

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут

Машинобудівний факультет
 (повне найменування інституту, факультету)

Кафедра обробки металів тиском
 (повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Оптимізація швевих легованих,
пермагніотних сталей та швів на
гідропресах

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-ФІРМ

Спеціальності 131 Прикладна механіка
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Обладнання та
технології механічного формування
конструкцій машинобудівних

Стефаненко О.В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник Мажохін А.Ю.
 (прізвище та ініціали)

Рецензент Кочан О.Я.
 (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний інститут, Машинобудівний факультет
 Кафедра Обробки металів в тиснах
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 Освітня програма (спеціалізація) Обладнання та механізм пластичного
формування конструкцій машинобудування
(код і найменування)
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ОМТ

Щиробонов В.В.
 «14» грудня 2019 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Стефаненко Ассан Віталіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Оптимізація кривих левелінг, перетавлюючих сталей та сталей на ідропресах

керівник проекту (роботи) Матюхін Антон Юрійович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» грудня 2019 року № 398

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.12.2019

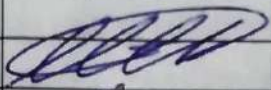

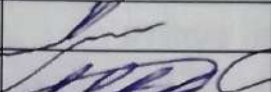

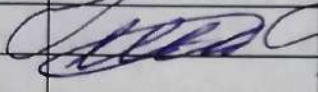

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічний процес
виштоварювання левелінг, перетавлюючих сталей та
сталей на ідропресах в умовах ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»
Звіт з чередованої практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Опод та аналіз існуючих технологій левелінг і напрямків їх вдосконалення 2. Ефективність та якість технологічних процесів виробництва поновок в умовах ідеально виробництва ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» 3. Напрямок підвищення ефективності та якості технологічних процесів виробництва поновок. 4. Оподня процес та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконане завдання
1-3	Матюхін А.Ю., доц. каф. ОМТ		
4 ОП та БУН	доц. Мещеров О.В.		
Керівник проекту	Матюхін А.Ю. доц. каф. ОМТ		

7. Дата видачі завдання « 01 » ноября 2019 року.

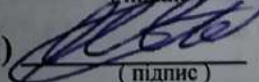
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Огляд та аналіз існуючих технологій шивення і напрямків їх вдосконалення	15.10.19	
2	Ефективність та якість технологічних процесів виробництва поновки в умовах індустріального виробництва ПРАТ. ДНІПРОСРЕЦСТАЛЬ	30.10.19	
3	Напрямки підвищення ефективності та якості технологічних процесів виробництва поновки	25.11.19	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	03.12.19	

Студент(ка)


(підпис)О.В. Стефаненко
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)А.Ю. Матюхін
(прізвище та ініціали)

Зміст

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ КУВАННЯ І НАПРЯМКІВ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ	13
1.1 Алгоритм розробки оптимального технологічного процесу кування	13
1.2 Аналіз впливу на якість поковки факторів, що формують оптимальний технологічний процес кування	18
1.2.1 Фактор форми	19
1.2.2 Кінематичний фактор	23
1.2.3 Температурний фактор	30
1.2.4 Структурний фактор	33
1.3 Висновки	37
РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПОКОВОК В УМОВАХ КОВАЛЬСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»	39
2.1 Загальна характеристика підприємства, схема виробництва	39
2.2 Опис процесу виробництва кованих прутків (поковок)	41
2.2.1 Виплавка і розливання сталей	42
2.2.2 Організація виробництва і робочих місць	43
2.2.3 Нагрівання злитків перед куванням	43
2.2.4 Характеристики пресів	44
2.2.5 Технологічний процес виробництва сортових кованих прутків	45
2.2.6 Особливості технологічного процесу виготовлення кованих прутків груп марок сталей	51
2.2.6.1 Кування прутків з конструкційної сталі легованої Ni (на прикладі сталі 40X2H2MA)	53
2.2.6.2 Кування прутків з інструментальної легованої сталі (на прикладі сталей 4X5MФ1С, X12MФ, 9Г2Ф)	54

	5
2.2.6.3 Кування прутків з нержавіючої сталі (на прикладі сталі 14X17H2)	61
2.2.6.4 Кування прутків з нержавіючої сталі легованої Ni (на прикладі сталі 12X18H10T, 03X17H12M2У)	61
2.2.6.5 Кування прутків з жароміцного сплаву легованого Ni (на прикладі сплаву ХН77ТЮР ВД)	68
2.3 Висновки	69
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПОКОВОК	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	89
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	92
4.1 Аналіз потенційних небезпек	92
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	94
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	96
4.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	100
4.4.1. Заходи з пожежної безпеки	100
4.4.2. Організація цивільного захисту на промислових об'єктах	101
4.5 Висновки	104
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105

РЕФЕРАТ

ПЗ: с. 109, рис. 13, табл.14, джерел 45.

Актуальність теми. Забезпечення якості поковки шляхом управління напружено-деформованим станом заготовки, моделювання цього стану для реалізації ресурсозбереження та підвищення енергоефективності процесу кування є актуальною задачею.

Розробка ресурсозберігаючого технологічного процесу, заснованого на оптимальному способі кування, дозволить вивести на новий рівень якість проектованої продукції і призведе до підвищення техніко-економічних показників виробництва.

Мета і завдання. Дослідження існуючого технологічного процесу кування крупних злитків на гідропресах з метою виявлення та зниження ресурсовитрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно сформулювати і вирішити наступні питання:

- виконання вимог споживача щодо якісних показників готового виробу (поковки) за механічними властивостями, структурою, ступенем укова шляхом оптимізації технологічного процесу деформаційного переділу циліндричних поковок (штанг, прутків) з легованих, нержавіючих сталей і сплавів на гідропресах за рахунок управління їх напружено-деформованим станом,
- поліпшення економічних показників реалізації технологічного процесу (витрата енергоносіїв, тривалість технологічного процесу, кількість технологічних операцій, виносів, трудомісткість, коефіцієнт використання виробничих потужностей обладнання);
- підвищення ефективності використання ресурсів шляхом зниження відходу матеріалу при куванні, енерговитрат, максимального наближення розмірів поковки до розмірів виробу (мінімізація кувальних припусків і припусків на механічну обробку).

Наукова новизна. Були досліджені фактори, що формують раціональний ресурсозберігаючий технологічний процес пластичної формозміни і спосіб кування великих поковок з легованих, нержавіючих сталей і сплавів на гідропресах, і напрямки їх оптимізації. Були виявлені оптимальні технологічні рішення, прийоми, що були спрямовані на підвищення рівня зсувних

деформацій, забезпечення рівномірності деформаційного поля, пророблення центральної частини заготовки і, відповідно, зниження (виключення) поверхневих дефектів поковок (тріщини, рванини), що виникли через нерівномірність розподілу напружено-деформованого стану.

Методи дослідження. В роботі використовувалися стандартні методи розрахунку задач обробки металів тиском, а також:

1. Порівняльний аналіз різних способів кування, що включають в себе комбінацію факторів форми заготовки та інструменту, кінематичного фактору, температурного і структурного факторів.

2. Поопераційний хронометраж процесу кування поковок в КПЦ ПРАТ «ДНПРОСПЕЦСТАЛЬ» сталей 5 груп марок з аналізом особливостей технологічного процесу, використовуваного обладнання, маси злитка і маси готової поковки, робочих записів, що виконувалися технологічним персоналом в картах кування по факту виконання процесу.

3. Аналіз оптимальності технологічного процесу за критеріями продуктивності використання кувального комплексу і металоємності.

4. Оцінка можливостей підвищення ефективності використання обладнання і зростання виходу придатного зі злитку.

5. Розрахунок зусилля деформації для вибору оптимальної комбінації «кувальний комплекс – прокатний стан».

КУВАННЯ, ОСАДЖУВАННЯ, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ, МАКРОЗДВИГИ, НАПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН.

ABSTRACT

EN: p. 109, pic. 13, tabl.14, ref. 45.

Relevance of the topic. Ensuring the quality of forgings by managing the stress-strain state of the workpiece, modeling this state to implement resource saving and improving the energy efficiency of the forging process is a relevant objective.

The development of a resource-saving technological process based on the optimal forging method will allow to bring the quality of the designed products to a new level and will lead to an increase in the technical and economic indicators of production.

Purpose and objectives. Research of the existing technological process of forging large ingots with hydraulic presses in order to identify and reduce resource costs.

To achieve this purpose it is necessary to formulate and solve the following issues:

- fulfillment of consumer requirements regarding the quality indicators of the finished product (forgings) in terms of mechanical properties, structure, reduction ratio by optimizing the process of deformation of cylindrical forgings (bars) of alloy steels, stainless steels and alloys on hydraulic presses by controlling their stress-strain state;
- improving economic performance indicators of the technological process (energy consumption, the duration of the technological process, the number of technological operations, rounds, labor input, coefficient of utilization of equipment production capacities);
- improving the efficiency of resource use by reducing material waste during forging, energy consumption, maximizing the approximation of forgings to the dimensions of the product (minimizing forging allowances and machining allowances).

Scientific novelty. We investigated the factors that form a rational resource-saving technological process of plastic deformation and the method of forging large forgings from alloy steels, stainless steels and alloys on hydraulic presses, and the directions of their optimization.

The optimal technological solutions and techniques were identified aimed at increasing the level of shear deformations, ensuring the uniformity of the deformation field, working off the central part of the workpiece and, accordingly, reducing

(eliminating) the surface defects of forgings (cracks, defects) arising from the uneven distribution of stress-strain state.

Research Methods. The work used standard methods for calculating the tasks of metal forming, as well as:

1. Comparative analysis of various forging methods, including a combination of factors of the shape of the workpiece and tool, kinematic factor, temperature and structural factors.

2. Operational timekeeping of the forging process in the Forge and Press Shop of the PJSC DNIPROSPETSSTAL of steels of 5 grades with analysis of the features of the technological process, equipment used, the weight of the ingot and the weight of the finished forging, working records made by the process staff in the forging maps upon the completion of the process.

3. Analysis of the optimality of the technological process according to the performance criteria of using the forging complex and metal consumption.

4. Evaluation of the possibilities to increase the efficiency of equipment use and increase the yield of the ingot.

5. Calculation of the deformation force to select the optimal combination “forging complex - rolling mill”.

FORGING, SAGGING, FINITE ELEMENT METHOD, MACRO-MOVEMENT, STRESS-STRAIN STATE.

РЕФЕРАТ

ПЗ: с. 109, рис. 13, табл.14, ист. 45.

Актуальность темы. Обеспечение качества поковки путем управления напряженно-деформированным состоянием заготовки, моделирование этого состояния для реализации ресурсосбережения и повышения энергоэффективности процессаковки является актуальной задачей.

Разработка ресурсосберегающего технологического процесса, основанного на оптимальном способековки, позволит вывести на новый уровень качество проектируемой продукции и приведет к повышению технико-экономических показателей производства.

Цель и задачи. Исследование существующего технологического процессаковки крупных слитков на гидропрессах с целью выявления и снижения ресурсозатрат.

Для достижения поставленной цели необходимо сформулировать и решить следующие вопросы:

- выполнение требований потребителя относительно качественных показателей готового изделия (поковки) по механическим свойствам, структуре, степени укова путем оптимизации технологического процесса деформационного передела цилиндрических поковок (штанг, прутков) из легированных, нержавеющей сталей и сплавов на гидропрессах за счет управления их напряженно-деформированным состоянием,

- улучшение экономических показателей реализации технологического процесса (расход энергоносителей, длительность технологического процесса, количество технологических операций, выносов, трудоемкость, коэффициент использования производственных мощностей оборудования);

- повышение эффективности использования ресурсов путем снижения отхода материала при ковке, энергозатрат, максимального приближения размеров поковки к размерам изделия (минимизация ковочных припусков и припусков на механическую обработку).

Научная новизна. Были исследованы факторы, формирующие рациональный ресурсосберегающий технологический процесс пластического формоизменения и способ ковки крупных поковок из легированных, нержавеющих сталей и сплавов на гидропрессах, и направления их оптимизации. Были определены оптимальные технологические решения, приемы, которые были направлены на повышение уровня сдвиговых деформаций, обеспечение равномерности деформационного поля, проработка центральной части заготовки и, соответственно, снижение (исключение) поверхностных дефектов поковок (трещины, рванины), возникших из-за неравномерности распределения напряженно-деформированного состояния.

Методы исследования. В работе использовались стандартные методы расчета задач обработки металлов давлением, а также:

1. Сравнительный анализ различных способов ковки, включающих в себя комбинацию факторов формы заготовки и инструмента, кинематической фактора, температурного и структурного факторов.

2. Пооперационный хронометраж процесса ковки поковок в КПП ЧАО «ДНЕПРОСПЕЦСТАЛЬ» сталей 5 групп марок с анализом особенностей технологического процесса, используемого оборудования, массы слитка и массы готовой ковки, рабочих записей, выполненных технологическим персоналом в картах ковки по факту выполнения процесса.

3. Анализ оптимальности технологического процесса по критериям производительности использования ковочного комплекса и металлоемкости.

4. Оценка возможностей повышения эффективности использования оборудования и роста выхода годного со слитка.

5. Расчет усилия деформации для выбора оптимальной комбинации «ковочный комплекс - прокатный стан».

КОВКА, ОСАЖИВАНИЕ, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МАКРОСДВИГИ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ.

ВСТУП

Розробка технологічного процесу кування передбачає вирішення технологом двох важливих завдань: забезпечення якості виробу (поковки) і забезпечення якості процесу отримання поковки, тобто підбір, розробку оптимального для даного виробу способу кування, що включає в себе комбінацію факторів форми заготовки та інструменту, кінематичного фактору, температурного і структурного факторів з урахуванням економічних аспектів організації виробництва.

Розробка ресурсозберігаючого технологічного процесу, заснованого на оптимальному способі кування, дозволить вивести на новий рівень якість проектованої продукції і призведе до підвищення техніко-економічних показників виробництва. У зарубіжній і вітчизняній спеціалізованій літературі, присвяченій питанням оптимізації процесів пластичної деформації конструкційних і легованих сталей, розглядаються способи кування, що підтвердили свою практичну доцільність та пропонуються рекомендації щодо їх вдосконалення.

Робота виконана із застосуванням сучасних засобів наукового пошуку.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ КУВАННЯ І НАПРЯМКІВ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ

1.1 Алгоритм розробки оптимального технологічного процесу кування

Алгоритм розробки оптимального технологічного процесу кування виглядає наступним чином (рис. 1.1): на першому етапі відбувається збір та аналіз вихідних даних про кінцевий виріб. Відбувається аналіз креслення виробу, типу матеріалу, програми випуску і технічних вимог, що пред'являються до виробу згідно технічного завдання та вимог ГОСТ, ДСТУ, ТУ У [1-4]. Другий етап – складання креслення поковки за рекомендаціями ГОСТ 7062-90 [5] або нормативними документами (НД), що діють на підприємстві, із зазначенням кувальних припусків. Технолог повинен визначитися з групою матеріалу, чи є даний матеріал малопластичним або пластичним, від чого в подальшому буде залежати вибір схеми кування. Маючи дані по групі поковок і типу матеріалу, необхідно вибрати форму і розміри вихідної заготовки (злиток).

Вибір типу злитка обумовлений видом поковки, технічним завданням і здійснюється, виходячи з виробничого досвіду, економічної доцільності, технологічних можливостей виробництва. Після вибору злитка відбувається аналіз бази наявних технологічних рішень, впроваджених на виробництві, і відбувається перевірка на відповідність результатів реалізації даної технології вимогам технічного завдання.

Далі необхідно виділити особливості форми поковки для визначення кількості і послідовності кувальні операції (обкатування, осаджування, висадка, протягання, передача, розгін, прогладжування (білетиркування), прошивання, розкочування, ковальське зварювання, розділювальні операції), призначення схеми кування, тобто яким інструментом буде виконуватися кування, які необхідні переходи,



Рисунок 1.1 – Алгоритм розробки оптимального технологічного процесу кування

обтискування, кантування. Для кування циліндричних заготовок основною операцією кування є протягання. Залежно від пластичності сталі або сплаву для протягання можуть застосовуватися різні бойки.

Вуглецеві і леговані інструментальні сталі перлітного і феритного класу мають високу пластичність, тобто ступінь деформації зсуву. Високолеговані жароміцні сталі, особливо аустенітні, на відміну від інструментальних мають нижчу деформуємість внаслідок зниження їх пластичності [6], яка залежить від багатьох факторів (рис. 1.2).

Високолегованим сталям та сплавам при обробці тиском притаманні такі особливості: велике зміцнення за високих температур; різко виражена гетерофазність структури; високий опір деформації; мала міцність (особливо за високих температур) міжкристалічних зв'язків границь кристалів при наявності шкідливих домішок (сірки, свинцю, сурми, олова та ін.), що різко знижують пластичність і підвищують крихкість сталей; відсутність фазової перекристалізації в процесі кування і при термічній обробці; низька теплопровідність, яка обумовлює застосування особливих умов нагрівання та інше. Кування високолегованих жароміцних сталей і сплавів необхідно здійснювати в однофазному стані, так як при гомогенній структурі більш рівномірно відбувається деформація окремих кристалів. Фактично ж метал злитків такого типу сталей при температурі кування в більшості випадків має гетерогенну структуру, яка відрізняється значною нерівномірністю. Необхідна структура металу в цих сталях досягається умовами кування.

Рекомендації по вибору бойків і режимів кування наведені в роботі [7]. Наприклад, застосування пласких бойків може викликати появу зони розтягуючих напружень в осьовій частині поковки, що, в свою чергу, створює негативний напружений стан металу і може привести до появи тріщини і розривів. Досить сприятливими є умови у вирізних радіальних бойках з кутом охоплення 120° , що характеризуються незначною протяжністю зони розтягуючих напружень.

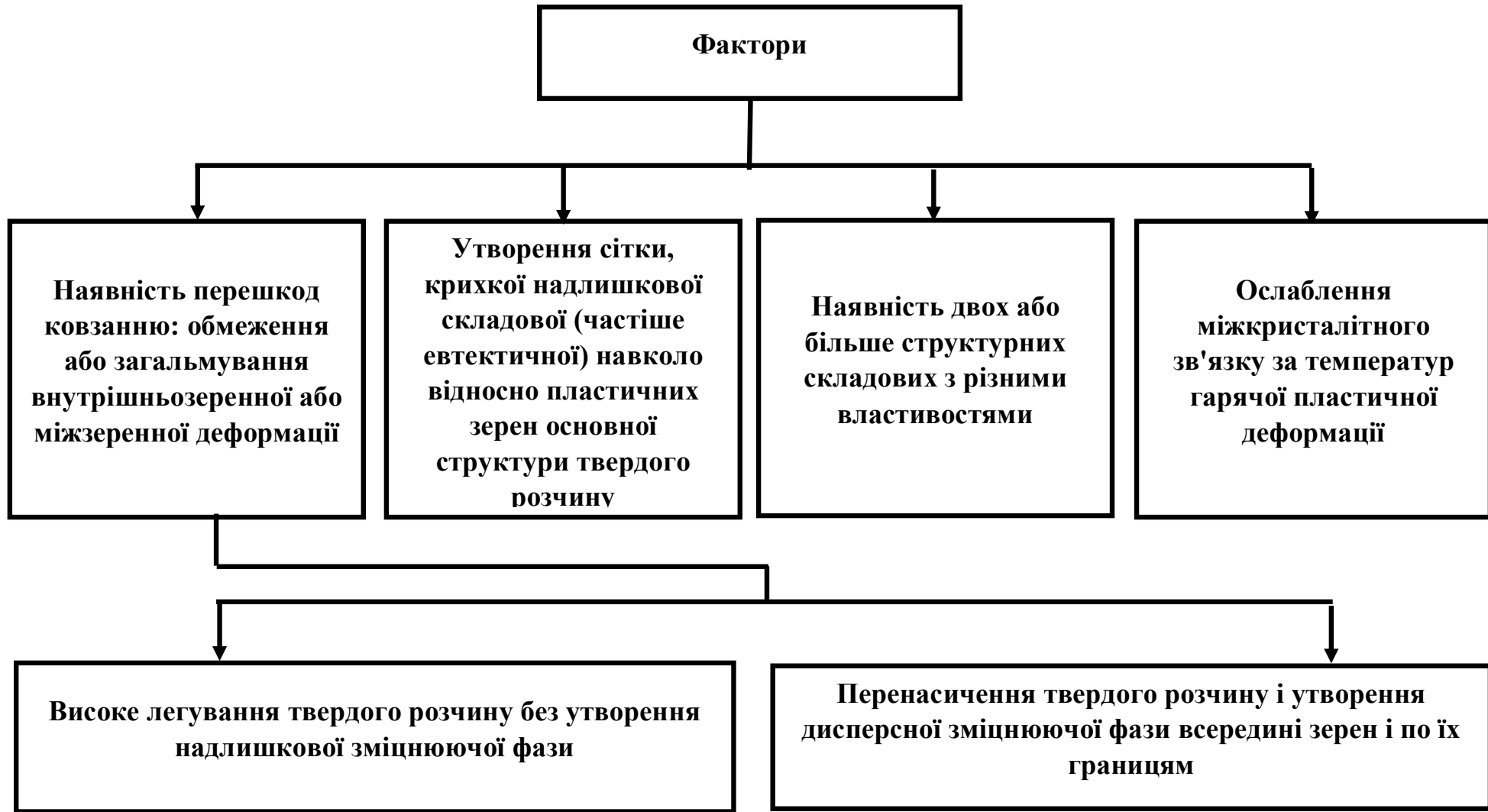


Рисунок 1.2 – Фактори, що впливають на пластичність високолегованих сталей при куванні

Після призначення інструменту необхідно обумовити термомеханічний режим кування, тобто температурний інтервал кування, кількість проміжних підігрівів заготовки (один або більше разів залежно від складності та розміру поковки з урахуванням спадковості в зернистості сталі – виділяють спадково дрібнозернисті і спадково крупнозернисті сталі).

У разі наявності технологічних рішень, реалізація яких показала повністю задовільні результати, відбувається проектування технологічного процесу на підставі даної технології. Якщо наявна технологія не дає потрібний результат, то необхідно провести цикл досліджень для визначення оптимального способу кування. Кування повинне забезпечити направлену волокнисту макроструктуру і дрібнодисперсну мікроструктуру з максимальною однорідністю.

Для цього, після призначення схеми кування, розмірів інструменту і термомеханічного режиму кування необхідно для подальших досліджень визначитися з реологією матеріалу. Реологія задається у вигляді кривих течії металу для різних температурно-швидкісних умов і діаграм пластичності. Реологія матеріалу може бути визначена експериментально з випробувань на розтяг, стиск і кручення, і теоретично. Теоретична побудова кривих течії металу проводиться методом моделювання і заснована на використанні довідкових даних про матеріал і використанні мінімальної кількості експериментальних даних [8].

Моделювання доцільно виконувати методом скінченних елементів (МСЕ) із застосуванням програмного забезпечення QForm 2D/3D і Deform 3D з оцінкою напружено-деформованого стану заготовки, можливостей його вирівнювання, гомогенізації за рахунок керування факторами, що формують оптимальний спосіб кування для даної заготовки. Результати, одержувані при моделюванні процесів кування із застосуванням програми Deform 3D, відрізняються від результатів фізичних експериментів на 10-15% [9]. МСЕ дозволяє спрогнозувати поля розподілу параметрів напружено-деформованого стану заготовки, мікроструктуру металу, розмір зерна.

МСЕ визначають не тільки зміну форми заготовки в процесі деформації, але і утворення дефектів (утяжин, не заповнення кутів при штампуванні) і

порушення суцільності матеріалу. У роботі [10] із застосуванням МСЕ побудована математична модель реологічних властивостей для жароміцних сплавів ХН56ВМТЮ (ЕП199) і ХН62ВМЮТ (ЕП708), проведена оцінка напружено-деформованого стану поковок штанг з сталей 12Х18Н10Т, одержуваних на АТ «Металургійний завод «Електросталь» по діючому технологічному процесу кування на швидкохідному пресі зусиллям 16 МН. Виявили, що застосування плоских бойків для більшої частини процесу протягання і порівняно мала кількість підігрівів поковки формує несприятливий напружений-деформований стан металу. Було запропоновано застосування вирізних бойків при протяганні, а також збільшення числа підігрівів поковок.

