

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ
ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»
М.М. Чальцев
____.____.20__ р.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ «ТКМ»**

Затверджено:
навчально-методична комісія
факультету «...»
Протокол № ____
від «__» ____ . 20__ р.

Затверджено:
кафедра
«...»
Протокол № ____
від «__» ____ . 20__ р.

УДК 621.7(07)

Методичні вказівки до лабораторних робіт із дисципліни «Технологічні основи машинобудування. Обробка металів різанням» (для студентів напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт») [Електронний ресурс] / укладачі: Б. М. Шмаков, В. С. Новокрещонов - електрон. дані. – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2012. – 1 електрон. опт. диск (CD-R): 12 см. – Системні вимоги: Pentium; 32 MB RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 97-2000. – Назва з титул. екрану.

Вказівки містять 6 лабораторних робіт. У них відображено цілі та завдання лабораторних робіт, методику й послідовність їхнього виконання, а також запитання для їх захисту. Наведено рекомендації для обробки експериментальних даних за допомогою ЕОМ.

Укладачі:

Шмаков Б. М., к.т.н., доц.
Новокрещонов В. С.

Відповідальний за випуск:

Оксень Є. І., д.т.н., проф.

Рецензент:

Намаконов Б. В., к.т.н., доц.
каф. «Автомобільний
транспорт»

© Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2014

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота 1 Властивості формувальних сумішей. Випробування формувальних сумішей на газопроникність	5
Лабораторна робота 2 Виготовлення разової ливарної форми по моделі. Виготовлення стрижнів.....	13
Лабораторна робота 3 Вивчення процесу осідання циліндрових зразків на пресі.....	18
Лабораторна робота 4 Дослідження процесу вирубання листового металу в штампах	24
Лабораторна робота 5 Розробка технологічного процесу вільного кування на молотах	28
Лабораторна робота 6 Основи електричного дугового зварювання.....	42
Лабораторна робота 7 Вивчення характеристики джерела живлення зварювальної дуги.....	44
Лабораторна робота 8 Освоєння прийомів ручного дугового зварювання.....	48
Лабораторна робота 9 Газове зварювання	55
ЗАКЛЮЧЕННЯ	61
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Лабораторні роботи з курсу «Технологічні основи машинобудування. Обробка металів різанням» створені з метою ознайомлення студентів з технічними та експлуатаційними характеристиками найбільш розповсюджених металорізальних верстатів. Надання уявлення про роботи які можуть бути виконані на цих верстатах, про металорізальний інструмент, що застосовується при виконанні цих робіт, а також про пристрої за допомогою яких на верстатах закріплюються як оброблювані деталі, так і різальний інструмент.

Останні роботи присвячені конструкції та геометричним параметрам металорізального інструменту. Вони надають уявлення про найбільш раціональне застосування різних металорізальних інструментів при обробці деталей на верстаті для досягнення потрібної точності розмірів і шорсткості поверхні. Надані також відомості про сучасні інструментальні матеріали та їх використання для обробки матеріалів із різними механічними властивостями.

У процесі виконання лабораторних робіт студенти отримають не тільки знання про можливості застосування різних верстатів та металорізального інструменту для виготовлення різноманітних поверхонь, але й початкові навички визначення послідовності обробки деталей, тобто розробки технологічних процесів.

Методичні вказівки складено для надання студентам знань та вмінь застосування металорізального обладнання для виготовлення та ремонту автомобільних деталей. Таким чином, у процесі виконання лабораторних робіт майбутні спеціалісти повинні отримати необхідні знання та навички, які сприятимуть їх застосуванню для вирішення важливих завдань на виробництві.

Лабораторна робота 1

Властивості формувальних сумішей. Випробування формувальних сумішей на газопроникність

Мета роботи: вивчити основні технологічні властивості формувальних і стрижньових сумішей, ознайомитися з методом визначення газопроникності формувальних сумішей, досліджувати вплив вологості і ступеня ущільнення формувальної суміші на її газопроникність.

Устаткування, інструмент і матеріали: прилад для визначення газопроникності суміші, лабораторний копер, металева гільза з піддоном, секундомір, формувальна суміш з 3-, 6-, 9-процентною вологістю.

Загальні відомості

Для приготування формувальних і стрижньових сумішей застосовуються формувальні матеріали, які діляться на основні і допоміжні .

До основних матеріалів відносяться пісок, глина і вода .

Формувальні і стрижньові суміші повинні володіти наступними технологічними властивостями: пластичністю, газопроникністю, міцністю, податливістю, вогнетривкістю і протипригарністю .

Пластичністю формувальної або стрижньової суміші називається їх властивість деформуватися під дією зовнішнього навантаження і зберігати нову форму після припинення дії сили .Суміш, що має хорошу пластичність , дає точний відбиток моделі .

Пластичність підвищується при використанні дрібнозернистого піску і зі збільшенням змісту води і глини в суміші.

Газопроникністю називається здатність формувальної і стрижньової суміші пропускати крізь себе гази, що виділяються формою і рідким металом в процесі його заливки в ливарну форму і охолодження в ній.

У практиці ливарного виробництва встановлено, що в середньому 35% браку відливань доводиться на газові раковини, які утворюються через погану газопроникність формувальної або стрижньової суміші .

Газопроникність формувальної суміші залежить від величини і форми зерен формувального піску, кількості глини в суміші вологості і ступеня ущільнення суміші при формуванні. Чим більше і однорідніше зерна піску, тим більше розміри порожнеч між ними і тим легше проходять гази через стінки форми або стрижня. Проте крупні піски дають шорстку поверхню відливання.

Хороша газопроникність у піску округлої, а не гострокутної і осколкової форми, оскільки гази, проходячи через гладкі капіляри між зернами, випробовують відносно невеликий опір.

Вміст глини в невеликих кількостях (6-7 %) практично не знижує газопроникності, оскільки глина у вигляді оболонки оточує зерна піску, трохи зменшуючи перетини каналів для проходу газів. Проте при звичайному вмісті глини у формувальних сумішах (8-15 %) газопроникність суміші знижується більш ніж на 20%.

Зволоження суміші спочатку збільшує газопроникність, оскільки вода обволікає і згладжує гострі кути зерен піску. При вмісті ж вологи понад 7% газопроникність убиває унаслідок того, що вода, заповнюючи канали між зернами піску, зменшує їх перетин. При заливці металу у форму, в результаті її нагріву, виділяється водяна пара, яка погіршує газопроникність і є одним з джерел утворення газових раковин у відливанні. Одночасно з випаровуванням вологи утворюється значна кількість пилу і грудок. Комкова структура суміші підвищує газопроникність, а пил - знижує її. Газопроникність суміші також погіршується із збільшенням щільності набивання форми або стрижня. Робоча вологість сумішей знаходиться в межах від 4 до 7%. В зимовий час – 4-5%, а в літній – 6-7%.

Міцністю називається здатність суміші чинити опір руйнуванню при транспортуванні форм, розмиваючій дії струменя рідкого металу при заливанні форми, а також при витяганні з неї моделі. Міцність сумішей зростає при збільшенні змісту глини або інших кріпильних матеріалів, щільнішому набиванні форми і стрижня, а також із зменшенням розмірів зерен піску.

Податливістю форм і стрижнів називається здатність їх скорочуватися в розмірах при усадці металу в період його охолодження і затвердіння. У разі поганої податливості форми і особливо стрижня в остигаючому відливанні виникає внутрішня напруга, яка, як правило, приводить до тріщин. Хороша податливість забезпечується використанням крупного піску і введенням у формувальні і стрижньові суміші органічних добавок (деревної тирси, торфу і так далі). При сушці форми або стрижнів добавки висихають, зменшуються в об'ємі і утворюють навколо себе порожнечі. Такі пористі форми мають підвищену газопроникність і можуть стискатися (подаватися) при усадці відливання.

Вогнетривкістю сумішей називається здатність їх протистояти дії високої температури рідкого металу. Високовогнетривкі формувальні матеріали не пригорають до відливання, що забезпечує хорошу чистоту її поверхні і усуває очисні операції. Вогнетривкість суміші підвищується при використанні високовогнетривких, вільних від легкоплавких домішок, що особливо важливе при отриманні сталевих відливань.

Противпригарністю називається властивість суміші не утворювати на поверхні відливання кірки, що утрудняє механічну обробку ріжучим інструментом.

Крім того, суміші повинні володіти малою газотворністю, низькою гігроскопічністю, малим ступенем прилипання, повинні бути довговічними і дешевими.

Визначення газопроникності формувальних сумішей

Визначення газопроникності формувальних сумішей проводиться методом пропускання повітря через стандартний зразок використовуваної суміші діаметром 50 і заввишки 50 мм, який виготовляється в сталевій гільзі 8 на лабораторному копрі (рис.1.1).

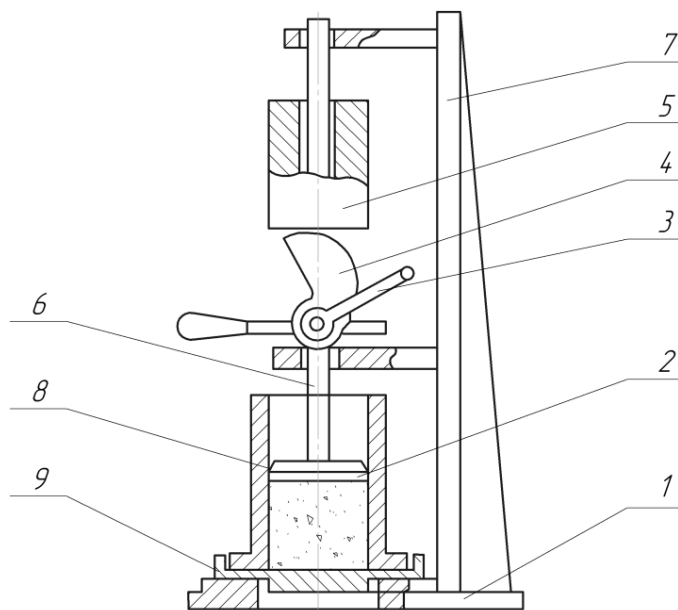


Рисунок 1.1. Лабораторний копер

Для цього наповнена сумішшю гільза встановлюється на піддоні 9, в основі копра 1 під шток 6, що закінчується бойком 2. При обертанні рукоятки 3 з равликом 4 вільно надітий на шток груз 5 підіймається, а потім падає. Під дією енергії падаючого вантажу відбувається ущільнення суміші в гільзі. Ущільнення зразка проводять трьома ударами вантажу масою 6,35 кг при падінні з висоти 50 мм. Висота зразка в гільзі після ущільнення повинна бути $50 \pm 0,8$ мм. Цю висоту контролюють трьома горизонтальними рисками, нанесеними на стійці 7. Збіг верхнього торця штока з середньою рисою відповідає висоті зразка 50 мм. Крайні риси указують на допустиме відхилення. Після ущільнення гільзу з піддоном знімають з копра, відокремлюють піддон від гільзи і зразок разом з гільзою встановлюють на прилад для випробування на газопроникність. Схема такого приладу

представлена на рис. 1.2. Повітря з дзвона 3 з вантажем 1, об'ємом 2000 см³, плаваючого в баку 4 з водою, через отвір 2, трубки дзвона 3, трубки 6 бака і триходовий кран 7 надходить в порожнину 10 металевої гільзи 11 з досліджуваним зразком суміші 12. Залежно від тиску повітря під дзвоном 3, газопроникності зразка суміші і діаметру ніпеля 8 в порожнині 10 створюється певний тиск повітря p , яке визначається за допомогою водяного манометра 16.

Випробовування зразків формувальної суміші нормальним методом проводять таким чином. Бак наповнюється водою так, щоб об'єм під дзвоном був ізольований від атмосфери. Після установки гільзи із зразком порожнину під дзвоном сполучають з атмосферою через триходовий кран (положення "відкрите"), дзвін піднімають, поки під ним не набереться 2000 см³ повітря. Потім триходовий кран повертають так, щоб повітря з-під дзвону проходило через зразок (положення "випробування"). Дзвін при цьому повинен опускатися вниз до тих пір, поки верхня відмітка на дзвоні не співпаде з краєм бака. Це означає, що з-під дзвону через зразок пройшло все набране повітря. У момент проходження відмітки "О" включають секундомір, а відмітки "1000" - фіксують свідчення манометра. При досягненні дзвоном відмітки "2000" секундомір вимикають. Газопроникність визначають за формулою:

$$K = \frac{60 \cdot V \cdot h}{F \cdot p \cdot t},$$

де V – об'єм повітря, що пропускається через випробовуваний зразок, см³;

h – висота зразка, см;

F – поперечний перетин зразка, см²;

p – тиск повітря перед зразком, см вод. ст.

t – час, протягом якого проходило повітря, с.

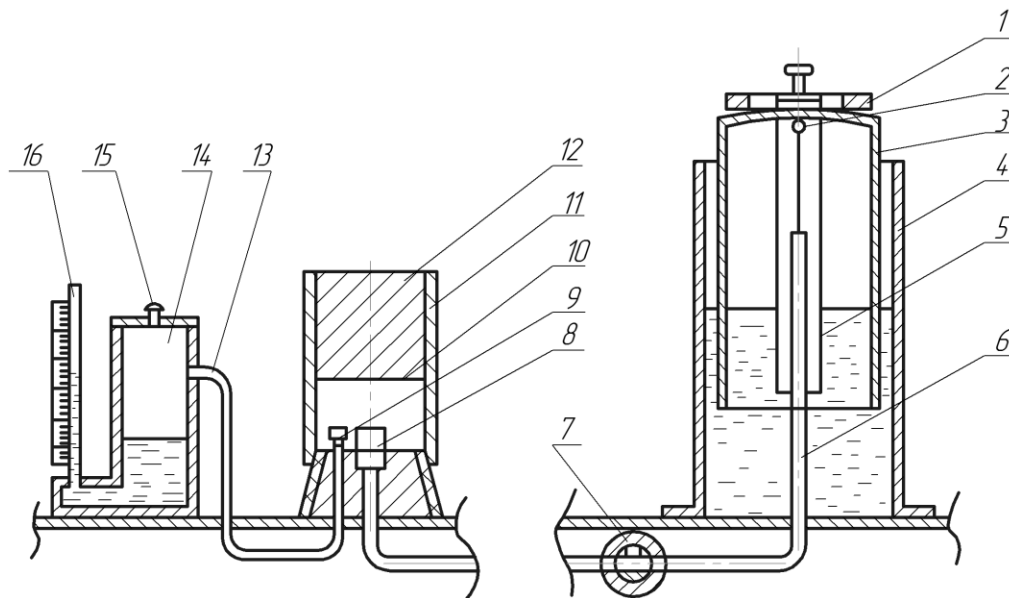


Рисунок 1.2 – схема приладу для визначення газопроникності сумішей:

1 – вантаж; 2 – отвір; 3 – дзвін; 4 – бак; 5 – трубка; 6 – трубка; 7 – трьохходовий кран; 8 – ніпель; 9 – ковпачок; 10 – порожнина; 11 – гільза; 12 – зразок суміші; 13 – трубка; 14 – ємність; 15 – пробка; 16 – манометр.

Величини V, h, F є постійні. Підставляючи її до формули (1.1), отримуємо:

$$K = \frac{30570}{p \cdot t}.$$

Газопроникність виражається числом без вказівки розмірності.

Порядок виконання роботи

Дослідження впливу вологості формувальної суміші на її газопроникність

Для дослідження впливу вологості формувальної суміші на її газопроникність необхідно з кожної суміші виготовити стандартні зразки, ущільнюючи суміш трьома ударами на лабораторному копрі, і провести їх випробування на газопроникність.

Поставити кран в положення "відкрито", плавно підняти дзвін до відмітки "Х", після чого поставити кран в положення "закрито".

Закріпити гільзу із зразком за допомогою затвора на приладі.

Поставити кран в положення "випробування" і у момент проходження дзвоном відмітки "0", запустити секундомір у роботу. При проходженні дзвоном відмітки "1000" зафіксувати свідчення манометра, а у момент переходу дзвоном відмітки "2000" зупинити секундомір.

Визначити газопроникність по формулі (1.2).

Результати випробувань занести в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Вплив вологості формувальної суміші на її газопроникність

Номер досвіду	Вміст води в суміші, %	Показання манометра р, см. вод. ст.	Час t, с	Газопроникність К
1	3			
2	6			
3	9			

За даними випробувань побудувати графік залежності газопроникності від вмісту води в суміші.

Дослідження впливу ступеня ущільнення формувальної суміші на її газопроникність

Дослідження впливу ступеня ущільнення формувальної суміші на її газопроникність провести для суміші з постійним вмістом води 6%. Для дослідження виготовити стандартні зразки, ущільнюю суміш 3, 6, 9 ударами

вантажу копра. Провести їх випробування на газопроникність. Визначити газопроникність за формулою (1.2). Отримані результати занести в табл.1.2.

Таблиця 1.2

Вплив ступеня ущільнення суміші на її газопроникність

Номер випробування	Ступінь ущільнення (кількість ударів)	Свідчення манометра p , мм. вод. ст.	Час t ,	Газопроникність K
1	3			
2	6			
3	9			

За даними випробувань побудувати графік залежності газопроникності від ступеня ущільнення формувальної суміші.

Графіки будуються за середніми значеннями газопроникності.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назву і мету роботи, теоретичні відомості про склад формувальних сумішей і їх властивості, формулу для визначення газопроникності формувальних сумішей таблиці із записом експериментальних даних, графіки залежності газопроникності суміші від вмісту в ній води і від ступеня її ущільнення, висновки про проведену роботу .

