого шару деталі є наслідком термічного, хімічного або комбінованого процесу від дії електричного струму, який підводиться безпосередньо (гальванічний зв'язок) до деталі і інструменту. При цьому перетворення електричної енергії в інші види енергії відбувається безпосередньо в зоні обробки, утвореної взаємодіючими поверхнями інструменту та оброблюваної деталі.

Електрична обробка включає електроерозійні, електрохімічні, комбіновані електроерозійно-хімічні і електромеханічні способи обробки (рис. 6.5).

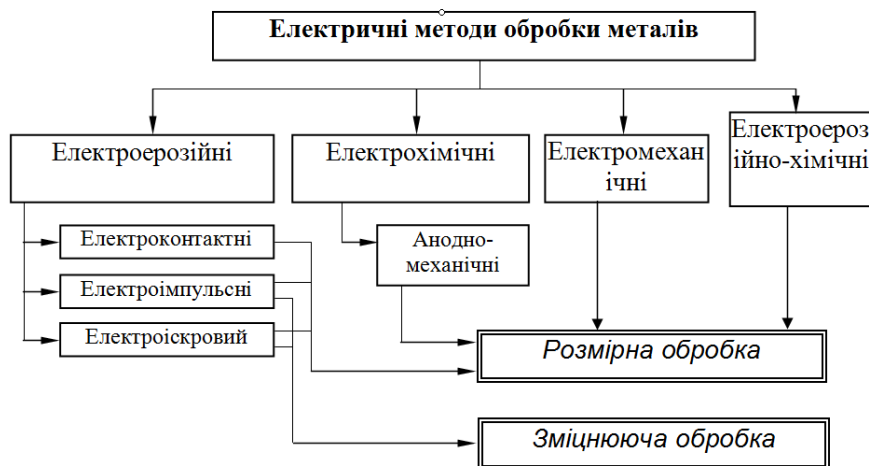


Рис. 6.5 – Класифікація електричних методів обробки металів

Приведені визначення і класифікація дозволяють розглядати електричну обробку металів як самостійну галузь електротехнології.

Швидкий розвиток способів електроерозійної обробки металів і перетворення його в самостійну галузь електротехнології почався

незабаром після винаходу в 1943 р. електроіскрового (Н.І. Лазаренко) та анодно-механічного (В. Н. Гусєв) способів.

При електроерозійній обробці знімання металу та зміна властивостей поверхні деталі є результатом термічної дії електричного струму.

У свою чергу, електроерозійні способи обробки металів за призначенням поділяються на:

а) електроерозійну розмірну обробку металів (знімання металу і надання заготовці заданої форми і розміру);

б) електроерозійне зміцнення або покриття (зміна властивостей поверхневого шару).

Нині відомі і застосовуються наступні методи електроерозійної обробки : електроіскровий, електроімпульсний та електроконтактний.

Електроіскровий метод обробки металів заснований на їх руйнуванні дією імпульсного електричного розряду, що виникає при проходженні електричного струму в зоні обробки. Руйнування і видалення металу відбувається в результаті концентрованого тепловиділення, яке плавить і випаровує метал і супроводжується значною механічною ударною дією, в результаті розкладання рідкого середовища в зоні обробки. Процес здійснюється в рідкому середовищі – гасі, мало в'язкому мінеральному маслі та ін. Рідке середовище повинне мати незначну в'язкість і бути хімічно нейтральним до матеріалу заготовки. Оброблювану заготовку підключають до позитивного, а електрод-інструмент до негативного полюсу генератора імпульсів. На поверхні анода відбуваються глибокі структурні і хімічні перетворення. Ударна хвиля, що утворюється, поширюється від центру вибуху в товщу металу, деформуючи кристали. В результаті обробки утворюється зміцнений поверхневий шар, що підвищує зносостійкість і корозійну стійкість поверхні.

Цей процес дозволяє вести обробку отворів різних перерізів, щілин і прорізів розміром від 0,15-0,3 мм, а також виконувати заточування і зміцнення інструментів, шліфування та ін. Електроіскровим методом можна обробляти усі струмопровідні матеріали будь-якої твердості.

Електроімпульсна обробка металів відрізняється від електроіскрової більшою повільністю і потужністю імпульсного розряду і деякою відмінністю його формування. Збільшення потужності розряду дозволяє підвищити продуктивність процесу.

Електроімпульсний спосіб обробки має кращі техніко-економічні показники і більш широку сферу застосування, в порівнянні з електроіскровою. Цей метод обробки при виконанні прошивочно-копіювальних робіт дозволяє підвищити швидкість знімання металу в 5-10 разів (на жорстких режимах), понизити знос інструменту від 5 до 20 разів і зменшити енергоємність у 2-3 рази.

Електроімпульсний спосіб дозволяє виконувати прошивку отворів будь-якої форми, виготовляти і відновлювати струмки штампів, прес-форм, обробляти деталі із спеціальних важко оброблюваних струмопровідних матеріалів, витягати зламаний інструмент і кріплення з великих корпусних і дрібних деталей. Діаметр прошивних отворів лежить в межах 2 – 20 мм.

Електроконтактна обробка металів є одним з різновидів електроерозійної обробки. Серед електрофізичних і електрохімічних методів електроконтактна обробка має порівняно просте устаткування і технології.

6.3.2. Електрохімічна розмірна обробка

Розвиток технології електрохімічної розмірної обробки проходить у напрямі вдосконалення трьох різновидів цього методу : анодно-гідралічної, анодно-механічної і анодно-абразивної обробки. Загальним для усіх різновидів є однаковий механізм знімання (руйнування, видалення) металу шляхом анодного розчинення. Відрізняються ці процеси способом видалення продуктів анодного розчинення, що утворюються при електролізі.

При анодно-гідралічній обробці продукти анодного розчинення віддаляються потоком електроліту, рухомим між нерухомими електродами – деталлю і інструментом. Для анодно-механічної обробки характерне відносне переміщення електродів, коли електричний електрод-інструмент подібно до скребка видаляє з поверхні деталі анодну плівку. Третій різновид розмірної електрохімічної обробки – відрізняється тим, що продукти електролізу віддаляються за допомогою абразивного інструменту.

Анодно-гідралічна обробка. Нині технологічний процес анодно-гідралічної обробки складається із трьох видів технологічних операцій, що відрізняються між собою метою, умовами і показниками процесів. До них належать формоутворення, прошивка і протягання,

зачистка задирок. Найбільш освоєною операцією анодно-гідралічного формоутворення є обробка профілю турбінних лопаток із жароміцних і титанових сплавів. Нині цей метод обробки практично замінив обробку на копіювально-фрезерних верстатах, що раніше застосовувалася, майже на всіх заводах. Окрім турбінних лопаток, за допомогою електрохімічного формоутворення виготовляються різноманітні деталі, що мають складний профіль. У вітчизняній і зарубіжній практиці цей метод застосовується також для обробки порожнин штампів і прес-форм.

Анодно-механічна обробка металів здійснюється тепловою і хімічною дією електричного струму між електродами, зануреними в рідке робоче середовище. Робоча рідина – це рідке скло, розбавлене водою. Заготовка з'єднується з позитивним полюсом (анод), а інструмент з негативним (катод) (див. рис. 6.6). На робочій поверхні інструменту є пази, що сприяють видаленню продуктів ерозії із зони обробки. Під впливом електричного струму і робочого середовища на поверхні анода утворюється плівка, електричний опір якої значно вище опору робочої рідини. Ця плівка перешкоджає безпосередньому контакту інструменту з оброблюваною заготовкою. При відносному переміщенні інструменту (чи заготовки) під певним тиском він стикається з найбільш високими виступами мікронерівностей заготовки, де і відбувається стирання анодної плівки. Остання стоншується, електричний опір в місцях стирання падає, і увесь струм проходить через ці стоншені ділянки. У місцях проходження струму виділяється тепло, яке оплавляє мікровиступи поверхонь заготовки. Оплавлення відбувається миттєво, що унеможливує загального нагріву заготовки. Після оплавлення на поверхні залишаються лунки, які заповнюються робочою рідиною і там знову утворюється анодна плівка. В цей час інструмент зближується з іншими виступами мікронерівностей, які також оплавляються.

Анодно-механічна обробка використовується як для чорнових операцій зі зняттям значних припусків, так і для остаточних операцій, рис. 6.6.

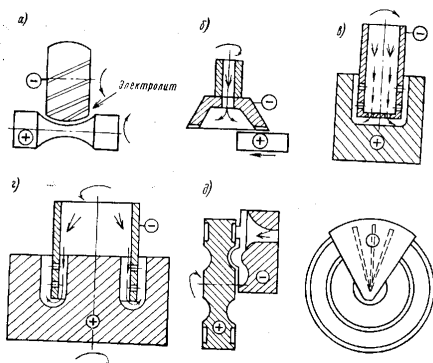


Рис. 6.6 – Схеми анодно-механічної обробки

Анодно-абразивна обробка. Спільна дія електрохімії та абразиву дозволила значно розширити сферу ефективного використання розмірної електрообробки. Особливістю такого процесу є використання абразивного інструменту для видалення плівки анодного розчину з поверхні оброблюваної деталі. Нині цей вид обробки використовується в багатьох технологічних процесах для шліфування, заточки, полірування і галтування деталей та інструментів. Область використання і технологічні показники залежать від характеру абразивного інструменту.

6.3.3. Ультразвукова обробка

Ультразвукова обробка є механічним процесом, в якому різальним елементом є зважені в рідині абразивні зерна, які одержують енергію від джерела коливань ультразвукової частоти. Джерелом може бути один з випромінювачів : магнітострикційний, п'єзоелектричний та ін. Велике поширення мають магнітострикційні вібратори, які створюються на основі магнітострикції таких матеріалів, як нікель, нержавіюча сталь, пермалой та ін. Магнітострикція полягає в зміні розмірів тіл, виконаних з цих матеріалів, під впливом електричного або магнітного поля.

Для ультразвукової обробки використовують абразивні зерна карбиду бору, карбиду кремнію, алюмінієвий порошок та ін. Робочою рідиною може бути вода або масло низької в'язкості.

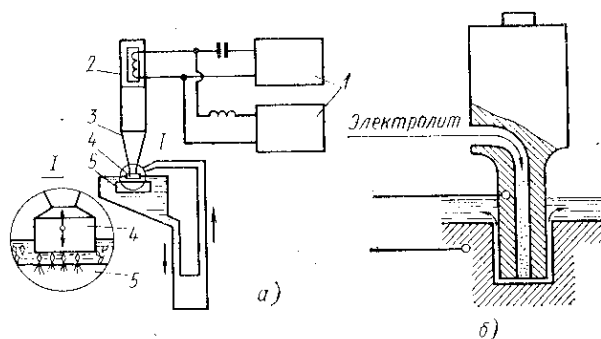


Рис. 6.7 – Принципові схеми ультразвукової обробки
а – безрозмірної, б – розмірної

Обробка вільно спрямованим абразивним зерном застосовується при знятті задирок деталі, притуплюванні гострих кромek, матовій поліровці, очищенні та ін.

Ультразвукова обробка використовується для виготовлення робочих профілів твердосплавного інструменту, фільтрів, матриць і інших деталей. Метод дозволяє виконувати обробку деталей з твердих сплавів, скла, кварцу, титану, фарфору, кераміки, алмазів, каменів, сталей високої твердості.

6.3.4 Променеві методи обробки.

Енергію випромінювання у видимій, ультрафіолетовій і інфрачервоній областях спектру вже багато років використовують в різних технологічних процесах. Наприклад, в сонячних печах для дистиляції і плавлення металів, в інфрачервоних лампах для сушки покриттів, в пальниках з галогенною або дуговою лампою (для обробки скла) і ін.

Більш широке і різноманітне застосування променевої енергії почалося тільки в 1960 році після винаходу першого лазера – джерела випромінювання, що має властивості, які раніше не зустрічалися.

Лазерна обробка. Порівняно недавно лазерне випромінювання, як термін, не існувало взагалі, а тепер на базі цього відкриття створені винаходи, сфера застосування яких надзвичайно широка – від очної

хірургії до термоядерної енергетики. Створення лазера було зумовлене розвитком нового напрямку фізики – квантової електроніки.

Вперше квантовий генератор сантиметрових радіохвиль був створений в 1954 році вченими академіками І. Басовим і А. Прохоровим у Фізичному інституті ім. П. Н. Лебедєва АН СРСР і американським вченим Ч. Таунсом. Міжнародним визнанням великої наукової цінності цього винаходу, який відкрив еру квантової електроніки, було присудження Нобелівської премії цим трьом ученим у 1964 р.

Особливості лазерного випромінювання. На відміну від інших джерел енергії лазер випускає пучок монохроматичного випромінювання виключно в напрямі, визначеному віссю оптичного резонатора. Кут розходження пучка дуже малий, зазвичай в межах декількох мілірадіанів. Вся потужність, що випускається джерелом, може бути доставлена в будь-яку точку простору, введена в оптичну систему, використана для взаємодії з матеріалами. Одночасно це випромінювання, яке характеризується великою просторовою когерентністю, можна досить просто, майже ідеально сфокусувати на майданчику в декілька міліметрів. При цьому поверхнева щільність енергії досягає значень 108-1012 Вт/см², а поверхнева щільність енергії для імпульсно працюючих лазерів 104-108 Дж/см².

Вказані особливості лазера роблять можливим безпосереднє і ефективно його використання для обробки матеріалів : різання, свердління, зварювання, нагрівання, загартовування, плавлення і випару.

Лазерна техніка забезпечує можливість отримання точкових зварних з'єднань різних металів, тонких дротів і напівпровідникових елементів з деякими діелектриками. Лазерне точкове зварювання дозволяє отримувати нові, досі нездійсненні зварні з'єднання деяких металів і напівпровідників. Наприклад, золото, платина або алюміній легко зварюються з кремнієм і германієм. По відношенню до інших металів (цинку, олову, алюмінію, танталу або вольфраму) лазер не забезпечує якісного зварювання.

До позитивних якостей лазерного зварювання також належить безконтактна дія, мала тривалість і мала область дії.

Лазерна техніка в машинобудуванні. В машинобудуванні лазери знайшли широке застосування. Вони використовуються для вирізки деталей складної форми, прецизійного зварювання і пайки малих

деталей, зварювання металів і пластмас, перфорації деталей, маркування виробів і нанесення растрових і векторних зображень на металах, деревині і пластмасах, гравіювання табличок та ін.

Ефективне різання лазером неметалічних матеріалів. Різання лазером пластмас завтовшки до 25 мм при швидкості різки 0,1 м/хв забезпечує для більшості матеріалів різ з паралельними і плоскими стінками, без деформацій і напруги. Різання полягає у випарі пластмаси і на відміну від механічних методів не утворює забруднень у вигляді пилу і дрібних відходів матеріалу.

Інша цікава можливість застосування – швидке вирізування в гумі і деяких інших штучних матеріалах отворів діаметром від 1 до 15 мм. Наприклад, час вирізування CO₂-лазером отворів в гумі завтовшки 2 мм складає від 20 до 200 мс залежно від діаметру отвору.

Пучок CO₂-лазера використовується також для різання труб з кварцу або скла (з попереднім підігріванням або без нього).

Інші області використання лазерів. Лазери знайшли застосування в електронній промисловості і медицині, в інформаційній техніці для передачі сигналів і інформації, а також як нівеліри, далекоміри, лазерні рівні. Зараз лазерне випромінювання використовується також для виготовлення мікросхем, для балансування дрібних деталей механізмів та ін.

З'явилася можливість концентрувати лазерне випромінювання на дуже малих ділянках живої тканини, викликаючи в них оборотні або безповоротні фізико-хімічні перетворення. Таку дію можна одержати навіть на окремих ділянках живої клітини, спостерігаючи при цьому за змінами її життєздатності. Розроблені конструкції обладнання та пристроїв для лазерної терапії, для операційного лікування очей та ін.

Використовується лазер і в науково-практичних цілях. Були розроблені нові методи лазерного зондування різних параметрів атмосфери, які мають істотні переваги в порівнянні з методами радіозондування. Лазерні методи дослідження дозволяють отримувати практично миттєво дані про температуру, щільність і газовий склад атмосфери.

Вивчається можливість використання лазера для управління термоядерним синтезом з виділенням корисної енергії.

Електронно-променева обробка матеріалів. Суть процесу полягає в тому, що електрони, які випромінюються нагрітим катодом,

фокусуються у вузький пучок і спрямують на заготовку, яка служить анодом. Діаметр пучка може бути сфокусований до 0,005 мм, температура в зоні обробки досягає 6000 С⁰, внаслідок чого навіть найбільш тугоплавкі метали плавляться і випаровуються. Метод використовується для отримання отворів, щілин або різання алмазів, рубінів, твердих сплавів.

Електронно-променево зварювання. Найбільш поширеним методом електронно-променевої обробки в сучасній техніці є електронно-променево зварювання, незмінне при необхідності отримання зварних з'єднань у важкодоступних місцях і для одночасного зварювання декількох поверхонь.

Нижче показані конструкції, зварені шляхом одночасного проплавлення чотирьох (рис. 6.9-а) і трьох (рис. 6.9-б) листів.

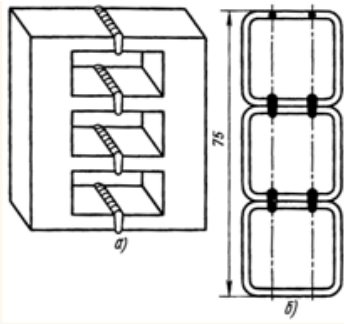


Рис. 6.8 – Конструкції, виконані одночасним зварюванням трьох (а) і чотирьох (б) стиків

Отримання глибокого проплавлення при електронно-променевому зварюванні дає можливість виконувати принципово нові, досконаліші види з'єднань, зварювання яких звичайними методами не можливе. Можливість здійснення таких з'єднань електронним променем дозволяє створювати конструкції, що мають меншу вагу, більшу міцність, при цьому значно спрощується процес виготовлення виробів.

Головна складність використання методу полягає в тому, що обробка здійснюється у вакуумі.

Це утрудняє застосування даного методу в земних умовах, але, можливо, він буде досить ефективним в умовах космосу.

6.4. Методи поверхнево-пластичного деформування

Обов'язковою умовою для застосування цих методів є наявність високої пластичності оброблюваного матеріалу, що дозволяє деформувати матеріал без руйнування. Обробка металів методами

пластичної деформації забезпечує економію металу і підвищує фізико-механічні характеристики деталей.

Розрізняють формотворні та зміцнювально-калібруючі методи пластичної деформації. Для підвищення ефективності і продуктивності механічної обробки матеріалів на робочих поверхнях деталей виробів, устаткування і інструменту створюють міцний зносостійкий шар, що дозволяє збільшити втмону міцність, корозійну стійкість і зносостійкість.

6.4.1 Формотворчі методи поверхнево-пластичної деформації

Формотворчі методи пластичної деформації застосовуються для отримання фасонних поверхонь деталей з невеликим коливанням розмірів в оброблюваній зоні. Наприклад, для одержання шліцьових валів, формування зубчастих вінців коліс, різьб, рифлених поверхонь і тому подібне.

Накатування різьблень. Накатування різьб – високоефективний метод обробки деталей, які мають різьбові поверхні, але його використання виправдане лише в умовах масового виробництва через дорогий інструмент.

Накатування різьб можливе одним із двох технологічних методів: плашками або роликами. При накатуванні різьблення плашками заготовка 1 обертається і переміщується між нерухомою 2 і рухливою 3 плашками, на робочих поверхнях яких нанесений рельєф, відповідний до профілю нарізуваного різьблення, (див. рис. 6.10-а).

Накатування різьб роликами схематично показане на малюнку 6.10-б.

Накатування зубчастих вінців (рис. 6.10-и, г). Зуборізні операції належить до складних і трудомістких механічних операцій, пов'язаних з необхідністю видалення великої кількості матеріалу в стружку при формуванні западин між зубцями.

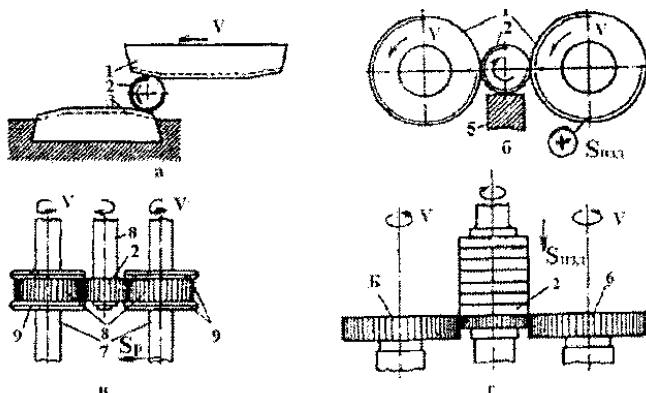


Рис. 6.9 – Схеми формотворчих методів обробки пластичним деформуванням

1, 3 – плашки; 2 – заготовки; 4 – ролики; 5 – ніж; 6, 9 – накатники;
7 – шпинделі; 8 – вал

Використання *накатування зубців і шлиц* має очевидні переваги порівняно з іншими методами обробки. Цю операцію можна віднести до прогресивних безвідходних технологій, оскільки при накатуванні зубців зменшується і витрата металу, і час обробки. Накатування зубців виконується як в холодному (при модулі до 1мм), так і в гарячому стані (для модулів від 1 до 10 мм). При цьому використовується метод обкатки, тобто відтворюється зачеплення пари зубчастих коліс із заданим передавальним відношенням. Для отримання коліс високої точності спочатку виконують гаряче накатування, а після нього – холодне калібрування.

6.4.2. Зміцнювальні методи обробки

Зміцнювальні методи обробки є ефективним технологічним напрямом підвищення ресурсу деталей машин, що працюють в умовах знакозмінних циклічних і повторно-статичних навантажень або стирання.