1.2 Аналіз впливу на якість поковки факторів, що формують оптимальний технологічний процес кування

На якість готової продукції ковальського виробництва прямий вплив має напружено-деформований стан металу, який формується під впливом технологічних факторів. Забезпечення оптимальної комбінації факторів, управління напружено-деформованим станом металу, дають можливість досягти високої якості кованих виробів та створити ресурсозберігаючі технології процесу кування поковок високолегованих марок сталей та сплавів. Розглянемо їх докладніше нижче відповідно до класифікації, представлені на рис. 1.3.

1.2.1 Фактор форми

Форма інструменту

Існує велика кількість інструменту для кування (рис. 1.4) – це бойки з пласкою робочою поверхнею (пласкі та зі скошеною поверхнею), комбіновані бойки (симетричні та несиметричні), профільовані бойки (вирізні, випуклі, радіальні, ступінчасті, бойки зі перехресними робочими поверхнями тощо). Практично всіма перерахованими бойками з однієї і тієї ж вихідної заготовки можна отримати однаковий виріб, але напружено-деформований стан заготовки в процесі кування у кожному конкретному випадку буде різним. Правильний підбір форми інструменту (бойків) сприяє поліпшенню рівномірності напружено-деформованого стану заготовки під час кування, зменшенню карбідної неоднорідності, особливо для інструментальних легованих сталей ледебуритного класу типу X12МФ.

Автором [8] наводяться результати експериментальних досліджень процесу протягання заготовки циліндричної форми. При куванні скошеними бойками кут скосу бойків не робить істотного впливу на заварювання дефектів. Для забезпечення найбільшого рівня зсувних деформацій в заготовці рекомендується застосування бойків з скосом $10-15^\circ$ з одиничними обтисканнями до 30%. Протягання слід здійснювати з подачею, яка дорівнює 1, або близькою до неї. Кування повинне вестися з постійним кантуванням заготовки при протяганні за наступною схемою «обтиснення – кантування на 90° – обтиснення – кантування на 45° – обтиснення – кантування на 90° – обтиснення». Результати дослідження напруженого стану циліндричної заготовки при куванні вирізними асиметричними бойками дозволяють зробити висновок про сприятливість цієї схеми кування з точки зору величини пластичної деформації металу в центрі заготовки.

Напружено-деформований стан (НДС)

Фактор форми

Форма інструменту

- бойки з пласкою робочою поверхнею (пласкі та зі скошеною поверхнею)
- комбіновані бойки (симетричні та несиметричні)
- профільовані бойки (вирізні, випуклі, радіальні, ступінчасті, бойки зі перехресними робочими поверхнями тощо).

Можна отримати з однієї і тієї ж заготовки бойками різної форми однаковий виріб, НДС буде різним.

Форма злитка (заготовки)

- круглого перетину
- квадратного перетину
- багатогранні ковальські злитки
- слябові злитки
- трьохпроменеві злитки
- пласкі злитки

Різний НДС при куванні з злитків різної форми одним і тим же інструментом. Має різні хімічну, структурну ліквідації.

Кінематичний фактор

Кінематика впливу інструменту на заготовку (різна течія металу)

- лінійне вертикальне переміщення деформаційного інструменту, який реалізується на гідравлічних кувальних пресах і кувальних молотах
- всебічне обтиснення заготовки – застосовують для кування заготовок з малопластичних матеріалів для отримання поковок з малим припуском – радіально-кувальні машини
- тристоронній рух – колінвали

Механічний режим

- різна величина подачі заготовки до інструменту
- величина обтиску заготовки
- послідовність кантування
- кування заготовок з напуском дозволяє управляти НДС заготовки за рахунок її знеміцнення

Температурний фактор

Температурний стан

- заготовка нагріта вище температури рекристалізації – переважна більшість пресів кування круглих заготовок
- температура нижче за температуру рекристалізації – спеціальний вид обробки
- заготовка складається з твердої і рідкої фаз – заготовки, одержувані на машині безперервного лиття

Температурне поле заготовки

- однорідне
- неоднорідне несиметричне
- неоднорідне симетричне з різними видами розподілу температури по перетину

Деформування заготовки з різними температурними полями в різних температурних станах забезпечує різне НДС, що обумовлено значним впливом температури на механічні властивості металу.

Рисунок 1.3 – Фактори, що формують спосіб кування і напружено-деформований стан

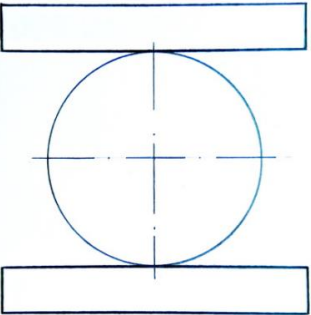
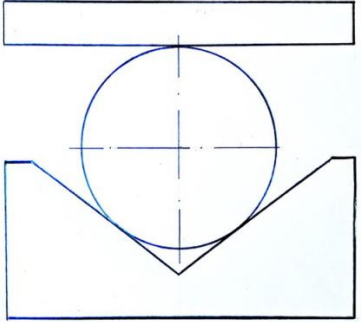
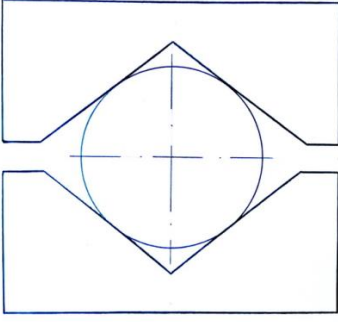
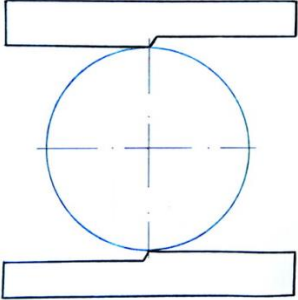
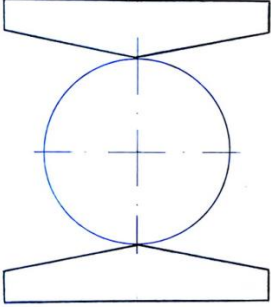
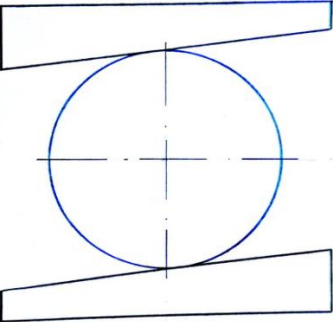
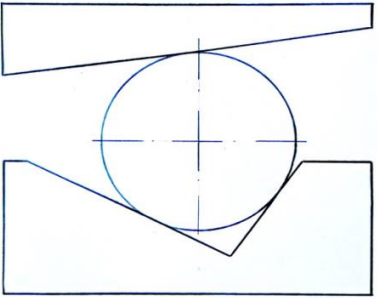
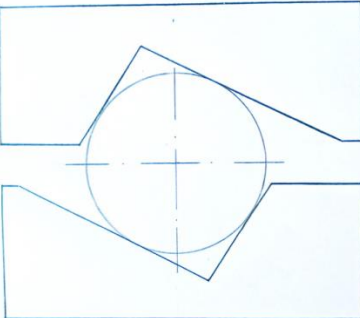
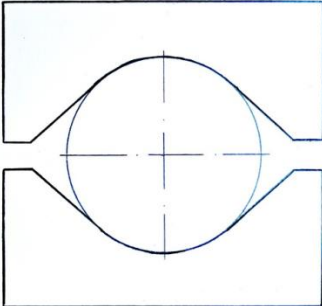
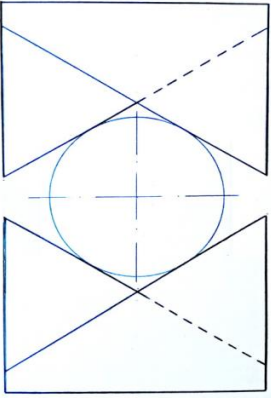
Бойки з пласкою робочою поверхнею	Комбіновані бойки	Профільовані бойки		
<p data-bbox="264 323 389 355">пласкі</p> 	<p data-bbox="667 323 860 355">симетричні</p> 	<p data-bbox="1122 323 1247 355">вирізні</p> 	<p data-bbox="1491 323 1684 355">ступінчасті</p> 	<p data-bbox="1917 323 2042 355">випуклі</p> 
<p data-bbox="197 788 456 820">пласкі скошені</p> 	<p data-bbox="645 788 882 820">несиметричні</p> 	<p data-bbox="1003 788 1361 820">вирізні несиметричні</p> 	<p data-bbox="1509 788 1675 820">радіальні</p> 	<p data-bbox="1845 788 2123 916">з перехрестними робочими поверхнями</p> 

Рисунок 1.4 – Форма інструменту, що застосовується для кування на гідропресах (поперечний переріз)

Обтискування циліндричної заготовки ступінчастими бойками не повинне перевищувати 10-15% від діаметра заготовки. Доцільно застосовувати ступінчасті бойки з уступом, рівним 100 мм, і ходом обтиску 300 мм. При більшому обтискуванні бойками з великим уступом в поперечному перерізі заготовки спостерігається дефект у вигляді затиснення [8].

Так, наприклад, для кування злитків, маса яких перевищує 100 т, О.Е. Марковим [11] запропонована і практично реалізована на ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» технологія кування, яка вирішує проблему забезпечення рівномірності напружено-деформованого стану осової дефектної зони злитка без застосування операції осаджування, за рахунок реалізації термомеханічних режимів ковальського протягання злитка випуклим клиновим бойком. Моделювання проводили із застосуванням програми Deform 3D для температури кування 1200...850°C злитка масою 170 т зі сталі 38ХНЗМФА.

В результаті розроблено, апробовано і впроваджено технологічний процес кування поковки «Вісь» на гідравлічному пресі силою 100 МН, приблизно на 30% підвищилася продуктивність процесу кування, кількість підігрівів знизилася від семи до п'яти. Якість і механічні властивості поковок відповідають технічним вимогам.

Форма злитка (заготовки)

Основні види злитків – злитки квадратного, круглого перетину, трьохпроменевої, багатогранний ковальський, слябовий злиток, плоский злиток, укорочений, безприбутковий та інше, заготовки круглого перетину, наприклад, отримані в машинах безперервного лиття наведені на рис. 1.5. Кожен з даних злитків має ряд переваг і недоліків, характеризується істотними відмінностями за показниками хімічної, структурної неоднорідностей в результаті впливу ліквідаційних процесів, і, як наслідок, формує різний напружено-деформований стан виробу при куванні одним і тим же інструментом. Важливі оптимальна форма і геометричні параметри злитків.

1.2.2 Кінематичний фактор

Кінематика впливу інструменту на заготовку

При куванні на гідравлічних кувальних пресах і кувальних молотах реалізується лінійне вертикальне переміщення деформуючого інструменту. Практичний інтерес мають дані про зниження опору деформації при переведенні виконання операції кування з молота на гідропрес. Так для сплаву EI437A, Б (ХН77ТЮР) при температурі куванні 1000°C і ступеню деформації 30% маємо зниження опору деформації з 62 кг/мм² для молота до 12 кг/мм² при куванні на пресі. Для сплаву EI617 – 104 кг/мм² на молоті та 16 кг/мм² при куванні на пресі [12].

Доцільно при розробці ресурсозберігаючого технологічного процесу врахувати ще один аспект, пов'язаний з особливостями конструкції і роботи гідравлічних пресів. На точність одержуваних розмірів поперечного перерізу поковки впливають як власне характеристики гідравлічного преса (жорсткість конструкції, інерційність гідроприводу), так і опір заготовки деформації, який, в свою чергу, залежить від тривалості протікання в металі заготовки процесів зміцнення і знеміцнення. Згідно з даними [13] точність поперечних розмірів поковки при куванні на пресі 63 МН обмежена швидкісним прогином – 7 мм, інерційним прогином – 3,1 мм і прогином столу – 3-4 мм. Таким чином, підсумкова розмірної помилки по висоті становить 14-15 мм, що змушує збільшувати припуски на кування на цю величину.

Збільшення точності розмірів і зниження підсумкової розмірної помилки можливо за рахунок збільшення часу додаткових кувальних операцій (прогладжування, біллетировки, забивання кутів) більше 40% від основного часу кування, що, відповідно, означає збільшення часу непродуктивного використання номінальної потужності преса. Рішення даної проблеми наведено в патенті UA №48451 [14] і полягає у використанні прокатної кліти для калібрування поперечних розмірів поковки. Так, зменшення кувального розміру на величину підсумкової розмірної помилки 14-15 мм при середній

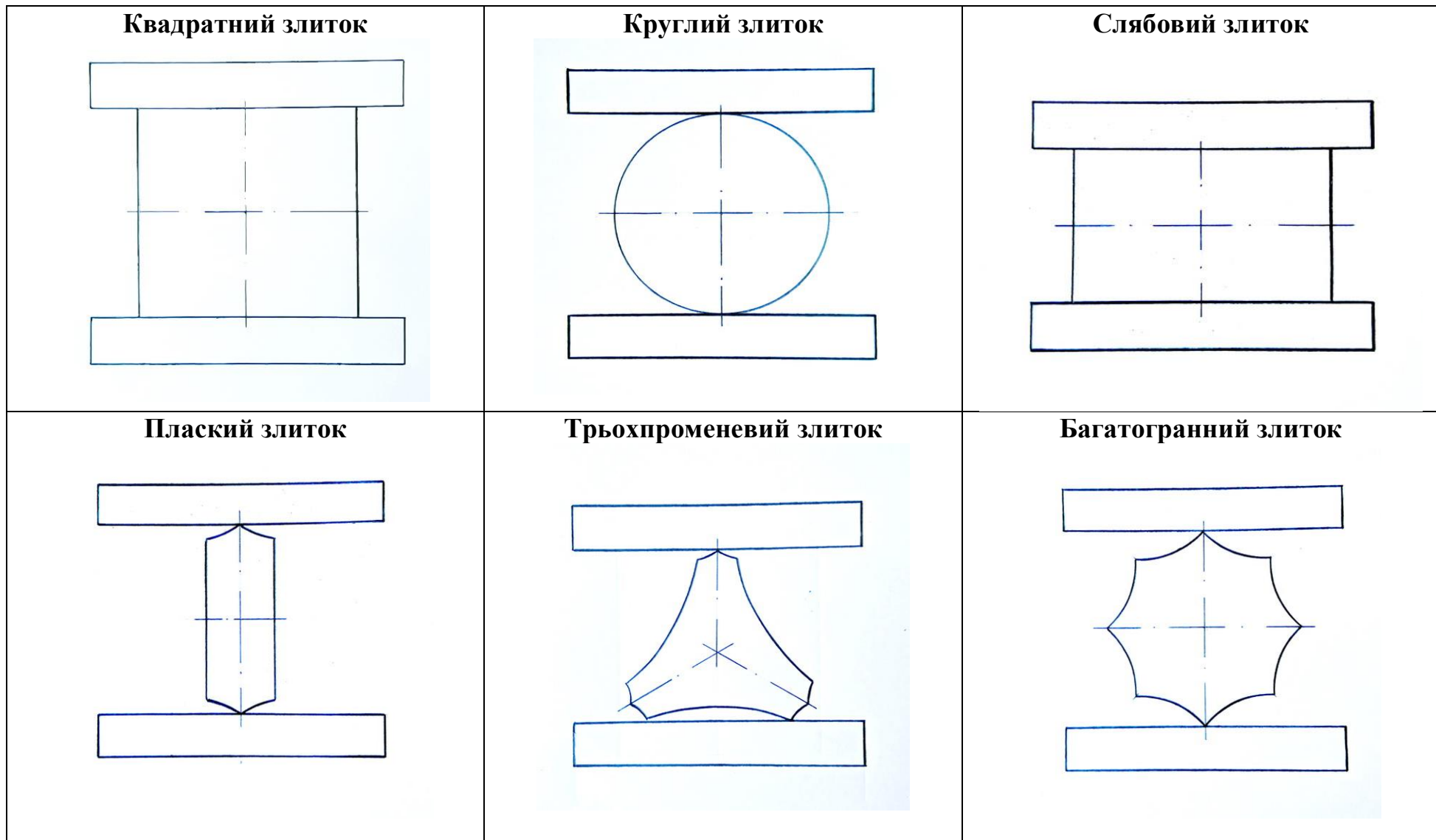


Рисунок 1.5 – Форма злитків, що застосовується для кування на гідропресах (поперечний переріз)

довжині заготовки 4 м для сталі 4Х5МФС, 4Х5МЗФ призводить до зменшення відходу з 555 кг до 283 кг, тобто в 1,96 рази. Час обробки на обдирання і обточування штанг інструментальних сталей, що становить 11,61 години, скорочується на третину. Таким чином, продуктивність праці збільшується приблизно на 30-40%.

Механічний режим (подачі, обтиску, кантування)

В роботі [12] розглядається оптимізація кількості формоутворюючих технологічних операцій кування шляхом розробки комбінованого процесу пластичної деформації (кування + прокатування) і виключення операцій білетування/прогладжування. Склад кувальних операцій залежить від ступеня легування сталей і сплавів, котрий впливає на швидкість кристалізації. Низька швидкість рекристалізації в порівнянні зі швидкістю деформації не сприяє повному проходженню процесу знеміцнення.

У циклі кування значний час займають допоміжні операції – прогладжування, білетування, забивання кутів. Так, для сплаву ЕІ437А, Б ці додаткові операції складають 32,32% всього часу кування, для ЕП708-ВД – 42,6%, для високолегованої інструментальної сталі 4Х5МФС, 4Х5МЗФ – 39,93%. На цих операціях споживана потужність не перевищує 0,03-0,04 номінального зусилля преса P_n . Отже, виключення допоміжних кувальних операцій і виконання їх, наприклад, окремої обтискної кліті компактного прокатного стану, встановленого в лінії кувального комплексу, дозволить підвищити продуктивність роботи преса в середньому в 1,4 рази. Обтискна кліть буде розрахована тільки на калібрування розмірів поперечного перерізу кованої заготовки з невеликими значеннями відносного обтиску. Можливе застосування спеціального вагона-термоса для передачі кованої заготовки температури кінця кування на окремий (не в лінії кувального комплексу) прокатний стан. Зусилля прокатки (калібрування), розраховане згідно залежностей [15], не перевищує 2,5-4,0 МН, а споживана потужність кліті не перевищує 200 кВт при швидкості прокатування 1 м/с.

Управління механічним режимом включає в себе варіювання величиною подачі заготовки, її обтисненням, послідовністю кантування, що істотно впливає на деформований стан заготовки. Для визначення оптимального режиму кування, завданням якого на першому етапі є трансформація дендритної структури злитка в волокнисту структуру заготовки, а на другому етапі – отримання дрібнозернистої структури, необхідно враховувати масштабні рівні пластичної деформації металів [16], представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Масштабні рівні пластичної деформації металів при куванні

Найменування рівня	Структура рівня
Мега	Дендритна
Мезо { $d-f$ }	Дендритно-волокниста
Макро	Волокниста
Мезо II	Крупнозерниста
Мезо I	Дрібнозерниста з дислокаційними ансамблями
Мікро	Дислокаційна
Мезо { $m-n$ }	Ультрамікрокристалічна
Нано	Наноструктура (атомно-молекулярна)

Тому при куванні злитків в мега- макромасштабному інтервалі пластичної деформації основними параметрами кування є ступінь деформації, температура і час витримки при цій температурі, які повинні бути на рівні максимально допустимих, а волокно (осі дендритів 1-го порядку) в заготовці має бути орієнтоване в напрямку дії максимальних робочих напружень в готовому виробі. Другий період кування, спрямований на формування дрібнозернистої структури в поковці, охоплює два масштабних рівня (мезо I, мікро) і відповідно два структурних рівня (дрібнозерниста і дислокаційна

структури). Одним з головних параметрів, що впливають на досягнення дрібнозернистої структури в крупних поковках, є швидкість деформації.

Схеми кування з реалізацією макроздвигів при куванні

В.А. Тюрін відзначає [9], що перші результати дослідного застосування технології кування-протягання в бойках зі перехресними робочими поверхнями були отримані ще в період 1969-1971 рр. на Волгоградському заводі «Барикади» і на Іжорському заводі в 1980 р. У Волгограді ефективність макроздвигів проявилася при куванні злитків масою 7 т з сталі 38ХНЗМФА в підвищенні характеристик категорії міцності зі 100 до 120 од. без зменшення рівня ударної в'язкості при температурі мінус 50°С. На Іжорському заводі при куванні вала ротора діаметром 1800 мм із злитка масою 205 т (сталь 25ХНЗМФА) макроздвиги забезпечили досягнення високої якості металу при укові всього 2,2. При цьому коефіцієнт анізотропії металу не перевищував 1,1, тобто кування з макроздвигами сприяє мінімізації анізотропії металу.

Ефект макроздвигів дозволяє досягати високої інтенсивності пластичної деформації без істотної зміни площі поперечного перерізу заготовки. Це сприяє заварці внутрішніх дефектів у вигляді порожнин і усадочних пухирів навіть при куванні великих злитків з мінімальним уковом.

В даний час триває активна практична апробація способів кування, заснованих на реалізації макроздвигів. Наприклад, радіальне обтиснення, для чого застосовують спеціальні чотирьохбойкові пристрої. Установка такого металомісткого кувального приладдя пов'язана з додатковими затратами і обмежує сортамент поковок по масі.

У роботах С.Б. Каргіна [17-19] запропоновано здійснювати ковку великих поковок профільованими бойками, що дозволяють обжимати злиток на трьох- і чотирьохпроменевої заготовку, що призводить до 100% заварки осьової пористості. Подальше протягання з профільованої заготовки, що супроводжується формуванням круглого поперечного перерізу за рахунок

макродвигових деформацій, вимагає зміни інструменту, що може спричинити підстужування заготовки.

Інтерес становить запропонований авторами [20] режим кування циліндричної поковки в комбінованих бойках (верхній бойок – плоский, нижній радіальний – з круглим радіусом вирізу) при використанні одного комплексу інструменту з реалізацією макродвигів в осередку деформації. Результати випробувань механічних властивостей кованих за новою технологією у комбінованих бойках роликів (циліндрична заготовка) зі сталі 25Х1М1Ф в умовах ТОВ «Метінвест-Маріупольський ремонтно-механічний завод» показали поліпшення на 9-15% основних механічних характеристик поковок і зниження від 29% до 16% спадкової структурної і хімічної неоднорідності кованих виробів.

В роботі [21] відзначається позитивні результати апробації на ПАТ «Русполімет» під керівництвом професора Московського інституту сталі та сплавів доктора техн. наук В.А. Тюріна протягання в спеціальному інструменті поковок круглого перетину з непрямолінійним фронтом подач, що реалізують макродвиги в поперечній площині. В результаті, структура поковки виходить більш однорідною. Технологія кування з макродвигами, доповнена способом кування із закручуванням елементів макробудови злитків, була апробована при виробництві дорн-валів і в порівнянні зі штатною технологією ПАТ «Русполімет» показала збільшення стійкості дорн-валів в 1,5 рази.

Також на автоматизованому комплексі ПАТ «Русполімет» за даними роботи [22] відковано 2 злитка масою 1200 кг зі сталі 12ХМФА – один за технологією кування з макродвигами, один – за штатної технології. Результати підтверджують високу ефективність кування з макродвигами за параметрами тріщиноутворення, макроструктури і механічними властивостями металу.

В.А. Тюрін в роботах [23-25] пропонує практичні рекомендації з реалізації кування макродвигами. Наприклад, вказується на економічність процесу кування – енерговитрати в умовах ПАТ «Русполімет» знижені, зусилля преса в 1,4...1,6 рази менше, ніж за штатної технології; обґрунтована перевага по деформаційному ефекту застосування технологічної схеми кування

«проходами» в порівнянні з куванням «кільцями» і «по гвинту»; вказується на підвищення стійкості деформуючого інструменту в 1,23...1,58 рази в порівнянні зі звичайним тристороннім куванням, що застосовується для виготовлення штампових кубиків за рахунок технології кування з «закручуванням» елементів макробудови злитків і з макроздвигами.

Схеми кування з паузами

Кування заготовок з паузами дозволяє управляти напруженим станом заготовки за рахунок її знеміцнення, що дозволяє істотно знизити силу деформування. Такий прийом застосовується в основному для осаджування, як найбільш енергоємної операції.

