

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

Конспект лекцій
з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для
студентів освітньої програми «Технології та устаткування
зварювання» усіх форм навчання

2018

Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для студентів освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання. / Укл.: А.О. Шумілов, О.Є. Капустян. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 – 78 с.

Укладачі: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент;
О.Є. Капустян, старш. викл.

Рецензент: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 6
від 31.01.2018

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 6
від 13.02.2018

ЗМІСТ

1	РАЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ	ТА 5
	ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ	
	1.1 Технологічні і виробничі процеси, основні поняття й визначення	5
	1.2 Елементи технологічних операцій.....	6
	1.3 Виробничий процес та його характеристики	7
	1.4 Загальна технологічна схема виробництва зварних конструкцій	7
	1.5 Види технологічних документів	10
	1.6 Технологічна класифікація зварних конструкцій	12
	1.7 Технічні умови на виготовлення зварних конструкцій.....	15
	1.8 Технологічність зварних конструкцій	17
	1.9 Оцінка технологічності.....	19
	1.10 Склад, властивості і технологічність матеріалів для виготовлення зварних конструкцій	20
	1.10.1 Вуглецеві сталі	21
	1.10.2 Низьколеговані сталі	22
	1.10.3 Високоміцні сталі	23
	1.10.4 Сталі для енергомашинобудування	24
	1.10.5 Сталь листова вуглецева і низьколегована для котлобудування і посудин, працюючих під тиском.....	25
	1.10.6 Алюмінієві сплави.....	26
	1.10.7 Титанові сплави	26
	1.11 Складально-зварні операції при виготовленні зварних конструкцій	27
	1.12 Автоматизація розкрою листового і профільного прокату.....	29
	1.13 Застосування зварних робіт при виготовленні зварних конструкцій	31
	1.14 Транспортні операції в зварювальному виробництві.....	32
2	ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ	38
	2.1. Виготовлення зварних балок	38
	2.2 Технологія збирання і зварювання балки коробчастого перетину	40
	2.3 Виготовлення ґратчастих конструкцій	40
	2.4 Виготовлення конструкцій оболонкового типу	42

2.4.1	Негабаритні спорудження і ємкості.....	42
2.4.2	Технологія виготовлення сферичних резервуарів.....	45
2.4.3	Технологія виготовлення посудин, працюючих під тиском.....	46
2.5	Виготовлення доменних і цементних печей	49
2.6	Технологічне виготовлення зварних труб.....	50
2.6.1	Виробництво труб ручним безупинним зварюванням встик..	52
2.7	Виготовлення посудин і апаратів з двошарових сталей	52
2.7.1	Виробництво двошарових сталей	53
2.7.2	Двошарові сталі - у виді листів, смуг, труб, сортового і фасонного прокату, дроту.....	54
2.7.3	Застосування двошарових сталей у виробництві посудин і апаратів.....	55
2.8	Виробництво деталей важкого і енергетичного машинобудування.....	59
2.9	Виготовлення корпусів суден	63
3	ПЛАНУВАННЯ СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЦЕХІВ	65
3.1	Послідовність і загальна методика розробки плану і резервів цеху	65
3.2	Розрахунок і планування складально-зварювальних відділень.	70
3.3	Форми поточної роботи в складально-зварювальних цехах.....	75

1 РАЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 Технологічні і виробничі процеси, основні поняття й визначення

Технологічний процес - це частина виробничого процесу, що містить дії по зміні і наступному визначенні стану предмета виробництва.

Технологічна операція - це закінчена частина технологічного процесу, виконана на одному робочому місці.

Виріб - це предмет виробництва, що поставляється підприємством, у тому вигляді та у тій комплекції, що передбачена в технічній документації підприємства - виготовляча.

Напівфабрикат - це виріб підприємства-постачальника, належний додатковій підготовці чи збиранню.

Заготівля - це предмет виробництва, з якого зміною форм, розмірів, чистоти поверхні і властивостей матеріалу, виготовляють деталь чи нероз'ємну складальну одиницю.

Вихідна заготівля - це заготівля перед 1-ою технологічною операцією.

Комплектуючі виробу - це вироби підприємства - постачальника прийняті як складова частина виробу, застосовувані іншими підприємствами. Складовими частинами можуть бути деталі.

Виробнича партія - це група заготівель одного найменування чи типу розміру, що запускається в обробку одночасно чи безупинно протягом визначеного інтервалу часу.

Операційна партія - це виробнича партія або її частина, що надходить на робоче місце для виконання технологічної операції.

Складальний комплект - це група складових частин виробу, яку необхідно подати на робоче місце для збирання виробу чи його складової частини.

Заділ - це виробничий запас чи заготівель складових частин виробу для безперебійного виконання технологічного процесу.

Типовий виріб - це виріб, що належить групі близьких по конструкції виробів, і який має найбільшу кількість конструктивних і технологічних ознак цієї групи.

Проектний технологічний процес - це технологічний процес, виконаний по попередньому проекту технологічної документації.

Робочий технологічний процес - виконаний по робочій чи конструкторській документації.

Одиничний технологічний процес - цей технологічний процес відноситься до виробів одного найменування, типу, розміру й виконання, незалежно від типу виробництва.

Типовий технологічний процес - це технологічний процес, характерний єдністю змісту й послідовності більшості технологічних операцій і переходів для групи виробів із загальними конструктивними формами.

Маршрутний технологічний процес - процес, виконаний по документації, у якій містяться операції без указівки переходів і режимів обробки.

Операційний технологічний процес - це маршрутний технологічний процес з указівкою переходів і режимів обробки.

Маршрутно-операційний технологічний процес - це процес, виконаний по документації, у якій зміст окремих операцій викладається без указівки переходів і режимів обробки.

Типова й технологічна операції характеризуються єдністю змісту і послідовних технологічних перекладів для групи виробів із загальними конструктивними ознаками.

1.2 Елементи технологічних операцій

1. Установка - це частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні оброблюваних заготовель або збиранні складальної одиниці.

2. Технологічний перехід - це закінчена частина технологічної операції, що характеризується сталістю застосовуваного інструмента та поверхнею утвореною обробкою чи з'єднанням при збиранні.

3. Допоміжний перехід - це закінчена частина технологічної операції, що складається з дії людини чи устаткування, не сполучена зі зміною форми, розмірів і чистоти поверхні, але необхідна для виконання технологічного переходу.

4. Робочий хід - це закінчена частина технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструмента щодо заготовки, супроводжується зміною форми, розмірів, чистоти поверхні

й властивостей заготівлі.

5. Допоміжний хід - це закінчена частина технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструмента щодо заготівлі, не супроводжується зміною форми, розмірів, чистоти поверхні й властивостей заготівлі.

6. Цикл технологічної операції - це інтервал календарного часу від початку до кінця періодично повторюваної технологічної операції, що не залежить від числа одночасно виготовлених виробів.

7. Такт випуску - це інтервал часу, через який періодично роблять випуск виробів визначеного найменування, типу розміру й виконання.

8. Ритм випуску - це кількість виробів, що випускаються в одиницю часу.

1.3 Виробничий процес та його характеристики

Виробничий цикл - це календарний час періодично повторюваного виробничого процесу.

Норма часу - це регламентований час технологічної операції у визначених організаційно - технічних умовах одним чи декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

Норма виробітку - це регламентована кількість виробів, що повинна бути оброблена чи виготовлена в задану одиницю часу у визначених організаційно - технічних умовах, одним чи декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

Штучний час - це відношення календарного часу технологічної операції до числа виробів одночасно виготовлених на одному робочому місці.

1.4 Загальна технологічна схема виробництва зварних конструкцій

Виконання замовлення на заводах на виготовлення зварних конструкцій підрозділяється на два етапи:

а) підготовка виробництва:

1) господарсько-організаційна;

2) технічна.

б) виготовлення виробів:

1) виготовлення деталі;

2) складально-зварювальні й супровідні роботи.

Господарсько-організаційна підготовка містить виконання наступних занять - це складання заявок на матеріали, напівфабрикати, що комплектують вироби, одержання цих матеріалів, і організація складського господарства з урахуванням норм витрати; організація своєчасного постачання цехами заводу матеріалами й заготівлями.

Технічна підготовка - містить рішення сукупності конструкторських, технологічних і організаційних питань із початку проектування до випуску продукції у встановлений термін і у встановленій кількості.

Основна задача технічної підготовки виробництва - це забезпечення освоєння випуску виробів у мінімально короткий термін із мінімальними витратами.

Технічна підготовка включає наступні основні частини:

а) Конструкторська підготовка - проектування нових і удосконалювання виробів, що випускаються. Розробка на основі технічного проекту робочих креслень виробів застосовуваних до існуючого чи для проектування нового виробництва. Аналіз технологічної конструкції й розмірів специфікації на матеріали.

б) Технологічна підготовка - включає розробку технологічних процесів виготовлення деталей і заготівель, складально-зварювальних і супровідної робіт, проектування нестандартного основного й допоміжного устаткування, пристосування й оснащення і розробка технологічних нормативів.

в) Організаційно-технічна підготовка включає вибір найбільш раціональних форм організації виробництва, виготовлення нестандартного устаткування, пристосувань оснащення й інструмента, замовлення й одержання стандартного устаткування й оснащення, монтаж і налагодження устаткування. Усі складові частини технічної підготовки виробництва взаємно зв'язані й повинні розроблятися за єдиним планом. При розробці технологічного процесу виробництва зварних конструкцій вирішують наступні питання:

1. процес виробництва розбивають на окремі операції.

2. вибирають раціональне послідовне виконання і склад кожної

операції;

3. вибирають основне й допоміжне устаткування для виконання кожної операції;

4. вибирають пристосування, технологічне оснащення й інструмент;

5. розраховують чи вибирають по нормативах режими роботи з кожної операції;

6. визначають потрібні, допоміжні, у тому числі, зварювальні матеріали і норми їх витрат;

7. визначають склад робіт із кожної операції, а саме професію, кваліфікацію, склад ланки чи бригади;

8. виробляється технічне нормування операції і визначається норма часу чи норма виробітку.

Результати проведених розробок заносять у спеціальні бланки технологічної документації, у маршрутні операційні карти.

Стадія розробки документації		Етапи роботи
конструкторської	технологічної	
1. Текст завдання		
2. Ескізні й технічні проекти	Попередній проект	Розробка попереднього проекту із присвоєнням документації літери "П"
3. Розробка робочої документації		
а) дослідного зразка чи дослідної партії		Розробка технічної документації з присвоєнням документації літери "П"
б) настановної серії		Виготовлення й випробування настановної серії. Коректування технологічної документації за результатами виготовлення з присвоєнням документації літери "А"
в) настановного серійного чи масового виробництва		Виготовлення контрольної серії і документації із присвоєнням документації літери "Б"

В даний час розроблена ДЕСТ ЄСТД (єдина система технологічної документації), у який об'єднані однакові вимоги до технологічної документації в машинобудуванні і приладобудуванні.

ЄСТД є основною частиною ЄСТПВ (єдина система технічної підготовки виробництва) і являє собою комплекс стандартів, що містить правила і положення про порядок розробки, оформлення, комплектації і звертання технологічної документації у машино- і приладобудуванні.

ДЕСТ 3.1.1.02-84,

де 3 - шифр;

1 – група - показує, що це ЄСТД для машино- і приладобудування;

1 - підгрупа (від 0 до 8): 0 - це загальні положення; 1 - основоположні стандарти;

02 - розряд - порядковий номер стандарту в групі.

1.5 Види технологічних документів

Маршрутна карта (МК) - містить опис технологічного процесу виготовлення виробу (включаючи контроль і переміщення по всіх операціях технологічної послідовності) з указівкою даних про устаткування, оснащення, матеріальних і трудових нормативах. Допускається розробки маршрутної карти на окремі роботи.

Карта + ескізи - включають таблиці, схеми й ескізи, необхідні для виконання технологічного процесу, чи операції переходу, включаючи чи контроль переміщення.

Технологічна інструкція - містить опис прийомів чи роботи технології опису процесу, проведення експлуатації засобів, технологія оснащення, опис фізичних і технічних явищ, виникаючих при окремих операціях.

Комплектувальна карта - містить дані про деталі й матеріали, вхідних до комплекту виробу, що збирається.

Відомість разцеховки - містить дані про маршрут проходження виробу, що виготовляється, по службах підприємства.

Відомість оснащення - включає перелік технологічного оснащення необхідної для виконання даного технологічного процесу.

Відомість матеріалів - містить дані про заготівлі, норми витрати матеріалів і маршруті проходження виробу, що виготовляється, та його складових частин.

Відомість технологічних документів - це технологічний документ, що визначає склад і компетентність технологічних документів, необхідних для виконання технологічного процесу.

Карта технологічного процесу (КТП) - включає опис технологічного процесу виготовлення, включаючи контроль і переміщення по всіх операціях одного виду робіт, виконуваних в одному цеху технологічної послідовності з указівкою даних про засоби технологічного оснащення матеріальних і трудових колективів.

Якщо технологічний процес цілком охоплює весь маршрут виготовлення даного виробу, то в цьому випадку КТП цілком заміняє МК, і МК не розробляють.

Операційна карта - включає опис операції з указівкою переходів, режимів обробки і даних про засоби технологічного оснащення.

Відомості операцій - містять перелік і опис усіх операцій технічного контролю, виконуваних відомість одному цеху в технологічній послідовності з указівкою даних про устаткування, оснащення, й вимог контрольованим параметром.

Для типових технологічних процесів розробляються наступні документи:

— відомість деталі й типів технологічних процесів і операцій включає перелік деталей чи складальних одиниць, виготовлених по типовому технологічному процесу; з указівкою даних про трудові колективи, технологічне оснащення й режими роботи;

— карта типового технологічного процесу;

— основна типова карта.

Основним технологічним документом є МК, КТП, відомість деталей і складальних одиниць, карта типового технологічного процесу.

Допускається замість МК використовувати КТП для виробництв, що спеціалізуються на окремих видах робіт.

1.6 Технологічна класифікація зварних конструкцій

Велика розмаїтість зварних конструкцій по типах, розмірам, конструктивним формам, ступеню відповідальності і т.д. створює труднощі при створенні всеосяжних класифікацій.

У кожній галузі промисловості є свої класифікації характерного виробу. Наявність таких класифікацій дозволяє розробляти типові технологічні процеси виготовлення виробів, типового зварювального устаткування, пристосувань і оснащення, особливо у дрібносерійному виробництві.

Технологічна класифікація на основі типової технології дає можливість розробляти типові проекти заготівельних і складально-зварювальних цехів, відділень і дільниць. При розробці технологічних процесів виготовлення зварних виробів велике значення має правильна класифікація зварних вузлів, класифікація деталей і заготівель.

При проектуванні технологічного процесу рекомендується наступна класифікація деталей і заготівель:

а) Усі деталі й заготівлі групуються по виду вихідного матеріалу:

- 1) група, виготовлена з листа прокату;
- 2) група із сортового прокату й труб;
- 3) група із штампувань, литих заготівель і кувань;

б) деталі кожної з перерахованих груп доцільніше згрупувати по перетину й розмірам вихідного металу. Так для листового прокату рекомендується розбивка по товщині, мм: до 6; 6-12; 12 - 24; вище 24. Для сортового й фасонного прокату, з урахуванням перетину вихідного металу, розглядають групи з кутового прокату, балок, таврів, швелерів і труб.

Крім того, при розбивці на групи варто враховувати конфігурацію деталі.

З однорідної технологічної групи вибирають деталь-представник, що повинна мати найбільш загальну ознаку, характерну для усіх технологічних груп.

На деталь-представник розробляють типовий технологічний процес або типову маршрутну технологічну карту.

При виготовленні зварних вузлів доцільно робити класифікацію

цих вузлів по видах складально-зварювального устаткування й пристосування, що застосовується.

Так при виготовленні зварних вузлів із кутового, листового і фасонного прокату, вузли можна згрупувати по наступним видам пристосувань.

№ групи	Складально-зварювальне устаткування й пристосування	Найменування вузлів і виробів	Вид зварювання
1.	Стенди із флюсовими подушками	Карти з листів	АДФ; НАДФ; ПАД у CO ₂
2.	Роликові стенди	Обичайки і труби	Зварювання подовжніх і кільцевих швів тракторами під флюсом. Спеціальні зварювальні установки НА в CO ₂ і РДС
3.	Кантувачі	Балки і стойки	Автоматичне зварювання під флюсом. НАД у CO ₂
4.	Маніпулятори	Корпусні вузли складної конфігурації	НА в CO ₂ і РДС із поворотом виробу в нижнє положення
5.	Обертачі	Патрубки і штуцера	Автоматичне зварювання під флюсом НАД у CO ₂

У результаті такої класифікації, велика розмаїтість зварних вузлів приводиться до невеликої кількості груп, кожен вузол групи виготовляється з однакових матеріалів на однотипному устаткуванні із застосуванням тих самих пристосувань.

З кожної групи вибирають найбільш складний вузол, для якого розробляється технологічний процес і складається карта налагодження з таким розрахунком, щоб по цьому технологічному процесі можна було виготовити будь-який вузол з даної групи.

В даний час ІЕЗ ім. Патона разом із Уптітехмаш розробив технологічну класифікацію зварних конструкцій, відповідно до яких зварні конструкції різного призначення поєднуються в групи за технологічними типовими особливостями.

Основними ознаками, по яких зварні конструкції поєднуються в

одну технологічну групу, є: характер сполучення деталей, що зварюються, конфігурація швів, конструктивні особливості виробів, профіль перетину виробу, габарити й вага конструкції, марка деталі. По всіх цих ознаках зварні конструкції поділяються на види, типи, класи і підкласи, групи й підгрупи.

