



УНІВЕРСИТЕТСЬКА БІБЛІОТЕКА

Володимир Попович, Андрій Сиротюк

Обробка
конструкційних матеріалів
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Дрогобич
2014

УДК 621.9.022 (07)
ББК 34.64_я73
П 63

Рекомендовано до друку вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (протокол № 9 від 26.06.2014 р.)

Рецензенти:

- Яким Р. С.** – доктор технічних наук, професор кафедри машинознавства та основ технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка;
- Студент О. З.** – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Фізико-механічного інститут імені Г. В. Карпенка НАН України.

П 63 **Попович В. Д., Сиротюк А. М.** Обробка конструкційних матеріалів. Лабораторний практикум. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2014. – 64 с.

Посібник написано відповідно до програми навчальної дисципліни “Обробка конструкційних матеріалів” для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” напряму підготовки 6.010103 “Технологічна освіта”, затвердженої вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Подані лабораторні роботи повинні бути виконані студентами при вивченні курсу “Обробка конструкційних матеріалів” у першому семестрі другого року навчання. Кожна з них містить короткі відомості теоретичного характеру, завдання і методичні рекомендації до їхнього виконання.

Бібліографія складає 14 назв

УДК 621.9.022 (07)
ББК 34.64_я73

Зміст

Вступ.....	4
Лабораторна робота №1. Виготовлення виливка у разовій пісково-глиняній формі.....	5
Лабораторна робота №2. Виготовлення виливок у металевих формах.....	14
Лабораторна робота №3. Розробка технологічного процесу виготовлення виробів листовим штампуванням.....	18
Лабораторна робота №4. Розробка креслення кованки.....	26
Лабораторна робота №5. Дослідження мікроструктури зварних з'єднань.....	34
Лабораторна робота №6. Виготовлення термопари та її градування по реперних точках.....	38
Лабораторна робота №7. Визначення сил різання при точінні.....	44
Лабораторна робота №8. Вивчення технології обробки заготовок на вертикально-свердильному верстаті.....	55
Література.....	61
Форма звіту.....	62

Вступ

Безупинний розвиток та удосконалення технологій сучасного виробництва, впровадження у них новітніх досягнень науки вимагає відповідного рівня науково-технічної грамотності вчителів трудового навчання. Він, в основному, формується у процесі вивчення дисциплін інженерного циклу. Однією з них є “Обробка конструкційних матеріалів”, яку нещодавно було введено у навчальний план для цього напрямку підготовки фахівців в якості окремого курсу.

Курс охоплює вивчення теоретичних основ обробки металевих та неметалевих конструкційних матеріалів, обладнання та технології обробки, основ організації промислового виробництва з них кінцевих виробів, деталей машин та конструкцій у різних галузях народного господарства. Він передбачає засвоєння найпоширеніших операцій обробки конструкційних матеріалів та основ технології виготовлення з них заготовок та готових виробів.

У лабораторний практикум увійшли роботи, у яких вивчаються основні технологічні операції обробки конструкційних матеріалів: лиття, обробки тиском, зварювання і паяння, різання. Виконання пропонованого комплексу лабораторних робіт дасть можливість докладно вивчити відповідне промислове та лабораторне обладнання, набути практичних навичок роботи з ним, оволодіти методикою виконання технологічних операцій виготовлення найпростіших і типових виробів. Це має особливе значення для студентів, оскільки дасть змогу їм у майбутньому на високому фаховому рівні здійснювати навчальний процес у загальноосвітніх школах чи професійно-технічних навчальних закладах.

Лабораторна робота №1

Тема роботи. Виготовлення виливка у разовій пісково-глиняній формі.

Мета роботи: практичне ознайомлення з технологічним процесом виготовлення виливка у разовій пісково-глиняній формі.

Обладнання, матеріали та інструменти: модельний комплект для ручного формування, формова суміш, нагрівна піч, тигель, ливарний сплав.

Теоретичні відомості

Ливарним виробництвом називають процес одержання фасонних деталей або заготовок заливанням розплавленого металу у форми, порожнина яких відповідає конфігурації і розмірам деталей. Після затвердіння металу у формі, її розкривають або ламають і виймають вилиті деталі, які називають *вливками*. Остаточних розмірів деталі набувають зазвичай після механічного оброблення.

Форми виготовляють з різних матеріалів: пісково-глиняних сумішей, вогнетривких матеріалів, металевих сплавів тощо. Найпоширенішими є разові пісково-глиняні форми, у яких до цього часу виливають 85–90 % усього литва за вагою. Це пояснюється тим, що застосування разових форм не обмежено ні родом сплаву, ні температурою його виливання, ні складністю конфігурації, ні розмірами виливок. В індивідуальному виробництві виготовлення виливок у разових піщано-глинистих формах є найпростішим і найдешевшим способом.

Однак виливки, одержані у пісково-глиняних формах, у більшості випадків мають низьку точність, вимагають підвищення припусків на обробку. Технологія їхнього виготовлення пов'язана з переробкою великої кількості формувальних матеріалів, що погіршує умови праці робітників і утруднює автоматизацію технологічного процесу виготовлення виливків.

Технологічний процес виготовлення виливки у пісково-глиняній формі складається із таких операцій:

- 1) розробки креслення виливки на основі робочого креслення деталі;
- 2) виготовлення модельних комплектів;
- 3) приготування формувальних і стержневих сумішей;
- 4) виготовлення форми та стержнів;
- 5) сушіння стержнів, а іноді і форми;
- 6) складання форми;
- 7) плавлення металу;
- 8) заливання форми металом;
- 9) вибивання виливків з форми;
- 10) обрубкування та очищення литва;
- 11) термічної обробки виливків (у деяких випадках);
- 12) контролю готових виливків.

Є такі види креслень модельно-ливарної технологічної розробки: креслення виливка з модельно-ливарними вказівками; креслення зібраної форми у розрізі; креслення стержнів і каркасів; креслення елементів модельного оснащення;

креслення елементів ливникової системи, додатків, холодильників; креслення виливка.

Креслення виливка можна виконувати на копії креслення деталі, записуючи в основному надписі під найменуванням деталі слово „виливка”.

Внутрішні контури оброблюваних поверхонь на кресленні виливка (рис. 1) виконують тонкими лініями, на практиці зображення елементів ливарної форми виконують кольоровими лініями. Конструктивні елементи (отвори, впадини тощо), що не виконуються при литті, закреслюються суцільними тонкими лініями, як показано на рис. 1. Величину припусків вказують цифрою перед знаком жорсткості, наприклад, 6 і 8 в позначеннях. У випадку нескладних виливок допускається вказувати тільки величину припусків без їхнього зображення. У випадку рознімної моделі місце роз'єму вказують літерами „МФ”. Лінія роз'єму показується і супроводжується надписом „вверх”, „вниз”.

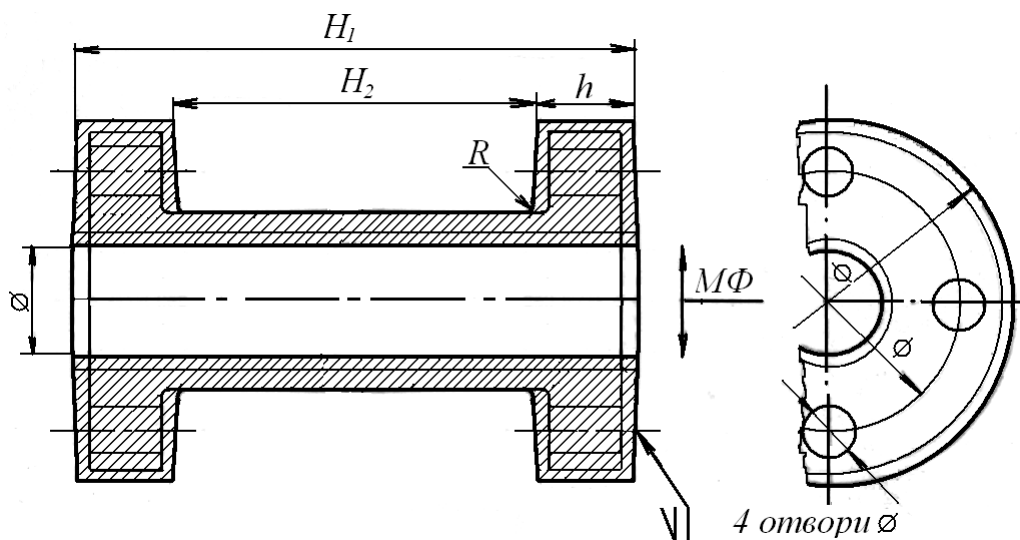


Рис. 1. Ескіз виливка

Модельні комплекти. Для виготовлення виливків використовують модельний комплект. До модельного комплекту належить: модель виливки; стержневі ящики; моделі ливникової системи; підмодельні дошки, або плити; опоки.

Модель – це пристрій, за допомогою якого у ливарній формі роблять відбиток, що за конфігурацією і розмірами відповідає виливку. Модель виготовляють з дерева або металу (переважно алюмінієвих ливарних сплавів). На рис. 2 показано модель виливка, поданого на рис. 1.

Модель виготовляють згідно з формою та розмірами деталі, але з такими відмінностями: модель має збільшені розміри на величину припусків на механічну обробку; модель має збільшені розміри на величину усадки, тому що всі метали при охолодженні зменшують свої лінійні розміри; модель має ливарні нахили для полегшення виймання моделі із формотворної суміші; модель у більшості випадків роз'ємна; модель для відливки пустотілих деталей має стержневі знаки 2, які дають відбитки (заглибини) у формі для розстановки

стержнів; модель має ливарні округлення для плавного переходу від одного елемента деталі до іншого, щоб уникнути тріщин при вистиганні виливка.