Гаряче дробове деформування супроводжується підвищенням пластичності матеріалу в порівнянні з монотонною деформацією, особливо ефект значущий для спеціальних малопластичних сталей і сплавів, наприклад, для аустенітних нержавіючих сталей і жароміцних сплавів, що відзначає С.В.Легранд стосовно сталі EI319 (20X23H13, в американському позначенні 309) і сплаву EI437 (XH77TЮР). За його даними, дробове деформування малопластичних матеріалів може підвищити їх пластичність в 2-2,5 рази.

Дробність деформацій при куванні характеризується величиною одиничних обтиснень за один удар бойка при куванні на молоті або за одне натискання преса, а також паузами між ними. Чим нижче пластичність металу, тим більше повинна бути дробність деформації. М.Я. Дзугутов [26] пояснює фізичний зміст цього явища тим, що малі ступені одиничних обтиснень дозволяють вести деформацію при меншій кількості перешкод руху дислокацій і ковзанню при меншому значенні зміцнення і сколюючих напруг, а збільшення кількості пауз сприяє більшому знеміцненню деформованого матеріалу. Він також зазначає, що зниження швидкості деформації та підвищення її роздрібленості сприяє протіканню процесів дифузії, зниженню швидкості падіння пластичності і відновленню структури.

Практичним шляхом М.Я. Дзугутовим встановлено, що для поковок з конструкційних легованих сталей перлітного класу дробові деформації можуть досягати 30-60% без утворення дефектів. При куванні високолегованих малопластичних сталей допустима дробова деформація повинна бути набагато нижче і знаходитися в межах 6-10%.

1.2.3 Температурний фактор

Температурний стан (відносно температури рекристалізації)

У виробничих умовах багатьох підприємств технологи стикаються з проблемами тріщиноутворенням, незаковами, великим зерном, відхиленнями геометрії від заданої і іншими дефектами, причиною яких є нестабільність технологічного виходу при використовуваному термомеханічному режимі. Важливо виділити і зменшити негативний вплив на якість виробу і процесу конкретного фактора, наприклад, нерівномірності температурного поля або температури нагріву під деформацію.

В роботі І.П. Шелаєва [27] запропонований термомеханічний режим деформування плоскими бойками штампових кубиків зі сталі 5ХНМ зі зниженням температури нагріву під деформацію (осьова зона 1050°C, поверхня 1150...1170°C). Кували без осаджування, відразу до кінцевих розмірів, але процес здійснювався на другий і третій ступенях сили преса з великими енерговитратами. Ступінь укова склала 1,7.

Важливим також є вибір раціональної температури початку деформації. Наприклад, для сталі Х12МФ раціональною температурою початку деформації, як показали пластометричні дослідження на торсіонному пластометрі в інституті «УкрНДІспецсталь», є 1160°C, що дозволяє уникнути характерного для цієї сталі дефекту – поперечного тріщиноутворення.

Для сталей, що відрізняються карбідною неоднорідністю, нагрів під деформацію повинен здійснюватися до температури вище верхньої межі

температурного інтервалу кування і нижче температури, яку описує лінія солідус діаграми стану сталі на 50-100°C. Після цього заготовка витримується при цій температурі від 2 до 4 годин, охолоджується до верхньої межі температурного інтервалу кування і протягується бойками до поковочних розмірів послідовним чергуванням локальних обтиснень і подач заготовки в бойках уздовж її осі, причому кожне локальне обтиснення здійснюється дробово зі ступенем обтиску до 0,05 від діаметра заготовки і паузами до 1 хвилини, сумарна ступінь локального обтиснення не повинна перевищувати 0,25 від діаметра заготовки. Карбідна сітка, яка утворилася після лиття, коагулюється, пластичність металу підвищується. Паузи між дробовими обтисканнями (див. розділ 2.4) при протяганні дозволяють частково відновити пластичність металу, яка витрачена в процесі обтиску і виключити при куванні локалізації деформацій на поверхні поковки.

При підвищенні температури деформації легованих інструментальних сталей в процесі кування рекристалізація завершується більш повно і структура сталі виходить крупнозернистою. Так, середні значення критичних ступенів деформації, при яких рекристалізація відбувається з утворенням зерна G0-G4 відповідно до класифікації ГОСТ 5639-82 [28], відповідають за температури 850°C 5-15%, а при 1250°C 5-25%. Тому для останнього виносу необхідно прийняти можливо більш низькі температури початку і кінця гарячої обробки тиском, так як в окремих випадках подальша термічна обробка повністю не усуває крупнозернисту структуру.

Леговані та високолеговані сталі за низьких температур нагріву мають малу швидкість рекристалізації. Тому в залежності від швидкості деформації може змінитися характер обробки: при великих швидкостях деформації обробка з гарячої може перетворитися в неповну гарячу зі зниженням пластичності металу і збільшенням опору його деформації. В іншому випадку тепловий ефект може сприяти підвищенню пластичності і зменшенню опору деформації.

У легованих сталей більш яскраво виражена чутливість до швидкості деформації при підвищенні температури. Облік швидкісного коефіцієнта,

реологічних кривих течії металу, визначених на підставі довідкових характеристик матеріалу авторами [6, 8, 29] в широкому діапазоні швидкостей дозволяє прогнозувати граничне формозмінення заготовки, в тому числі при дробовій деформації, і визначити оптимальну тривалість витримки заготовки між дробовими деформуваннями.

Температурне поле заготовки (однорідне, неоднорідне)

Управління температурним полем заготовки при куванні дозволяє впливати на напружено-деформований стан заготовки і мікроструктуру. Заготовка може мати різний вигляд температурного поля: однорідне температурне поле, неоднорідне симетричне з різним видом розподілу температур по перетину і неоднорідне несиметричне.

Протягання циліндричної заготовки раціонально і технологічно виправдано виконувати наступним чином [30]:

- для кування плоскими бойками: при наявності рівномірного температурного поля заготовки протяжку здійснювати з відносною подачею від 0,5 до 1,1 і величиною відносного обтиску, що дорівнює 0,1...0,2. Після падіння температури поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід здійснювати протягання з відносною подачею 0,5 ... 1,1 і величиною обтиску 0,1...0,15. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від 0,3 до 1,1 з тією ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до 0,05...0,1 при тих же подачах. Рекомендується при наступному проході здійснювати протягання зі зміщенням заготовки на половину ширини бойка, що дозволить забезпечити більш рівномірний розподіл інтенсивності логарифмічних деформацій уздовж осі заготовки.

- для кування комбінованими бойками: при наявності рівномірного температурного поля заготовки протягання здійснювати з відносною подачею від 0,3 до 0,5 і величиною обтиску рівній 0,15...0,25. Після падіння температури

поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід здійснювати протягання з відносною подачею $0,5...0,7$ і величиною обтиску $0,2...0,25$. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від $0,7$ до $1,1$ з тієї ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до $0,15...0,2$ при тих же подачах.

Кування заготовки з нерівномірним температурним полем (заготовка з двома низькотемпературними симетрично розташованими зонами) дозволяє підвищити рівень зсувних деформацій, поліпшити напружено-деформований стан центральної частини заготовки. Нагріта циліндрична заготовка перед куванням плоскими бойками піддається охолодженню з двох сторін, таким чином, щоб в заготовці виникло нерівномірне температурне поле з локальними низькотемпературними зонами, розташованими з двох сторін заготовки симетрично один до одного. Після охолодження поверхні заготовки до певної температури її встановлюють в плоскі бойки таким чином, щоб утворився кут α між плоскою поверхнею бойків і нижньою межею низькотемпературної зони заготовки, після чого починають обтискання заготовки бойками, що дозволяє отримувати поковки типу валів з підвищеними механічними властивостями при мінімальних уковах в плоских бойків.

З іншого боку, при протяганні з нерівномірним температурним полем показник жорсткості напруженого стану вище в 4 рази. Зі збільшенням показника жорсткості напруженого стану пластичність металу знижується [31].

1.2.4 Структурний фактор

Вплив швидкості деформації і критичного ступеня деформації на мікроструктуру металу

Одним з головних параметрів, що впливають на досягнення дрібнозернистої структури в крупних поковках, є швидкість деформації і

критичний ступінь деформації. Результати дослідження впливу величини укова на структуру і механічні властивості поковок з нержавіючої малопластичної сталі 14X17H2 (E1268) мартенситно-феритного класу представлені в ряді статей [32-34]. Встановили, що підвищення величини укова від 2 до 6 несуттєво впливає на характеристики міцності і твердість, але значно підвищує пластичність і ударну в'язкість поздовжніх зразків сталі 14X17H2: ударна в'язкість центральних зразків на 20-40% вище, ніж периферійних; зі збільшенням укова більше 6 зміни ударної в'язкості стають незначними.

Найбільший вплив деформація надає на такі механічні характеристики як відносне подовження, звуження і ударну в'язкість, тобто величини, які безпосередньо залежать від розміру зерна металу і від наявності/відсутності порожнин в металі. Вплив же на границю міцності, плинності і твердість деформація в процесах кування має незначний (в межах 20%) за умови, що кування буде проходити після кування подальший відпал (90% всіх поковок). Отже, непрямою ознакою нерівномірності розподілу деформаційних полів в заготовці можуть бути дані ударної в'язкості з високим коефіцієнтом варіації.

Я.Г. Жбанковим [7] запропоновано спосіб розрахунку величини зерна методом кінцевих елементів на підставі даних стандартних значень механічних властивостей матеріалів (міцності), представлених в [34]. В роботі В.Ф. Волокушина [36] і А.П. Гуляєва [37], вказується, що є деяка критична ступінь деформації металів і сплавів, яка призводить при подальшій термічній обробці до гігантського зростання зерна.

Вплив застосованого методу інтенсивної пластичної деформації на розміри гранично подрібнених зерен в металах досліджено Ф.З. Утяшевим [38]. Наявність субмікро- і нанокристалічної структури, одержуваної крутінням під тиском, рівноканальним кутовим пресуванням, всебічним куванням та інших, надає металам та сплавам ряд високих фізико-механічних властивостей, важливих для практичного застосування. Запропоновано, для оцінки структуроутворення враховувати не тільки тензор деформації, але і тензор повороту, які в сукупності представляють собою тензор дисторсії.

Інтерес представляють роботи по визначенню впливу умов ізотермічного кування на структуру жароміцного сплаву ХН77ТЮР [39]. Підвищення температури ізотермічної деформації до 1050°C викликає інтенсивне протікання динамічної рекристалізації. Мікроструктура складається з збільшених рівноосних зерен. Зі зменшенням швидкості деформації значно збільшуються розміри зерен і знижується напруга течії.

Автором [28] наводиться для ряду марок сталі, зокрема для ХН77ТЮР, дані по залежності критичної ступеня деформації від температури, а також дані по температурі початку рекристалізації сталей і сплавів, що важливо враховувати для забезпечення дрібного зерна поковок. Зазначено, що підвищення ступеня укова сплаву ХН77ТЮР забезпечує волокнисту структуру по всьому перетину поковки.

Зміна мікроструктури при рекристалізації

Для опису змін мікроструктури металу під час гарячої обробки тиском використовуються залежності, що описують зміну мікроструктури під час статичної, метадінамічної й динамічної рекристалізації і залежності для опису росту зерна без рекристалізації. Формування нових зерен у сталях і сплавах при гарячій пластичній обробці пов'язують з динамічною рекристалізацією. Динамічна рекристалізація – процес рекристалізації відбувається безпосередньо в ході деформації.

Феноменологічно розрізняють два механізми рекристалізації. Переривчаста рекристалізація, в основі якої лежить міграція окремих ділянок границь зерен, розвивається в металевих матеріалах зі зниженою енергією дефектів упакування. Рушійною силою процесу є накопичена в процесі деформації внутрішня енергія у вигляді підвищеної щільності дефектів кристалічної будови. Міграція (випучування) ділянок границь зерен призводить до появи зародків рекристалізації, які ростуть, поглинаючи при цьому деформовану матрицю, що супроводжується знеміцненням матеріалу в процесі деформації. Переривчаста динамічна рекристалізація носить циклічний

характер, тобто після досить високих ступенів деформації в раніше рекристалізованих і потім деформованих зернах формуються нові зародки рекристалізації, здатні до зростання. Інший механізм динамічної рекристалізації – безперервну динамічну рекристалізацію – спостерігали в матеріалах з високою енергією дефектів упаковки. Формування нових зерен відбувається в результаті збільшення разорієнтовки окремих субграниць в міру накопичення в них дислокацій в процесі деформації, що веде до трансформації субграниць в звичайні висококутові границі зерен. Рівень напружень течії в цьому випадку визначається інтенсивністю динамічного повернення (знеміцнення) [40].

Приріст міцності є наслідком деформаційного зміцнення і динамічного повернення, що протікає під час деформації аустеніту. Протягом 50 секунд після деформації міцність аустеніту практично не знижується, після – йде різке зниження. Десятихвилинна витримка при 1000°C знижує міцність деформованого і рекристалізованого аустеніту до рівня недеформованого. Зменшення міцності аустеніту відбувається за рахунок процесу коалесценції (розсіпання) субзерен і міграції великокутових границь, що протікають в процесі статичної рекристалізації. Остаткова структура металу формується в результаті накладення статичних і динамічних рекристалізаційних процесів в процесі гарячого деформування.

Під час деформаційного зміцнення відбувається внутрішньозернове ковзання дислокацій, двійникування. Під час проміжку між деформаціями відбувається часткове відновлення структури. Знеміцнення відбувається шляхом динамічної рекристалізації (первинної).

При ступені деформації $\epsilon < 10\%$ відбувається динамічна полігонізація. Якщо щільність дислокацій не досягла критичної величини, рекристалізація не відбувається. При $\epsilon = 25-30\%$ дислокації накопичуються неоднорідно, при цьому можливий початок динамічної рекристалізації. При $\epsilon = 35-50\%$ при наклепі утворюється комірчаста структура. При наступній деформації в рекристалізованих зернах знову збільшується щільність дислокацій (наклеп) і в подальшому знову відбувається знеміцнення. Динамічна рекристалізація

ніколи не призводить до повного знеміцнення, тому що в структуру вводяться нові дислокації. Після закінчення деформації субзерна по-різному орієнтовані в напрямку деформації. Кути разорієнтіровки від 9° до 50° . Можливо проходження збиральної динамічної рекристалізації, що небажано через утворення різнозернистості.

Після закінчення деформації відбувається статичне повернення і рекристалізація. При малих ступенях деформації $\epsilon \approx 10\%$ відбувається статична полігонізація. При $\epsilon \approx 20\%$ – статична полігонізація і рекристалізація. При $\epsilon > 20\%$ – статична рекристалізація (збірна і первинна). Статична рекристалізація залежить від температури і тривалості пауз (швидкості кування). Визначення рівня відновлення пластичності дозволить прогнозувати граничне формозмінення в процесах гарячого дробового деформування (див. розділ 1.2.2 стосовно кування з паузами).

1.3 Висновки

Ковальське виробництво є основою для автомобільної, авіаційної та аерокосмічної галузей, суднобудування, машинобудування, електротехніки та енергетики.

Синергічне урахування впливу розглянутих факторів забезпечить високий рівень технологічної підготовки процесу кування, якість поковок, їх конкурентноспроможність за показниками собівартості.

Доцільно основну кувальну операцію – протягання для забезпечення оптимальної комбінації технологічно важливих факторів виконувати наступним чином:

- для кування пласкими бойками: при наявності рівномірного температурного поля заготовки протягання здійснювати з відносною подачею від 0,5 до 1,1 і величиною відносного обтиску, що дорівнює 0,1...0,2. Після падіння температури поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід

здійснювати протягання з відносною подачею 0,5 ... 1,1 і величиною обтиску 0,1...0,15. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від 0,3 до 1,1 з тією ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до 0,05...0,1 при тих же подачах. Рекомендується при наступному проході здійснювати протягання зі зміщенням заготовки на половину ширини бойка, що дозволить забезпечити більш рівномірний розподіл інтенсивності логарифмічних деформацій уздовж осі заготовки;

- для кування комбінованими бойками: при наявності рівномірного температурного поля заготовки протягання здійснювати з відносною подачею від 0,3 до 0,5 і величиною обтиску рівній 0,15...0,25. Після падіння температури поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід здійснювати протягання з відносною подачею 0,5...0,7 і величиною обтиску 0,2...0,25. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від 0,7 до 1,1 з тією ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до 0,15...0,2 при тих же подачах.

Оскільки норми витрати у вітчизняних металургійних підприємств на 15-20% вище, ніж у зарубіжних виробників, отже, металургійні підприємства, які приділяють належну увагу вдосконаленню виробництва, виявляться більш конкурентоспроможними.

Розвиток процесів кування на вітчизняних підприємствах до рівня світових стандартів – важлива і актуальна задача сьогодення.

Тому головним напрямком цієї роботи є практична реалізація новітніх підходів в організації та виконанні кування крупних поковок з легованих, нержавіючих сталей і жароміцних сплавів.

РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПОКОВОК В УМОВАХ КОВАЛЬСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

2.1 Загальна характеристика підприємства, схема виробництва

ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» – один з провідних виробників спеціальних сталей і сплавів в Європі. Підприємство було засноване в 1932 році в місті Запоріжжя (Україна). Сьогодні ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» – ключовий виробник катаної та кованої металопродукції з жароміцних сплавів, високолегованих, нержавіючих, конструкційних легованих, інструментальних, швидкорізальні марок сталі (у тому числі виготовлених методом порошкової металургії), підшипникових і вуглецевих сталей на ринках СНД, а в Україні – безперечний лідер в даному сегменті.

Застосовувані на заводі технології дозволяють отримувати високоякісні сталі і сплави, що використовуються в відповідальних галузях промисловості – машинобудуванні, суднобудуванні, автомобілебудуванні, авіакосмічній та нафтогазовидобувної галузях. Продукція ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» користується попитом більш ніж у 60 країнах.

Для реалізації вимог до якості продукції впроваджені такі види виробництва: електрошлаковий і вакуумно-дуговий переплави, виготовлення великогабаритних поковок методом вільного кування на пресах, холоднотягнутої (каліброваної) сталі, газокисневого рафінування нержавіючої сталі, порошкова металургія (швидкорізальні і штампові сталі), обробка металу на установці «піч-ківш», вакуумування рідкої сталі. Послідовність, обсяг і відповідальність при виконанні контрольних операцій регламентовані «Схемою контролю якості продукції на всіх стадіях виробничого процесу». На підприємстві функціонує система менеджменту якості, сертифікована органом по сертифікації TÜV Thüringen (Німеччина) на відповідність вимогам ISO 9001:2015. Загальна схема виробництва ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» представлена на рис. 2.1.

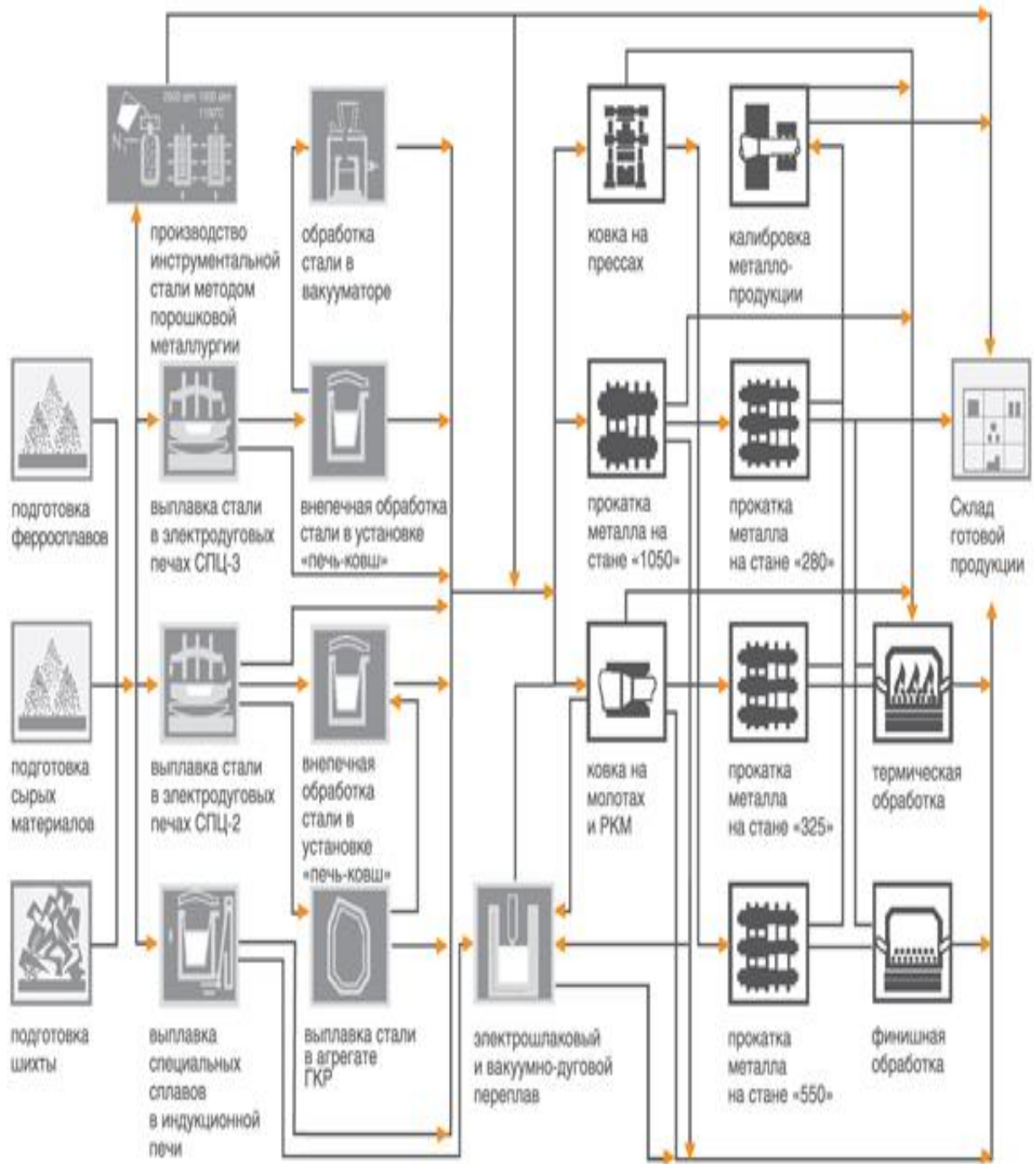


Рисунок 2.1 – Загальна схема виробництва ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

2.2 Опис процесу виробництва кованих прутків (поковок)

Виготовлення великогабаритних поковок з високолегованих сталей методом вільного кування виконується в умовах ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» в ковальсько-пресовому цеху (надалі – КПЦ). Для кування використовуються злитки квадратного поперечного і трапецієвидного повздовжнього перерізу вагою вилівка 7,15 т, 6,5 т, 4,8 т, 4,5 (4,52) т, 3,8 т (3,77 т) і 3,6 т, що отримують в електродугових печах сталеплавильних цехів СПЦ-2, СПЦ-3, і циліндричні злитки вагою 0,9-6 т, що отримують у сталеплавильному цеху СПЦ-5, методом електрошлакового (ЕШП) і вакуумно-дугового переплаву (ВДП). Злитки надходять в КПЦ в стані гарячого і холодного всаду.

ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» виробляє металопродукцію 1200 профілерозмірів з більше ніж 800 марок сталі. Для оптимальної технологічної підготовки виробництва все марки сталі класифіковані в 20 груп марок сталі (далі – ГМС).

Таблиця 2.1 – Марки сталі, що взяті до розгляду оптимальності технологічного процесу

ГМС	Найменування груп марок сталей	Марка сталі	Сталеплавильний цех
22Н	Сталь конструкційна легована Ni	40X2H2MA	СПЦ-3
32	Сталь інструментальна легована	4X5MФ1C	СПЦ-3
		X12MФ	
		9Г2Ф	
40	Сталь нержавіюча	14X17H2	СПЦ-2
40Н	Сталь нержавіюча легована Ni	12X18H10T	СПЦ-2
		03X17H12M2Y	
49Н	Сталь жароміцна легована Ni	XH77TЮP ВД	СПЦ-5

У даній роботі для вирішення поставлених дослідницьких завдань взяті до розгляду технологічні процеси виробництва циліндричних кованих прутків (поковок) з марок сталі, що належать до п'яти ГМС, мають високий попит у споживачів і представляють технологічні можливості підприємства (див. таблицю 2.1). Сталі конструкційні леговані нікелем та інструментальні леговані виплавляються у сталеплавильному цеху №3, нержавіючі сталі – є сортаментом сталеплавильного цеху №2. Розливання сталей виконується в виливниці різного розвісу. Тому одиницею виміру для коректності зрівнювання та аналізу процесу кування прийнято один злиток.