Вид зварної конструкції - визначається характером сполучення деталей, що зварюються, і конфігурацією швів.

Усі зварні конструкції поділяються на 3 види:

1. Лінійні - мають прямолінійні й криволінійні шви в одній площині.

2. Радіальні - мають кільцеві й спіральні шви, а також близькі до них по конфігурації.

3. Радіально-лінійні - мають прямолінійні, криволінійні, спіральні й кільцеві шви у всіх площинах.

Тип зварної конструкції визначається обов'язками конструкторських форм.

Лінійні конструкції підрозділяються на наступні типи:

а) площинні;

- 1) балкові;
- 2) рамні;
- 3) корпусні;
- 4) гратчасті.

б) радіальні:

- 1) циліндричні;
- 2) сферичні.

в) радіально-лінійні:

- 1) балкові;
- 2) корпусні;
- 3) рамні.

Типи зварних конструкцій виходячи виду заготівель (лист, штамп, або комбіновані товщини зварних елементів і профілю), підрозділяються на класи.

Класи, в залежності від типу зварного з'єднання (стикове, напусточне чи кутове), підрозділяються на підкласи, габарити, ваги й довжину швів, які в свою чергу поділяються на групи й підгрупи, маючи на увазі профіль перетинів.

Ступінь деталізації їхні класифікації може бути різна в залежності від товщини конструкції, а також від типу товщини

заготівлі.

Застосування такої класифікації дозволило на машинобудівних заводах довести кількість типових технологічних процесів при дрібносерійному виробництві до 70 - 80 %, що значно скорочує час на виробництво і тривалість виробничого циклу.

1.7 Технічні умови на виготовлення зварних конструкцій

Для одержання зварних конструкцій відповідних характеристик необхідно на основі вивчення роботи зварного виробу розробити технічні вимоги у виробництві й контроль якості окремих вузлів і усього виробу в цілому. Усі дані зводяться в технічні умови на виготовлення й приймання зварного виробу. Для особливо відповідальних зварних конструкцій існують загальнодержавні технічні умови, викладені в спеціальних правилах Держкомохорони праці, морського і річкового регістра і СНД (структурні норми і правила). У правилах Держкомохорони праці викладені вимоги по наступним напрямам:

- посудини працюючі під нагріванням;
- парові і теплові котли;
- газо- і паропроводи;
- вантажопідйомні механізми, ліфти й екскаватори.

У правилах морського і річкового регістра викладені вимоги до виробництва конструкцій, річкових і морських судів.

На особливо відповідальні конструкції не підвідомчі вище зазначеним проектним організаціям, відомствам чи ОТК (головне підприємство) виготовляються технічні умови на виготовлення і приймання. На однотипні зварні конструкції розробляються типові ТУ, на основі яких організується розробка ТУ на виготовлення і приймання даного виду чи партії зварних конструкцій. ТУ є невід'ємною частиною технічної документації на даний виріб і прикладається до креслень.

Якщо для виготовлення окремих деталей чи вузлів маються додаткові вимоги по допусках, по режимах ТО, по способах і режимам зварювання, відмінні від зазначених у ТУ, то такі технічні вимоги

додатково виносять на креслення виробу.

Технічні умови включають наступні дані:

- характеристика матеріалів, з яких виготовлений виріб. Методи контролю якості вихідних матеріалів і напівфабрикатів;
- вимоги до виготовлення деталей. Способи виготовлення. Допуски на основні розміри. Якість підготовки й обробки крайок під зварювання. Методи й обсяг контрольних операцій;
- вимоги до збирання і прихватування деталей і вузлів. Вимоги до пристосуванням для збирання. Елементарні матеріали для прихватування і режимів зварювання. Методи й обсяг контрольних операцій при збиранні;
- вимоги до виробництва зварних робіт. Методи зварювання, присадочні матеріали. Режими зварювання, порядок нумерування швів. Вимоги кваліфікації зварювальника. Вимоги до електропровідних матеріалів, флюсу і захисних газів, методи й обсяг випробування металу зварних швів і критерії оцінки якості зварних робіт;
- методи виправлення дефектів зварних швів, їх технологія і контроль якості;
- вимоги до термічної обробки (ТО) зварних вузлів і усього виробу, режими і технологія ТО;
- вимоги до механічної обробки вузлів і виробу. Допуски на готовий виріб;
- вимоги до приймання готового виробу, методи контролю якості і способи усунення дефектів;
- вимоги до фарбування, упакування і підготовки до відправлення;
- схема маркірування виробу і перелік прикладеної технічної документації;

При виготовленні рядових зварних конструкцій, особливо при серійному виробництві на великих підприємствах, існують нормалі стосовно до продукції, що випускається.

У цьому випадку замість спеціальних ТУ на кресленні виробу вказується номер нормалі, по якому даний виріб виготовляється.

Звичайно на заводі, де випускаються зварні, конструкції нормативами регламентуються типи зварних з'єднань, розміри швів і допуски на них, способи підготовки крайок під зварювання, у

залежності від типу з'єднань. Методи, режими і технології зварювання типових зварних вузлів. Електроди й інші зварні матеріали, методи контролю якості вихідних матеріалів.

1.8 Технологічність зварних конструкцій

При проектуванні зварних конструкцій необхідно враховувати наступні особливості зварних виробів, як з точки зору конструкції, так і з погляду технології їх виготовлення:

- органічний зв'язок окремих елементів один з одним створювана зварними швами. Конструкція складається з окремих заготовель і деталей, що перетворюються в моноліт;
- легкість додання конструктивних форм;
- можливість виготовлення заготовель і деталей різними способами, що дозволить створити найбільш раціональну й економічну конструкцію;
- можливість застосування в одній конструкції різних матеріалів;
- можливість з'єднання різних неоднорідностей у процесі зварювання;
- появи залишкових напруг у зварних конструкціях.

Для створення зварних конструкцій необхідно при проектуванні враховувати всі технологічні впливи, які вона випробує в процесі виготовлення.

Технологічність - це можливість виготовлення високоякісного зварного виробу при мінімальних витратах. Застосовувані матеріали, конструктивні форми і технологія виробництва взаємозалежні. Кожному матеріалу повинні відповідати свої конструктивні форми і технологія складально-зварювальних робіт, а кожному визначеному методу визначені конструктивні форми.

Технологію зварювання не можна вибирати без обліку особливості конструкції, і конструктивні форми - без обліку вимог до технології.

Найбільш раціонально конструктивні і технологічні питання вирішувати одночасно при розробці проекту конструкції і технології її

виготовлення.

У загальному виді технологічність зварної конструкції, може бути оцінена собівартістю, що значною мірою визначається матеріалоемністю і трудомісткістю.

Матеріалоемність - для покращення даного показника прагнуть до зниження ваги конструкції і відходу металів, до використання недефіцитних металів, збільшенню ступеня використання стандартних вузлів, взаємозамінності вузлів і деталей, зменшенню номенклатури і кількості деталей і вузлів, ваги наплавленого металу і т.д.

Для зниження трудомісткості прагнуть до використання більш економічних матеріалів, спрощенню геометрії форм, скороченню числа деталей конструкції, зменшенню типів зварних з'єднань, збільшенню ступеня механізації й автоматизації обсягів зварних робіт (8-15 % від загальної трудомісткості виробу). Загальна трудомісткість виготовлення деталей складається з трудомісткості заготівлі, механічної обробки деталей, збирання і зварювання вузлів і виробів, і робіт з контролю якості.

Ці економічні показники досить повно характеризують технологічність зварної конструкції і технологічний рівень процесу його виготовлення.

Аналіз сучасних технологічних процесів показав, що для створення технологічної конструкції необхідно використовувати найбільш економічні і виробничі методи виготовлення. Це можливо при використанні наступних додаткових вимог:

1) Технологічність зварної конструкції сильно залежить від типу виробництва і серійності випуску.

Конструкція високотехнологічна для масового виробництва може виявитися не технологічною для дрібносерійного.

2) Технологічність окремих деталей і вузлів повинна бути пов'язана з технологічністю усього виробу.

3) Технологічність конструкції необхідно розглядати для всього технологічного процесу, починаючи від заготівлі деталей і закінчуючи зварюванням і випробуванням готового виробу.

При створенні технологічної зварної конструкції необхідно проводити всебічний аналіз наступних питань:

1. Вибір матеріалу найбільш технологічного, у тому числі добре зварюваного.

2. Вибір типів зварних з'єднань.

3. Вибір способу зварювання з урахуванням незмінності форми і розмірів конструкції.
4. Забезпечити допуск до місць зварювання і можливість проведення контролю якості.
5. Максимальна нормалізація всієї товщини зварного виробу.
6. Максимальна механізація й автоматизація всіх процесів.

1.9 Оцінка технологічності

По технологічності можна порівняти між собою тільки вироби загального експлуатаційного виготовлення.

Оцінку по технологічності можна робити по абсолютних чи відносних показниках.

Якщо порівнювати тільки по абсолютним економічним показникам, можна прийти до невірних висновків тому, що має місце безупинна досконалість машин і апаратів. Тому застосовують порівняння за питомими показниками - відношення абсолютного економічного показника до показника експлуатаційного призначення. Показник експлуатаційного пристосування - це величина у відповідних технічних одиницях, які визначають основну експлуатаційну характеристику машини, а саме потужність виробництва, ємність і т.д.

У зварних конструкціях з листового і профільного прокату, виконаних методами дугового зварювання для оцінки технологічності застосовують наступні економічні показники.

Відношення ваги наплавленого металу до ваги зварної конструкції. Зі зменшенням цього показника зменшується енергоємність і металоємність, тобто технологічність збільшується.

$$m = \frac{Q_m}{Q} 100\%$$

де Q_m - вага наплавленого металу;

Q - вага основного металу.

$m = 0,6-4 \%$.

Трудомісткість зварних робіт, віднесена до одного кілограма наплавленого металу.

Вартість зварних матеріалів віднесених на один кілограм зварного матеріалу (грн/кг).

Питома витрата електроенергії на 1 тону зробленої продукції (кВт/т).

Рівень механізації виробництва у відсотках по рівнях зварювання.

1.10 Склад, властивості і технологічність матеріалів для виготовлення зварних конструкцій

Найбільш часто зварні вироби виготовляють із прокатного металу, гнутих профілів, кувань.

Прокатний метал розділяють на: листовий, фасонний, профільний прокат і труби.

Листовий прокат виготовляють з листової й універсальної сталі.

Листова сталь виробляється стандартної величини декількох сортів. Це товстолиста сталь звичайної якості - ДЕСТ 19903-74, товщиною 4 – 160 мм.

Якісна вуглецева конструкційна сталь - ДЕСТ 1577-93, товщиною 4 – 60 мм.

Сталь тонколистова звичайної якості - ДЕСТ 16523-89.

Сталь тонколистова, якісна, конструкційна - ДЕСТ 914-76, товщиною 0,2 – 4 мм і довгої листи до 3,5 м - холодний прокат; товщина 0,5 – 4 мм і довжина до 4 м - гарячий прокат. Ширина в обох випадках 600 – 1400 мм.

Універсальна, широкосмугова сталь - ДЕСТ 82-70, виготовляється товщиною 6 – 60 мм, шириною 160 – 1050 мм, довжиною 5 – 18 мм.

Профільний чи сортовий прокат випускається у виді двотаврів, швелерів, куточків.

Двотаври звичайні випускаються за ДЕСТ 8239-89 від № 10 до № 60; широкосмугові двотаври - за ДЕСТ № 60 - 100.

Зварні двотаври доцільно застосовувати з номера 60.

Сорти сталі підрозділяються:

- 1) по хімічному складу:
 - низьковуглецеві;
 - вуглецеві;
 - низьколеговані;
 - леговані.
- 2) за способом виробництва:
 - сталь звичайної якості;
 - якісна сталь.
- 3) по застосуванню:
 - будівельні;
 - конструкційні;
 - інструментальні;
 - сталі з особливими фізичними властивостями.

1.10.1 Вуглецеві сталі

а) Вуглецеві сталі звичайної якості виготовляється за ДЕСТ 380-71, що передбачає кілька марок вуглецевих сталей: Ст.0 - Ст.7.

Найбільш розповсюджена сталь, що застосовується в конструюванні - Ст.3. Ця сталь підрозділяється на три групи:

група А - з гарантованими механічними властивостями;

група Б - з гарантованим хімічним складом;

група В - з гарантованими механічними властивостями і хімічним складом.

У маркіруванні група А не ставиться, група Б і В - в обов'язковому порядку.

У залежності від нормованих показників сталь кожної групи підрозділяється на категорії: група А на 1, 2, 3; Б на 1, 2; В - 1, 2, 3, 4, 5, 6. Категорія 1 містить σ_y , δ ; категорія 2 - σ_y , σ_T , δ ; категорія 3 - σ_y , σ_T , δ , згинається в холодному стані.

Для виготовлення зварних конструкцій, що працюють при вібраційних навантаженнях, і у важкому режимі застосовують сталь Ст.3 сп.

Для деталей, працюючих при динамічних навантаженнях і при низьких навантаженнях застосовують сталь У Ст.3 сп 2.

Сталь Ст.0 - тільки в нерозрахованих елементах зварних конструкцій.

Сталі Ст.1, Ст.2 як правило в зварних конструкціях не передбачаються.

Вуглецева, якісна, конструкційна сталь виготовляється за ДЕСТ 1050-74; це сталі Ст.08, 10, 15, 20, 25, 30.

Відрізняються низьким вмістом сірки і фосфору, до 0,04 % кожної, і більш твердими вимогами по змісту вуглецю, Mn і Si.

1.10.2 Низьколеговані сталі

Широке застосування знаходять через підвищену міцність і задовільну зварюваність.

ДЕСТ 192-82 - сталь низьколегована, товстолистова, універсальна, конструкційна. Дана сталь широко застосовується в будівництві і машинобудуванні, і підрозділяється на наступні групи:

А - сталь для металевих конструкцій:

- марганцеві сталі: 14М, 18М, 19М2, 14М2, 18М2;
- кремнемарганцеві: 12ГС, 16ГС, 17ГС, 19М2С, 10М2;
- марганцево-ванадієві: 12ГФ;
- Cr-Si-Mn: 14ХГС;
- Cr-Si-Ni-Cu : 10ХСНД, 15ХСНД;

Б - сталі для армованих залізобетонних конструкцій:

- Si-Mn : 35ГС, 18М2С, 25М2С;
- Cr-Mn-Zr : 20ХГ2У;
- кремниста: 80С.

Для сталі групи А гарячекатаної, хімічний склад і механічні властивості: σ_y , σ_T , δ , a_n при негативних температурах.

ГОСТ 5521-93 – сталь, що зварюється, корпусна для суднобудування.

Суднобудівні сталі виготовляються з вуглецевих і низьковуглецевих марок сталей у конверторі. Вони підрозділяються на тонкий і товстий листи та фасонний прокат. Вуглецеві сталі : У Ст.3 сп 2, У Ст.3 сп 4, У Ст.3 пс 2, У Ст.3 пс 4.

Низьколеговані сталі: 09М2С, 10М2С1Д, 10ХСНД.

Товстий лист усіх марок випускається товщиною 4 - 56мм.

Ширина від 1000 до 2000. Тонкий лист - 0,9-3,0 мм.

Фасонна сталь у виді куточка, смуг і швелерів.

ГОСТ 5632-72 - сталі високолеговані і сплави корозійностійкі, жароміцні і жаростійкі.

До високолегованих відносять сталі, які вміщують заліза більш 45 %, а сумарний вміст легуючих елементів не менш 10%, по верхній межі; при вмісті одного легуючого елемента - 8% - по нижній межі.

До сплавів на Fe-Ni основі відносяться такі сплави, основна структура яких є твердим розчином Cr і інших легуючих елементів у Fe-Ni основі, при цьому $Ni + Fe \geq 60 \%$, при співвідношенні $Ni/Fe = 1/1,5$.

До сплавів на Ni основі відносяться сплави зі вмістом Ni не менш 55 %. У залежності від основи сталі і сплави підрозділяються на 3 групи:

1 - корозійностійкі, нержавіючі сталі, що мають стійкість проти електрохімічної, хімічної міжкристалітної і інших видах корозії.

2 - жаростійкі, окалиностійкі сталі і сплави, що стійкі проти хімічного руйнування поверхні в газових середовищах при робочих температурах більш $550^{\circ}C$ і роботі в навантаженому чи слабонавантаженому стані.

3 - жароміцні сталі і сплави, здатні працювати в навантаженому стані при високих температурах протягом визначеного часу, які мають достатню жаростійкість.

У залежності від структури жаростійкі високолеговані сталі підрозділяються на:

- мартенситні;
- мартенситні леговані (до 10 % фериту);
- феритний клас (без $\alpha \rightarrow \gamma$);
- аустеніто-мартенситний клас;
- аустеніто-феритний клас (більш 10 %)
- аустенітний клас.

1.10.3 Високоміцні сталі

Це сталі, в яких σ_y більш 100 МПа.

Для виготовлення зварних конструкцій використовуються

високоміцні сталі, особливо в апаратах, де потрібна мінімальна вага. Застосовуються як стандартні сталі, що виготовляються за ДЕСТ, так і за спеціальними ТУ.

Сталі: 30ХГСА (загартування + відпуск, $\sigma_y > 100$); 30ХГСНА (загартування + відпустка, $\sigma_y > 160$); 12Х2НВФА (загартування + відпуск, $\sigma_y > 100$).

Ці сталі сильнолеговані, швидкопрожарювані, і застосовуються тільки після термообробки.

При зміні режиму термообробки властивості різко міняються.