Контрольні питання:

1. Що відносять до основних формувальних матеріалів?
2. Що відносять до допоміжних формувальних матеріалів?
3. Що називають пластичністю сумішей?
4. Що називають газопроникністю сумішей?
5. Що називають міцністю сумішей?

6. Що називають податливістю сумішей?
7. Що називають вогнетривкістю сумішей?
8. Що називають протипригарністю сумішей?
9. Від яких чинників залежить газопроникність формувальних сумішей?

Лабораторна робота 2

Виготовлення разової ливарної форми по моделі. Виготовлення стрижнів.

Мета роботи: ознайомитися з формувальним інструментом і пристосуваннями, набути практичних навичок у виготовленні разової ливарної форми і стрижнів для нескладного відливання.

Устаткування, інструменти і матеріали: модельний комплект, дві центровані опоки, формувальну і стрижньову суміші, припил, формувальний і обробний інструмент, сушильну плиту, пекти електричну муфельну МП-2У, тигель, алюмінієвий ливарний сплав.

Загальні відомості

У наш час в разових ливарних формах отримують більше 80 всіх машинобудівних відливань. Ці форми найбільш універсальні і дешеві. Вони дозволяють отримати відливання практично будь-яких розмірів і конфігурації. Проте разові форми володіють і поряд недоліків: великою витратою формувальних матеріалів, недостатньою точністю отримуваних відливань, підвищеним рівнем браку, несприятливими умовами праці формувальників.

Зазвичай разові піщано-глинисті форми виготовляють в спеціальних жакетах-опоках, що є відкритими ящиками, прямокутними, круглими або фасонними, які додають ливарній формі необхідну міцність і жорсткість і оберігають її від руйнування.

Опоки роблять з чавуну, стали, алюмінієвих сплавів. У індивідуальному виробництві опоки можуть бути дерев'яними.

Для виготовлення форми використовують модельний комплект, в який входять: модель відливання, один або декілька стрижньових ящиків; моделі системи літника; підмодельна дошка (при ручному формуванні) або модельна плита (при машинному формуванні).

За допомогою моделі відливання в ливарній формі отримують відбиток зовнішньої конфігурації майбутнього відливання. По своїх розмірах і контурах модель декілька відрізняється від відливання. Отже, моделі всіх видів підрозділяються на дві основні групи: нероз'ємні (цілі) і роз'ємні. У стрижньових ящиках виготовляють піщані стрижні, призначені для отримання внутрішніх порожнин, а іноді і зовнішніх поверхонь відливання. Стрижньові ящики, як і моделі, можуть бути роз'ємними або нероз'ємними. Моделі системи літника служать для отримання каналів, по яких метал поступає в порожнину форми. На підмодельну дошку встановлюють при формуванні модель або напівмодель відливання, а на модельній плиті вони закріплені жорстко. Моделі і стрижньові ящики виконують металевими у великосерійному і масовому виробництві і дерев'яними в дрібносерійному і індивідуальному.

На рис. 5.1 зображена схема готової до заливки піщано-глинистої ливарної форми. На рис.5.2 - затверділий метал, що витягли з форми.

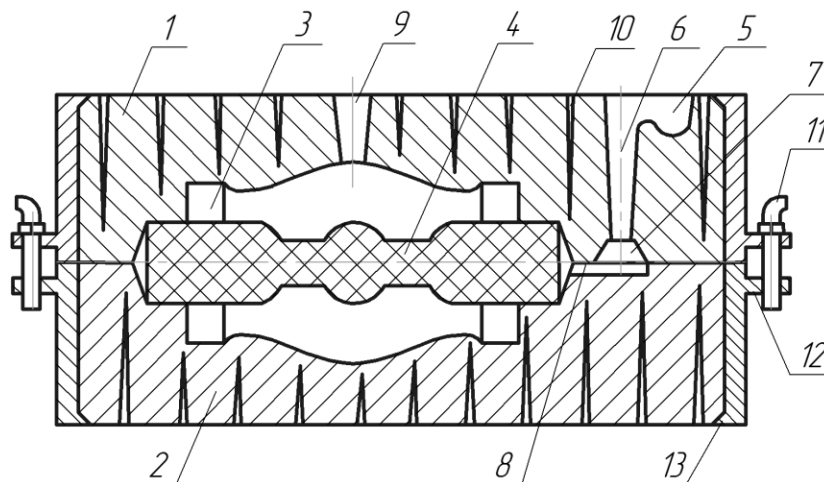


Рисунок 2.1 – Схема піщано-глинистої форми

Форма складається з нижньої 2 і верхньої 1 півформ, створюючих порожнину 3, що має конфігурацію відливання. Для утворення отвору у відливанні у форму встановлюється стрижень 4, який закріплюється в ній своїми кінцями (знаками). Для підведення металу при заливці і виведення газів і повітря з форми служить система літника. Система літника включає чашу 5, яка служить для прийому рідкого металу з ковша, в чаші зменшується динамічний натиск струменя металу і частково відділяється шлак. Стояк 6 вертикальний конічний канал, що сполучає чашу зі шлакоуловлювачем 7. Шлакоуловлювач розміщують у верхній половині форми в площині роз'єму. Площа перетину шлакоуловлювача більше площі перетину живильників, тому метал в ньому гальмується.

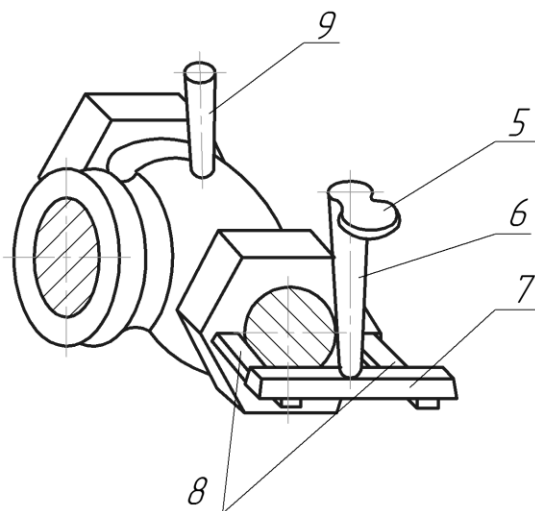


Рисунок 2.2 – Затверділий в формі метал.

Легші шлакові і земляні включення встигають спливати і затримуються в шлакоуловлювачем. Для відповідальних відливань в шлакоуловлювач встановлюють додатково фільтрувальну вогнетривку сітку. Живильники 8 підводять метал безпосередньо в порожнину форми. Розміщують їх в площині роз'єму в нижній півформі. До системи літника відноситься також випор 9 - вертикальний канал, що розташовується у верхній точці відливання. Він служить для виходу повітря і газів з форми при заливці, а також для збору спливаючих шлаків і контролю наповнення форми металом. Газопроникність ущільненої суміші підвищують наколюванням вентиляційних каналів 10. Для

точної установки півформ використовують штирі 11, які пропускають через отвори в проушинах 12. Буртики 13 в опоках служать для кращого утримання суміші.

Порядок виконання роботи

На підмодельну плиту кладуть нижню половину моделі площиною роз'єму вниз, упритул до неї кладуть модель живильника, припорошують модельною пудрою і накривають нижньою опокою (нижня напівмодель і нижня опока не мають центруючих штирів). Відстань між стінками опоки і моделями повинно бути не менше 30 мм. Моделі покривають шаром свіжоприготованої суміші завтовшки 15-30 мм і злегка ущільнюють її. Решту частини опоки засипають з надміром наповнювальною сумішшю і ущільнюють суміш ручними трамбівками. Надлишок суміші зрізається лінійкою по контрладу. Зі сторони контрладу душником розжарюють вентиляційні канали, що не доходять до поверхні моделі на 10-15 мм. Після цього опоку перевертають контрладом вниз і приступають до виготовлення верхньої півформи.

На напівмодель, заформовану в нижній напівфермі, встановлюють другу половину моделі і припорошують її. Встановлюють моделі випора, стояка і шлакоуловителя, площину роз'єму посипають сухим кварцевим піском. На нижню опоку по штирях накладають верхню опоку і проводять засипку і ущільнення суміші в тому ж порядку, що і нижньої півформи. Після розжарювання вентиляційних каналів, за допомогою совка і ланцета вирізують чашу літника. Півформи розкривають і, користуючись підйомниками, з них витягують всі елементи модельного оснащення. За допомогою ложечок, ланцетів, гачків і гладилок форму обробляють, поправляють і вигладжують. У нижню півформу встановлюють по знаках готовий стрижень, накривають верхньою півформою і навантажують. Зібрана форма готова до заливки рідким металом.

Стрижень виготовляють одночасно з формою в роз'ємному стрижньовому ящику. Робочу поверхню ящика очищають. Скріплює половинки ящика струбцинами, встановлюють ящик у вертикальному положенні. Вклавши каркас стрижня, заповнюють порожнину ящика стрижньовою сумішшю. Трамбівками ущільнюють суміш постійно досипаючи нові порції. Зачищають виступаючі знаки стрижня. Знімають струбцини і, заздалегідь обстукавши ящик дерев'яним молотком, розкривають його. Стрижень перекладають на сушильну плиту, забарвлюють і сушать, після чого передають на збірку форми.

Зміст звіту.

Звіт повинен містити: назву і мету роботи, короткі теоретичні відомості про ливарні форми, малюнок і опис виготовленої форми.

Контрольні питання:

1. Як класифікуються ливарні форми?
2. Які матеріали застосовуються для виготовлення ливарних форм?
3. Назвіть переваги і недоліки разових лілейних форм.
4. Що входить в модельний комплект?
5. Яке призначення стрижнів?
6. З яких елементів складається система літника?
7. Яке призначення має кожен з цих елементів?
8. Для чого призначені опоки?
9. Які матеріали застосовуються при виготовленні опок?
10. Який інструмент застосовується при виготовленні ливарних форм?

Лабораторна робота 3

Вивчення процесу осідання циліндрових зразків на пресі

Мета роботи: вивчити характер сил, що діють, і формозмінність циліндрових зразків при осіданні, визначити закономірності зміцнення матеріалу при пластичній деформації.

Устаткування, інструмент і матеріали: циліндрові зразки зі свинцю, міді або алюмінію, лабораторний гідравлічний прес з набором бойків, штангенциркуль, змащувальні матеріали (індустріальне або трансформаторне масло), розчинник для знежирення зразків.

Загальні відомості

Осіданням називається технологічна операція кування, при якому збільшують поперечний перетин початкової заготовки за рахунок зменшення її висоти.

Це одна з найбільш поширених операцій. Вона застосовується як основна, наприклад, при куванні дисків, і як попередня, наприклад, для видалення окалини і додання вищих механічних властивостей заготівці.

Процес осідання залежить як від дії зовнішніх чинників, так і від технологічних властивостей металу.

Одним з головних чинників, що впливають на обробку, є тертя між заготівкою і інструментом. Деформація зразків відбувається нерівномірно унаслідок дії сил тертя, які гальмують перебіг металу, що примикає до торцевих поверхонь. Тому деформація елементів у цих поверхонь менша, ніж в перетинах, віддалених від торців. Внаслідок цього циліндровий зразок після осадження отримує бочкоподібну форму. Ступінь бочкоподібності тим більше, чим вище коефіцієнт контактного тертя, при зменшенні тертя в умовах хорошого мастила деформація може бути близька до рівномірної (рис.3.1).

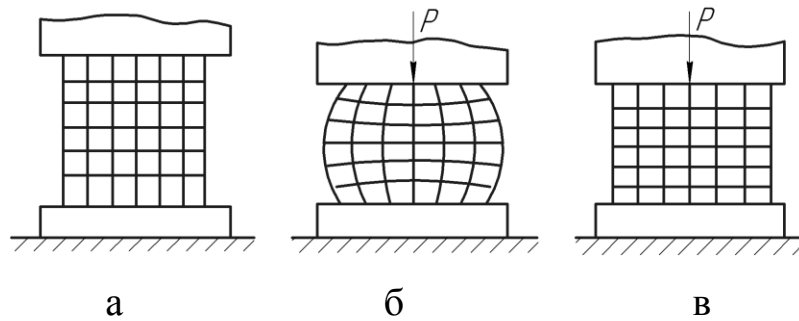


Рисунок 3.1. Вплив зовнішнього тертя на деформацію зразка: а - початковий стан зразка; б - осідання між не змащеними поверхнями; в - осідання між змащеними поверхнями.

Дія сил тертя найістотніша в центрі контактної поверхні. У міру видалення від центру по осі зразка і по радіусу до його периферії сили тертя зменшуються, деформації полегшуються.

З нерівномірністю деформацій пов'язано наявність різних зон осаджуваного зразка. У вертикальній площині можна виділити три зони деформації (рис.3.2).

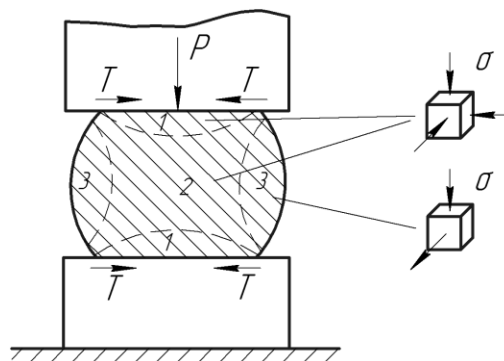


Рисунок 3.2. Зони деформацій в циліндровому зразку: 1 - зона найменшої деформації; 2 - проміжною; 3 - найбільшою.

Зони 1, прилеглі до торців зразка, деформуються трохи. У цих зонах створюється всестороннє стиснення. Зони 1 як би розклинюють зону, що знаходиться між ними, 2, що має підвищену деформацію. У цій зоні також має місце всестороннє стиснення. Зона 2, деформується в радіальному напрямі, розширює ту, що охоплює її зовнішню частину, зону 3. Інтенсивність деформацій в цій зоні найвища. Напружене полягання в цій зоні - стиснення-

розтягування, причому розтягуюча напруга може бути такою значною, що викличуть на бічній поверхні зразка тріщини.

На контактній поверхні (рис.3.3,а) при осадженні є три зони: ковзання, гальмування і застою. Зона 1 застою займає центральну частину контактної поверхні. У цій зоні поверхневі шари металу не зазнають змін. Наступна зона 2, гальмування, має блискучу поверхню із слідами перебігу металу. Периферійна кільцева зона 3, ковзання, має на поверхні сліди радіального перебігу металу, що указує на ковзання шарів металу в цій зоні. Це зона переходу бічної поверхні на контактну.

При осадженні зразків із змазуванням контактних поверхонь (рис.6.3,б) утворюється велика центральна зона 1 з матовою поверхнею і область, що обрамляє її, у вигляді блискучого кільця невеликої ширини.

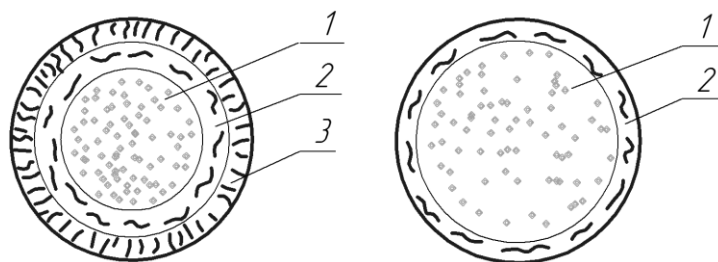


Рисунок 3.3. Зони деформацій на контактній поверхні зразка:

а - осідання між незмащеними поверхнями: 1 - зона застою; 2 - зона гальмування; 3 - зона ковзання; б - осідання між змащеними поверхнями: 1 - зона течії; 2 - зона гальмування.

Мастило сприяє зниженню контактного тертя, значному зменшенню зусиль обробки і витрати енергії, запобігає налипанню металу на інструмент, що підвищує якість виробів і стійкість інструменту.

Основною технологічною властивістю при куванні є пластичність. Це властивість металу змінювати під навантаженням свою форму і розміри, не

руйнуючись, і зберігати отриману форму після зняття навантаження. Пластичність залежить від складу і структури металу, швидкості і температури деформації, схеми напруженого стану. Максимальну пластичність матеріал має при всесторонньому стисненні, мінімальну - при всесторонньому розтягуванні. Руйнування металу зазвичай відбувається у напрямі деформацій розтягування.

При пластичній деформації відбувається зсув елементів кристалічної решітки, спостерігається механічне дроблення кристалів, розворот і орієнтація окремих кристалів площинами ковзання по напрямку дії зовнішньої сили. Все це сприяє розвитку внутрішньої напруги в структурі речовини, що чинять додатковий опір деформації. Зміцнення металів при пластичній деформації називається наклепанням. В результаті зміцнення пластичні властивості металів можуть знизитися настільки, що подальша деформація викликає руйнування.

При наклепанні метал переходить в нестійкий стан з підвищеним запасом внутрішньої енергії, тому він прагне повернутися в рівноважний стан. При нагріві металів до температур, що становлять 0,2-0,3 від температури плавлення ТПЛ, спотворення кристалічної решітки зменшуються, а при нагріві вище 0,4 ТПЛ властивості металу повертаються до їх початкових значень до деформації. Цей процес називається рекристалізацією.