Зміцнення деталей може здійснюватися різними методами зміни:

1. структури всього об'єму деталі,
2. хімічного складу поверхневого шару,

3. структури поверхневого шару,
4. енергетичного запасу поверхневого шару,
5. створенням зміцненої плівки на робочих поверхнях деталі,
6. зміцненням робочої поверхні деталі методами поверхнево-пластичної деформування,
7. формуванням регулярного мікрорельєфу робочої поверхні.

Об'ємна зміна структури матеріалу здійснюється термообробкою при позитивних температурах (загартуванням, відпусткою, поліпшенням, загартуванням ТВЧ, нормалізацією, термомагнітною обробкою), або криогенною обробкою (загартуванням з обробкою холодом, термоциклюванням).

Методи зміцнення зі зміною хімічного складу поверхневого шару деталі здійснюються:

- Дифузійним насиченням (боруванням, ціануванням, азотуванням, нітроцементациєю та ін.)
- Хімічною і фізико-хімічною дією (хімічною обробкою, іонною імплантацією, електроіскровою обробкою і так далі).

Зміна структури поверхневого шару може бути виконана одним з приведених нижче методів:

- Механічним (зміцненням вібрацією, фрикційним зміцненням, термомеханічною, електромеханічною обробкою, обробкою вибухом, дробоструминним методом).
- Фізико-термічною обробкою (лазерне загартування, плазмове загартування).
- Електрофізичною обробкою (електроерозійною, магнітною, електроконтактною).
- Наплавленням легувальними елементами з допомогою газового полум'я, електричної дуги, лазерного променя, пучка іонів, плазмою та ін.).

Зміцнення зі зміною енергетичного запасу поверхневого шару здійснюються:

- Обробкою в електричному полі.
- Обробкою в магнітному полі (імпульсним магнітним полем, магнітним полем термомагнітною обробкою).

Зміцнені плівки на робочих поверхнях деталі. Для підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей машин широкого використовують створення поверхневих зміцнених плівок.

Зміцнені плівки одержують різними методами:

- електролітичним осадженням (хромуванням, нікелюванням, електрофорезом, никельфосфатуванням, борируванням, борохромируванням, хромофосфатируванням).

- отриманням плівки в результаті хімічної реакції (оксидування, сульфидування, фосфатування, нанесення мастильного матеріалу, осадження з газової фази).

- осадженням з пари (термічний випар тугоплавких з'єднань, катодно-іонне бомбардування, прямий електронно-променевий випар, електронно-хімічний випар).

Створення плівкових покриттів стало можливим в результаті отримання нових матеріалів і технологій (див. розділ 4.2.9).

Методи поверхнево-пластичного зміцнення. Зміцнення поверхневою пластичною деформацією застосовують на фінішних операціях технологічного процесу, замість або після термообробки, а також замість абразивної обробки.

Обробка поверхнево-пластичною деформацією (алмазне випрасовування, дорнування, обкатка та ін.) дозволяють значно підвищити зносостійкість і довговічність деталей, оскільки створюють в поверхневих шарах напругу, що розвантажує деталь при роботі.

Ідея створювати в конструкціях напругу, зворотну по знаку прикладеним робочим навантаженням, належить будівельникам. Вони першими використали цю ідею при отриманні залізобетону – в стрижнях арматури до заливки бетону, створювалася напруга розтягування. У робочому положенні залізобетонні конструкції навантажувалися стискуючими зусиллями, в результаті закладені задалегідь напруга знімалася, і конструкція працювала практично без навантаження.

Робочі поверхні більшості деталей в машинобудуванні в навантаженому стані витримують напругу розтягування. Використовуючи геніальну ідею будівельників, зміцнення деталей машин виконують створенням на робочих поверхнях напруги

стискання, які зменшують вплив розтягування підвищує довговічність поверхні деталі.

Для цієї мети, в основному, використовують обробку поверхневою пластичною деформацією (ППД), яка формує на оброблених поверхнях напругу стискання. Поверхнева деформація призводить до утворення зрушень в зернах, пружного спотворення кристалічної решітки, до зміни форми і розмірів зерен. Інтенсивність зміцнення (наклепу) тим вища, чим м'якша сталь.

Методи поверхневої пластичної деформації підрозділяють на статичні і ударні.

До *статичних методів* належать: алмазне випрасовування (рис. 6.10-а) і обробка роликками (рис. 6.10-б), а також метод одноразового обтискання оброблюваної поверхні (рис. 6.10-в) без переміщення центрів дії.

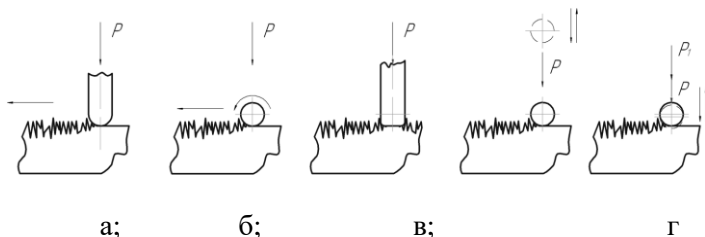


Рис. 6.10 – Методи поверхневої пластичної деформації
а – алмазне випрасовування; б – Обробка роликками; в – одноразове обтискання оброблюваної поверхні; г – ударні методи обробки

При статичних методах обробки інструмент, робочі тіла або середовище впливають на оброблювану поверхню з певною постійною силою P . Відбувається поступове переміщення центрів дії, які послідовно проходять усю оброблювану поверхню. При цьому інерційні сили не чинять істотного впливу на результати ППД.

При статичних методах зміцнення робочими інструментами можуть бути роликки, кульки з примусовою віссю обертання або без неї, гладилки, дорни з кільцями, чекани і та ін.

До *ударних методів* належать:

- динамічна обробка кульками і роликками,
- ротаційна обробка,
- вібраційна обробка,

- струменева обробка кульками.

При ударних методах (рис. 6.10-г) інструмент, робочі тіла або середовище багаторазово впливають на усю оброблювану поверхню або на її частину, при цьому сила дії P в кожному циклі змінюється від нуля (чи від деякого значення P) до максимуму, а у разі локальної ударної дії центр деформації може (як і в статичних методах) послідовно і рівномірно проходити усю оброблювану поверхню.

Для виконання зміцнення ударними методами (вібраційним, ударно-барабанным, дробоструменевим та ін.) як інструменти можуть бути використані дріб, кульки із сталі, скла, пластмаси. Робочим середовищем при ППД можуть бути рідина, газ і їх суспензії з частками абразиву.

Існуючі ударні процеси зміцнення призначені, як правило, для обробки усіх поверхонь деталей. Втомна довговічність деталі лімітується, в основному, фактичним ресурсом ділянок концентрації напруги. Тому складна деталь після зміцнення або по усій поверхні, або по місцях концентрації напруги, має приблизно однаковий ресурс. Застосування способів загальної обробки поверхонь деталей ППД, порівняно з місцевим наклепом, призводить до істотного збільшення матеріальних і трудових витрат.

Алмазне вирівнювання є одним з поширених методів зміцнювальної обробки і полягає в пластичному деформуванні оброблюваної поверхні інструментом-вирівнювачем – алмазним кристалом, закріпленим в оправлянні. Алмаз, маючи високу твердість і високу теплопровідність, забезпечує низький коефіцієнт тертя; високу міру чистоти оброблюваної поверхні.

Алмазне вирівнювання забезпечує зменшення шорсткості поверхні, зміцнення поверхневого шару, підвищення точності розмірів і форм деталей (калібрування).

В результаті пластичної деформації оброблюваної поверхні згладжуються початкові нерівності, і утворюється новий мікрорельєф поверхні зі значно меншою висотою нерівностей профілю $R_{zб}$. Розмір деталі зменшується на величину пластичної деформації пл., рис. 6.11.

Для конструкцій багатьох деталей характерні змінні діаметри внутрішніх і зовнішніх поверхонь, а також радіальні та глухі осеві отвори. Ці елементи є значними концентраторами напруги, яка не зменшується алмазним вирівнюванням поверхонь.

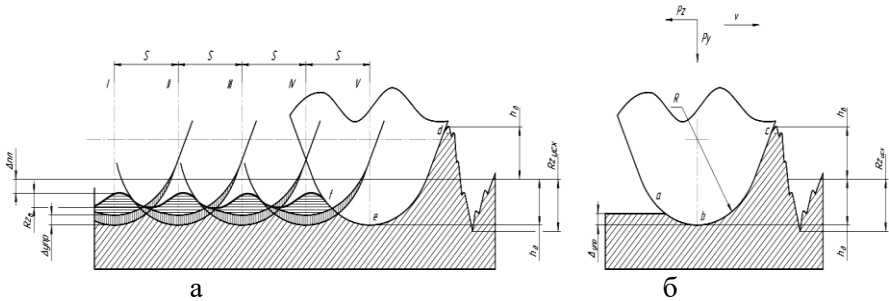


Рис. 6.11 – Схема деформації поверхнього шару при алмазному вирівнюванні

а – деформація у напрямку швидкості; б – деформація у напрямку подачі

В деталях з конструктивними концентраторами напруги та тонкостінних деталях особливо ефективно застосування алмазного вирівнювання в самих зонах концентрації (галтелях, канавках та ін.). Параметри поверхні і границя витривалості деталі, що формуються при вирівнюванні, залежать від режиму вирівнювання: сили, подачі й швидкості переміщення вирівнювача.

Окрім алмазного вирівнювання для зміцнення робочих поверхонь широко застосовується поверхневий наклеп. Цей метод ефективний для деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження і напруги, особливо в місцях тугих посадок і при наявності концентраторів, а також при роботі деталей в корозійних середовищах. Застосування поверхнього наклепу значно підвищує довговічність деталей (в окремих випадках до 10-15 разів для деталей, що працюють при циклічному навантаженні в атмосферних умовах).

Існує декілька способів зміцнення наклепом: механічний і пневматичний наклеп дробом, відцентрово-кульковий наклеп, накочення кулькою або роликком, накочення вібруючим роликком, наклеп механічним карбуванням, розкочування отвору роликком. Ці способи засновані на створенні зміцненого поверхнього шару термічно оброблених сталевих деталей і забезпечують підвищення втомної міцності. В середньому термін служби деталі після обробки наклепом підвищується в 2-4 рази.

Ультразвуковий наклеп – один з нових методів зміцнення деталей пластичною деформацією, застосований в авіаційній техніці.

Ультразвуковий наклеп одержують шляхом коливання інструменту з ультразвуковою частотою і невеликою силою Р.

В результаті застосування цього методу відбувається зміна кінематики ковзання і характеру взаємодії контактних поверхонь, а також підвищується ефективність дії мастила.

Зміцнення карбуванням здійснюється при ударній дії на зміцнювану поверхню спеціального інструменту – чекану. Найбільш успішне застосування карбування для зміцнення швів металоконструкцій і ступінчастих валів. Метод забезпечує рівну міцність галтелей і рівних частин валу. Несуча здатність і довговічність валу при зміцненні карбуванням підвищується приблизно в 1,5 разу.

Успішно застосовуються також такі методи зміцнення як *обкатка і розкочування роликami, зміцнення струменем дробу* та ін. Втомна міцність деталі після зміцнення дробом підвищується на 15-50% залежно від марки матеріалу і режимів зміцнення, а зміни розмірів деталей незначні і обчислюються мікронами.

Основні напрямки розвитку сучасних методів зміцнення:

1. *Кавітаційне вирівнювання* (зміцнення з використанням якості робочого зусилля струменю рідини).
2. *Ультразвукова обробка в магнітному полі.*
3. *Кріогенне зміцнення та ін.*

Методи поверхневого зміцнення дозволяють суттєво підвищувати границі витривалості та довговічності деталей.

6.4.3. Регулярний мікрорельєф поверхні та його формування

Експлуатаційні властивості деталей і машин в цілому значною мірою визначаються характером контакту поверхонь деталей. На відміну від ідеальних, поверхні реальних деталей ніколи не бувають зовсім гладкими і завжди мають нерівності, які залежно від методів і умов обробки поверхні, мають різний характер, розміри і форми, утворюючи хвилястість і мікрорельєф поверхні.

В результаті фактичний контакт деталей відбувається не по всій розмірній поверхні, а на окремих виступах нерівностей, які вже при першому навантаженні пластично деформуються, змінюючи параметри нерівностей і збільшуючи реальну площу контакту.

Дослідження професора Ю.Г. Шнейдера та інших авторів довели, що методами обробки можна формувати регулярний мікрорельєф, який значно збільшує фактичну опорну поверхню деталі і її масло ємкість.

Методами поверхнево-пластичного деформування можна зменшувати період прироблення в 1,5-3 рази, підвищувати зносостійкість до 3-6 разів, знижувати рівень шуму і підвищувати плавність ходу контактних рухомих деталей.

Для досягнення названих ефектів регулярний мікрорельєф має бути створений на поверхні однієї з деталей, що сполучаються.

Відомі наступні сучасні способи отримання регулярного мікрорельєфу на робочих поверхнях деталей машин:

- вібраційне накочування,
- плоско-вершинне хонінгування,
- обробка абразивним струменем,
- накатка.
- модульованими ультразвуковими коливаннями.

Метод поверхнево-пластичного деформування забезпечує можливість формування регулярного мікрорельєфу на поверхнях різної геометричної форми.

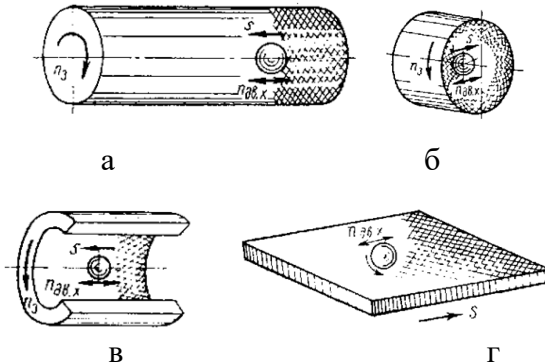


Рис. 6.12 – Різні форми поверхонь деталей з регулярним мікрорельєфом

Усі ці методи досить детально викладені в літературі, продовжують досліджуватися і удосконалюватися.

Контрольні питання

1. Методи обробки, їх призначення і класифікація.
2. Обробка матеріалів різанням.
3. Основні методи механічної обробки, їх особливість.
4. Електрофізичні і електрохімічні методи обробки та сфери їх застосування.
5. Електроерозійні методи обробки, суть процесів.
6. Сфери застосування електроерозійних методів обробки.
7. Променеві методи обробки, їх особливості, сфери застосування.
8. Лазерна обробка в машинобудуванні.
9. Формоутворюючі методи поверхнево-пластичної деформації.
10. Зміцнювальні методи поверхнево-пластичної деформації.
11. Регулярний профіль поверхні, призначення і методи формування.

ТЕМА 7. ОБ'ЄКТИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

7.1. Машини і технічні системи

Машина народилася як об'єкт трудової діяльності людини. Відтоді і до теперішнього часу усі трудові проблеми людини нерозривно пов'язані і вирішуються за допомогою машин.

З моменту появи інженерної професії "*машини*" і "*технології*" завжди були головними об'єктами інженерної діяльності. Кожен з цих напрямів інженерної професії, в останній період зазнав суттєвих змін і тому потребує детального розгляду. Питання, які стосуються розвитку технологій, будуть розглянуті в главі 9, а наступна глава призначена тим змінам, які сталися в конструкціях і проектуванні сучасних машин.

Змінився підхід до машини як до об'єкту інженерної діяльності. Він полягає в тому, що замість окремих технічних пристроїв, механізмів або машин, об'єктом проектування стає система, що визначає взаємини і функції людини і техніки в трудовому процесі – система "*Людина – машина*".

7.1.1. Від механіки до мікроелектроніки

Сьогодні, використовуючи слово "машина", ми часто забуваємо про ті істотні зміни, які сталися в розвитку машин більше ніж за два тисячоліття. Багато конструкцій істотно ускладнилися, набули багатофункціональності, перетворилися на складні системи. Проте ми, як і раніше, називаємо їх машинами, і вони, як і раніше, працюють поряд з людиною.

Яким би не було призначення машини, джерело енергії в її структурі завжди займало головне перше місце. Освоєння кожного нового виду енергії завжди народжувало революційні зміни в машинах, змінюючи їх конструкції і продуктивність. Вплив енергій на розвиток техніки і трудових процесів, починаючи з перших поколінь машин, завжди був визначним. Сьогодні вже можна назвати декілька поколінь машин в залежності від джерел енергії, яку вони використовують.

Перше покоління – машини, що використовували енергію людини і живих організмів. Їх ще не називали "машинами", але їхня структура вже мала три ланки: джерело енергії, виконавчий орган і пристрій для передачі енергії від джерела до виконавчого органа. Функціонування механічних пристроїв забезпечувалося фізичною енергією людини (чи домашніх тварин). Численні приклади, починаючи від плуга до ступального колеса (див. рис. 7.4.), ілюструють цей період в розвитку техніки.

"Ступальними" колесами, які працювали за принципом лебідки, користувалися для підйому вантажів. Рухалися вони за допомогою колеса, яке оберталося при пересуванні людей, що знаходилися в середині колеса. Залежно від того, в якому напрямі вони крокували, відбувся підйом або опускання вантажу

Друге покоління – це машини, що використовують енергію води і вітру на базі водяних і вітрових двигунів, рис. 7.1-7.3.



Рис. 7.1 – Ескіз вітряного млина
Леонардо да Вінчі (1500 р)



Рис. 7.2 – Вітряний млин

Людина, навчившись перетворювати енергію води і вітру в механічну енергію, почала будувати машини-знаряддя праці.

На базі вітряних і водяних двигунів були створені машини для різних трудомістких трудових процесів: водяні млини: лісопилки, водяні свердла для гармат, водяні молоти та ін.

Недоліком машин цього покоління було те, що вони могли працювати тільки безпосередньо біля джерел енергії. Але вони дуже часто були потрібні якраз там, де мало води і немає вітру – в містах, в центрі "мануфактур", на шахтах та ін.. В цих випадках, як і раніше,

застосовувалися пристрої, які використовували біологічну енергію, рис. 7.4.

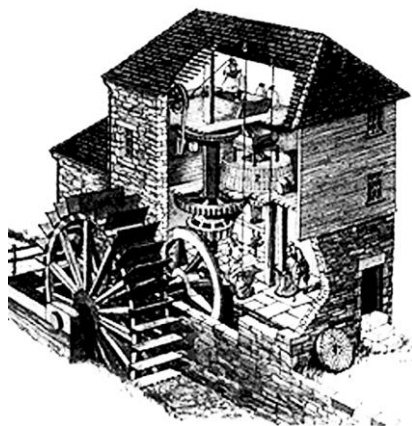


Рис. 7.3. – Водяний млин



Рис. 7.4. – Ступальне колесо в порту, XVIII століття

Об'єктів, де потрібні були машини, ставало все більше. Тому тривав пошук нових можливостей і нових машин, які працювали б в потрібних місцях і не залежали від погоди.

Третє покоління – машини на базі парових двигунів

Застосування парових двигунів дозволило створювати машини, які могли працювати в будь-якому місці, там, де була в них необхідність.

Парові двигуни використовувалися як привід для різних робочих машин в цехах і мануфактурі, в шахтах для відкачування води і ін. Створення складних трансмісій і передавальних механізмів дозволило використовувати парову машину як привід для токарних верстатів, ткацьких і прядильних машин та і інших устаткувань, що використовувались в трудових процесах різного призначення.

Використання парових двигунів в конструкціях транспортних машин стало новим напрямом їх використання. "Ряд інженерів, не виключаючи самого Уатта – цього головного піонера у створенні парових двигунів, – почали проектувати автомобілі, що працюють

силою пари. Думка про паровий автомобіль зародилася набагато раніше за думку про паровоз і залізницю".

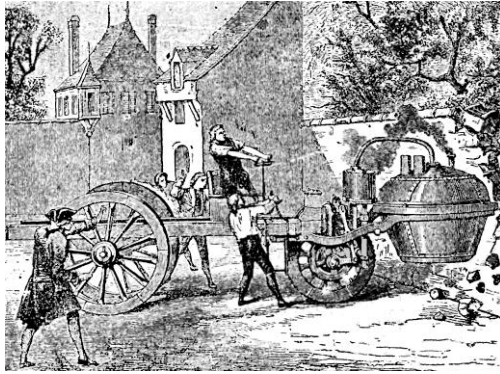


Рис. 7.5 – Випробування першого парового візка Кюньє на вулицях Парижа.

Недоліки перших транспортних пристроїв визначалися і невдалим компоюванням машини, і громіздкістю двигуна, і помилками в механізмах управління. Але вони проклали шляхи для удосконалення перших транспортних машин і усунення цих недоліків. Паровий двигун після багаторазових удосконалень став легшим і компактнішим. Значні зміни сталися і в конструкціях транспортних машин. Так, наприклад, конструкція парового автобуса, рис. 8.6, окрім парового двигуна мала ходову частину, механізми передач, крісла кочегара, машиніста і пасажирів, систем управління і регулювання ходу, корпус, що сполучає усі елементи конструкції та ін.

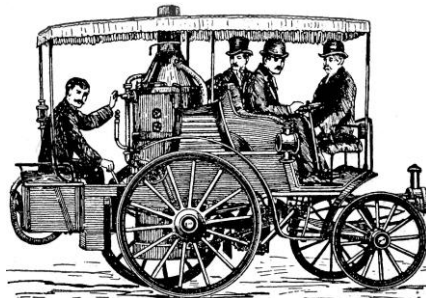


Рис. 7.6 – Французький паровий автобус, 1856 р.