1.10.4 Сталі для енергомашинобудування

Для виготовлення зварних конструкцій парових котлів, парових і газових турбін застосовуються спеціальні теплотривки і жароміцні сталі.

1 група - для виготовлення деталей машин, що працюють під навантаженням в інтервалі температур 450 - 600 °С, застосовуються теплотривки сталі за ДЕСТ 20072-74 в основному це: Ст-Мо (500 - 530 °С), Ст-Мо-V (500 - 570 °С). При вмісті вуглецю до 0,3 % зварюваність задовільна, понад - обмежують спеціальними прийомами: 12ХМ, 12Х1МФ (570 - 585 °С); 20Х1М1Ф1ТР (500 - 580 °С). Для підківок деталей машин, роторів, дискових парових і газових турбін застосовуються сталі ЭИ 415 (20Х3МВФ 500 - 560 °С), 15Х5, 15Х5МФ.

2 група - для роботи в інтервалі температур 600 - 650 °С використовують хромові жароміцні сплави на базі 12 % Cr (ДЕСТ 5632-72).

Крім марок 12ХВ і 20ХВ (лопатки газових турбін, гарячі екрани газових турбін) широко застосовуються сталі з 12 % вмістом Cr і додатковим легуванням Мо, W, V, Nb. Вони виготовляються по спеціальним ТУ (технічним умовам): 12Х11МФ, 18Х11МФБ, Сплав ЦЖ-5, 12Х11В2МНФ.

3 група - для роботи в інтервалі температур 600 – 650 °С. Аустенітні на основі хрому і нікелю (причому Cr/Ni > 1).

Це сталі 18-8, 25-13, ЭИ 405, ЭИ 572, а також при роботі в інтервалі температур 650 - 700 °С при співвідношенні Cr/Ni < 1, це ЭИ

695P (0,1 % C, 13 % Cr, 18 % Ni, 2,5 % W, 1 % Nb).

Ці сталі мають задовільну зварюваність без підігріву. Основні труднощі при зварюванні - це утворення гарячих тріщин. Боротьба: правильний вибір режиму і присадного матеріалу.

При температурах вище 500 °С застосовують спеціальні, універсальні сталі на нікелевій основі, з додатковим легуванням Nb, W, Co, Zn, Ti. До них відносяться наступні сплави: ЭИ-868 (X25H55TЮБ15); ЭИ-602 (X20H75НБТЮ); ЭИ-437 (X20H77ТЮ) за ДЕСТ 5520-79.

1.10.5 Сталь листовая вуглецева і низьколегована для котлобудування і посудин, працюючих під тиском

Призначення й умови застосування регламентуються вимогами, встановленими органами Держкомохоронпраці і правилами реєстра України.

До вуглецевих відносять наступні сталі: 15К, 16К, 18К, 20К.

До низьколегованих: 16ГС, 09Г2С, 09Г2С.

У вуглецевих сталях вміст S і P не більш 0,04 % (кожний); Si від 0,15 % до 0,7 %; Mn - 0,35 - 0,85 %.

У низьколегованих сталях додатково вводиться технологічна добавка Ti (0,01 - 0,03 %). І в якості розкислювача вводиться Si. Для виготовлення посудин допускається використовувати сталі В Ст.3 сп і В Ст.2 сп.

За ДЕСТ випускається листовая, гарячекатана сталь з товщиною листа 4 - 60мм.

ДЕСТ 10885-85 - сталь гарячекатана, товстолистовая, двошарова, корозійностійка.

Основний шар з вуглецевої чи низьколегованої сталі, яка блокує, з корозійної сталі чи з нікелю.

Виготовляються сталі з товщиною листа від 4 до 160 мм.

Основний шар - зі сталей: У Ст. 3 сп 2, У Ст.2 сп 2, 15К, 20К, 16ГС, 09Г2С, 10ХСНД, 12МХ.

Шар, що блокує: 0Х13, Х14, Г14, НЗТ, Х17, Н13, М2Т, Х18Д19Т, Х18Ц10Т, 0Х18Н12Т, 0Х23Н28МЗДЗТ.

Нікелевий порошок Нл-2.

Механічні властивості двошарового прокату визначаються по нормах для основного матеріалу.

1.10.6 Алюмінієві сплави

Для виготовлення зварних конструкцій звичайно використовуються деформовані алюмінієві сплави, термічно зміцнені і термічно не зміцнені.

Термічно зміцнені характеризуються високими міцносними якостями після загартування і старіння. $\sigma_b = 42 - 47 \cdot 10^7$ Па, $\sigma_{0,2} = 24 - 37 \cdot 10^7$ Па, $\delta = 17-18\%$.

До таких відносяться : Д16Т, Д20Т, Д95Т (2,8 % Mg, 7 % Zn, 2 % Cu, 0,25 % Cr, 0,2 % Mn, 0,1 % Ti).

Термічно не зміцнені використовуються як корозійностійкі системи: Al-Mg, Al-Mn, АМЦ, АМГ 6, АМГ 5В.

Ці сплави мають $\sigma_y = 25 - 30 \cdot 10^7$ Па, і задовільну зварюваність. Основний спосіб зварювання аргонодуговий і точковий.

З алюмінієвих сплавів виготовляють листи, труби, профільний прокат.

1.10.7 Титанові сплави

При струмінному способі, що продуктивніше ванного в 5-8 разів, послідовність операції така:

- 1) Підігрів;
- 2) Травлення в 15 % HCl при $t = 40-45$ °С.
- 3) Промивання в камерах проточною водою.
- 4) Нейтралізація в 3-5 % Na_2CO_3 .
- 5) Промивання.
- 6) Пасивування в 10 % розчині тринатрійфосфат.

Матеріал - лист рухається зі швидкістю 0,5, хімікати подаються під напором, що прискорює процес очищення.

При використанні дробеструминних і дробеметних апаратів для видалення забруднень, іржі й окалини, застосовують сталевий чи

чавунний дріб, розміром від 0,7 до 4 мм у залежності від товщини металу.

У дробеструминних апаратах дріб викидається на оброблювану поверхню через сопло стисненим повітрям, а в дробеметальному викидаються лопатками; при цьому якість краще ніж при дробеструминному, однак швидке зношування лопаток.

1.11 Складально-зварні операції при виготовленні зварних конструкцій

Збирання - служить для забезпечення правильного взаємного розташування деталей конструкції, і тимчасового надійного закріплення їх.

При розробці технологічного процесу збирання потрібно використання більш механізованих пристосувань і оснащення.

У залежності від конструкції виробів збирання можна виконувати:

1) Збирання вузла чи конструкції цілком з наступним зварюванням.

2) Послідовна збирання і зварювання, коли зварювання цілком зібраної конструкції неможливо через недостатню жорсткість повної конструкції.

Застосовується при великих габаритах конструкції, кожухів доменних печей.

3) Збирання і зварювання вузла, а потім загальне зварювання вузлів. Спосіб найбільш раціональний при виготовленні складних конструкцій. Можливо робити збирання і зварювання паралельно усіх вузлів виробу, при цьому можлива типізація і стандартизація зварних вузлів і виготовлення цих вузлів на спеціальних заводах; при цьому поліпшується якість виготовлення і максимальна механізація робіт. У залежності від типу виробництва, від складності зварної конструкції і вимог ТУ якості; збирання можна робити наступними методами:

1) По розмітці за допомогою найпростіших спеціальних пристосувань: струбцин, упорів, клинів і т.д. з наступним прихватуванням і перевіркою. Застосовується в одиничному виробництві.

2) По 1-ому виробу, якщо його конфігурація дозволяє

користатися їм як шаблоном, застосовуючи в дрібносерійному і серійному виробництві.

3) Збирання по збірних отворах, чи пазах, виступах. Застосовується в крупносерійному виробництві.

4) На універсальній збірній плиті, коли необхідно збирати однотипні, по розмірах, але габаритні вироби. Застосовується в дрібносерійному і серійному виробництві.

5) Збирання за допомогою шаблонів. Застосовується в дрібносерійному і серійному виробництві.

6) На спеціальних стендах і пристосуваннях. Застосовується в дрібносерійному і масовому виробництві.

У залежності від серійності випуску виробництва може бути використане перемішуваче оснащення на стендах. У залежності від типу виробу (форма, габарити, конфігурація з'єднань, товщина металу і спосіб зварювання) установлюється визначена технічна вимога на якість збирання. З погляду зварювання найбільш загальними вимогами, що входять у технічну умову на збирання є забезпечення визначених конструкційних параметрів зварних з'єднань, а саме дотримання зазорів для стикових з'єднань і забезпечення необхідного взаємного розташування деталей конструкцій. Так при збиранні під контактне зварювання не допускаються зазори більш ніж 10 % від товщини деталей, що зварюються, але не більш ніж 0,5 мм.

Прихватування - виконується після збирання і контролю якості збирання. Вона необхідна для створення необхідного твердого вузла і виробу і збереження незмінного взаємного положення зібраних деталей.

Прихватування звичайно здійснюються накладенням коротких швів, електрозаклепок чи постановки точок у декількох місцях.

Раціональніше усього прихватування робити в складальних пристосуваннях. При розробці прихватувань необхідно враховувати поведінку елементів конструкції при наявності прихватувань. Звичайно, режими виконання прихватувань і матеріал повинні відповідати таким, як і при зварюванні основного виробу.

При прихватування тонкостінних виробів ≤ 4 мм звичайно застосовують електродугове зварювання. Прихватки повинні виконуватися на повну товщину виробу крок прихватування залежить від твердості виробу. Для рядових виробів довжина прихватування 10-12 мм через кожні 50-100 мм. Для контактного і точкового зварювання

точки проставляються через 50-150 мм.

При прихватуванні більш товстостінних виробів величина прихватувань і їх розташування повинне бути передбачене в технічній умові на збирання, залежать від послідовності технологічних операцій. За правилами Держкомохоронтпраці при збиранні листових конструкцій висота прихватування складає $(\frac{1}{2}-\frac{1}{3})\delta$, а довжина $(2-3)\delta$ при використанні тих же матеріалів і зварників тієї ж кваліфікації.

1.12 Автоматизація розкрою листового і профільного прокату

При автоматизації розкрою забезпечується зниження трудомісткості і збільшується до 95 % коефіцієнт використання металів. В даний час використовуються різні системи автоматичного проектування розкрою листового і профільного прокату.

Розкрій може бути:

- ручним;
- механізованим;
- автоматичним.

При ручному методі формування карти розкрою здійснюється макетуванням.

Для цього за попереднім станом програм креслярським пристроєм в масштабі 1:10 викреслюються основні деталі. Їх маркують і використовують для складання карт розкрою листового металу. Масштабні копії деталей вручну розміщуються в межах контуру листа з урахуванням технологічних вимог і економії використання металу.

Компонування роблять на спеціальних столах, обладнаних у системі присосу і координато-метрами для зняття координат характерних точок необхідних для програмування різання.

Опис карти розкрою у виді таблиць, куди заносяться кодові номери деталей і координати двох точок кожної деталі в системі координатного листа, ці дані в ПК і на перфострічку видається робоча програма вирізки всього листа. При механізованому методі розкрою формування карти розкрою відображається на екрані дисплея. Вихідною інформацією, що знаходиться в нашому ПК є аналітичне явище про контур кожної деталі.

Одним з найбільш перспективних методів лінійних листових заготовель є використання математичних методів, а саме методи лінійного програмування в сполученні з ПК для різноманітних розрахунків і вибір оптимального режиму.

Лінійне програмування розглядає рішення систем m лінійних рівнянь з n невідомими, при $n > m$ не має рішень.

Задача ставиться в такий спосіб при системі лінійних рівнянь:

$$A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_{1n}X_n = B$$

$$A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n = B.$$

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Знайти таке позитивне рішення, при якому умова функції Z приймає максимальне чи мінімальне значення. Для рішення задачі застосовують метод послідовного поліпшення плану (симплекс метод), що дозволяє робити повне послідовне рішення задач за кінцеве число кроків.

Стосовно до рішення питання розкрою заготовлі й одержанню його оптимального варіанта задача формується в такий спосіб:

З вихідних заготовель довжиною L потрібно нарізати деталі довжиною L_i у кількості N_i , при цьому необхідно мати деталі різної довжини. $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

Для кожної заготовлі довжиною L можна використовувати кілька різних варіантів розкрою.

При цьому при $j = 1, 2, 3, \dots, n$ варіантах розкрою з однієї заготовлі виходить A_{ij} кількість деталей при величині відходів від кожної заготовлі B_j .

Потрібно знайти кількість заготовель розкросених по j способу, щоб нарізати дану кількість деталей кожного розміру при забезпеченні мінімального відходу, тобто механізувати сумарні відходи при реалізації можливих варіантів розкрою можливих заготовель.

$$Z = \sum_{j=1}^n B_j X_j \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} = N_i$$

$$X_i > 0.$$

Тобто перше обмеження показує, що повинна бути виготовлена необхідна кількість деталей і-го розміру в результаті розкрою вихідної заготівлі всіма обраними способами.

1.	2.	3.	4.	5.
3	0	0	0	100
-	5	-	-	0
-	-	1	1	50
-	-	-	6	100

$L = 1000$, $L_1 = 300-750$, $L_2 = 200-1000$, $L_3 = 800-400$, $L_4 = 150-2000$.

1.13 Застосування зварних робіт при виготовленні зварних конструкцій

Промисловим роботом називається автоматичний маніпулятор із програмним керуванням.

Промислові роботи, що застосовуються в зварювальному виробництві, звичайно є універсальними, придатними для виконання складальних, зварних і технологічних операцій. Їх технологічні можливості характеризуються наступними параметрами:

- кінематична схема;
- вантажопідйомність;
- число ступенів рухливості;
- форма і розмір робочої форми;
- точність позиції;
- характер приводу;

- тип системи керування.

Роботи, призначені для виконання складальних і транспортних операцій, нерідко можуть обходитися меншим числом ступенів рухливості, що дозволяє використовувати більш просту кінематичну схему.

До промислових роботів для дугового зварювання пред'являються вимоги високої твердості конструкції, відсутність люфтів, мінімальне значення тертя спокою, відсутність ривків, неприпустимість паразитних коливань пальника, високі вимоги до точності підтримки заданої швидкості пересування робочих швидкостей до 1 мм/с, а також високих значень холостих переміщень більш 1000 мм.

Цим вимогам найбільшою мірою відповідають компактні промислові роботи з кінематичною схемою шарнірного типу, що при малій вантажопідйомності мають високі швидкості холостих переміщень. Однак обмеження робочої зони промислового робота такого типу перешкоджає їх ефективне використання.

Стосовно до дугового зварювання круглих об'єктів використовують комбіновану кінематичну схему на основі модульного принципу шляхом закріплення компактного робота шарнірного типу на площадці, оснащений системою лінійного переміщення, а при наявності (установки) 2-го такого робота вартість всієї установки зростає на 35-40 %, тоді як продуктивність збільшується в 2,5-3 рази.

1.14 Транспортні операції в зварювальному виробництві

Ефективне використання транспортних засобів досягається, коли вони відповідають характеристикам виробництва, типу виробів, що випускаються, їхнім розмірам, масі та інш.

В мілкосерійному виробництві транспортування заготівлі, деталей, вузлів і готових виробів здійснюється за допомогою мостових кранів, автотранспортувачів, самохідних візків. Тривалість закріплення і звільнення листових елементів при використанні кранів скорочують застосуванням спеціалізованих захватів. Листові елементи великої довжини закріплювати в декількох точках. Для

цього використовують жорстку траверсу з декількома захватами, підвішеними на тросу зі зрівняльними блоками. Для плоских деталей ефективно використання вакуумних захватів. Вакуум (звичайний 10-50 кПа) створюють за допомогою інжектора від мережі стислого повітря або вакуумного насосу. Ці захвати не придатні за відсутності суцільної поверхні, що захоплюється. Дворазовий запас їх вантажопідйомності забезпечує утримання вантажу після виключення насосу протягом декількох хвилин. Це вигідно відрізняє їх від електромагнітних захватів.

Самохідні портали доповнюють кранове обладнання, вони зручні для подачі листових заготовель і деталей з проміжного складу до робітничого місця, а інколи і для маніпулювання деталлю.

Контейнери із заготовлею подають мостовим краном і встановлюють між рейками портала. Захоплення листів здійснюється шляхом траверси із захватами, закріпленої на візку. Та, в свою чергу, переміщається по верху портала поперек напрямку його руху (рис. 1.1).

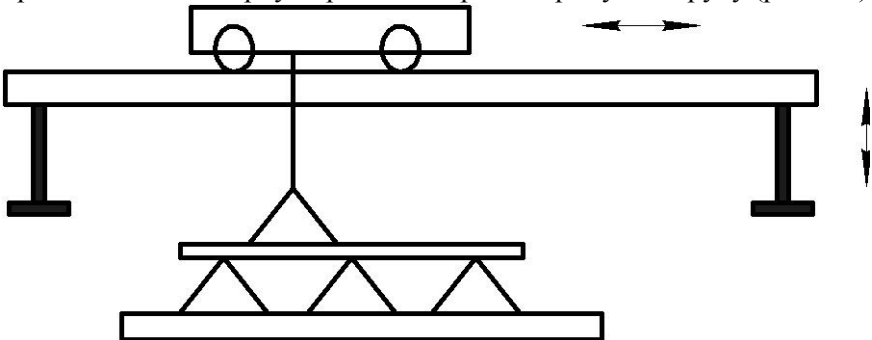


Рисунок 1.1 - Схема самохідного портала

В серійному виробництві для транспортування широко використовуються різноманітні конвейєри.