Показниками, що характеризують пластичність металів при осіданні, є опір деформації і ступінь деформації. Якщо при осіданні швидкість рекристалізації менше швидкості наклепання, то із збільшенням ступеня деформації збільшується опір деформації. Якщо ж швидкість рекристалізації вища за швидкість наклепання, то опір деформації практично не змінюється.

Порядок виконання роботи

Зміряти штангенциркулем з точністю до 0,1мм діаметр і висоту двох зразків. Торцеву поверхню бойков преса і одного зразка знежирити розчинником. Встановити зразок на прес і обложити його при заданому

викладачем тиску масла в робочому циліндрі. Витримати зразок під тиском протягом 5-8 секунд, відкрити зливний кран і зняти зразок преса. Зміряти штангенциркулем висоту зразка і його діаметр в трьох перетинах, у верхнього і нижнього торців і посередині. Змастити поверхні бойков і торці другого зразка маслом. Провести осідання зразка при тому ж тиску. Зміряти зразок після осідання. Обчислити бочкоподібність зразків за формулою:

$$\Delta_{\text{бочк}} = d_{\text{max}} - d_{\text{min}},$$

де d_{max} і d_{min} - відповідно найбільший і найменший діаметри зразка, мм. Результати вимірювань і розрахунків занести в табл.6.1

Таблиця 3.1

Вплив зовнішнього тертя на характер формозмінності зразків при осіданні

Умови деформації	Тиск мастила р _м , МПа	Розміри зразка, мм				Бочкоподібність $\Delta_{\text{бочк}}$, мм
		До деформації		Після деформації		
		Висота Н	Діаметр D	Висота h	Діаметр d	
Без мастила						
З мастилом						

Зміряти штангенциркулем з точністю до 0,1 мм висоту і діаметр трьох зразків зі свинцю і трьох зразків з міді або алюмінію. Провести осідання зразків при заданому викладачем тиску. Зміряти висоту і діаметр зразків після деформації. Визначити для кожного зразка ступінь деформації по формулі

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{H} \cdot 100\% = \frac{H - h}{H} \cdot 100\%,$$

де Δh - абсолютна деформація зразка, мм;

H - висота зразка по деформації, мм;

h - висота зразка після деформації, мм.

Визначити опір деформації за формулою:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{F_{\text{обр}}} = \frac{4P}{\pi \cdot d^2},$$

де P - зусилля деформації, Н;

d - діаметр зразка після осідання, мм.

Для лабораторного преса зусилля визначається з виразу

$$P = F_{\text{порш}} \cdot p_m = 2,64 \cdot 10^3 \cdot p_m ,$$

де $F_{\text{порш}}$ - площа поршня преса, м²;

p_m - тиск масла (манометричне), МПа.

Результати вимірювань і розрахунків занести в табл.6.2.

Таблиця 3.2

Результати вимірювань показників пластичності зразків при осіданні

Матеріал зразків	Тиск мастила р _м , МПа	Розміри зразків, мм				Зусилля деформації Р, Н	Опір деформації, МПа	Ступінь деформації %
		До деформації		Після деформації				
		Висота Н	Діаметр D	Висота h	Діаметр d			

За отриманими даними побудувати графіки залежності опору деформації від ступеня деформації для зразків з різних матеріалів.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назва і мета роботи, короткі теоретичні відомості про зовнішнє тертя і технологічні властивості металу, ескізи деформованих зразків з позначенням зон деформації, табл. 6.1 і 6.2 з результатами вимірювань і розрахунків, графіки залежності двох груп зразків, висновки про проведену роботу.

Контрольні питання

1. Дайте визначення операції осідання. Коли застосовується осідання?
2. Як на процес осідання впливає зовнішнє тертя?
3. Які зони деформації у осаджуваного зразка можна виділити у вертикальній площині?
4. Які зони можна виділити на контактній поверхні зразка при осіданні без мастила і з мастилом?
5. Що називається пластичністю металу?
6. Що називається явищем наклепання?
7. Які процеси відбуваються в металі при рекристалізації?
8. Які показники характеризують пластичність металу?

Лабораторна робота 4

Дослідження процесу вирубування листового металу в штампах

Мета: ознайомитися з процесом вирубування листового металу; вивчити вплив на процес вирубування властивостей матеріалу, його товщину, величин проміжку між матрицею і пуасоном, мастильних матеріалів.

Устаткування інструмент і матеріали : лабораторний гідравлічний прес, вирубний штамп з набором швидкозмінних пуансонів, штангенциркуль, заготівлі у вигляді смуг із сталі, алюмінію, латунь завтовшки від 1 до 3 мм, мастильні матеріали, розчинник для знежирення поверхонь.

Вирішальне значення для обробки має вибір найкращого типу мастила. Мастило повинне витримувати високі робочі тиски і не втрачати в'язкості при нагріві. При обробці пластичних матеріалів і сплавів застосовують рідкі і пластичні консистентні мастила: тваринні, рослинні і мінеральні масла, солидоли, останнім часом набули поширення кремнійорганічні мастила (силикони). При обробці малопластичних металів і сплавів застосовують високов'язкі консистентні і тверді мастила? Масла з наповнювачами (тальк, графіт, слюда), натрієве і кальцієве мило, дисульфід молібдену, фосфати.

Вирубування (пробивка) - найбільш поширена технологічна операція листового штампування, яке застосовується як для отримання заготівель під подальшу обробку, так і готових деталей. При вирубуванні і пробивці характер деформації заготівлі однаковий. Відмінність операцій в призначенні. Вирубування - повне відділення заготівлі або виробу від початкової заготівлі по замкнутому контуру: пробивка - освіта в заготівлі отвору або паза з видаленням частини матеріалу у відхід.

Процес розподілу матеріалу при вирубуванні складається з трьох стадій: пружної, пластичної і сколювання (руйнування).

У початковій стадії деформації відбувається вигин штампованого матеріалу, потім починаються урізування кромки в заготівлю і зміщення однієї частини заготівлі відносно іншої без видимого руйнування. При певній частині заготівлі відносно іншої без видимого руйнування. При певній глибині впровадження в заготівлю у різальних кромках матриці і пуасона зароджуються тріщини швидко проникаючі в товщину заготівлі один назустріч одному. Якщо ці тріщини зустрічаються, то поверхня зрізу виходить порівняно рівною, такою, що складається з блискучого поясочка, від впровадження різальних кромки і шорсткої поверхні руйнування в зоні проходження тріщин. Якщо тріщини не зустрічаються, то з'являються поясочки вторинного зрізу, погіршуючі якість деталі.

Одним з основних чинників. Що чинять вплив на зусилля вирубування, являється опір матеріалу зрізу . Воно залежить в першу чергу від міцності матеріалу, від проміжку між матрицею і пуансоном, від стану різальних кромок і їх геометрії, від форми і розмірів вирубуваного виробу, від швидкості деформації і якості мастильного матеріалу.

Найменше зусилля вирубування виходить при проміжках між пуансоном і матрицею, званих оптимальними (при таких проміжках тріщини від різальних кромок матриці і пуансона зустрічаються). Значення оптимальних проміжків змінюються залежно від властивостей і товщини штампованого матеріалу і приводяться в довідковій літературі; приблизно вони складають 5-10% товщину матеріалу.

При вирубуванні інструментом з притупленими різальними кромками вогнище пластичної деформації розширюється що призводить до підвищення опору зрізу, а значить, і зусилля вирубування.

Пластична деформація (зім'яло, зрушення, вигин), яка створює поблизу кромок виробу наклепану зону підвищеної твердості, залежить від форми і розмірів виробу (особливо від відносної товщини вирубування) і швидкості деформації. Відповідно до розвитку пружної і пластичної деформацій змінюється і зусилля вирубування.

Роль мастильного матеріалу полягає в тому, щоб зменшити силу тертя між заготовлею і інструментом, оберегти інструмент від налипання металу, виключити микровырывы і задираки. Мастила повинні мати високу адгезію, теплопровідність і не занадто високу в'язкість (швидко проникати на поверхню розподілу).

Правильний вибір технологічних параметрів дозволяє значно понизити опір матеріалу деформації, а отже, і зусилля обробки, що сприяє підвищенню продуктивності праці.

Опір матеріалу зрізу σ_{cp} , МПа,

$$\sigma_{cp} = (m \cdot \frac{S}{d} + 0.6) \cdot \sigma_{\epsilon}$$

де S - товщина матеріалу, мм;

d - діаметр виробу, мм;

m - коефіцієнт, залежний від проміжку, при оптимальному проміжку

$m=1,2$.

Отже, при оптимальному проміжку

$$\sigma_{cp} = (1,2 \cdot \frac{S}{d} + 0.6) \cdot \sigma_{\epsilon} \approx (1 + 2 \cdot \frac{S}{d}) \cdot \sigma_T,$$

де σ_T - межа плинності, МПа.

Зусилля вирубування, Н,

$$P = K \cdot L_K \cdot S \cdot \sigma_{cp},$$

де K – коефіцієнт, що враховує стан різальних кромek, нерівномірність проміжку, відхилення в товщині матеріалу і його властивостях $K=1,2-1,3$;

L_k - довжина контура вирубубаного виробу, мм.

Робота вирубубання, Дж,

$$A = 10^{-3} \cdot \lambda \cdot P \cdot S,$$

Де λ - коефіцієнт, залежний від роду і товщини матеріалу.

Значення коефіцієнта λ

Матеріал	Товщина матеріалу, мм			
	До 1	1-2	2-4	Більше 4
Сталь, $\sigma_{cp}=250-350$ МПа	0,70-0,65	0,65-0,60	0,60-0,50	0,45-0,30
Сталь, $\sigma_{cp}=350-500$ МПа	0,60-0,55	0,55-0,50	0,50-0,42	0,40-0,30
Сталь, $\sigma_{cp}=500-700$ МПа	0,45-0,40	0,40-0,35	0,35-0,30	0,30-0,15
Мідь, алюміній	0,75-0,70	0,70-0,65	0,65-0,55	0,50-0,40

Порядок виконання роботи

1. Досліджувати вплив величини проміжку при вирубубанні заготівель на зусилля вирубубання і якість виробу. Для цього виробити вирубубання заготівель з алюмінію завтовшки 3 мм трьома змінними пуасонами з різними діаметрами. Зафіксувати зусилля вирубубання в кожному досвіді. Величину проміжку Z розрахувати по формулі

$$Z = \frac{D_m - D_n}{2 \cdot S} \cdot 100\%$$

де D_m , D_n - відповідно діаметри отвору матриці і пуасона, мм.

Опір матеріалу зрізу σ_{cp} і роботу вирубубання A розрахувати. Використовуючи формули (2) (3). Якість поверхні зрізу оцінити візуально. Отримані результати занести в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1.

Результати вирубубання при різній величині зазору

Діаметр матриці D_m , мм	Діаметр пуасона D_n , мм	Величина проміжку Z , мм	Зусилля вирубубання P , Н	Опір зрізу σ_{cp} , МПа	Робота вирубубання A , Дж	Якість зрізу
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	--------------

1. Досліджувати вплив товщини оброблюваного матеріалу на зусилля вирубування. Для цього виробити вирубування заготівель з одного матеріалу при різній товщині листа.

Результати дослідів занести в таблиці. 4.2. За отриманими даними побудувати графік залежності опору різанню і роботи вирубування від товщини матеріалу.

Таблиця 4.2.

Результати вирубування при різній товщині оброблюваного матеріалу

Діаметр матриці D_m , мм	Діаметр пуасона D_n , мм	Величина зазору Z, мм	Товщина листа S, мм	Зусилля вирубування P, Н	Опір зрізу σ_{cp} , МПа	Робота вирубування A, Дж

1. Дослідження вплив міцності матеріалу на зусилля вирубки. Для цього провести вирубку заготовок з різних матеріалів при оптимальному зазорі і при однаковій товщині листа. Результати дослідів занести в табл. 4.3. За отриманими даними побудувати графіки залежності опору різання та роботи вирубки від межі міцності матеріалу.

Таблиця 4.3.

2. Дослідження вплив мастильних матеріалів на зусилля вирубування. Для цього виробити вирубування заготівель з мастилом і без мастила. Результати дослідів занести в таблиці. 12.

Таблиця 4.4.

Результати вирубування з мастилом і без мастила

Діаметр заготівлі d, мм	Діаметр виробу d, мм	Товщина листа S, мм	Умови вирубування	Зусилля вирубування P, Н	Опір зрізу σ_{cp} , МПа	Робота вирубування A, Дж

Зміст звіту :

Назва і мета роботи;

Короткі зведення про процес вирубування і пробивки;

Розрахункові формули для визначення параметрів обробки;

Таблиця. 9-12 з результатами вимірів і розрахунків, графіки залежностей

$$\sigma_{cp} = f(S); A = f(S); \sigma_{cp} = f(\sigma_s); \text{и } A = f(\sigma_s);$$

Висновки про вплив на параметри обробки величини проміжку між матрицею і пуасоном, товщина оброблюваного матеріалу, межі міцності матеріалу, умов мастила.

Контрольні питання

1. Що таке вирубування?
2. Що називається пробивкою?
3. У чому відмінність вирубування і пробивки?
4. Які стадії деформації проходить метал при вирубуванні?
5. Що називається оптимальним проміжком штампу?
6. Як впливає на процес штампування зміна радіусу різальної кромки?
7. Яку роль грає мастило при штампуванні?

Лабораторна робота 5

Розробка технологічного процесу вільного кування на молотах

Мета роботи: ознайомитися з технологічним процесом вільного кування на молотах, розробити технологічний процес виготовлення ступінчастої поковки круглого перетину.

Загальні відомості

Основними етапами розробки технологічного процесу кування є: складання креслення поковки з призначенням припусків, допусків і напуску; визначення маси і розмірів заготовки і вибір злитка або прокату на заготовку; вибір ковальських операцій і їх послідовності; вибір ковальського устаткування необхідної потужності і габаритних розмірів; встановлення режимів нагріву і охолодження поковки.

Складання креслення поковки

Креслення поковки складають на підставі креслення готової деталі або креслення обробленої поковки. Поковка відрізняється від готової деталі наявністю припусків і допусків на кування, а при необхідності - напуску.

Припуск - передбачене збільшення розміру поковки в порівнянні з розміром деталі, що забезпечує після обробки різанням необхідні, проставлені на кресленні розміри деталі і шорсткість її поверхні.

Припуск δ залежить від класу точності поковки, групи сталі, ступеню складності, маси поковки, від шорсткості і розмірів поверхні.

Допуск – відхилення розміру поковки від номінального (розрахункового), обумовлене неточністю виготовлення.

Допуск залежить від маси поковки, ступеня її складності, групи стали і розмірів поверхні.

На рис.7.1 показана схема розташування основних припусків та допусків на поковці круглого перетину.

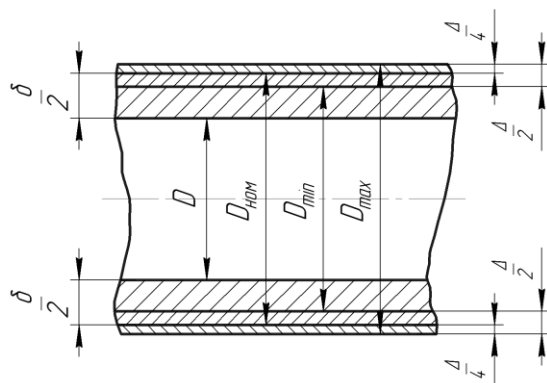


Рис. 5.1.Схема розташування припусків і допусків на поковці
З рисунка видно, що розміри поковки зв'язані наступними співвідношеннями:

$$D_{\text{ном}} = D + \delta;$$

$$D_{\text{min}} = D_{\text{ном}} - \frac{\Delta}{2} = D + \delta - \frac{\Delta}{2};$$

$$D_{\text{max}} = D_{\text{ном}} + \frac{\Delta}{2} = D + \delta + \frac{\Delta}{2};$$

де D - розмір чистого виробу, $D_{\text{ном}}, D_{\text{min}}, D_{\text{max}}$ - відповідно номінальний, найменший і найбільший розміри поковки.

Припуски і допуски для поковок круглого перетину з уступами призначаються основні і додаткові. Основні припуски і граничні відхилення слід призначати відповідно до рис. 5.2 і табл.5.1. Отримані номінальні розміри поковки допускається округляти до найближчих цілих чисел у більшу сторону.

Таблиця 5.1.