2.2.1 Виплавка і розливання сталей

В СПЦ-2 виплавка сталі ведеться у відкритій електродуговій печі ємністю 50 т, з наступною продувкою в аргоноокисневному конвертері ємністю 60 т і обробкою на установці піч-ківш. Цей процес дозволяє отримати низьковуглецеву корозійностійку нержавіючу сталь. Цех обладнаний індукційною піччю ємністю 8 тонн для виробництва жароміцних сталей і спеціальних сплавів.

В СПЦ-3 отримують високоякісну сталь шляхом обробки напівпродукту на установці піч-ківш фірми Danieli з подальшим вакуумуванням розплаву в вакууматорі фірми Mannesmann Demag.

Для запобігання порушенню процесу кристалізації рідкого металу у виливницях залізничні платформи з ними витримуються в розливному прольоті в СПЦ-2, СПЦ-3 до першого поштовху певний час, встановлений для кожної марки сталі, після чого передаються на стриперування. Злитки надходять в КПЦ з аналізною карткою поплавочно після охолодження і, за необхідності, після абразивного зачищення дефектів.

СПЦ-5 обладнаний печами ЕШП і ВДП різної ємності, що дозволяють виробляти сортові злитки вагою 0,9-6,0 тонн і листові злитки вагою 9,3-20,0

тонн. Технологія ЕШП забезпечує отримання стали і спеціальних сплавів, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості: авіаційної, оборонної, а також теплової та атомної енергетики.

2.2.2 Організація виробництва і робочих місць

Робота організована по 3-х змінному, 4-х бригадному безперервному графіку. Ділянки ковальсько-пресового цеху:

- пресова ділянка пресу 60 МН;
- пресова ділянка пресу 32 МН;
- ділянка ад'юстажу.

На пресовій ділянці працюють комплексні бригади у складі: нагрівальщик металу, коваль-машиніст преса, машиніст завантажувальних пристроїв, клеймувальник гарячого металу.

На ділянці ад'юстажу у операторів верстатів РТ – відрядна оплата праці, у операторів стрічкопилкових верстатів (різьбярі) – погодинна оплата. Для обслуговування обладнання ділянок передбачені бригади механослужби, електрослужби цеху.

2.2.3 Нагрівання злитків перед куванням

Для нагріву перед куванням, накопичення і термічної обробки злитків, пресовок, заготовок, поковок використовують камерні печі. Для накопичення злитків, що надходять після стріперування гарячим всадом, використовують дві накопичувальні печі (№ 19, 20) з викочуваною подиною з площею поду 40,7 м² і максимальною масою садки 150 т.

Для нагріву злитків перед куванням використовують сім печей (№ 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8) зі стаціонарною подиною з площею поду $13,5 \text{ м}^2$ і максимальною масою садки $20,2 \text{ т}$, п'ять печей (№ 11, 15, 16, 17, 18) з викочуваною подиною з площею поду $18,6 \text{ м}^2$ і максимальною масою садки 55 т , дві печі (№ 9, 10) викочуваною подиною з площею поду $13,9 \text{ м}^2$ і максимальною масою садки 44 т . На даних печах КПЦ для контролю температури нагріву злитків перед куванням встановлений в центрі склепіння (своду) кожної печі вертикально один термоперетворювач з градуванням моделі ТПП (S) довжиною $1,0 \text{ м}$.

Нагрівальник металу реєструє в пічному журналі і робочій карті:

- дату і час посадки і видачі;
- номер печі;
- номер плавки;
- марку сталі;
- розміри перетину злитків;
- номер злитків і літери злитків;
- схему розміщення.

Температура нагрівання перед куванням для нержавіючих марок становить: до температури 1180°C , витримка – від 6 годин до 12 годин. Контроль температури – термоелектричним перетворювачем, потенціометром.

2.2.4 Характеристики пресів

Для виготовлення поковок в КПЦ встановлені два гідравлічних преса з номінальним зусиллям 60 МН і 32 МН . Преси зусиллям 60 МН і 32 МН призначені для вільного кування злитків, пресовок і переробної заготовки різних сталей і сплавів на товарні поковки і переробну заготовку.

Схема преса наведена на рис. 2.2 [41]. Прес має дві системи циліндрів. Робочий хід верхнього бойка 2 забезпечується циліндром 4. Зворотний рух

виконується циліндром 3. Нижній бойок 1 встановлюють на столі, що має широку можливість переміщатися в горизонтальній площині з використанням гідравлічного приводу через розподільний пристрій 18. Успішна робота преса забезпечується рядом механічних пристроїв, основними з яких є головний водорозподільник 17, пристрій для підведення пари 6, бак для приготування емульсії 16 і бак готової емульсії 15, насос 14, електромагніти 13, автоматичний запірний клапан 12, насос високого тиску 11, компресор 10, акумулятор 9, наповнювальні баки 8, мультиплікатори 7, коробка зворотного зливного клапана 5.

Живлення кувальних пресів рідиною високого тиску ($P = 31,381280$ МПа) здійснюється від насосноакумуляторної станції, що має в своєму складі 14 насосів Г305А продуктивністю 750 л/хв, два гідравлічних і повітряних балонів місткістю 9900л кожен.

Преси оснащені:

а) кувальними маніпуляторами вантажопідйомністю:

- на пресі зусиллям 60 МН: 10 т;
- на пресі зусиллям 32 МН: 5 т;

б) шаржир-машинами вантажопідйомністю, 5 т;

в) спеціальними кранами вантажопідйомністю:

- на пресі зусиллям 60 МН: 50/10 т;
- на пресі зусиллям 32 МН: 30/10 т.

2.2.5 Технологічний процес виробництва сортових кованих прутків

Для дослідження процесу кування високолегованих сталей були розглянуті технологічні карти виготовлення поковок в КППЦ, де наведено опис технологічного процесу, використовуюваного обладнання, маси злитка і готової поковки для марок сталі згідно таблиці 2.1. Ковальсько-пресовий цех

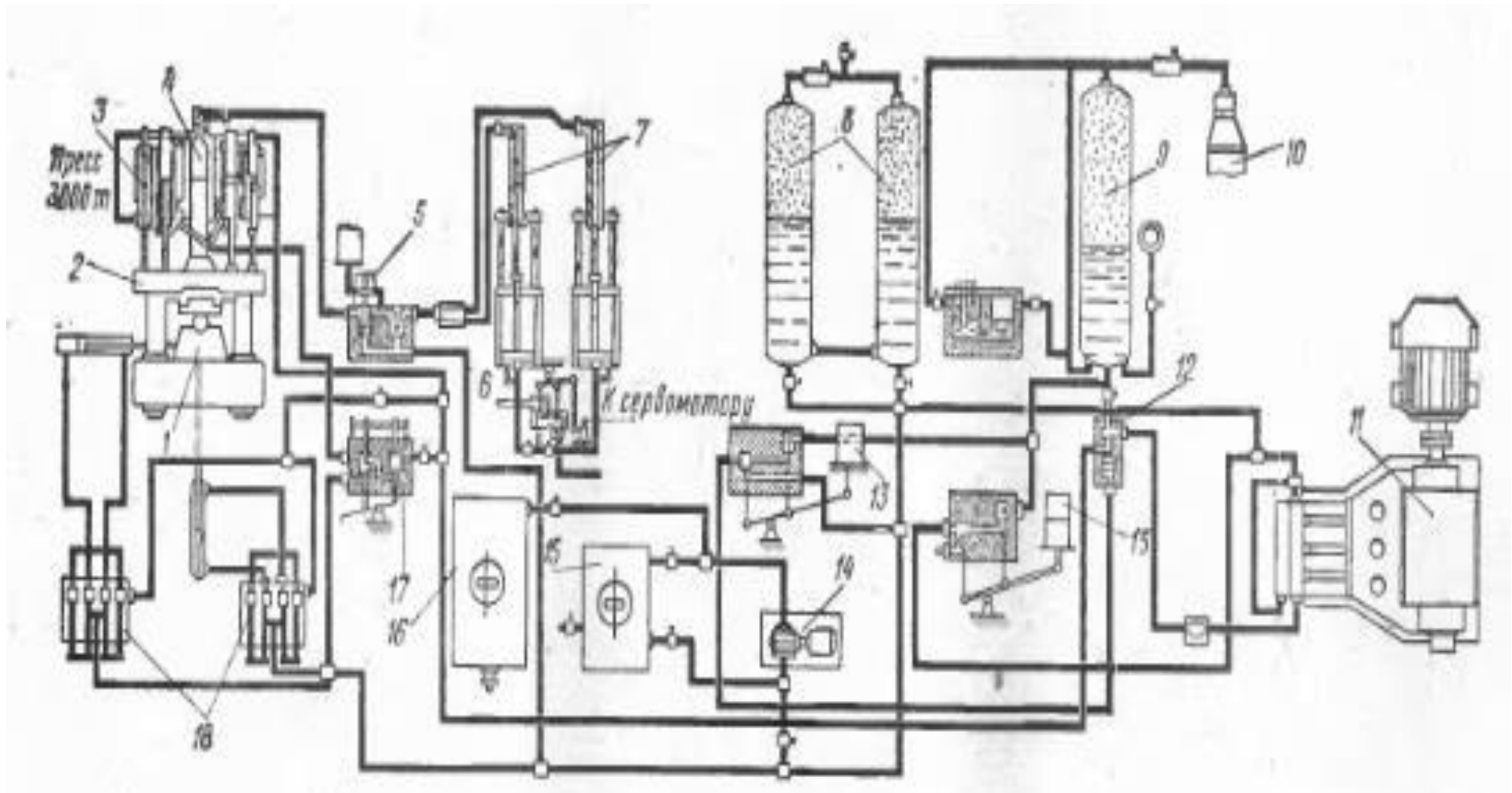


Рисунок 2.2 – Схема гідравлічного преса (1-18 – позначення в тексті)

характеризується одиничним і дрібносерійним типом виробництва. Кування злитків здійснюється послідовними операціями осаджування і протягання.

Осаджування злитків і заготовок проводиться на осадових плитах. Осаджування – процес зменшення висоти заготовки з одночасним збільшенням площі її поперечного перерізу. Осаджування проводять для усунення литої структури, підвищення ступеня уковування. Осадка злитків (заготовок) проводиться на осадових плитах або широкими плоскими бойками. Для уникнення викривлення поздовжньої осі і подвійного бочкоутворення при осаджуванні відношення висоти до діаметра (сторони) злитка або заготовки не повинно перевищувати за умовами стійкості 2,5, для злитка – 2,8. При осаджуванні злитків і заготовок застосовується дробність деформації.

Величина одиничного обтиску за хід преса при осаджуванні:

- не більше 120 мм – для інших жароміцних сплавів і сталей;
- не більше 200 мм – для інших сталей.

Білетування злитка призначена для перетворення злитка в заготовку і є початковим етапом протягання. Це операція застосовується для усунення конусності злитка. Перед процесом білетування з боку прибуткової частини злитка кують цапфу, яка дозволяє утримувати злиток і маніпулювати при наступних операціях кування.

Кування цапфи проводиться в вирізних, комбінованих, похило-паралельних або плоских бойках. Перед початком кування бойки підігрівають. При охолодженні осадових плит або бойків до темно-червоного кольору проводиться їх підігрів в печі при температурі від 850 ° С до 950 ° С протягом не менше 20 хв. або попередньо підігрітою до температури не менше 1180 ° С спеціальної заготовкою, покладеної між зімкнутими плитами, протягом не менше 15 хв. Допускається підігрів бойків виробляти нагрітим металом (обрізами) з температурою не нижче 800 ° С протягом не менше 30 хв.

Розміри цапф: коло, квадрат від 150 мм до 500 мм, довжина від 350 мм до 600 мм. Обтискування при куванні цапфи вибираються в залежності від пластичності сталі (сплаву), але не більше 200 мм за хід преса. Температуру кінця кування цапф не контролюють. Вимірювання виконують,

використовуючи кронциркуль, пруток і штрихову міру довжини.

Протягання виконується для подовження заготовки або її частини за рахунок зменшення площі поперечного перерізу послідовної подачею і обтисненням заготовки при її повороті навколо своєї осі на певному етапі обробки. Вона займає до 70% всього часу обробки.

Кування протяганням злитків і заготовок на поковки круглого перетину здійснюється в вирізних, комбінованих (нижній вирізний, верхній плаский) бойках. Кування злитків прецизійних і жароміцних сплавів здійснюється в вирізних бойках. Робочі кромки пласких, вирізних або комбінованих бойків виконують у вигляді заокруглення, радіус якого повинен становити не менше 60 мм.

Кування злитків повинне проводитися за затвердженими картками кування. Вирізні бойки вибирають з такого розрахунку, щоб відношення діаметра (сторони квадрата) злитка або заготовки до діаметра бойків не перевищувало:

- для жароміцних і прецизійних сплавів – 1,5;
- для інших марок сталей – 1,75.

Ковку злитків починають невеликими обтисканнями:

- до 20 мм за хід преса – для нізкопластичних легованих інструментальних сталей типу X12;
- до 30 мм за хід преса – для жароміцних сплавів;
- до 80 мм за хід преса – для інших високопластичних сталей типу 08-12X18H10T і ін.

Подальше кування здійснюється з обтисканнями за хід преса:

- до 50 мм – для легованих інструментальних сталей типу X12;
- до 120 мм на плоских бойків і до 100 мм на вирізних бойків – для інструментальних та нержавіючих сталей;
- до 80 мм – для інших сталей і сплавів.

Контроль одиничних обтиснень при куванні на пресах здійснюється за штриховий мірою довжини. Для попередження утворення зажимів і заковів

величина подачі повинна бути більше величини обтиснень. Подача при куванні повинна забезпечити перекриття деформованих ділянок. Глибину надрубки контролюють за штриховою мірою довжини, встановленій на пресі, кут повороту поковок не контролюють.

Рубку поковок круглого перетину виробляють в комбінованих бойках за схемою:

а) провести надрубку поковки з одного боку на глибину від 20 мм до 60 мм;

б) кантувати поковки на 180° до повного прилягання поверхні поковки до бойка, надрубити на глибину від 20 мм до 60 мм;

в) кантувати поковки на 90° . Поковки круглого перетину надрубити на 20 мм – 30 мм;

г) кантувати поковки на 180° до повного прилягання поверхні поковки до бойка і остаточно рубати її.

Після кування на заданий розмір поковки правляться на пресах. Правку (прогладжування) проводять на правильній плиті верхнім бойком, рухом столу, допустимі обтискування при виправленні до 10 мм.

У процесі кування в проміжних профілях квадратного перетину проводиться забивання кутів. Обтискування при забиванні кутів не менше 15 мм за хід преса. Поверхня поковок повинна бути рівною, без заковів і вм'ятин.

Після кування на заданий розмір поковки правляться на пресах. Правку виробляють на правильній плиті верхнім бойком, рухом столу, обтискування при виправленні припускаються до 10 мм.

Температура кінця кування контролюється стаціонарними пірометрами, встановленими на пресах, і оптичним пірометром не менше 20% поковок від кожної плавки. Результати замірів температури заносяться працівниками цеху в робочу картку кування. Контроль температури здійснюється оптичним пірометром.

Кування сортових кованих прутків здійснюється з забезпеченням укова не менше 4. Термічна обробка виконується в спеціальних печах КПЦ згідно

порядку, встановленому технологічною інструкцією, і призначена для досягнення необхідних механічних властивостей кованих прутків.

Обсяг контрольних операцій та відповідальність за їх виконання регламентована в «Схемі контролю якості продукції на всіх стадіях виробничого процесу». Дефекти, притаманні кований металопродукції: тріщини, рванини, дефекти, виявлені під час УЗК, утяжини, зажими, закови. Ад'юстажна обробка металопродукції

Для обдирання кованих прутків в цеху встановлено вісім токарно-обдирних верстатів РТ-504, два верстати РТ-503, один верстат 1М660.04.Ф1х7000 і один без центрів обдирний верстат моделі 9340А, з них п'ять верстатів модернізовані (РТ-504 і РТ-503). Припуск на обдирання і зачистку (різниця між мінімальним поковочним і максимальним здавальним розмірами) встановлюють відповідно до ТІ 143-КП-2. Ад'юстажна обробка поковок проводиться відповідно до інструкції ТІ 143-КП-9.

Порізка кованих прутків на необхідні довжини і їх торцювання проводиться на стрічково-пильних верстатах Pegas 850x1000 Herkules X, Pegas 650x750 Herkules (Чехія), НФА-500 ф. «Амада», Юніс 3-1000, ЛПУ-500, по ТІ 143-А-16, абразивно-відрізних верстатах (АОС) і анодно-механічних верстатах (АМС) по ТІ 143-КП-9.

Ультразвуковий контроль (УЗК) кованих прутків проводиться на спеціально обладнаному ділянці ад'юстажу за допомогою переносних дефектоскопів типу USK 8В, USM 3S, УД2-12, УД4-76 по ТІ 143-А-5. Для контролю та здачі продукції на Ад'юстаж є спеціальні столи.

Транспортування металу проводиться за допомогою 17 електромостових кранів і п'яти трансферкарних візків вантажопідйомністю 25 т кожна.

Контроль якості продукції

Для проведення контролю ад'юстажі є 2 ділянки: пред'явки і здачі. На ділянці пред'явки здійснюється приймання металопродукції за розмірами, довжиною, шерохватістю Rz, відсутністю поверхневих дефектів.

Здійснюється контроль УЗК:

- за допомогою дефектоскопа, акустичний тракт якого налаштований відповідно до норм, встановлених відповідним НД по СОП – зразком, AVG – діаграмі;
- шляхом сканування по змащеній контактної мастилом поверхні металу і спостереження за появами на екрані дефектоскопа відлуння – сигналів від дефекту і за спрацьовуванням АСД (якщо передбачений). Швидкість сканування не повинна перевищувати 100 мм/с.

2.2.6 Особливості технологічного процесу виготовлення кованих прутків груп марок сталей

Дослідження особливостей процесу кування високолегованих сталей, наведених в таблиці 2.1, було виконано при прикладі виготовлення конкретних замовлень споживачів. Для цього був виконаний поопераційний хронометраж процесу декількох позицій замовлень, були розглянуті технологічні карти виготовлення поковок в КПЦ з вищезгаданих марок сталей з описом технологічного процесу, використовуваного обладнання, маси злитка і маси готової поковки, проаналізовані робочі записи, що виконувалися технологічним персоналом в картах кування по факту виконання процесу.

Консолідовані дані аналізу оптимальності технологічного процесу згруповані в таблиці 2.2 та детальніше розглянуті в наступних розділах щодо кожної марки сталі.

До розгляду було взято 8 марок з п'яти груп сталей. Для хронометражу з поточного виробництва було вибрано сталь 03X17H12M2Y з розвісом слитку 6,8 т і поковочним розміром $\text{Ø}365^{\pm 5}$ та сталь 9Г2Ф з розвісом злитку 3,77 т і поковочним розміром $\text{Ø}225^{\pm 5}$, відносно параметрів технологічного процесу кування яких можна було згрупувати інші сталі. Таким чином, виробництво прутків зі сталей 40X2H2MA і 12X18H10T за послідовністю операцій

Таблиця 2.2 – Зведені дані аналізу оптимальності технологічного процесу

ГМС	Найменування груп марок сталей	Марка сталі	Параметри злитку для кування, т	Поковочний розмір, мм	Здавальний розмір згідно замовлення споживача, мм	Дані хронометражу технологічного процесу	Дані виходу придатного
22Н	Сталь конструкційна легована Ni	40X2H2MA	4,52 т	Ø360 ⁺⁵	Ø300 ⁺⁵	Аналогічно сталі 03X17H12M2У див. табл. 2.6	Див. табл. 2.8
32	Сталь інструментальна легована	4X5MФ1С	4,52 т	Ø230 ⁺⁵	Ø203,2 ⁺³	Аналогічно сталі 9Г2Ф див. табл. 2.3	Див. табл. 2.4
		X12MФ	3,8 т	Ø380 ⁺⁵	Ø350 ⁺⁵	Аналогічно сталі 9Г2Ф див. табл. 2.3	Див. табл. 2.4
		9Г2Ф	3,77 т	Ø225 ⁺⁵	Ø202 ⁺³	Див. табл. 2.3	Див. табл. 2.4
40	Сталь нержавіюча	14X17H2	3,8 т	Ø255 ⁺⁵	Ø230 ⁺⁵	Аналогічно сталі 9Г2Ф див. табл. 2.3	Див. табл. 2.4
40Н	Сталь нержавіюча легована Ni	12X18H10T	6,8 т	Ø380 ⁺⁶	Ø350 ⁺⁵	Аналогічно сталі 03X17H12M2У див. табл. 2.6	Див. табл. 2.7
		03X17H12M2У	6,8 т	Ø365 ⁺⁵	Ø330,2 ⁺³	Див. табл. 2.6	Див. табл. 2.7
49Н	Сплав жароміцний легований Ni	XH77TЮР ВД	2,0 т злиток електрошлакового переплаву	Ø375 ⁺⁵	Ø350 ⁺³	Згідно даних [12]	Див. табл. 2.9

розглядалося аналогічним технологічному процесу кування циліндричних прутків зі сталі 03X17H12M2Y, а виробництво прутків зі сталей 4X5MФ1С, X12MФ, 14X17H2 за тими же чинниками розглядалося аналогічно куванню прутків зі сталей 9Г2Ф. Особливості процесу кування жароміцного легованого Ні сплаву ХН77ТЮР ВД були розглянуті на даних, що навів автор в роботі [12].

Поопераційний хронометраж процесу кування поковок зі сталей 03X17H12M2Y і 9Г2Ф в КПЦ ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» супроводжувався аналізом особливостей технологічного процесу, використовуюваного обладнання, маси злитка і маси готової поковки, робочих записів, що виконувалися технологічним персоналом в картах кування по факту виконання процесу. Дані приведені нижче.

2.2.6.1 Кування циліндричних прутків з інструментальної легової сталі (на прикладі сталей 4X5MФ1С, X12MФ, 9Г2Ф)

Розглянута карта кування і проаналізований технологічний процес кування прутка $\text{Ø}225^{+5}$ мм (кувальний розмір) на чистовий розмір $\text{Ø}202^{+3}$ мм сталі 9Г2Ф із злитка 3,77т. Злиток має квадратний поперечний і трапецієвидний повздовжній переріз з наступними розмірами: 590x590 мм верх, 480x480 мм низ, довжина до прибуткової частини 1680 мм.

Результати аналізу технологічного процесу наведені в таблиці 2.3, схема кування представлена на рис. 2.3.

Дані виходу придатного при куванні прутка $\text{Ø}225^{+5}$ мм із інструментальної легової сталей 4X5MФ1С, X12MФ, 9Г2Ф розраховані і наведені в таблиці 2.5.

2.2.6.2 Кування циліндричних прутків з нержавіючої сталі (на прикладі сталі 14X17H2)

Кування прутка $\text{Ø}255^{+5}$ мм (кувальний розмір) на чистовий розмір $\text{Ø}230^{+5}$ мм сталі 14X17H2 виконувалося із злитка 3,8т. Злиток має квадратний поперечний і трапецієвидний повздовжній переріз з наступними розмірами: 590x590 мм верх, 480x480 мм низ, довжина до прибуткової частини 1680 мм. Послідовність технологічних операцій, час їх виконання, схема кування аналогічно процесу, розглянутому в п.2.2.6.1.