Нові складні конструкції, які об'єднували паровий двигун з механізмами різного функціонального призначення, істотно змінили структуру машин. По-перше, використовуючи пристрої управління, машини мали вже чотири ланки, а по-друге, з'єднання парового двигуна (енергетичної системи) з іншими механічними ланками і системами перетворювало машину на складну енергомеханічну систему.

Структуру машин цього покоління (на прикладі парового автобуса) можна охарактеризувати таким чином:

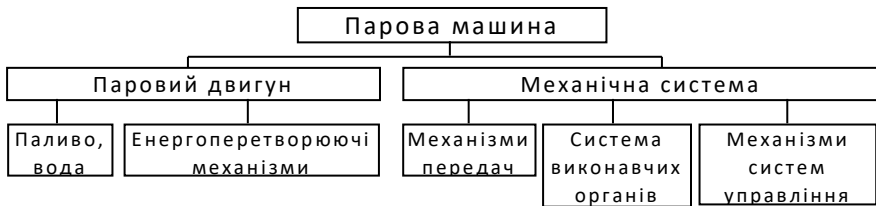


Рис. 7.7 – Структурна схема парової машини

Висновок: машини, які використовували парові двигуни, вже були складними чотирьох ланковими енергомеханічними системами.

Парові машини не могли працювати без участі людини. Вони вимагали мінімум двох виконавців – кочегара і машиніста. Якщо в обов'язки кочегара входило забезпечення процесу безперервного горіння в топці, то машиніст зобов'язаний був забезпечувати програму і режим роботи машини. Кваліфікація машиніста передбачала виконання цілого ряду дій, визначених інструкціями, а, отже, і необхідність спеціальної попередньої підготовки.

Парові машини істотно вплинули на формування системи "Людина – машина", розширюючи і змінюючи їх характер.

XIX століття називають "століттям пари". Ця характеристика стає цілком зрозумілою, якщо врахувати ті нові машини, які з'явилися в цей період.

У 1805 р. почав працювати перший паровоз, що перевозив вугілля; у 1807 р. з'явився перший пароплав. У 1814 р. паровий двигун був вперше застосований до друкарських машин. Німецький винахідник Кенінг використав його як привід до друкарської машини

англійської газети "Таймс". В результаті стало можливим випускати до 1000 екземплярів газети за годину. У 1842 р. на заводах Креза почав працювати паровий молот, а в 1855 р. в Англії почали користуватися паровими плугами.

Минув час, коли хліб прибирали ручним способом: зрізували серпами, зв'язували в снопи, обмолочували ціпами, відділяли зерно від соломи і полови на ручних віялках. Щоб вручну за день зібрати хліб на одному гектарі землі, необхідна була праця тридцяти жінок, а щоб вимолотити зерно з колосів і відокремити його від соломи – ще сорока робітників. Для полегшення цих важких і трудомістких робіт були створені машини: жнивarki, що скошують хліб; молотарки, що обмолочують зерно; сортувальні машини, які очищають повноцінне зерно від домішок і непридатного насіння. А потім жниварку, молотарку і сортувальні машини об'єднали в одну машину, поставили її на колеса – і з'явився зернозбиральний комбайн. Першу таку машину в 1868 році розробив російський винахідник А.Р. Власенко. Спочатку такі машини працювали на паровій енергії, пізніше – їх почав возити за собою трактор, поки вони не стали самохідними.

Парові машини внесли істотні зміни до розвитку цивілізації. Поява парових автобусів і створення залізничного транспорту, стимулювало розвиток міст і зв'язків між ними, сприяли розширенню торгівлі, визначило необхідність поліпшення доріг та ін.

Назви машин, сконструйованих на базі парового двигуна: паровий автобус, пароплав, паровий прес та ін. як і раніше визначали вид енергії і призначення машини. Ця тенденція збереглася в назвах машин і наступних поколінь.

Четверте покоління – машини з приводом від реактивних двигунів.

До машин цього покоління належать дизелі, транспортні і робочі машини, які використовують привід з двигунами внутрішнього згорання.

Поява поршневих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) дозволила значно вдосконалити машини цього покоління. Як перше джерело енергії в цих двигунах використовувалася нафта (для дизелів) і продукти її переробки – бензин і гас (для двигунів автомобілів і літаків). Конструкція двигунів внутрішнього згорання дозволяла забезпечувати автоматичний процес подачі палива і його спалювання

(зникла професія кочегара). Водій міг один виконати запуск двигуна і забезпечувати управління машиною.

Удосконалення машин цього покоління було спрямоване передусім на підвищення коефіцієнта їх корисної дії (ККД). Сама краща парова машина має ККД – 18%, дизель – 25%, бензиновий мотор – 40%.

ДВЗ, що працюють на бензині, знайшли широке застосування при створенні автомобілів і інших транспортних засобів, дозволили розширити їх виробництво і використання.

Цікава в цьому відношенні історія народження автомобіля "Форд-Т". Генрі Форд уперше побачив машину під назвою "Мовчазний Отто" у віці дванадцяти років. Так називали машину, яка приводилася в дію паровим двигуном, спричиняла неймовірно багато шуму і працювала на сусідньому фермерському полі.

Генрі у думці відразу ж оснастив "Мовчазного Отто" колесами і кермом: "Якщо над нею трохи поворожити, вона візьме та й поїде". Ця ідея стала провідною для Генрі на все життя.

Свою першу машину з паровим двигуном Форд охрестив "квадроциклом". Коли Генрі їздив на цій штуковині по Детройту, коні від нього шарахали, а перехожі обступали незвичайний віз, який не лише сам їхав, але ще і торохтів на усю округу [106].

Після багаторазових удосконалень "квадроцикла", у 1908 році Генрі створив машину усіх часів і народів – "Форд-Т". Вона була легкою, компактною, дешевою і простою, рис. 8.8.

З конвеєра його заводу зійшло більше 15 млн. "Фордів" моделі "Т". Ця машина стала одним з національних символів Америки.



Рис. 7.8 – Перша машина Форда і його автомобіль

Диво, яке так гуркотіло, – "Мовчазний Отто" – став "батьком" цілого покоління автомобілів Форда. Під завісу минулого століття, в 1999 році, авторитетне міжнародне журі офіційно присвоїло автомобілю "Форд-Т" титул "Автомобіля ХХ віку".

Двигуни внутрішнього згорання дозволили людству здійснити і заповітну мрію – польоти в повітряному просторі.

Перші літальні апарати: в Греції (Архип Тарентський – 400 г. н. е. – механічний птах), в Китаї (559 рік – політ людини на повітряному змієві), планери Омейядів в Іспанії, Леонардо да Вінчі (креслення планера створив в ХХ столітті).

Першим літаком, який зміг самостійно відірватися від землі і зробити керований горизонтальний політ, став "Флайер-1", побудований братами Райт в США. Перший політ літака в історії був здійснений 17 грудня 1903 року. "Флайер", забезпечений двигуном внутрішнього згорання, що працював на гасі, протримався в повітрі 59 секунд і пролетів 260 метрів. Дітище братів Райт було офіційно визнане першим у світі апаратом, який, будучи важчим за повітря, зробив пілотований політ з використанням двигуна. Перші значні успіхи в розвитку авіації відносяться вже до початку ХХ століття.

Двигуни внутрішнього згорання – одна з гілок реактивних повітряних двигунів – були новою сходинкою в розвитку машинобудування. ДВЗ знайшли дуже широке застосування в усіх господарських галузях, у тому числі при створенні робочих інструментів і ін. Бензопили і до теперішнього часу успішно використовуються у видалених районах при лісорозробках і в сільському господарстві.

Масове виробництво транспортних, сільськогосподарських і інших машин стимулювало розвиток машинобудування, і, в першу чергу, оброблювальної техніки. У машинобудуванні з'явилися нові галузі: двигунобудування, автомобілебудування, авіабудування, сільськогосподарське машинобудування та ін.

Створення спеціальних і спеціалізованих заводів вимагало величезної армії виконавців – робітників і інженерів. Формувалися абсолютно нові виробничі стосунки і на заводах, і при експлуатації нової техніки – нові системи, що визначають взаємний вплив людини і машини.

П'яте покоління – електричні машини і машини з електроприводом.

Машини цього покоління базуються на чудовому винаході ХІХ століття – "динамомашині" (1867 р.). Поява динамомашини, а пізніше винахід методів дистанційної передачі енергії визначили появу електротехніки (див. 4.2), а разом з нею принципово нового покоління машин.

Винахід Вернером Сименсом електричного струму, можливість його отримання з первинних енергетичних джерел і транспортування на будь-які відстані, створення широких мереж ліній електропередач (ЛЭП) знаменували фактично чергову революцію не лише в машинобудуванні, але і в розвитку всієї цивілізації.

Відтоді і до теперішнього часу електрика є самим поширеним і найбільш використовуваним видом енергії в усьому світі. Величезна енергетична потреба, як відомо, невинно зростає і примушує постійно розширювати і удосконалювати енергетику.

Вже перші електричні станції, які були створені для отримання електричної енергії, вимагали розвитку енергетичного машинобудування.

Для потреб самої електротехніки було потрібно ціле сімейство різних енергетичних пристроїв, машин і систем: турбін, генераторів, трансформаторів, комплектно-розподільчих пристроїв та ін. (див. рис. 7.9).

Електричні машини окрім механічних деталей містять також необхідні електротехнічні елементи (сердечники, магнітопроводи і тому подібне). Конструкції і технологічні процеси виготовлення електричних машин мають ряд істотних і принципових відмінностей в порівнянні з механічними вузлами і пристроями, тому їх виробництво було виділене в самостійну галузь – електромашинобудування.

Революційна сутність електротехніки полягає в тому, що вона дозволила відокремити первинні джерела енергії і початкові стадії їх перетворення від машин, які використовують в своїх двигунах електричний струм – уже перероблену (зручну) енергію.

Високі енергетичні показники електричних машин, зручність підведення і відведення енергії, екологічна чистота електромеханічних процесів, можливість виготовлення машин широкого діапазону одиничної потужності, простота і зручність обслуговування і управління – основні причини широкого застосування електричних машин в усіх областях життєдіяльності людини.

Змінилися і конструкції машин, енергозабезпечення яких здійснюється електричною енергією. Їх обов'язковим елементом стає електричний двигун, який, споживаючи змінний електричний струм, перетворює його в той вид енергії, який потрібний для робочої машини (див. розділи 4.1 і 4.2).

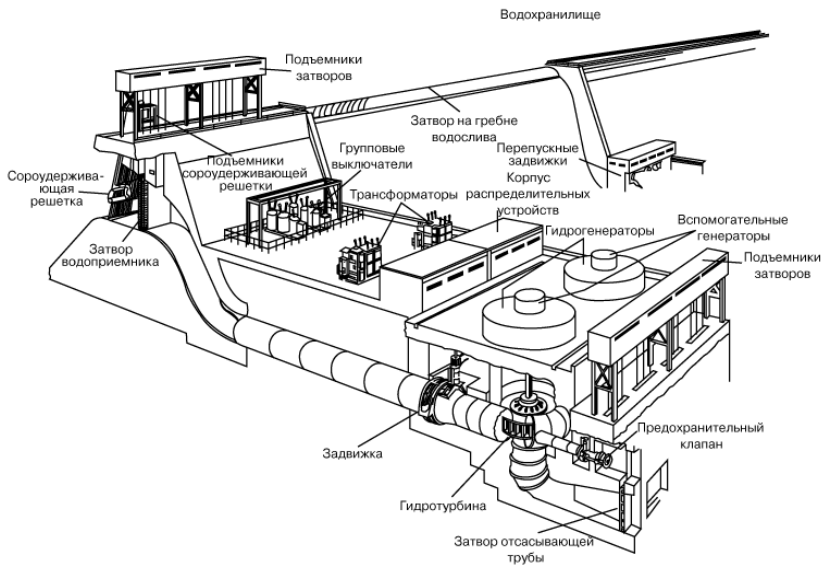


Рис. 7.9 – Енергетичні машини і системи гідроелектростанції

Електричний двигун відрізняється від двигунів попередніх поколінь тим, що він не містить первинного або вторинного джерела енергії, а використовує вже перетворений вид енергії – електричний струм. Тому конструкція електричного двигуна значно простіша: в ній відбувається тільки одноразове перетворення електричної енергії (для більшості машин сучасного покоління – в механічну енергію).

Аналіз структури дозволяє характеризувати машини п'ятого покоління як *електротехнічні системи*, що об'єднали в конструкціях електричні і механічні елементи.

Величезне значення мало використання електричних двигунів в конструкціях металообробних верстатів, забезпечивши енергетичні можливості для швидкого зростання і розвитку технічної бази індустрії і всіх галузей машинобудування.

На цьому етапі розвитку техніки з'явилися і перші елементи автоматизації устаткування на базі пневматичних приводів – були розроблені і впроваджені у виробництво жорсткі автоматичні лінії, які визначили ефективний розвиток масового виробництва машин широкого вживання.

Наявність зручного електроприводу дозволила створювати складніші конструкції машин. До машин цього періоду належить поява перших багатофункціональних систем, таких, наприклад, як комбайни різного призначення (в сільському господарстві, в побуті) та ін.

Електрика, як основа енергозабезпечення машин цього покоління, за існуючою традицією збереглась у назвах багатьох машин і приладів: електровоз, електромобіль, електрокара та ін.

Шосте покоління – машини-автомати.

Характерною рисою машин шостого покоління є використання *електроніки*, що дозволило широко розвинути і застосувати автоматизацію машин і процесів в самих різних галузях.

Машини попередніх поколінь дозволяли зменшувати або навіть виключати фізичні навантаження людини в трудових процесах, реалізуючи гасло: "Важку працю на плечі машин!". Але вони не могли працювати без безпосередньої участі людини.

Основна особливість техніки шостого покоління полягає в тому, що вона на відміну від машин попередніх поколінь передає їм деякі функції розумової діяльності людини.

Вперше функції розумової діяльності за допомогою технічних пристроїв були реалізовані в машинах.

Машинам були передані функції автоматичного виконання програм, контролю, управління та ін. В структурі машин сталися істотні зміни: з'явилися нові ланки – програмноносії і автоматичні системи контролю, управління, зворотного зв'язку. Це стало можливим завдяки застосуванню електроніки. Електроніка дозволила автоматизувати багато процесів управління, принципово змінивши функціонування машин і умови їх експлуатації.

Сталися серйозні зміни і в конструкціях машин. При виготовленні цих машин використані нові матеріали і технології, що привело до реорганізації багатьох виробництв. Головна відмінність – це ускладнення машин-автоматів. В систему енергозабезпечення окрім електродвигунів увійшли нові електроприводи, мехатронні модулі руху, блоки живлення електронних пристроїв. Технічні системи залежно від конструкції можуть мати не тільки механічні пристрої, але й елементи електроніки, рис. 7.10.



Рис. 7.10 – Системи і об'єкти сучасної машини-автомата

Процеси розробки програм, проектування нової техніки і інші творчі операції, як і раніше, належать людині.

Враховуючи ті зміни, які сталися в конструкціях машин за останні півстоліття, виправдано внести деякі уточнення і у сучасне визначення терміну "машина":

МАШИНА – це цілеспрямована комплексна електрична і електронно-технічна система для полегшення умов праці, підвищення її якості і продуктивності. Основне призначення машини – заміна різноманітних функцій людини в трудових процесах.

Сфери використання і діапазон конструкцій машин шостого покоління дуже широкий. Приклади сучасних розробок і ілюстрації до них винесені в розділ 8.4.

Сьоме покоління – устаткування і машини на базі мікроелектроніки і нанотехнологій.

Це принципово нове покоління, новий ступінь розвитку техніки, що базується на енергіях дуже малих часток – молекул і атомів.

Усе почалося в 1959 році, коли всесвітньо відомий американський фізик Ричард Фейман прочитав у Каліфорнійському технологічному інституті лекцію під назвою "Внизу повним-повнісінько місця". Внизу – в сенсі, на рівні атомів і молекул. Тоді усі прогнози Феймана здавалися просто науковою фантастикою. Але ось у 80-х роках минулого століття були створені сканувальні мікроскопи,

які дозволили розрізняти окремі атоми. Зараз в руках вчених знаходяться потужні технологічні інструменти (синхротронне випромінювання, різні види спектроскопії та ін.), які дозволяють цими атомами маніпулювати.

Мінімальні розміри об'єктів, з якими здатна маніпулювати сучасна технологія, визначаються нанометрами. Відстані менше 100 нм – рубіж дійсно фатальний для будь-яких механізмів. Тоді помітно "слабнуть" закони класичної механіки, і все більше дають себе знати міжатомні сили, теплові коливання, квантові ефекти. Різко утруднюється локалізація елементів пристроїв, втрачає сенс поняття траєкторій їхнього руху. Коротше, в подібних умовах взагалі не можна говорити про "механізми", що складаються з "деталей".

Використання мікроелектроніки – це нова революція в розвитку машинобудування, яка змінює навіть його основні тенденції.

Якщо раніше при вдосконаленні техніки спостерігалось прагнення до гігантизму, створення найбільших, найпотужніших, самих швидких і інших "самих, самих" конструкцій, та поява мікроелектроніки визначила діаметрально протилежний напрям в техніці – створення малих конструкцій самих різних призначень.

Технічні об'єкти на базі мікроелектроніки стали багатофункціональними, об'єднавши функції різних устаткувань. Радіо в годиннику, фотокамера в телефоні, відео дзвінки – все це вже стало реальністю завдяки *багатофункціональним гаджетам*.

Мікромеханіка вимагає повного технологічного переозброєння. Розміри мікромеханічних пристроїв такі, що для їх створення недостатньо малих і дуже малих пристроїв.

Мікромеханіці повезло. Адже відпрацьована технологія складних електронних мікросхем лежить в тому ж діапазоні масштабів. І точно так, як на одній пластинці кремнію отримують багато сотень готових інтегральних схем, виявилось можливим робити разом декілька сотень механічних деталей. Кремній, який використовується в електроніці, став основним матеріалом і для мікро механізмів. Тим більше, що тут відкрилася чудова можливість створювати і ті, і інші структури в комплексі, в єдиному технологічному процесі. Свій внесок у розвиток мікро механізмів почали вносити і нанотехнології.

Нижче наведені приклади пристроїв сьомого покоління.

Японська корпорація "Тошиба" створила електромагнітний

двигун діаметром 0,8 міліметра і вагою 4 міліграми. Потужність його, зрозуміло, невелика, але достатня для мініатюрних роботів, розробкою яких зараз наполегливо займаються провідні компанії країни під загальним керівництвом міністерства економіки і промисловості.

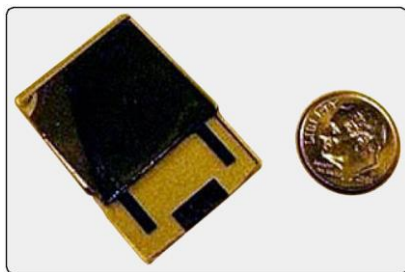
Окрім "Тошиби" головну скрипку в цій програмі грають ще і корпорації "Міцубісі електрик" і "Хітачі". Довжина роботів, що розробляються ними – від сантиметра до декількох міліметрів. Якщо людина проковтне капсулу з таким пристроєм, то після розчинення її оболонки апарат, підкоряючись радіосигналам і вкладений в ньому програмі, почне самостійний рух по кровоносних судинах, шлунково-кишковому тракту та інших шляхах.

У травні 2009 року американський безпілотний робот "Нерей" би занурений на глибину 10902 метри для дослідження Маріанської западини в Тихому океані.

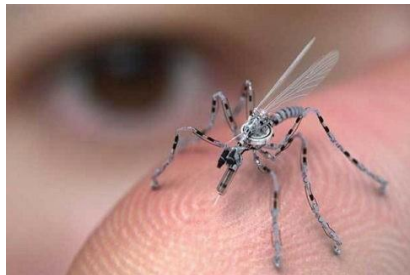
Конструкція робота принципово нова. Раніше сигнали для управління батискафом йшли від судна по кабелю. Для живлення "Нерея" використано 4 тисячі літєвих батарей, а сигнали управління подаються *по оптоелектронному кабелю завтовшки з людський волос*. Сорок кілометрів такого кабелю заховано в самому глибоководному апараті. Вони займають всього пару котушок розміром з кавову банку і розмотуються в міру необхідності. По цьому ж кабелю в реальному часі вгору передається відео.

Наступає нова ера – ера бетавольтаксів чи малесеньких ядерних батарей, які одержують енергію від радіоактивних джерел, таких, наприклад, як трітій. Компанія Widetronix (США) розробила нову ядерну батарею (рис. 7.11-а), яка може працювати до 25 років і забезпечувати енергією мініатюрні пристрої в усіх галузях, починаючи від військової техніки и закінчуючи смартфонами.

В 40 країнах світу вже є безпілотні літальні апарати (БПЛА). В основному вони використовуються для розвідки. Останнім часом все більша увага звертається на розвиток бойових міні-роботів – починаючи від розмірів дитячої іграшки і закінчуючи всілякими бойовими "мушками" і "комарами", рис. 7.11-б. Захищатися від таких мініатюрних бойових "крихіток" практично неможливо: вони здатні проникнути і дуло гармати, і в будь-яку щілину найнадійнішого укриття.



а



б

Рис. 7.11 – Приклади нових конструкції сьомого покоління
а – ядерна батареяка; б – бойовий робот-комар (США)

Роботи по створенню пристроїв з використанням нанотехнологій і мікроелектроніки знаходяться в початковій стадії, але вже можна стверджувати, що *техніка і технології майбутнього будуть суттєво відрізнятися від існуючих сьогодні*.