Роликові конвейєри можуть бути привозні і не привозні. Не привозні роликові конвейєри нерідко встановлюють з невеликим (1,5-3°) нахилом. Вантаж рухається під чинністю сили тяжкості.

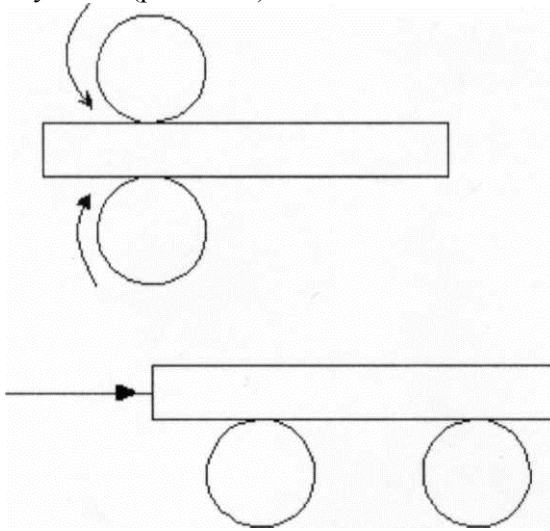
Для переміщення листів і полотнищ використовуються підйомні ролики, що підводять полотнище над поверхнею складально-зварювального стенду.

Для розвороту листів використовують дискові ролики на поворотних опорах або шарові опори.

Приводні роликові конвейєри переміщують вироби по

горизонталі.

Переміщення створюється або парними примусовоприжатими валиками, що обертаються (рис. 1.2 а), або приладами, що заштовхують (рис. 1.2 б).



б

Рисунок 1.2 – Схема пристроїв для примусової подачі листів

Для транспортування виробу чи заготівлі циліндричної форми застосовуються фасонні криволінійні і двукінцеві або, розташовані під кутом, парні ролики. Для перевантаження труб великого діаметру з одного ролика на інший, паралельного першому, застосовуються пересувні конвейєри на візку, що переміщається по рельсовому шляху перпендикулярно осі конвейєра. Суміщення вісі пересування стаціонарного конвейєра із послідовно включеним приводом роликів автоматизовано.

Візкові конвейєри з безперервним рухом використовують в поточних лініях очистки, сушки, забарвлення і т. д.

На складально-зварувальних лініях візкові конвейєри періодично зупиняють. Візки нерідко споряджають затискними або приладами, що кантують, щоб скоротити час на закріплення і настанову деталей в потрібне положення на кожній позиції.

Рухомі конвейєри застосовують для серійного масового виробництва. Розміри вантажів, що транспортують, коливаються від

декількох міліметрів до 12 метрів, маса від часток кг до 8 т. Переваги: просторовість траси, доступність виробу зі всіх сторін, економія виробничої площі. Нерідко водночас з транспортуванням виробу можуть здійснювати різноманітні технологічні операції: мийку, очистку, сушку, ТО.

В залежності від характеру кріплення, яке несе підвіски до тягового елемента, розрізняють конвейери вантажонесучі і ті, що штовхають. Вантажонесучі підвіски (рис. 1.3) конвеєрів мають направляючий тяговий шлях 1, по якому рухаються каретки 2, які підтримують тяговий ланцюг 3 і несуть підвіски 4 з вантажами. Підвіски конвеєрів можна завантажувати і розвантажувати вручну, автоматично і напівавтоматично. Напівавтоматичне завантаження здійснюється на дільницях спуску і підйому шляху.

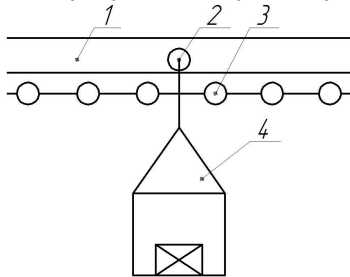


Рисунок 1.3 - Підвісний вантажонесучий конвеєр

Вантажні шляхи можуть відгалужуватися від приводного конвеєра траси в будь-яку сторону в горизонтальній площині для перекладу візка в приводний контур іншого конвеєра. Для передачі деталей або вузлів з однієї позиції на іншу в поточну або автоматичну лінію використовують шагові конвеєри (ШК). В ШК деталі або вузли на розмір кроку переміщують прилади, що вчиняють зворотно-поступальні рухи. Рух задається або гнучким тяговим елементом з приведенням від електромотора, або силовим циліндром. При використанні зчепу візків, вони часто постачаються підйомними приладами, причому зворотний хід вчиняється, коли вони опущені.

Схема такого конвеєра в лінії збирання і зварювання тепловозної рами представлена нижче.

Всі візки зв'язані канатом, що задають зворотно-поступальний рух. На перше робітниче місце лінії раму 1 подають мостовим краном. Після виконання всіх робіт, домкрат 2 кожної пари візків 3 піднімає

раму над опорами 4, і тяговим канатом 5 переміщує на сусіднє робітничє місце. Рами опускають на опори, а візки вертають у вхідне положення (рис. 1.4).

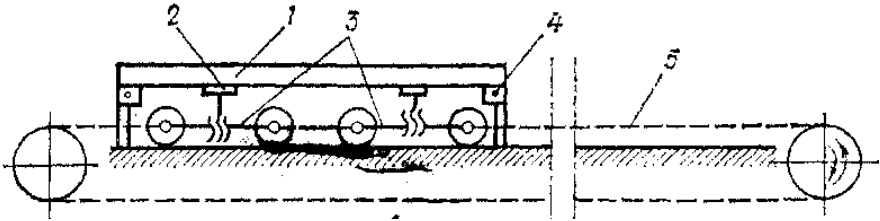


Рисунок 1.4 – Схема візкового крокового конвейера з домкратами

В тому випадку, коли робочий хід відбувається в проміжках між робочими операціями, час робочого ходу конвейера необхідно, по можливості, скорочувати. Цій вимозі відповідають конвейери з рухомою рамкою.

Деталі 1 і 2 рамкою 4 піднімають над поверхнею стелажа 3, переміщують на крок опускають, а рамка вертається у вхідне положення (рис. 1.5).

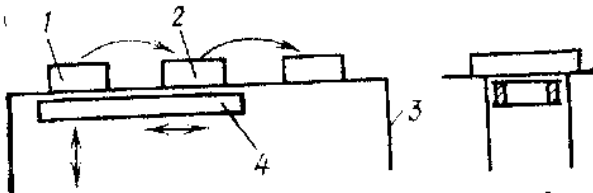


Рисунок 1.5 – Схема крокового конвейера з рухомою рамкою

Для подачі деталі на шаговий конвейер по 1 шт. в положенні, що орієнтувалося використовують завантажувальне устаткування. Воно повинно мати нагромаджувач для зберігання запасу заготовлі і механізм для відділення з всієї маси однієї заготовлі для подачі її в робітничу зону. Нагромаджувачі бувають нагромаджувальними і буферними. В магазинах нагромаджувачах деталі і заготовля орієнтуються заздалегідь. Магазины влаштування (а-д) відносяться до гравітаційного типу, що переміщують деталь під чинністю сили тяжкості. Недоліком магазинів приладів є необхідність укладки заготовлі в положення, що орієнтувалося, виконується звичайно вручну.

В буферних конвейерах нагромаджені заготовлі

завантажуються навалом. Автоматична їх орієнтація виключає ручну операцію укладки заготівлі в певному положенні. Буферні влаштування здатні забезпечувати постачання самого виробничого обладнання. Існують різноманітні буферні прилади із захватними механізмами і без них. В першому випадку захоплення заготівлі здійснюється за рахунок механічних переміщень штирів, гаків, шиберів. З буфера 1 заготівлі сферичної форми подаються штовхачем 2 на лоток 3 де вони затримуються упором 5 і розташовуються в один ряд. Звідси постачальник 4 видає заготівлю поштучно. В цьому влаштуванні лоток 3 з постачальником 4 працюють як самостійне завантажувальне влаштування магазинного типу (рис. 1.6).

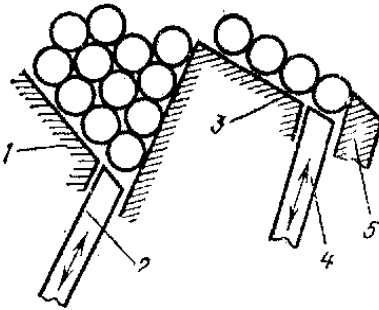


Рисунок 1.6 – Схема бункерного пристрою з захватним механізмом

В буферних приладах другої групи подача заготівлі здійснюється за рахунок сил інерції і тертя, створюваних при вібрації.

Автоматичну шагову подачу безперервних заготовок у вигляді стрічок, смуг, стержнів здійснюється за допомогою валкових, кліщових і гачкових приладів.

Валикову подачу доцільно використати при приварюванні елементів до смуги або стрічки, чи при виконанні пресових або гнугтевих операцій.

При кроковій подачі процес, що здійснюється виробляється має переривчастий характер. В умовах сучасного виробництва нерідко вимагається здійснення безперервного процесу, тобто виконання робітничих операцій в процесі транспортування. Для довгомірних листових заготівлі це звичайно досягається безперервною подачею рулонного матеріалу. Для заготівлі і деталей невеликих розмірів застосовуються роторні автоматичні лінії і настанови, де технологічні

операції виконуються в процесі транспортування. Приведені лінії прості, тобто усі технологічні і транспортні ротори знаходяться в жорсткому зачепленні. Передача штучних деталей з одного ротора на інший здійснюється кліщовими захватами і спеціальними перештовхачами без втрати орієнтації деталі.

2 ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1. Виготовлення зварних балок

Найбільш широке застосування мають двотаврові балки з поясними швами, що з'єднують стінку з полками. Звичайно, такі балки збирають з 3-х листових елементів. При збиранні потрібно забезпечити симетрію і взаємну перпендикулярність полиць і стінки, притиснення їх один до одного і наступне закріплення прихватуваннями. Для цих цілей використовують складальні кондуктори.

Найбільш часто застосовують складальні кондуктори із самохідним порталом. На таких установках затиснення і прихватування здійснюють послідовно від перетину до перетину і для цього портал посувають до місця початку збирання, звичайно це середина балки і включені вертикальні і горизонтальні пневмоприжими. Вони притискають стінку балки до стелажу, а пояса до стінки, і в зібраному перетині ставлять прихватування. Потім притиск включають і переміщують на крок прихватування.

Вертикальні притиски дозволяють збирати балки значної висоти, не побоюючись утрати стійкості стінки від зусилля горизонтальних притисків. Якщо балка має значну висоту (наприклад, елементи мостових прольотів), то стінки виготовляють з декількох подовжніх листів. При виготовленні зварних двотаврових балок зварні шви звичайно зварюються автоматичним зварюванням під флюсом.

При зварюванні подвійним елементом можуть виникати такі дефекти, як підріз вертикальної стінки. Якщо балки працюють при знакозмінних навантаженнях, то підріз є небезпечним концентратором напруги, що може привести до руйнування балок. Тому перевага віддається способу зварювання «в човник». Однак при цьому способі балку приходиться кантувати, для цього використовують спеціальні

установки (позиціонер-кантувач).

Центровий кантувач - являє собою передню і задню балки. У центровому кантувачі, попередньо зібрана на прихватуваннях балка, закріплена затисками в задніх і передніх балках і за допомогою черв'ячної передачі збирається в заднім положенні. Завдяки тому, що задня балка рухлива, можна зварювати балки додаткової довжини.

Ланцюговий кантувач, що складається з декількох фасонних рам, змонтований з 2-х зірок і 2-х блоків. Балку встановлюють у провисаючий ланцюг. Недолік такого кантувача в тім, що він не забезпечує стійкості зварної конструкції. Тому зварювання доцільно вести зварною установкою, що переміщується по балці.

При роздільному збиранні і зварюванні двотаврів на універсальному пристосуванні частка ручної праці на допоміжних і транспортних операціях виявляється значною. Вони оснащуються спеціалізованими складальними пристосуваннями і встановлюються спеціальні автоматичні установки безупинної дії.

Для високопродуктивних способів виготовлення зварних балок безупинної автоматичної лінії великого значення набуває зварювання трансформатором високої частоти, що забезпечує 10-60 м/хв.

Американською фірмою випускаються агрегати для виробництва зварних двотаврів з рулонного чи прокату звичайних смуг і листів. Заготівлю для стінки і смуг двотавра з рулонної сталі подають зварювальному агрегату з 3 розмотувачів. Пристрій для гнуття забезпечує подачу смуг під кутом 4-7° до крайок стінки.

Ковзні контакти підводять струм до однієї з полиць і відводять від іншої, а зварювальний струм протікає від поверхні стикових елементів і через місце їх контакту під роликами, що обжимаються.

При приварювання полиці до крайки стінки зварне з'єднання приймає несприятливу форму.

Холодна деформація крайки стінки для збільшення її товщини з зачисткою зварного з'єднання в гарячому стані дозволяє забезпечити плавний перехід від стінки полиці.

2.2 Технологія збирання і зварювання балки коробчастого перетину

Ці балки складніше, ніж двотавр, однак вони мають велику твердість на крутіння, і тому знаходять застосування в конструкціях кранових мостів. При великій довжині таких балок полки і стінки зварюються встик з декількох листових елементів.

Спочатку на стелаж укладається верхній пояс чи полиця, розставляються і прикладаються діафрагми. Така послідовність визначається необхідністю створення твердої основи для подальшої установки і забезпечення прямолінійності бічних стінок, а також їх симетричне розташування щодо верхнього пояса.

Після приварювання діафрагм установлюються притиски і приварюються бічні стінки.

Потім зібраний П- подібний профіль приварюють стінками до діафрагм. Збирання закінчують установкою нижнього пояса. Зварювання поясних швів роблять похилим електродом без повороту «в ялинку». Це розуміється тим, що підріз у поясного шва менш небезпечний, чим для двотавра, оскільки в таких балках зосереджені сили, що передаються з пояса на стінку головним чином через перпендикулярні діафрагми.

Зварні елементи коробчастого перетину найменш застосовні, як стержні ферм залізничних мостів. У таких конструкціях немає діафрагм, тому для збирання таких балок використовують спеціальні кондуктор, який фіксує деталі зовнішнього контуру.

А для виключення гвинтоутворення і скривлення цих елементів зварювання здійснюють накладенням одночасно двох симетрично розташованих в одній площині кутових швів похилими електродами. Для цього використовують зварювальні дводугові трактори ТС - 2ДУ.

2.3 Виговлення ґратчастих конструкцій

Ґратчасті конструкції - це ферми, щогли, виготовлені з прокатних елементів, а гнуті і зварні профілі використовуються в меншому ступені. До ґратчастих конструкцій відносять також арматуру залізобетону - це сітки і щільні металеві каркаси. При

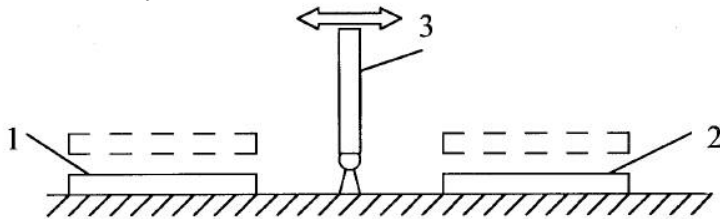
збиранні ферм особливу увагу приділяють правильному центруванню у вузлах щоб уникнути появи згинальних моментів.

Розмаїття типів і розмірів ферм іноді не дозволяє використовувати переваги їх збирання в інвенторних кондукторах. Тому часто використовують метод копіювання. Першу, зібрану з куточків по розмітці, ферму розташовують на стелажі і вона служить копіром.

При збиранні деталі кожної чергової ферми, розкладають і сполучають з деталлю 1-ої, і після скріплення деталі - 2-ої ферми (поки з однобічними куточками) її знімають з копіра й укладають на стелажі окремо. А потім ставлять і приварюють відсутні парні куточки. Коли необхідна кількість ферм визначеного типорозміру зібрана, копір і ферму також збирають, і відправляють під зварювання.

Такий спосіб простий і ефективний, однак він не забезпечує необхідної точності розмірів ферм і правильне розташування мостових отворів.

Для збільшення точності збирання на конусах копіра зміцнюють спеціальні зйомні фіксатори, що визначають положення мостових отворів і обмежують геометричні розміри конструкції в межах заданих допусків.



1 – стенд для збирання; 2 – стенд для зварювання; 3 - рамка

Рисунок 2.1 – Схема пристрою для збирання та зварювання ферм

При досить великій кількості ферм, що випускаються, одного типорозміру стає економічно доцільно використовувати більш складного і за допомогою заданого пристосування збирання виконують на стенді 1 із пневмопритискачами; елементи ферми розкладаються по упорах і продуктивного оснащення фіксаторам і одночасно затискають пневмопритискачами і жорстко з'єднують швами в нижньому положенні. За допомогою рамки 3 зібрану ферму ставлять спочатку у вертикальне положення, а потім пересувають на

стелаж 2, причому опукlostям відповідають шви, а в цей час на стенді 1 йде збирання нової ферми.

Круглі ферми є негабаритними, тому це не дозволяє їх виготовляти в умовах заводу цілком, а зварювання на монтажі не може забезпечити високі вимоги до зварних з'єднань, що пред'являються до зварних конструкцій, тому стержневі елементи зварних ферм звичайно виготовляють в умовах заводу, тоді з'єднання стержнів у вузлах також роблять за допомогою високоміцних болтів.

У будівництві в даний час основними елементами є збірні залізобетонні конструкції, що виготовляються індустріальними методами на заводі. Монолітні залізобетонні з'єднання виконуються набагато рідше. Техніка, методи і технології в значній мірі виявляються спочатку проведення робіт.