Кожна половинка моделі має різьбові отвори для виймання із землі і центрові штирі та отвори для взаємної центрування двох половинок моделі (рис. 2). Радіуси заокруглення, ливарні нахили та усадка металу в більшості випадків описуються технічними умовами на полі креслення.

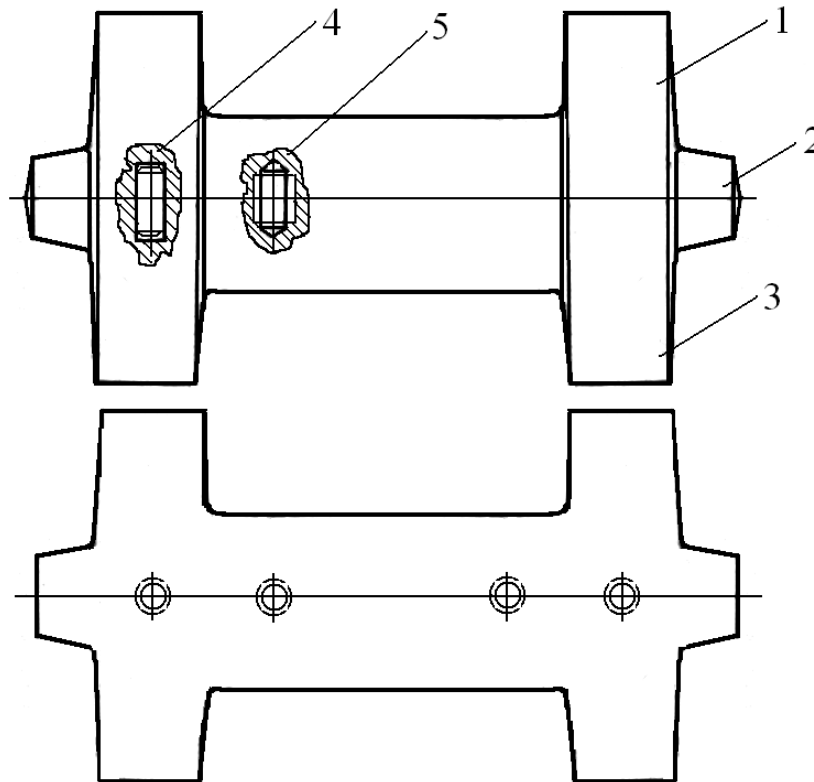


Рис. 2. Модель виливка, що показаний на рис. 1. 1 – модель верхньої частини; 2 – стержневий знак; 3 – модель нижньої частини; 4 – центрувальний штифт; 5 – різьбові отвори

У *стрижневих ящиках* виготовляють стрижні. За допомогою *стрижнів* утворюють порожнини (отвори, заглибини) виливка (рис. 1). Стрижневий ящик, подібно до моделі, також має роз'єм і центрувальні штирі. Циліндричний стрижень по краях конусний для зручності і точності його розміщення у форму (рис. 3).

Моделі ливникової системи утворюють систему каналів, якими рідкий метал надходить у порожнину ливарної форми. Виходячи із розмірів виливка, способу заливання, властивостей ливарного сплаву, вибирають певний тип ливникової системи та проводять розрахунки окремих елементів. Розробляється креслення ливникової системи. На рис. 5 показано горизонтальну ливникову систему.

На *підмодельну плиту* встановлюють моделі виливка та опори у процесі формування. *Опоки* – це металева рамка, у якій виготовляють форму.

Приготування стрижневих і формових сумішей. До складу *формових сумішей* входять: 78 – 80 % кварцового піску, 10 – 18% глини, 4 – 6 % води, 4 – 6 % спеціальних домішок (кам'яновугільний пил, мазут, тирса та інші).

Приготування формових і стрижневих сумішей починають з підготовки вихідних матеріалів. Кварцовий пісок сушать, просівають для відділення сторонніх домішок і розподіляють в бункерах над змішувачами. Глину в суміш вводять у вигляді суспензії. Коли всі вихідні компоненти підготовлені, їх змішують у бігунах. Перемішану та зволожену суміш подають до бункера-відстійника для вилежування у формі і від ливарного сплаву.

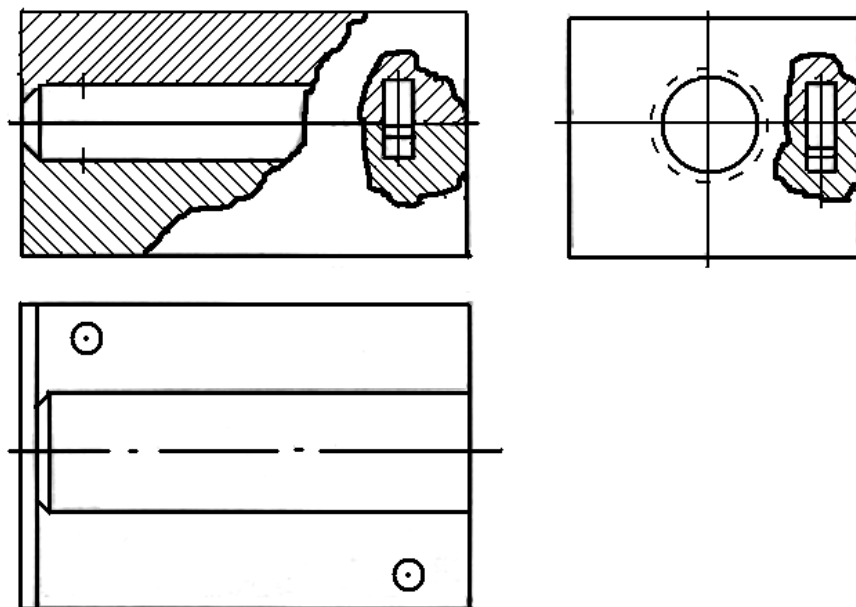


Рис. 3. Стрижневий ящик

При заливанні форми розплавленим металом стрижні перебувають у важчих умовах, тому вони повинні мати високу міцність, а при затвердінні металу – достатню піддатливість. *Стрижневі суміші* складаються з 91 – 97 % кварцового піску, 3 – 4 % глини, з добавками рідкого скла, або інших в'язучих речовин (наприклад, фенолформальдегідних смол). Для масивних стрижнів використовують суміш, яка складається з 90 – 93 % кварцового піску, 7 – 10 % глини, яка є основним в'язучим матеріалом. Для підвищення газопроникності в такі суміші додають 1 – 2 % сульфітно-спиртової барди і тирсу.

У виробництві сталевих, чавунних і бронзових виливків використовують також *швидкотверднучі суміші*. Такі суміші мають можливість застосовувати швидкісні методи формування, скоротити цикл виробництва у 3 – 5 разів, зекономити паливо на сушінні форм, а також підвищити точність виливків. До складу цих сумішей входять кварцовий пісок і рідке скло. Форми та стрижні, у яких як укріплювач використовують рідке скло, твердіють при обробці їх вуглекислим газом, або при короткочасному сушінні на повітрі.

Останнім часом широко застосовується на заводах рідкі самотверднучі суміші (РСС). Основна складова – кварцовий пісок. Особливість РСС полягає в тому, що піноутворювальні речовин навіть при низькій вологості (5 – 6 %) переходять у рідкий рухливий стан, внаслідок чого швидко заповнюють усі порожнини стрижневих ящиків або опок з моделями, даючи точний відбиток порожнини стержневого ящика або моделі.

Виготовлення форм і стрижнів (ручне). При виготовленні виливків значних розмірів і маси (станини верстатів, прокатних станів тощо), а також в індивідуальному виробництві дрібних і середніх виливків формування виконують вручну, оскільки машинне формування було б економічно не вигідним.

Найпоширеніше ручне формування у двох опоках (рис. 4) за розмірною моделлю. Формування починають з виготовлення нижньої половини форми і виконують у такій послідовності.

1. На підмодельну дошку площиною донизу укладають нижню половину моделі і покривають опокою (рис. 4а).

2. На модель наносять шар облицьовувальної суміші, а потім – суміші наповнення.

3. Трамбівкою ущільнюють формову суміш, а надлишок суміші зрізують лінійкою на рівні верхньої кромки опоки і для збільшення газопроникності форми наколюють її вентиляційними голками (рис. 4б).

4. Приготовлену півформу повертають на 180° і на нижню половину моделі встановлюють верхню.

5. Накривають нижню півформу верхньою опокою і опоки з'єднують між собою за допомогою штирів.

6. Установлюють моделі ливникової системи, а поверхню роз'єму посипають розділювальним піском (рис. 4в).

7. Заповнюють верхню опоку сумішшю і також ущільнюють її, після чого витягають моделі ливникової системи (рис. 4г).

8. Знімають верхню півформу з нижньої і також повертають її на 180° площиною рознімання догори.

9. Формову суміш навколо моделі злегка зволожують водою, моделі розштовхують у всі боки і за допомогою підйомника видаляють з форми.

10. Випрямляють і згладжують зруйновані частини форми оброблювальним інструментом.

11. Кладуть стрижень у форму, складають форму і скріплюють опоки (рис. 4д).

12. Виготовлення стрижня проводиться паралельно з формовкою.