Довжина деталі L, мм	Діаметр деталі D, мм							
	До 50	св. 50 до 70	св. 70 до 90	св. 90 до 120	св.120 до 160	св.160 до 200	св.200 до 250	св.250 до 300
	Припуски ($\delta; \delta_1; \delta_2$) та граничні відхилення ($\pm \frac{\Delta}{2}; \pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$), мм							
до 250	5 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 3	-	-	-
св.250 до 500	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4
св.500 до 800	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4
св.800 до 1200	8 ± 2	9 ± 3	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4
	-	10 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5
	-	11 ± 3	12 ± 3	13 ± 4	14 ± 4	15 ± 4	16 ± 5	17 ± 5

св.1200 до 1700								
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

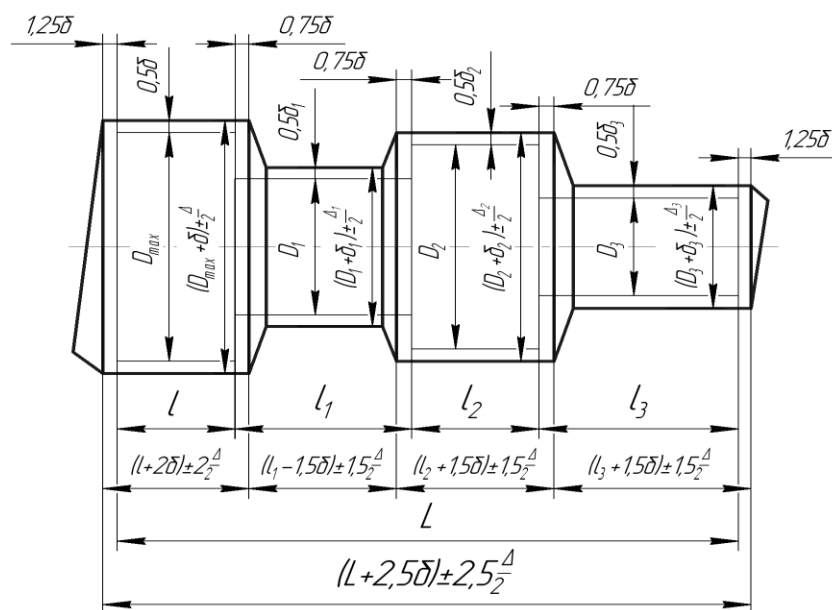


Рис. 5.2. Розрахункова схема розмірів поковки.

Додаткові припуски призначаються з метою компенсації відхилень виготовлення, наприклад, неспіввісності поверхонь різних діаметрів. Додатковий припуск призначають по табл. 7.2 на діаметри всіх перетинів, окрім найбільшого. Після цього визначають основний перетин, розраховуючи площі перетинів ступенів і так далі. За основний приймають перетин, у якого площа найбільша. Якщо за основний перетин прийнятий не виступ найбільшого діаметру, то додатковий припуск переносять з основного перетину на виступ найбільшого діаметру.

Таблиця 5.2

Додаткові припуски для поволок круглого перетину з уступами

Різниця діаметрів найбільших і розглянутих перетинів ($D_{max}-D_i$), мм	До 40	св.40 до 80	св.80 до 100	св.100 до 120	св.120 до 140	св.140 до 160	св.160 до 180	св.120
Додатковий припуск на діаметр S_i , мм	3	4	5	6	7	8	9	10

Часто виготовлення спеціального інструменту або збільшення об'єму ковальської обробки обходиться дорожчим, ніж втрати металу і часу при подальшій механічній обробці. Кування уступів з малою висотою виступу економічно недоцільне, в цьому випадку уступ виконують по діаметру сусіднього виступу. Рекомендації по вибору економічно доцільної мінімальної висоти уступу приведені в табл.4.3. Кування коротких уступів практично важко здійснена, уступ доводиться збільшувати до технологічно допустимої довжини. Виготовлення уступу можливе, якщо виконуються дві умови:

$$l_i \geq 0,2 \cdot D_i; \quad l_i \geq 1,2 \cdot h_i,$$

де l_i і h_i - відповідно довжина і висота уступу;

D_i - діаметр перетину даного уступу.

Таке збільшення припуска в цілях спрощення конфігурації поковки через неможливість або нерентабельність її виготовлення з контуром, відповідним контуру деталі, називається напуском.

До напуску відносяться штампувальні ухили, внутрішні радіуси, перемички отворів, галтелі.

Таблиця 5.3

Залежність мінімальної висоти уступу від діаметру поковки

Діаметр поковки D_i , мм	До 100	св.100 до 180	св.180 до 250	св.250
Мінімально здійснена висота уступу h_i мм	4	5	6	7

Призначивши потрібні припуски, допуски і напуск складають креслення поковки. Контур поковки викреслюють суцільними контурними лініями по номінальних розмірах. Габаритний контур готової деталі або заготовки після механічної обробки викреслюють на кресленні поковки тонкими лініями. Цифри без дужок над розмірною лінією позначають номінальні розміри поковки, цифри в дужках під розмірною лінією - номінальні розміри деталі або обдирні розміри заготовки, цифри із знаком "плюс" і "мінус", розташовані праворуч від розміру поковки, указують відповідно величини верхнього і нижнього відхилень. На рис. 5.3 показаний приклад виконання креслення поковки круглого валу з уступами і виїмкою. Цифрою 1 позначені галтелі, цифрою 2 - кінцеві скоси при обробуванні.

Визначення маси і розмірів заготовки

Масу заголовки можна розрахувати по формулі:

$$G_3 = G_{\text{пок}} + G_{\text{від}} + G_{\text{чад}},$$

де - $G_{\text{пок}}$, $G_{\text{від}}$, $G_{\text{чад}}$ - відповідно маса поковки, відрубаної частини і чаду.

Основна частина маси заготовки доводиться на масу поковки, яку визначають множенням об'єму поковки (дм³) на щільність (кг/дм³). Для підрахунку об'єму поковки її розбивають на елементарні ділянки і визначають їх об'єм по геометричних формулах. При цьому в розрахунках використовують номінальні розміри поковки (без урахування допусків). Щільність сталі приймається рівною 7,9 кг/дм³.

Масу галтелів на поковке визначають по формулі:

$$G_r = 0,2 \cdot \pi \left(\frac{D_i}{2} + \frac{h_i}{3} \right) \cdot h_i^2 \cdot \rho,$$

де D_i - діаметр меншого з перетинів, дм.

h_i - висота уступу, дм

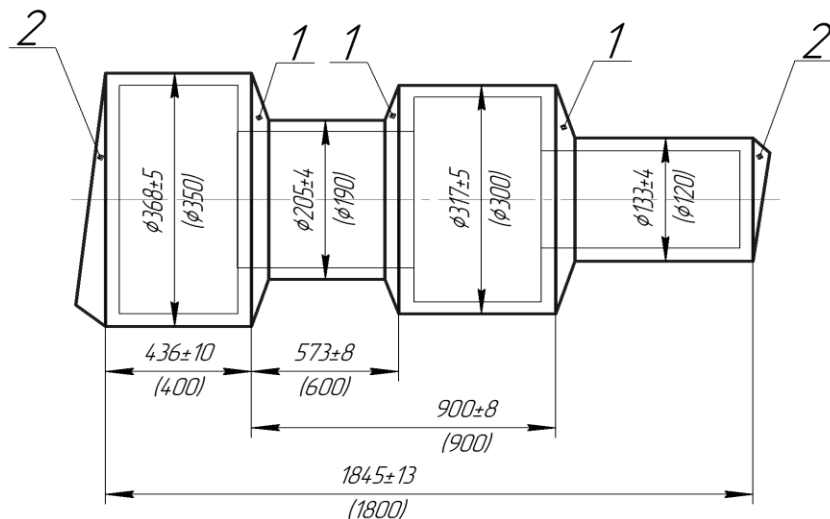


Рис. 5.3. Креслення поковки круглого перетину

Якщо при куванні довгих валів не передбачений надмірний матеріал на обрубку кінців, то не витримуються розміри по довжині або погіршується якість торця виробу - утворюється бочка, що збільшує об'єм подальшої металообробки. Довжина відрубаної частини повинна бути достатньою для можливості обрубку і отримання торця хорошої якості. Для круглої поковки довжина на обрубку рівна:

$$l_{\text{от}} = 0,36 \cdot D_k + 0,15,$$

де D_k - діаметр відрубаного кінця поковки, дм.

Маса відрубаної частини підраховується так само, як і маса поковки.

Відхід на чад беруть у відсотках від маси металу, що нагрівається. При куванні з прокату він складає 2-2,5% маси заготовки.

Якщо як заготівка вибирають прокат круглого перетину, то її маса і розміри зв'язані співвідношенням:

$$G_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 \cdot \rho$$

Довжину заготівки L_3 призначають більше $2,5D_3$, оскільки при більшій довжині може відбутися подовжній вигин заготівки при осіданні. Враховуючи це, визначають найменший можливий діаметр заготівки по формулі:

$$D_{3min} = 10^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot G_3}{\pi \cdot \rho}}, \text{ мм.}$$

По табл.5.4 вибирають як початкову заготівку прокат круглого перетину з найближчим великим значенням діаметру і обчислюють довжину заготівки по формулі

$$L_3 = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot G_3}{\pi \cdot D_3^2 \cdot \rho}, \text{ мм.}$$

Таблиця 5.4

Сталь гарячекатана круга, ГОСТ 2590-70

Діаметр, мм	Граничні відхилення, мм	Діаметр, мм	Граничні відхилення, мм
100; 105	+0,6	160; 170; 180	+0,9
110; 115	-1,7	190; 200	-2,5
120; 125; 130	+0,8	210; 220; 230	+1,2
135; 140; 150	-2,0	240; 250	-3,0

Вибір ковальських операцій

Процес кування складається з чергування в певній послідовності основних і допоміжних операцій. Кожна ковальська операція визначається характером деформації металу і вживаним інструментом. Кування ступінчастих поковок круглого перетину можна проводити за допомогою наступних операцій: осідання; протяжка-подовження заготовки за рахунок зменшення площі її поперечного перетину; кування виїмки - зменшення перетину заготівки щодо лівого і правого фланців; отрубка-відділення частини заготівки; зарубка-розмітка поковки з метою правильного виконання основної операції. Схеми цих операцій приведені на рис.5.4.

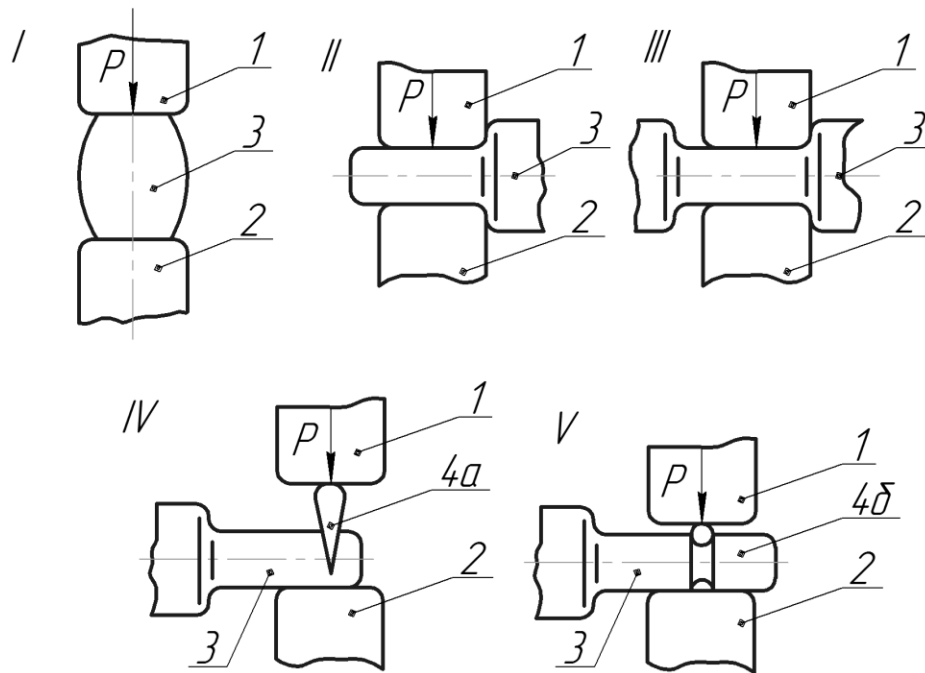


Рис.5.4. Схеми ковальських операцій:

I - осідання; II - протяжка; III - кування виїмки; IV - обрубка; V - зарубка; 1 - верхній бойок; 2 - нижній бойок; 3 - заготовка; 4 - інструмент (4а - сокира, 4б - пережимка)

При розробці технологічного процесу необхідно передбачати збільшення початкового діаметру на уковку. Уковка проводиться з метою виправлення дефектів прокату і формування мікроструктур поковки. Для заготовок круглого перетину діаметр уковки рівний $D_y = 1,3D_{max}$. Якщо діаметр заготівки D_3 менший D_y , то необхідно провести осідання початкової заготовки до необхідних розмірів.

При виконанні розмітки невідому довжину ділянки, що притинається, можна визначити з рівності об'ємів металу до і після операції

$$\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot l_2 ; \quad l_1 = \frac{D_2^2 \cdot l_2}{D_1^2},$$

де D_1 та l_1 - відповідно діаметр і довжина ділянки до операції;

D_2 и l_2 - діаметр і довжина ділянки після операції.

Вибір ковальського устаткування і режиму нагріву

Основними типами молотів для кування є пневматичні і пароповітряні молоти. Мелені - машини динамічної ударної дії. Метал деформується за рахунок енергії, накопиченої падаючими частинами мелена до моменту їх зіткнення із заготівкою. При виборі молотів керуються масою їх падаючих частин. Пневматичні молоти мають масу падаючих частин від 50 до 1000 кг і

застосовуються для кування дрібних поковок (до 20 кг). Характеристики пароповітряних молотів приведені в табл. 5.5 і 5.6

Таблиця 5.5

Основні параметри молотів кувальних пароповітряних подвійної дії

Параметр	Значення параметра				
Номінальна маса падаючих частин, кг	1000	2000	3150	5000	8000
Частота ударів, хв ⁻¹	71	56	56	45	34
Шлях між стойками, мм	1800	2360	2800	4000	4500
Висота робочої зони, мм	450	530	630	710	800
Розміри дзеркала бойка, мм	400x240	530x300	600x340	710x400	800x480

Таблиця 5.6

Дані для вибору маси падаючих частин пароповітряних молотів залежно від розміру поковки

Маса падаючих частин, кг	Маса поковки, кг		Діаметр в найбільшому перетині поковки, мм
	середня	найвища	
1000	20	70	160
2000	60	180	225
3150	100	320	275
5000	200	700	350
8000	350	130	400

Для підвищення пластичності металу заготовки перед куванням нагрівають. При недостатньому нагріві пластичність майже не підвищується. При дуже високому нагріві спостерігається різке зростання розмірів зерна металу, що приводить до знижень його механічних властивостей. Це явище називається перегрівом. Ще більший нагрів приводить до перепалу, появі крихкої плівки між зернами металу унаслідок окислення їх меж. При цьому відбувається повна втрата металом пластичності. Таким чином, кожен метал і сплав має свій певний температурний інтервал при гарячій обробці тиском. У табл.7.7 приведені допустимі температурні інтервали кування деяких сталей.

Рациональний температурний інтервал кування зазвичай вже допустимого на 20-50°C в обидві сторони.

Таблиця 5.7

Температурні інтервали кування, °C

Марка сталі	Максимальна температура нагріву	Мінімальна температура закінчення кування	Марка сталі	Максимальна температура нагріву	Мінімальна температура закінчення кування
15	1300	700	20X	1260	750
35	1280	750	40X	1250	800
45	1250	750	20XH	1250	860
60	1220	800	45XH	1200	800

Приклад виконання роботи

Індивідуальне завдання: Варіант № XX.

Розробити технологічний процес виготовлення поковки круглого ступінчастого валу.

Початкові дані: $D_1 = 240$ мм; $D_2 = 180$ мм; $D_3 = 200$ мм; $D_4 = 100$ мм; $L = 850$ мм;

Матеріал валу - сталь 50Г.

Складання креслення поковки.

Викреслимо ескіз заготовки валу.

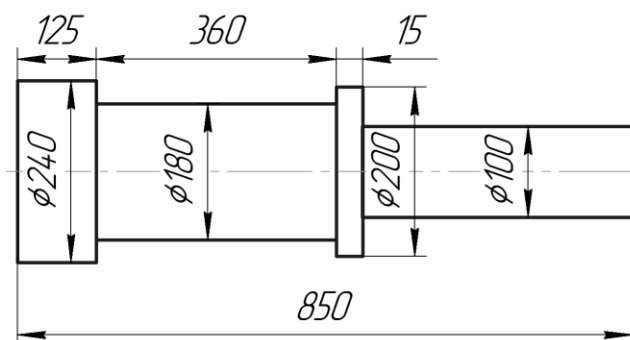


Рис. 5.5. Ескіз обробленої заготовки валу.

Визначимо розміри поковки з припусками, допусками і напуском.

Величину основних припусків і граничних відхилень призначаємо по табл.5.4.:

на діаметр $D_1 = 240 - 14 \pm 4$ мм;

на діаметр $D_2 = 180 - 13 \pm 4$ мм;

на діаметр $D_3 = 200 - 13 \pm 4$ мм;

на діаметр $D_4 = 100 - 11 \pm 3$ мм;

Розміри поковки визначимо по розрахунковій схемі, представлений на рис .5.2:

$$\begin{aligned}D'_1 &= (240 + 14) \pm 4 = 254 \pm 4 \text{ мм}; \\D'_2 &= (180 + 13) \pm 4 = 193 \pm 4 \text{ мм}; \\D'_3 &= (200 + 13) \pm 4 = 213 \pm 4 \text{ мм}; \\D'_4 &= (100 + 11) \pm 3 = 111 \pm 3 \text{ мм}; \\L' &= (850 + 2,5 \cdot 14) \pm 2,5 \cdot 4 = 885 \pm 10 \text{ мм}; \\l'_1 &= (125 + 2 \cdot 14) \pm 2 \cdot 4 = 153 \pm 8 \text{ мм}; \\l'_2 &= (360 + 1,5 \cdot 14) \pm 1,5 \cdot 4 = 339 \pm 6 \text{ мм}; \\l'_3 &= (15 + 1,5 \cdot 14) \pm 1,5 \cdot 4 = 36 \pm 6 \text{ мм};\end{aligned}$$

Найбільший діаметр валу $D_{max} = D_1 = 240 \text{ мм}$.