Контактне зварювання найбільш продуктивне, але його застосування обмежується заводськими умовами.

При виготовленні каркасів для монолітних залізобетонних споруджень і виконання монтажних з'єднань, головним чином, застосовують дугове зварювання, ванний спосіб та електрошлакове зварювання (ЕШЗ).

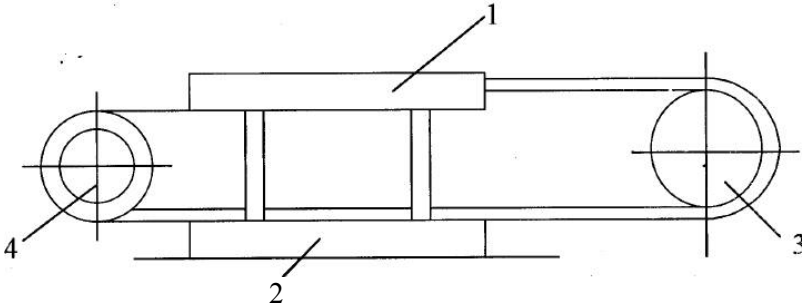
2.4 Виготовлення конструкцій оболонкового типу

2.4.1 Негабаритні спорудження і ємкості

При виготовленні ємкостей і споруджень великого розміру з листового прокату доцільно основний обсяг робіт виробляти на заводі-виготовлювачі. Для цього кожному конструкцію розбивають на частині так, щоб відправні елементи мали можливо більший розмір, але в межах габариту поїзда. З метою збільшення розміру відправних елементів товщиною 16-18 мм у СРСР був розроблений спосіб рулонування.

Вузли конструкцій у виді полотнищ великого розміру збирають, зварюють і звертають у рулон на спеціальних установках.

Необхідність зварювання з 2-х сторін визначає наявність 2-х ярусів першого і нижнього. А також поворотного кружала з одного ярусу на іншій з поворотом на 180° С, а переміщення полотнища і його згортання забезпечується робочим кружалом 4.

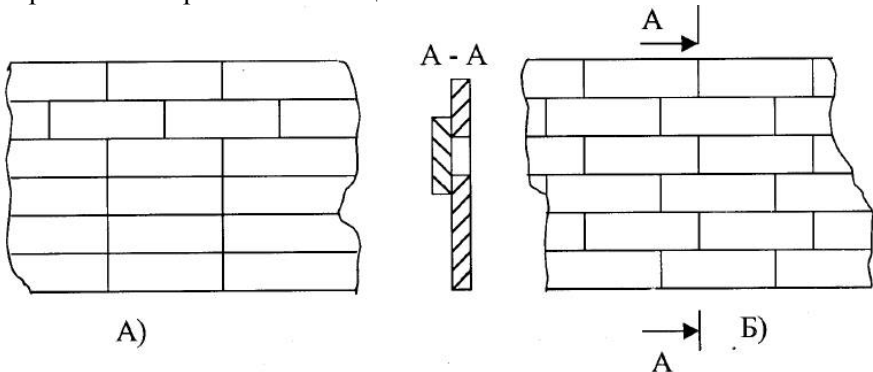


1, 2 – яруси; 3 – поворотне кружало; 4 – робоче кружало

Рисунок 2.2 – Схема двоярусного стенду

На верхньому і нижньому ярусі знаходяться 4 робітників ділянки - це збирання і зварювання на верхньому ярусі, і зварювання з іншої сторони і контроль якості на нижньому ярусі. Згортання відбувається після прикріплення.

При цьому полотнище навіртається на допоміжний елемент, розташований у робочому кружалі. Розміри полотнища визначаються з умови раціональної розбивки конструкції. Так бічні стінки вертикальних резервуарів виконують з одного, двох і більш полотнищ у залежності від розмірів ємкостей з тим, щоб маса не перевищувала 40-65 т. Ширина полотнищ відповідає висоті бічної стінки резервуара від 12 до 18 м, така ж і ширина 2-х ярусної установки для збирання і зварювання зварних полотнищ.



а – сполучні стики; б – розвинені стики

Рисунок 2.3 – Схема розташування листів корпусу резервуару
Днища резервуарів і газгольдерів, діаметр яких перевищує 12 м, приходиться виконувати з декількох полотнищ. Якщо маса кожного з

полотнищ невелика, то вони складаються в один рулон.

Розташування листів у полотнище, їх товщина і типи з'єднань визначаються як з конструктивних, так і з технологічних розумінь.

Листи, товщиною 7,8 мм і більш, збирають і зварюють листовими з'єднаннями, а більш тонкі напусточними. Це порозумівається тим, що тонкі листи легше звертати і зварювати, а звертаємість такого напустка витрат не викликає.

При використанні листа більшого напустки здобувають твердості і навпроти стикові з'єднання виявляються прийнятними як з погляду автоматичного зварювання під флюсом (АЗФ), так і з позиції наступного згортання в рулон. З тих же розумінь усі з'єднання вузлів, днищ напусків, а з'єднання полотнищ великого типу стикові.

Підготовка листів починається з виправлення на багатовальцевих правильних вальцях. Для зварювання стикових з'єднань подовжні крайки листів підводять на крайкостругальному верстаті пакетом.

Горцеві крайки, як для стикових, так і для напусків з'єднань обрізають на гільйотинних ножицях.

Зварювання під флюсом здійснюється зварними тракторами, причому доцільно використовувати розщеплення елементів, що дозволяють робити зварювання з місцевим зазором у декілька міліметрів.

Поперечні шви починаються і закінчуються на основному металі листів, що примикають, і в крайніх поясів кінець цих швів роблять на вивідних планках.

Навернення полотнищ виробляється на каркас, з використанням його надалі як конструкційний елемент спрямований на шахтні сходи, опорну чи стійку мостову щоглу.

Виробництво спеціальних каркасів, що не будуть надалі використовуватися на монтажі небажано, тому що їх необхідно повертати на завод-виготовлювач. Монтаж вертикально-циліндричних резервуарів з рулонних елементів виконують у наступній послідовності:

- 1) Рулон елементів днища укладають на підготовлену підставу резервуара і розгортають у послідовності визначеній положенням елементів у рулоні.

Виконуються однібічні напусків з'єднання полотнищ між собою зварними тракторами під флюсами.

2) З краю днища на підкладний лист (для кращого ковзання рулону по днищу при розгортанні) ставлять рулон бічної стінки резервуара.

Рулон розвертають лебідкою чи трактором за допомогою троса. В міру розгортання нижня крайка рулону притискається до упорів попередньо приварених уздовж крайки днища і прихоплюється до цих упорів.

3) Верхню крайку розгорнутої частини бічної стінки закріплюють установкою елементів щитової покрівлі з наступним монтажем кільцевої площадки.

Після цього заварюють монтажний стик бічної стінки резервуара, тому що кільцевий шов, що з'єднує бічну стінку з днищем, виконується при цілком завареному днищі, то можливе сплучування днища унаслідок втрати стійкості.

Тому рекомендується при розвороті елементів днища не зварювати їх жорстко між собою, а виконати з'єднання тільки на прихватуваннях. А після установки й остаточного приварювання бічної стінки до днища ці прихватування видаляють, хлопуні забирають і роблять остаточне заварювання днища між собою.

2.4.2 Технологія виготовлення сферичних резервуарів

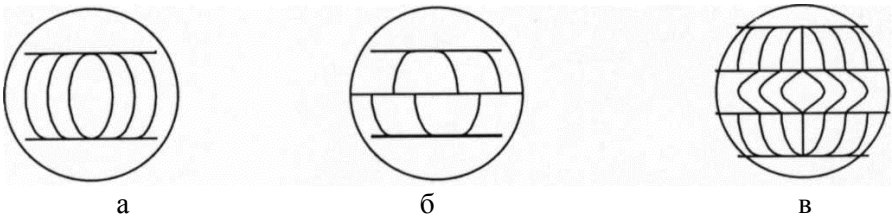


Рисунок 2.4 – Схеми розкрою сферичних резервуарів

При розкрої сферичних резервуарів за схемою а) пелюстки одержують холодним вальцюванням за допомогою багатовальцевого спеціального стану, а за схемами б) і в) за допомогою гарячого штампування.

Верхні валики мають бочкоподібну форму. Два нижніх і один верхній валики є згинаючими, інші, що калібрують.

Перед вальцюванням випускають розверстку пелюстка.

Так для сферичного резервуара обсягом 2 тис. м³, заготівлю меридіального пелюстка збирають з 3-х листів розміром 2000-7000 мм під коротким шаром, і зварюють під флюсом. Вирізку розгорнення роблять по накладному шаблоні-копіру.

Оскільки, отримані пелюстки перевищують розмір рухливого складу, ті після вальцювання розрізають на 2 частини й укладають опуклістю вниз для перевезення до місця монтажу.

Сферичні резервуари газгольдери місткістю 600 м³ звичайно монтують з 2-х півкуль, що збираються на стенді кондуктора.

У залежності від схеми розкрою прийоми збирання півсфер можуть бути різні. Для варіанта б) напівднища закріплюються на спеціальних стійках стендах.

Пелюстки нижньої півсфери попарно зварюють у блоки тут же на монтажі, автоматичним зварюванням під флюсом на спеціальному стенді качалці, установленому на складальному стенді в проєктованому положенні одношаровим швом у ручну. Нижню півсферу встановлюють на тимчасову опору.

Збирання закінчується ручним одношаровим зварюванням замикаючого шва.

2.4.3 Технологія виготовлення посудин, працюючих під тиском

При виготовленні посудин приходиться робити прямолінійні, кільцеві і кругові шви, які у залежності від товщини стінок виконуються кожні зі своїми спеціальними прийомами і відповідно застосовується різне оснащення.

Шви тонкостінних посудин (δ до 4 мм), як правило, виконуються в середовищі захисних газів. Збирання рекомендується проводити в затискних пристосуваннях і при цьому надійний притиск у крайках, що зварюються, у підкладці, дозволяє виконувати однобічне зварювання в пристосуванні без прихватування.

При збиранні і зварюванні прямолінійних швів між листами і подовжніми швами обичайки рівномірне і щільне притиснення крайок до підкладки здійснюється притискним пристосуванням.

Зусилля притиснення 300-700 Н на 1см довжини шва і

створюється гідро- або пневматичним пристроєм. При збиранні і зварюванні подовжніх стиків обичайок підстави пристосувань виготовляють у виді конструкції. Подовжні шви викликають порушення зразків прямих обичайок і зменшення кривизни в зоні шва в поперечному перерізі.

Для виправлення таких зварних конструкцій широко використовується прокатка роликми. При виконанні кільцевих стиків тонкостінних посудин з матеріалів малочутливих до концентраторів напруг широко використовують підкладні кільця, які залишаються після зварювання, що значно полегшує процес збирання.

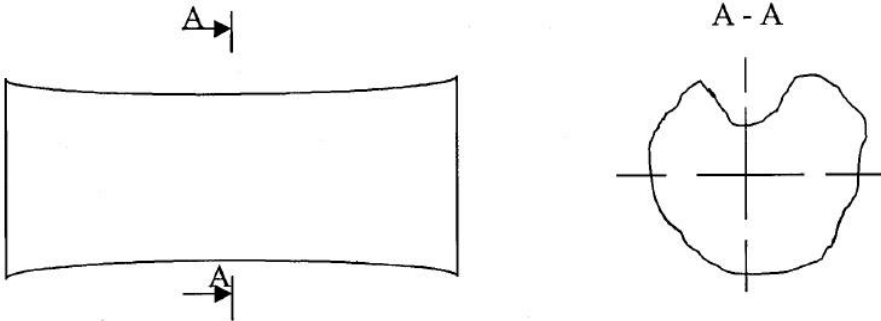


Рисунок 2.5 – Характер деформацій оболонки поздовжнього шва. Однак для ряду високоміцних матеріалів такий прийом виявляється неприйнятний, і в цьому випадку кільцеві стики збирають і зварюють на зйомних підкладках розтискних кілець.

Однак треба враховувати, що через підігрів крайок перед зварної дуги крайки розширюються і відходять від підкладного кільця в радіальному напрямку, що може привести до зсуву крайок, що приводить до утворення деформації "будиночок".

У тонких посудинах, працюючих під тиском, зсув крайок у стиковому шві - небезпечний концентратор. Тому необхідно застосовувати всі міри для запобігання й усунення дефекту.

Для притиснення крайок можна застосовувати зовнішні стяжні стрічки, однак їх приходиться розташовувати на деякій відстані від осі стику, і переміщення крайок запобігається лише частково.

Більш ефективним є притиснення крайок до роликів, які підкладаються, і перекочуються по поверхні стику безпосередньо перед зварною дугою.

Притиск не дає можливості крайкам відірватися від поверхні

підкладного кільця в місці зварного з'єднання.

Для зварювання стику обичайок можна використовувати також схему, при якій стик виконаний з усередині обичайки. У цьому випадку зона кільцевого шва охоплюється твердим бандажем, що обертається при зварюванні разом з виробом.

Деформація від кільцевого шва для більшості матеріалів зменшує діаметр обичайки і цей дефект легко усунути прокаткою роликів.

Особливу увагу приходиться приймати до конструктивного оформлення і технологічного виконання замикаючого кільцевого шва.

При наявності пазових отворів чи патрубків різних розмірів в усередину можна ввести розбірне кільце й у цьому випадку однобічне зварювання шва виконують на зйомній підкладці за звичайною технологією.

Задача ускладнюється, якщо вихідні отвори малі, і підкладне кільце, що залишилося є занадто вузьким і його використовувати не можна, то приходиться обирати однобічне зварювання у всячому положенні.

Посудини зі стінками середньої товщини (до 40 мм) з низьковуглецевих і низьколегованих сталей застосовують виготовлення із АФЗ, посудини, що працюють в агресивних середовищах, виготовляють із хромонікелевих і інших сплавів як за допомогою АФЗ, так і аргонодугового.

Часто застосовують для їх виготовлення сталеві двохшарові циліндричні посудини, звичайно виготовлені з двох обичайок і напівсферичного й еліптичного днища. Обичайки вальцюються з листа чи з карти листів при розташуванні зварного шва уздовж утворюючих.

Днища або зварюються з окремих штампованих пелюстків, або штампуються цілком з листа, чи зі зварної заготівлі. Підготовка крайок під ЕШЗ або механічно, або газорізно.

Збирання і зварювання циліндричної частини посудини роблять на роликовому стенді. Поздовжній стик обичайки збирають на прихватуваннях за допомогою простих стяжних пристосувань.

Виготовлення циліндричної частини барабана із двох обичайок довжиною 11200 мм із двома подовжніми швами зварними ЕШЗ. Послідовність операцій:

- 1) приймання і розмітка листа;

- 2) вирізка заготівлі напівобичайки газорізкою;
 - 3) гаряче штампування напівобичайки виробляється при 1050 °С на пресі зусиллям 8000 т у три прийоми:
 - а) підгібка 0,5 радіуса шва;
 - б) видалення окалини з матриці і заготівлі;
 - в) повне штампування з витримкою при зусиллі 3000 т;
 - 4) обробка крайок подовжнього стику під зварювання і зачищення стику;
 - 5) збирання напівобичайки під ЕШЗ із застосуванням клинів і пломб;
 - 6) приварку вхідних і вихідних планок, технологічних планок і планок свідків;
 - 7) ЕШЗ стиків подовжніх швів виконується у вертикальному положенні автоматом. А-372Ф може зварювати шви до 12 м. Зняття вихідних і додаткових планок;
 - 8) підрізування профілів обичайок на торці;
 - 9) обробка крайок обичайки по зовнішньому і внутрішньому діаметрі на 70-100 мм.
- Збирання обичайки з днищами під ЕШЗ:
- 1) збирання днища з обичайкою за допомогою скоб і установки вхідної кишені.
 - 2) ЕШЗ днища з обичайкою на спеціальній установці за допомогою спеціального автомата А-450.
- Контроль якості: 25 % рентген, 100 % - УЗД.

2.5 Виготовлення доменних і цементних печей

Кожухи доменних печей мають висоту до 40 м з товщиною 24-43 мм, матеріал - сталь Ст. 3 сп, 09М2ДТ, 14М2, 15ХСНД. Застосовують листовий, блоковий і великоблочний.

Вертикальні шви при монтуванні кожуха варять ЕЗШС, автоматом А-681. Горизонтальні шви з внутрішньої сторони напівавтоматичне в СО₂ по підварочному шву, що виконується ззовні.

Цементні печі.

Корпус цементної печі являє собою сталевий циліндр діаметром 4,5 м і довгою 170-230 мм. На корпус насаджують бандажні кільця,

через які цей корпус спирається на роликові опори, що розташовані на відстані 22-24 м.

Діаметр бандажа до 6 м з товщиною стінки до 600 мм і вага бандажа до 100 т.

Застосовуються 2 способи постачання: кожної обичайки з 3 вальцованих листів або пружного-деформаційного блоку корпуса з діаметром 3-4 м.

При першому способі збирання обичайки з 3 листів виробляється на площадці, укріпленої на приводному роликовому стенді. Зварювання здійснюється трактором з 2 сторін при товщині металу 24 мм, а більш товсті обичайки під бандажем з товщиною до 60 мм варяться ЕШЗ. Кільцеві шви варяться з 2 сторін. Зварювання бандажа виконується з 2 половин без наступної механічної обробки. Зварювання ведеться методом плавлення мундштука, і для зняття внутрішніх напружень застосовують наступну термообробку: нагрів до 550-600° С за допомогою зйомних печей з відповідною витримкою й уповільненим охолодженням.

При 2 способі пружньо-деформовані обичайки звільняються від кріплень, стикаються і зварюються трактором.