Дані виходу придатного при куванні прутка $\text{Ø}255^{+5}$ мм з нержавіючої сталі 14X17H2 розраховані і наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес кування прутка Ø230 мм (кувальний розмір) на чистовий розмір Ø202⁺³ мм сталі 9Г2Ф із злитка 3,77т

Номер виносу №п/п	Зміст технологічних дій	№ п/п технологічної операції	Найменування технологічної операції / температура початку кування Тн, кінця кування Тк, °С	Час виконання		
				основної операції кування, с	допоміжної операції кування, с	транспортувальної операції, с
1	2	3	4	5	6	7
I	Осаджування, заков цапфи	1	Винесення злитка на кування Тн=1160°С			60
		2	Заков цапфи	46		
		3	Осаджування на кв. 630 мм (обтиснення до 200 мм за хід преса)	543		
		4	Повернення в піч на нагрів Тк=960°С			60
		Загальний час виконання технологічних операцій за I винос			709 с (11 хв 49 с)	
II	Кування кв. 630 мм на кв. 450 мм	5	Винесення осадженого злитка кв. 630 мм на ковку Тн=1160°С			60
		6	Протягання (обтиснення до 120 мм за хід преса)	443		
		7	Прогладжування (обтиснення до 10 мм за хід преса)		136	
		8	Розворот на кування II половини злитка			81
		9	Повернення поковки кв.450мм в піч на нагрів Тк=950°С			60
Загальний час виконання технологічних операцій за II винос			780 с (13 хв)			
III	Кування кв. 450 мм на кв. 350 мм	10	Винесення осадженого злитка кв. 630 мм на ковку Тн=1160°С			60
		11	Протягання (обтиснення до 120 мм за хід преса)	298		
		12	Розворот на кування II половини злитка			84
		13	Прогладжування (обтиснення до 10 мм за хід преса)		118	
		14	Рубка на дві штанги А і Н	100		
		15	Повернення штанги А кв.350мм в піч на нагрів			60
		16	Повернення штанги Н кв.350мм в піч на нагрів Тк=950°С			60
Загальний час виконання технологічних операцій за III винос			780 с (13 хв)			
IV	Кування штанги А з кв.350 мм на кв.280 мм	17	Винесення з печі штанги А Тн=1160°С			60
		18	Протягання штанги А	612		
		19	Прогладжування штанги А		262	
		20	Розворот на кування II половини штанги А			86
		21	Повернення штанги А кв.280мм в піч на нагрів Тк=920°С			60
		Загальний час виконання технологічних операцій за IV винос			1080 с (18 хв)	

Хронометраж всіх складових технологічного процесу кування і подальший аналіз виявив наступні тенденції.

Загальний час зайнятості кувального комплексу на переробку злитку вагою 3,77 т на кований циліндричний пруток склав 1 год 37 хв 38 с. Значну частину цього часу близько 23% склав час транспортувальних операцій, а саме транспортування з нагрівальної печі до пресу і назад за сімома виносими, розворот на кування II половини злитка, заготовки (про це детальніше на наступному слайді). Для цього використовуються крани і маніпулятори.

Власне кування склало 77% від часу роботи кувального комплексу і цей час, в свою чергу, розподілився на час основних кувальних операцій, коли прес працював з максимальним навантаженням (операції осажування, протягання), тобто обладнання використовувалося з максимальною ефективністю, та на час допоміжних операцій (прогладжування, білетування, забивання кутів), коли використовувалося тільки 3-4% потужності пресу.

В останньому чистовому виносі допоміжні операції і відповідно непродуктивне використання потужності пресу склали близько 40% всього часу кування.

Схема кування (рис. 2.3) показує технологічні етапи отримання готового кованого прутка:

- нагрівання злитку;
- заков цапфи;
- осажування злитку на осадовій плиті;
- протягування на проміжний розмір квадрат 450 мм з рубкою головної обрізі (можливий переніс рубки на чистовий виніс);
- протягування на проміжний розмір квадрат 350 мм;
- рубка заготовки на 2 частини, які ідентифікують як штанга А та штанга Н з урахуванням розташування відносно голови злитку;
- протягування штанги А та штанги Н окремо на проміжний розмір квадрат 280 мм;
- чистовий виніс – кування на здавальний кувальний розмір круг 235 мм.

Злиток- заков цапфи $\square 350 \times 500$, осаджування $\square 630$ - $\square 450$ -
 $\square 350$, рубити $L/2$ - $\square 280$ - чистовий сорт кр. $230+5$, рубити головну, данну обрізь

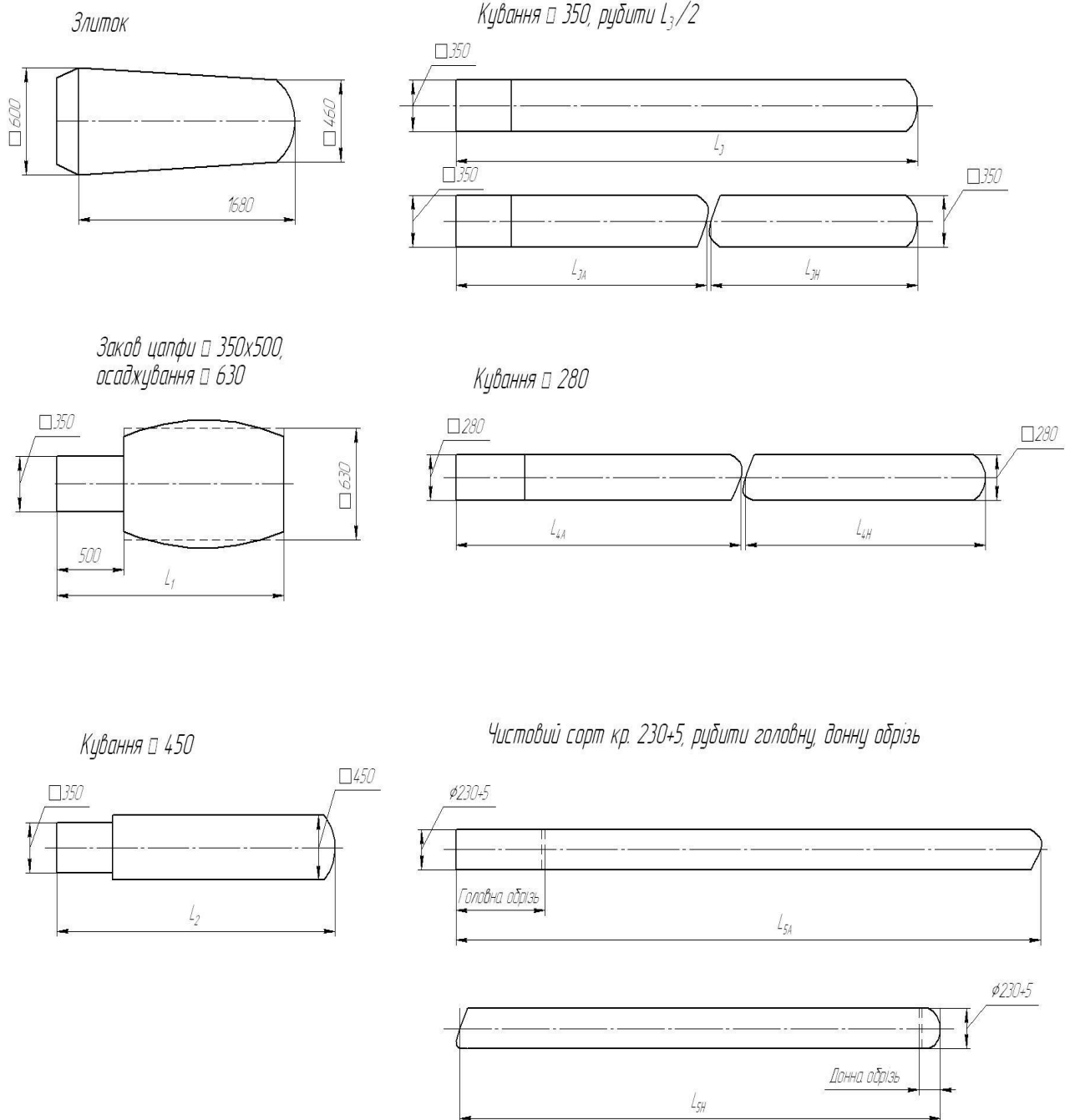


Рисунок 2.3 – Схема кування циліндричних прутків з інструментальної легованої сталі (на прикладі сталей 4Х5МФ1С, Х12МФ, 9Г2Ф)

Таблиця 2.4 – Дані виходу придатного при куванні циліндричних прутків із інструментальної легованої сталі (на прикладі сталей 4Х5МФ1С, Х12МФ, 9Г2Ф)

№ п/п	Аналізовані параметри	Результати		
		9Г2Ф	Х12МФ	4Х5МФ1С
1	Марка сталі	9Г2Ф	Х12МФ	4Х5МФ1С
2	Здавальний розмір, мм	Ø202 мм	Ø352 мм	Ø203,2 мм
3	Поковочний розмір, мм	Ø225 ⁺⁵ мм	Ø380 ⁺⁵ мм	Ø230 ⁺⁵ мм
4	Припуск на кування заданий, мм	28 мм	33 мм	30 мм
5	Припуск за ГОСТ 7062-90, мм	22±8 мм	23±8 мм	21±7 мм
6	«Загальний час» роботи кувального комплексу на куванні продукції зі злитку	5858 с (1 година 37 хв 38 с = 1,627 години)	11039 с (3,067 години)	Дані відсутні
7	Маса злитка, кг, в т.ч.:	3770 кг	3770 кг	4520 кг
	А) зачистка злитку в СПЦ-3	3770-3588= 192 кг	3770-3620= 150 кг	4520-4480= 40 кг
	Б) головна+донна обрізь, кг	458 кг	590 кг	704 кг
	В) маса відкованного сорту, кг	3130 кг(Ø221,6)	3030 кг(Ø385)	3776 кг(Ø230)
8	Відходи з обдирання чорнового, кг	3130(Ø221,6)- 2845(Ø211,2)= 285 кг по 5,2 мм на сторону, загалом 10,4 мм	3030 (Ø385)- 2750(Ø367)= 280 кг по 9 мм на сторону, загалом 18 мм	3776(Ø230)- 3249(Ø213)= 527 кг по 8,5 мм на сторону, загалом 17 мм
9	Відходи з обточування чистового, кг	2845(Ø211,2)- 2601(Ø202)= 244 кг по 4,6 мм на сторону, загалом 9,2 мм	2750(Ø367)- 2535(Ø352)= 215 кг по 7,5 мм на сторону, загалом 15 мм	3249(Ø213)- 2955(Ø203,2)= 294 кг по 4,9 мм на сторону, загалом 9,8 мм
10	Відходи з порізки на потрібну довжину, кг	2601-2432= 169 кг	2535-2322= 213 кг	2955-2708= 247 кг
11	Продуктивність кувального комплексу: викуваної продукції, тонн/годину	3130/1,627= 1923,8 тонн/годину	Дані відсутні	Дані відсутні
12	Маса відвантаженої придатної продукції, кг	2432 кг (дві штанги А=1268 кг довжиною 4970 мм и Н=1164 кг довжиною 4560 мм)	2322 кг одна штанга довжиною 3070 мм	2708 кг (три штанги А=950 кг довжиною 3715 мм; Б=912 кг довжиною 3550 мм; Н=846 кг довжиною 3335 мм)
13	% виходу придатного зі злитка	64,51%	61,6%	60%

Таблиця 2.5 – Дані виходу придатного при куванні циліндричних прутків із нержавіючої сталі (на прикладі сталі 14X17H2)

№ п/п	Аналізовані параметри	Результати
1	Марка сталі	14X17H2
2	Здавальний розмір, мм	Ø230 мм
3	Поковочний розмір, мм	Ø255 ⁺⁵ мм
4	Припуск на кування заданий, мм	30 мм
5	Припуск за ГОСТ 7062-90, мм	22±8 мм
6	«Загальний час» роботи кувального комплексу на куванні продукції зі злитку	Дані відсутні
7	Маса злитка, кг, в т.ч.:	3800 кг
	А) головна+донна обрізь, зачистка злитку, кг	808 кг
	Б) маса відкованого сорту, кг	2992 кг(Ø260)
8	Відходи з обдирання чорнового, кг	2992(Ø260)-2615(Ø243)= 377 кг по 8,5 мм на сторону, загалом 17 мм
9	Відходи з обточування чистового, кг	2615(Ø243)-2347(Ø230)= 268 кг по 6,5 мм на сторону, загалом 13 мм
10	Відходи з порізки на потрібну довжину, кг	2347-2202=145 кг
11	Маса відвантаженої придатної продукції, кг	2202 кг (дві штанги А=1072 кг довжиною 3270 мм и Н=1130 кг довжиною 3450 мм)
12	% виходу придатного зі злитка	58%

Вихід придатного зі злитків сталей 4X5MФ1С, Х12МФ, 14X17H2, кування яких розглядалося аналогічно куванню прутків зі сталей 9Г2Ф, і власне зі злитку сталі 9Г2Ф коливається в межах 58-65%.

2.2.6.3 Кування циліндричних прутків з нержавіючої сталі легованої Ni (на прикладі сталі 12X18H10T, 03X17H12M2Y)

Розглянута карта кування і проаналізований технологічний процес кування прутка $\text{Ø}365^{+5}$ мм (кувальний розмір) на чистовий розмір $\text{Ø}332,7^{+3}$ мм сталі 03X17H12M2Y із злитка 6,8т. Злиток має квадратний поперечний і трапецієвидний повздовжній переріз з наступними розмірами: 747x747 мм верх, 575x575 мм низ, довжина до прибуткової частини 1955 мм.

Результати аналізу технологічного процесу наведені в таблиці 2.6, схема кування представлена на рис. 2.4.

Дані виходу придатного при куванні прутка $\text{Ø}365^{+5}$ мм із нержавіючої сталі 03X17H12M2Y, 12X18H10T легованих Ni розраховані і наведені в таблиці 2.7.

2.2.6.4 Кування прутків з конструкційної сталі легованої Ni (на прикладі сталі 40X2H2MA)

Кування прутка $\text{Ø}360^{\pm 5}$ мм (кувальний розмір) на чистовий розмір $\text{Ø}330^{\pm 5}$ мм сталі 40X2H2MA виконувалося із злитка 4,52т. Злиток має квадратний поперечний і трапецієвидний повздовжній переріз з наступними розмірами: 650x650 мм верх, 525x525 мм низ, довжина до прибуткової частини 1640 мм. Послідовність технологічних операцій, час їх виконання, схема кування аналогічно процесу, розглянутому в п.2.2.6.3.

Дані виходу придатного при куванні прутка $\text{Ø}330^{\pm 5}$ мм із конструкційної сталі 40X2H2MA легованої Ni розраховані і наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.6 – Технологічний процес кування прутка Ø370мм (кувальний розмір) на чистовий розмір Ø330мм сталі 03X17H12M2U із злитка 6,8 т

Номер виносу №п/п	Зміст технологічних дій	№ п/п технологічної операції	Найменування технологічної операції / температура початку кування Тн, кінця кування Тк, °С	Час виконання			
				основної операції кування, с	допоміжної операції кування, с	транспортувальної операції, с	
1	2	3	4	5	6	7	
I	Осаджування, заков цапфи	1	Винесення злитка на кування Тн=1180°С			60	
		2	Заков цапфи	45			
		3	Осаджування на кв. 750 мм (обтиснення до 200 мм за хід преса)	573			
		4	Повернення в піч на нагрів Тк=950°С			60	
		Загальний час виконання технологічних операцій за I винос			738 с (12 хв 18 с)		
II	Кування кв. 750 мм на кв. 400 мм	<i>Кування I половини злитка</i>					
		5	Винесення осадженого злитка кв. 750 мм на ковку Тн=1180°С			60	
		6	Білетування – початковий елемент протягання (обтиснення до 80 мм за хід преса)		172		
		7	Протягання – основні проходи (обтиснення до 120 мм за хід преса)	330			
		8	Прогладжування (обтиснення до 10 мм за хід преса)		102		
		9	Рубка головної обрізі	78			
		10	Забивання кутів		45		
		11	Розворот на кування II половини злитка			86	
		<i>Кування II половини злитка</i>					
		12	Білетування – початковий елемент протягання (обтиснення до 80 мм за хід преса)		182		
		13	Протягання – основні проходи (обтиснення до 120 мм за хід преса)	472			
		14	Прогладжування (обтиснення до 10 мм за хід преса)		172		
		15	Забивання кутів		45		
		16	Рубка на дві штанги А і Н	140			
		17	Повернення штанги А в піч на нагрів і повернення до пресу			120	
		18	Повернення штанги Н в піч на нагрів Тк=930°С			60	
		Загальний час виконання технологічних операцій за II винос			2064 с (34 хв 24 с)		
		III	Кування штанги А з кв.400 мм на Ø370 мм (чистовий сорт в кувальних розмірах)	19	Винесення з печі штанги А Тн=1180°С		
20	Протягання I половини штанги А			160			
21	Прогладжування I половини штанги А				201		
22	Розворот на кування II половини штанги А					86	
23	Протягання II половини штанги А			72			
24	Прогладжування II половини штанги А Тк=980°С				78		
Загальний час виконання технологічних операцій за III винос				657 с (10 хв 57 с)			

1	2	3	4	5	6	7
IV	Кування штанги А з кв.400 мм на Ø370 мм (чистовий сорт в кувальних розмірах)	25	Винесення із зони преса штанги А. Винесення з печі штанги Н $T_n=1180^{\circ}\text{C}$			60
		26	Протягання I половини штанги Н	160		
		27	Прогладжування I половини штанги Н		201	
		28	Розворот на кування II половини штанги Н			86
		29	Протягання II половини штанги Н	72		
		30	Прогладжування II половини штанги Н		78	
		31	Винесення із зони преса штанги Н $T_k=980^{\circ}\text{C}$			60
		Загальний час виконання технологічних операцій за IV винос				717 с (11 хв 57 с)
АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ						
А. Загальний час використання кувального комплексу (Б + В)			4176 с (1 година 9 хв 36 с = 1,16 години)			
Отримано кованого прутка в кувальних розмірах – 6035 кг. Продуктивність – 5,203 т/год.						
Отримано продукції, відвантаженої споживачеві – 4504 кг. Продуктивність – 3,883 т /год.						
Б. Час транспортувальних операцій			798 с (13 хв 18 с) – 19,9% від А – загального часу використання кувального комплексу			
В. Час кування (основні і допоміжні операції кування)			3378 с (56 хв 18 с) – 80,1% від А – загального часу використання кувального комплексу			
В.1 Час основних операцій кування (операції 2, 3, 7, 9, 13, 16, 20, 23, 26, 29)				2102 (62,2% від В)		
В.2 Час всіх допоміжних операцій кування (операції 6, 8, 10, 12, 14, 15, 21, 24, 27, 30)					1276 (37,8 % від В)	
В.2.1 Час допоміжної операції кування – білетування (операції 6, 12)					354 (10,48% від В)	
В.2.2 Час допоміжної операції кування – прогладжування і забивання кутів (операції 8, 10, 14, 15, 21, 24, 27, 30)					922 (27,3% від В)	

Загальний час зайнятості кувального комплексу на переробку злитку сталі 03X17H12M2У вагою 6,8 т на кований циліндричний пруток склав 1 год 9 хв 36 с, який розподілився наступним чином:

- транспортувальні операції – близько 20%;
- кування (80% від загального часу) розподілилось на час основних і допоміжних операцій в пропорції 62% на 38%.

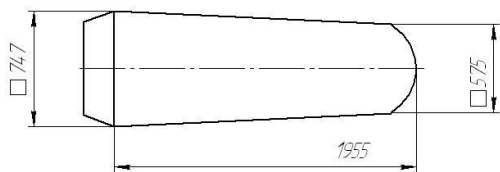
Схема кування (рис. 2.4) показує технологічні етапи отримання готового кованого прутка:

- нагрівання злитку;
- заков цапфи;
- осаджування злитку на осадовій плиті;
- протягування на проміжний розмір квадрат 750 мм з рубкою головної обрізі (можливий переніс рубки на чистовий виніс);
- протягування на проміжний розмір квадрат 400 мм;
- рубка заготовки на 2 частини, які ідентифікують як штанга А та штанга Н з урахуванням розташування відносно голови злитку;
- чистовий виніс – кування штанги А та штанги Н на здавальний кувальний розмір круг 375 мм.

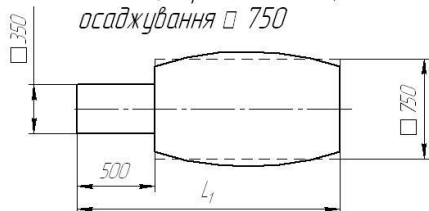
Кількість виносів – 4.

*Злиток- заков цапфи $\square 350 \times 500$, осаджування $\square 750$ -
 $\square 400$, рубити $L/2$ - чистовий сорт кр. $370+5$, рубити головну, донну обрізь*

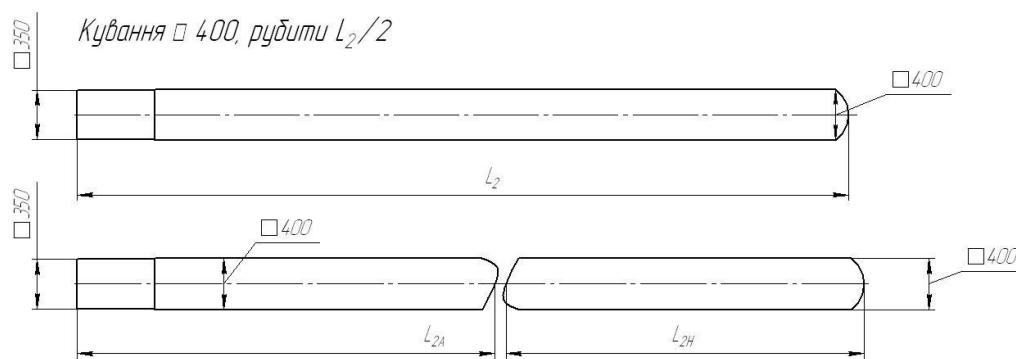
Злиток



*Заков цапфи $\square 350 \times 500$,
осаджування $\square 750$*



Кування $\square 400$, рубити $L_2/2$



Чистовий сорт кр. $370+5$, рубити головну, донну обрізь

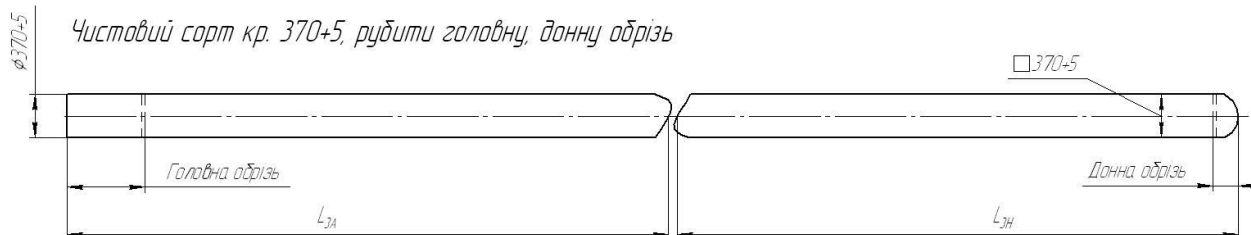


Рисунок 2.4 – Схема кування циліндричних прутків з нержавіючої сталі легованої Ni (на прикладі сталі 12X18H10T, 03X17H12M2У)

Таблиця 2.7 – Дані виходу придатного при куванні циліндричних прутків із нержавіючої сталі легованої Ni (на прикладі сталі 12X18H10T, 03X17H12M2Y)

№ п/п	Аналізовані параметри	Результати	
		03X17H12M2Y (316L)	12X18H10T
1	Марка сталі	03X17H12M2Y (316L)	12X18H10T
2	Здавальний розмір, мм	Ø330,2 мм	Ø350 мм
3	Поковочний розмір, мм	Ø365 ^{±5} мм	Ø380 ⁺⁶ мм
4	Припуск на кування заданий, мм	39,8 мм	36 мм
5	Припуск за ГОСТ 7062-90, мм	25±9 мм	23±8 мм
6	«Загальний час» роботи кувального комплексу на куванні продукції зі злитку	4176 с (1 година 9 хв 36 с = 1,16 години)	Дані відсутні
7	Маса злитка, кг, в т.ч.:	6800 кг	6780 кг
	А) головна+донна обрізь, зачистка злитку, кг	765 кг	970 кг
	Б) маса відкованого сорту, кг	6035 кг(Ø370)	5810 кг(Ø372)
8	Відходи з обдирання чорнового, кг	6035(Ø370) - 5393(Ø341) =642 кг по 14,5 мм на сторону, загалом 29 мм	5810 (Ø372) - 5410(Ø358) =400 кг по 7 мм на сторону, загалом 14 мм
9	Відходи з обточування чистового, кг	5393 (Ø341) -4885 (Ø330,2) =508 кг по 5,4 мм на сторону, загалом 10,8 мм	5410(Ø358) - 5172(Ø350) =238 кг по 4 мм на сторону, загалом 8 мм
10	Відходи з порізки на потрібну довжину, кг	4885-4504=381 кг	5172-4714=458 кг
11	Продуктивність кувального комплексу: викуваної продукції, тонн/годину	6035/1,16=5203 тонн/годину	Дані відсутні
12	Маса відвантаженої придатної продукції, кг	4504 кг (дві штанги А=2310 кг довжиною 3300 мм и Н=2194 кг довжиною 3140 мм)	4714 кг (дві штанги А=2456 кг довжиною 3170 мм и Н=2258 кг довжиною 2900 мм)
13	% виходу придатного зі злитка	66,2%	69,53%

Таблиця 2.8 – Дані виходу придатного при куванні циліндричних прутків із конструкційних сталей легованих Ni (на прикладі сталі 40X2H2MA)

№ п/п	Аналізовані параметри	Результати
1	Марка сталі	40X2H2MA
2	Здавальний розмір, мм	Ø330 мм
3	Поковочний розмір заданий, мм	Ø365 ^{±5} мм
4	Припуск на кування фактичний, мм	30 мм
5	Припуск за ГОСТ 7062-90, мм	25±9 мм
6	Маса злитка, кг, в т.ч.:	4520 кг
	А) головна+донна обрізь, зачистка злитку, кг	780 кг
	Б) маса відкованого сорту, кг	3740 кг(Ø360)
7	Відходи з обдирання чорного, кг	3740(Ø360)-3310(Ø338)= 430 кг по 11 мм на сторону, загалом 22 мм
8	Відходи з обточування чистового, кг	3310(Ø338)-3162(Ø330)= 148 кг по 4 мм на сторону, загалом 8 мм
9	Відходи з порізки на потрібну довжину, кг	3162-2762=370 кг
10	Маса відвантаженої придатної продукції, кг	2792 кг штанга довжиною 4080 мм
11	% виходу придатного зі злитка	61,8%

Вихід придатного зі злитків сталей 12X18H10T, 40X2H2MA, кування яких розглядалося аналогічно куванню прутків зі сталей 03X17H12M2У, і власне зі злитку сталі 03X17H12M2У коливається в межах 62 - 70%, тобто зі збільшенням ваги злитку вихід придатного зростає.