По табл. 5.2 призначаємо додаткові припуски:

на діаметр $D_2 - S_2 = 4 \text{ мм}$;

на діаметр $D_3 - S_3 = 3 \text{ мм}$;

на діаметр $D_4 - S_4 = 7 \text{ мм}$;

Призначаємо основний перетин, для чого розрахуємо площі подовжніх перетинів ступенів:

$$\begin{aligned}D_1^I \times l_1^I &= 254 \cdot 153 = 38862 \text{ мм}^2; \\D_2^I \times l_2^I &= 193 \cdot 339 = 65427 \text{ мм}^2; \\D_3^I \times l_3^I &= 213 \cdot 36 = 7668 \text{ мм}^2; \\D_4^I \times l_4^I &= 111 \cdot 885 - (153 + 339 + 36) = 39627 \text{ мм}^2;\end{aligned}$$

За основний перетин приймаємо ступінь діаметром $D_2 = 180 \text{ мм}$, що має найбільшу площу повздовжнього перетину. У зв'язку з тим, що за основний перетин прийнятий виступ не з найбільшим діаметром, додатковий припуск $S_2 = 4 \text{ мм}$ переносимо на діаметр D_1 .

Остаточні діаметральні розміри валу з основними і додатковими припусками будуть рівні:

$$D_1^I = 258 \pm 4 \text{ мм}; D_2^I = 193 \pm 4 \text{ мм}; D_3^I = 216 \pm 4 \text{ мм}; D_4^I = 118 \pm 3 \text{ мм}.$$

Перевіримо здійснимість поковки.

Висота уступів між діаметрами рівна

$$\begin{aligned}h_{1-2} &= \frac{258 - 193}{2} = 32,5 \text{ мм}; h_{2-3} = \frac{216 - 193}{2} = 11,5 \text{ мм}; h_{3-4} = \frac{216 - 118}{2} \\&= 49 \text{ мм};\end{aligned}$$

Порівнявши розрахункову висоту уступів з мінімально здійсненою висотою, приведеною в табл.4.3, напуск на діаметральні розміри не призначаємо.

Перевіримо здійснимість уступів по довжині. Для найкоротшого уступу розрахуємо виходячи з умови здійснимості:

$$l'_{3 \min} = 0,2 \cdot 216 = 43 \text{ мм}; l''_{3 \min} = 1,2 \cdot 49 = 59 \text{ мм}.$$

Довжину уступу l_3 збільшуємо до 59 мм у бік діаметру D_2 , тоді довжина уступу стане рівною

$$l'_2 = 339 - (56 - 36) = 316 \text{ мм}.$$

Остаточні лінійні розміри валу з припусками і напуском рівні:

$$L = 885 \pm 10 \text{ мм}; l_1 = 153 \pm 8 \text{ мм}; l_2 = 316 \pm 6 \text{ мм}; \\ l_3 = 59 \pm 6 \text{ мм}; l_4 = 357 \pm 8 \text{ мм}.$$

За отриманими розмірами викреслюємо ескіз поковки валу.

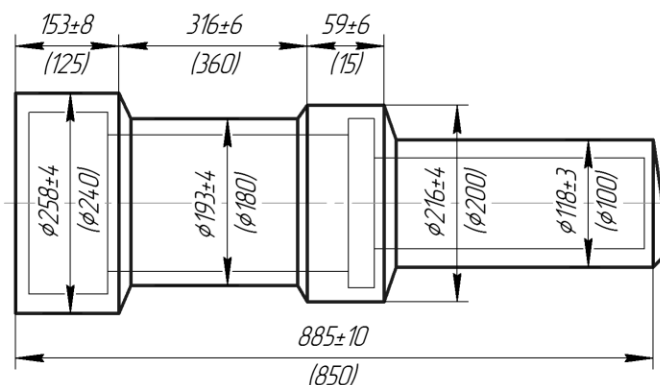


Рис.5.6. Ескіз поковки валу

Розрахунок маси та розмірів заготовки:

$$G_z = G_{\text{пок}} + G_{\text{від}} + G_{\text{чад}}.$$

Тут маса поковки дорівнює:

$$G_{\text{пок}} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_{21} + G_{22} + G_{23},$$

$$G_1 = \frac{\pi \cdot 2,58^2}{4} \cdot 1,53 \cdot 7,9 = 63,15 \text{ кг};$$

$$G_2 = \frac{\pi \cdot 1,93^2}{4} \cdot 3,16 \cdot 7,9 = 72,99 \text{ кг};$$

$$G_3 = \frac{\pi \cdot 2,16^2}{4} \cdot 0,59 \cdot 7,9 = 17,07 \text{ кг};$$

$$G_4 = \frac{\pi \cdot 1,18^2}{4} \cdot 3,57 \cdot 7,9 = 30,82 \text{ кг};$$

$$G_{21} = 0,2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,93}{2} + \frac{0,325}{3} \right) \cdot 0,325^2 \cdot 7,9 = 0,56 \text{ кг};$$

$$G_{22} = 0,2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,93}{2} + \frac{0,115}{3} \right) \cdot 0,115^2 \cdot 7,9 = 0,56 \text{ кг};$$

$$G_{23} = 0,2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{1,18}{2} + \frac{0,49}{3} \right) \cdot 0,49^2 \cdot 7,9 = 0,89 \text{ кг};$$

$$G_{\text{пок}} = 63,15 + 72,99 + 17,07 + 30,82 + 0,56 + 0,07 + 0,89 = 185,55 \text{ кг};$$

Маса відрубаної частини

$$G_{\text{від}} = \frac{\pi \cdot D_4'^2}{4} \cdot l_{\text{від}} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 1,18^2}{4} \cdot 0,57 \cdot 7,9 = 4,92 \text{ кг};$$

де $l_{\text{від}} = 0,36D_4' + 0,15 = 0,36 \cdot 1,18 + 0,15 = 0,57 \text{ дм}$.

Відхід на чад приймаємо рівним 2,5% від маси металу, що нагрівають.

$$G_{\text{чад}} = (185,55 + 4,92) \cdot 0,025 = 4,76 \text{ кг};$$

Тоді

$$G_3 = 185,55 + 4,92 + 4,76 = 195,23 \text{ кг}.$$

Підрахуємо найменший допустимий діаметр заготовки з круглого прокату:

$$D_{3\min} = 10^2 \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 195,23}{\pi \cdot 7,9}} = 233 \text{ мм}.$$

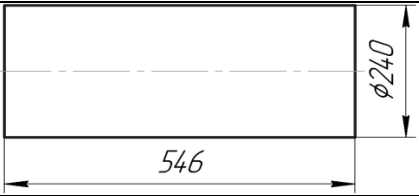
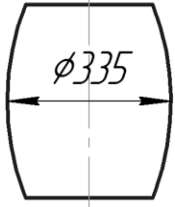
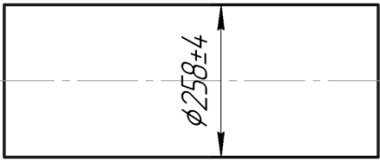
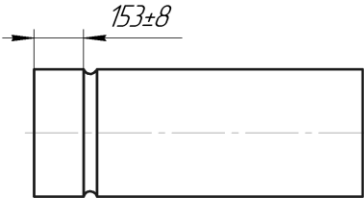
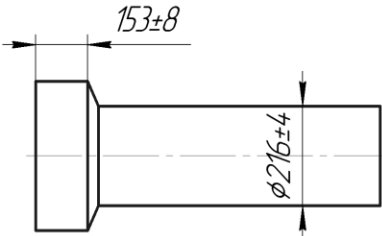
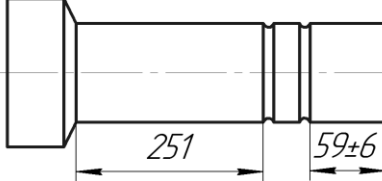
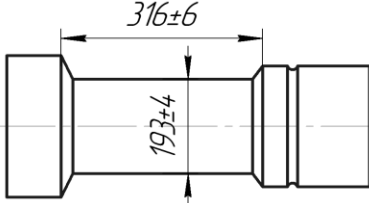
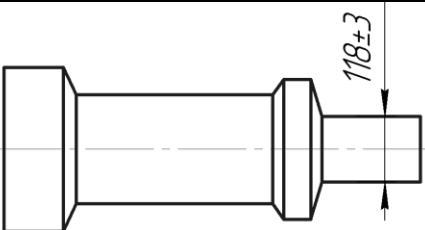
Приймаємо за початкову заготовку прокат діаметром

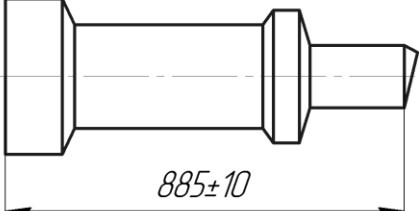
$$D_3 = 240_{-3,0}^{+1,2} \text{ мм}.$$

Довжина заготовки при такому діаметрі дорівнює:

$$L_3 = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot 195,23}{\pi \cdot 240^2 \cdot 7,9} = 546 \text{ мм}.$$

Складемо маршрутний технологічний процес кування вала.

Номер операції	Склад операції	Операційні ескізи
1	2	3
1.	Відрізати заготовку на пилі $D_y \times L_z = 240 \times 546$ мм	
2.	Осадити початкову заготовку з діаметра 240 мм до діаметра 335 мм $D_y = 1,3 \cdot 258 = 335$ мм	
3.	Протягнути заготовку до діаметра 258 ± 4 з виконанням одного торця «начисто»	
4.	Від торця «начисто» зробити зарубку на довжині 153 ± 8 мм	
5.	Протягнути уступ до діаметра 216 ± 4 мм	
6.	Розмітити поковку згідно з ескізом $l_1 = \frac{193^2 \cdot 316}{216^2} = 251 \text{ мм}$	
7.	Кувати виїмку діаметром 193 ± 4 мм та 316 ± 6 мм	
8.	Протягнути кінцевий уступ до діаметра 118 ± 3 мм	

9.	Відрубати кінцеву частину До розміру 885 ± 10 мм	
----	---	--

Вибір молоту та температурного режиму кування

На основі того, що поковка є фасонна, має масу 185,55 кг і розміри заготовки $D_3 \times L_3 = 240 \times 546$ мм, за таблицями 7.5 і 7.6 вибираємо паровоздушний кувальний молот з масою падаючих частин, рівною 3,15 т.

За табл. 7.7 знаходимо припустимий температурний інтервал кування. Для сталі 50Г: $t_{\max} = 1250^\circ \text{C}$; $t_{\min} = 780^\circ \text{C}$.

Рациональний температурний інтервал кування повинен бути витриманий в межах від 1230 до 830°C .

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назву і мету роботи, індивідуальне завдання, розроблений технологічний процес виготовлення поковки круглого ступінчатого валу з розрахунком розмірів поковки, маси і розмірів заготовки, технологічної карти кування валу, вибором ковальського устаткування та температурного режиму ковки.

Контрольні питання

1. Що називають припуском і допуском на обробітку?
2. Від чого залежить величина припуску?
3. З якою метою призначають додаткові припуски?
4. Що таке напуск? З якою метою вони назначаються?
5. З яких складових складається маса заготовки?
6. Як розраховуються та вибираються розміри заготовки?
7. Назвіть основні ковальські операції.
8. З якою метою проводиться уковка заготовки?
9. Яку ковальське устаткування ви знаєте?
10. Як вибирають температурний режим?

Лабораторна робота 6

Основи електричного дугового зварювання

Загальні відомості

Зварюванням називається процес отримання нероз'ємних з'єднань за рахунок використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення.

Зварювання застосовують для з'єднання однорідних різнорідних металів і сплавів, а також при виготовленні виробів з пластмас і інших матеріалів.

Плавлення металу при зварюванні електродуги здійснюється за рахунок теплоти електричної зварювальної дуги.

Зварювальна дуга є потужним стійким електричним розрядом в газах і парах металу що знаходяться в проміжку між основним металом і електродом, який визначає довжину дуги.

Температура зварювальної дуги досягає 6000-8000°C.

З фізичної точки зору зварювальна дуга представляє складний іонний і електронний процес перенесення електричних зарядів через іонізуючий газовий проміжок. Іонізація цього проміжку при дуговому зварюванні залежить в основному від електронної емісії з гарячого кінця катода.

Потенціалом іонізації називають енергію необхідну для іонізації атома або молекули газу.

Для різних матеріалів потенціал іонізації коливається в широких межах. Так, введення до складу електродних покриттів компонентів з нижчим потенціалом іонізації, чим у заліза, полегшує збудження дуги і підвищує стійкість її горіння.

Стійкість горіння дуги залежить від її статичної вольтамперної характеристики і зовнішньої статичної характеристики джерела живлення.

Статичною вольтамперною характеристикою називають залежність між напругою і струмом при сталому стаціонарному стані дуги, а зовнішньою статичною характеристикою джерела живлення - залежність між напругою на затисках джерела струму і струмом навантаження, виражену графічно.

При ручному дуговому зварюванні користуються крутопадаючою зовнішньою характеристикою джерела струму, оскільки вона забезпечує стійке горіння дуги.

Величину напруги, яка потрібна для запалення дуги, називають напругою холостого ходу. Для джерел постійного струму ця напруга має бути не нижче 30-35 В, а для джерел змінного - 50-55 В. З міркувань безпеки воно не повинне перевищувати 80 В. Для джерел постійного і змінного струму напруга холостого ходу знаходиться в межах 60-80 В. Для стійкого горіння дуги, як правило, досить 18-30 В.

Режим горіння дуги визначається точкою перетину характеристики дуги 1 і джерела струму 2 (див. рис. 8.1.).

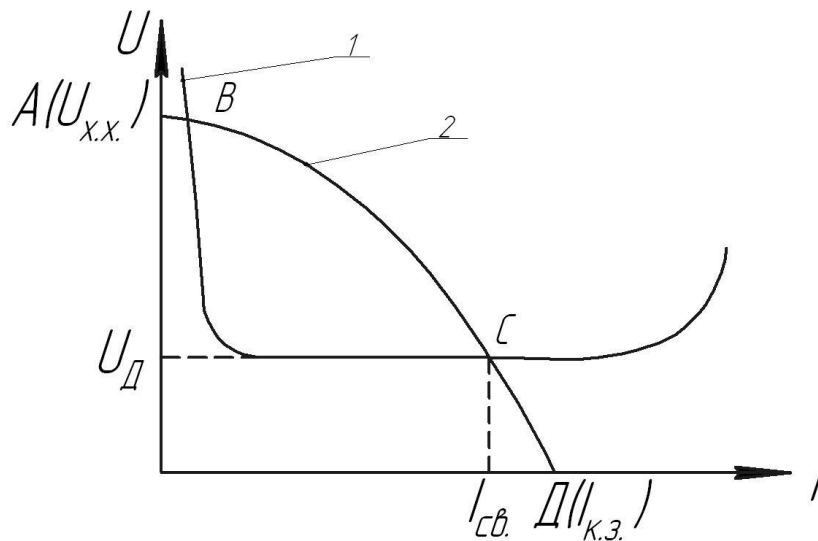


Рис. 6.1. Співвідношення характеристик дуги і крутопадаючої характеристики джерела струму при зварюванні

Точка А відповідає режиму холостого ходу джерела струму, коли дуга не горить і зварювальний ланцюг розімкнений, точка Д - короткому замиканню при запаленні дуги і її замиканні краплями рідкого електродного металу. Точка У відповідає нестійкому горінню дуги, а точка З - стійкому горінню дуги.

Порядок виконання роботи

Визначити іонізуючі властивості електродних покриттів по довжині дуги, що горить між електродами до природного обриву дуги.

Виміряти струм короткого замикання.

Встановити електроди з проміжком 1 мм, запалити вугільним електродом дугу.

Вимкнути струм і виміряти лінійкою обривну довжину дуги встановлених електродів.

Результати вимірів занести в таблиці. 6.1.

№ п/п	Вид покриття	Діаметр електроду d_y , мм	Струм короткого замикання I_k , А	Обривна довжина дуги l , мм
1.	Без покриття			
2.	Меловое			
3.	Якісне			

Примітка. Обривна для дуги $l = l_1 - l_0$, де l_1, l_0 - відповідно відстані між електродами при установці і після закінчення горіння дуги, мм.

Зробити висновок про іонізуючі властивості електродних покриттів.

Контрольні питання

1. Що називають зварюванням електродуги?
2. Що є зварювальна дуга?
3. Що називають статичною вольтамперною характеристикою дуги?
4. Що таке зовнішня статична характеристика джерела живлення дуги?
5. Які джерела живлення застосовують для ручного зварювання електродуги?
6. Яку весняну характеристику повинні мати джерела живлення для ручного дугового зварювання?

Лабораторна робота 7

Вивчення характеристики джерела живлення зварювальної дуги.

Мета роботи: вивчити конструкцію й принцип роботи джерел зварювального струму, побудувати зовнішню характеристику зварювального трансформатора.

Загальні відомості

Джерела живлення зварювальної дуги повинні забезпечувати легке запалювання й стабільне горіння дуги в процесі зварювання, обмежувати струм короткого замикання й бути безпечним у роботі. Джерелами постійного струму є: зварювальні перетворювачі обертового типу (зварювальні генератори) і зварювальні випрямлячі (селенові, германієві, кремнієві). Генератори постійного струму підрозділяються: по кількості постів - на однопостові й багатопостові; по способу установки - на стаціонарні й пересувні; по роду привода - на генератори з електричним приводом і на генератори із двигунами внутрішнього згоряння.