2.6 Технологічне виготовлення зварних труб

Труби діаметром до 500 мм виконуються як безшовні, так і зварні. Понад 500 мм - тільки зварні.

Сортамент труб з $\delta_{ст} = 6-14$ мм великого діаметра, мм: 529, 630, 720, 820, 1020, 1220, 1420. Довжина труб від 6 до 24 м, ходовий розмір – 12 м.

До зварних з'єднань пред'являються наступні вимоги:

— герметичність;

— рівномірність до основного металу.

Для трубопроводів з робочим тиском 15-20 атмосфер застосовують зварні труби з низьковуглецевих сталей типу Ст.3. А для магістралей і нетипових трубопроводів застосовують труби зі сталей: 19М, 14ХГС, 14ГНФ інші.

Для виготовлення труб великих діаметрів застосовується АЗФ. Труби з діаметром до 1000 мм виконуються з одним швом, а понад

1020 мм - із подовжнім чи спіральним швом.

Застосовуються 3 типи формування труб:

1. на вальцях з наступним калібруванням після зварювання.
2. Штампування труб з формуванням у пресах і наступним поділом у пресах чи розширниках еспандерах.
3. Формування 2 труб на пресах, збирання і зварювання на еспандерах.

При формуванні труб на вальцях:

- обрізка листів на дискожицях;
- вальцювання заготівель на 4-х валкових вальцях;
- деформування в спеціальних станах;
- збирання подовжнього стику на прихватуваннях;
- зварювання АЗФ із зовнішньої сторони;
- зварювання АЗФ із внутрішньої сторони;
- нагрів до 920-960° С і гаряче калібрування на вальцях;
- обрізка і калібрування кінців труб;
- гідравлічні випробування;
- обробка крайок під зварювання;
- збирання і зварювання труб у клітці довжиною 12-18 м;
- очищення і фарбування.

Формування в присадку.

- очищення листів щітками чи піскодробеструмінне;
- виправлення листів у 7 вальцях;
- обрізка по довжині;
- формування в пресах;
- збирання і зварювання зовнішнього шва;
- приварка планок і технологічне зварювання кілець;
- зварювання основного шва;
- обрізка технологічних планок і торців труби;
- зняття посилення шва;
- термообробка - нормалізація;
- гідравлічні випробування, збільшення діаметра труби на 1-1,2 %;
- чистова обробка і зняття фасок;
- очищення і фарбування.

2.6.1 Виробництво труб ручним безупинним зварюванням встик

У такий спосіб виготовляються газоводопровідні труби діаметром 8-114 мм (1/4 - 4 дюймів) $\delta = 1,8-5$ мм.

Схема технологічного процесу:

1. Заготівлі є гарячекатаним штрипсом з маловуглецевої сталі, що поставляється в рулонах, розмотується зі швидкістю до 200 м/хв у спеціальному розмотуванні діаметром 700-1600 мм, в ньому знаходиться до 300 м штрипса.

2. Передній кінець штрипса задається в правильну дев'ятивальцеву машину, де він випрямляється і частково очищається від окалини.

3. Зварювання кінців штрипса на стиковій машині потужністю 150-200 кВт.

4. Нагрівання штрипса в печі, при цьому крайки розігріваються до більш високої температури за рахунок подачі коксу чи природного газу. Якщо штрипс має температуру 1280-1320° С крайки на 40-80° С вище.

5. Формування і зварювання труби зі штрипса в спеціальних формувальних сталях. Формування виробляється на валках діаметром 250-400 мм зі швидкістю 100-300 м/хв. Зварювання здійснюється обтисненням валиків, температура підвищується до 1500-1520 °С, шляхом обдування їх повітрям.

6. Різання труб на мірні довжини з точністю до 50 мм.

7. Плавлення, торцівка, гідровипробування, нарізання різьби, наvertка муфт. Виробляється УЗД з автоматичною реєстрацією дефектів.

2.7 Виготовлення посудин і апаратів з двошарових сталей

В нафтохімічній, енергетичній, целюлозно-паперовій промисловості обладнання експлуатується в технологічних середовищах, що мають високу корозійну активність, яка викликає необхідність застосування спеціальних високолегованих сталей і сплавів. В цих умовах раціонально застосовувати двошарові сталі

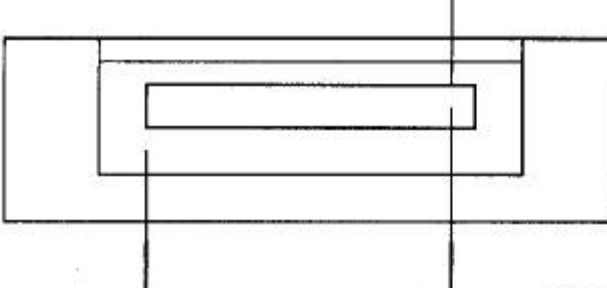
(біметали), що дозволяють ощадливо витрачувати дефіцитні матеріали при забезпеченні необхідної надійності і довговічності обладнання.

Виготовлення посудин і апаратів з біметалів має цілий ряд особливостей у порівнянні з монолітними сплавами, що необхідно враховувати при розробці технологічних операцій різання, гнуття, вальцювання, збирання, зварювання і ТО.

2.7.1 Виробництво двохшарових сталей

Засоби виробництва: пакетна прокатка, вибухом, наплавлення, ливарне плакування.

стружка, очищення, мащення наштапирем



вуглецева сталь

мащення магнетитовим порошком

Рисунок 2.6 – Пакетний спосіб отримання біметалу

До необхідної товщини, обрізають по периметру, відділяють відливку і очищають поверхню плакуючого шару.

Різновиди ливарного засобу: заливка двох пластин з корозійностійкої сталі для отримання пакету з двох біметалевих заготовель або тришарової сталі; заливка рідкого корозійностійкого сплаву на тверду поверхню вуглецевої сталі без виливниць (кольорові метали); засіб пічного паяння; засіб безперервної розливки.

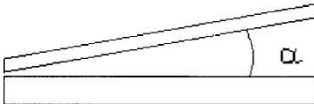


Рисунок 2.7 – Схема зварювання вибухом

2.7.2 Двошарові сталі - у виді листів, смуг, труб, сортового і фасонного прокату, дроту

В СРСР виготовлялися біметалеві листи понад 40 сполучень основного і плакуючого шарів сумарною товщиною від 4 до 100 мм, шириною 1200-2800 мм, довжиною 2000-9400 мм.

Постачання двошарових листів по ДЕСТ 10885-75. Основний шар –Ст3 сп, 20К, 16ГС, 09Г2С, 12МХ і 12ХМ. Для плакуючого шару найбільш широко використовуються сталі 08Х13, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т; сплави на залізонікелевій і нікелевій основі 06ХН28МДТ, ХН65МВ, ХН70МФ, ХН78Т; кольорові метали - монель, нікель, титан, мідь, латунь.

Таблиця 2.1 – Розміри листів для виготовлення біметалу (ТУ14-1-2667-79)

Марка біметалу	$\delta_{\text{плак}}$, мм	Розміри листів, мм		
		$\delta_{\text{зар}}$	b	l
Ст3, 16ГС, 09Г2С+ 08Ч18Н10Т	5	20-100	1000	3000-4600
	6	28-100	1000-1300	
	7-8	60-100	1000-1300	
Ст3, 16ГС, 09Г2С+ титан В10	5	20-100	700-1000	3000-4600
	6	28-100		3000-4600
	7-8	60-100		1800-4600
Ст3, 16ГС, 09Г2С+ мідь МІ	5	20-100	700-1400	3000-4600
	6	28-100		3000-4600
	7-8	60-100		1800-4600
Ст3, 16ГС, 09Г2С+ латунь Л63	5-6	34-100	600-800	1800
	7-10	60-100		
20К, 16ГС, 09Г2С+ 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т	4,5-6,5	<65	1500-2800	3000-4800
	5,0-7	<70		
	6-8	<80		
	8-10	<110		

2.7.3 Застосування двошарових сталей у виробництві посудин і апаратів

Особливості конструювання біметалевих посудин і апаратів

Можливість застосування двошарових сталей визначається, в основному, їх зварюваністю. Технологічні біметали, складаються із задовільно зварюваних між собою металів, можуть бути застосовані практично для будь-яких конструкцій посудин і апаратів.

Застосування біметалів, плакуючий шар яких практично не зварюється з основним шаром засобами зварювання плавленням (сталь + титан, сталь + тантал, сталь + ніобій) вимагають особливого підходу до конструювання зварних виробів.

Посудини з цих біметалів повинні відрізнятися гранично-можливою простотою, максимальним обмеженням кількості введів через корпус (штуцерів, люків, патрубків і т. д.). Конструкція посудини або апарату повинна, як правило, забезпечувати можливість виконання зварних сполучень з двох сторін.

Має бути раціональне використання біметалевих конструкцій з монолітними деталями (патрубки, штуцери і люки, фланці, кришки, трубні решітки).

Біметали з невеликою товщиною плакуючого шару (1,5-2,5 мм) не рекомендується для роботи в умовах, коли швидкість корозії перевищує 0,1-0,3 мм/рік. Для біметалу з більшою товщиною плакуючого шару (ДЕСТ 10885-75) приблизно 20-30 мм при великій швидкості корозії слід враховувати умови роботи.

Не допустимо застосовувати двошарові сталі для роботи в середовищах, викликаючих локальні види корозії (пітинг, ножова корозія, МКК). Після місцевої корозії плакуючого шару може настати швидке руйнування основного шару.

Правила Держмістехнадзору по посудинам не висуває будь-яких обмежень по застосуванню двошарових сталей. Область їх застосування по t і p визначаються матеріалами основного шару, до якого подаються ряд вимог по механічним властивостям.

Температурні умови застосування сталей (ОСТ 26-291-79) для посудин і апаратів об'єктів котлонадзора.

Зварювання подовжніх і кільцевих стиків посудин зі стінками із середньою товщиною виконується, як правило, з двох сторін.

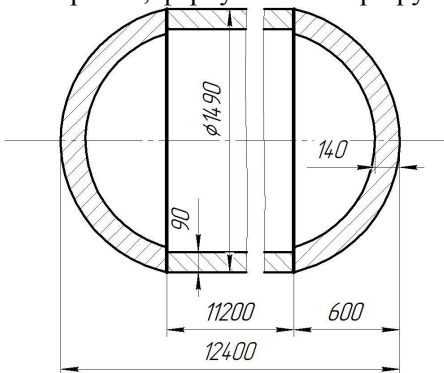
Виконання першого шару у всякому положенні вимагає

точного збирання й обмежується величиною зазору по усьому шву, тому роликові стенди звичайно обладнують флюсовими подушками, що дозволяє не обмежувати жорстко зазор по стику.

Технологія виготовлення барабана котла.

Технологічна схема виготовлення:

- виготовлення днищ;
- виготовлення обичайок циліндричної частини;
- збирання і зварювання циліндричної частини;
- збирання і зварювання циліндричної частини з днищами;
- термообробка;
- свердлення отворів і приварку деталей арматури;
- термообробка (висока відпустка);
- гідравлічні випробування;
- обробка, фарбування і маркірування.



$t_{\text{роб}} = 320 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{\text{роб}} = 110 \text{ атм.}$, матеріал – сталь 22К

Рисунок 2.8 – Схема барабана котла

Виготовлення днищ:

а) приймання листа 140 мм зі сталі 22К. Розмітка заготівлі діаметром 2400 мм;

б) вирізка заготівлі по розмітці газорізанням. Застосовується різак з циркульним пристосуванням;

в) нагрів листа під штампом у печах відповідно до графіка (рис. 2.9):

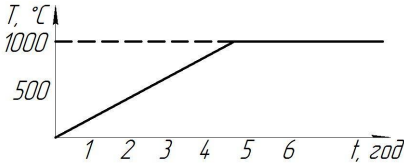


Рисунок 2.9 – Графік нагріву листа під штамповку

- г) штампування із зусиллям 100 тис. тонн;
- д) розмітка, застосування газорізання;
- е) механічна обробка крайок під зварювання на карусельному верстаті;
- ж) механічна обробка овальних отворів під паз на копіювальному верстаті.

Виготовлення циліндричної частини барабана котла. Існує 2 технології.

Для АЗФ: циліндрична частина виготовляється з 4 обичайок довжиною 2000 мм. Кожна обичайка виготовляється з одним подовжнім швом, застосовується багат шарове зварювання під флюсом.

1. Приймання листа.
2. Газове різання по розмітці і розчищенню ґрата.
3. Нагрівання заготівлі до 1000° С.
4. Вальцівка листа в обичайку із зазором на вальцях.
5. Обробка крайок подовжнього листа.
6. Довальцівка.
7. Збирання на тимчасових скобах. Скоба встановлюється через 4000-5000мм із зовнішньої сторони приварюванням електродами типу Э-42А.
8. Видалення окалини.
9. Зварювання внутрішнього підварочного шва напівавтоматом чи вручну в 2-3 шари з попереднім підігрівом 200-250° С, із застосуванням електрода Э-42А.
10. Видалення тимчасових кріплень із зовнішньої сторони й остаточно розробка крайок на стругальному верстаті.
- 11 АЗФ основного шва зовні 18-20 проходками з попереднім і супутнім підігрівом 200-250° С.
12. Зняття посилення із зовнішньої і внутрішньої сторони шва.
13. Калібрування обичайки на листо-магнітних вальцях.
14. Контроль якості обичайки, що виготовляється:

- а) зовнішній
- б) УЗК-100 % швів
- в) рентгенографія - 50% швів

15. Обробка крайок по торцях обичайки по зовнішньому і внутрішньому діаметрі на глибину 70-100 мм.

Збирання і зварювання циліндричної частини обичайки.

1. Операційне збирання обичайок між собою виробляється на роликовому стенді за допомогою кілець і стяжок.

2. Підварювання ззовні в 2-3 шари електродами Э-42А.

3. Оброблення кореня шва пневмозубилом, повітряне газорізання шва, зачищення шва від грата.

4. Зварювання усередині підварочного шва вручну електродами Э-42А.

5. Автоматичне зварювання основного шва під флюсом, зварювання багат шарове до повного заповнення прошарку.

6 Контроль якості зовнішнього обмірювання, просвічування до 50 % кільцевих швів. УЗК- 100 % швів.

8. Контроль циліндричної частини барабана в гарячому стані.

Збирання і зварювання циліндричної частини з днищами.

1 Заварити 2-3 шари зовні вручну електродами Э-42А.

2. АЗФ основного шва до заповнення.

3. Оброблення крайок шва пневмозубилом.

4. Підварювання вручну кореня шва з внутрішньої сторони.

5. Контроль якості.

6. Усування дефектів.

Термообробка барабанів.

Режим нормалізації: нагрів до 900-950° С, витримка з розрахунку 1,5 хв. на 1 мм товщини, охолодження з піччю до 300° С, надалі на повітрі. Всі операції займають близько 16 год.

Свердлення отворів.

Отвори діаметром 25-120 мм вигідно робити газовим різанням. Попередньо вибирається отвір і від нього виробляється різання.

Термообробка виконується для зняття внутрішніх напружень: нагрівання до 630-650° С, витримка 3 хв. на 1 мм товщини і наступне охолодження з піччю.

2.8 Виробництво деталей важкого і енергетичного машинобудування

В машинобудуванні найбільш характерними вузлами і деталями є корпуси і станини, вали і колеса. При виготовленні їх в зварному виконанні необхідна точність розмірів і форми забезпечується, як правило, механічною обробкою. Вироби важкого й енергетичного машинобудування (станини пресів, вали і колеса потужних турбін та ін.) випускаються дрібними серіями, зварні вузли мають звичайно надто більші розміри з товщиною елементів до 100 мм і вище. Частини унікальних машин можуть мати товщину до 1 м і їхнє виготовлення в виді поковки чи виливки або неможливо, або недоцільно. Розчленування таких деталей на більш дрібні виливки або поковки значно полегшує виробництво, тоді так зварювання будь-яких самих більших перетинів ЕШ засобом звичайно особливих ускладнень не викликає. Готові деталі перед остаточною обробкою, як правило, минають ТО.

При виготовленні станин важких пресів зварювальні сполучення звичайно виконують шляхом повного проплавлення всієї товщини елемента, що приєднується (рис. 2.10). Це дозволяє з мінімальною концентрацією при відносно простій підготовці елементів під зварювання. Однак вимагається проведення наступної ТО готового вузла або виробу.

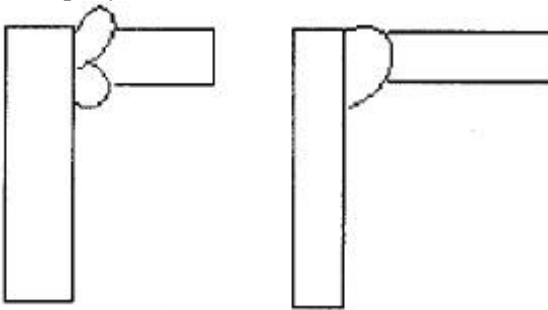
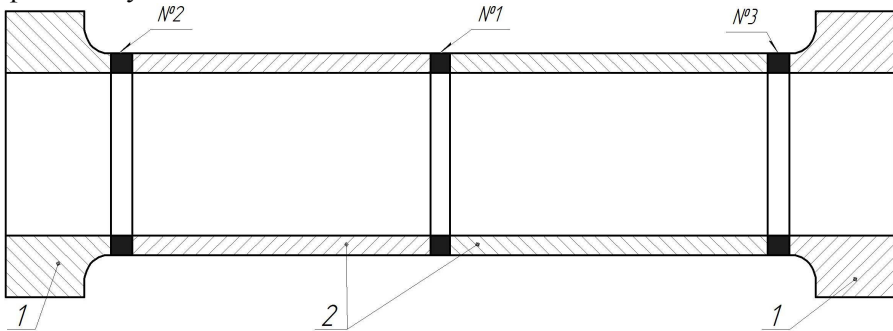


Рисунок 2.10 – Зварні з’єднання станин важких пресів

При виготовленні деталей важких машин завершальними операціями є після зварювальна термічна і механічна обробки. Рами і станини з товщиною зварювальних елементів > 100 мм, як правило, підлягають технічній обробці. При цьому для деталей, що

експлуатуються в умовах нормальних температур і виготовлених з сталей, що зберігають високі пластичні властивості в ЗТВ, можна обмежитися проведенням ТО. При більш жорстких умовах зварну деталь для поліпшення властивостей зварних сполучень звичайно перед високим відпуском піддають нормалізації. Точність розмірів станин і рам забезпечують наступною механічною обробкою.