2.2.6.5 Кування прутків з жароміцного сплаву легованого Ni (на прикладі сплаву ХН77ТЮР ВД)

Дані виходу придатного при куванні розраховані і наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані виходу придатного при куванні кованих циліндричних прутків з жароміцного сплаву легованого Ni (на прикладі сплаву ХН77ТЮР ВД).

№ п/п	Аналізовані параметри	Результати
1	Марка сталі (сплаву)	ХН77ТЮР ВД
2	Здавальний розмір, мм	Ø350 мм
3	Поковочний розмір заданий, мм	Ø365 ⁺⁵ мм
4	Припуск на кування фактичний, мм	20 мм
5	Припуск за ГОСТ 7062-90, мм	25±9 мм
6	Маса злитка, кг, в т.ч.:	2050 кг
	А) головна+донна обрізь, зачистка злитку, кг	380 кг
	Б) маса відкованого сорту, кг	1670 кг(Ø370)
7	Відходи з обдирання чорнового, кг	1670(Ø370)-1570(Ø363)= 100 кг по 3,5 мм на сторону, загалом 7 мм
8	Відходи з обточування чистового, кг	1570(Ø360)-1400(Ø350) = 170 кг (по 6,5 мм на сторону, загалом 13 мм)
10	Маса відвантаженої придатної продукції, кг	1400 кг штанга довжиною 1720 мм
11	% виходу придатного зі злитка	68,3%

Вихід придатного сплаву ХН77ТЮР ВД наближається до верхньої межі по масиву марок сталей, що є об'єктом дослідження цієї роботи.

2.3 Висновки

Існує ряд проблем, які заважають перспективного розвитку обробки металу. Одна з них – обладнання, яке має високі витрати на обслуговування (переналагодження), непродуктивне використання його потужностей, високі втрати металу в відходи, нестабільна якість продукції, низький рівень автоматизації процесу кування та інші.

Проблемними місцями існуючого технологічного процесу є:

- непродуктивне використання потужностей кувального комплексу на допоміжних операціях прогладжування та забивання кутів;
- підвищені витрати металу – великі кувальні припуски.

РОЗДІЛ 3. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПОКОВОК

Формування якості поковок багато в чому визначається оптимальністю обраної технології кування, яка залежить від технологічних можливостей і виробничого досвіду конкретного підприємства-виготовлювача.

В умовах ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» основна маса технологічних процесів отримання поковок включає в себе осаджування і протягання, що необхідно для отримання високих значень укова в виробі і забезпечення високого рівня його механічних властивостей. Після осаджування заготовка, як правило, має незначну висоту. Протягання осаджених заготовок здійснюється з малими відносними обтисканнями і подачами. Це обумовлює деформування тільки периферійних шарів заготовки, в результаті, як наслідок, утворюються напливи на торці заготовки, які при подальшому протяганні трансформуються спочатку в утяжини, а після при великих уковах можуть трансформуватися в свищі на торцях поковки, що є невиправним браком і вимагає при створення технології передбачати додаткові напуски на торець поковки. Також в зв'язку з тим, що найбільші деформації по перетину зосереджені у периферійних шарів заготовки, що при подальшій термічній обробці це може привести до структурної неоднорідності і неоднорідності механічних властивостей.

У виробництві з таким явищем можуть боротися використанням спеціальних увігнутих сферичних осадкових плит. Торці заготовки після осідання такими плитами будуть опуклими, що буде компенсувати при протяганні наплив металу в периферійних шарах заготовки.

З усіх операцій вільного кування найбільш трудомісткою є протяжка, яка становить в більшості випадків до 60% всього часу кування. Її скорочення істотно знижує витрату енергоносіїв при нагріванні заготовки під ковку. Крім непрямих факторів, що впливають на скорочення часу протягання (час транспортування, установки бойків, кантування) існують чинники, що впливають на час самої деформації металу.

До них відносяться допустима і необхідний ступінь деформації за хід преса, подача, форма поверхні бойків, послідовність кутів кантування. Очевидно, що кування на плоских бойках є менш продуктивним, так як обтиснення поковки в них відбувається тільки по двох поверхнях. При куванні в вирізних бойках обтиснення виконується одночасно по чотирьох поверхнях, тому воно є більш продуктивним.

У дрібносерійному і одиничному виробництві, яким є ковальське виробництво ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ», застосування вирізних бойків непродуктивно, так як виконується також осаджування та інші кувальні операції часто в різній послідовності, що вимагає часті зміни інструменту, збільшує час на переналагодження і знижує продуктивність. Для такого виробництва продуктивніше використання комбінованих бойків (один, як правило, верхній – плоский бойок, інший, нижній – вирізний бойок). Продуктивність процесу в цьому випадку нижче, ніж в разі роботи вирізними бойками, але при переналадці преса заміні підлягає тільки один бойок.

Особливість протягання комбінованими бойками полягає в тому, що деформування металу уздовж поздовжньої осі заготовки під верхнім і нижнім бойками відбувається неоднаково, що може викликати вигин заготовки в сторону вирізного бойка і вихід осьової зони заготовки в поверхневі шари поковки. Доцільно виконати геометричне моделювання протягання циліндричної заготовки в комбінованих бойках.

Одне з важливих напрямків вдосконалення процесу кування – це повна або часткова автоматизація процесу. Часткова автоматизація процесу кування – це передача найменш продуктивних операцій (прогладжування, забивання кутів) з кувального комплексу на окремий більш продуктивний агрегат (наприклад, кувальний комплекс меншої продуктивності або прокатний стан). Аналіз даних параметрів процесу кування легованих, нержавіючих сталей і жароміцних сплавів на гідропресах та дані прогнозування зростання продуктивності технологічного процесу отримання кованих циліндричних прутків в разі застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан» з урахуванням даних таблиці 3.1 з середньої тривалості прогладжування на останньому чистовому виносі, що передається на прокатний стан, наведені в таблиці 3.2 та рисунках 3.1, 3.2, 3.3.

Таблиця 3.1 – Дані параметрів процесу кування легованих, нержавіючих сталей і жароміцних сплавів на гідропресах

Параметр	Марки сталі					
	4X5MΦ1C	9Г2Ф	03X17H12M2У	ХН77ТЮР ВД	ХН62ВМЮТ	Примітка
А. Час кування за всіма виносми (загалом по злитку)	6192	5858	4176	-	-	-
Б. Час виконання допоміжних операцій за всіма виносми (загалом по злитку) – в секундах;	-	1240	1276	-	-	-
– % від часу кування (загалом по злитку)	-	21,17	30,56	-	-	Середнє значення по масиву – 25,87%
В. Час кування останнього чистового виносу, с	864 [12]	711	687	656 [12]	406 [12]	-
Г. Час прогладжування в останньому чистовому виносі: – в секундах	345 [12]	278	279	212 [12]	173 [12]	Середнє значення по масиву – 257 секунд
– % від часу кування останнього чистового виносу	39,93 [12]	39,03	40,61	32,32 [12]	42,6 [12]	Середнє значення по масиву – 38,9%

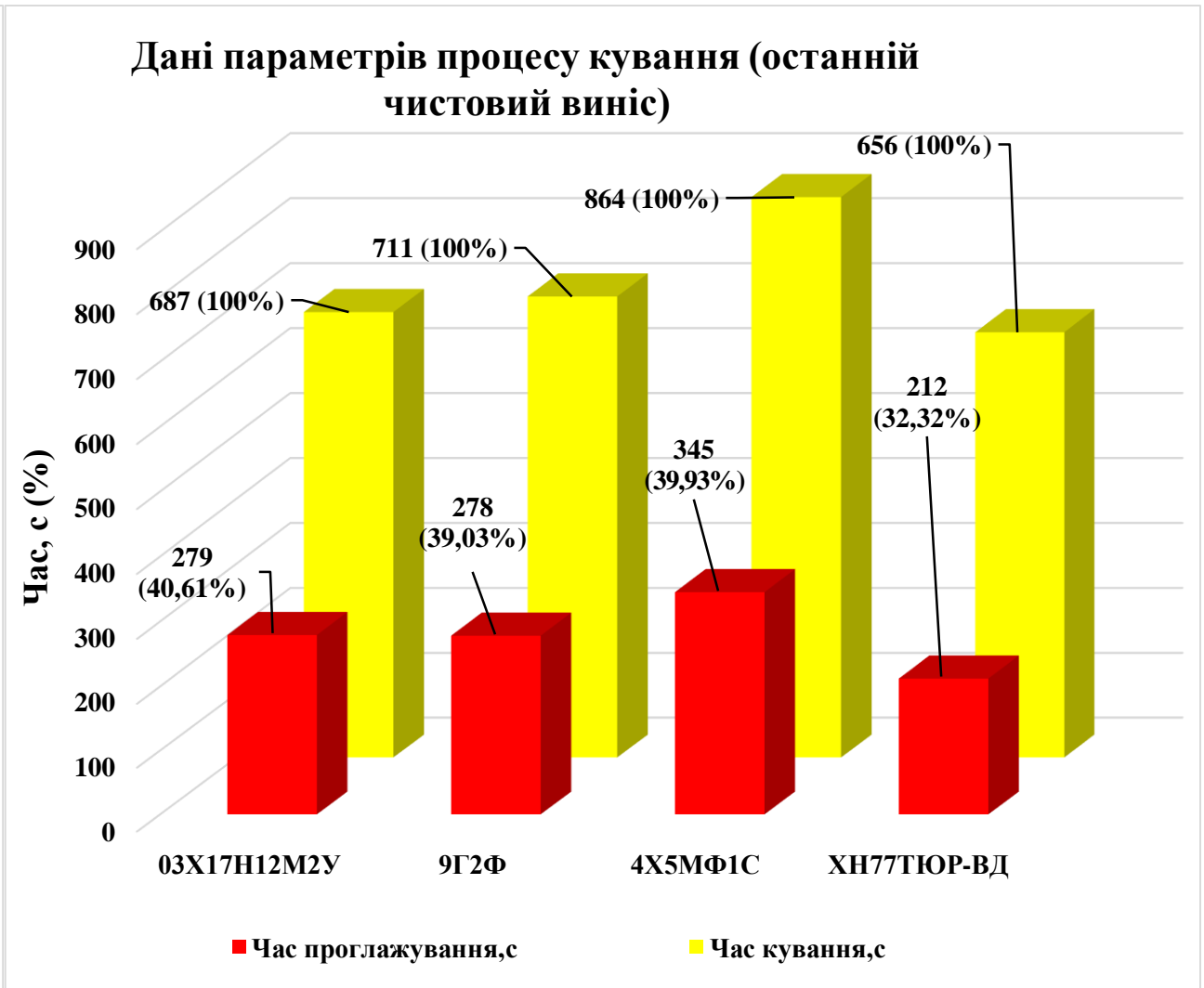
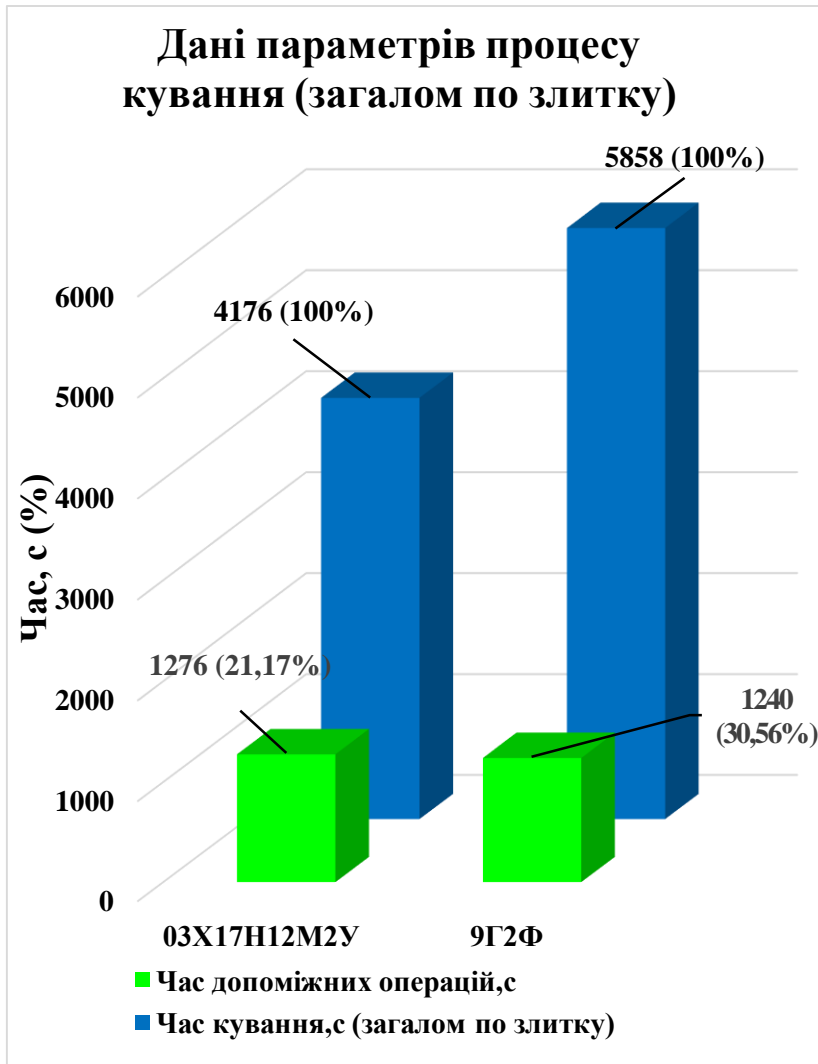


Рисунок 3.1 – Дані параметрів процесу кування (загалом по злитку)

Рисунок 3.2 – Дані параметрів процесу кування (останній виніс)

Візуалізовані дані дозволяють зробити порівняльний аналіз частки часу, що йде на допоміжні операції загалом за весь цикл кування злитку, а він коливається в межах 21-31%, і частки часу, що йде на допоміжні операції кування на останньому чистовому виносі. В останньому випадку частка часу допоміжних операцій коливається в межах 32-41%, тобто з наближенням до чистового кувального розміру обсяг допоміжних операцій зростає.

Для усунення вказаних проблем запропонований раціональний ресурсозберігаючий технологічний процес пластичної формозміни і спосіб кування великих поковок з легованих, нержавіючих сталей і сплавів на гідропресах, і напрямків їх оптимізації, який полягає у передачі виконання допоміжних операцій пластичного деформування (білетування, прогладжування) з кувального комплексу на прокатну кліть для підвищення коефіцієнта використання виробничих потужностей обладнання. Прокатна кліть може бути встановлена в одній лінії з кувальним комплексом. Прогладжування сорту в прокатній клітці дозволить істотно знизити припуски на механічну обробку, що в свою чергу значно підвищить продуктивність ад'юстажних ділянок і вихід придатної товарної продукції.

Аналіз технологічного процесу показав, що середнє по масиву значення часу прогладжування в останньому чистовому виносі на одну штангу складає 257 с, тобто передача виконання прогладжування на прокатний стан дає можливість використати цей час на продуктивну роботу кувального комплексу на основних кувальних операціях.

Виконано прогнозування зростання продуктивності технологічного процесу отримання кованих циліндричних прутків в разі застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан». Отримані наступні дані: для сталі 4Х5МФ1С і 9Г2Ф приріст продуктивності складає близько 9%, і

н Розрахунок виконаний наступним чином.

ш Існуючий часу кування, наприклад, для сталі 03Х17Н12М2У 4176 с (1,16 год) зменшений на 514 с (дві штанги), тобто отриманий час склав 3662 с (1,07

с

т

год) , а існуючий вихід придатного 6030 кг віднесений на отриманий час – 1,07 год. Таким чином, продуктивність з існуючої 5,203 т/год зростає до 5,93 т/год, або на 14%.

Застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан» має ще й наступні переваги і дозволяє:

-по-перше, покращити якість поверхні виробу, розмірну точність та знизити припуски, які призначаються таким чином, щоб мати достатній запас для чорнової та чистової ад'юстажної обробки, які необхідні для отримання якісної поверхні прутка,

- по-друге, зменшити тривалість ад'юстажної обробки, що буде сприяти зростанню продуктивності виробничої ділянки.

Для аналізу зростання продуктивності в цій дослідницькій роботі ведено поняття металоємності процесу, під яким розуміється показник продуктивного використання металу злитку або вихід придатного зі злитку у відсотках. Виплавлений злиток потенційно є металом, з якого теоретично бажане наближення до 100% отримання придатної для збуту споживачеві продукції. Вихід придатного зі злитку зменшується за рахунок наступних чинників: головна і донна обрізь, чорнове обдирання, чистове обточування, втрати металу на порізку кованих прутків за мірною довжиною. Обсяг головної і донної обрізі залежить від особливостей кристалізації злитку, на етапі кування вплинути на нього неможливо. Обсяги чорнового обдирання, чистового обточування залежать від послідовності і комбінації кувальних операцій, якості поверхні поковки. Мета технолога – виконання дій по зменшенню втрат металу на чорнове обдирання.

Величина припуску на чорнове обдирання і чистове обточування, що закладається при плануванні виробництва замовлення в кувальні розміри або в чорнові розміри прокату, залежить від розмірної точності і якості поверхні, яку забезпечує обладнання, що деформує, і вимог споживача до металопродукції.

Таблиця 3.2 – Дані прогнозування зростання продуктивності технологічного процесу отримання кованих циліндричних прутків в разі застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан» (з урахуванням даних таблиці 3.1 з середньої тривалості прогладжування на останньому чистовому виносі, що передається на прокатний стан)

ГМС	Марка	Злиток, тонн	Схема кування	Час кування, година	Вихід придатного після кування, тонн	Поточна продуктивність, тонн/год	Час кування без прогладжування	Планована продуктивність, тонн/год	Приріст продуктивності, %
22Н – Сталь конструкційна легована Ni	40X2H2MA	6,5	Злиток→ осаджування □750+50, кувати □500→□410→ чистовий сорт Ø360+5, рубити головну, донну обрізь	4857 с (1,349 година)	5,330	3,95	4600 с (1,28 години)	4,164	5,42%
32 – Сталь інструментальна легована	4X5MФ1С	4,52	Злиток→заков цапфи □350x500, осаджування □750, кувати □550→□350, рубити L/2→ чистовий сорт Ø295+5, рубити головну, донну обрізь	6192 с (1,72 година)	3,5	2,03	5678с (1,578 години)	2,22	9,4%
	X12MФ	3,8	Злиток→по ½ □530→ по ½ □450, заков цапфи □350x500 →□400→□360, рубити L/2→□320 → чистовий сорт Ø275+5, рубити головну, донну обрізь	11039 с (3,067 година)	3,030	0,99	10525с (2,923 години)	1,037	4,71%
	9Г2Ф	3,77	Злиток→заков цапфи □350x500, осаджування □630→□450→ □350, рубити L/2→ □280→ чистовий сорт Ø230+5, рубити головну, донну обрізь	5858 с (1,627 година)	3,130	1,924	5344 с (1,484 години)	2,11	9,62%
40 – Сталь нержавіюча	20X13	4,35	Злиток→заков цапфи □350x500, осаджування □650→ □330, рубити L/2 → чистовий сорт Ø280+5, рубити головну, донну обрізь	6977 с (1,938 година)	3,550	1,83	6463 с (1,795 години)	1,978	8,07%
40Н – Сталь нержавіюча легована Ni	03X17H12M2У	6,8	Злиток→заков цапфи □350x500, осаджування □750→□400, рубити L/2→ чистовий сорт Ø370+5, рубити головну, донну обрізь	4176 с (1,16 година)	6,03	5,203	3662 с (1,017 години)	5,93	14%

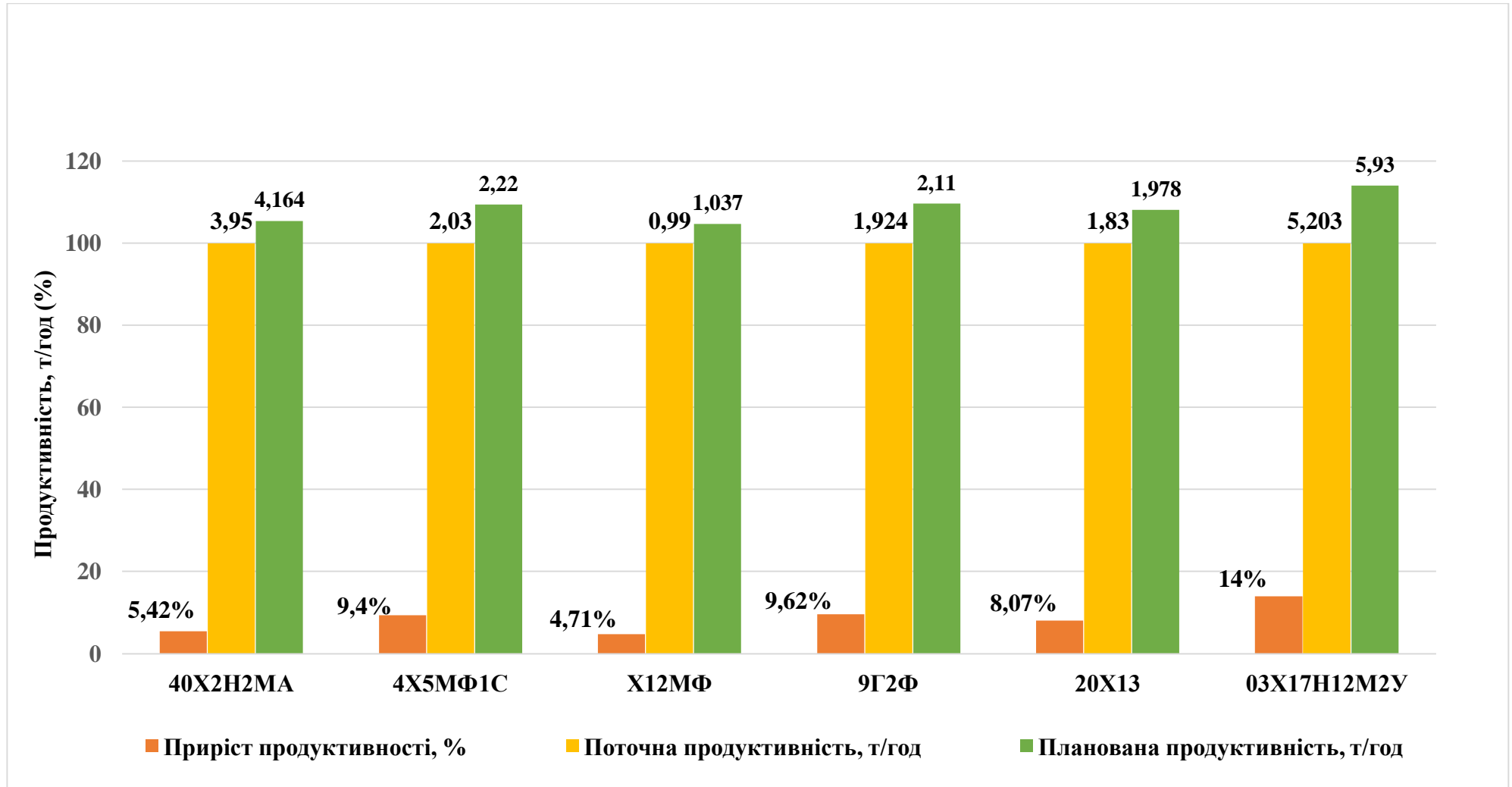


Рисунок 3.3 – Дані прогнозування зростання продуктивності технологічного процесу отримання кованих циліндричних прутків в разі застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан»

Наприклад, для прутка $\varnothing 300$ мм різниця між мінімальними 30 мм кувальним припуском і 20 мм прокатним припуском становить 10 мм, що для прутка довжиною 4 м означає при заміні прогладжування на кувальному комплексі на калібрування в прокатному стані зменшення обсягів ад'юстажної обробки і її тривалості на 30%, зниження відходів металу складає 161 кг на одній штанзі при існуючих обсягах 468 кг відходу металу за діючою технологією. Для прутка $\varnothing 200$ мм різниця в припусках складає 12-15 мм (кувальний припуск – 20-25 мм, прокатний – 8-10 мм), тобто зменшення обсягів ад'юстажної обробки і її тривалості становить більш ніж 50%, зниження відходів металу складає 162 кг на одній штанзі довжиною 4 м (за діючою технологією).