Робочі поверхні стрижневого ящика протирають ватою, змазаною гасом, половинки стрижневого ящика скріплюють струбциною, ящик заповнюють стрижневою сумішшю, встановлюють армуючий стрижень і ущільнюють трамбуванням. Після набивання струбцина знімається, ящик укладають горизонтально і легко постукують. Потім верхня половинка ящика знімається і стрижень обережно перекладається у сушильну шафу.

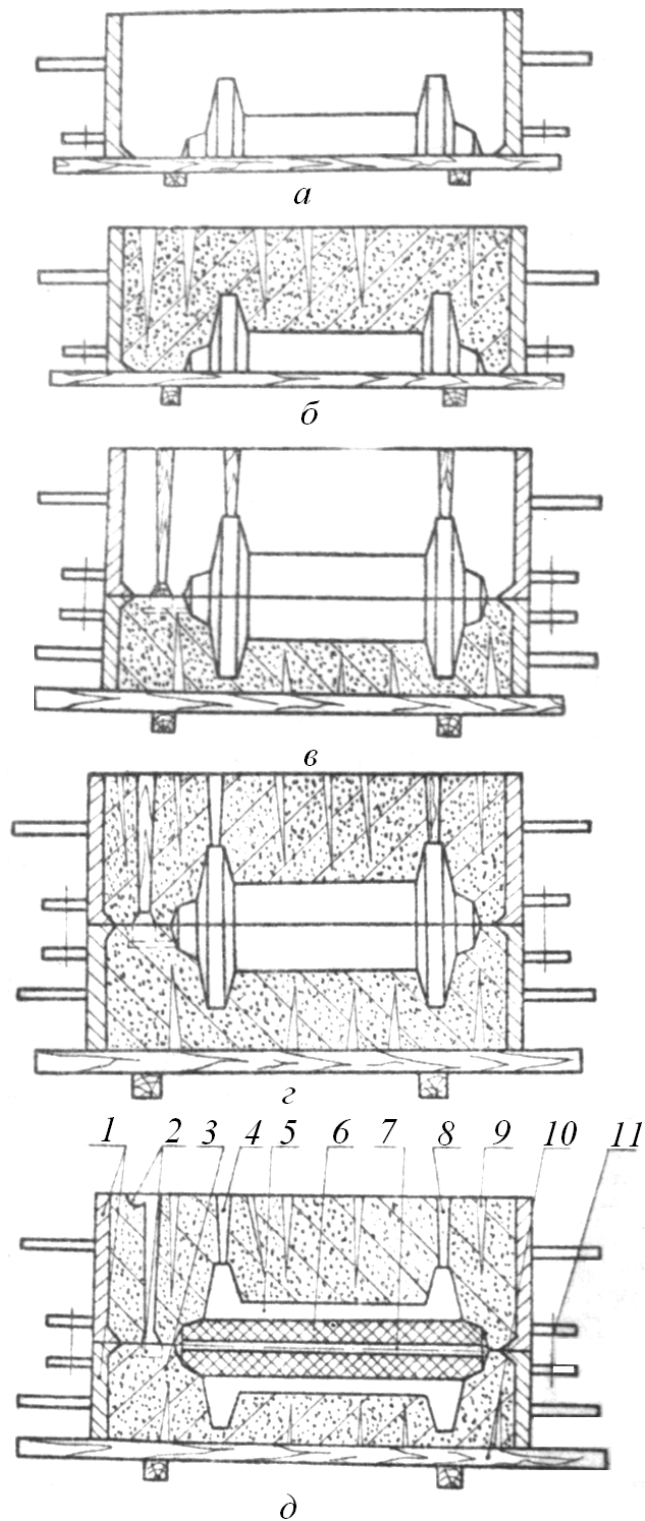


Рис. 4. Формування у двох опоках за рознімною моделлю:
 1 – опоки, 2 – елементи ливникової системи, 3 – нижня півформа,
 4 – випор, 5 – порожнина форми, 6 – стрижень, 7 – металевий каркас,
 8 – верхня півформа, 9 – вентиляційний канал, 10 – підмодельна дошка,
 11 – штир центрування

Плавлення металу. Найпоширенішим агрегатом для плавлення чавуну в ливарних цехах є вагранка. Використовують і індукційні печі. Для плавлення

сталі в ливарних цехах використовують мартенівські, електричні дугові та індукційні печі, а також малі бесемерівські конвертори.

Для плавлення кольорових сплавів застосовують тигельні, електричні та полум'яневі печі місткістю від 5 кг до 5 – 10 т. Якість виливків значною мірою залежить від ливарних властивостей сплавів. До найважливіших ливарних властивостей сплавів належать рідко текучість, усадка та ліквация.

Рідкотекучість – це властивість металів і сплавів швидко заповнювати складні порожнини ливарної форми. Рідкотекучість сплавів визначають за технологічною пробою. Широко застосовується спіральна проба. Довжина спіралі виражена в міліметрах і є характеристикою рідкотекучості. Найбільшу рідкотекучість має сірий чавун, олов'яна бронза, силумін, найменшу – сталь (особливо легована) і чисті метали.

Усадка – це властивість металів і сплавів зменшувати об'єм і лінійні розміри у процесі кристалізації, коли метал переходить з рідкого стану з більшим об'ємом у твердий стан з меншим об'ємом. Внаслідок нестачі металу в процесі кристалізації у виливку може утворитися усадочна раковина.

Об'ємна усадка визначається за формулою:

$$\Delta V = \frac{V_{\phi} - V_B}{V_{\phi}} \cdot 100\%,$$

де V_{ϕ} і V_B – об'єм порожнини форми та об'єм виливка відповідно.

Лінійна усадка металу відбувається при охолодженні виливка у твердому стані до кімнатної температури. Лінійна усадка супроводжується зменшенням лінійних розмірів виливка. Вона визначається за формулою:

$$\Delta l = \frac{l_{\phi} - l_B}{l_{\phi}} \cdot 100\%,$$

де l_{ϕ} , l_B – лінійні розміри форми і виливка відповідно.

Ліквация – неоднорідність хімічного складу металу у різних частинах виливка. Ліквация може бути дендритна (внутрішньо кристалічна) і зональна. *Дендритна ліквация* виникає внаслідок неоднорідності хімічного складу первинних і наступних частин кристалів, які утворюються при кристалізації сплавів, компоненти яких значно відрізняються питомою вагою. *Зональна ліквация* – це неоднорідність виливка у всьому об'ємі. Термічною обробкою зональну ліквацию усунути неможливо.

Заливання форми металом. Після виготовлення форми і її складання студентами форму заливають металом. Перед заливанням метал треба витримати у ковші, щоб неметалеві включення спливали на поверхню у шлак. Розливання треба вести спокійно, не перериваючи струменя металу, і так, щоб ливникова чаша весь час була заповнена металом.

Вибивання виливки з форми. Після повного затвердіння і достатнього охолодження виливка його вибивають з форми, руйнуючи її. Виливок з ливниковою системою після вибивання з форми показано на технічному рис. 5.

Обрубвання ливникової системи. Обрубують ливникову систему в дрібних виливках молотком. Залишки, нерівності поверхні зачищають абразивним кругом.

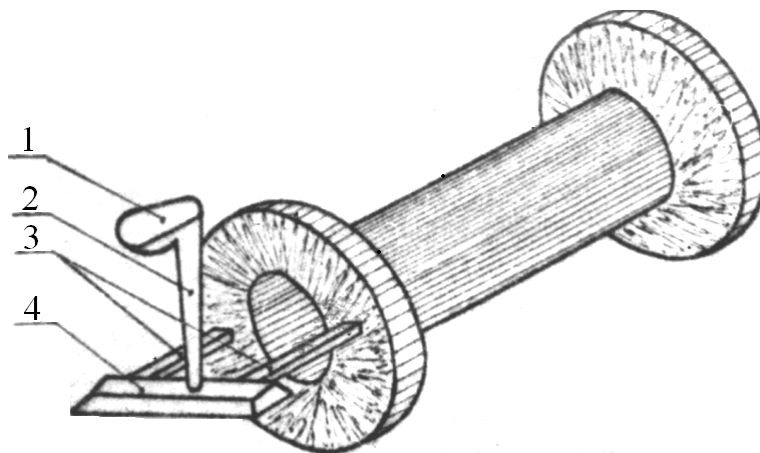


Рис. 5. Виливок з ливниковою системою:

1 – ливникова чаша, 2 – стояк, 3 – живильник, 4 – шлаковловлювач

Послідовність виконання роботи

1. Виготовити ручну разову ливарну форму у двох опоках за рознімною моделлю.
2. Виготовити стрижень.
3. Зібрати форму.
4. Розплавити метал і залити його у форму (плавлення і заливання форми металом проводиться лаборантом під керівництвом викладача).
5. Вибити виливок з форми.
6. Описати технологічний процес виготовлення форми і стрижня та виконати креслення виливка, моделі, стрижневого ящика, операцій формовки та виготовлення стрижня; технічний рисунок виливка з ливниковою системою.
7. Описати якість виливка, форми та стрижня.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть недоліки виливок, одержаних у разових формах.
2. Перелічіть види браку при литті та заходи для їх усунення.
3. Охарактеризуйте технологічний процес виготовлення виливок у разових формах.
4. Що таке усадка металу?
5. Як контролюється рідкотекучість розплавленого металу?
6. Охарактеризуйте модельний комплект.
7. Яка різниця між виливком і моделлю?
8. Яким вимогам повинні відповідати формувальні та стрижневі суміші?
9. Охарактеризуйте основні складники формувальних і стрижневих сумішей.
10. Охарактеризуйте ливарні властивості сплавів.