Характерними прикладами зварних валів великого розміру можуть служити вали великих турбін. Конструкція валів гідравлічних турбін проста - це масивна труба з одним або двома фланцями. Заготівлю обичайок звичайно одержують куванням, заготівлю фланців куванням або інколи в виді сталених виливків.



1 – фланці; 2 - обичайки

Рисунок 2.11 - Схема вала турбіни

Так, вали пр.ГЕС виконані з кованих заготівель із сталі 25ГС. На збирання середнього стика №1 обичайка надходить після чернеткової механічної обробки з припуском 20 мм на наступну механічну обробку по зовнішньому і внутрішньому діаметру. При збиранні кільцевих стиків №2,3 довгих валів необхідно передбачати деякий злам осі в місцях стика з метою компенсації нерівномірні поперечній усадки периметра шва. Тому збирання стика під ЕШЗ виконують із змінним зазором: 33 мм під кишеню для наведення зварювальної ванни і 38 мм в площині, поверненій на 90° від кишені в напрямку стика. Після виконання середнього стика, зварні обичайки минають ТО і наражаються на проміжну механічну обробку. Після цього виконують збирання і зварювання стиків із фланцями 1. Чистову механічну обробку здійснюють після нормалізації і ТО. При зварюванні кільцевих швів з великою площею перетину для забезпечення безперервності процесу використовують спеціальну

настанову з головками що дублюють.

Вали газових і парових турбін виготовляють з жароміцних сталей, що ускладнює отримання заготовівлі великого розміру за допомогою лиття і кування. Тому великі вали зварюють з поковок відносно невеликого розміру і простої форми. При розробці конструкції і технології виготовлення роторів турбін основними вимогами є жорстке обмеження зварних деформації, виправлення поздовжньої осі ротора і отриманням надійного проплавлення швів при односторонньому зварюванні.

Необхідність дотримання жорсткого допуску на виправлення поздовжньої осі ротора то зварювання викликається наявністю внутрішніх замкнутих порожнин, зміщення яких відносно осі обертання викликає неврівноваженість. Тому необхідно точне збирання і прецизійна технологія зварювання.

Однопрохідне зварювання не може забезпечити симетрії зварювальних деформацій з нерівномірності поперечної усадки по периметру кільцевого валу, тому зварювання виконують багатопрохідним. Повний провар в корні шва досягається спеціальною конструкцією розділки або застосуванням кільцевих підкладок, які залишаються. Оригінальна конструкція стика рис. 2.12

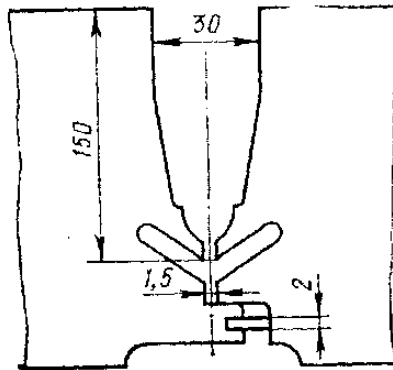


Рисунок 2.12 - Конструкція стика кільцевого з'єднання вала ротора турбіни

Посадочна сходинка у деталей, що збираються і стійке кільце з мало вуглецевих сталей $\delta = 2$ мм забезпечують високу точність збирання ротора і необхідну податливість стика при зварюванні. Притуплення розділки шву вибране з умови отримання повного

провару кореня шву. Спеціальні похилі напрямі зменшують жорсткість кромки при виконанні кореневого шару і завдяки цьому відвертають утворення в ньому тріщин, а також забезпечують кращі умови для УЗК.

Перший шар швів виконують при обертанні ротора 3 від мотора 1 через редуктор 2 (рис. 2.13). Ротор 3 розміщений вертикально, щоб виключити вплив сили тяжіння. Забезпечити симетрію зварювальних деформацій можна, виконуючи кожен кореневий шов одночасно двома або трьома симетрично розташованими зварювальними головками 4 вольфрамовим електродом в аргоні. Потім в цьому ж положенні ряд шарів укладають електродом, що плавиться в середовищі CO_2 . Після заповнення цієї частини оброблення, яка необхідна для забезпечення певної жорсткості ротора, він переноситься в центровий обертач з горизонтальним розташуванням осі і основну частину оброблення заповнюють багат шаровим зварюванням під флюсом в нижньому положенні. Така технологія дозволяє запобігти викривлення настільки, що биття зварного вала не перевищує 0,5 мм на довжині 5 м.

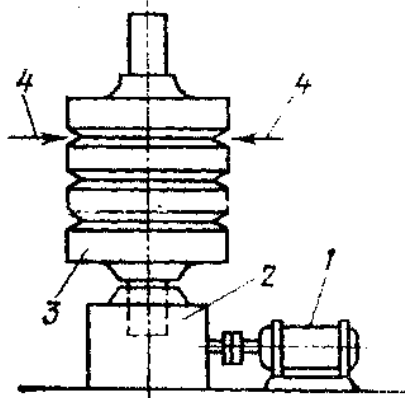


Рисунок 2.13 - Схема зварювання ротора газової турбіни

2.9 Виготовлення корпусів суден

В основі існуючих засобів будівлі суден лежить попереднє виготовлення частин корпусу складальних елементів, секцій, блоків. Кожна окрема секція повинна бути жорсткою, кордони плоских і об'ємних секцій намічають по можливості в районах поперечних переборок симетрично діаметральної площини судна. Розміри секції вибирають з урахуванням габаритних обмежень переміщення їх до місця збирання на стапелі, а також вантажопідйомності кранів транспортних засобів. За технологічними міркуваннями при розбивці каркаса на елементи, секції і блоки, необхідно передбачити виконання можливо великого обсягу складально-зварювальних робіт в умовах цеху при максимальній механізації, а також врахувати особливість збирання на стапелі.

Більшість складальних елементів складається з простих листових деталей або прокатних і складених балок і рамок, які звичайно, таврового перетину.

Для механізації збирання і автоматизації зварювання під флюсом прямих і криволінійних балок таврового профілю використовують верстати типу СТС.

При збиранні листових полотнищ використовують стенди, які представляють собою пересувні балки з флюсовими подушками і електромагнітами. Балки розміщують у відповідності з розташуванням стиків, полотнища що збирається, флюсові подушки ущільнюють стик і знижують вимоги до відхилення ширини зазору по довжині стику, електромагніти фіксують положення кромки. Ретельним підбором режимів можна отримати повне проплавлення і добре формування шву з обох сторін при односторонньому зварюванні на флюсовій подушці стенду без кантування.

Розрізняють секції площинні, з прогібкою і об'ємні.

Збирання і зварювання площинних секцій здійснюють на плоских стендах. При цьому широко приміняється засіб роздільного збирання і зварювання поздовжнього і поперечного наборів, що дозволять збільшити обсяг зварювання, що виконується автоматично. На стенд вкладають полотнище, зачищають місця настанови набору, встановлюють і приварюють автоматом набір головного напрямлення. Після цього набір іншого напрямлення приварюють до полотнища

напівавтоматом, а сполучення набору різних напрямків між собою виконують напівавтоматично в останню чергу.

Рисунок 2.14 – Схема розакремленого збирання посудинного набору

Для збирання секцій з прогібкою використовують постілі, що утворюються набором лекал, закріплених на жорсткій підставі і відтворюючих обводи секції, які виготовляються.

Робоча кромка лекал для полегшення обробки має вид гребінки, в місцях зварних швів роблять вирізи. Широке розповсюдження отримали розбірні і універсальні постілі.

Розбивку корпусів на елементи, секції і блоки роблять в залежності від конструкції корпусу. Збільшення розмірів суден, спрощення форм обводів і уніфікація однотипних рішень сприяли широкому використанню модельного засобу будівлі суден шляхом комплектування різноманітних складних нестандартних виробів з невеликої економічно обґрунтованої кількості типів однакових первинних елементів моделей. Такий підхід особливо характерний для крупнотонажних танкерів, де є можливість розбивки корпусу на плоскі секції, сумарна маса яких 80-85 % загальної маси судна. При цьому кожний модуль можна виробляти на відповідній позиції тієї або іншої поточної лінії, судно не будувати, а зібрати на передпусковій позиції.

Зварні деформації, що виникають при виготовленні корпусу, в значному ступені залежать від схем збирання. Якщо зварювати по "горизонталям", тобто збирати спочатку днищеві секції по всій довжині, а після цього встановлювати всі секції подвійного дна і т. д, то при зварюванні горизонтів, наступних за днищем, кінці нижнього горизонту будуть підніматися, викликаючи загальне викривлення корпусу. Тому найбільш перспективним засобом загального збирання

корпуса судна є блочний, коли збирання на стапелі здійснюють з великих блоків, частин корпусу від киля до палуби.

Зварювання стику між блоками починають після остаточної задачі складальних робіт по всьому стику. Вертикальні і монтажні шви $\delta = 7-14$ мм доцільно виконувати автоматичним зварюванням ПД, а при $\delta > 14$ мм - ЕШЗ. При РДЗ стику х метою забезпечення рівномірного поперечного скорочення по периметру звичайно декілька пар зварювальників водночас працюють не симетрично розташованих дільницях.

При виготовленні суден значних розмірів $L_{\text{судна}} > L_{\text{стакеля}}$, інколи застосовують збирання і зварювання частин корпусу на плаву.

При виробництві суднових корпусних конструкцій зварювальні деформації часто виявляються більш допустимими. Для виправлення застосовують, головним чином, правку місцевим нагрівом. На стапелі правка ребристості і хвилястості проводиться після настанови і закріплення секції або блоку в жорсткому контурі. Місцеві кутові деформації полотниць $\delta = 4-10$ мм правлять нагрівом обшивок над кожним ребром жорсткості з боку, протилежній, привареному набору. Правку листів $\delta \leq 3$ мм виконують нагрівом полос між ребрами жорсткості на відстані 100 мм від них.

3 ПЛАНУВАННЯ СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЦЕХІВ

3.1 Послідовність і загальна методика розробки плану і резервів цеху

Мета: встановити необхідні розміри складально-зварювального цеху і правильно розмістити в ньому всі потрібні елементи виробництва - обладнання, робоче місце, матеріали і т. д.

Розміри складального цеху - кількість прольотів, їх ширина, довжина і висота.

Висота прольоту визначається габаритними розмірами в цеху виробів, що виготовляються і габаритами встановленого обладнання. Її визначення не представляє труднощів.

Найбільшу трудність проектувальник зазнає при розробці технологічного планування цеху, щоб визначати просторове розташування в ньому створюваної продукції.

Для укладання технологічного планування цеху необхідно мати в наявності прийнятий за основу варіант, що задовольнить технологічному процесу, з виконаними розрахунками по кількісному складу всі основних елементів виробництва. Розробка технологічного планування цеху включає в себе вибір

найраціональнішої схеми його компоновки (взаємне розташування в плані обладнання, робочих місць, робітничих, складських і допоміжних площ), визначення геометричного її розміру і наступна деталізація компоновки (до робочих креслень).

Розробка плану цеху може бути різноманітною, звичайно паралельно розробляється 2-3 варіанти, з яких шляхом техніко-економічного порівняння вибирають найраціональніший.

Послідовність розробки плану цеху:

1. Розробка варіантів технологічного планування складально-зварювальних відділень, як основних відділень цеху.

2. Розробка варіантів технологічного планування заготівельних відділень і пов'язання його з планом складально-зварювального відділення.

3. Розрахунок і планування інших допоміжних приміщень і відділень цеху. Контролю і випробування виробів, оздоблювальних робіт, складів металу і комор допоміжних матеріалів і побутових приміщень.

4. Розробка загальноцехового планування з пов'язанням всіх прийнятих рішень і вибір ширини пролетів і не їхні кількість.

5. Розробка поперечних розмірів цеху і вибір висоти кожного прольоту і їхнє компоновка в відповідності з вимогами промислової архітектури.

Загальна методика розробки технологічного плану цеху:

1. На основі розробленого технологічного процесу виготовлення зварювальних виробів по заданій програмі виробництва визначається потрібна кількість основних елементів виробництва: типи обладнання і їхні кількість; кількість складально-зварювальних робітничих місць і їхня характеристика; характер і тип виробництва: групове виробництво, поточне і т. д.

2. Визначаються габаритні розміри обладнання і робітничих місць і розраховується необхідні виробничі площі для їхнього розміщення.

3. Визначаються в першому наближенні потрібні виробничі і

допоміжні площі для розміщення обладнання, робочих місць і складських приміщень по укрупненим даним ТЕП: випуск продукції з 1 м^2 , на одне робоче місце.

4. Вибирається типова схема компоновки складально-зварювального цеху стосовно до особливостей проєктованого виробництва (цех з поздовжнім, поперечним, хвильовим, петльовим, змішаним напрямом виробничого потоку).

5. Здійснюється компоновка відділень цеху і її пов'язання компоновки з типовою будовою, тобто з вибором типових секцій, що уніфікувалися і прольотів виробничої будови цеху.

З метою зниження вартості будівництва промислових будов, можливості організації індустріальних засобів виготовлення конструкцій будов, ДЕРЖБУД СРСР затвердив до застосування для знову проєктованих промислових підприємств типові секції, що уніфікувалися і прольоті. Для машинобудівних підприємств (в тому числі для складально-зварювальних цехів) затверджені типові секції, що уніфікувалися будов наступних розмірів в плані:

а) основні секції (для поздовжніх прольотів) - 144×72 і 72×72 м з сіткою колоні 24×12 і 18×12 (крок колоні 12 м ширина прольоту відповідно 24 і 28 м).

б) додаткові секції (для поперечних прольотів): 24×72 м, $(24+24) \times 72$ і 30×72 м (ширина прольоту 24 і 30 м).

Довжина секції, що уніфікувалася може бути змінена для конкретних умов виробництва з урахуванням раціонального розміщення обладнання.

При проєктуванні більших складально-зварювальних цехів загальна компоновальна площа повинна складатися з однієї або декількох секцій, що уніфікувалися.

6. Суміщають вибрану компоновальну схему виробництва і типову універсальну секцію будови в плані. Для цього в масштабі 1:1000 або 1:500 викреслюють компоновальну схему цеху з нанесенням сітки колон і кордонів розташування всіх відділень цеху і складських приміщень без детальних проробок. Схема виконується в декількох варіантах і кожний варіант обговорюється.

7. Розробляють детальне планування кожного виробничого відділення цеху з нанесенням обладнання, робочих місць, ПТО, допоміжних приміщень і площ, проходів, проїздів. Проводять планувальні роботи з виконанням технологічного планування на

кресленнях М 1:100 або 1:200, на планувальних дошках з темплетами або на макетах з об'ємним плануванням (модель відповідно в масштабі) - 1:50, 1:100

8. Уточнюють раніше вибрану загальну компоувальну схему складально-зварювального цеху в цілому, розробляють робітничий варіант цеху.

9. Виконується розрахунок потрібної висоти прольоту цеху і складаються поперечні розміри цеху, визначаються вимоги до будівельних конструкцій (по допустимій величині вантажопідйомного ПТО).

Нормами технологічного проектування встановлюється наступні розміри прольотів і максимально допустима вантажопідйомність ПТО в складально-зварювальних цехах (табл. 3.1).

1. Креслення контурів обладнання, робочих місць, складських місць і т. п. в масштабі на міліметровому папері. В зв'язку з тим, що планування може бути виконане в декількох варіантах, замість креслення контурів обладнання часто застосовують темплети з твердого паперу або різнокольорового картону по формі робочих місць в плані, виконаних у вибраному масштабі. В процесі планування темплети прикріплюються до креслення булавками і, по мірі необхідності, можуть легко переміщатися після порівняння варіантів планування і вибору найбільш раціонального креслення планування.

2. При застосуванні спеціальної планувальної дошки з феромагнітного матеріалу. На такій дошці накладається лист паперу, на який завдається в масштабі 1:100 або 1:200 сітка колон. Темплети основного і допоміжного обладнання, робочих місць, виконані в цьому ж масштабі, мають магнітні сердечники, за допомогою яких темплети притягуються до планувальної дошки. Прискорюється процес планування, більший ступінь свободи переміщення темплетів. Після закінчення розробки плакати темплети окреслюються по контуру і виносяться прив'язочні розміри.

3. Планування за допомогою об'ємних макетів, виконаних в необхідному масштабі. Робиться макет будову цеху, всього основного і допоміжного обладнання, робочих місць. Дуже наочно, менше помилок, більше продуктивність праці.

В процесі пов'язання розміщення в прольотах обладнання, робочих місць можуть бути на плані цеху площі, незайняті

виробничим обладнанням або складськими приміщеннями. Такі місця звичайно використовують для розміщення допоміжних приміщень - інструментальних комор, складів допоміжних матеріалів і т. п.