Отримані результати збігаються з даними, що наводить автор [12] щодо кількості відходів металу при ад'юстажній обробці кованих прутків. Витрати часу на обдирання поковок за даними автора [12] при середній довжині заготовки 4,0 м становлять для конструкційних сталей (типу 40X2H2MA) – 11,2 год, інструментальних сталей (типу 4X5MФ1С, X12MФ, 9Г2Ф) – 11,61 год., жароміцних сплавів (типу ХН77ТЮР ВД) – 19,24 год, тобто зменшення на 30% припусків на обдирання і обточування штанг, відкованих до розмірів, наведених в таблиці 2.2, дозволить зменшити обсяги ад'юстажної обробки поковок майже на третину і, відповідно, призведе до збільшення продуктивності ділянок ад'юстажу на 30-40% та підвищенню виходу придатного зі злитку.

В свою чергу, в роботі [42] були розглянуті способи підвищення якості кування поковок високолегованих марок сталей та сплавів на гідропресах. Одним з основних способів керування якістю готової кованої продукції є вплив на напружено-деформований стан металу. На напружено-деформований стан металу має вплив ряд чинників. До основних слід віднести фактор форми, кінематичний фактор та управління температурним полем заготовки. Збільшення точності розмірів і зниження підсумкової розмірної похибки можливо за рахунок збільшення часу додаткових операцій додаткових кувальних операцій вигладжування, забивання кутів, що займає більш 40% від

основного часу кування. Таким чином, це означає збільшення часу непродуктивного використання номінальної потужності преса.

Виконаємо прогнозування виходу придатного для металопродукції груп марок сталей, що розглядаються у даній роботі, з урахуванням положення про зменшення чорнової механічної ад'юстажної обробки кованих прутків на 30% за рахунок зменшення на третину технологічних припусків на деформацію.

Зведені дані з поточного стану металоємності процесу виробництва кованих циліндричних прутків та даними прогнозування виходу придатного в разі використання технологічної схеми «кувальний комплекс» - «прокатний стан» наведені в таблиці 3.3 та рис. 3.4.

Розрахунок того, наскільки продуктивно використовується метал злитку для отримання максимальної кількості продукції, що повністю задовольняє вимоги споживачів, виконаний наступним чином.

Наприклад, для сталі 9Г2Ф для отримання чистового розміру $\text{Ø}202^{+3}$ мм з кувального розміру $\text{Ø}230$ мм виконується чорнове обдирання в два проходи по 5,2 мм на сторону, загалом 10,4 мм і вагою відходів 285 кг, чистове обточування по 4,6 мм на сторону, загалом 9,2 мм і вагою відходів 244 кг, порізка на потрібну довжину згідно замовлення, відходи з якої становлять 169 кг.

Покращення якості поверхні в результаті переходу на калібрування в прокатній кліті та різниця у кувальних та прокатних припусках для прутка $\text{Ø}200$ мм складає 12-15 мм (кувальний припуск – 20-25 мм, прокатний – 8-10 мм) дають можливість виключення чорнового обдирання для цієї сталі або суттєве зменшення для інших сталей, наприклад, 4Х5МФ1С.

Максимальний приріст виходу придатного в межах 12-15% отриманий для сталей 4Х5МФ1С, 9Г2Ф і 14Х17Н2.

Одне із перспективних поліпшень – застосування 3-х валкових редуційно-калібрувальних блоків RSB (Reducing & Sizing Block), наприклад, виробництва німецьких фірм SMS Meer або Kocks. На даному етапі розвитку прокатного і ковальського виробництв накопичений досвід застосування RSB на середньо сортових прокатних станах. Головні переваги впровадження у виробництво редуційно-калібрувальних блоків – можливість отримувати

Таблиця 3.3 – Зведені дані з поточного стану металоємності процесу виробництва кованих циліндричних прутків та даними виходу придатного в разі використання технологічної схеми «кувальний комплекс» – «прокатний стан»

ГМС Найменування груп марок сталей	Марка сталі, здавальний розмір згідно замовлення споживача, мм	Злиток для кування, т	Поточна технологія			Технологія «кувальний комплекс»– «прокатний стан»				Приріст виходу придат- ного, %
			Поковоч- ний розмір, мм	Відходи з обдирання чорнового, кг	% виходу придатно- го зі злитка	Поковоч- ний розмір, мм	Відходи з обдирання чорнового, кг	Еконо- мія металу кг	% виходу придатно- го зі злитка	
22Н Сталь конструкцій на легована Ni	40X2H2MA Ø300 ^{±5}	4,52 т	Ø360 ^{±5}	3740(Ø360)- 3310(Ø338)= 430 кг по 11 мм на сторону, загалом 22 мм	61,8	Ø350	3556(Ø350)- 3310(Ø338)= 246 кг	174	65,58	6,11
32 Сталь інструмента льна легована	4X5MФ1С Ø203,2 ⁺³	4,52 т	Ø230 ^{±5}	3776(Ø230)- 3249(Ø213)= 527 кг по 8,5 мм на сторону, загалом 17 мм	60	Ø218	3401(Ø218)- 3249(Ø213)= 152 кг	375	68,2	13,68
	X12МФ Ø350 ^{±5}	3,8 т	Ø380 ^{±5}	3030 (Ø385)- 2750(Ø367)= 280 кг по 9 мм на сторону, загалом 18 мм	61,6	Ø375	2877 (Ø375)- 2750(Ø367)= 127 кг	153	65,65	6,57
	9Г2Ф Ø202 ⁺³	3,77 т	Ø225 ^{±5}	3130(Ø221,6)- 2845(Ø211,2)= 285 кг по 5,2 мм на сторону, загалом 10,4 мм	64,51	Ø210	Чорнове обдирання відсутнє (виконується 1 проход з чистового припуску)	285	72,07	11,72

Продовження таблиці 3.3

ГМС Найменування груп марок сталей	Марка сталі, здавальний розмір згідно замовлення споживача, мм	Злиток для кування, т	Поточна технологія			Технологія «кувальний комплекс» – «прокатний стан»				Приріст виходу придат- ного, %
			Поковоч- ний розмір, мм	Відходи з обдирання чорнового, кг	% виходу придатно- го зі злитка	Поковоч- ний розмір, мм	Відходи з обдирання чорнового, кг	Еконо- мія металу кг	% виходу придатно- го зі злитка	
40 Сталь нержавіюча	14X17H2 Ø230 ⁺⁵	3,8 т	Ø255 ⁺⁵	2992(Ø260)- 2615(Ø243)= 377 кг по 8,5 мм на сторону, загалом 17 мм	58	Ø245	2663(Ø245)- 2615(Ø243)= 48 кг	329	66,61	14,84
40Н Сталь нержавіюча легована Ni	12X18H10T Ø350 ⁺⁵	6,8 т	Ø380 ⁺⁶	5810 (Ø374) - 5410(Ø358)= 400 кг по 7 мм на сторону, загалом 14 мм	69,53	Ø364	5594 (Ø364) - 5410(Ø358)= 184 кг	216	72,71	4,6
	03X17H12M2У Ø330,2 ⁺³	6,8 т	Ø365 ⁺⁵	6035(Ø370) - 5393(Ø341)= 642 кг по 14,5 мм на сторону, загалом 29 мм	66,2	Ø360	5807(Ø360) - 5393(Ø341)= 414 кг	228	69,6	5,12
49Н Сталь жароміцна легована Ni	ХН77ТЮР ВД Ø350 ⁺³	2,0 т злиток електро- шлаково- го пере- плаву	Ø375 ⁺⁵	1670(Ø370)- 1570(Ø363)= 100 кг по 3,5 мм на сторону, загалом 7 мм	68,3	Ø360	Чорнове обдирання відсутнє (виконується 1 проход з чистового припуску)	100	73,17	7,13

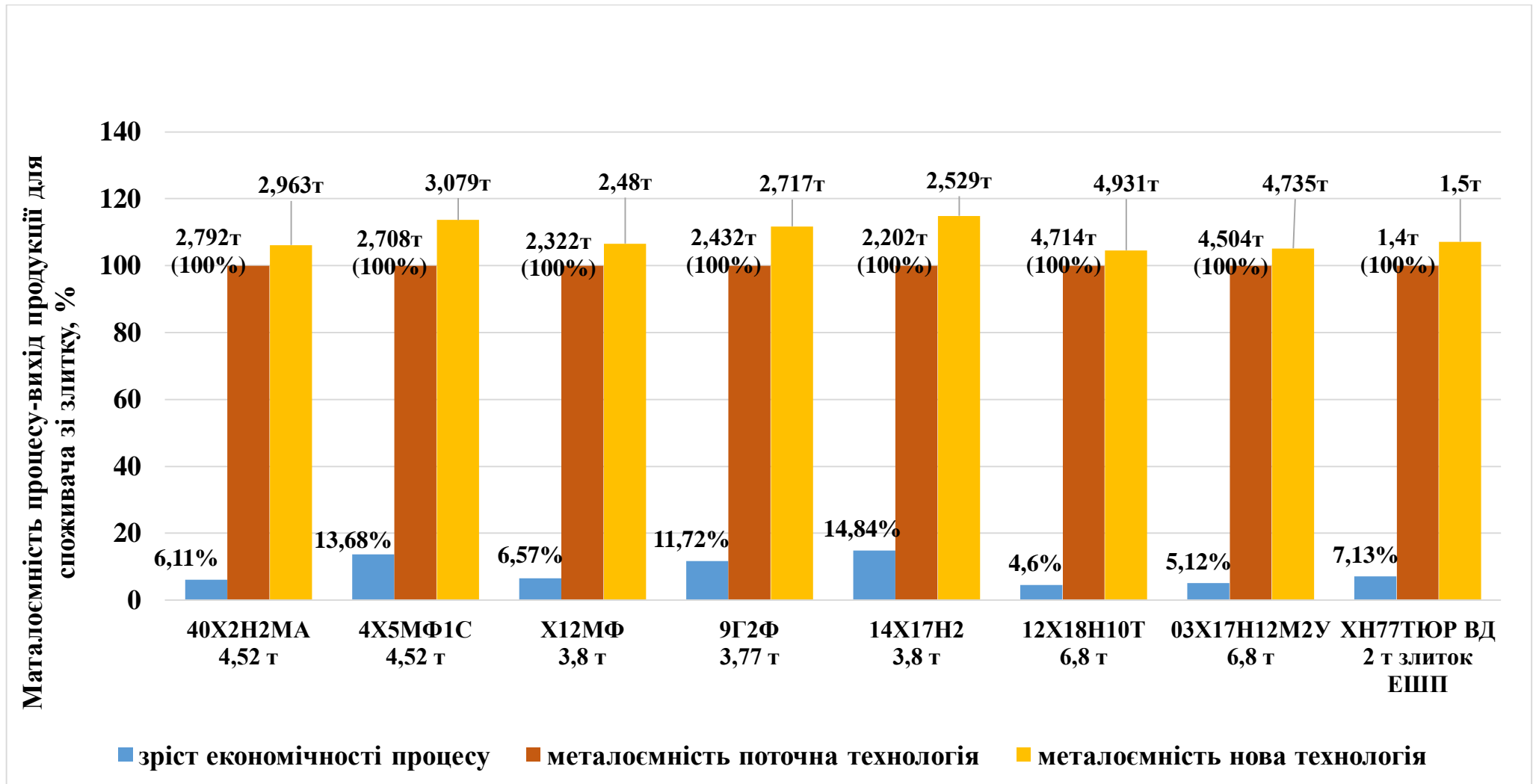


Рисунок 3.4 – Стан металоємності процесу виробництва кованих циліндричних прутків в разі використання технологічної схеми «кувальний комплекс» – «прокатний стан»

готову сортову продукцію з допуском по діаметру $\pm 0,15$ мм без подальшої механічної обробки.

Інтерес становить апробація застосування такого блоку RSB при виробництві металопродукції на великосортному прокатному стані. Цей блок дозволяє калібрувати метал з температурою до 950°C . Для розглянутого розмірного ряду кованих прутків при їх виробництві в технологічній лінії «кувальний комплекс – RSB» це означає виключення припусків на мехобработку в загальному кувальному припуску, в якому, в цьому випадку, залишається тільки величина, пов'язана з особливостями роботи гідравлічних пресів, а саме властивим їх конструкції швидкісним прогином – 7 мм, інерційним прогином – 3,1 мм і прогином столу – 3-4 мм, загалом 14-15 мм [13]. Таким чином, для прутка $\text{Ø}300$ мм кувальний припуск буде зменшений з 30^{+5} мм до 14-15 мм, тобто зменшення мехобработки складе близько 60%, відходи металу знизяться на 336 кг на одного штанзі завдовжки 4 м, і, відповідно, відбудеться збільшення продуктивності ділянок ад'юстажу на 50-60%.

Для вибору технічних характеристик прокатного стану здійснимо розрахунок зусиль деформації для розмірного і марочного сортаменту розглянутої металопродукції.

Зробимо розрахунок середнього зусилля деформації при осаджуванні за формулою Губкіна-Зібеля [43].

$$P = \sigma \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{D}{H} \right) F,$$

де, σ – дійсне питоме зусилля при осаджуванні, МПа;

μ – коефіцієнт тертя;

D – середній діаметр або сторона квадратного злитку, м;

H – висота злитку, м;

F – площа контактної поверхні між металом та інструментом, м^2 .

Розрахунок зробимо для осаджування злитку аустенітної нержавіючої сталі 03X17H12M2У вагою 6,8 т з наступними розмірами: 747x747 мм верх,

575x575 мм низ, довжина до прибуткової частини 1955 мм при температурі осаджування (деформації) $t=1180^{\circ}\text{C}$. При цій температурі $\sigma = 50$ МПа. Коефіцієнт тертя $\mu = 0,39$ [6].

Знайдемо середній приведений діаметр злитку:

$$D = \frac{0,747 + 0,575}{2} = 0,661 \text{ м}$$

Площа контактної поверхні дорівнює нижньому перетину злитку, тобто є площею квадрату зі стороною 575 мм.

$$P = 50 \cdot \left(1 + \frac{0,39}{3} \cdot \frac{0,661}{1,955}\right) \cdot 0,575^2 = 17,3 \text{ МН}$$

Таким чином, зусилля осаджування, як найбільш трудомісткої кувальної операції, дорівнює 17,3 МН.

Розрахуємо зусилля прогладжування при куванні з проміжного розміру квадрат 400 мм на чистовий кувальний розмір $\text{Ø}370$ мм.

$$P = 50 \cdot \left(1 + \frac{0,39}{3} \cdot \frac{0,4}{0,4}\right) \cdot 0,4^2 = 9,04 \text{ МН}$$

З огляду на проміжні розміри кованих прутків, що будуть передані на калібрування в обтискувальну кліть прокатного стану, виконаємо розрахунок зусилля прокатки для стану 1050 на прикладі калібрування кованого квадрату 400 мм аустенітної нержавіючої сталі 03X17H12M2Y згідно формул, наведених в таблиці 3.4 [15].

Таблиця 3.4 – Формули розрахунку зусиль прокатки

Параметр	Позначення	Розрахункова формула
Абсолютне обтиснення, мм	Δh	$\Delta h = h_0 - h_1$
Відносне обтиснення	ε	$\varepsilon = \Delta h/h_0$
Довжина дуги захвату, мм	l	$l = \sqrt{R\Delta h}$
Відношення довжини дуги захвату до середньої висоти	l/h_{cp}	$\frac{l}{h_{cp}} = \frac{2l}{h_0 + h_1}$
Коефіцієнт тертя	μ	$\mu = k_1 k_2 k_3 (1,05 - 0,0005T)$ $k_1 = 1$ (для сталевих валків) $k_2 = 1$ (для швидкості прокатки при $v_{пр} = 1$ м/с) $k_3 = 1,47$ – коефіцієнт, що враховує вплив легуючих елементів аустенітної нержавіючої сталі 03X17H12M2Y [15].
Контактна площа, мм ²	F	$F = B_{cp} l = \frac{B_0 + B_1}{2} l$
Середня швидкість деформації, с ⁻¹	u_{cp}	$u_{cp} = \frac{v_1}{l} \cdot \frac{\Delta h}{h_0}$
Фактичний опір деформації, кгс/мм ² (МПа/м ²)	σ	згідно [43] $\sigma = 7,4$
Коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження	γ	$\gamma = 1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{B_{cp}}{h_{cp}}$
Коефіцієнт, що враховує вплив зовнішнього тертя	n'_σ	$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l}{h_{cp}}$
Коефіцієнт, що враховує вплив зовнішніх зон	n''_σ	згідно [43] $n''_\sigma = 1,45$
Коефіцієнт, що враховує вплив натягу	n'''_σ	$n'''_\sigma = 1$
Коефіцієнт, що враховує зміну впливу зовнішнього тертя в зв'язку з розширенням	n_B	$n_B = \frac{1 + \frac{3 \cdot B_{cp} - l}{3 \cdot B_{cp}} \cdot \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}{1 + \frac{l}{4 \cdot h_{cp}}}$
Контактний тиск, кгс/мм ² (МПа/м ²)	p	$p = \gamma \cdot n'_\sigma \cdot n''_\sigma \cdot n'''_\sigma \cdot n_B \cdot \sigma$
Зусилля прокатки, МН	P	$P = pF$

Швидкість прокатки прийємо 1 м/с. Валки сталеві. Температуру калібрування приймаємо $T = 1020^\circ\text{C}$ як залишкову температуру після чистового кування останнього виносу.

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 400 - 370 = 30 \text{ мм}$$

$$\varepsilon = \Delta h/h_0 = 30/400 = 0,075$$

$$l = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{\frac{1050}{2} \cdot 30} = 125,5 \text{ мм}$$

$$\frac{l}{h_{\text{cp}}} = \frac{2l}{h_0 + h_1} = \frac{2 \cdot 125,5}{400 + 370} = 0,33$$

$$\mu = k_1 k_2 k_3 (1,05 - 0,0005T) = 1 \cdot 1 \cdot 1,47 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot 1020) = 0,8$$

$$F = B_{\text{cp}} l = \frac{B_0 + B_1}{2} l = \frac{400 + 370}{2} \cdot 125,5 = 48318 \text{ мм}^2 = 0,048318 \text{ м}^2$$

$$\sigma = 7,4 \text{ МПа/м}^2$$

$$\gamma = 1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{B_{\text{cp}}}{h_{\text{cp}}} = 1 + \frac{0,8}{3} \cdot \frac{385}{385} = 1,27$$

$$n'_\sigma = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{l}{h_{\text{cp}}} = 1 + \frac{1}{6} \cdot 0,33 = 1,055$$

$$n''_\sigma = 1,45$$

$$n'''_\sigma = 1$$

$$n_B = \frac{1 + \frac{3 \cdot B_{\text{cp}} - l}{3 \cdot B_{\text{cp}}} \cdot \frac{l}{4 \cdot h_{\text{cp}}}}{1 + \frac{l}{4 \cdot h_{\text{cp}}}} = \frac{1 + \frac{3 \cdot 385 - 125,5}{3 \cdot 385} \cdot \frac{125,5}{4 \cdot 385}}{1 + \frac{125,5}{4 \cdot 385}} = 0,991$$

$$p = \gamma \cdot n'_\sigma \cdot n''_\sigma \cdot n'''_\sigma \cdot n_B \cdot \sigma = 1,27 \cdot 1,055 \cdot 1,45 \cdot 1 \cdot 0,991 \cdot 7,4 = 14,25 \text{ МПа/м}^2$$

$$P = pF = 14,25 \cdot 0,048318 = 0,688532 \text{ МН} \sim 0,69 \text{ МН}$$

Визначимо момент прокатки [4], кНм:

$$M_{\text{пр}} = 2P_1\Psi L_d$$

$$M_{\text{пр}} = 39$$

де, $\Psi = 0,5$ – коефіцієнт плеча.

Момент тертя [4], кНм:

$$M_{\text{тр}} = Pd_{\text{ш}}\mu$$

$$M_{\text{тр}} = 4,1$$

де, $\mu = 0,003$ – коефіцієнт трення;

$d_{\text{ш}} = 0,6$ – діаметр шийки валка, м.

Загальний момент на валу електродвигуна при проході, кНм:

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}}$$

$$M_{\text{дв}} = 43$$

Перевірка двигуна на перевантаження:

$$\frac{M_{\text{дв}}}{M_{\text{ном}}} = 0,2$$

Так як відношення моментів менше, ніж коефіцієнт перевантаження ($K_{пер} = 2,5$), то можна зробити висновок про нормальне функціонування двигуна.

Визначення потужності двигуна:

$$N_{дв} = \frac{\pi}{30} M_{дв} n_{дв}$$

$$N_{дв} = 180 \text{ кВт}$$

Так як потужність двигуна менше номінальної, то можна зробити висновок, що обрана схема прокатки задовольняє силовим вимогам.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено основні напрямки вдосконалення технологічних процесів кування поковок циліндричної форми (пруток):

— оптимальною комбінацією технологічних факторів на протяганні пласкими бойками при наявності рівномірного температурного поля заготовки є кування з відносною подачею від 0,5 до 1,1 і величиною відносного обтиску, що дорівнює 0,1...0,2. Після падіння температури поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід здійснювати протягання з відносною подачею 0,5 ... 1,1 і величиною обтиску 0,1...0,15. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від 0,3 до 1,1 з тією ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до 0,05...0,1 при тих же подачах. Рекомендується при наступному проході здійснювати протягання зі зміщенням заготовки на половину ширини бойка;

— оптимальною комбінацією технологічних факторів на протяганні комбінованими бойками при наявності рівномірного температурного поля заготовки є кування з відносною подачею від 0,3 до 0,5 і величиною обтиску рівній 0,15...0,25. Після падіння температури поверхні заготовки в процесі кування до 1000°C слід здійснювати протягання з відносною подачею 0,5...0,7 і величиною обтиску 0,2...0,25. При досягненні поверхні заготовки температури 900°C необхідно здійснювати протягання з відносною подачею від 0,7 до 1,1 з тією ж величиною обтиску, а при падінні температури поверхні ще на 100°C необхідно зменшити величину обтиску до 0,15...0,2 при тих же подачах;

— оптимізація часу виконання допоміжних операцій пластичного деформування (білетирування, прогладжування);

— передача виконання допоміжних операцій пластичного деформування (білетирування, прогладжування) з кувального комплексу на прокатну кліть для підвищення коефіцієнта використання виробничих

потужностей обладнання. Прокатна кліть може бути встановлена в одній лінії з кувальним комплексом. Прогладжування сорту в прокатній кліті дозволить істотно знизити припуски на механічну обробку, що в свою чергу значно підвищить продуктивність ад'юстажних ділянок і вихід придатної товарної продукції;

– при застосуванні запропонованої технології досягаються наступні техніко – економічні ефекти: для прутка Ø300 мм різниця між мінімальними 30 мм кувальним припуском і 20 мм прокатним припуском становить 10 мм, що для прутка довжиною 4 м означає при заміні прогладжування на кувальному комплексі на калібрування в прокатному стані зменшення обсягів ад'юстажної обробки і її тривалості на 30%, зниження відходів металу на 161 кг на одній штанзі; для прутка Ø200 мм різниця в припусках складає 12-15 мм (кувальний припуск – 20-25 мм, прокатний – 8-10 мм), тобто зменшення обсягів ад'юстажної обробки і її тривалості становить більш ніж 50%, зниження відходів металу складає 162 кг на одній штанзі довжиною 4 м;

– в об'ємах виробництва ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» за 2018 рік економія металу в разі застосування нової технології «кувальний комплекс-прокатний стан» становить для плавок з параметрами, аналогічними вищерозглянутим:

- для сталі **14X17H2** – **117 тонн**, або **101 додатковий пруток**;
- для сталі **4X5MΦ1C** – **51,750 тонни**, або **57 додаткових прутків**;
- для сталі **03X17H12M2Y** – **44,7 тонни**, або **20 додаткових прутків**;
- для сталі **9Г2Φ** – **8,550 тонни**, або **7 додаткових прутків**;
- для сталі **12X18H10T** – **6,05 тонни**, або **3 додаткових прутка**;
- для сталі **40X2H2MA** – **2,436 тонн**, або **1 додатковий пруток**;
- для сталі **X12MΦ** – **918 кг**;
- для сплаву **XH77TЮР-ВД** – **500 кг**.