Література

1. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи , П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.
2. Технологія матеріалів, зміцнення та виготовлення деталей машин / [М. Сиротюк, М. Чернець, М. Опеляк та Ін.].– Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2009. – 263 с.
3. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга I / В. Попович. – Львів, 2000. – 212 с.
4. Технологія конструкційних матеріалів. / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.
5. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров . – К: „Вища школа”, 1984. – 205 с.
6. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.

Лабораторна робота №2

Тема роботи. Виготовлення виливок у металевих формах.

Мета роботи: Ознайомитися з методом лиття у металеві форми, будовою металевих форм і особливостями технології виготовлення виливків у металевих формах.

Обладнання, матеріали та інструменти: кокілі рознімної конструкції, електропіч для плавлення алюмінієвих сплавів, ківш для плавлення і заливання сплаву, зубило, молоток, алюмінієвий сплав, рукавиці, захисні окуляри, халат.

Теоретичні відомості

Виливки, виготовлені у разовій піщаній формі, мають невисоку точність розмірів і недостатню чистоту поверхні, великі припуски на механічну обробку, крупнозернисту структуру. Для виготовлення виливків вищої якості широко впроваджуються спеціальні способи лиття. Вони підвищують точність і чистоту поверхні виливків, зменшують припуски на механічну обробку. На практиці використовують багато методів виготовлення виливків підвищеної точності, в тому числі лиття у металеві форми, лиття під тиском, відцентрове лиття, лиття в оболонкові форми, вакуумним всмоктуванням та інші.

Лиття у *металеві форми* полягає в тому, що замість разової піщаної ливарної форми використовують багаторазову металеву форму, яку називають *кокілем*. Для утворення у виливку внутрішніх порожнин або отворів, роблять стержні, які часто також є металевими. У кокілях одержують виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідше із сталі.

Кокільне лиття, порівняно з литтям у піщані разові форми, має такі переваги: не потрібні формові (а часто – стержневі) суміші і модельно-опокова оснастка; підвищуються точність і чистота поверхні виливків; зменшується кількість пилу у ливарних цехах, поліпшуються умови праці; обслуговування металевих форм не потребує високої кваліфікації робітників; підвищується продуктивність праці. Проте найбільш вагомою перевагою кокільного лиття є багаторазове використання форми, висока якість і щільність виливків. Щільний метал і дрібнозерниста структура утворюються завдяки значній швидкості охолодження і кристалізації розплаву, яка в десятки разів більша ніж у піщаній формі через вищу теплопровідність металу.

Водночас із значними перевагами кокільне лиття має чимало недоліків: висока вартість металевих форм, чим пояснюється їх застосування лише у серійному і масовому виробництві; невіддатливість металевих форм, що збільшує небезпечність утворення тріщин у виливках; чавунні виливки у металевих формах мають вибілену поверхню, це призводить до того, що необхідно застосувати їх відпал виливків, що значно здорожує процес.

Будова металевих форм. Металеві форми виготовляють із сірого, високоміцного та легованого чавуну або із сталі. Конструктивно кокілі можуть бути виконані нерознімними і рознімними з вертикальним або горизонтальним роз'ємом (рис. 1).

Рознімний кокіль складається з двох половин, у яких є порожнина. *Ливникову систему* – чашу, стояк, живильник і випор – виконують у площині

роз'єму. Метал заливають у *ливникову чашу*, який по стояку через *живильник* поступає у порожнину форми. Розкривають форму і виштовхують готовий вилівок вручну або механізованим способом. Вручну розкривають кокілі для дрібних виливків або дуже складні за конструкцією кокілі з кількома роз'ємами. Якщо внутрішні порожнини виливка мають складні обриси, то металеві стержні виготовляють з кількох частин або замінюють на піщані.

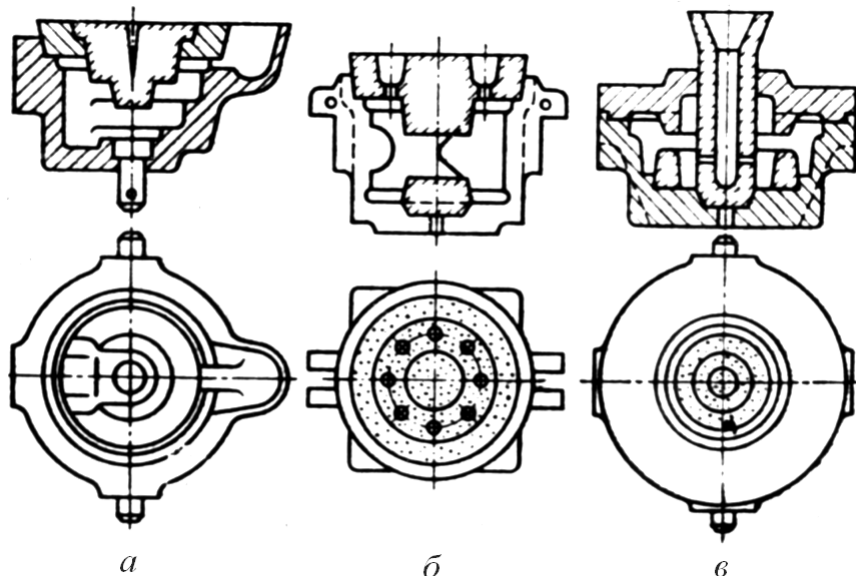


Рис. 1. Конструкції кокілів: *а* – нерознімні; *б* – з вертикальним роз'ємом; *в* – з горизонтальним роз'ємом

Наприклад, внутрішню порожнину автомобільного поршня із алюмінієвого сплаву одержують металевим стержнем, який складається із трьох частин: центрального стержня 2 і двох бокових 1 і 3 (рис. 2*а*).

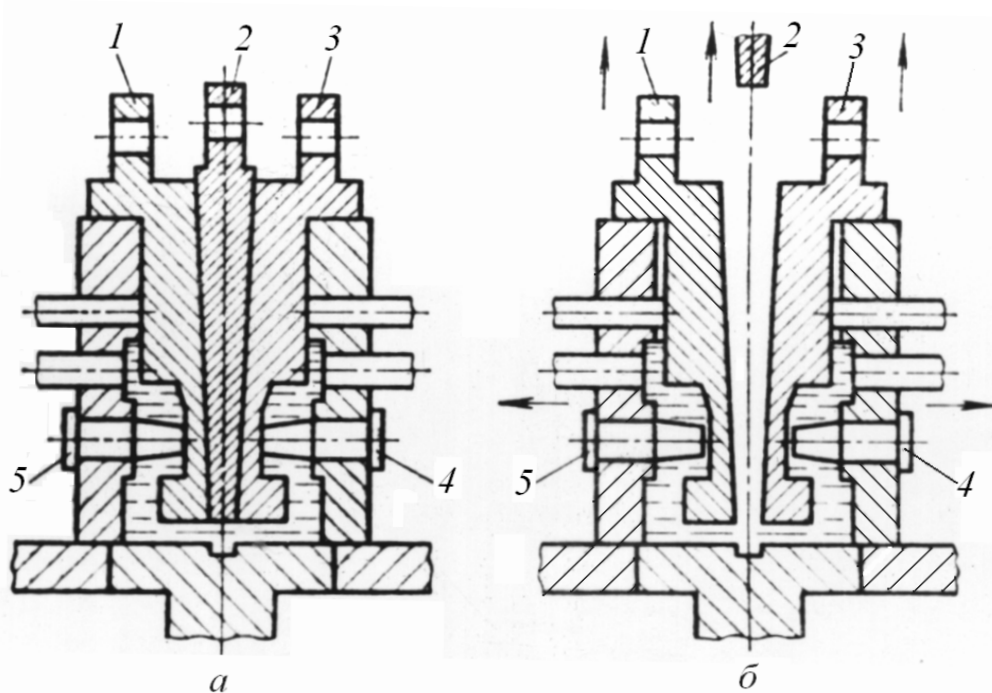


Рис. 2. Кокіль для виливки поршня з рознімним металевим стержнем

Після заливання кокіля сплавом і утворення достатньо міцної оболонки у виливниці, виймають центровий клиноподібний стержень 2 (рис. 2б), потім бокові 1 і 3, а також стержні 4 і 5, за допомогою яких в поршні одержують отвори.

Особливості технології виготовлення виливків у металевих формах. Перед заливанням металу внутрішню поверхню металевої форми покривають спеціальною фарбою для ізолювання форми від контакту з рідким металом. Це роблять для того, щоб збільшити строк її служби або зменшити швидкість охолодження. Щоб запобігти вибілювання чавунних виливків, треба підібрати відповідний хімічний склад чавуну, який би забезпечив процес графітизації в умовах підвищеної швидкості охолодження у металевій формі. Крім того, перед заливанням чавуну кокіль нагрівають до 250 – 300°C і час витримки вилівка у кокілю скорочують до мінімуму. При виготовленні в металевих формах виливків із силуміну відпадає потреба модифікування їх натрієм, оскільки швидке охолодження подрібнює кремній в евтектиці. При литті у кокіль мідних сплавів порожнину форми покривають жирними фарбами, внаслідок чого між металом і кокілем утворюється газовий прошарок. Це усуває можливість виникнення пригару і сприяє утворенню гладенької поверхні вилівка.