Ця техніка вимагатиме абсолютно іншого устаткування, інших інженерних кадрів з вищим рівнем і теоретичної, і практичної підготовки. Вже зараз в передових, технічно розвинених країнах одночасно з планами розвитку техніки, починають прогнозувати зміну соціальних, культурних, трудових і інших структур. Так, наприклад, уряд Великобританії опублікував доповідь, присвячену професіям, які стануть актуальними і затребуваними в найближчі десятиліття. Названо двадцять нових професій, до яких необхідно готуватися майбутнім учасникам ринку праці. Серед цих професій перше місце посіли виробники штучних частин тіла, друге – нано-медики, третє – фермери, що будуть спеціалізуватися на виробництві генетично модифікованих сільськогосподарських культур і тварин. За даними газети Daily Telegraph в список професій майбутнього включені віртуальні вчителі, космічні екскурсоводи і фахівці по збільшенню об'єму людської пам'яті. За оцінкою британського міністра науки і інновацій Пола Дрейсона, усі ці професії не належать до області наукової фантастики, а сьогоднішнім школярам вже доведеться будувати літаючі автомобілі і боротися зі змінами клімату.

7.1.2. Еволюція техніки у свідомості людей

Еволюція техніки завжди мала вплив не лише на економічні і соціальні умови життя людей, але, формуючи нові професії і виробничі стосунки, вона формувала культуру, свідомість людей, їхню лінгвістику. З'являлися нові терміни і визначення, характерні для різних періодів розвитку техніки і соціуму. Ці терміни формувалися відповідно до рівня сприйняття технічних об'єктів і розуміння нових процесів.

Сьогодні аналіз інформації старих словників і енциклопедій дозволяє прослідкувати, як відбивалися різні події і розвиток техніки у свідомості людей. Нижче приведені визначення терміну "машина" для різних історичних періодів.

2000 років тому ще не було терміну машина. Але поява технічних пристроїв вже диктувалася найгострішими потребами людини. У ту епоху Римський інженер-будівельник Вітрувій, у своєму творі "Про архітектуру" визначав машину як *"дерев'яне пристосування, що робить найбільші послуги при підйомі вантажів"*. Усі машини того часу було дерев'яні. Дерев'яні "портові машини" не втратили свого значення аж до XVIII століття (див. рис. 8.4). Але будівельник Вітрувій не розгледів і не оцінив значення дерев'яного водяного колеса, яке з'явилося в його епоху і сприяло появі першої в світі енергетичної машини, що працювала на енергії водяного потоку.

Вперше термін "машина" з'явився одночасно з верстатами Нартова, коли формувалися перші механічні системи з ручним приводом. Технічному рівню цих верстатів відповідало і визначення машини:

Машина або машина (грець.) – у механіці: *всьяке штучне знаряддя, просте або складне, тобто складене механічно з меншого або більшого числа частин, таке, що служить до швидкого і якнайлегшого твору руху тіл.*(Новый словотолкователь, Н.М. Яновский, СПб, 1804 г.)

У XIX столітті, столітті парових машин, у визначенні машини вже знайшло віддзеркалення їх енергетичне забезпечення і була оцінена ефективність при виконанні робіт:

Машина (франц. *machine*), *взагалі всякий прилад, за допомогою якого сила долає інші сили або опори, до нього прикладені; в той же*

час має метою виграти або в часі, необхідному на виконання дії, або в силі. Найбільш споживаною для машини силою є пара; але є і інші двигуни – вода, вітер та ін., а також живі сили (коні, людина і ін.). (Русский энциклопедический словарь, издаваемый проф. И.Н. Березиным, СПб, 1874 г.)

До кінця ХІХ століття з'явилося ще одне визначення цього терміну, яке підкреслювало необхідність перетворення "природних сил" для "певних" рухів:

Машина. Слово "машина" всякому зрозуміле, але точне визначення поняття, що означається цим словом, встановлене тільки протягом останнього століття. Машина є *з'єднання, здатних до опору тіл*, влаштоване так, *щоб діючи на нього природні сили виробляли певні рухи.* (Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона, СТБ, 1886 г.).

Століттям пізніше словники знову повернулися до визначення терміну машина і внесли дуже важливе уточнення, визначивши, що основне призначення машини *заміна виробничих функцій людини в трудовому процесі.* Але вони не врахували тих змін, які сталися в енергетиці і техніці.

Машина (франц. *machine*, від лат. *machina*), *механічний пристрій, що виконує рухи для перетворення енергії, матеріалів або інформації.* Основне призначення машини – часткова або повна заміна виробничих функцій людини з метою полегшення праці і підвищення його продуктивності. (Политехнический словарь, 2-е узд., М., "Советская энциклопедия", 1980г.).

І, нарешті, визначення, зроблені на початку ХХІ століття, :

Машина (франц. *machine*, від латів. . *machina*) – *пристрій, що виконує механічні рухи для перетворення енергії, матеріалів або інформації.* Розрізняють М. енергетичні, робочі і інформаційні. (Новый политехнический словарь /Под. ред. акад. А.Ю. Ишлинского – М.:БРЭ, 2000 г.)

На жаль, останні два визначення не повністю враховують особливості сучасних машин. Ці визначення характеризують не машину, а лише її технічну систему.

По-перше, багато сучасних конструкцій машин давно вже не є тільки механічними механізмами. Окрім механічних елементів, вони включають ще електричні і електронні системи. Механічні елементи в багатьох конструкціях складають лише частину їх пристрою.

Так, наприклад, в обчислювальній техніці і комп'ютерах механічні пристрої використовуються лише в клавіатурі і в системі вентиляції. Основні робочі елементи цих машин – електричні і електронні.

По-друге, жоден механічний пристрій не може передавати або перетворювати енергію без енергетичного забезпечення, тим більше, перетворювати інформацію.

Окрім того сучасні машини – це багатофункціональні електричні і електронно-технічні системи – що в останніх визначеннях терміну не відбите.

Враховуючи все сказане, до визначення терміну "машина" виправдано внести уточнення, обґрунтоване в розділі 8.1:

"МАШИНА – це цілеспрямована комплексна електрична та електронно технічна система для полегшення умов праці, підвищення її якості і продуктивності. Основне призначення машини – заміна різноманітних функцій людини в трудових процесах".

Суттєві зміни, які відбуваються в машинах сьомого покоління, дозволяють вважати, що ці конструкції найближчим часом теж потребуватимуть нового визначення своїх характеристик.

7.1.3 Системний підхід до оцінки об'єктів інженерної діяльності

Відповідно до класичного визначення машину тривалий час розглядали як пристрій, до складу якого входить три ланки: *джерело енергії, передачі і виконавчий орган*. За час еволюції машин кожна з цих ланок, та і структура машини в цілому, зазнали серйозних змін. Сучасні машини відрізняються складністю і багатофункціональністю, які вже не забезпечуються окремими механізмами, а вимагають складніших конструкцій, що об'єднують різні системи певного функціонального призначення.

"Система (від грець. systema – ціле, складене з частин з'єднання) в техніці – сукупність взаємозв'язаних технічних об'єктів (приладів, машин, механізмів) сигналів, процесів, елементів і тому подібне, об'єднаних єдиною метою і загальним алгоритмом функціонування".

Розрізняють системи однофункціональні і багатофункціональні (комплексні). Кожна функція повинна забезпечуватися своєю

системою. Тому до складу багатофункціональної системи повинна входити така кількість простих систем, яка дорівнює числу функцій машини.

Системи, що входять до складу сучасних машин, підрозділяються на енергетичні, технічні і електронні.

Енергетичні системи призначені для забезпечення машин тим видом енергії, який необхідний для їхньої роботи. Складовими елементами енергетичних систем є джерела енергії і пристрої для їх перетворення.

Технічна система це сукупність механічних і електричних пристроїв, кожен з яких призначений для виконання однієї певної робочої функції чи управління машиною.

Електронні системи – це сукупність електронних пристроїв, що моделюють деякі розумові функції людини та забезпечують автоматизацію машин і трудових процесів.

Сучасні машини, в конструкції яких входять перераховані вище системи – це комплексні системи вищих порядків, які визначають нову системотехнічну діяльність інженера (див. гл. 9).

7.1.4. Філософія техніки

Техніка, як дволикий Янус, має два обличчя – творення і руйнування. Тому при появі нового частенько руйнується старе, а процеси руйнування завжди болючі.

Люди давно вже були заклопотані тим, які соціальні проблеми несе з собою нова техніка. В історії техніки багато прикладів, коли нововведення народжували протиріччя, для вирішення яких було необхідно втручання судових структур та органів власті.

Наприклад, в акті Кельнської міської ради (1412 р.) було записано наступне: "До нас з'явився Вальтер Кезінгер, що пропонував побудувати колесо для прядіння і кручення шовку. Але, порадившись і подумавши, рада знайшла, що багато хто в нашому місті, хто годується цим ремеслом, загинуть тоді. Тому було постановлено, що не потрібно будувати і ставити колесо ні тепер, ні будь-коли ще".

Ще один приклад. Автобусний рух в Англії зустрів активну протидію з боку найрізноманітніших верств населення. Говорили, що парові автобуси роблять не безпечним рух по дорогах, що димом і пилом вони заражають повітря, а іскри, що розкидаються ними,

загрожують пожежею, що вони позбавляють роботи кучерів і власників кінних екіпажів і т.п. На вулицях Лондона натовпи зупиняли автомобілі і не давали їм рухатися вперед, знущалися з машиніста і пасажирів.

Після парламентського розслідування був ухвалений закон, який свідчив:

1. "Число робочих, що обслуговують автобус, має бути не менше трьох.

2. Перед кожним паровим автомобілем за сто ярдів попереду повинна йти людина(!) з червоним прапором і попереджати населення.

3. Швидкість автомобіля не повинна перевищувати чотирих миль в годину (6,4 км/г).

4. Мають бути дотримані обережності відносно вибуху парового котла."

Цей закон зробив практично неможливим паровий автобусний рух в Англії, проте він успішно розвивався і функціонував в сусідній Франції.

Наведені приклади свідчать про те, що вже на початку розвитку техніки виникали серйозні протиріччя. На жаль, вони не зникли і не загубили своєї актуальності і гостроти. Але якщо тоді вони торкалися інтересів окремих груп людей, то сьогодні придбали глобальні розміри для всього людства. Це екологічні і соціально-технічні проблеми, які можна пояснити двома основними факторами:

1. Виробництво і використання техніки порушує екологічну рівновагу Планети, як в плані використання ресурсів, так і в збереженні чистоти усіх її сфер (повітря, води, земної поверхні).

2. Науково-технічний прогрес випереджає розвиток свідомості основної маси людства. До теперішнього часу не зжиті такі риси як ворожість, пожадливість, користолобство, егоїзм та ін. Тому не завжди науково-технічні знахідки і рішення потрапляють до надійних рук.

Ці питання давно хвилюють передові уми людства. Ще на початку ХХ століття в працях видатного вченого П. К. Енгельмейєра (багато в чому забутих), були підняті і знайшли вирішення багато етичних і соціальних аспектів техніки. Набула визначення і онтологія техніки (вчення про її суть, буття), і гносеологія, що розкриває хід пізнання і механізм розвитку технічних наук, і, нарешті, соціологія

техніки. Ці поняття були не лише вперше введені в наукову літературу, але і отримали глибокий, саме філософський сенс.

Сьогодні дуже важливо розглядати появу нових технологій і розвиток техніки у взаємодії з ідеологічними, соціальними, політичними і іншими громадськими структурами. Ми знаходимося на тій стадії розвитку, коли негативні наслідки науково-технічних рішень можливо і необхідно передбачати і мінімізувати вже на ранніх стадіях розробки нової техніки. Перед лицем цілком реальної екологічної катастрофи, що може бути результатом технологічної діяльності людства, необхідне переосмислення самого уявлення про науково-технічний і соціально-економічний прогрес.

Моральна оцінка техніки не лише можлива, але й обов'язкова для створення адекватної картини майбутнього.

"Слід відмовитися від сприйняття техніки, як незалежного від людини об'єкту, техніка є соціотехнічною системою. Це означає, що життя будь-якої технічної системи визначається трьома елементами: людиною-творцем; самою технічною системою; знаннями людини про способи створення технічних систем (технічним знанням). Ця схема аналогічна кібернетичним схемам саморозвитку систем пізнання і управління".

Сьогодні людство знаходиться в принципово новій ситуації, коли неухвага до проблем впровадження нової техніки і технологій може привести до безповоротних негативних результатів для всієї цивілізації і земної біосфери. У цій ситуації роль і відповідальність інженера за його рішення надзвичайно велика. Інженер зобов'язаний прислухатися не лише до голосу вчених і технічних фахівців, до голосу власної совісті, але і до громадської думки, особливо якщо результати його роботи можуть вплинути на здоров'я і спосіб життя людей, торкнутися пам'ятників культури, порушити рівновагу природного середовища та ін.

Тому об'єктом інженерної діяльності сьогодні стає не окремо взята машина або технологія, а соціально-технічна система і система "Людина – машина" (див. главу 10).

7.2. Людина і машина

7.2.1. Функціональні можливості людини і машини

Система "Людина – машина" почала формуватися одночасно із застосуванням перших технічних пристроїв. Механізми з'являлися там, де відчувалася в них найгостріша потреба при виконанні самих важких трудових процесів.

Ще в XVII столітті великий мислитель Декарт розглядав людське тіло, як машину, здатну виконувати різні види роботи. Перші технічні об'єкти моделювали в механічних пристроях рухи людини і перетворювали різні види енергії в механічну енергію, необхідну для функціонування цих об'єктів. Але, починаючи з середини двадцятого століття, з появою автоматики людина починає передавати техніці ряд функцій інтелектуального плану. Вториння техніки в розумові процеси людини є глобальним революційним процесом.

Вінер стверджує, що "фізичне функціонування живих індивідуумів і робота деяких з новітніх інформаційних машин абсолютно паралельні один одному у своїх аналогічних спробах управляти ентропією шляхом зворотного зв'язку. Як у живих істот, так і в машинах це виконання наказів має на меті надання впливу на зовнішній світ. І в тому і в іншому випадках їх здійснення – вплив на зовнішній світ, а не просто передбачувана дія – повертається в центральний регулюючий апарат.

Можливості людського тіла і ті аналоги, що знайшли втілення в техніці, є предметом численних досліджень в самих різних галузях науки: філософії, медицині, інженерній психології та ін.

Таблиця 7.1 – Порівняння функціональних можливостей людини і машини

Характеристика	Людини	Машини
Здатність інтегрувати різнорідні елементи в єдину систему	Є	У де яких випадках
Здатність передбачення подій зовнішнього світу	Є	Ні
Можливість рішення нечітко сформульованих завдань	-"	-"
Можливість до розпізнавання ситуацій зовнішнього світу	-"	-"
Здатність орієнтуватися в часі і в просторі	-"	-"

Продовження табл. 7.1

Здатність самоспостереження	-"-	-"-
Діапазон гнучкості, способів переробки інформації	Безмежний	Обмежено
Тип вирішуваних проблем	Загальний	Приватний
Можливість створення "абстрактних зразків зовнішнього світу"	Є	Ні
Здатність генерувати ідеї	-"-	-"-
Здатність використовувати надлишкову інформацію	Є	Ні
Число одночасно сприйнятої інформації, що переробляється	Невелике	Велике
Здатність до того, що перекодувало інформації	Є	Дуже велике
Здатність до перевірки	Погана	Хороша
Чутливість	У широких межах	У заданих межах
Здатність до навчання	Хороша	Погана
Здатність до узагальнення	Є	Ні

Аналогічні функції і можливості людського організму і технічних пристроїв були глибоко проаналізовані. Фрагменти цього аналізу наведені в табл. 7.1. Це надало можливість встановити не лише ідентичність, але і різну ефективність робіт, які виконуються людиною і машиною.

Аналіз функцій, наведених в таблиці 8.1, показав, що є деякі області, в яких машини якісно перевищують можливості людини. Так, наприклад, машина може сприймати, зберігати і одночасно якісно переробляти набагато більшу кількість інформації; має швидшу реакцію "стимул – відповідь", точність і швидкість обчислень; велику здатність до перекодування інформації та ін.

Але машини не мають здатності генерувати ідеї, працювати в непередбачених ситуаціях і багато інших якостей, які має в своєму розпорядженні людина. Ідентичність і відмінності функцій людини і техніки дозволяють враховувати їх при формуванні соціально-технічних систем.

Інженерні моделі нейропсихічних функцій, характерні для діяльності живих організмів, охоплюють велику область, починаючи від складних систем накопичення і переробки інформації в аналогових або цифрових обчислювальних машинах, до штучних нейронів, які вибірково пропускають або затримують інформацію, представлену у

вигляді імпульсного коду. Моделювання цих функцій поведінки на всіх рівнях складності виконується за допомогою різноманітних електронних, електрохімічних і електромеханічних пристроїв [28].

Системи самоорганізації, саморегулювання, само пристосування і численні дослідження в цих галузях набувають все зростаючий інтерес для інженерної практики.

Враховуючи зміни, що сталися в трудових процесах, в їхньому технічному і енергетичному забезпеченні, *сучасними об'єктами проектування стали суцільні комплекси системи "Людина-машина*. Поряд з енерготехнічними питаннями повинні розглядатися соціальні, гуманітарні питання і питання збереження довкілля як при виготовленні, та і при експлуатації машин.

7.2.2. Система "Людина – машина"

Звичайно, функції людини і машини в різних трудових процесах і на різних етапах розвитку суспільства і техніки не однакові. Але, не дивлячись на те, що вони формуються в різних умовах при змінних складових елементах системи, вони завжди залишаються об'єктами цілеспрямованого трудового процесу єдиної системи "Людина – машина.

Нині існує декілька визначень терміну "Людина-машина". Різними авторами вона визначається як:

- Система, що включає людину оператора СЛМ, машину, за допомогою якої він здійснює трудову діяльність і середовище на робочому місці.

- Комплексні системи, в яких здійснюється переробка матеріалу, енергії і інформації, дістали назву систем "людина-машина" і "людина і автомат".

- Система "Людина – машина" – складна система, в якій людина-оператор (групи операторів) взаємодіє з технічним пристроєм в процесі виробництва матеріальних цінностей, управління, обробки інформації і тому подібне.

Незважаючи на відмінності у формулюваннях, в них чітко сформовані три основних думки:

- *технічні системи виправдано розглядати тільки спільно з діяльністю людини;*

- система "Людина – машина" – це складна комплексна система;
- призначення системи "Людина – машина" – виконання цілеспрямованих трудових процесів.

Виправдано термін система "Людина – машина" визначити так, щоб він об'єднав всі три приведені вище ознаки системи. Пропонується таке визначення цього терміна:

Система "Людина – машина" – це складна комплексна система організації цілеспрямованого трудового процесу, в якому визначений розподіл функцій між людиною і енерготехнічними системами машини.

Перелік характеристик трудових процесів при визначенні терміну система "Людина – машина" не виправданий, враховуючи їх численність і різноманітність.

7.2.3. Характеристика систем "Людина-машина"

На перших стадіях трудової діяльності людина сама виконувала всі функції по відношенню до об'єкту праці. Поява технічних засобів дозволила поступово передавати їм деякі фізичні функції. Але процеси виготовлення і використання технічних засобів вимагали від людини певної організації цих робіт. Людина сама проектувала, виготовляла знаряддя, сама була для них двигуном, сама управляла ними. Це була перша стадія в розвитку системи "Людина – машина".

Сучасні системи "Людина-машина" визначаються своїм різноманіттям як за цільовим призначенням, так і за рівнем участі людини в реалізації трудового процесу.

Трудова діяльність людини завжди спрямована на досягнення певної мети. Тому цільове призначення системи є початковим і має визначальний вплив на її основні характеристики. Зі зростанням творчою складовою праці збільшується значення правильно поставленого завдання (цілі) для створення нової системи "Людина-машина". Як писав С. Лем, "роль наміру, роль свідомо поставленої мети в сукупності дій, що призводять до створення технологій, росте у міру прогресу знань". Цільове призначення є одним з головних визначальних напрямів класифікації систем".

За цільовим призначенням розрізняють системи:

- управління,
- робочі,
- обслуговування,
- навчальні,
- інформаційні.

Реалізація системи "Людина-машина" має три періоди, різних за своїм призначенням, змістом і формою:

1. Створення машини.
2. Експлуатація машини.
3. Утилізація зношених та застарілих конструкцій.

Кожен з цих періодів вимагає глибокого опрацювання перед створенням чергової системи "Людина-машина", визначаючи не лише цільове призначення машин і систем, їх робочі параметри, економічність, але і безпеку, екологічну чистоту в роботі, а також можливість утилізації після завершення робочого періоду. Одночасно з розробкою системи виникає питання її забезпечення енергією, територією, кадрами (інженерно – технічними у тому числі).

Функції людини в системі "Людина – машина".

На формування кожної системи "Людина - машина" активно впливають і людина, і машина. Правда, цей вплив на різних етапах розвитку системи був різним. Якщо на першому етапі створення машин домінуючим був вплив людини, то після удосконалення машин в трудових процесах починає виявлятися і їх вплив – змінюється якість продукції, продуктивність і умови праці.

Функції техніки визначаються не лише характеристиками технічних пристроїв і машин, їх сумісністю з фізіологічними можливостями людини, а також безпекою довкілля: природи, населення, тваринного світу.

Змінюються і функції людини, що бере участь у цьому процесі. Робота спільно з машиною примушує людину дотримуватись певних правил, вимагає певної фізіологічної перебудови, формує нові навички і прийоми при виконанні трудового процесу.

В формуванні систем можна виділити на два основних періоди:

• *Біомеханічні системи.* Життєздатність таких систем цілком забезпечувалась енергією людини (чи інших живих організмів). В цих системах використовувалися всі функції людини, окрім однієї виконавчої, яка виконувалась механічним пристроєм (машини першого покоління).