При зварюванні змінним струмом використовують зварювальні трансформатори, які володіють рядом техніко-економічних переваг. Зварювальні трансформатори більш прості у виготовленні й експлуатації, мають невелику масу й меншу вартість, а також володіють більш високим КПД і більш довговічні.

Основними технічними показниками джерел живлення зварювальної дуги є, зовнішня характеристика, напруга холостого ходу й відносна тривалість роботи.

Для ручного дугового зварювання використовують зварювальні трансформатори з падаючою характеристикою. Довжина дуги пов'язана з її напругою: чим довша зварювальна дуга, тим вище напруга. Коливання довжини дуги, а, отже, коливання напруги, будуть тим менше впливати на зварювальний струм, чим крутіше характеристика, при цьому дуга буде горіти стабільніше. Крім того, крутопадаюча характеристика забезпечує перевищення струму короткого замикання над робочим струмом не більш ніж в 1,5 рази, а також час відновлення напруги після короткого, замикання до робочої напруги дуги не більш ніж за 0,05 сек.

Напруга холостого ходу не повинна перевищувати 75В при номінальній робочій напрузі 30В. Підвищення напруги полегшує запалювання дуги, але одночасно збільшує небезпеку поразки зварника струмом. Крім того, підвищення напруги холостого ходу збільшує індуктивні втрати й знижує КПД джерела живлення.

Відносна тривалість роботи (ТР) характеризує режим роботи джерела живлення. Величина ТР є відношення тривалості робочого періоду джерела живлення до тривалості повного циклу роботи й виражається у відсотках.

$$ТР\% = \frac{t_p}{t_{\Sigma}} * 100\%,$$

де t_p - безперервна робота під навантаженням; t_{Σ} - тривалість повного циклу.

Оптимальним робочим режимом вважається в середньому $t_p=3$ хв., а $t_{\Sigma}=5$ хв., отже, оптимальна величина ТР% дорівнює 60%.

Трансформатори для ручного дугового зварювання підрозділяються на дві основні групи:

1. Трансформатори з нормальним магнітним розсіюванням, конструктивно виконані або у вигляді двох роздільних апаратів - трансформатор і дросель (трансформатори типу СТЭ) або в єдиному загальному корпусі (типу СТН).

2. Трансформатори зі збільшеним магнітним розсіюванням, що конструктивно розрізняються по способу регулювання: з рухливими котушками (типу ТС і ТСК), з магнітними шунтами (типу СТАН і СТШ), зі східчастим регулюванням (типу ТМ і ТСП).

Схема конструкції трансформатора типу СТН системи академіка Нікітіна показана на мал.1,а. У цій схемі трансформаторні (І й ІІ) і дросельна (ІІІ) обмотки розміщені на загальному залізному сердечнику і являють собою один апарат. Та частина сердечника, на якій розміщені обмотки І й ІІ, - це власно трансформатор, він знижує високу напругу мережі (220 або 380) до напруги холостого ходу (60...70В). А частина, де розміщена обмотка ІІІ, -

дросель, він включений послідовно із вторинною обмоткою трансформатора, створює індуктивний опір, чим і забезпечує падаючу зовнішню характеристику. Зварювальний струм регулюється зміною величини індуктивного опору дроселя при збільшенні або зменшенні повітряного зазору (8) сердечника. Зі збільшенням зазору зменшується магнітний потік сердечника, а отже індуктивний опір, при цьому струм збільшується. При зменшенні зазору індуктивний опір росте, а струм зменшується.

По цій конструктивній схемі виконані трансформатори СТН-350 і СТН-500 для ручного дугового зварювання й трансформатори ТСД-500, ТСД-1000-4, ТСД-2000-2 для автоматичного й напівавтоматичного зварювання під флюсом.

Схема трансформатора типу ТС представлена на мал. 1,б. Трансформатори цього типу не мають рухомих сердечників, схильних до вібрації, тому вони працюють майже безшумно. Регулювання зварювального струму здійснюється за рахунок зміни відстані між нерухомою первинною (I) і рухливою вторинною (II) обмотками. При видаленні рухливої обмотки від нерухомої, все більше число магнітних силових ліній буде замикатися через повітряний простір, не захоплюючи вторинної обмотки. При цьому збільшуються магнітні потоки розсіювання й індуктивний опір, а зварювальний струм зменшується. При зближенні обмоток все відбувається навпаки.

По цій конструктивній схемі виконані трансформатори ТС-300, ТС-500, ТСК-300 і ТСК-500, призначені для ручного дугового зварювання й наплавлення, які також можуть застосовуватися для зварювання під флюсом тонкими дротами.

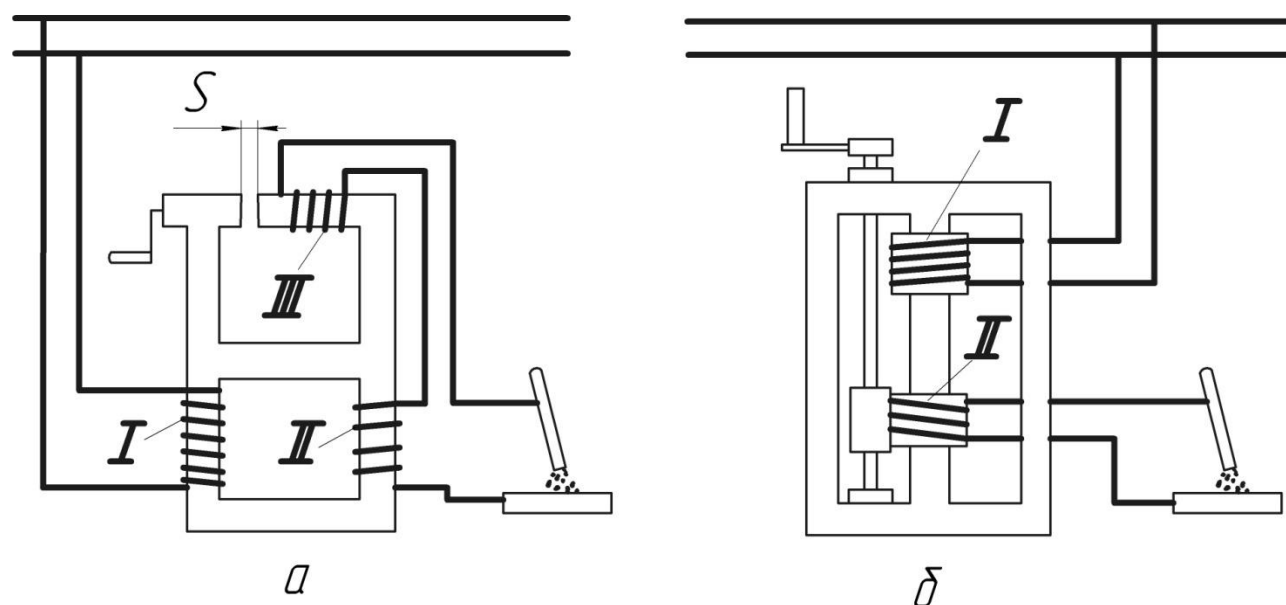


Рис. 7.1 Схема зварювальних трансформаторів.

Порядок виконання роботи

Ознайомитися з конструкцією зварювального трансформатора й підготувати його до роботи.

Вивести рухливу обмотку трансформатора в крайнє верхнє положення й у цьому положенні виміряти: напруга холостого ходу; струм короткого замикання; робоча напруга дуги й силу струму.

Перевести рухливу обмотку в середнє положення й виміряти перераховані вище характеристики.

Повторити виміру в крайнім нижнім положенні рухливої обмотки трансформатора.

Результати вимірів занести в таблицю. За отриманим даними побудувати зовнішню характеристику зварювального трансформатора.

Положення рухливої обмотки	Діаметр електрода d_e	Напруга холостого ходу U_{xx}, V	Струм короткого замикання $I_{kз}, A$	Робоча напруга дуги U_d, V	Робочий струм дуги $I_{св}, A$
Верхнє					
Середнє					
Нижнє					

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назву й ціль роботи; короткі теоретичні відомості про джерела зварювального струму, схему й опис принципу роботи трансформаторів з нормальним і збільшеним магнітним розсіюванням; таблицю з результатами вимірів; зовнішню характеристику трансформатора.

Контрольні питання

1. Як класифікуються джерела постійного струму?
2. Які переваги мають джерела змінного струму?
3. Які вимоги пред'являються до джерел живлення зварювальної дуги?
4. Які основні показники джерел живлення зварювальної дуги; роз'ясніть технічну сутність цих показників.
5. Поясніть принцип роботи трансформаторів з нормальним магнітним розсіюванням.
6. Поясніть принцип роботи трансформатора зі збільшеним магнітним розсіюванням.

Лабораторна робота 8

Освоєння прийомів ручного дугового зварювання

Мета роботи: вивчити види зварних з'єднань, підготовку їх крайок перед зварюванням, вибір режиму зварювання; освоїти техніку виконання зварних швів.

Загальні відомості

Види зварних з'єднань

Зварні з'єднання бувають стиковими, кутовими, тавровими й нахлестними, а також прорізними (електрозаклепочними).

Стикові зварні з'єднання за формою підготовки крайок деталей, що зварюють, бувають: з відбортовкою крайок (мал.8.1,а), без скосу крайок (мал. 8.1,б,в), з V-образним скосом однієї (мал. 8.1,г) або двох (мал. 8.1,д) крайок, з К-образним (мал. 8.1,е) і Х-образним (мал. 8.1,ж) скосом крайок. По виконанню бувають: однобічні (мал.8.1б,м,д) і двосторонні (мал.8.1,в,е,ж).

Кутові зварні з'єднання за формою підготовки крайок бувають: з отбортовкою крайок (мал.8.1,з), без скосу крайок (мал.8.1,і), зі скосом однієї (мал.8.1,к) або двох (мал.8.1,л) крайок. По виконанню кутові з'єднання бувають: однобічні (мал.8.1,і,к) і двосторонні (мал.8.1,л).

Таврові зварні з'єднання бувають: без скосу крайок (мал.8.1,м), з одним (мал.8.1,н) або двома (мал.8.1,о) скосами крайок. По виконанню таврові з'єднання можуть бути: однобічні (мал.8.1,м,н) і двосторонні (мал.8.1,о), суцільні й переривчасті.

Нахлестні зварні з'єднання виконують без скосу крайок. Нахлестні з'єднання можуть бути: однобічні (мал.8.1,п) і двосторонні (мал.8.1,р), суцільні (мал.8.1,у) і переривчасті (мал.8.1,ф).

Прорізні з'єднання бувають із круглим і подовженим отвором, зі сверлінням верхнього (мал.8.1,с) і рідше обох (мал.8.1,т) листів. Прорізні з'єднання, як самостійні, застосовуються рідко, їх частіше застосовують для посилення нахлестних з'єднань.

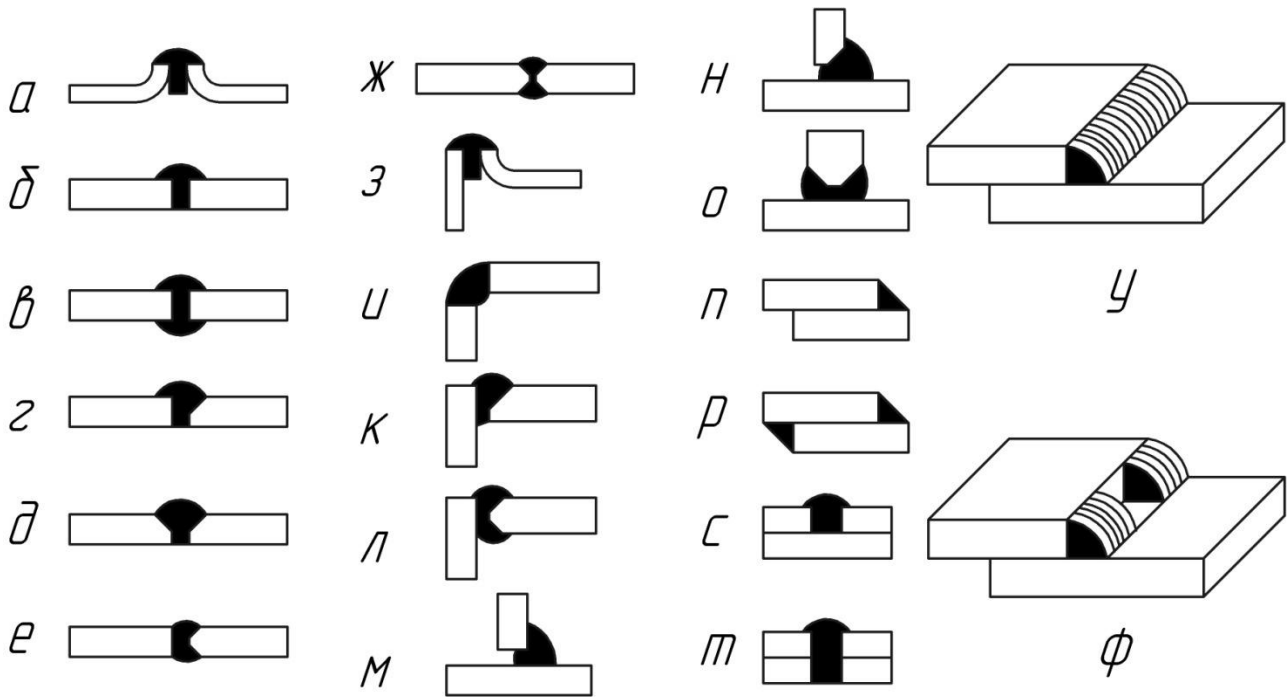


Рис. 8.1. Основні види зварених з'єднань.

Відбортовка крайок з'єднань здійснюється, на гнучких верстатах або вручну в затискних пристосуваннях. Скоси крайок виконуються на спеціальних кромкострогальних верстатах або газовому різанні.

Елементами геометричної форми підготовки крайок під зварювання (рис. 8.2) є: кут розкриття шва α ; зазор між стикуємими крайками a й притуплення δ .

Кут розкриття шва забезпечує утворення зварювальної ванни (кратера) оптимальної форми й гарне заповнення її рідким металом. Величина кута коливається від 50° до 60° залежно від виду шва. Виконується при товщині металу більше 3 мм. Відсутність оброблення крайок може привести до непровару по перетині звареного з'єднання, або до перегріву й перевитрати металу при повному проварі. Оброблення крайок дозволяє вести зварювання окремими шарами невеликого перетину, що поліпшує структуру металу й зменшують зварювальні напруги й деформації.

Правильно встановлений зазор дозволяє забезпечити повний провар по перетину з'єднання, якщо підібран відповідний режим зварювання.

Притуплення крайок виконується для забезпечення стійкого ведення процесу зварювання. Відсутність притуплення сприяє утворенню пропиків.

Елементами геометричної форми звареного шва (мал. 8) є: при стикових з'єднаннях - ширина шва b і висота шва h , при таврових, кутових і нахлестних з'єднаннях - ширина шва b , висота шва h і катет шва K .

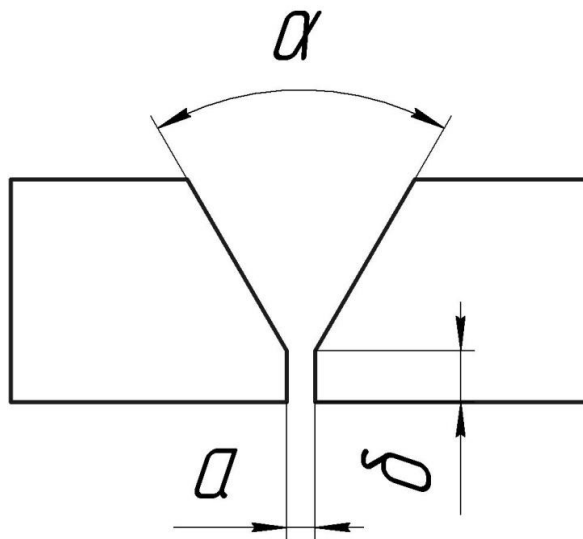


Рис. 8.2. Елементи геометричної форми крайок.

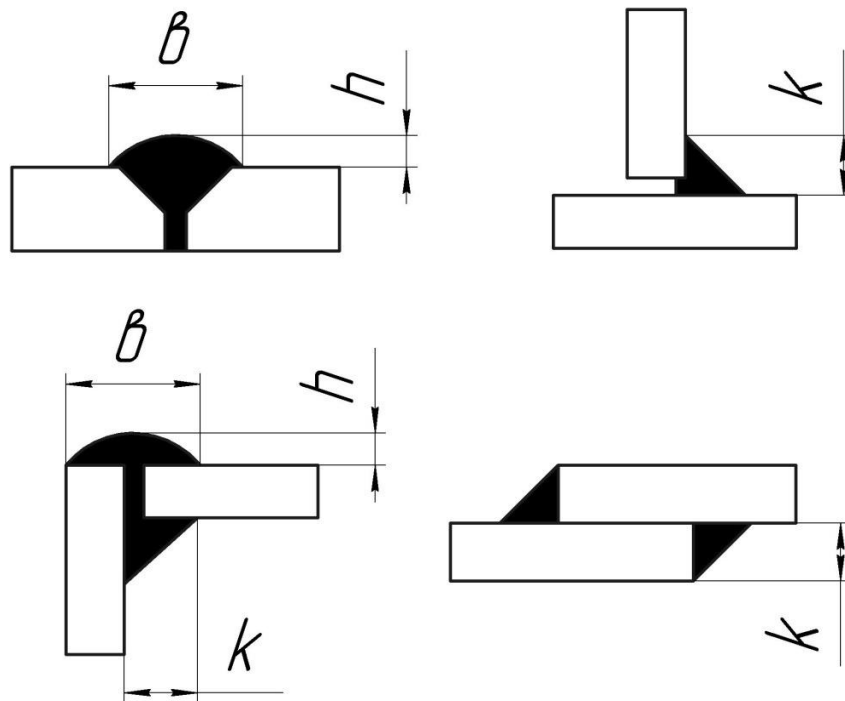


Рис. 8.3. Елементи геометричної форми шва.