Технологічний процес кокільного лиття складається з таких послідовних операцій:

- 1) очищення кокілю від старого облицювання;
- 2) підігрівання форми;
- 3) фарбування форми;
- 4) укладання стержнів;
- 5) складання форми;
- 6) заливання металом і видалення вилівка з форми.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з будовою кокілів. Звернуто увагу на тип роз'єму форми і механізм закривання форми.
2. Провести контрольне закривання і розкривання кокілю з метою перевірки правильності і надійності взаємодії всіх його частин.
3. Довести температуру сплаву до 750 °С.
4. Зібрати кокіль і залити його металом.
5. Після охолодження видалити вилівок із форми.
6. Візуально оцінити якість вилівка.
7. Описати конструкцію металевої форми і накреслити її ескіз.
8. Описати особливості технологічного процесу виготовлення вилівка в кокілі і температурний режим його заливання.
9. Накреслити ескіз вилівка і описати його якість.

Питання для самоконтролю

1. Вкажіть переваги та недоліки лиття у кокілі.
2. Опишіть будову і принцип роботи металевої форми.
3. Охарактеризуйте дефекти вилівок при литті у кокілі та заходи їхнього

усунення.

4. Перелічіть і охарактеризуйте відомі вам спеціальні види лиття.

Література

1. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи, П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.

2. Технологія матеріалів, зміцнення та виготовлення деталей машин / [М. Сиротюк, М. Чернець, М. Опеляк та Ін.]. – Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2009. – 263 с.

3. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга I / В. Попович. – Львів, 2000. – 212 с.

4. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.

5. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров . – К.: „Вища школа”, 1984. – 205 с.

6. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк – К: Кондор, 2009. – 528 с.

Лабораторна робота №3

Тема роботи. Розробка технологічного процесу виготовлення виробів листовим штампуванням.

Мета роботи: ознайомитися з основними операціями листового штампування, навчитися проводити розрахунки для визначення параметрів листового штампування і розмірів заготовок та штампів.

Обладнання, матеріали та інструменти: ручний гідравлічний прес ПГПР, вирубні штампи, лінійка, штангенциркуль, штампові вироби, креслення деталей.

Теоретичні відомості

Листовим штампуванням називають процес виготовлення у штампах на пресах металевих деталей з тонкого листового, стрічкового або штабового матеріалу. Товщина деталей мало відрізняється від товщини вихідної заготовки і не перевищує 6 мм (в окремих випадках – 10 мм). Матеріалом для штампування є сталі і сплави кольорових металів.

Широке застосування листового штампування у промисловості пояснюється багатьма позитивними якостями, а саме: високою продуктивністю (до 30 – 90 тис. деталей за зміну); можливістю використання малокваліфікованих робітників; точністю деталей, що забезпечує їхню взаємозамінність; сприятливими умовами для автоматизації процесу. На вітчизняних заводах штампування з листового матеріалу виготовляють приблизно 60 % автомобільних деталей, наприклад, кузови автомобіля, рами, крила, щитки, деталі радіатора, фари, диски коліс та ін. Відходи при листовому штампуванні – 15 – 40 %, а вартість листового матеріалу – до 70 % загальної вартості виробів.

Технологічні операції і штампи для листового штампування. Технологічні операції листового штампування можна поділити на дві групи: *відокремлювальні* (відрізання, вирубування, пробивання, зачищення, надрізування, обрізування) і *формозмінювальні* (гнуття, витягування, холодне видавлювання, обтискання, формування, випучування, розбортування, карбування тощо).

Відрізання – поділ заготовки на частинки за допомогою ножів або штампів. Найчастіше цю операцію застосовують як заготовлювальну (різання заготовок). Відрізання листа або штаби по прямій лінії виконують листовими ножицями. При цьому лист (рис. 1а) кладуть на нижній лист 5 і просувають до упора 4, верхній ніж 2 закріплюють у повзуні ножиць або преса. При перекриванні кромки ножів лист розрізається. Притискач 1 забезпечує затискання листа при відрізанні. Застосовують ножиці з поступальним рухом різальних кромки ножів (паралельні, гільйотинні) і обертальним (дискової або роликової). Роликівими ножицями можна різати по кривій лінії.

Вирубування (вирізування) – різання по замкненому контурі, при якому від заготовки відокремлюється деталь чи виріб (3 на рис. 1б). *Пробиванням* називається різання по замкненому контурі, при якому утворюється наскрізний отвір у виробі з видаленням частини матеріалу у відхід (4 на рис. 1б).

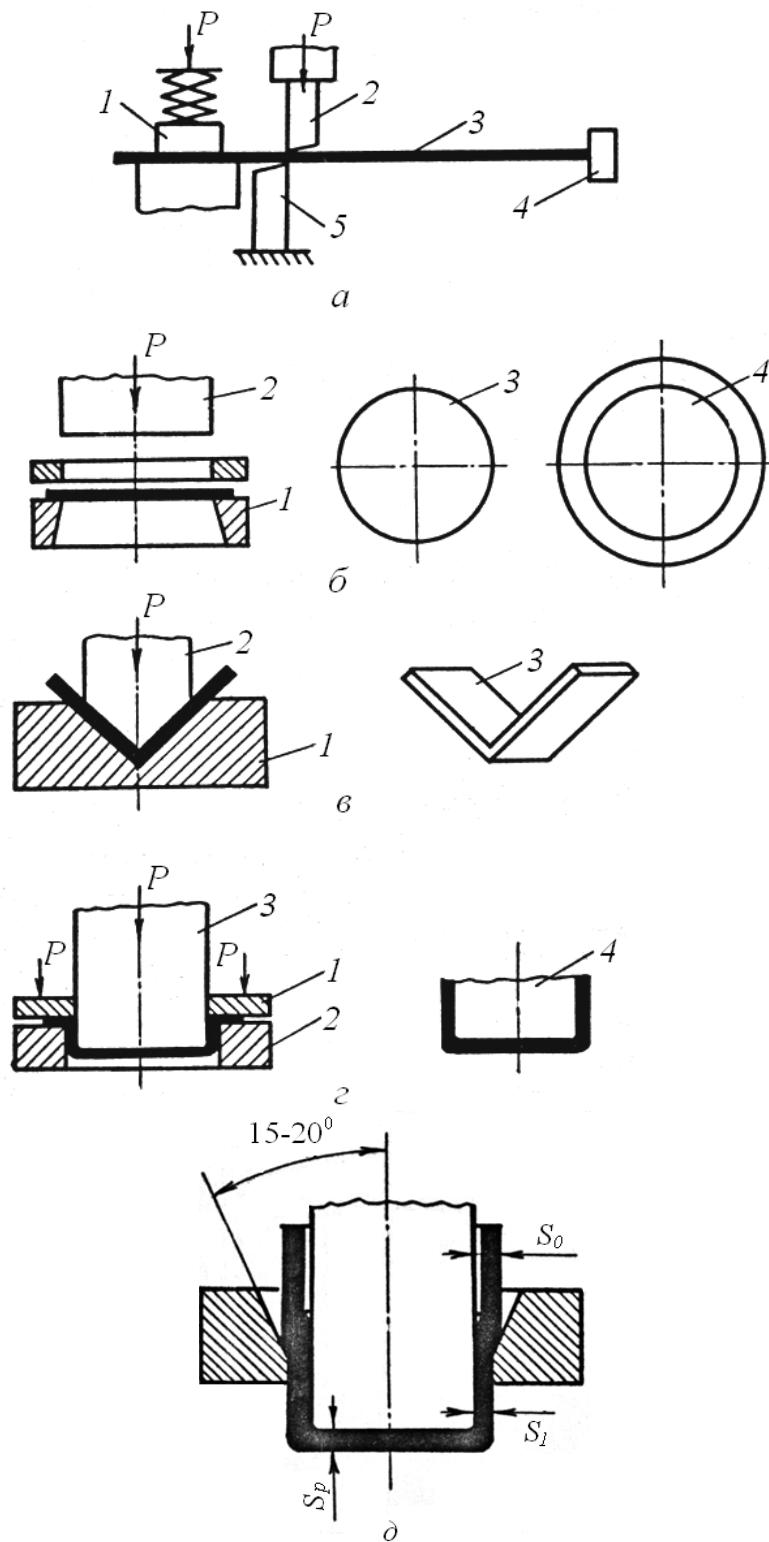


Рис. 1. Схеми основних видів технологічних операцій листового штампування:
a – відрізання; *б* – вирубкування (вирізування); *в* – гнуття; *г* – витягування без потоншення стінок; *д* – витягування з потоншенням стінок

Вирубкування виконують за допомогою пуансона 2 (рис. 1б) і матриці 1, які працюють як ножі замкнутої форми. Пуансон вдавлює відокремлювану частину заготовки в отвір матриці. Для чистого зрізання потрібно, щоб робочі кромки пуансона і матриці були гострими, а зазор (рис. 2) між пуансоном і

отвором матриці (на один бік) дорівнював: для сталі – 6 – 20 %, для міді і латуні – 5 – 15 % від товщини заготовки (для твердих матеріалів і товстих листів потрібний більший зазор). При нормальному зазорі бічні стінки виробу виходять рівними, а при недостатньому або надмірному можливі вирви.