• *Біоенерготехнічні системи* – системи, в яких окрім людини і технічних пристроїв використовується ще й енергія природних джерел (первинна, збережена чи перетворена). Від створення першої енергетичної машини до поточного часу разом з джерелами енергії машини зазнали значних змін (див. підп. 8.1.1.). З кожним новим поколінням машин формувалася такі системи "Людина – машина", які відображають зміни в трудових процесах: появу нових професій, нових виробничих стосунків, новий рівень культури і побуту, новий соціум. Тому функції людини в системі "Людина-машина" можна розглядати лише спільно з машинами певного покоління.

За формою участі в трудових процесах на різних етапах розвитку техніки можлива така класифікація систем "Людина – машина":

- Людина і перші механічні знаряддя.
- Освоєння вітряних та водяних машин
- Парові машини і людина.
- Система "Людина – машина" в вік реактивних двигунів.
- Людина і машини з електроприводом.
- Автоматизовані системи в трудових процесах.
- Мікроелектроніка і людина.

Залежно від рівня удосконалення машин, характер професій в системі "Людина – машина" (навіть одного найменування) активно і постійно змінюється, змінюючи характер участі людини за рівнем від виконавчих до творчих і пошукових. Наприклад, не адекватні професії водія автобуса з паровим двигуном і сучасного водія, верстатника на різних стадіях розвитку верстатів та ін.

Ще раз треба підкреслити: *моральна оцінка техніки не лише можлива, але й необхідна.* Для створення адекватної картини майбутнього дуже важливо розглядати розвиток техніки у взаємодії з ідеологічними, соціальними, політичними і іншими громадськими структурами.

7.3. Сучасний рівень розвитку техніки

7.3.1. Класифікація машин

Конструкції сучасних машин настільки різноманітні, мають стільки відмінностей, що дати їх повну класифікацію просто неможливо. Але машини це передусім, елементи трудового процесу. Тому важливо знати головні сфери функціонального призначення, в яких машини використовуються.

Для класифікації сучасних машин виправдано прийняти за основу їх ділення за призначенням, приведене в довідковій літературі [71], дещо розширивши його з урахуванням нових сфер використання машин і ускладнення їх конструкцій.

1.1. *Енергетичні машини і системи*, призначені для забезпечення енергією робочих процесів: парова машина Уатта, дизелі, двигуни внутрішнього згорання, електрогенератори.

1.2. *Робочі машини*, призначені для оптимізації трудових процесів (підвищення продуктивності, зниження трудомісткості, зменшення енергетичних витрат та ін.). До них належать наукові, промислові, сільськогосподарські, медичні, побутові та інші робочі машини.

1.3. *Транспортні і транспортуючі машини*, призначені для переміщення об'єктів трудової діяльності.

Транспортні машини призначені для переміщень об'єктів на значні відстані. Особливості конструкцій транспортних машин визначаються середовищем, в якому відбуваються переміщення. Розрізняють транспорт наземний, повітря, водний і космічний.

Транспортуючі машини – це машини, що забезпечують транспортування об'єктів трудової діяльності у виробничих умовах. До них належать: електрокари, конвеєри, екскаватори, елеватори, вантажопідйомні крани.

1.4. *Багатофункціональні машини* – це машини, що виконують функції декількох різних робочих процесів. До багатофункціональних машин належать оброблювальні центри, комбайни, комп'ютери та ін.

1.5. *Космічні машини і станції* – системи, призначені для роботи в умовах космосу. Вони принципово відрізняються від наземних машин своїм енергозабезпеченням, кількістю і структурою технічних систем, високим рівнем автоматизації, системами життєзабезпечення та ін.

1.6. *Машини військово-технічного комплексу*. Це найбільш просунуті в науковому відношенні системи (машини), але, на жаль, засекречені й орієнтовані не на творення, а на знищення життя і результатів творчої праці людства. Цей парадокс в розвитку нинішньої цивілізації до теперішнього часу залишається не вирішеним.

Проте, результати передових наукових відкриттів з цієї області проникають в цивілізований світ і збагачують його. Так, наприклад, політ першої людини в космос був здійснений на ракеті "Схід", розробленою в цих структурах.

7.3.2. Основні напрями розвитку сучасної техніки

Досягнення науки визначили нові напрями розвитку техніки і розширили сфери її застосування.

Можна стверджувати, що незалежно від призначення і сфери застосування нових сучасних конструкцій, є ряд загальних тенденцій в їхньому розвитку. До них належать:

- розширення зон функціонального призначення,
- підвищення складності систем і конструкцій,
- високий рівень автоматизації,
- підвищення якості і вимог до якісних характеристик.

Сьогодні намітилися три основні напрями розвитку техніки:

1. Виробництво систем, машин і пристроїв нового класу, відповідних сучасним напрямам науки і техніки (космічних, інформаційних, енергетичних).

2. Зміна існуючих систем і конструкцій машин у напрямі вдосконалення їх характеристик і якості.

3. Розвиток нових технологій, який значною мірою визначається появою нових матеріалів і нових енергій (див. главу 9). Кожен з цих напрямів вимагає детальнішого розгляду і аналізу.

7.4. Техніка сучасного покоління

Останні досягнення науки і техніки зумовили появу як принципово нових конструкцій в різних сферах, так і можливість удосконалення конструкцій машин, розроблених раніше.

7.4.1. Принципово нові конструкції технічних об'єктів

Сучасне машинобудування характеризується новими, досі не відомими напрямками розвитку: космічним, інформаційним, біологічним та ін. Нові конструкції визначаються новими умовами функціонування і відсутністю прототипів.

Виконання цих конструкцій базується на нових винаходах, абсолютно нових теоретичних і експериментальних дослідженнях, нових розрахунках і на використанні нових матеріалів зі спеціальними, раніше не відомими властивостями.

Нові конструктивні розробки принципово відрізняються за призначенням, а отже, і за способами інженерних рішень. Тому виправдано розглядати окремо основні напрямки в конструюванні нової техніки з урахуванням її призначення.

Інтелектуальні конструкції.

Абсолютно новий напрям в конструюванні машин – це створення інтелектуальних структур. Інтелектуальними структурами можна вважати системи, що мають спеціальні функціональні властивості, які включають елементи типу датчиків або силових перетворювачів в комбінації з неактивними матеріалами.

Нові матеріали – матеріали з "пам'яттю форми" – дозволяють отримувати принципово нові конструкції.

Цей клас виробів включає "інтелектуальні механізми", до яких належать, наприклад, *літальні апарати зі змінюваною геометрією крила*. У цих "механізмах" активатори із матеріалів з пам'яттю форми змінюють геометричну форму "гнучких" структур подібно до дії людських мускул. Дія силового перетворювача із сплавів з ефектом пам'яті (СЕП) полягає в поступовій зміні розмірів в процесі нагріву внаслідок фазового переходу.

Другим прикладом інтелектуальної конструкції є винахід мотора Бенкса. В основі цього мотора закладений абсолютно новий принцип – використання незвичайної властивості нітинола – нового

сплаву нікелю і титану, що має "пам'ять форми". Варто лише охолодити деталь із нітинола на декілька градусів, як вона повертається в початкове положення. Аналогічним чином реагують листи або фасонні деталі, виготовлені з такого своєрідного матеріалу. У моторі Бенкса деталі з нітинолу знаходяться в стані внутрішньої напруги. Вступаючи в стикання з теплою водою, вони набувають еластичності, знімають напругу і згинаються. Але ось охолоджується вода, і вони, долаючилюбий опір, випрямляються, приводячи тим самим мотор в рух. Найбільша ефективність роботи мотора спостерігається при перепаді температур до 23С⁰.

Робота невеликого дослідного зразка мотора потужністю 200 Вт справила настільки сильне враження на вчених Комісії з атомної енергії, що вони внесли пропозицію про створення нових зразків мотора Бенкса.

Космічна техніка

Космічна техніка – абсолютно новий напрям інженерної діяльності. У цій області не було абсолютно ніяких аналогів і, тим більше, ніякого досвіду в проектуванні і конструюванні об'єктів для Космосу. Яким буде вплив невагомості і безповітряного простору, як забезпечити працездатність і надійність земної техніки в цих незвіданих умовах?

Для освоєння Космосу знадобилися нові, невідомі раніше конструкції, що працюють в абсолютно інших умовах і середовищах. Це космічні кораблі і ракети-носії, системи життєзабезпечення і управління, наукові і контрольні прилади. Усе це обладнання, що використовується при екстремальних навантаженнях і температурах, повинно було забезпечувати найвищі вимоги безпеки і надійності. Вони визначили необхідність абсолютно нових конструктивних рішень і технологій, і склали новий напрям серед об'єктів інженерної діяльності.

Були необхідні титанічні зусилля для створення експериментальної бази, проведення досліджень і відпрацювання конструкцій на забезпечення життєздатності живих організмів в Космосі і нормального функціонування техніки.

Вихід в космічний простір визначив необхідність капітальних досліджень і самого Космосу, і найближчих Планет, і супутника Землі.

Для дослідження особливостей місячної поверхні, радіоактивного і рентгенівського космічного випромінювання на Місяці, хімічного складу і властивостей місячних ґрунтів були сконструйовані автоматичні пристрої – місяцеходи.

Цей апарат був доставлений на поверхню Місяця 17 листопада 1970 року радянською міжпланетною станцією "Луна-17" і пропрацював на її поверхні до 4 жовтня 1971 року).



Рис. 7.15 – Новий проект американського місяцеходу (Фото NASA)

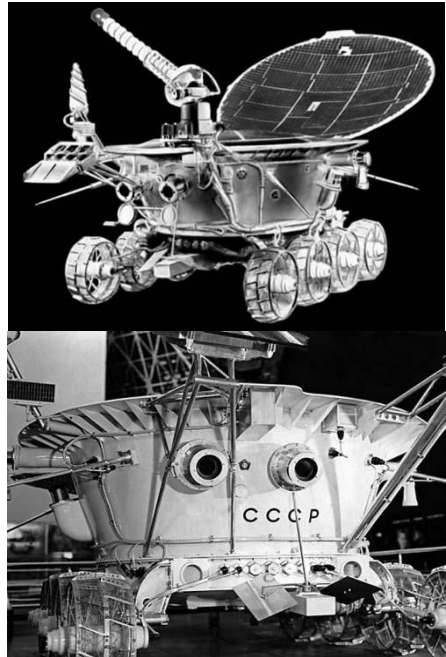


Рис. 7.14. – "Луноход- 1" – перший місячний самохідний апарат

В США також готувалися до дослідження Місяця. Були розроблені конструкції декількох Місяцеходів. Проект одного із них приведено на рис. 7.15.

У жовтні 2008 НАСА проводила випробування нового місяцеходу і декількох інших концепцій в пустелі в штаті Арізона.

Адаптивний транспортний засіб обладнаний колесами, що дозволяють йому рухатися в стилі краба і полегшують маневрування

на складних ділянках місцевості. З раних концептів тут застосовується ергомір для контролю фізичного навантаження членів екіпажу, який дозволяє їм виконувати вправи під час руху апарату і одночасно заряджати його акумулятори. На верхній частині шасі цього невеликого всюдихода встановлений модуль, захищений герметично. Всередині модуля екіпаж може знаходитися без скафандрів.

Біотехнологічні конструкції.

Конструювання біопроекторної техніки і обчислювальних пристроїв на основі ДНК-процесорів є новим напрямом інженерної діяльності. Отриманий новий тип напівпровідників, в яких струмопровідна функція здійснюється молекулами білку. Розроблені конструкції біокомп'ютерів можна буде використовувати не лише для обчислень, але і як своєрідні нанофабрики для виробництва нових лікарських препаратів.

Розробляються конструкції біогазового обладнання для отримання і використання біогазу, за допомогою освоєння природних біоенергетичних джерел і переробки побутових і промислових відходів (див. розділ 3.6.2).

Нові технічні пристрої (біореактори) проектуються і для виробництва біотехнологічних продуктів (субстанцій лікарських препаратів, ферментів, чинників зростання, засобів захисту рослин і т. д.). Газо-вихровий біореактор нового покоління, що не має близьких аналогів, розроблений в Росії (ЗАТ "САЯНИ", м. Новосибірськ). Принцип "керованого торнадо", уперше здійснений в біореакторі, забезпечує високу якість роботи і позбавляє від недоліків, характерних для інших конструкцій такого типу



Рис. 7.16 – Всюдихід Lotus SIV

Для трансатлантичних експедицій створена нова конструкція всюдихода Lotus SIV, що працює на біопаливі, рис. 7.16.. Lotus SIV приводиться в рух повітряним гвинтом і переміщається на полозах. Машина досить легка, що дозволяє долати найскладніші перешкоди на поверхні. Дуже важливо, що у неї є підлідний радар, який дозволить виявляти небезпечні порожнечі і тріщини в льоду.

Дорога з без провідною підзарядкою електромобілів.

9 березня 2010 року в Сеулі було запущено в експлуатацію першу в світі дорогу з без провідною підзарядкою електромобілів – система OLEV (Online Electric Vehicle),(див. рис. 7.17). Система OLIV розроблена Корейським інститутом науки і технології (KAST) і компанією СТ&Т, яка спеціалізується а виготовленні електромобілів.

Система постачає електричну енергію, що йде одночасно на рух і на підзарядку буферних акумуляторів прямо на ходу. Система дозволяє приблизно у п'ять разів зменшити кількість тягових батарей, необхідних середньостатистичному електромобілю.

Для забезпечення роботи системи під полотном електромагнітні передаючі стрічки траси закладені спеціальні, а в днище машини вмонтовані котушки для прийому енергії.

При зазорі між стрічками и котушками до 13 см система передає на борт електромобіля до 62 кВт/год. ККД повітряної передачі – 74%.

Стрічки на дорозі встановлюються не по всьому маршруту, а на декількох сегментах, кожен з них автоматично вмикається лише тоді, коли автомобіль знаходиться над ним. Між зарядними сегментами машина рухається за рахунок накопиченої енергії.



Рис. 7.17 – Сеульська дорога з безпровідною підзарядкою електромобіля

Апарат OLEV здатний розвивати швидкість до 100 км/год. Масовий вихід на ринок цієї продукції корейці планують на 2013 год.

Конструкції з використанням сонячної енергії.

Використання сонячної енергії – одна з актуальних проблем сучасності. У цьому напрямку в багатьох країнах ведуться дослідження і розробки конструкцій, що використовують сонячну енергію.

На літо 2010 року запланована офіційна презентація франко-швейцарського катамарана PlanetSolar – найбільшого у світі судна, рухомого сонячною енергією.



Рис. 7.18 – Франко-швейцарський катамаран PlanetSolar

Уся верхня частина 60-ти тонного апарату буде покрита сонячними панелями (близько 500 квадратних метрів).

У цьому ж році намічений безпальний політ людини в режимі "день – ніч – день" на літаку Solar Impulse HB SIA. Творіння швейцарської команди Бертрана Пікара унікальне – літаки на сонячній енергії є великою рідкістю. Фірма має намір своїм прикладом показати шлях розвитку техніки на найближче майбутнє без використання неоправних запасів енергії Планети.



Рис. 7.19 – Літак Solar Impulse HB SIA

7.4.2. Модернізація існуючих конструкцій

Зміни і удосконалення техніки в усіх сферах перерахувати просто неможливо. Нижче на прикладі існуючих транспортних засобів показані сучасні напрями їх модернізації.

Удосконалення існуючих інженерних конструкцій здійснюється у напрямі їх спеціалізації, використання нових конструктивних елементів і нових матеріалів, які раніше були характерні для інших галузей промисловості. Визначаються такі шляхи розвитку техніки, коли різноманітні машини і системи повинні все менше і менше використовувати паливо, яке ще залишилося в надрах Землі..

Характерною новою рисою є також спеціалізація традиційних універсальних конструкцій.

Приклади удосконалення конструкцій легкових автомобілів і автобусів.

У США на базі легкових автомобілів і автобусів створюються нові конструкції машин спеціального призначення для наукових досліджень і роботи в екстремальних умовах.

Наприклад, автомобіль Tarranaut. Ця машина розроблена для вчених, геологів і археологів. У конструкції об'єднані елементи і автомобіля і кабіни космічного корабля. Вона буквально начинена всілякими високотехнологічними пристроями і гаджетами. Два передні сидіння виглядають цілком зазвичай, а ось при погляді назад відкриваються цікаві деталі, рис. 7.20.

За зразок була використана палуба американського космічного шатла "Ентерпрайз": в центрі "Сферичної лабораторії" розташоване крісло, здатне обертатися на 360 градусів і давати вченому доступ до всього устаткування, яке комплектується і встановлюється на вимогу замовника. Машина забарвлена спеціальною фарбою і здатна витримувати екстремальні температури.

Використання нових матеріалів при модернізації конструкції автобуса дозволило створити броньовану машину Rhino Runner ("Носоріг, що біжить"). Зовні машина Rhino Runner схожа на автобус, але вона по праву названа "носорогом, що біжить", тому що здатна витримати і розриви бомби, і обстріл. Вона забезпечена композитною бронею і куленепробивними вікнами. Фірма Labock Technologies з Флориди створює ці найміцніші на планеті автобуси індивідуально. Американські збройні сили використовують їх для перевезення дуже

важливих персон. У "Носорогу" їздили міністр оборони США Дональд Рамсфельд і Садам Хусейн.



Рис. 7.20. – Загальний вигляд і "сферична лабораторія" автомобіля Tarranaut

Нове покоління легкових машин – електромобілі. Вони працюють на екологічно чистому паливі – електричному струмі. На рис. 7.21 показані дві конструкції нових електричних автомобілів.



Рис. 7.21. – Сучасні електромобілі Aptera-2e (США) і e-ZONE (Корея)

Витрати електрики у електромобіля Aptera-2e (при перерахунку на бензин) дорівнює 0,78 літрів палива на 100 км пробігу. Електромобіль e-ZONE комплектується на дуже емких, проте дешевих, свинцево-кислотних акумуляторах, а як опція – передових літєво-полімерних. З першими (при одній зарядці) перебіг електромобіля становить 50-70 км, другими – 100-110 км. Заправляються машини від домашньої розетки на 220 вольт. Одна заправка – 5-10 кВт/год. Електромобілі e-ZONE вже поставлені на конвеєр і у 2010 році надійдуть у продаж.

У 2010 році заплановано проведення конкурсу самих економічних автомобілів Progressive Futomotive X PRZE, в якому визначиться кращий варіант конструкції сучасного автомобіля. На конкурсі будуть представлені електромобілі, бензоелектричні гібриди, машини на водні або спирті. Серед фаворитів конкурсу електричний автомобіль Aptera-2e.

Приклади модернізації конструкцій літальних апаратів.

Модернізація літальних апаратів здійснювалася по декількох напрямках: підвищення аеродинамічних характеристик, вантажопідйомності, спеціалізації конструкцій і створенню літаків на сонячній енергії. Велика увага приділялась також вдосконаленню великовантажних літаків спеціального призначення.

На рис. 7.22 зображені літаки, призначений для перевезення на зовнішній підвісці великогабаритних вантажів масою до 450 тонн або пасажирських модулів місткістю до 1200 чоловік



Рис. 7.22. – Надважкі триплани "Молния-1000" і "Геракл" (Росія)

Літак-транспортувальник "Геракл" – найважчий із числа розроблених НВО "Блискавка" літаків. Він виконаний за нетрадиційною схемою "триплан", має зовнішню підвіску для транспортування вантажу під центропланом крила між фюзеляжами. Проект літака "Геракл" удостоєний Золотої медалі Всесвітнього салону винаходів і наукових досліджень в Брюсселі "Еврика-95".

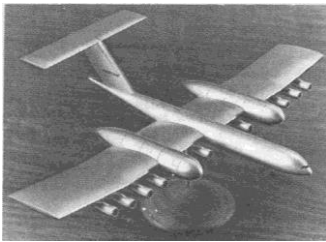
Він може бути використаний і як літак-носіє для запуску з нього орбітальних ступенів авіаційно-космічних систем таких як МАКС. При однакових габаритах вантажопідйомність "Геракла" в півтори рази вища, ніж у відомого літака Ан-225 "Мрія".

Фірмою "Боїнг" розроблені великовантажні повітряні лайнери, призначені для перевезень зрідженого газу і нафтових продуктів. На відміну від звичайних літаків вантаж перевозиться тут не у фюзеляжі,

а в гігантських сигароподібних ємкостях, що монтуються на площинах крил, рис. 7.23-а.

Кожна з "сигар" досягає 8 метрів в діаметрі і складається з двох резервуарів-танків. Конструктори передбачили комплексну зміну резервуарів-танків. У місцях здобичі порожні "сигари" замінюються на повні, а в пунктах призначення – повні на порожні.

При кінці 2010 фірма "Боїнг" планує почати серійний випуск літаків Boeing 787 Dreamliner, для виготовлення яких значною мірою будуть використані вуглеволокнисті композити.



а



б

Рис. 7.23. – Нові вдосконалені конструкції транспортних літаків.
а – літак фірми "Боїнг" (США), б. – літак для перевезень зрідженого газу (Росія)

В Росії також розробляються конструкції великовантажних транспортних літаків, призначених для перевезень енергоносіїв, рис. 7.23-б.

Ці екологічно чисті, комфортабельні і високо економічні лайнери серйозний виклик компаніям-конкурентам.

Контрольні питання

1. Основні напрями розвитку техніки.
2. Зміна об'єктів інженерної діяльності.
3. Класифікація сучасних машин за призначенням.
4. Система "людина-машина", визначення і характеристики.
5. Нові напрями в конструюванні технічних об'єктів.

ТЕМА 8. ІНЖЕНЕР І ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС

Виробництво – складний і багатогранний процес, у підготовці і реалізації якого беруть участь сотні фахівців найрізноманітніших професій. Але головною і відповідальною фігурою на виробництві є інженер, або, вірніше, інженерний корпус, оскільки він об'єднує інженерів самої різної спеціалізації – конструкторів, технологів, механіків, інструментальників, штампувальників та ін.