По своєму обрису зварні шви підрозділяються на нормальні, опуклі й увігнуті (мал.8.4). По кількості наплавлених валків шви бувають одношарові й багатшарові; стосовно діючих зусиль - лобові (мал.8.5,а), флангові (мал.8.5,б) і косі (мал.8.5,в); по розташуванню в просторі - нижні (мал.8.6,а), горизонтальні (мал.8.6,б), вертикальні (мал.8.6,в) і стельові (мал.8.6,г).

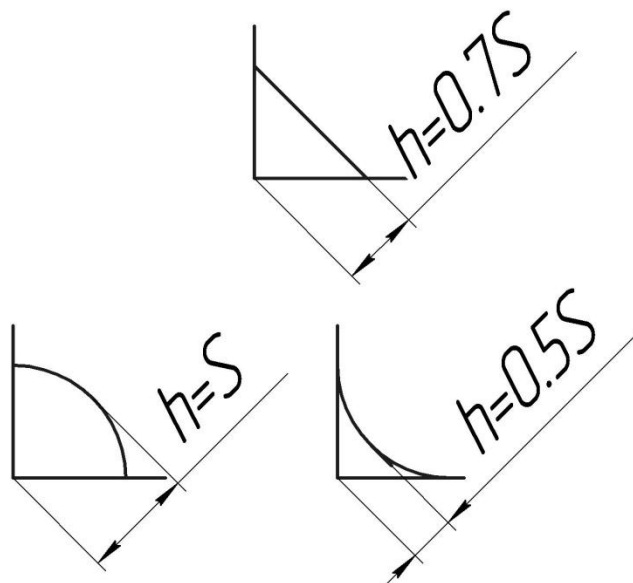


Рис. 8.4. Обрис зварених швів.

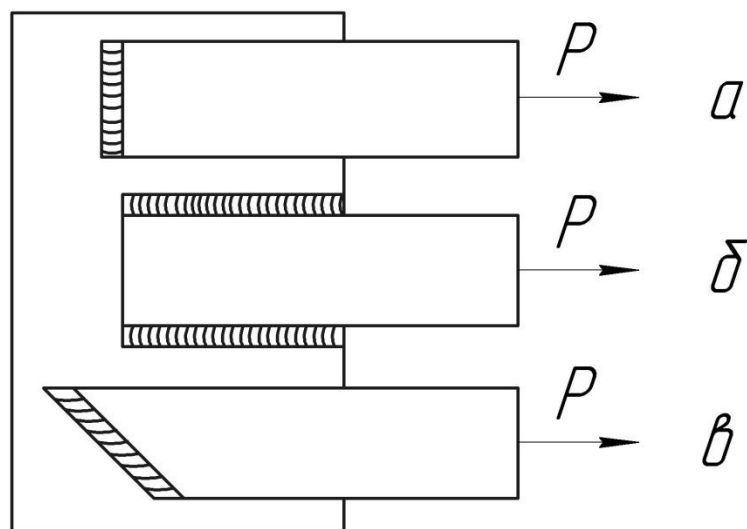


Рис. 8.5. Розташування швів стосовно навантажень.

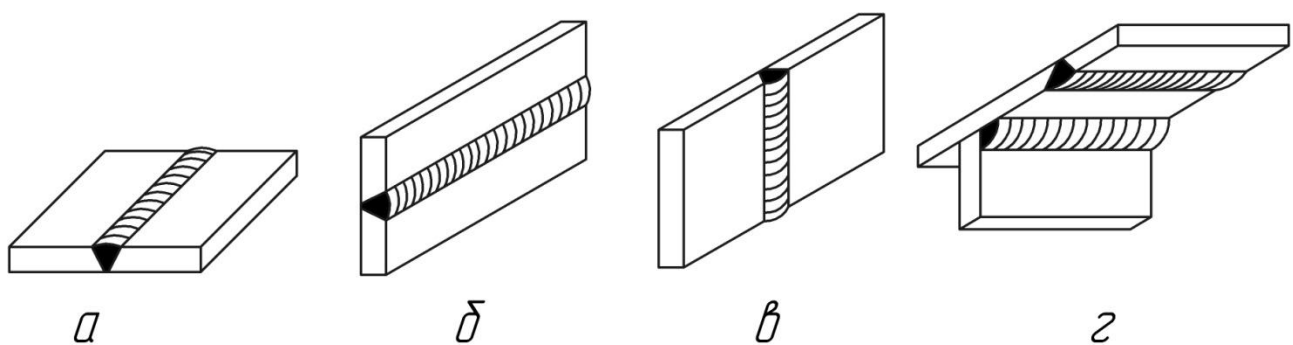


Рис. 8.6. Просторове розташування швів.

Вибір режиму зварювання

Вибір режиму зварювання залежить від товщини матеріалу, що зварює, положення шва в просторі, марки електрода й інших факторів. Основними параметрами режиму ручного дугового зварювання є діаметр електрода й сила зварювального струму. Інші параметри сильно залежать від технологічних умов зварювання й, як правило, не регламентуються.

Діаметр електрода вибирають залежно від товщини металу, шару шва (перший або наступні) і положення шва в просторі. Для одношарового шва діаметр електрода орієнтовно дорівнює:

$$d_a = \frac{S}{2} + 1$$

де S - товщина металу, що зварює, мм.

При обробленні крайок і накладенні багат шарових швів найбільш оптимальним вважається зварювання електродом при якому ширина шва дорівнює

$$2...3d_a.$$

Сила зварювального струму залежить від діаметра й металу електрода

$$I = k_s * d_a$$

де k_s - коефіцієнт щільності струму, А/мм, дорівнює 40...60 для електродів з низьковуглеродної сталі й 35...40 для електродів з високолегованої сталі.

Техніка виконання зварних швів

Під час зварювання електрозварювач повідомляє кінцю електрода рух у трьох напрямках.

Перший рух - поступальний, уздовж осі електрода, для підтримки необхідної довжини дуги, що рекомендується в межах - $I_a = (0,5...1,1) * d_a$

Другий рух - уздовж крайок, що зварюють, для утворення зварного шва. Правильно обрана швидкість переміщення електрода забезпечує необхідну форму і якість зварного шва. При цьому ширина шва повинна бути на 2-3 мм більше, ніж діаметр електрода. Отриманий шов називають нитковим, його застосовують при зварюванні металу невеликої товщини.

Третій рух - коливання кінця електрода поперек шва, для утворення розширеного валика. Поперечні коливання електрода можуть бути різноманітні за формою, але повинні мати постійну частоту й амплітуду, при цьому середину шляху електрод проходить швидше, ніж по краях. Ширина валика при зварюванні не повинна бути більше 3-4 діаметрів електрода.

Зварювання виконують або перпендикулярно розташованим електродом (мал.8.7,а), або при його нахилі кутом уперед (мал.8.7,б) або назад (мал.8.7,в).

Зварювання кутом назад забезпечує більше повний провар і меншу ширину шва, тому застосовується частіше, ніж перпендикулярним електродом або кутом уперед.

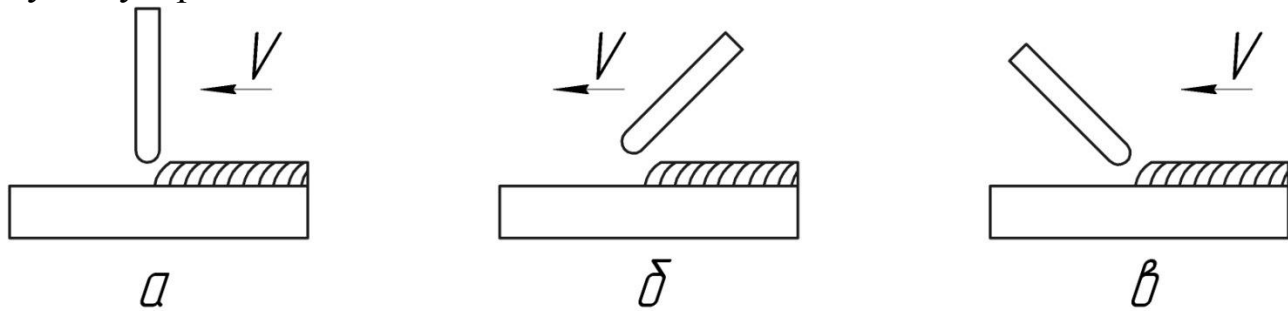


Рис. 8.7. Положення електродів при зварюванні.

Найбільш зручно зварювати нижні шви, тому що розплавлений метал не випливає із кратера. Якщо конструкція виробу дозволяє, то його повертають так, щоб всі шви можна було виконувати в нижньому положенні. Зварювання кутових, таврових і нахлестних з'єднань краще вести в положенні «у човник» (мал.8.8,а). При зварюванні «у кут» (мал.8.8,б), процес доцільніше вести похилим електродом (кутом назад).

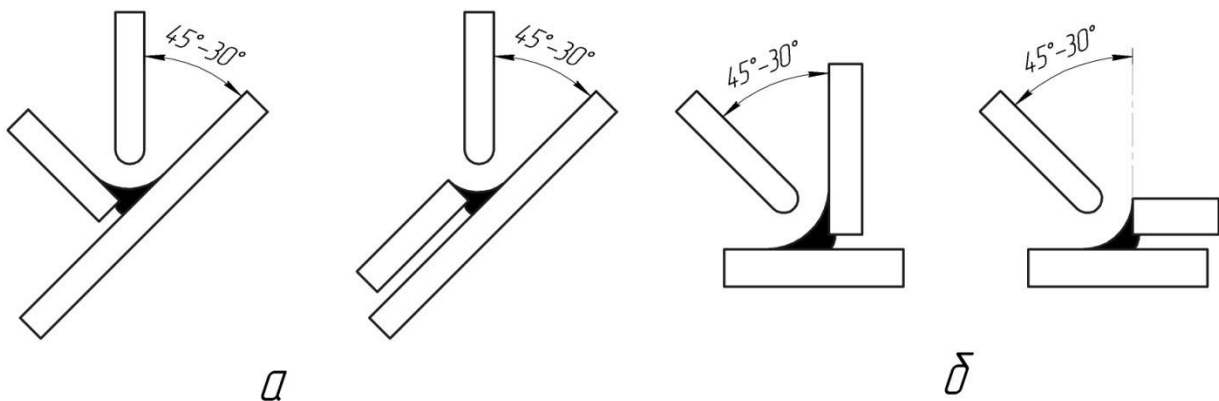


Рис. 8.8. Способи зварювання «у човник» й «у кут».

Горизонтальні шви розташовані горизонтально на вертикальній площині й виконувати їх значно складніше. При зварюванні горизонтальних з'єднань виконують оброблення тільки верхньої крайки. Дугу збуджують спочатку на нижній горизонтальній крайці, а потім переміщують на скошену крайку.

Ще складніше виконувати вертикальні шви, розташовані на вертикальній площині під кутом до обрію, тому що рідкий метал під дією сили ваги прагне витікати зі зварювальної ванни. Вертикальні шви зварюють двома способами: знизу нагору й зверху вниз. При зварюванні знизу нагору (мал.8.9) дугу збуджують у нижній точці шва перпендикулярним електродом, а після утворення кратера повертають кутом уперед. Розплавлений метал затвердіває, утворюючи подобу полицки, на яку наплавляються наступні краплі металу при русі електрода нагору. Зварювання зверху вниз застосовується рідко, в

основному лише для тонкого металу. Вертикальні шви варто зварювати струмом на 10-15% меншим, ніж такі ж нижні, і короткою дугою.

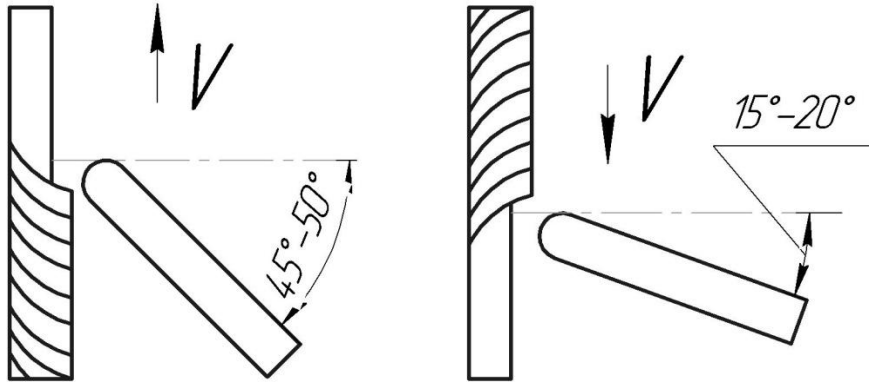


Рис. 8.9. Способи зварювання вертикальних швів.

Стельові шви є найбільш важкими для виконання, тому що рідкий метал прагне витікати донизу. Розплавлений метал утримується у зварювальній ванні силами поверхневого натягу й тиском дуги. Обсяг зварювальної ванни повинен бути мінімальним, тому зварювання ведеться самою короткою дугою й електродами діаметром не більше 4мм, що полегшує перехід краплі на виріб. Зварювальний струм повинен бути менше на 15-20%, чим при зварюванні в нижньому положенні.

Порядок виконання роботи

Ознайомитися із пристроєм, оснащенням і роботою зварювального поста; підготувати метал для зварювання; вибрати режим зварювання - діаметр електрода й силу зварювального струму; настроїти трансформатор на режим зварювання; зробити зварювання виробу.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: назву; мету роботи; короткі теоретичні відомості про види зварних з'єднань, елементах геометричної форми зварного шва й підготовки крайок під зварювання, класифікації швів стосовно діючих зусиль і розташування в простір; розрахунок і вибір режиму зварювання.

Контрольні питання

1. Які є види зварних з'єднань?
2. Які бувають з'єднання за формою підготовки крайок?
3. Які існують елементи геометричної форми зварного шва й підготовки крайок під зварювання?

4. Як класифікуються шви по обрису, по кількості валків, стосовно діючих зусиль, по просторовому розташуванню?
5. Які існують основні режими зварювання і як вони розраховуються?
6. Які рухи електродом виконуються при зварюванні?
7. Як виконуються нижні, горизонтальні, вертикальні й стельові шви?

Лабораторна робота 9

Газове зварювання

Мета : ознайомитися з апаратурою для газового зварювання.

Загальні відомості

Газове зварювання - це процес отримання нероз'ємних з'єднань шляхом розплавлення кромки основного металу і присадного прутка полум'ям горючих газів. Найбільше розташування як горючий газ отримав ацетилен, оскільки при згоранні в суміші з киснем температура полум'я досягає майже 3500°C. Кислород к месту сварки поставляют в баллонах емкостью 40л, в которых при давлении 15 МПа его помещается 6000л.

Для зниження високого тиску кисню. Що знаходиться в балоні, до робітника (0,2-0,4 МПа при зварюванні і до 1,2-1,4 МПа при різанні), а також для підтримки його постійної величини, використовують кисневі редуктори.

Кисневий редуктор забезпечує підтримку рухливої рівноваги між силою стискування головної пружини 2, прагнучою відкрити клапан 6, і силою стискування зворотної пружини 8 і тиски кисню, передаваних на мембрану 4 і прагнучих закрити клапан 6.

Після приєднання до балона редуктора і відкриття вентиля кисень через штуцер 7 проходить до клапана 6, який притиснутий до сідла клапана пружиною 8. Щоб відкрити клапан і пропустити кисень в камеру 5, користуються регулювальним гвинтом 1. При вкрученні його в корпус 3 він через головну пружину 2 і мембрану 4 давить на штифт 11, який відкриває клапан 6, що показано на рис. 9.1. Якщо тиск в камері 5 долає зусилля головної

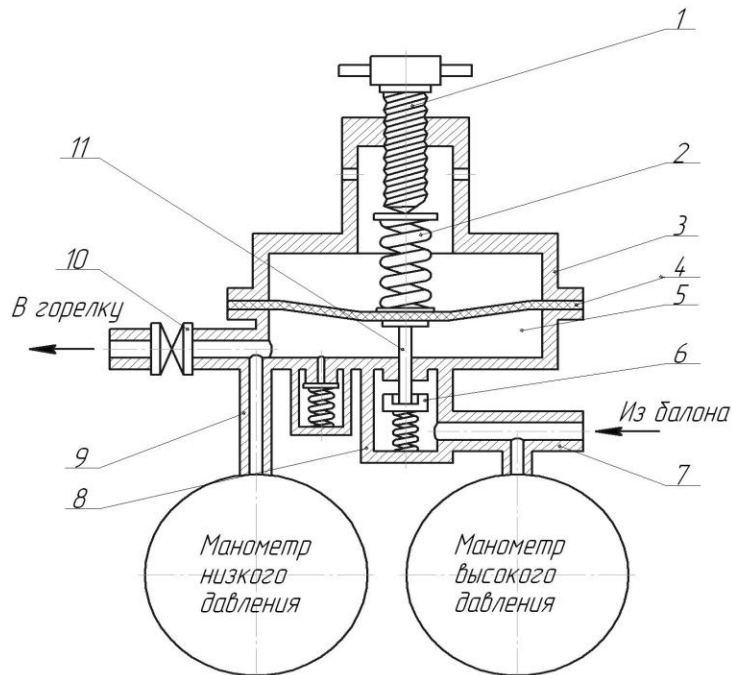


Рис. 9.1. Схема кисневого редуктора:

1 - настановний гвинт; 2 - головна пружина; 3 - корпус; 4 - мембрана; 5 - камера; 6 - клапан; 7 - штуцер; 8 - пружина; 9 - запобіжний клапан; 10 - вентиль; 11 - шриффт

пружины 2, мембрана 4 переміщається в початкове положення, і пружина 8 закриває клапан 6. При відборі газу з редуктора через вентиль 10 тиск кисню в камері 5 знижується і під дією головної пружини 2 клапан 6 знову відкривається. Так відбувається саморегулювання редуктора. Манометри високого і низького тиску, а також запобіжний клапан 9 захищають мембрану 4 від розриву, якщо тиск кисню в камері вищий за допустиме.