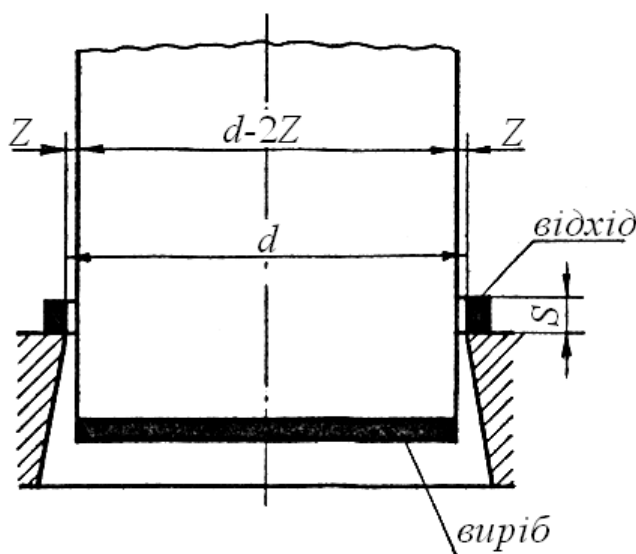


Рис. 2. Схема для вирубування і пробивання

Зусилля, яке потрібне для ножиць з паралельними кромками ножів, а також для вирізування і пробивання на пресі, визначають за формулою:

$$P = KLS\sigma_{зр},$$

де P – зусилля, Н; K – коефіцієнт, що враховує затуплення різальних кромek ножів, або різальних деталей штампа ($K = 1.0-1.3$); L – периметр зрізу, м; S – товщина листа, м; $\sigma_{зр}$ – границя міцності при зрізі, Н/м², $\sigma_{зр} \approx 0.7-0.8\sigma_s$, де σ_s границя міцності матеріалу, який вирізається.

Гнуття – це формозмінювальна операція, що змінює напрямку осі деталі. При вигинанні волокна металу, розміщені всередині кута, стискаються, а розміщені з зовнішнього боку кута – розтягуються. Штaмп виготовляють так, щоб після розпруження деталь мала розміри, задані кресленням. Згинальні роботи бувають різні, тому створено багато конструкцій штампів: штампи прості, пружинні роликові, клинові тощо. На рис. 1в показано вигинання штаби під кутом 90°. Штабу кладуть на матрицю 1; при натисканні пуансоном 2 вона набирає форми зігнутої пластинки 3.

Витягування – це процес виготовлення порожнистого виробу з плоскої листової заготовки за допомогою штампа. Витягуванням роблять кузови автомобілів, каструлі, гільзи та ін. Вихідна заготовка не повинна мати зайвого матеріалу, тому її попередньо вирубують з листа у вигляді кружка або іншої форми. При витягуванні заготовку кладуть на матрицю (рис. 1г) і затискають притискачем 1. Притискач перешкоджає підніманню країв заготовки і утворення складок. При опусканні пуансона 3 заготовка проштовхується через матрицю 2, перетворюючись у порожнистий ковпак 4.

При витягуванні без потоншення стінок зазор між пуансоном і матрицею повинен бути таким, щоб у нього можна було втягнути заготовку. Отже, зазор

не повинен бути меншим за товщину матеріалу S , зазвичай беруть $Z = (1,2-1,3)S$.

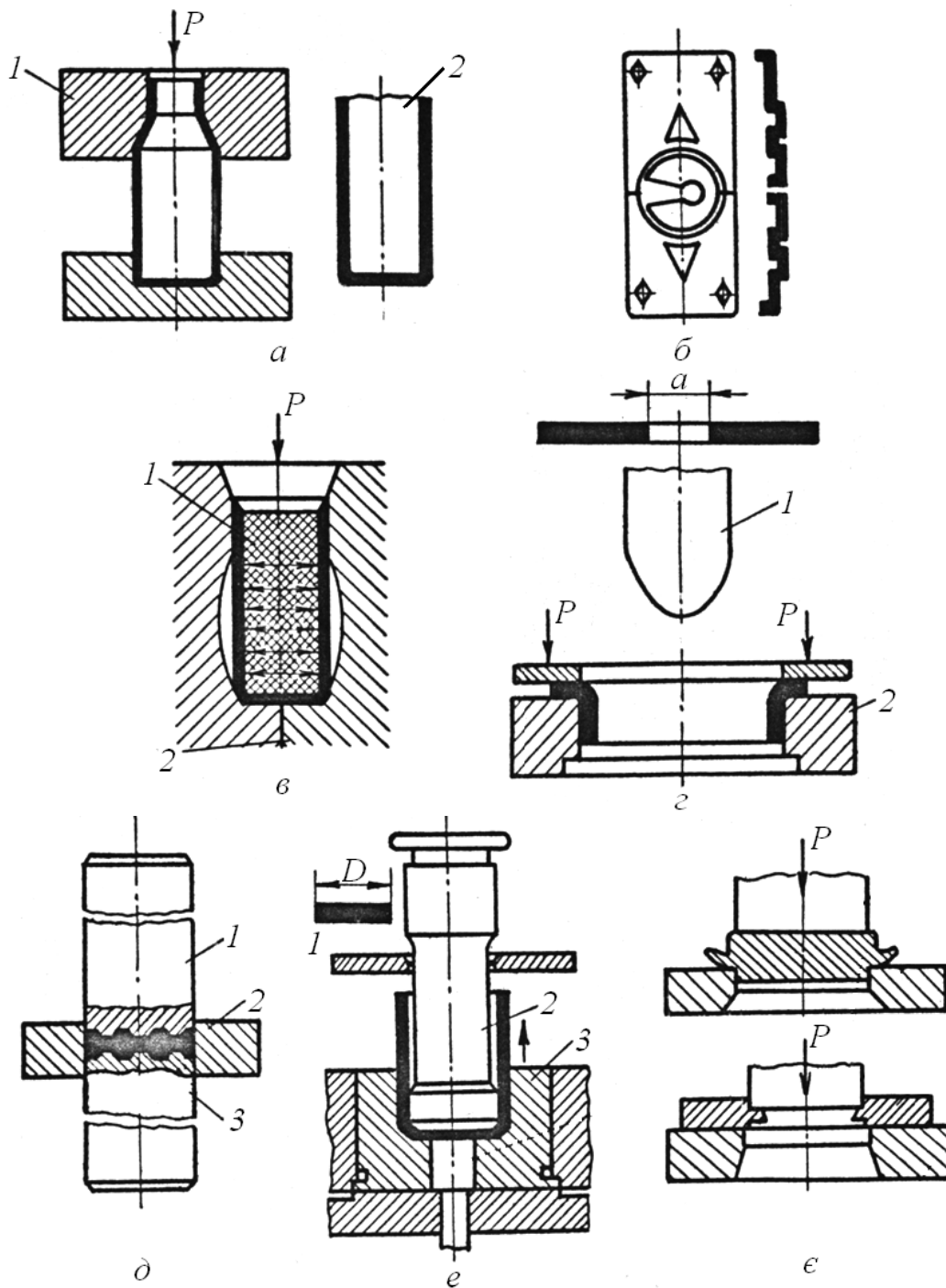


Рис. 3. Схеми основних видів технологічних операцій листового штампування:
 а – обтискання; б – формування; в – випучування; г – розбортовування; д –
 листове карбування; е – холодне ударне видавлювання; е – зачищення

Витягування з потоншенням стінок (редукування) є додатковою операцією для потоншення стінок витягнутої деталі. Цього досягають тим, що зазор між пуансоном і матрицею є меншим за товщину стінки вихідної заготовки, а робочий отвір матриці у верхній частині роблять конічним (рис. 1д). За вдяки

потоншення бічних стінок з розміру S_0 до S_1 збільшується висота деталі. Допустиме зменшення товщини за один перехід дорівнює 40–60 %.

Неглибокі деталі простої форми витягують за один перехід, а деталі глибокі та складної форми – за декілька переходів. При багаторазовому витягуванні діаметр деталі при кожному переході зменшується, а глибина збільшується.

Відношення внутрішнього діаметра виготовленої деталі до діаметра заготовки називається *коефіцієнтом витягування заготовки*:

$$m = \frac{d_1}{D},$$

Для другого і подальших переходів:

$$m_2 = m_3 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{d_3}{d_2}.$$

Обтискання – це місцеве зменшення поперечного перерізу порожнистого виробу, виготовленого витягуванням. У цій операції робочим інструментом є матриця 1 (рис. 3а), у яку заштовхується обтискувана заготовка виробу 2. Величина обтискання за один перехід становить 20 – 30 %.

Формування застосовують для того, щоб виріб набрав остаточної форми (профілю) і щоб надати попередньо вирубаному або витягнутому виробу точніших розмірів. Прикладом формування є утворення на виробках різних опуклостей, западин, орнаментів, ребер жорсткості тощо. На рис. 3б показано накладну пластину до замка, виступи якої виготовлені в рельєфному штампі.

Випучування – це формування з середини, коли утворення опуклостей і орнаментів досягають за рахунок тиску з середини гуми, рідини або сипких матеріалів. На рис. 3в показано випучування попередньо виготовленого виробу за допомогою гумового впадника 1, на який зверху тисне пуансон. Матриця для випучування має роз'єм 2, що дає змогу витягнути з неї деталь.

Розбортовування – полягає в утворенні борта в заготовці з попередньо пробитим отвором. З метою запобігання утворенню тріщин при розбортовуванні приймають наступне збільшення діаметра головки.

$$K_{\text{розб}} = \frac{d_{\text{дет}}}{d_{\text{отв}}} = 1,4 - 1,6,$$

де $K_{\text{розб}}$ – коефіцієнт розбортовування; $d_{\text{дет}}$ – діаметр отвору деталі після розбортовування; $d_{\text{отв}}$ – діаметр отвору заготовки до розбортовування. На рис. 3г показано розбортовування отвору а в плоскій заготовці за допомогою пуансона 1 і матриці 2.