Зміст і особливості інженерних розробок значною мірою визначаються рівнем організації, типом і структурою виробництва.

8.1. Виробничі процеси в машинобудуванні

8.1.1. Особливості сучасних виробничих процесів

Виробничий процес – це сукупність дій і технологічних операцій, в результаті яких початкові матеріали і напівфабрикати перетворюються на готову продукцію необхідної якості.

Типи виробництв визначаються двома основними чинниками: рівнем спеціалізації і масштабами випуску виробів.

За рівнем спеціалізації розрізняють виробництва однономенклатурні, спеціалізовані і спеціальні. Однономенклатурні виробництва орієнтовані на випуск продукції одного асортименту або близьких однотипних моделей. Спеціалізовані виробництва забезпечують випуск виробів одного призначення, але різних типів і розмірів. Багатономенклатурні виробництва орієнтовані на випуск продукції широкого асортименту.

Залежно від масштабів випуску продукції виробництва поділяють масові, багатосерійні, серійні, дрібносерійні та одиничні.

У промислово розвинених країнах багатосерійне і масове виробництво складає лише 20%, а одиничне, дрібносерійне і серійне виробництва – 80 %.

Проїшли часи, коли підприємство могло випускати одну і ту ж продукцію десятиліттями. Сьогодні в найсучасніших галузях промисловості життєвий цикл виробу скорочується до декількох місяців. Якщо ж мати на увазі машинобудування, то в ньому в середньому за 3–5 років відбувається повна заміна виробів і засобів

технологічного забезпечення (технологічних процесів, устаткування, оснащення).

Розширення номенклатури і асортименту продукції, швидке старіння і зміни конструкцій вимагають принципово інших форм організації виробництва, а, отже, пред'являють інші нові вимоги до їх організації.

Традиційні організаційні форми в одиничному виробництві забезпечують високу гнучкість, але з низькою продуктивністю, а в масовому виробництві – високу продуктивність за відсутності гнучкості. Організаційно-технічні засоби, ефективні для масового одно номенклатурного рівня виробництва, стають гальмом для оновлення продукції в сучасних умовах при швидкій змінюваності виробів.

Щоб в нових умовах підприємство було б конкурентоздатним, його виробництво повинне відрізнитися високою продуктивністю, гнучкістю, мобільністю, тобто бути здатним швидко і з мінімальними витратами переходити на випуск нових виробів.

Особливості сучасних виробництв визначили вимоги і основні напрями їх розвитку:

1. забезпечення швидкої перебудови (гнучкості) виробництва,
2. забезпечення ефективності виробництва в умовах ринкової економіки;
3. економне, розумне використання природних ресурсів;
4. впровадження енергозберігаючих та заощаджуючих матеріали технологій;
5. дбайливе ставлення до збереження довкілля.

Реалізація цих напрямів можлива в умовах вузької спеціалізації виробництв, високого рівня автоматизації усіх ланок виробничого процесу, широкого використання кооперації і аутсорсінгу.

8.1.2. Рівні автоматизації виробничих процесів

Автоматизація – застосування технічних засобів, економіко-математичних методів і систем управління, що звільняють людину, частково або повністю, від безпосередньої участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів або інформації.

Мета сучасного етапу автоматизації – підвищення

продуктивності і ефективності праці, поліпшення якості продукції, організації управління, усунення людини від роботи в умовах, небезпечних для здоров'я і життя, підготовка умов для комплексної (а пізніше – повною) автоматизації.

Автоматизація виробничих процесів в сучасних умовах розвивається переважно в декількох напрямках:

- конструювання і використання верстатів з програмним управлінням;
- розробка і виробництво автоматичних ліній, що відрізняються значно більшою продуктивністю і економічністю;
- створення автоматизованих ділянок, цехів, підприємств.

Кожен з перерахованих напрямів автоматизації визначає свої вимоги до рівня і змісту інженерних розробок, вносить свої зміни до трудових процесів усіх ланок виробництва.

Автоматизація виробничих процесів має три рівні:

1. часткову автоматизацію,
2. комплексну,
3. повну автоматизацію.

Вибір рівня автоматизації визначається виробничими чинниками:

- складністю і точністю виробів,
- річною програмою випуску,
- періодичністю зміни продукції і тому подібне.

При *частковій автоматизації* автоматизуються окремі об'єкти, технологічні операції або процеси. Приклад – використання окремих верстатів напівавтоматів і автоматів, завантажувальних і транспортних пристроїв та ін. Засоби автоматизації – в основному механічні елементи і пристрої (гідравлічні, пневматичні та ін.).

Комплексна автоматизація передбачає забезпечення роботи виробничих ділянок, цехів, заводу як єдиного автоматичного об'єкту, діючого за заданою програмою при загальному управлінні його роботою з боку людини.

Ця форма автоматизації принципово відрізняється від часткової. Якщо часткова автоматизація звільняє в основному руки робітника, то комплексна автоматизація окрім цього, використовуючи кібернетику, звільняє людину від виконання ряду розумових функцій.

Комплексна автоматизація виробничої діяльності істотно

змінює форми і зміст трудових процесів, як у сфері самого виробництва, так і при його підготовці і управлінні. Ці зміни відбуваються в усіх ланках виробничого процесу.

В умовах комплексної автоматизації сталися дуже важливі зміни трудових процесів. Уперше в історії людства були змодельовані деякі процеси розумової діяльності людини (контроль, управління, забезпечення зворотного зв'язку). Ця сенсаційна подія принципово змінила роль і функції людини в трудових процесах.

Для скорочення часу організаційно-виробничої підготовки і поліпшення планування виробництва широко застосовується комп'ютеризація цих процесів.

Одним з напрямів комплексної автоматизації є розробка систем автоматичного управління (АСУ) підприємствами. Для створення АСУ підприємствами або галузями промисловості вже недостатньо технічних і наукових знань, які традиційно використовувались в інженерній практиці. З'являється необхідність використання надбань з області кібернетики, інженерної психології і ергономіки. В процесі впровадження АСУ виникає безліч соціально-економічних і соціально-психологічних проблем, що вимагають додаткових знань і досліджень, оскільки реалізується нова система "людина-машина", яка змінює сферу соціальних стосунків.

Повна автоматизація передбачає управління комплексно-автоматизованим виробництвом без участі людини (безлюдні виробництва). Створення таких виробництв виправдане, коли виробництво рентабельне, стійке, режими його практично незмінні, випуск продукції – масовий. Приклад: завод-автомат по виробництву підшипників.

В умовах автоматизованого виробництва людина виводиться за межі виробничого процесу і багато операцій, що виконувалися людиною раніше, передаються автоматичним технічним засобам.

Діяльність інженера в умовах автоматизованих виробництв наповнюється новим інтелектуальним змістом – розробкою нових технічних ідей, втіленням їх в машинах і технологіях виробництва, предметах і результатах праці, монтажем нової техніки, її наладкою, приведенням в робочий стан і запуск, усуненням несправностей в її роботі, управлінні, контролі технологічного процесу і так далі. Таким чином, усі інші напрями (енергетика, кібернетика та ін.) виступають в підлеглій ролі, оскільки усі вони "працюють" на автоматизацію.

Нині на багатьох виробництвах впроваджується комплексна автоматизація або її окремі підсистеми: автоматизація устаткування, управління, проектування та ін., що дозволяє реалізувати гнучкі виробничі системи (ГВС).

8.1.3. Гнучкі виробничі системи

Гнучкі виробничі системи (ГВС) – це сукупність в різних поєднаннях устаткування з ЧПУ, роботизованих комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що має можливість автоматизованої переналадки при виробництві виробів широкої номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик. [ГОСТ 26228-85].

ГВС функціонують на основі програмного управління і групової орієнтації виробництва. На першому етапі ГВС може бути автоматизованою, тобто включати операції, що виконуються за участю людини.

Автоматизовані системи в різних країнах мають різні назви. У Японії їх називають гнучкою автоматизацією, гнучким виробничим комплексом (ГВК), в США – гнучкою виробничою системою (FMS). (ГВС).

У нашій країні в літературних джерелах зустрічаються усі ці назви. Крім того, такого роду комплекси називають ще і гнучким автоматичним виробництвом (ГАВ).

Рівні автоматизації гнучких виробничих систем визначають структуру і характер устаткування. Розрізняють такі рівні гнучких автоматизованих систем:

- *Гнучкі виробничі модулі (ГВМ)*. ГВМ – це одиниця технологічного устаткування для одержання виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик з програмним управлінням, що автономно функціонує, автоматично здійснює усі функції, пов'язані з їх виготовленням, має можливість вбудовування в гнучку виробничу систему.

- *Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ)* – це виробнича система, в якій технологічне устаткування розташоване в прийнятій

послідовності технологічних операцій.

- *Гнучка автоматизована дільниця (ГАД)* – гнучка виробнича система, що функціонує по технологічному маршруту, в якому передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання.

- *Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) і гнучкий автоматизований завод (ГАЗ)* – сукупність ГАЦ.

Аналіз досвіду роботи ГВС дозволяє визначити найбільш ефективні варіанти їх компонувань:

- число верстатів в ГВС коливається від 2 до 50. Проте 80% ГВС складено з 4–5 верстатів і 15% з 8–10; рідше зустрічаються системи з кількістю верстатів 30–50 (2–3%);

- найбільший економічний ефект має використання ГВС при обробці корпусних деталей, порівняно з обробкою інших деталей, наприклад деталей типу тіл обертання. Так, наприклад, в Німеччині на ГВС обробляється до 60% корпусних деталей, в Японії – більше 70 %, в США – близько 90%;

- нормативний термін рентабельності ГВС в межах 2–4,5 років.

В різних країнах – різна міра гнучкості ГВС. Наприклад, в США переважають системи для обробки виробів 4-10 найменувань, в Німеччині – від 50 до 200; управління транспортними системами і роботою верстатів здійснюється однією або декількома окремими ЕОМ.

Гнучкі виробничі модулі (ГВМ) призначені для автономної роботи в автоматичному режимі, виконують багаторазово задані цикли обробки, мають можливість вбудовуватися в ГВС більш високого рівня. Це устаткування, що працює при мінімальній участі людини. Воно виконує в автоматичному режимі не лише обробку виробу, але й усі контрольні, вимірювальні операції: стежить за наявністю інструменту, його цілісністю, зносом, положенням виробу в зоні обробки, перевіряє його розміри. Залежно від конкретних цілей виробництва застосовуються різні ГВМ.

Роботизований технологічний комплекс (РТК) – це автономно діюча сукупність технологічних засобів виробництва, що забезпечує повністю автоматичний цикл роботи усередині комплексу і його зв'язок з вхідними і вихідними потоками іншого виробництва. РТК включає одиницю або групу технологічного напівавтоматичного

устаткування (наприклад, металорізальні верстати), промислових роботів, що взаємодіють з цим устаткуванням, і допоміжне устаткування.

Гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ). Автоматична лінія – це система, що складається з верстатів, транспортних пристроїв, автооператорів і інших елементів, забезпечує автоматичне виконання технологічних операцій відповідно до технологічного процесу без втручання робочого. Автоматичні лінії підрозділяються на синхронні (жорсткі) і асинхронні (гнучкі).

ГАЛ забезпечують можливість перебудови для багато номенклатурної обробки деталей.

8.2. Технічна підготовка виробництва в машинобудуванні

Технічна підготовка виробництва. – це сукупність взаємозв'язаних процесів, що забезпечують готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості, при встановлених термінах, обсягах випуску і витратах. Технічна підготовка виробництва – дуже важливий і відповідальний етап виробничого процесу. Вона випереджує промислове освоєння кожної нової машини, і залежно від того, наскільки якісно виконана технічна підготовка, значною мірою визначається, наскільки вдало будуть втілені в життя задуми конструктора.

Процес створення будь-якого нового виробу основного виробництва включає ряд послідовних етапів:

- Пошукове проектування.
- Конструювання.
- Технологічну підготовку виробництва.
- Створення дослідного зразка.
- Організаційно-виробничу підготовку.

Пошукове проектування принципово новий напрям, що враховує новизну і конкурентоспроможність проектованого виробу (див. главу 10).

Конструкторська підготовка забезпечує розробку усієї конструкторської документації, необхідної для виготовлення виробу, починаючи від креслень загальної зборки виробу до оформлення специфікацій і пояснювальних записок.

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) – забезпечує розробку технологічних процесів для всіх етапів виготовлення виробу (див. гл. 9).

Створення дослідного зразка виробу виконується з метою перевірки прийнятих конструкторських і технологічних рішень за допомогою його випробування.

Організаційно-виробнича підготовка включає поетапне календарне планування виробничого процесу виготовлення виробу у встановлені терміни і в заданому обсязі випуску.

Можна вважати, що в числі основних завдань вітчизняних інженерів – створення організаційних форм нових сучасних підприємств, що базуються на міжнародних принципах і високому рівні автоматизації.

8.3. Технологічна підготовка виробництва

8.3.1 Зміст технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) забезпечує розробку і впровадження технологічних процесів обробки і зборки усіх елементів виробу. Це один з найбільш трудомістких етапів технічної підготовки виробництва, що тісно переплітається з конструюванням виробу.

Основними функціями ТПВ є:

1. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність. (див. главу 10).
2. Розробка і впровадження технологічних процесів (одержання заготовок, механічної обробки, складання, термообробки та ін) для виготовлення деталей і складальних одиниць виробу (див. главу 11).
3. Проектування і виготовлення нестандартного устаткування і засобів технологічного оснащення.
4. Керівництво процесами ТПВ

Приведені вище етапи технологічної підготовки виробництва свідчать про те різноманіття проблем, які доводиться вирішувати інженерам при реалізації ТПВ. Наскільки широко використовуватимуться при цьому сучасні досягнення в області техніки і технологій, а також сучасні засоби механізації і автоматизації інженерної праці, настільки ефективною буде сама ТПВ.

У загальному вигляді технологічна підготовка виробництва при

використанні універсальних верстатів добре відпрацьована і перевірена та ін. Проте верстати з ЧПУ внесли істотні зміни до цих процесів:

- Змінився підхід до вибору номенклатури деталей, що підлягають обробці на верстатах з ЧПУ, і аналізу технологічності їх конструкцій;

- Принципово відрізняється розробка технологічного процесу і його елементів. (Значна частина роботи із сфери безпосереднього виробництва переноситься в область його технологічної підготовки).

- Створюється новий вид технологічної документації – програма для управління траєкторією руху інструменту, швидкості його переміщення та ін. Програма записується в числовій формі на спеціальному програмоносії.

- Зростає складність технологічних завдань і трудомісткість проектування технологічного процесу, змінюється структура і методика розробки технологічних операцій (глава 9).

З метою підняття рівня організації, якості і ефективності ТПВ була створена єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

ЄСТПВ – це встановлена державними стандартами система організації і управління процесом технологічної підготовки виробництва, що передбачає застосування прогресивних типових технологічних процесів, стандартного технологічного оснащення і устаткування, засобів механізації і автоматизації виробничих процесів, інженерно-технічних і управлінських робіт. В ЄСТПВ викладені єдині правила, за якими повинна здійснюватися ТПВ, знання яких дозволяє ефективно організовувати і управляти ТПВ. Порядок формування і застосування документації, методи і засоби ТПВ визначається галузевими стандартами, стандартами підприємств і документацією, розробленою відповідно до стандартів ЄСТПВ.

8.3.2. Сучасні проблеми технологічної підготовки виробництва

Загальними проблемами при виконанні розробки кожної функції ТПВ є багатоваріантність рішень, необхідність аналізу великої кількості інформаційних матеріалів, а, в результаті, висока трудомісткість цього процесу, особливо в тих випадках, коли при

розробці ТПВ не використовуються засоби автоматизації. В результаті затримуються терміни випуску нових виробів, невиправдано збільшуються витрати, якість виробів помітно поступається західним зразкам.

Основні сьогоденні проблеми ТПВ полягають у наступному:

- В недостатньому використанні сучасних методів автоматизованого проектування. В багатьох випадках роботи виконується традиційними способами, автоматизація використовується лише для вирішення окремих завдань, відсутній комплексний характер автоматизації.

- У використанні в основному паперових носіїв при здійсненні комунікації між фахівцями і службами ТПВ, що є істотною причиною уповільнення процесів ТПВ.

- У допущенні помилок при проектуванні, що є причиною великих тимчасових і фінансових витрат на здійснення необхідних виправлень.

- У відсутності або недостатньому використанні спеціалізації і кооперації з іншими підприємствами при рішенні завдань ТПВ.

Передові підприємства знаходять рішення цих проблем в застосуванні комп'ютерних технологій, створенні автоматизованих систем ТПВ (АСТПВ).

8.3.3. Проектування нестандартного устаткування

Питання конструкторської і технологічної підготовки виробництва, звичайно, є вузловими. Але на кожному виробництві, незалежно від його особливостей, існують специфічні технологічні внутрішні запити, які неможливо задовольнити за рахунок купленого стандартного устаткування і оснащення. Тому потреби в нестандартному устаткуванні і оснащенні забезпечуються допоміжними службами і цехами самого підприємства.

Практично на всіх підприємствах існує необхідність виготовлення спеціальних пристосувань, прес-форм, штампів, спеціального різального і міряльного інструменту, вантажопідйомного устаткування. Всілякі підставки, сходи, стелажі, помости, перехідні містки для роботи на висоті – все це, як правило, проектується і виготовляється самими підприємствами.

Для більшості підприємств завдання забезпечення нестандартним устаткуванням покладається (як правило) на відділ механізації і автоматизації і службу головного механіка заводу. При наявності в структурі підприємства конструкторських служб у складі відділу головного технолога і одного або декількох інструментальних цехів, забезпечення виробництва нестандартного устаткування і інструментів покладається на ці служби.

Інженери, технологи і конструктори самих різноманітних спеціалізацій забезпечують цю ділянку роботи, що вимагає умінь мислити нестандартно і творчо. Багато розробок інженерів цих підрозділів дуже часто виконуються на рівні раціоналізаторських пропозицій та винаходів.

8.4. Організаційні особливості сучасних виробництв

Організація сучасних виробництв характерна їх спеціалізацією і кооперацією. Широка номенклатура виробів і швидка її змінюваність привели до вузької спеціалізації фірм і підприємств, коли предметом виробництва стає не виріб в цілому, а його окремі складові одиниці. Це сприяє розвитку дрібного і середнього бізнесу. Між фірмами, що випускають однотипну продукцію, існує постійна конкуренція, стимулююча їх розвиток і, одночасно, більш повне задоволення запитів замовників.

Це дозволяє фірмам продуктивно працювати над удосконаленням конструкцій окремих модулів, розширюючи їх можливості і експлуатаційні характеристики і, тим самим, підвищуючи конкурентноздатність своєї продукції.

Випуск різних типорозмірів або модифікацій моделей одночасно підвищує масовість випуску і сприяє поліпшенню організації виробництва і збуту продукції.

Прикладом такої організації може бути виробництво комп'ютерів. Конструкції сучасних комп'ютерів мають модульну структуру. Усі модулі комп'ютера (блок живлення, материнська плата, жорсткий диск, CD – DVD привід та ін.), мають своє функціональне призначення, конструктивно завершені, і виробляються різними незалежними одна від однієї фірмами, що мають досить вузьку спеціалізацію.

Приміром, велика американська компанія Intel лідирує в двох найбільш важливих сферах сучасної технології : виробництві модулів пам'яті і мікропроцесорів. Компанія має широку мережу замовлень, сотні клієнтів – виробників комп'ютерів. У фірми чотири заводи, розташованих на різних континентах.

Фірми, що займаються складанням комп'ютерів (іноді досить імениті і великі), використовують у своїй продукції комплектуючі вироби різних фірм. Так в ноутбуках відомої нідерландської фірми MSI, в одній і тій же моделі, але випущеною в різний час, можуть бути використані жорсткі диски фірм Samsung, Seagate, Western Digital і деяких інших, що ніяк не впливає на вартість цих ноутбуків. Одночасно з цим випускається досить великий модельний ряд, з незначними відмінностями в технічних характеристиках (процесор з тактовою частотою ядра 1.6, 1.8, 2.2 ГГц або жорсткий диск 120, 160, 200 Гб), але зі значною різницею в цінах. Як правило – це модифікації однієї моделі. Але це дозволяє фірмі вільніше почувати себе у виборі комплектуючих, і не прив'язувати себе до одного їх джерела.

Фірми-виробники комп'ютерів представляють собою виробництва, що займаються комплектуванням, складанням і збутом продукції. Близькі контакти із замовниками дозволяють цим фірмам комплектувати машини з конструктивних елементів з урахуванням побажань споживача і його економічних можливостей.

Контрольні питання

1. Типи машинобудівних виробництв.
2. Особливості сучасних виробничих процесів.
3. Рівні автоматизації виробничих процесів.
4. Гнучкі виробничі системи.
5. Гнучкий виробничий модуль, його характеристика.
6. Етапи технічної підготовки виробництва.
7. Технологічна підготовка виробництва, її функції.
8. Визначення технологічності конструкцій.
9. Організаційні особливості сучасних виробництв.
10. Сучасні проблеми ТПВ.

ТЕМА 9. ТЕХНОЛОГІЯ І ІНЖЕНЕР-ТЕХНОЛОГ НА ВИРОБНИЦТВІ

9.1. Технологія і роль інженера-технолога в її забезпеченні

9.1.1. Історичне коріння технології машинобудування

Питання "Як зробити?" хвилювало людину з перших кроків її трудової діяльності. На це одвічне питання дає відповідь технологія.