Таблиця 3.1 - Розміри прольотів і максимально допустима вантажопідйомність ПТО в складально-зварювальних цехах

Крок колони, м	Ширина прольоту, м	Висота прольоту, м	Нр до головки рейки, м	Вантажопідйомність ПТО, т	
				Початковий транспорт	Містовий, кран або кран блоку
А) одноетажні з мостовими кранами					
12	18	8.4; 9.6; 10.8; 12.6; 14.4	6.15; 6.95; 8.15; 9.65; 11.45		10 і 20
12	24	8.4; 9.6; 10.8; 12.6; 14.4	6.15; 6.95; 8.15; 9.65; 11.45		10, 20 і 30
12	24	16.2; 18.0	12.65; 14.15		30 50
12	30	12.6; 14.4	9.65; 11.45		10, 20 і 30
12	30	16.2; 18.0	12.65; 14.45		30 і 50
Б) одноетажні з напільним транспортом, а також підвісними і одностієчними кранами					
12	18	6.0; 7.2; 8.4; 9.6; 10.8; 12.6;		0.25; 0.5; 1; 2;3;5	0.25; 0.5; 1; 2; 3; 5
12	24	6.0; 7.2; 8.4; 9.6; 10.8; 12.6;		0.25; 0.5; 1; 2;3;5	0.25; 0.5; 1; 2; 3;5
В) багатетажні будови					
6	6	4.8; 6.0		0.25; 0.5; 1; 2; 2.5	0.25; 0.5; 1; 2; 2.5
6	9	4.8; 6.0		0.25; 0.5; 1; 2; 2.5	0.25; 0.5; 1; 2; 2.5

Приклади:

1. Типова схема планування робочих місць для збирання і автоматичного зварювання циліндричних виробів діаметром 2-4 м і довжиною 2-6 м.

Звичайно мають поруч два робочих місця, по черзі, які виконують збирально-зварювальні операції. На одному - збирання і прихватування, а на іншому в цей час - зварювання, а після цього - навпаки. Зварювальний автомат може переміщатися на обидва робочих місця, де передбачені складові місця.

Перший варіант - з велосипедним візком ВТ-3. Другий варіант - з самохідним порталом ПТ-1, ПТ-2.

2. Типова схема планування робочих місць для механізованого збирання і автоматичного зварювання блоків і інших балочних м/до з використанням універсальних кантувачів човників УЧК-12 і щелепного УЧК-15 зі стелажем для кантування на 180-360°. Можлива організація виконання по черзі складально-зварювальних робіт на двох сусідніх настановах.

3. Планування робочих місць для автоматичного дугового зварювання в CO_2 і під флюсом з маніпуляторами УСМ-5000. Автоматична зварювальна головка на поворотній колонні - обслуговує два, поруч розташованих, полотнища ≈ 3 мм і < виробляють нагрівом смуг між ребрами жорсткості на відстані 100 мм від них.

3.2 Розрахунок і планування складально-зварювальних відділень

При розробці плану цеху визначається: потрібну кількість прольотів і необхідні розміри кожного з прольотів - довжина, ширина, висота.

При детальному проектуванні виділення визначення параметрів виробляється шляхом розміщення по ходу технологічного процесу отриманої розрахунковим шляхом кількості обладнання, складально-зварювальних стендів і інших місць. При цьому необхідно прагнути до прямого виробництва, спеціалізації робіт в прольотах і максимальному використанню виробничих площ.

Кількість пролетів залежить від характеру проєктованих складально-зварювальних робіт, конструктивних особливостей

зварювальних виробів і можливої раціональної спеціалізації пролетів, а також від вибору типовий схеми планування цеху.

При планування цеху з поздовжнім направленням виробничого потоку кількість пролетів $n_{пр}$ залежить від кількості самостійних дільниць або ліній збирання і зварювання і прийнятої кількості ліній, що містяться в одному прольоті:

$$n_{пр} = \frac{N_{уч}}{N_{л}},$$

де $N_{уч}$ - загальна кількість спеціалізованих дільниць або ліній, необхідних для виготовлення виробу.

$N_{л}$ - кількість ліній робочих місць, що містяться в одному прольоті.

При змішаному направленні виробничого потоку, коли загальне збирання розміщено в поперечному прольоті, а вузлова збирання в поздовжніх прольотах:

$$n_{пр} = \frac{n_{поз}}{k_{поз}},$$

де $n_{поз}$ - кількість позицій технологічного процесу загального збирання і зварювання вузлів виробу .

$k_{поз}$ - середня кількість позицій процесу загального збирання і зварювання, розташованих проти кожного прольоту вузлових збирань і зварювання; звичайно $k_{поз} = 1$ при великогабаритних і складних виробках, $k_{поз} = 2$ при малогабаритних і менш складних виробках.

Ширина прольоту - залежить від планування робочих місць, від суми їх розмірів і проїздів, від кількості робочих ліній в прольоті, ширини проїздів.

Допустимі межі мінімальних відстаней між обладнанням, складовими місцями і елементами будов (по нормам технічного проекту),м:

1. Між колоною і боковою стороною складально-зварювального стану або верстату – 0,5 – 2,6 м.

2. Між колоною і фронтом стану або верстату – 1,2 – 2,4 .

3. Між фронтом одного і тильною сторони іншого - 1-3.

4. Між фронтом обладнання і складовим місцем - 1-1,6 .

5. Між тильною стороною обладнання і складовим місцем - 1 – 1,2 .

Розміри проходів і проїздів у прольотах складально-зварювального цеху:

1. Прохід або проїзд між тильними сторонами обладнання, робочих місць і складових місць для проїзду самохідних візків шириною до 0,7 м - одnobічний ряд $b'n = 1,3$ м; двобічний $b''n = 2,0$ м. Теж, автокари електрокари шириною 1,2 м - $b'n = 1,8$ м; $b''n = 3,0$ м.

2. Проїзд між тильною стороною одного ряду і фронтвою стороною іншого ряду обладнання або робочих місць тележки до 0,7 м - $b'n=2,0$ м; $b''n=2,9$ м; автокари електрокари шириною 1,2 м - $b'n=2,5$ м; $b''n=3,9$ м.

3. Проїзд між фронтами двох рядів обладнання або робочих місць:

— візок до 0,7 м $b'n=2,9$ м; $b''n=3,8$ м

— автокари, електрокари, шириною 1,2м - $b'n=3,4$ м; $b''n=4,5$ м.

— рольганги, конвейсери, підвісні візки – 2 м + найбільший розмір ширини транспортувального засобу.

При проектуванні цехів звичайно приймаються наступні розміри:

1. Відстань від робочого місця до муру будови цеху (або до осі поздовжнього ряду колон) - $b_1 = 1$ м, у випадку, якщо робоче місце знаходиться в кабіні, тоді зварювальна кабіна ставиться впритул до муру, $b_1 = 0$.

2. Відстань від робочого місця (або кабінки) і складовим місцем приймається рівним $b_2=0,5 - 0,8$ м.

3. Ширина проїзду між двома лініями робочих місць розташованих в одному прольоті $b_n = 3 - 4$ м.

4. Ширина робочого місця b_m дорівнює габариту виробу +0,2...0,3 м на сторону +0,8...1 м з кожної сторони складально-зварювального влаштування, що виготовляється для проходів.

5. Ширина складового місця у робочих місць залежить від габаритів деталей, що складаються із вузлів і, звичайно, площа складового місця рівна або менш площі робітничого місця.

Довжина прольотів в межах кожного відділення складально-

зварювального цеху визначається, виходячи з планування робочих місць в кожному прольоті при розробці технологічного плану цеху.

Висота прольотів - визначається по габаритам вузлів і виробів і необхідність настанови кранів, кран балок і т. д. За відсутності кранів висота прольоту H , визначається як :

$$H = h_1 + h_{23} \geq 25 \text{ м,}$$

де h_1 найбільша висота встановленого в прольоті обладнання, стелажа, але не менше 2,3 м.

h_2 - відстань між найвищою точкою обладнання і нижньою частиною конструкції перекриття, $h_2 = 0,4 - 1,2$ м.

За наявності верхнього транспорту (міст кранів, кран балок):

$$H_n = h_1 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 > H_6 = h_n + h_7 + h_8 >$$

де H_n - висота цеху від рівня підлоги до головки підкранових рейок;

H_6 - висота цеху від рівня підлоги до нижньої частини конструкції перекриття (до ферм);

h_3 - висота від підйомного крану в самому високому його положенні до головки рейки;

h_4 - відстань від крану до верхньої частини обладнання, що транспортується. Залежить від запроєктованого засобу зачалування підвісу вантажу до кроку вантажопідйомного механізму;

h_5 - найбільший габарит по висоті вантажу;

h_6 - відстань від вантажу, що транспортується до верхньої точки встановлюваного обладнання в цеху, $h_6 = 0,4 - 1,0$ м;

h_7 - відстань від рівня головки рейки до вищої точки візка крану - по конструкційним даним кранового обладнання;

h_8 - відстань від вищої точки візка крану до нижнього поясу ферм перекриття і приймається $h_8 = 0,4 - 1$ м розміщення світильників загального освітлення цеху і тролейних проводів крану.

Необхідна висота прольоту може встановлюватися виходячи із санітарних норм для промислових підприємств. По цим нормам на кожного працюючого повинно приходиться не менше 15 м^3 обсягу виробничого приміщення.

З метою уніфікації елементів будови цеху ширину і висоту для всіх паралельно розташованих, прольотів по можливості слід приймати однаковими. Перепади по висоті прольотів суміжних

прольотів більше 2-х м не допускається.

Отримані розрахункові значення ширини прольотів і висоти прольотів округляють до найближчого стандартного значення. Довжина прольотів також, по можливості, повинна вибиратися тільки стандартною.

Взаємне розташування прольотів повинно бути вибрано з урахуванням спеціальних вимог архітектурного оформлення будови цеху. Ці вимоги зводяться до наступного - найбільш високі прольоти цеху мають в середній частині будови цеху, а найбільш низькі - у крайніх поздовжніх стін будови.

Таке розташування прольотів задовольняє естетичним вимогам промислової архітектури, забезпечує більш рівномірне навантаження від снігу і льоду в зимовий час і створює кращі умови для природного освітлення .

Переміщення прольотів добре можна виконати для цехів з поздовжнім направленням виробничого потоку, коли складально-зварювальні операції в кожному прольоті не зв'язані між собою.

В цехах зі змішаним розташуванням виробничих потоків такі перестановки прольотів найчастіше неможливо робити. Розташування робітничих ліній вузлів складальних і зварювальних і робочих місць загального збирання і зварювання взаємопов'язане, тому необхідне взаємне розташування високих і низьких прольотів цехів досягається шляхом збільшення висоти більш низького прольоту, розташованого в середині будови цеху.

При плануванні складально-зварювальних цехів необхідно передбачати пожежні проїзди, шириною не менше 4-х м.

Пожежний проїзд вздовж цеху може бути суміщений з робочими проїздами, якщо його ширина відповідає вимогам проїзду.

При великій довжині будови окрім поздовжніх пожежних проїздів повинні бути передбачені пожежні проїзди поперек цеху. Кількість таких проїздів встановлюють виходячи з норм (звичайно через 100 - 120 м довжини цеху). Ці поперечні проїзди можна також використати і для технологічних цілей - для перевезення деталей і вузлів з одного прольоту в інший.

Остаточне планування елементів виробництва здійснюється після виборів габаритних розмірів цеху в плані і здійснюється наступними засобами:

3.3 Форми поточної роботи в складально-зварювальних цехах

Потокове виробництво – це найбільш досконала і передова організаційна форма. При розробці технологічних процесів складально-зварювальних операцій необхідно прагнути до потокового виробництва.

При ньому виготовлення виробу здійснюється на поточних лініях, кожна з яких - собою ряд робочих місць, розташованих в порядку послідовності виконання технологічного процесу.

На кожній поточній лінії звичайно передбачається виготовлення одного або декількох вузлів з механізованою передачею на наступну операцію після закінчення попередньої через певний проміжок часу, що називається ритмом потоку. Ритм потоку - проміжок часу між випусками рівної кількості продукції, наступним один за іншим. Кожна така кількість продукції містить n_t штук однакових виробів передається з одного робочого місця на інше і називається транспортною партією.

Звичайно:

$$r = t \cdot n_t,$$

де r - ритм потоку;

t - такт виробництва;

n_t - транспортна партія. При поштучній передачі виробів з одного робочого місця на інше, $n_t = 1$

Такт виробництва - проміжок часу між випуском одного такого ж виробу, виготовленого слідом за першим.

Ритм потоку або рівен такту виробництва, або в ціле число раз більше або менше його і звичайно приймається кратним тривалості робітничого часу зміни ($t_{зм} = 7$ год).

Такт виробництва і потрібна кількість складально-зварювальних місць і кількість обладнання взаємопов'язані:

$$n_{m,c} = \frac{t_{m,c}}{t_l},$$

$$t_l = \frac{\Phi}{\Pi},$$

де $t_{m,c}$ - норма часу операції або групи операцій, що виконуються на даному робітничому місці або даному обладнанні.

Φ - дійсний готовий фонд часу робочих місць або обладнання;

Π - кількість виробів, що випускаються протягом року на робітничому місці або на даному обладнанні.

Потокове виробництво повинно бути передбачене в проектах цехів масового і серійного випуску продукції у виді поточно-масового (постійний потік) або поточно-серійного виробництва (змінний потік).

Точний ступінь ритмічності і безперервність роботи кожної поточної лінії досягається тільки при однаковій тривалості операцій на всіх робочих місцях.

В залежності від можливого досягнення системи ритмічності процесу, існують наступні головні форми потокового виробництва:

1. Безперервний потік - здійснюється при однаковій тривалості операцій на всіх робочих місцях.

2. Прямоточне виробництво - при різноманітній тривалості операцій на робочих місцях, при цьому загальна планомірність роботи поточної лінії здійснюється за рахунок періодичних накопичень міжопераційних заділів.

В складально-зварювальних цехах звичайно застосовуються наступні форми поточної роботи:

1. Стационарна безперервна робота - при збиранні зварюванні громіздких і важких виробів при дрібносерійному і індивідуальному виробництвах. Вузлове і загальне складання, і зварювання однакових виробів здійснюється на стаціонарних стендах, при цьому бригади складальників і зварювальників по черзі переходять від стану в порядку виконання операцій технологічного процесу.

2. Прямоточні лінії - при складально-зварювальних роботах в цехах серійного виробництва. Робочі місця розміщені в порядку послідовності виконання технологічного процесу. Операції не

повністю синхронізовані, на окремих робітничих місцях можуть бути простої обладнання, робітники можуть працювати на декількох робочих місцях.

3. Безперервні поточні лінії - при складально-зварювальних роботах в цехах великосерійного і масового виробництва. Робочі місця розміщені в порядку послідовності виконання технологічного процесу з повною синхронізацією операцій.

4. Розподільні конвейерні лінії - при складально-зварювальних роботах в цехах масового виробництва рідше в цехах великосерійного виробництва. Робочі місця розміщені в порядку послідовності виконання технологічного процесу з повною синхронізацією операцій (безперервний потік). Ритм задається конвейерною передачею комплектів заготовок і деталей до робочих місць через кожний ритм.

5. Робочі конвейерні лінії - теж безперервний потік, робота виконується прямо на конвейері, із заданим ритмом. Застосовується при складально-зварювальних роботах в цехах масового виробництва.

6. Автоматичні поточні лінії - застосовуються на окремих дільницях в цехах масового виробництва. Робочі місця і міжопераційна передача вузлів автоматизовані. Є найбільш сучасною формою безперервної поточної роботи.

Потокове виробництво різко покращує техніко-економічні показники, в тому числі: знижує трудомісткість, зміцнює технологічну дисципліну, скорочує брак, прискорює рух виробів в процесі виготовлення, зменшує тривалість виробничого циклу і знижує собівартість.

Якщо при проектуванні складально-зварювальних цехів не можливо здійснити повністю потокове виробництво, передбачається часткове впровадження потоку в щ технологічний процес.

При проектуванні технологічного процесу потокового виробництва передбачається на кожному робочому місці виконання простих операцій, тому первісна розробка технологічного процесу ведеться найбільш докладно.

Завжди необхідно прагнути до того, щоб виробничий цикл $\tau_{ц}$ був найменшим. Це призводить до зниження собівартості.

Збільшення σ_p обмежується просторовою довжиною виробу, що виготовляється для нормальної розстановки робітників - загальним фронтом робіт виробу.

Фронт робіт виробу умовно висловлюється в лінійних одиницях

або кількістю робочих місць для виготовлення заданого виробу.

Питомий фронт робіт l_n , тобто фронт робіт, що припадає на одного робочого, приймаючого участь в виготовленні виробу висловлюється формулою:

$$l_n = \frac{L_g}{\sigma_p},$$

$$\sigma_{p1} = \frac{L_{g1}}{l_n},$$

де L_v - величина фронту робіт виробу;

σ_p - щільність роботи при $n_i = 1$;

σ_{p1} - щільність роботи - відношення повного фронту роботи до питомого фронту і численно рівної кількості робітників, зайнятих на даній роботі водночас.

Загальна тривалість процесу складально-зварювальних робіт (виробничий цикл) $\tau_{ц}$ характеризується наступною залежністю:

$$\tau_{ц} = \frac{t_p \cdot l_n}{L_g},$$

де t_p - трудомісткість робіт, визначається шляхом нормування, тому при проектуванні технологічного процесу необхідно передбачати застосування прогресивних засобів складально-зварювальних робіт, максимальне наближення до поточних засобів виробництва;