Листове карбування застосовують для доведення товщини плоских деталей до потрібного розміру або утворення на поверхні деталей рельєфного рисунка написів та ін. (монети, ордени, значки, емблеми), а також художніх зображень на виробках і предметах широкого вжитку. На рис. 3д показано карбування медалі. Заготовку кладуть на нижній пуансон 3, який охоплюється кільцем 2. У середину кільця входить верхній пуансон 1. Обидва пуансони, що мають гравірування, обтискають заготовку (карбують). Потім обидва пуансони,

піднімаючись вгору, виводять виріб із кільця. Питомий тиск при карбуванні становить 800 – 3000 МН/м².

Холодним ударним видавлюванням виготовляють порожнисті деталі різної форми із кольорових металів і сплавів (свинцю, олова, алюмінію, міді, цинку, дуралюмінію, латуні). Можливість обробки сталевих заготовок обмежена стійкістю інструмента. Суть процесу полягає в тому, щоб металева заготовка у вигляді товстого кружка 1 (рис. 3е), поміщена у порожнину матриці 3, тиском пуансона 2 видавлюється в зазор між пуансоном і матрицею, набирають потрібної форми.

Точні деталі, які повинні мати чисту та гладеньку поверхню зрізу по зовнішньому або внутрішньому контуру, зачищають. *Зачищення* полягає у зрізуванні припуску спеціальним зачисним штампом (рис. 3е). Припуск на один бік для матеріалу завтовшки 0,5 – 2,5 мм дають 0,1 – 0,5 мм, при внутрішньому зачищенні припуск дають 0,1 – 0,25 мм.

Обладнання для листового штампування. Для листового штампування використовують кривошипні, кривошипно-ексцентрикові, фрикційно-гвинтові та гідравлічні преси. Найбільш широко застосовують кривошипні та кривошипно-ексцентрикові преси. Вони дають можливість отримувати деталі складної та асиметричної форми завдяки нецентральному навантаженню.

Гідравлічні преси володіють найкращою характеристикою виконання листового штампування, оскільки дають змогу формувати листовий метал з постійною швидкістю. Ці преси допускають навантаження, що небезпечні для кривошипних пресів.

Послідовність виконання роботи

1. Накреслити ескізно одержану штамповану деталь.

2. Розрахувати діаметр заготовки за розмірами штампованої деталі, виходячи з умов, що поверхні деталі і заготовки рівні за формулою:

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + \Delta h)},$$

де D – діаметр заготовки, мм; d – зовнішній діаметр основи, мм; h – висота вирубування, мм; Δh – припуск на обрізку, мм.

Штампкування ведуть без потоншення стінки. Товщину заготовки беруть рівною товщині стінки.

3. Визначити основні розміри вирубного штампу. Розрахований діаметр D є номінальним розміром пуансона. Між пуансоном і матрицею встановлюють зазор у межах 5–8 % товщини штампованого металу.

4. Підрахувати зусилля, необхідне для вирубування заготовки згідно з формулою:

$$P = KLS\sigma_{zp},$$

де P – зусилля, Н; K – коефіцієнт, що враховує затуплення різальних кромek ножів, або різальних деталей штампа ($K = 1,0–1,3$); L – периметр зрізу, м; S – товщина листа, м; σ_{zp} – границя міцності при зрізі, Н/м², $\sigma_{zp} \approx 0,7–0,8\sigma_s$, де σ_s – границя міцності матеріалу, який вирізається.

5. Визначити кількість операцій, необхідних для витягування виробу заданих розмірів, враховуючи відносну глибину витягування:

$$\frac{h + \Delta h}{d}$$

і відносну товщину заготовки:

$$\frac{S}{D}$$

При виборі кількості операцій необхідно керуватися тим, щоб при кожній з них не виникали напруження, котрі викликають руйнування металу. Необхідна ступінь деформації заготовки задається коефіцієнтом витягування m .

6. Розрахувати діаметри пуансонів для кожної операції згідно з формулами:

$$d_1 = m \cdot D; \dots; d_n = m_n \cdot d_{n-1}.$$

Розраховуючи діаметр матриці d_m необхідно врахувати, що потрібно отримати заданий внутрішній діаметр. Тому до діаметра пуансона додають величину зазору між пуансоном і матрицею. Зазор при витягуванні без потоншення стінок визначають за формулою:

$$Z = S_{max} + C \cdot S,$$

де S_{max} – максимальна товщина матеріалу (з врахуванням припуску на прокат – 0.1 мм); S – номінальна товщина матеріалу; C – коефіцієнт, для першої операції $C = 0,3$; для другої 0,1.

Діаметр отвору матриці:

$$d_m = d_1 + 2 \cdot Z.$$

Радіус заокруглення матриць r_m вибирають залежно від товщини матеріалу та розмірів виробу у межах 4 – 6 мм. Радіус заокруглення пуансона r відповідає $(0,7 - 1,0) r_m$.

7. Визначити зусилля преса, яке необхідне для першої операції витягування

$$D_{i0} = D + Q$$

де P – зусилля витягування, МПа; Q – зусилля притискання, МПа.

Зусилля витягування визначають згідно з формулою:

$$P = \pi \cdot d_1 \cdot S \cdot \sigma_a \cdot n,$$

де d_1 – діаметр пуансона при першій операції витягування, мм; S – товщина металу, що витягується, мм; σ_a – границя міцності металу, Па; n – поправочний коефіцієнт, який залежить від m .

Зусилля притискання визначають за формулою:

$$Q_{i0} = F_n \cdot g,$$

де F_n – площа заготовки, що є під притискачем, m^2 ; g – питомий тиск притискача, МПа.

8. Накреслити ескізно схему штампу для першого витягування із зазначенням зусиль на витягування та притискання.

9. Накреслити ескізно схему штампу для другого витягування (за умови необхідності другого витягування).

Питання для самоконтролю

1. Що таке листове штампування? За яких умов воно використовується?

2. Які основні види листового штампування ви знаєте?
3. Коротко охарактеризувати відокремлювальні операції.
4. Коротко охарактеризувати формозмінювальні операції.
5. Яке обладнання використовують для листового штампування.
6. Відтворити послідовність розрахунків при розробці технологічного процесу виготовлення порожнистої деталі листовим штампуванням

Література

1. Технологія матеріалів, зміцнення та виготовлення деталей машин / [М. Сиротюк, М. Чернець, М. Опеляк та Ін.]. – Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2009. – 263 с.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович, В. Голубець – Львів, 2000. – 212 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.
4. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров . – К: „Вища школа”, 1984. – 205 с.
5. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.
6. Краткий справочник металлиста / [под. ред.. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова]. – изд. 3-е, перер. – М: “Машиностроение”, 1986. – 960 с.

Лабораторна робота №4

Тема роботи. Розробка креслення кованки.

Мета роботи: ознайомитися з методикою розробки креслення кованки при гарячому об'ємному штампуванні за кресленням деталі.

Обладнання, матеріали та інструменти: креслення деталі, стандарти, інструкція до лабораторної роботи.

Теоретичні відомості

Гаряче об'ємне штампування (ГОШ) заготовок і деталей машин є однією із основних різновидностей обробки металів тиском (ОМТ). Ощадливі витрати металу при виготовленні поковок закладено у самій ідеї пластичного формозмінювання обробкою тиском, яка полягає у перетворенні заготовки простої форми у поковку більш складної форми того самого об'єму.

Можливість застосування великих швидкостей деформування і невелика кількість відносно нескладних технологічних операцій обумовлюють малу тривалість робочого циклу і високу продуктивність ковальсько-штампувального виробництва. Крім того штамповані вироби (кованки) відрізняються високими механічними і експлуатаційними властивостями. Тому в металообробній промисловості ковальсько-штампувальне виробництво є одним із основних способів виготовлення заготовок і деталей машин.

Суть і способи гарячого об'ємного штампування. Гаряче об'ємне штампування полягає у формозмінюванні заготовки під дією зовнішніх сил. Штамп є спеціальним інструментом із порожниною, яка називається рівчаком (рис. 1). У порожнину нижньої частини штампа встановлюють нагріту вихідну заготовку, яка деформується при русі верхнього штампа вниз. Переміщення металу заготовки у рівчаку штампа зустрічає опір стінки і сил тертя, у результаті чого метал заповнює рівчак (порожнину) штампа. Надлишок металу витісняється у роз'єм між штампами, і утворюється задирка. Виготовлена заготовка називається *штампованою кованкою* і вона є точною копією рівчака (порожнини) штампа.

Залежно від типу штампа, розрізняють штампування у відкритих і закритих штампах. Штампування у відкритих штампах (рис. 1а) характеризуються змінним зазором між рухомою і нерухомою частинами штампа. У нього витікає облой (задирка), який закриває вихід із порожнини штампа і змушує метал повністю заповнити порожнину. У кінцевій стадії деформуванням у облой витискається надлишок металу, який міститься у порожнині, що дає можливість не висувати особливо високих вимог до точності маси заготовки. Облой потім обрізається у спеціальних штампах. Штампуванням у відкритих штампах виготовляють поковки всіх типів. Штампування у закритих штампах (рис. 1б, в) характеризується тим, що порожнина штампа у процесі деформування залишається закритою. Зазор між рухомою і нерухомою частинами штампа при цьому постійний і невеликий, оскільки утворення облой в ньому не передбачено. Будова такого штампа залежить від типу машини, на якій штампують. Наприклад, нижня половина штампа може

мати порожнину, а верхня виступ (на пресах) або навпаки (молотах). Закритий штамп може мати не одну, а дві взаємно перпендикулярні площини роз'єму, тобто складатися із трьох частин (рис. 1в).