Технологія – (від грець. *techne* – мистецтво, майстерність, *logos* – знання, уміння) – 1) сукупність прийомів і способів переробки сировини, виготовлення продукції, перероби матеріалів, напівфабрикатів і т.п., в різних галузях виробництва... 2) наука про способи дії на сировину, матеріали і напівфабрикати відповідними знаряддями виробництва, розробляє прийоми і способи на основі досягнень науки і техніки.

Технології як опис трудових процесів з'явилися вже в глибокій старовині і передавалися з покоління в покоління.

Глиняна табличка, що належить до XVIII століття до н.е., приводить практичні поради шумерського орача по виконанню польових робіт.

Колись в давнину, – свідчить табличка, – орач напучував свого сина: "Коли почнеш обробляти поле, то відкрий свій зрошувальний канал так, щоб вода не піднялася на полі занадто високо. Після того, як ти його окропиш, прослідкуй, щоб зволожена земля залишався незайманою; не допускай, щоб її витоптали воли; проганяй з неї диких звірів і готуй її до обробки; оброби її десятьма вузькими мотиками". Далі древній шумерський орач радить, як треба доглядати ячмінь "до дня сили, коли його треба скосити, висушити, обмолотити, провіяти і змолоти, щоб з нього був хліб". Це перші описи технології робочих процесів, що дійшли до нас.

Авторами багатьох технологій були ремісники, які часто зберігали їх таємницю і передавали її тільки на смертному одрі своїм спадкоємцям. Особливо якщо технології належали до виробництва зброї. Наприклад, секрет виробництва зброї з дамаської сталі століттями зберігався в якнайглибшій таємниці, поки не був втрачений. Відповідь на це питання була одержана тільки в XX столітті за допомогою нанотехнологій.

Технологія машинобудування з'явилася дещо пізніше, коли об'єктом виробництва стали машини, а для їх виготовлення знадобилися "машини для виробництва машин" – верстати.

У міру розвитку машинобудування, подальшого вивчення технології стали виявлятися загальні закономірності, з'явилися широкі узагальнення, справедливі для різних галузей машинобудування. Почала формуватися технологія машинобудування.

На початку ХХ століття у зв'язку з бурхливим розвитком техніки виникла необхідність узагальнення досвіду по розробці і здійсненню технологічних процесів. На першому етапі вони утримували, головним чином, описовий матеріал, узагальнений досвід виготовлення виробів в галузі. Поступове накопичення цих емпіричних досліджень технологічних процесів, виявлення окремих фактів, зв'язків між явищами, висунення різних ідей і гіпотез дозволило сформувати технологію як науку.

Технологія машинобудування – це наука, про виготовлення машин необхідної якості у встановленій виробничою програмою кількості і в задані терміни при найменшій собівартості.

Особливістю технології машинобудування є широке використання накопиченого досвіду попередніх поколінь, фундаментальних і загально інженерних наук для вирішення технічних проблем і практичних завдань машинобудування.

Об'єктом технології машинобудування є технологічний процес, а предметом – встановлення і дослідження зовнішніх і внутрішніх зв'язків, закономірностей технологічного процесу. Тільки на основі їх глибокого вивчення можлива побудова прогресивних технологічних процесів, що забезпечують виготовлення виробів високої якості з мінімальними витратами. В результаті були сформовані такі технологічні дисципліни як основи технології машинобудування, конструювання пристосувань, проектування машинобудівних цехів і заводів і ряд інших.

Накопичений досвід в технології машинобудування вперше був описаний професором Московського Університету І. Двигубським.

У 1807р. він написав книгу "Початкові основи технології або короткий опис робіт на заводах і фабриках виконуваних". В 1885г. вийшла робота професора І.І. Тіме (1838 – 1920гг.) "Основи машинобудування, організація машинобудівних фабрик в технічному і економічному відношенні і виробництво робіт". І, нарешті, була

видана книга проф. А.П. Гавриленко (1861 – 1914 рр.) "Технологія металів", в якій був узагальнений досвід розвитку технології металообробки. Довгі роки цей підручник був основним посібником, по якому вчилася декілька поколінь інженерів.

До однієї з перших фундаментальних праць по основах технології машинобудування слід віднести підручник проф. Б. С. Балакшина "Технологія верстатобудування" і книгу проф. А. П. Соколовського "Наукові основи технології машинобудування".

В курсі "Основи технології машинобудування" розроблені питання технології, загальні для усіх галузей машинобудування, і поступово цей курс став загально інженерною дисципліною, що читається студентам усіх спеціальностей машинобудівних вузів.

У спеціальній частині курсу "Технологія машинобудування" розглядаються, головним чином, питання, специфічні для однієї галузі машинобудування. Розглядаються методи виготовлення основних деталей та складання машин цієї галузі.

Великий зв'язок технології машинобудування з такими базовими дисциплінами, як теорія різання, оброблювальні верстати і різальні інструменти, допуски, технічні виміри, матеріалознавство і термічна обробка. Розгляд технологічних питань без використання цих наук взагалі неможливий.

Сучасні технологічні процеси в машинобудуванні базуються на останніх досягненнях математичних наук, електроніки, обчислювальної техніки, кібернетики, металофізики та ін. На цій основі створено вчення про точність обробки деталей, розкриті закономірності розмірних і тимчасових зв'язків технологічних процесів, розроблені розрахункові методи, сформульована система основних понять і визначень, створена методика розробки технологічних процесів та ін.

Забезпечення випуску конкурентноздатної продукції визначає необхідність безперервного вдосконалення технологічних процесів і засобів технологічного оснащення, подальшого розвитку і вдосконалення наукової бази технології машинобудування.

Технологія машинобудування нині є "головним технологом" усіх виробництв, а думка інженера-технолога у багатьох випадках стає визначальною.

9.1.2. Роль технології машинобудування в діяльності інженера

Одним із головних науково-практичних завдань інженера-технолога є вивчення закономірностей протікання технологічних процесів і виявлення тих параметрів, впливаючи на які можна підвищити ефективність виробництва і якість виробів. Тому знання основ технології машинобудування обов'язково для широкого діапазону інженерних професій різної спеціалізації.

Незалежно від сфери своєї діяльності інженер повинен добре знати:

- Зміст і особливості технологічних процесів, якими користуються на даному виробництві.
- Номенклатуру і властивості використовуваних матеріалів.
- Методи отримання заготовок.
- Устаткування (оброблювальне, вантажопідйомне, транспортне та ін.) свого цеху (ділянки), а також основні характеристики устаткування суміжних цехів (ділянок).
- Мати уявлення про технологічні можливості устаткування суміжних підприємств.
- Робочі інструменти і оснащення свого цеху (ділянки).
- Засоби і способи безпечної роботи.

Функції інженера-технолога широкі і різноманітні, починаючи від технологічної підготовки виробництва до безпосередньої участі в процесах реалізації технологічних процесів.

Робота сучасного підприємства в умовах, що динамічно змінюються, примушує вирішувати "взаємовиключні" завдання: швидко переходити на випуск нової продукції і одночасно впроваджувати нові технології і техніку; підвищувати якість виробів і знижувати витрати виробництва.

Об'єм технологічних розробок в одиницю часу безперервно росте у зв'язку зі зростаючими вимогами до якості виробів і швидкій зміні конструкцій виробів. Таким чином, виникає проблема, що полягає в тому, що технолог в сучасних умовах повинен виконувати в одиницю часу не лише більший об'єм робіт, але і робити її на вищому якісному рівні. Вирішення цієї проблеми лежить в автоматизації праці технолога, а це, у свою чергу, вимагає подальшого розвитку наукових

основ технології машинобудування.

Сьогодні, в умовах автоматизованих виробництв, що швидко розвиваються, питання розробки сучасних технологічних процесів набувають особливо актуального значення, піднімаючи ще вище роль і відповідальність інженера-технолога.

Сучасний інженер-технолог, окрім перерахованих вище обов'язкових вимог, повинен орієнтуватися в усій різноманітності нового верстатного обладнання і нових технологічних процесів. Не менше проблем і з обробкою нових конструкційних матеріалів, технічні характеристики яких рівні, а в деяких випадках перевищують характеристики різальних інструментів.

9.2. Технологічний процес (загальні відомості)

Сучасне виробництво використовує широкий спектр методів обробки при виготовленні деталей і виробів. Це як традиційні технології (отримання заготовок, обробка металів різанням, термічна обробка, складання та ін.), так і ряд нових (лазерне і плазмове різання, високошвидкісне фрезерування, литво пластмас в гарячечанальні форми та ін.). Нові напрями намітилися також в технологічних процесах складання. Уся ця різноманітність технологій підпорядкована певним закономірностям розвитку виробництва і техніки в цілому. Застосування тієї або іншої технології у кожному конкретному випадку має бути оформлене у вигляді технологічного процесу (ТП) з урахуванням типу виробництва.

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана з послідовною зміною стану предмета виробництва. Будь-який технологічний процес складається з окремих операцій.

Технологічною операцією називається частина технологічного процесу, що виконується над певним об'єктом на одному робочому місці за участю робітника або під його безпосереднім спостереженням.

Традиційно операція розділяється на робочі *переходи і проходи* та допоміжні елементи (установка і зняття деталі, підведення і відведення інструменту та ін.).

В умовах автоматизованого виробництва структура операції ускладнюється. Додаються нові елементи: *позиції, кроки, елементарні*

кроки, технологічні команди і тому подібне. Окрім технологічних робочих операцій розрізняють ще і допоміжні операції. До них належать *транспортування, контроль, маркування* і інші роботи.

Встановлення змісту і послідовності виконання операцій входить в завдання проектування технологічного процесу.

Структура операції залежить від типу виробництва і від вживаного технологічного устаткування. Враховуючи різний рівень автоматизації сучасних виробництв, є підстави розглядати конкретні випадки проектування технологічних операцій для різних виробництв.

9.2.1. Класифікація технологічних процесів

Характер технологічних процесів визначається залежно від трьох основних чинників: методу виготовлення, масовості виробництва і набутої форми організації виробництва. Класифікація технологічних процесів наведена на рис. 9.1.



Рис. 9.1 – Класифікація технологічних процесів в машинобудуванні

В *одиничному виробництві* випускаються вироби широкої номенклатури у відносно малих кількостях, тому воно має бути універсальним і досить гнучким.

Серійне виробництво – багато номенклатурне. У серійному виробництві виготовляють партії деталей і серії виробів, що регулярно повторюються через певні проміжки часу.

Масове виробництво характеризується випуском однотипної продукції у великих кількостях протягом досить тривалого часу.

В процесі розвитку технології машинобудування сформувалися

три основні форми організації технологій: одинична, типова і групова. Кожна організаційна форма має свою область раціонального використання, свої переваги і недоліки.

Індивідуальний технологічний процес детально розробляється для кожної деталі або виробу. Він враховує усі особливості конкретного виробу і виробничі умови, включає детальну розробку кожної технологічної операції, але вимагає багато часу на розробку.

Типовий технологічний процес (запропонований професором А.П. Соколовським) розробляється на групу конструктивно схожих деталей для найскладнішої деталі в групі. В основі типової технології лежить розподіл виробів на класи-підкласи-групи-підгрупи-типи. При використанні типового процесу робочий технологічний процес на деталь розробляється досить швидко і якісно. Типові процеси дозволяють уникати повторних і нових розробок при проектуванні робочих технологічних процесів, внаслідок чого полегшується праця технолога і скорочуються витрати часу на розробку. Використання типових технологічних процесів значною мірою сприяє стандартизації та уніфікації конструктивних елементів деталей.

Груповий технологічний процес – це процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками. Групова технологія, основоположником якої є професор С.П. Митрофанов, була розроблена з метою підвищення ефективності виготовлення виробів широкої номенклатури

Спільність устаткування і оснащення для здійснення однієї і тієї ж операції – основні чинники для об'єднання деталей в групи. Групова технологія підвищує продуктивність праці при виготовленні різних, але близьких за геометричними ознаками деталей. Груповий технологічний процес розробляють на комплексний виріб.

Комплексний виріб об'єднує в собі риси більшості виробів, що увійшли до групи, є "збиральним", часто не існує в дійсності. Для комплексного виробу розробляється технологічний процес і усі вироби цієї групи, будучи, як правило, більш простими ніж комплексний виріб, виготовляють по цьому технологічному процесу, пропускаючи окремі технологічні переходи. Усі вироби, закріплені за цим технологічним процесом, виготовляють партіями. Груповий процес знайшов застосування в дрібносерійному і серійному виробництві.

Якщо типова технологія спрямована на скорочення

трудомісткості технологічної підготовки виробництва, підвищення ефективності технологічних процесів і поширення прогресивних рішень, то групова технологія призначена для підвищення ефективності виробничого процесу.

Вибір оптимального варіанту технологічного процесу і технологічного оснащення залежить від типу виробництва. Наприклад, виготовлення пластмасових деталей буде раціональним при масовому виробництві, і нееконічним при одиничному, оскільки вартість оснащення (прес-форм) дуже висока і термін окупності її дуже тривалий.

9.2.2. Поняття про модульну технологію

У 80-х роках професором Базровим Б.М. була запропонована методика модульного проектування технологічних процесів, яка, за твердженням автора, об'єднує в собі переваги одиничного, типового і групового процесів і додатково придбаває гнучкість.

Поява модульного напрямку в технології є віддзеркаленням сучасної тенденції розвитку виробництва і своєрідним продовженням розвитку ідеї типізації А.П. Соколовського.

Як об'єкт класифікації запропонований *модуль поверхонь* (МП), що представляє собою поєднання поверхонь, об'єднаних тією або іншою службовою функцією у деталі.

Усі МП розділені на три класи за службовою ознакою:

- базові (МПБ),
- робочі (МНР),
- єднальні МПС).

Їх повна класифікація містить 26 найменувань. Запропонована класифікація в результаті набуває узагальненого характеру, а МП розглядаються як елементи, з яких можна побудувати будь-яку деталь.

Група МП, виготовлена по одному технологічному процесу дістала назву *інтегрального модуля поверхні* (МПП).

Для виготовлення конкретного МПП повинен розроблятися відповідний технологічний модуль, що є частиною технологічного процесу. Він дістав назву *технологічного блоку* (ТБ).

ТБ містить послідовність переходів, обумовлену конструктивним оформленням МПП деталі, її розмірами, вимогами до

якості і тому подібне. Для здійснення ТБ створюються відповідні *верстатні модулі (МВ), модулі пристосувань (МПр), інструментальні модулі (МІ) і модулі контрольно-вимірювальних засобів (МКВ)*.

Модульна технологія полягає в тому, що модульний технологічний процес виготовлення деталі поєднує типові технологічні блоки ТБ виготовлення МП, з яких складається деталь.

Проектування модульного технологічного процесу включає представлення деталі як сукупності МП, аналіз їх конструктивних зв'язків, формування з МП деталі інтегральних модулів, вибір технологічних баз і послідовності утворення інтегральних модулів, розробка маршрутного технологічного процесу і проектування операцій.

Ідея типізації реалізується в модульному процесі на рівні технологічних блоків виготовлення модулів і сприяє зниженню трудомісткості технологічної підготовки виробництва, поширенню передової технології на всі машинобудівні підприємства, вдосконалюючи технології з урахуванням останніх досягнень науки і техніки.

9.3. Проектування технологічних процесів

Розробка технологічних процесів (ТП) належить до складних і трудомістких інженерних робіт. Проектування ТП – багатоваріантний процес. Для виготовлення однієї і тієї ж деталі або складальної одиниці можуть бути спроектовані різні ТП, що відрізняються своїми техніко-економічними показниками і, передусім витратами на виготовлення, продуктивністю, надійністю забезпечення заданої якості виробу.

Остаточний вибір одного або декількох рівноцінних кращих варіантів ТП виконується методом зіставлення різних технологічних варіантів по ефективності і рентабельності

9.3.1. Традиційні методи проектування технологій

Процес проектування складається з комплексу взаємозв'язаних і виконуваних в певній послідовності етапів. До них належать:

- вибір типу виробництва, вибір методу отримання заготовки,

- вибір баз,
- вибір послідовного виконання методів обробки окремих поверхонь,
- складання маршруту обробки деталі в цілому,
- уточнення змісту і міри концентрації операцій,
- вибір устаткування, інструментів і пристосувань.

Для масового і багатосерійного виробництв виконується детальна розробка технологічних операцій.

Технологічна документація включає:

- маршрутну карту (обов'язкову для усіх типів виробництва),
- операційні ескізи і карти (для умов масового і багатосерійного виробництв).

Методики проектування технологічних процесів для універсального устаткування детально розроблені і викладені в науковій, методичній і учбовій літературі.

9.3.2. Особливості проектування технологічних процесів для верстатів з ЧПУ

Поява верстатів з ЧПУ визначила ряд нових вимог до усіх елементів технологічного процесу, починаючи від робочих місць і структури технологічних операцій і закінчуючи реорганізацією технологічних служб.

Однією з умов ефективного використання верстатів з ЧПУ є раціональне підбирання номенклатури деталей. Основні вимоги до конструкції деталей, які оброблятимуться на верстатах з ЧПУ:

1. Деталі повинні мати складну форму або криволінійні поверхні, для виготовлення яких на універсальних верстатах вимагається спеціальне технологічне оснащення, фасонний різальний інструмент і витрачається значний допоміжний час.

2. Конфігурація деталей повинна дозволяти обробляти на одній операції можливо більше число поверхонь.

3. Можливість установлювати і закріплювати заготовки на верстаті за допомогою простих пристосувань.

4. Загальне число інструментів, які необхідні для обробки деталі, має бути мінімальним.

Підготовка технологічного забезпечення включає два види робіт:

- розробку технологічного процесу;
- Розробку робочої програми.

Порядок виконання переходів обробки при виготовленні деталей на верстатах з ЧПУ і на універсальних верстатах з ручним управлінням принципово однаковий. Відмінність полягає в більшій концентрації переходів обробки на одному верстаті з ЧПУ і тенденції повністю обробити заготовку за одну установку.

Це вимагає розподілу робочих і допоміжних ходів на кроки. Кроками є окремі переміщення інструменту уздовж прямої або по колу з постійною швидкістю, а також розгін і гальмування на початку і в кінці руху. Простими складовими операції на верстаті з ЧПУ є елементарні переміщення і технологічні команди.

При проектуванні технологічних процесів для верстатів з ЧПУ вирішуються питання:

- базування,
- послідовності і змісту переходів,
- вибору пристосування, інструменту,
- призначення режимів різання,
- нормування мають свої особливості.

Вибір технологічних баз в умовах програмної обробки ускладнюється. Особливості базування деталей на верстатах з ЧПУ пов'язані з тим, що на відміну від обробки на універсальних верстатах, коли точність розмірів забезпечується відносно технологічних баз, при обробці заготовок на верстатах з ЧПУ точність розмірів забезпечується відносно початку відліку координатної системи верстата.

Система координат верстата (СКВ), в якій визначається положення робочих органів верстата і інших координатних систем, є основною. Тому, для отримання необхідних розмірів деталі необхідно точно погоджувати положення заготовки і інструменту в системі координат верстата.

Система координат деталі (СКД) служить для визначення координат опорних точок оброблюваних поверхонь.

Опорними точками називають точки початку, кінця, перетину або торкання геометричних елементів, з яких утворені контур деталі і траєкторія руху інструменту при обробці. Точку на деталі, відносно якої задані її розміри, називають *нуль деталі*.

Зв'язки систем координат при обробці деталей на різних верстатах з ЧПУ і більш повні рекомендації по вибору послідовностей обробки приведені в довідковій літературі.

Документація технологічних процесів для верстатів з ЧПУ має більший об'єм і трудомісткість, ніж для іншого устаткування. У доповнення до документації, яка використовується для універсальних верстатів, згідно із стандартами необхідно розробляти: карту наладки інструменту; карту кодування інформації; карту замовлення на розробку управляючої програми, відомість оброблюваних деталей.

Специфіка проектування технологій для верстатів з ЧПУ викликала необхідність реорганізації технологічних служб. На багатьох підприємствах відділ головного технолога включає три бюро: універсального устаткування, верстатів з ЧПУ та бюро програмування.

9.4. Основні напрями розвитку сучасної технології

Технологічні процеси постійно зазнають зміни у зв'язку з появою нових джерел енергії, нових матеріалів з новими фізико-механічними характеристиками; вдосконаленням устаткування, оснащення, різальних інструментів та ін. Ці зміни призводять до появи принципово нових методів обробки і нової організації виробництва.

Сьогодні головне завдання інженера технолога полягає в тому, щоб на базі нових матеріалів і автоматизованого устаткування забезпечувати сучасні економічно ефективні енергозберігаючі та безвідходні технологічні процеси.

Розробка нових технологій належить до пріоритетних напрямів інженерної діяльності. Ці напрями визначають розвиток як самих технологічних процесів, так і методів їх розробки.

В розвитку технології машинобудування слід виділити три основні напрями її розвитку:

- якісні зміни технологічних процесів,
- підвищення рівня автоматизації,

- технологічна уніфікація виробництва.

9.4.1. Якісні зміни технологічних процесів

Якісні зміни сучасних технологічних процесів сталися за рахунок застосування електричних, фізичних і хімічних процесів: ультразвуку, лазера, потоків елементарних часток, електромагнітного поля, плазми і інших явищ і станів речовини, що використовуються як технологічні агенти.

Замість механічної обробки деталей на макрорівні нові технології відкривають можливість впливу на мікроструктуру речовини на рівні молекул і атомів. Здійснюється впровадження принципово нових технологій – електронно променевих, плазмових, імпульсних, нанотехнологій та ін.

Нові технологічні процеси більш універсальні і гнучкі, оскільки легше допускають перехід на виготовленні нової продукції, підвищують коефіцієнт використання сировини і економію матеріалів, вимагають, як правило, менш громіздкого устаткування, покращують якість продукції, значно підвищують продуктивність праці (див. гл. 6).