Техніко-економічна доцільність розробленої технології гарячого деформування підтверджена.

Доцільним бачиться подальший розвиток теми диплому в напрямку математичного моделювання методом скінченних елементів із застосуванням програмного забезпечення QForm 2D/3D процесу гарячого деформування в технологічному ланцюгу «кувальний комплекс-прокатний стан» за критерієм впливу швидкості і ступеня деформації на структуру (зерно) сталі, виключення утворення поверхневих дефектів (тріщин) і, відповідно, ще більшого підвищення виходу придатної металопродукції.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надано основні заходи з охорони праці при оптимізації процесів кування на гідропресах, що враховують особливості технологічних процесів в цехах гарячого деформування металу.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Небезпеки, які пов'язані з порушенням роботодавцем вимог НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці робітників», а саме: щодо організації та забезпечення безпеки на робочих місцях, що може бути пов'язано з непроведенням організаційних заходів по навчанню та перевірці знань з охорони праці, інструктажів або ненадання інформації про можливі небезпеки; щодо облаштування робочих зон, що може бути пов'язано з незадовільним станом устаткування, захисних пристроїв, відсутності схеми евакуації або захарашеності аварійних виходів.

б) Небезпеки, які пов'язані з порушенням вимог ергономіки стосовно організації робочих місць дослідників в приміщеннях дослідницької лабораторії, зокрема невідповідності розмірів робочих зон максимально можливої кількості осіб, які можуть там перебувати, нераціонального розташування дослідницького приладдя та офісного обладнання.

в) Можливість отримання враження струмом внаслідок порушень правил з електробезпеки, що може привести до електричних травм або летального наслідку.

г) Можливість отримання механічних травм при підготовці дослідницьких зразків до випробування. Основною небезпекою може бути порушення правил при роботі з абразивним інструментом, невикористання індивідуальних засобів захисту, що може призвести до випадків травматизму.

д) Небезпеки, які пов'язані з безпосереднім виконанням дослідницької роботи в умовах функціонування виробничого підрозділу, де виконуються процеси пластичного формування гарячого металу з подальшою ад'юстажною обробкою на верстатах, а саме:

- отримання механічних травм при гарячому куванні, прокатуванні злитків внаслідок вильоту облою;
- інтенсивний вплив теплового випромінювання;
- можливість отримання термічних опіків внаслідок непередбаченого торкання заготовок або нагрітих поверхонь обладнання;

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в виробничих приміщеннях внаслідок неефективної роботи системи опалення та повітрообміну, що може призвести до розвитку загальних захворювань; незадовільні параметри метеорологічних умов; підвищення запиленості та загазованість виробничих приміщень.

ж) Незадовільний рівень природнього та штучного освітлення робочих зон внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибкого розрахунку їх кількості потужності.

з) Можливість загорянь внаслідок порушень правил з пожежної безпеки, відсутності первинних засобів пожежогасіння, що може призвести до пожеж.

и) Небезпеки які притаманні умовам праці в надзвичайних ситуаціях.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00-7.11-12 роботодавець зобов'язаний:

– Усі працівники при прийомі на роботу повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці, обсяг та зміст навчання надані в «Типовому положенні про порядок проведення навчання та перевірки знань з охорони праці», яке затверджене наказом Держпраці №15 від 26.01.2015 року.

– Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію відносно можливих небезпечних ситуацій як на підприємстві в цілому, так і відносно виконуваних робіт. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий). Проведення медичних оглядів працівників під час прийому на роботу є обов'язковим.

– Роботодавець зобов'язаний забезпечити робітників робочими місцями, які є складовими робочих зон у відповідності до ергономічних вимог зазначених в СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые помещения», а саме: технологічне устаткування лабораторії та конструкторського бюро повинно бути в ісправному стані, розташовано в виробничих зонах де забезпечений необхідний повітрообмін, виконано оснащення протипожежними засобами, забезпечено оптимальні параметри метеорологічних умов та рівня освітлення. Велике значення має наявність автоматичних запобіжних пристроїв запобігання аварійних ситуацій.

б) Організація робочих місць в дослідницьких лабораторіях передбачає виконання робіт як в виробничих зонах, так і в зонах де відбувається планування експериментів або обробка їх результатів. Відносно вимог ергономіки для виробничих зон передбачено використання не тільки справного обладнання, наявність безпечного підведення комунікацій, розташування

первинних засобів пожежогасіння, забезпечення вільного доступу до кожної одиниці обладнання для найскорішої ліквідації або попередження будь-якої аварійної ситуації. Відносно постійних робочих місць дослідника виконуються умови ГОСТ 12.2032-78 «Робочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.» Основною вимогою є забезпечення робочих місць такими видами приладь, що відповідають фізіологічним особливостям конкретної людини.

в) Для виключення випадків ураження електричним струмом згідно ПУЕ-2015 «Правила улаштування електропроводок-споживачів» передбачено такі заходи:

- усі посадові особи зобов'язані пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки (первинне і вторинне не рідше одного разу на півроку) та отримати посвідчення про присвоєння другої або третьої групи з електробезпеки;

- кожна одиниця технологічного або дослідницького обладнання повинна бути надійно заземлена з опором контуру не більше 4 Ом, розташування струмоведучих магістралей повинно бути на недоступній висоті (при напрузі менше 1000 вольт 3,5 м та більше, а при більш ніж 1000 вольт 6 м та більше);

- періодично необхідно виконувати перевірки опору заземлюючого контуру та працездатність з'єднувальних елементів.

г) Для уникнення механічних травм при виготовленні зразків для визначення механічних і технологічних властивостей згідно НПАОП 00.0-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристоями» необхідно ретельно виконувати вимоги інструкцій з експлуатації та охорони праці при роботі на токарних, фрезерних та шліфувальних верстатах. Відносно безпеки роботи з абразивним інструментом зазначено:

- абразивні кола повинні мати штамп або наклейку за придатність (певна кількість кіл повинна проходити випробування); кожен верстат повинен мати табличку де зазначена максимальна колова швидкість; кола, які використовуються на цьому станку повинні мати меншу колову швидкість;
- усі виступаючі кінці, які обертаються, повинні бути надійно огорожені, а огорожа пофарбована в жовтий колір з діагональними чорними смугами;
- зазор між зовнішньою поверхнею кола та опорним майданчиком не повинен перевищувати 3 мм.

д) Для безпечного проведення дослідницької роботи передбачено:

- наявність захисних огорожень, зон безпечного переміщення по цеху;
- мати індивідуальні засоби захисту – спеціальний одяг, взуття, захисні окуляри, за необхідності з огляду на певний етап дослідницької роботи, беруші та рукавиці;
- відповідність конструкцій приладдя умовам безпеки.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

е) Перелік заходів щодо забезпечення вимог виробничої санітарії і гігієни праці:

Значення оптимальних та / або допустимих параметрів мікроклімату і чистоти повітря для певного робочого місця й певної категорії фізичних робіт, визначаються відповідно до вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», а їх забезпечення згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Наприклад: Метеорологічні умови в робочій зоні приміщення, офісу (лабораторії і т.п.) – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Роботи в офісі (лабораторії і т.п.), належать до категорії Іб – легкі фізичні роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням, тому передбачені наступні оптимальні та допустимі метеорологічні умови:

– у холодний період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна 21-23 °С, припустима 20-24 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м/с, припустима не більше 0,2 м/с;

– у холодний період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна 21-23 °С, припустима 17-25 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м/с, припустима не більше 0,2 м/с;

– у теплий період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна 22-24 °С, припустима 21-28 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, припустима 60 % при температурі 27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, припустима не більше 0,1-0,3 м/с;

– у теплий період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна 22-24 °С, припустима 19-30 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, припустима 60 % при температурі 27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, припустима 0,1-0,3 м/с.

Ці параметри забезпечуються системами опалення, кондиціонування і вентиляції відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

ж) У приміщенні (лабораторії, офісу тощо) обладнаному ПК з ВДТ, згідно вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі.

Штучне освітлення в приміщенні обладнаному ПК з ВДТ, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовано люмінесцентні лампи.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° з вертикаллю в поздовжній та поперечній площинах становить не більше ніж 200 кд/м^2 , захисний кут світильників - не менше ніж 40° . Показник осліпленості для джерел загального штучного освітлення у приміщенні не перевищує 20, а показник дискомфорту, відповідно 40.

У приміщенні з ВДТ передбачено обмеження прямих відблисків від джерел природного та штучного освітлення та обмеження відбитих відблисків на робочих поверхнях (екран, стіл, клавіатура). Яскравість світлових поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення тощо), що розташовані в полі зору, не перевищує 200 кд/м^2 . Яскравість відблисків на екрані ПК не перевищує 40 кд/м^2 , а яскравість стелі при застосуванні системи відбитого освітлення не перевищує 200 кд/м^2 .

Захистом від прямих відблисків є зниження яскравості видимої частини джерел світла шляхом застосування спеціальних розсіювачів, відбивачів та інших світлозахисних пристроїв, а також правильне розміщення робочих місць

відносно джерел світла; від відбитих відблисків – правильне розміщення предметів, використання матових поверхонь предметів у приміщенні.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення (лабораторії, офісу) обладнаного ПК з ВДТ відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках;
- використання ПК, в яких термодавачі вмонтовані в блоці живлення та в критичних точках материнської плати (процесор, мікросхеми чипсету), які дозволяють програмним шляхом регулювати як моменти ввімкнення вентиляторів, так і їх швидкість обертання;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання ПК, в яких вентилятор на процесорі встановлено виробником (ВОХ-процесор);
- використання сучасних, безшумних SSD накопичувачів;
- розташування принтерів колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць користувачів ПК.

Наприклад: Вимоги до режимів праці та відпочинку користувачів ПК визначаються роботою, яку виконує користувач відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» у відповідності до Національного класифікатора професій України ДК 003:2010 «Класифікатор професій». Розробники програм – виконують роботу переважно з ПК та документацією. При цьому відбувається інтенсивний обмін інформацією з ПК і висока частота прийняття рішень. Робота виконується у

вільному темпі і пов'язана з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу, характеризується інтенсивною розумовою творчою працею з підвищеним напруженням зору, концентрацією уваги, нервово-емоційним напруженням, статичною робочою позою, періодичним навантаженням на кисті верхніх кінцівок. Для них встановлено внутрішньо-змінні режими праці та відпочинку при роботі з ПК при 8-годинній денній робочій зміні, для розробників програм із застосуванням ПК призначені регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години. З метою зменшення негативного впливу монотонності на працюючого деякі операції чергуються, наприклад, введення тексту за допомогою клавіатури та редагування тексту тощо. Для зниження нервово-емоційного напруження, втоми зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі деякі перерви використовуються для виконання комплексу вправ.

4.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.4.1. Заходи з пожежної безпеки

«Заходи з пожежної безпеки» розробляється відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ:

– згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

– відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної безпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали. Оскільки приміщення (лабораторії, офісу, тощо) обладнане ПК з ВДТ належить до виробництв категорії «Д» з пожежної безпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості. Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення (лабораторії, офісу, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», зареєстрованих в МЮ України 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

4.4.2. Організація цивільного захисту на промислових об'єктах

Промисловий об'єкт, що є підприємством по плавленню чорних металів, сталей и сплавів, обробки металів в гарячому стані (кування, прокатка)

належить до категорії промислових небезпечних об'єктів. Така класифікація обумовлена ступенем ризику виникнення надзвичайних ситуацій, які згідно [44] бувають техногенного, природного характеру, соціальні, воєнні. Виходячи з можливості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і екологічного характеру, їх негативного впливу на навколишнє середовище й людину, ці об'єкти вимагають особливої уваги до їхнього технологічного розвитку, оскільки несуть у собі потужну техногенну загрозу.

До основних вимог з попередження надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах і об'єктах життєзабезпечення належать [45]:

- розробка розпорядницьких і організаційних документів з питань попередження надзвичайних ситуацій;
- розробка і реалізація об'єктових планів-заходів щодо попередження надзвичайних ситуацій,
- прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, визначення і періодичне уточнення показників ризику надзвичайних ситуацій для виробничого персоналу і населення на прилеглий території. Необхідно при прогнозуванні можливості виникнення надзвичайних ситуацій враховувати різні категорії ризиків - потенційний ризик, колективний ризик, індивідуальний ризик, ризик нанесення матеріального збитку;
- забезпечення готовності об'єктових органів управління, сил і засобів до дій з попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій; забезпечення відповідно до законодавства своїх працівників засобами колективного та індивідуального захисту;
- розміщення інформації про заходи безпеки та відповідну поведінку населення у разі виникнення аварії;
- організація та здійснення під час виникнення надзвичайних ситуацій евакуаційних заходів щодо працівників та майна суб'єкта господарювання;
- створення об'єктових формувань цивільного захисту і диспетчерських служб;

- підготовка персоналу до дій при надзвичайних ситуаціях;
- збирання, опрацювання і видача інформації в сфері попередження надзвичайних ситуацій, захисту населення і територій від їхніх небезпечних впливів;
- декларування безпеки, ліцензування і страхування відповідальності за заподіяння шкоди при експлуатації небезпечного виробничого об'єкта;
- створення об'єктових резервів матеріальних і фінансових ресурсів для ліквідації надзвичайних ситуацій. забезпечення безперешкодного доступу посадових осіб органів державного нагляду, працівників аварійно-рятувальних служб, з якими укладені угоди про аварійно-рятувальне обслуговування суб'єктів господарювання, для проведення обстежень на відповідність протиаварійних заходів планам локалізації і ліквідації наслідків аварій на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах, сил цивільного захисту – для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- забезпечення дотримання вимог законодавства щодо створення, зберігання, утримання, використання та реконструкції захисних споруд цивільного захисту;
- здійснення обліку захисних споруд цивільного захисту, які перебувають на балансі (утриманні);
- дотримання протиепідемічного, протиепізоотичного та протиепіфітотичного режиму;
- створення і використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розроблення заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, впровадження досягнень науки і техніки, позитивного досвіду із зазначеного питання; утримання у справному стані засобів цивільного та протипожежного захисту, недопущення їх використання не за призначенням;

– здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики.

4.5 Висновки

Відповідальні особи промислового об'єкта повинні забезпечувати:

1. прогнозування і попередження аварійних ситуацій шляхом контролю за параметрами процесів забезпечення функціонування об'єктів і визначення відхилень їх поточних значень від нормативних;
2. безперервність збору, передачі та обробки інформації про значення параметрів процесів забезпечення функціонування об'єктів;
3. формування та передачу формалізованої оперативної інформації про стан технологічних систем і зміни стану інженерно-технічних конструкцій об'єкту до чергової диспетчерської служби об'єкта;
4. автоматизований або примусовий запуск системи оповіщення населення про надзвичайну ситуацію і необхідні дії по евакуації;
5. автоматизоване або примусове оповіщення відповідних фахівців, що відповідають за безпеку підсистем об'єктів;
6. автоматизований або примусовий запуск систем попередження або ліквідації надзвичайної ситуації за певними алгоритмами для об'єкта і конкретного виду надзвичайної ситуації, які повинні бути затверджені встановленим порядком (припинення подачі газу, води, включення засобів пожежогасіння і т. п.);
7. повинні бути розроблені алгоритми, що забезпечують комплексну, взаємопов'язану роботу всіх необхідних систем безпеки і життєзабезпечення з метою попередження і ліквідації надзвичайної ситуації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 10222-1:2018 (EN 10222-1:2017, IDT) Поковки сталеві для роботи під тиском. Частина 1. Загальні вимоги до поковок вільного кування.
2. ГОСТ 25054-81 Поковки из коррозионно-стойких сталей и сплавов (информационный статус).
3. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технический условия.
4. ТУ У 27.1-028-04 Поковки из сталей и сплавов для деталей машин.
5. ГОСТ 7062-90 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски (информационный статус).
6. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / [под ред. Е. И. Семенова и др.]. – М.: Машиностроение, Т. 1, 1985. – 567 с.
7. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессовковки. Учеб. пособие для вузов. – М.:«Высшая школа», 1977. – 295 с.
8. Жбанков Я.Г. Развитие научных основ процессов пластического деформирования и совершенствование технологийковки крупных поковок / дис. на соискание доктора техн.наук / Жбанков Ярослав Геннадьевич – Краматорск, 2016. – 594 с: ил.
9. Тюрин В.А. Оценка моделированияковки с макросдвигами / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2016. – №1. – С.37 – 40.
10. Таупек И.М. Совершенствование технологических процессовковки валов на основе компьютерного моделирования/дис. на соискание канд.техн.наук: 05.16.05 / Таупек Иван Михайлович – Москва, 2015. – 184 с: ил.
11. Марков О.Е. Внедрение энергосберегающего технологического процессаковки крупных слитков без осадки/ О.Е. Марков, В.М. Олешко, В.Н. Злыгорев, И.А. Грачев // Кузнечно-штамповочное производство. – 2011. – №10. – С.33-36.

12. Підвищення продуктивності кування крупного сорту на гідравлічних пресах / [Д.В. Обдул, В.Д. Обдул, В.В. Дувинг, В.І. Третяк] // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2009. – №2. – С.73-75.
13. Золотухин Н.М. Экспериментальное исследование сопротивления поковок деформированию при протяжке / Н.М. Золотухин, О.М. Шинкаренко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1980. – №3. – С.3-5.
14. Патент на корисну модель UA №48451 МПК В 21 J 5/00. Спосіб кування сортового металу / Д.В. Обдул, В.Д. Обдул, В.В. Чигиринський, О.В. Дергачев, В.В. Дувінг (Україна) – №48451; заявл. 21.09.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. №5.
15. Целиков А.И. Теория продольной прокатки / А.И. Целиков, Г.С. Никотин, С.Е. Рокотян. М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
16. Онищенко А.К. Масштабные уровни пластической деформации и термомеханические параметрыковки слитков и заготовок / А.К. Онищенко // Кузнечно-штамповочное производство. – 2009. – №4. – С.9-12.
17. Каргин С.Б. Совершенствование процессовковки валов / Обработка металлов давлением. – 2012. – №2(31). – С.101-106.
18. Каргин С.Б. Инновационные технологииковки крупных поковок / Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». – 2010. – №60. – с.165-168.
19. Каргин С.Б. Исследование заковки осевых дефектов в слитке при ковке валов / Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки». – 2013. – №27. – С.64-68.
20. Кухарь В.В. Технологическая реализация макросдвиговых деформаций при ковке поковок валов без усложнения конструкции инструмента / В.В. Кухарь, О.В. Василевский, А.В. Грушко // Металлургические процессы и оборудование. – 2014. – № 2(36). – С. 13-17.

21. Марчук В.В. Направления развития кузнечно-прессового производства ПАО «Русполимет» / В.В. Марчук, А.А. Чучков, С.В. Мартынов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2016. – №8. – С.29-33.
22. Тюрин В.А. Фрактограммы образцов из поковок плит стали 12ХМФА / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2016. – №8. – С.23-25.
23. Тюрин В.А. Макросдвиг – союзник кузнеца / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2016. – №8. – С.6-10.
24. Тюрин В.А. Феноменология макросдвигов при деформировании бойками со скрещивающимися рабочими поверхностями / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2017. – №12. – С.36-41.
25. Тюрин В.А. Возможности повышения стойкости деформирующего инструмента в условиях циклического нагружения / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2015. – №3. – С.26-30.
26. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. – М.: Металлургия. – 1977. – 480 с.
27. Шелаев И.П. Совершенствование термомодеформационных режимовковки / И.П. Шелаев // Кузнечно-штамповочное производство. – 2007. – №9. – С.31-33.
28. ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.
29. Полухин П.И. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин. – М.:Металлургия, 1976.–488 с.
30. Заблоцкий В.К. Протяжка заготовок с неоднородным температурным полем // В.К. Заблоцкий, Я.Г. Жбанков, А.А. Швец, В.В. Панов // Научный вестник ДГМА. – 2013. – №2(12Е). – С.52-62.
31. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1986. – 560 с.
32. Малов В.С. Исследование влияния степени пластической деформации и термической обработки на свойства поковок из стали 14Х17Н2 / В.С. Малов,

- В.А. Васильев // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2013. – № 3(693). – С. 26-28.
33. Малов В.С. Влияние величины улова и термической обработки на механические свойства стали 14X17H2/В.С. Малов, В.А. Васильев // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2014. – № 4(705). – С. 33-35.
34. Малов В.С. Влияние химического состава, технологических параметровковки и термической обработки на структуру и механические свойства стали 14X17H2/В.С. Малов, В.А. Васильев // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2012. – № 9(687). – С. 3-9.
35. Третьяков А.В., Зюзин В.Н. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. – М.: *Металлургия.* – 1973. – 224с.
36. Волокушин В.Ф. *Металловедение и термическая обработка* – Изд. «Книга – Вега», 2011. – 518 с.
37. Гуляев А.П. *Металловедение* – М.: *Металлургия.* – 1986. – 544 с.
38. Утяшев Ф.З. Связь между деформированным и структурным состояниями металла при интенсивной пластической деформации / Ф.З. Утяшев // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2011. – №5. – С.33-39.
39. Изаков И.А. Исследование термомеханических условий протекания термодиффузионных процессов разупрочнения в никелевом сплаве ХН77ТЮР при изотермическом деформировании / И.А. Изаков, Д.В. Капитаненко, М.В. Бубнов, Б.Р. Некрасов // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2015. – №8. – С.29-34.
40. Беляков А.Н. *Динамическая и статическая рекристаллизация в металлических материалах, подвергнутых большим пластическим деформациям/дис. на соискание доктора техн.наук: 01.04.07/ Беляков Андрей Николаевич* – Москва, 2013. – 265 с: ил.
41. Суворов И.К. *Обработка металла давлением: Учебник для вузов/И.К.Суворов.* – 3-е изд., перераб. и доп. — М.: *Высшая школа,* 1980. – 364с.

42. Способи підвищення якості кування поковок високолегованих марок сталей та сплавів на гідропресах /А.Ю. Матюхін, І.А. Алфьоров, Т.А. Стефаненко, О.В. Стафаненко//Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки металів у машинобудуванні та металургії. – 2019. – №12. – С.36-40.
43. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в двух томах. Колл. авторов. Под ред. д-ра техн. наук Сторожева М.В. Том 1. Изд. – 2е, переработ. – М.: Машиностроение – 437с.
44. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.12.2019р. – К. : ВР України, 2012. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України).
45. Ілляшенко І.О. Потенційно небезпечні об'єкти як джерела екологічної небезпеки/І.О. Ілляшенко// Електронний журнал «Ефективна економіка» № 12, 2012. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1645>