Технічний ацетилен отримують в ацетиленових генераторах, які залежно від принципу взаємодії карбіду кальцію з водою ділять на наступні системи, : "карбід і воду", "вода на карбід", а також контактної дії "зануренням" і "витісненням".

Розглянемо пристрій ацетиленового ацетиленового генератора АСП 1,25-7 (мал. 9.2.).

Що утворюється в результаті реакції карбіду кальцію з водою ацетилен по трубці 19 поступає в промивач, барботуючи через шар води, охолоджується, промивається і через вентиль 12 і затвор 11 поступає на споживання.

Для збільшення тепловідводу із зони реакції з метою використання шматків карбіду кальцію розміром від 2 до 25 мм кошик 7 укомплектована хрестоподібною вставкою 9.

Тиск ацетилену впливає на мембрану 6, забезпечуючи переміщення кошику 7 вгору, зменшення замки карбіду обмеження вироблення ацетилену і зменшення тиску.

При пониженні тиску ацетилену кошик 7 переміщається вниз і відбувається замку карбіду.

При підвищенні тиску ацетилену вода з газообразователя поступає у витискувач, внаслідок цього зменшується замку карбіду. При підвищенні тиску в генераторі вище допустимого спрацьовує клапан 8, випускаючи ацетилен в атмосферу.

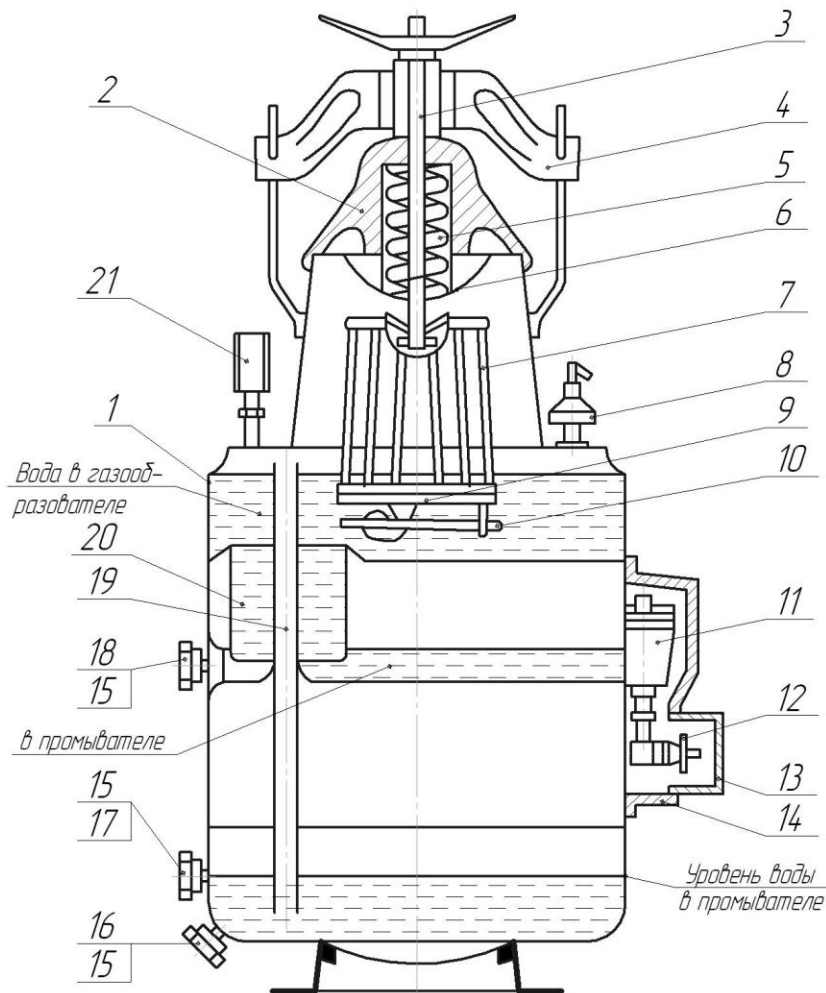


Рис. 9.2. Газовий генератор АСП 1,25-7:

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - гвинт; 4 - траверси; 5 - пружина; 6 - мембрана; 7 - кошик; 8 - клапан запобіжний; 9 - вставка теплораспределительная; 10 - піддон; 11 - затвор; 12 - вентиль; 13 - ковпачок; 14 - теплозащитный кожух; 15 - пробка; 16,18 - штуцеры; 17 - штуцер контрольный; 19 - трубка переливания; 20 - патрубок; 21 - манометр

Для оберігання генератора від проникнення в нього вибухової хвилі ацетиленокисневого полум'я, а також повітря і кисню, з боку споживача на генераторі встановлений затвор (рис. 9.3.).

При вступі ацетилену через штуцер 11 в корпус 1 він піднімає клапан 5 до зіткнення з мембраною 4 і по "петлевому каналу", який знаходиться в корпусі 1 у вигляді отворів, сполучених пазами на творцях корпусу і

ущільнених мембраною 4 і прокладенням 7 через отвір в мембрані 4 і ніпель 6 поступає на споживання.

У разі зворотного перетікання кисню або повітря з боку споживання клапан 5 і кулька 8 перекривають вхідні отвори затвора, виключаючи проникнення кисню або повітря в генератор.

При зворотному ударі ацетиленокисневе полум'я, пройшовши "петлевий канал" корпусу, локалізується в об'ємі між клапаном 5 і мембраною 4. Для оберігання затвора і вентиля від замерзання в них конденсату при експлуатації генератора в умови мінусових температур служать теплозахисний кожух 14 і ковпачок 13 (рис. 9.3.).

Для змішування в потрібних пропорціях ацетилену і кисню і утворення зварювального полум'я необхідної потужності, розмірів і форми застосовують газосварочні пальники. За способом подачі горючого газу в камеру зміщення розрізняють пальники інжекторні (низького і середнього тиску, $P=0,01-0,05$ МПа) і безінжекторні (високого тиску, $P=0,1-0,15$ МПа).

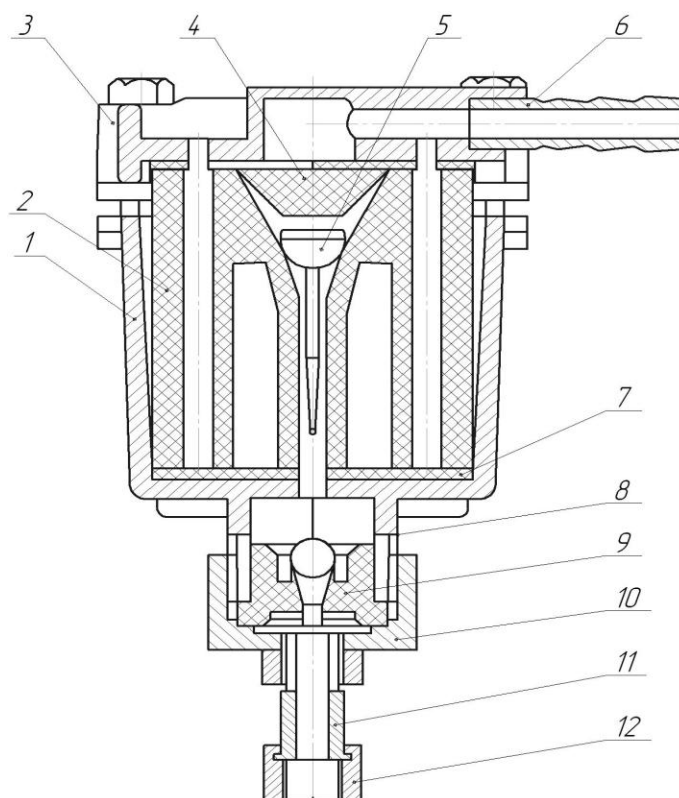


Рис. 9.3. Затвор:

1 - корпус; 2 - склянка; 3 - кришка; 4 - мембрана; 5 - клапан; 6 - ніпель; 7 - прокладення; 8 - кулька; 9 - сідло; 10 - гайка; 11 - штуцер; 12 - гайка викидна

Принцип роботи інжекторного пальника (рис. 9.4.) заснований на підсоші ацетилену струменем кисню. Підсос, званий інжекцією, здійснюється таким чином. Кисень під тиском 0,2-0,4 МПа подається через вентиль 6 в інжектор 4, який має вузький центральний отвір (сопло) і подовжні пази. Кисень виходить

з отвору сопла з великою швидкістю і в камері змішення 3 створює сильне розрідження. Оскільки ацетилен має нижчий тиск, то він засмоктується через регулювальний вентиль 7, внутрішній канал 5, подовжні пази інжектора в камеру змішення 3, де кисень і ацетилен утворює горючу суміш.

Суміш по трубці 2 поступає в мундштук 1. На виході з останнього при запаленні її утворюється зварювальне полум'я. Необхідне співвідношення газів в пальнику регулюється кисневим 6 і ацетиленовим 7 вентилями.

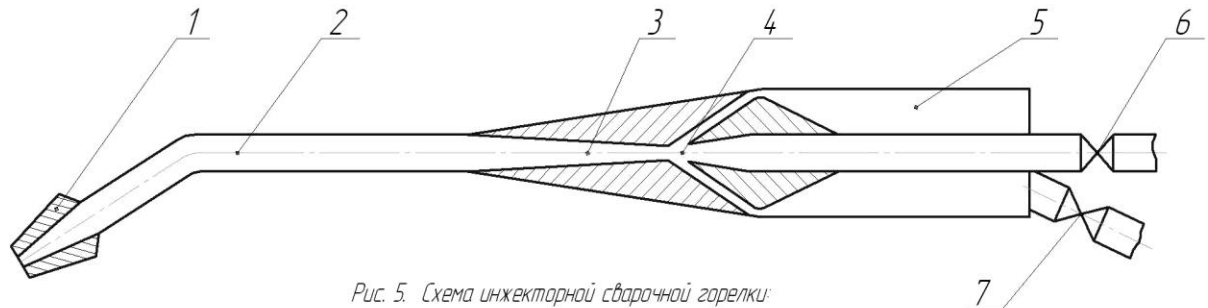


Рис. 5. Схема інжекторної зварочної горелки:
1 - мундштук; 2 - трубка; 3 - камера змішення; 4 - інжектор;
5 - внутрішній клапан; 6 - кисловий вентиль; 7 - ацетиленовий вентиль

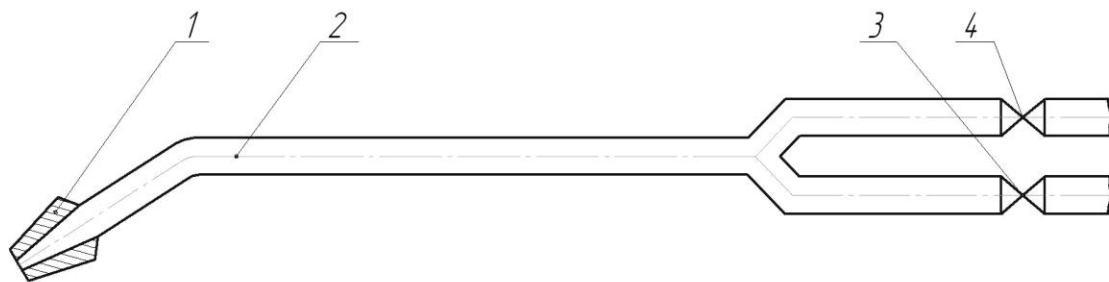


Рис. 6. Схема безінжекторної зварочної горелки:
1 - мундштук; 2 - трубка; 3 - ацетиленовий вентиль; 4 - кисловий вентиль

Пальник інжекторного типу має 7 змінних наконечників, що дають можливість зварювати метал завтовшки 0,5-30,0 мм.

Безінжекторні пальники знайшли менше застосування в порівнянні з інжекторними. Ними користуються як пальниками високого тиску. Схема безінжекторної пальника представлена на рис. 9.5.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією і принципами роботи кисневого редуктора, ацетиленового генератора, водяного затвора, газосварочної пальника.
2. Описати призначення і дати технічні характеристики апаратури.
3. Замалювати схеми редуктора і пальників.

Контрольні питання

1. У чому поставляють кисень до місця зварювання, в якій кількості і при якому тиску?
2. Яке робочий тиск кисню?
3. Чим регулюють робочий тиск кисню?

4. Принцип роботи кисневого редуктора.
5. У якій системі відноситься генератор АСП 1,25-7? Розповісти про його пристрій.
 6. Як працює затвор генератора?
7. Розповісти про принцип роботи інжекторного пальника.
8. Розповісти про принцип роботи бензинового пальника.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Результатом виконання лабораторних робіт з курсу «Технологічні основи машинобудування. Обробка металів різанням» є отримання студентами не тільки знань про можливості застосування найбільш поширених верстатів та сучасного металорізального інструменту для виготовлення різноманітних поверхонь, але й здобуння початкових навичок визначення послідовності обробки деталей. Ці знання будуть важливими для студентів як у подальшому навчанні, так і для розв'язання можливих завдань у їх майбутній роботі на виробництві.

Тому для оцінки знань і навичок розроблені наступні критерії.

Оцінку «відмінно» одержує студент, який всебічно знає устрій металорізальних верстатів, вміє настроїти їх на обробку, підібрати потрібний інструмент і пристрої для кріплення деталі та інструменту. Спроможний пояснити чому саме даний верстат, пристрій і інструмент вибрані для обробки конкретної деталі, чи забезпечать вони потрібну точність обробки і шорсткість поверхні, а також, буде ця обробка остаточною, чи потрібен припуск на подальшу обробку деталі.

Оцінку «добре» одержує студент, який знає устрій металорізальних верстатів, вміє настроїти їх на обробку, підібрати потрібний інструмент і пристрої для кріплення деталі та інструменту. Спроможний пояснити, чи забезпечать вони потрібну точність обробки і шорсткість поверхні, а також, буде ця обробка остаточною, чи потрібен припуск на подальшу обробку деталі.

Оцінку «задовільно» одержує студент, який знає устрій металорізальних верстатів, вміє настроїти їх на обробку, підібрати потрібний інструмент і пристрої для кріплення деталі та інструменту. Спроможний пояснити чому саме даний верстат, пристрій і інструмент вибрані для обробки конкретної деталі.

Оцінку «незадовільно» одержує студент, який не виявив знань про устрій металорізальних верстатів, не може підібрати потрібний інструмент і пристрої для кріплення деталі та інструменту. Не може пояснити чи забезпечать вони потрібну точність обробки і шорсткість поверхні.

Таким чином, в процесі виконання лабораторних робіт студенти отримують необхідні знання і навички, які сприятимуть застосуванню їх для розв'язання завдань як у навчанні, так і на виробництві.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сологуб М. А. Технологія конструкційних матеріалів. / за ред. М. А. Сологуба. – К.: Вища шк., 2002. – 374 с.
2. Чумак М. Г. Матеріали та технологія машинобудування / М. Г. Чумак. – К.: Либідь, 2000. – 368 с.
3. Технология машиностроения: учеб. для вузов в 2 т. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана –
 - Т.1. Основы технологии машиностроения / под ред. А. М. Дальского. – 564 с;
 - Т.2. Производство машин / под ред. Г. Н. Мельникова. – 620 с.
4. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 358 с.
5. Егоров М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. – М.: Высш. шк., 1976. – 534 с.
6. Данилевский В. В. Технология машиностроения / В. В. Данилевский. – М.: Высш. шк., 1984. – 416 с.
7. Технология конструкционных материалов. / [Прейс Г. А., Сологуб Н.А., Рожнецкий И.А. и др.]; под ред. Г. А. Прейса. – К.: Выща. шк., 1991. – 391 с.

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Шмаков Борис Михайлович
Новокрестьянов Володимир Сергійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ.
РОЗРОБКА ТЕХПРОЦЕСІВ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 6.070.106
«АВТОМОБІЛІ ТА АВТОМОБІЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО»)

Підписано до випуску ____ . ____ . 20__ р. Гарнітура Times New.

Умов. друк. арк. ____ . Зам. № ____ .

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007р.