Так, наприклад, заміна механічної обробки рубінових каменів лазерною обробкою дозволила замість декількох верстатів використовувати одну лазерну установку, продуктивність якої в 500 разів вище.

В електронній техніці також застосовуються нові матеріали і абсолютно інші технології (див. 9.5.1).

Принципово новий напрям інженерної діяльності – нанотехнології. *Нанотехнологія* – це сукупність методів виробництва продуктів із заданою атомарною структурою шляхом маніпулювання атомами і молекулами. Нанотехнології разом з обчислювальною технікою, телекомунікацією, біотехнологією і альтернативними джерелами енергії по праву вважаються рушійною силою розвитку прогресу ХХІ, (див. 9.5.2).

9.4.2. Автоматизація технологічних процесів

В автоматизації виробництва можна виділити два основних напрями: автоматизацію виробничих процесів і автоматизацію інженерної праці.

Автоматизація виробничих процесів. Метою автоматизації виробництва є підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, усунення людини від безпосередньої участі у виробничому процесі і в першу чергу від важких робіт і робіт в умовах, небезпечних для здоров'я. Особливо актуальний розвиток автоматизації процесів обробки і складання в умовах дрібносерійного і серійного виробництв. Автоматизація виробництва розвивалася поступово:

- На першому ступені в верстатах-напівавтоматах було автоматизовано виконання робочих переходів за допомогою попереднього налаштування. Управління верстатом, завантаження і розвантаження заготовок і деталей здійснювалися людиною.

- Верстати-автомати та автоматичні складальні машини крім робочих переходів забезпечували автоматичне виконання завантаження і розвантаження. Управління верстатом значно спрощене лишалося за верстатником.

- Останній ступінь автоматизації – це автоматизація управління роботою верстата за допомогою заздалегідь розробленої програми. Програмоване управління усувало необхідність в попередньому налаштуванні верстатів і технологічної системи для виготовлення виробу.

Найбільш високий економічний ефект дає об'єднання верстатів-автоматів в автоматичні лінії, що дозволяє автоматизувати багато допоміжних переходів (транспорт, переорієнтацію деталей та ін.).

У першій половині ХХ століття автоматизація в машинобудуванні здійснювалася в основному в масовому виробництві, і тільки в 50-х роках після появи верстатів з ЧПУ з'явилася можливість автоматизувати виробництво деталей в одиничному і дрібносерійному виробництвах.

Рівень автоматизації різних технологічних процесів нерівномірний. Найбільш низьким до останнього часу він залишався при виконанні складальних робіт, рис. 9.2.

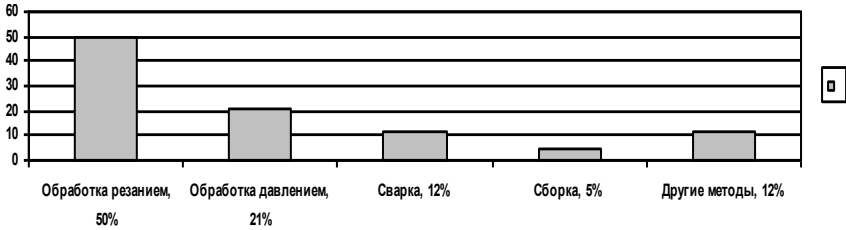


Рис. 9.2. – Аналіз рівнів автоматизації різних технологічних процесів

Головне завдання автоматизації полягає в підвищенні ефективності і більш повному використанні річного фонду робочого часу. Виділяються три головні напрями:

- використання автоматизованого устаткування для зменшення часу на обробку деталей,
- скорочення незавершеного виробництва,
- скорочення циклу виготовлення деталі.

Наприклад, в дрібносерійному виробництві заготовка лише близько 10 % часу знаходиться в робочій зоні верстата, інші 90 % вона пролежить біля верстата або на складі в очікуванні обробки чи транспортується.

Є ще один істотний аспект автоматизації, що має не стільки економічне, скільки соціальне значення – автоматизація звільняє людину від втомливої, одноманітної праці.

Однак, збільшення кількості автоматичного устаткування в робочих приміщеннях вимагає одночасно більшої уваги з боку проєктувальників і виконавців до питань забезпечення техніки безпеки.

Автоматизація праці інженера-технолога. Автоматизація проєктування технологічних процесів (АПТП) на базі комп'ютерів дозволяє прискорити розробку технологічних процесів, підвищити продуктивність праці інженерів-технологів, звільнити їх від рутинної роботи і зробити їх працю творчою. АПТП розширює можливості технологічного проєктування. На основі аналізу і порівняння різних варіантів і чинників, пов'язаних із зміною початкових даних, можна сформулювати оптимальний для заданих умов виробництва варіант процесу.

В СРСР основи автоматичних систем технологічної підготовки

виробництва (АСТПП) почали створюватися ще в 60-х роках двадцятого століття. У розробці теоретичних основ побудови АСТПП і досягненні практичних результатів велика роль належить нашим вченим: С. П. Митрофанову, В. И. Аверченкову, И.А. Івашенко, Г. К. Горянському, Н. М. Капустину, Д. Д. Куликову, В. В. Павлову, Б. С. Падуну, В. Д. Цветкову і багатьом іншим. Були сформульовані основні функції, які повинна забезпечувати система АСТПП.

Основна ідея, покладена в основу автоматизації ТП, – при заданій і введеній в автоматичну систему інформації система повинна забезпечити проектування і видачу ТП, придатного для реалізації в заданих виробничі умови, при мінімальному додатку інтелекту фахівця. Якість отриманого проектного рішення має бути не нижче, ніж при його формуванні фахівцем.

Розробки технологічних процесів базується на використанні *Єдиної інформаційної бази підприємства*, яка повинна містити відомості по:

1. Нормативній документації (стандартам, інструкціям, нормалям).
2. Конструкторській документації (тривимірним моделям, кресленням).
3. Технологічній документації (типовим технологічним процесам, маршрутним технологіям, технологічній документації).
4. Технологічному устаткуванню.
5. Робочим і контрольним інструментам.
6. Конструкційним матеріалам, комплектуючим і покупним виробам.

Наявність елементної бази технологічних процесів дозволяє поширювати прогресивні рішення, понизити різноманітність засобів технологічного забезпечення до необхідного мінімуму, звести до мінімуму дублювання в розробках технологічних процесів, устаткування і оснащення.

Перехід до комп'ютерних методів проектування дозволяє технологам значно скоротити час розробки технологічних процесів і заповнення технологічної документації, впроваджувати на виробництвах частково або повністю "без паперові" технології.

Системи автоматизованого проектування ТП для виготовлення виробів машинобудування сприяють виконанню найважливішої

функції – збільшенню життєвого циклу виробів. Ці системи повинні забезпечувати:

- проектування ТП виготовлення деталей;
- підготовку програм для управління верстатами з ЧПУ;
- проектування складальних ТП.

При великому різноманітті всі системи АПТП розділені на два типи:

- В системах першого типу в основу покладені принципи класифікації поверхонь деталей і багатокрокового синтезу технологічних процесів.

- Основою систем АПТП другого типу є принципи класифікації деталей за конструктивно-технологічними ознаками і типізацією технологічних процесів.

Відповідно до закладених в системах можливостей, системи першого типу називаються *універсальними*, другого – *типовими*. Нині все більше застосування знаходить типова система АПТП.

До базових систем для автоматизації проектування належать системи класу CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) і класу CAE (Computer Aided Engineering). CAD/CAM – системою називається система, яка забезпечує інтегроване рішення завдань розробки конструкторського проекту виробу і формування управляючих програм для обробки деталей виробу на устаткуванні з ЧПУ.

Серед PDM-систем, які поширені в практиці і відповідають сучасним вимогам, найбільш вживані такі програмні продукти як PDM SmartTeam, Adem та ін. Результатом роботи PDM – системи є узгоджена колективна робота конструкторських бюро, технологічних відділів, служби технічної документації (СТД) і інших підрозділів підприємства

При використанні САПРТП і єдиних інформаційних баз стає можливою організація без паперових технологічних процесів, без складського господарства, ліквідація або значне скорочення наробків незавершеного виробництва.

9.4.3. Технологічна уніфікація процесів

Уніфікація – це приведення різних видів об'єктів до найменшого числа типорозмірів, марок, форм, властивостей і т.п.

В умовах сучасних виробничих процесів особливого значення набуває технологічна уніфікація.

Об'єктами технологічної уніфікації є як сам технологічний процес, так і його складові – маршрутний процес і операція, а також технологічне устаткування і оснащення.

Значення технологічної уніфікації зростає зі збільшенням складності виробів і зменшенням програм їх виготовлення. Це обумовлює підвищення вимог до універсальності технологічних процесів і оснащення.

Основні напрями технологічної уніфікації:

- Спадкоємність виробничої бази, технологічних процесів і засобів їх оснащення.
- Відпрацювання конструкції новостворюваних виробів на технологічність, особливо у напрямі забезпечення її конструктивно-технологічної спадкоємності з попередніми конструкціями.
- Забезпечення можливості виготовлення послідовного ряду однотипних виробів на одному підприємстві.
- Скорочення витрат на підготовку виробничої бази для випуску нових виробів.
- Створення типового, універсального, переналагоджуваного і збірно-розбірного технологічного оснащення, а також застосування принципів стандартизації при його розробці.
- Застосування типових і групових технологічних процесів, що сприяє впровадженню оптимальних форм організації праці, скорочує терміни і витрати на розробку необхідної документації в процесі технологічної підготовки виробництва.

Розвиток уніфікації в машинобудуванні повинен здійснюватися з позицій системного підходу, коли уніфікація одночасно виконується на всіх пов'язаних між собою ланках виробничого ланцюжка: уніфікованому об'єкту "виріб" повинен відповідати уніфікований "технологічний процес", а йому – уніфікований об'єкт "технологічна система".

9.5. Нові технологічні процеси

Революційність сучасних процесів пронизує всі галузі виробництва, і як наслідок – всі ланки інженерної праці. В машинобудуванні відбувається ускладнення виробів, в яких об'єднуються *електричні, електронні і механічні елементи*. В сучасних виробках поряд з механічними відбуваються глибокі фізичні процеси на рівні атомів і молекул, де починають діяти інші закони (закони кібернетики і теорії відносності), відмінні від законів механіки.

Електроніка і нанотехнології –нові напрямки в розвитку машинобудування.

Для розвитку сучасного машинобудування і формування нових технологій необхідні нові інженерні кадри і нова матеріально-технічна база. Це підвищує вимоги до універсальності інженерних знань. Тому для інженерів всіх виробництв важливе поглиблення теоретичних знань, особливо з фізики, біології, хімії та математики.

9.5.1 Електроніка і машини-автомати

Розвиток електроніки і інформатики паралельно з механічними системами сприяв створенню нового напрямку інженерної діяльності – електронної техніки, що базується на своїх специфічних матеріалах і технологіях.

З розвитком твердотільної електроніки пов'язано успішне створення сучасних систем зв'язку і телебачення, ефективної передачі і перетворення електроенергії, розвиток обчислювальної техніки і різноманітної побутової, медичної і спеціальної електронної апаратури.

Не можна не захоплюватися досягненнями людства в другій половині ХХ століття, коли мало не кожен рік супроводжувався великим проривом то в одній, то в іншій області техніки. Однією з причин тому було широкомасштабне застосування напівпровідників. Здавалося б, що тут такого? Люди почали використовувати ще один вид матеріалів, і тільки.

Але можна сказати, що саме напівпровідники перетворили за декілька десятиліть розгромлену в другій світовій війні убогу і голодну Японію в одну з провідних держав світу.

Напівпровідники – це щось середнє між провідниками і діелектриками. До них належить багато хімічних елементів (германій, кремній, селен, телур, миш'як та ін.)

Найпоширенішим в природі напівпровідником є кремній, що становить близько 30% земної кори. Кремній став основним матеріалом в електроніці (див. гл. 4). На одній тонкій пластинці кремнію отримують багато сотень готових інтегральних схем.

Інтегральна схема – це система мікроскопічних пристроїв (діодів, транзисторів, провідників і тому подібне) на одній кремнієвій підкладці. З часом легкої руки мікросхеми почали називати *чипами* за деяку схожість з тонкими скибочками смаженої картоплі (англ. chip).

Технологія складних електронних схем дозволяє значно зменшити і спростити конструкції, що існували раніше. Наприклад, сучасний комп'ютер в 40 разів потужніше і в той же час в 10 тис. разів дешевше, в 17 разів легше, в півтори тисячі разів менше за об'ємом і в 2,8 тис. разів менш енергоємний, чим перші лампові комп'ютери [64].

Розвитку елементної бази твердотільної електроніки приділяється велика увага в усіх передових країнах світу. Тільки у 1996 р. світове виробництво напівпровідникових приладів в грошовому численні перевищило 160 тисяч доларів, а в 2000 р. воно складало вже близько 300 млрд. доларів.

Щорічно в розвиток цієї галузі науки і техніки вкладаються мільярди доларів. Досягнення фізики, фізіології і технології напівпровідникових матеріалів, а також напівпровідникового матеріалознавства значною мірою визначають прогрес в розвитку твердотільної електроніки.

Ринок електронного устаткування останніми роками динамічно розвивався з середньою швидкістю 7% в рік. Це як мінімум в два рази перевищує середню швидкість росту ВВП в розвинених країнах, тому висловлюються прогнози, що електронна промисловість стане найбільшою галуззю у світі в ХХІ столітті. Сучасний світовий ринок електронного устаткування перевищив 1,2 трильйона доларів, обігнавши ринок автомобілів.

9.5.2. Нанотехнології та перспективи їхнього розвитку

Зараз в руках вчених і інженерів знаходяться потужні технологічні інструменти (сканувальні мікроскопи для зондування,

синхротронне випромінювання, різні види спектроскопії та ін.), які дозволяють маніпулювати молекулами і атомами.

Маніпулювання матерією на молекулярному рівні, а то і нижче, дістало назву нанотехнологій. Якщо волос людини має середній діаметр 30 мікрон, то наноструктури – це ті об'єкти, розміри яких складають менше 100 нанометрів, тобто в тисячу разів менше.

Нанотехнології – це процеси отримання наноматеріалів, а також приладів, пристроїв, конструкцій з використанням наноматеріалів.

Нанотехнології знаходяться в початковій стадії свого розвитку, але вже сьогодні ясно, що це технології майбутнього, здатні перетворити світ. Ці технології, що принципово відрізняються від усіх відомих раніше, вимагають і нового технічного устаткування, і нових фахівців.

Нині вже широко використовуються ультра дисперсні порошки, що займають в США більше 90% ринку, нановолокна і нанодріт, наноплівки і нанопокриття, і починають отримувати все більше застосування об'ємні наноматеріали – нанокристалічні і нанозернисті (з розміром зерен менше 100 нм).

Отримані за допомогою нанотехнології нанотрубки (див. главу. 5) виявилися на рідкість міцним матеріалом. Нанотрубки в 50-100 разів міцніше стали і мають в шість разів меншу щільність. Незвичайні електричні властивості нанотрубок роблять їх одним з основних матеріалів для наноелектроніки. На їх основі виготовлені нові елементи для комп'ютерів. Ці елементи забезпечують зменшення пристроїв в порівнянні з кремнієвими на декілька порядків. Вже з'явилися емісійні монітори з плоским екраном, які працюють на матриці з нанотрубок. Нанотрубки і МЕМС-датчики знаходять застосування в різних галузях промисловості.

Поки що нанотрубки отримують примітивними, малопродуктивними методами, що обумовлює їх занадто високу для повсякденного застосування ціну (\$50-100 за грам). Проте в лабораторіях Концерну "Наноіндустрія" створені зразки промислового устаткування, що виробляє високоякісні нанотрубки з меншою на порядок собівартістю.

Застосування наноматеріалів в сучасних виробництвах.

У машинобудуванні використання наноматеріалів дозволяє значно підвищити багато якісних показників машин.

Нині нанотехнології впроваджують видатні виробники

автомобілів, а вже до 2010 року їх будуть використовувати всі автомобілебудівники і більшість їхніх постачальників. Практично кожна деталь автомобіля може бути вдосконалена за допомогою нанотехнологій.

Вже сьогодні антифрикційні покриття подовжують термін служби деталей, що труться, стекла з керованими оптичними властивостями регулюють освітленість салону, а покриття, що самоочищаються, завойовують нагороди. "Toyota оснащує свої автомобілі легкими і міцними бамперами з додаванням нанотрубок, а машини Kia і Hyundai їздять на екологічному водні.

Пластикові деталі стануть вогнетривкими. Розумні, надм'які ресори згладять будь-які нерівності дороги. На черзі – покриття, що самовідновлюються, фарби з програмованим кольором і штучний інтелект – автопілот.

Автомобіль буде впізнавати свого власника в обличчя, а відслуживши свій термін, поїде в ліс і розкладеться на екологічно чисті біоелементи.

В авіації наноелектроніка і МЕМС-датчики перетворюють літаки на безпілотних роботів. Надміцні і жаростійкі наноматеріали дозволять їм літати на величезних швидкостях з нелюдськими перевантаженнями, а наночастки забезпечать економію і підвищення якості палива. Скафандри космонавтів стануть зручнішими, сонячні батареї – ефективними, а ракети – надійними.

У військовій справі – наноматеріали вже застосовуються: як радіо поглинаючі покриття літаків-невидимок "Стелс", в нових видах вибухової зброї. Трубчасті вуглецеві нановолокна і фулерени перспективні для армування "суперброні" (для танків і бронезилетів).

Вже сьогодні наноматеріали знайшли застосування:

- *в медицині* – для захисту персоналу від рентгенівського випромінювання. Фартухи і рукавички, виготовлені з наноматеріалів, приблизно в 30 разів легше вживаних нині;

- *в фармакології* – для отримання ліків швидкого засвоєння і дії, використовуваних в екстремальних умовах (при пораненнях в катастрофах, бойових діях і тому подібне);

- *в кондиціонерах і пральних машинах* вбивають бактерії за допомогою наночасток;

- *в будівельній практиці* виготовляють шибки з покриттями, що

самоочищаються, – спочатку вони розкладають пил і бруд, використовуючи енергію сонячного світла, а потім дощ легко змиває їх;

- для отримання *нового суперматеріалу* бавовняну тканину покривають нанотрубками. Виявилось, що на поверхні волокон тканини можна сформувати шар в 500 нм з сильно переплетених нанотрбок, скріплених полімерною матрицею. В результаті збільшується міцність тканини, стійкість горінню, водовідштовхувальні властивості, захист від ультрафіолетового випромінювання. Застосування нанотрбок дозволило перетворити звичайну бавовняну тканину на суперматеріал, придатний для широкого використання в різних галузях, навіть для військових цілей.

Необхідно відмітити, що нанотехнології значно стирають межі між живою матерією і технікою. "У найзагальнішому сенсі, різниця між поняттями "машина" і "живий організм" полягає в "штучному" або "природному" їх походженні.

Нанотехнології показали можливість створення штучних аналогів живих систем, управління природними процесами і створення на основі живих об'єктів штучних пристроїв. Тому різниця між цими двома поняттями вже не така очевидна". (Лідія Соколовська).

Нанотехнології визначили появу ще одного нового напрямку інженерної діяльності – *біотехнологію*. Основна мета біотехнології – отримання біооб'єктів із заданими властивостями. Біотехнологія працює з біомолекулами, мікроорганізмами, клітинами і тканинами рослин і тварин. Її досягнення застосовуються в найрізноманітніших галузях промисловості і трудової діяльності (харчовій, фармацевтичній, нафтовій, енергетиці, електроніці, медицині, сільському господарстві та ін.). Очікується, що біотехнологія допоможе вирішити багато екологічних проблем.

Значення нанотехнологій з кожним роком зростає. За оцінкою американських експертів в найближчі 20 років 90% сучасних матеріалів будуть замінені принципово новими наноматеріалами, що приведе до революції практично в усіх галузях техніки. Дешеві, легкі і міцні наноматеріали з часом витіснять більшість металів і пластмас.

Останнім часом все більше далекоглядних підприємців, які розуміють перспективність і економічну вигоду нанотехнологій,

вважають за краще вкладати кошти у високотехнологічні проекти.

У США розроблена програма "Національна нанотехнологічна ініціатива", що передбачає створення безлічі технологій приватними компаніями в партнерстві з державою. Об'єм інвестицій в нанотехнології в цій країні за різними оцінками складає на сьогодні від 50 до 60% від усіх світових інвестицій.

Стрімкий розвиток нанотехнологій приведе, врешті-решт, до створення суспільства нового типу – суспільства, де практично вся промисловість буде поставлена на нанотехнологічну основу.

Контрольні питання

1. Технологія машинобудування – визначення.
2. Інженер технолог, його функції на виробництві.
3. Роль технології машинобудування у виробничому процесі.
4. Класифікація технологічних процесів.
5. Якісні зміни сучасних технологічних процесів.
6. Автоматизація процесів обробки.
7. Комп'ютерні методи в проектуванні технологічних процесів.
8. Нові напрями розвитку сучасних технологій.

Література

1. Буряченко А.І. Інженерна праця та її особливості: навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А.І. Буряченко, І.С. Буряченко, Є.В. Вишнепольський. – Запоріжжя: Просвіта, 2012. – 354 с.
2. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування : підруч. / О.В. Якімов, В.І. Марчук, П.А. Лінчевський, О.О. Якімов, В.П. Ларшин - Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2005. – 712 с.
3. Павленко П.М. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник / Сторож Б.Д., Мазур М.П., Карпик Р.Т., Каразей В.Д – Івано-Франківськ; Хмельницький: ГУП. – 2003. – 153 с.
4. Автоматизація технічної підготовки виробництва : Посіб. / П.М. Павленко, Є.І. Яблочников, Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця, 2006. - 114 с. - укр.