При штампуванні у закритих штампах необхідно строго дотримуватися рівності об'ємів заготовки і поковки, бо інакше при нестачі металу не заповняться кути порожнини штампа, а при надлишку розмір поковки за висотою буде більшим від необхідного. Отже, у цьому випадку процес виготовлення поковки ускладнюється, оскільки процес розтікання заготовок повинен забезпечити високу точність.

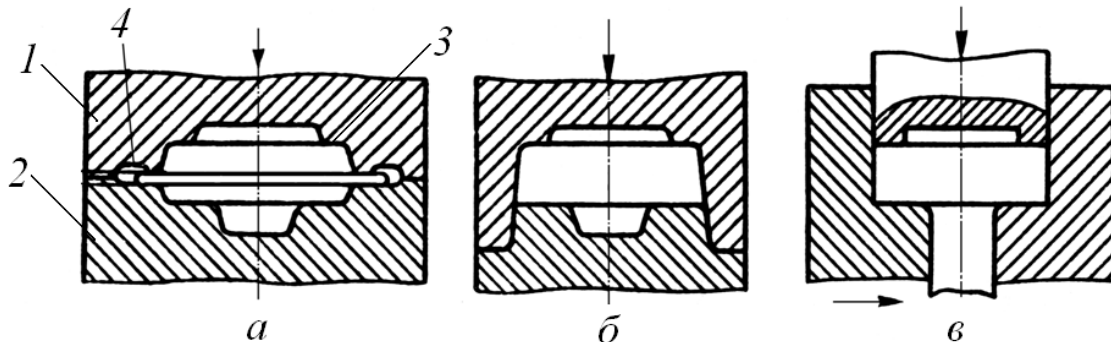


Рис. 1. Схема штампування:

а – у відкритих; б і в – у закритих штампах;

1 – верхній штамп; 2 – нижній штамп; 3 – стінка рівчака (порожнини);

4 – стінка канавки для задирки

Основна перевага штампування у закритих штампах – це зменшення витрат металу, оскільки немає затрат металу на облой. Поковки, виготовлені в закритих штампах, мають більш сприятливу макроструктуру, бо волокна майже точно йдуть за контуром поковки і не перерізаються у місцях виходу металу в облой. При штампуванні у закритих штампах метал деформується в умовах всебічного нерівномірного стиску при значно більших стискаючих напруженнях, ніж у відкритих штампах. Це дає змогу одержувати високі ступені деформації і штампувати малопластичні сплави.

Порівняно з вільним куванням об'ємне штампування має чимало переваг. По-перше, це більш висока продуктивність (десятки і сотні поковок за годину). Гарячим об'ємним штампуванням можна одержувати поковки складної конфігурації без напусків, що при куванні є неможливим. Допуски на штаповану поковку у 3 – 4 рази менші за допуски на ковану, внаслідок чого значно скорочується об'єм наступної обробки різанням. Водночас штамп є дорогим інструментом, і придатний він тільки для виготовлення одного типу поковок. Тому гаряче об'ємне штампування економічно вигідне тільки при виготовленні великої кількості однакових поковок (серійне і масове виробництво).

Розробка креслення сталевих штапованих кованок у відкритих штампах. Креслення кованки розробляється на основі креслення деталі з

нанесенням припусків, напусків і штампувальних ухилів. При цьому обов'язково дотримуються вимог державних стандартів.

Стандарт регламентує (вказує допустимі) допуски на розміри і припуски на механічну обробку, найбільші ковальські напуски і радіуси заокруглень зовнішніх і внутрішніх кутів поковок. Стандарт передбачає категорії поковок в залежності від призначення і умов роботи деталі з поділом на два класи точності: I клас – кованки підвищеної точності; II клас – кованки нормальної точності.

Для визначення класу точності, величин припусків, допусків і напусків стандарт передбачає такі параметри:

1. Визначення групи сталі кованки. До групи M1 належать – вуглецева або легована сталі, які містять до 0,45 % C при вмісті до 2 % легуючих елементів. До групи M2 належать більш леговані сталі.

2. Визначення класу точності кованки. Клас точності кованки встановлюють з урахуванням вимог до точності їхніх розмірів, умов і характеру виробництва (серійне, масове).

3. Визначення ступеня складності кованки (від C1 до C4). Ступінь складності кованки визначається відношенням маси (об'єму) кованки G_n до маси (об'єму) геометричної фігури G_ϕ , у яку вписується кованка (фігура може бути циліндром або паралелепіпедом, в розрахунку беруть ту із фігур об'єм якої менший):

$$C = G_n / G_\phi$$

Результатуюча величина ступеня складності: C1 – від 0,63 до 1,00; C2 – від 0,32 до 0,63; C3 – від 0,16 до 0,32; C4 – до 0,16.

4. Визначення конфігурації поверхні роз'єму штампа (П – плоска, И – зігнута).

Припуск – це передбачене перевищення розмірів кованки проти номінальних розмірів деталі, який забезпечує після оброблення різанням задані кресленням розміри деталі і чистоту її поверхні. Найбільші припуски на механічне оброблення, які призначаються на один бік за номінальними розмірами, регламентуються масою кованки (до 400 кг), ступенем складності їхнього виготовлення, групою сталі, видом обладнання штамповки, шорсткістю оброблюваної поверхні деталі, та вибираються згідно із стандартами на кованки і шорсткістю поверхні. Припуски на механічне оброблення позначають, в основному, на поверхнях деталі, що підлягають з'єднанню з іншими.

Для визначення припусків, допусків і напусків за кресленням деталі виконують попередній розрахунок маси кованки з урахуванням 0,5 додатного відхилення для зовнішніх розмірів і 0,5 від'ємного відхилення для розмірів порожнин і отворів. Для того, щоб врахувати припуски і напуски масу деталі збільшують у 1,25 рази:

$$G_n = 1,25G_o,$$

де G_n – маса кованки; G_o – маса деталі.

Розрахункова маса кованки не включають в себе маси тієї її частини, яка не піддається деформації, і маси облою.

Напуск – це збільшення припуску з метою спрощення конфігурації кованки у зв'язку з неможливістю або нерентабельністю виготовлення штампуванням. До ковальських напусків належать: внутрішні радіуси заокруглень і перепонки отворів, штампувальні ухили (табл. 1), що полегшують виймання кованки із штампа і рівчака, їх призначають на всі поверхні деталі, які розміщені паралельно до руху інструменту. Напуски призводять до збільшення маси кованки, а значить і до збільшення витрат металу і витрат на оброблення різанням.

Для полегшення заповнення порожнини штампа і виймання із неї поковки бокові поверхні порожнини повинні мати *штампувальні ухили*. Їх призначають поверх припуску, вони підвищують відходи металу при механічному обробленні і збільшують масу кованки. Ухил залежить від глибини і складності порожнини, обладнання, що застосовується для штампування, і перебуває для сталевих кованок у межах 3 – 10°. Внаслідок температурної усадки для зовнішніх поверхонь кованки штампувальні ухили приймають меншими, ніж для внутрішніх.

Таблиця 1. Штампувальні ухили

Штампувальне обладнання	Штампувальні ухили, градуси	
	зовнішні	внутрішні
Молоти	7	10
Преси з виштовхувачами	5	7
Горизонтально-кувальні машини	5	7

Виготовлення наскрізних отворів або заглиблень у кованках, які виготовляють на пресах і молотах, є обов'язковим у тих випадках, коли осі отворів або заглиблень співпадають з напрямком руху повзуна преса або баби молота, а розміри або діаметри отворів і заглиблень більші або дорівнюють висоті кованки, але не менші за 30 мм. Заглиблення виконуються загальною глибиною, але не більшою ніж 0,8 їхнього діаметру.

Усі поверхні кованки, які перетинаються, спрягаються радіусами. Це необхідно для кращого заповнення порожнини штампа і запобігання його завчасного зношування і руйнування. Внутрішні радіуси заокруглення кованок і відповідні їм радіуси виступів рівчака штампа повинні бути у 2–3 рази більші від радіусів заокруглень зовнішніх кутів кованки. Найменші радіуси заокруглень зовнішніх кутів кованок наведені у табл. 2.

При виготовленні штамповки у відкритому штампі потрібно правильно вибрати площину роз'єму, тобто поверхню, якою з'єднуються між собою верхня і нижня частина штампа. Площина роз'єму повинна бути вибрана так, щоб поковка вільно виймалася із штампа. З метою полегшення процесу заповнення металом порожнини штампа бажано вибрати площину роз'єму так, щоб порожнини штампу мали найменшу глибину. При штампуванні можливий зсув однієї половини штампа відносно іншої. Для того, щоб такий зсув можна було легко контролювати, площина роз'єму повинна перетинати вертикальну поверхню кованки.

Таблиця 2. Найменші радіуси зовнішніх заокруглень, мм

Маса кованки, кг	Глибина порожнини рівчака штампа, мм			
	До 10	Понад 10 до 25	Понад 25 до 50	Понад 50
До 1,0	1,0	1,5	2,0	3,0
Понад 1,0 до 6,0	1,5	2,0	2,5	3,5
Понад 6,0 до 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
Понад 16,0 до 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Понад 40,0 до 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
Понад 100,0	4,0	5,0	8,0	8,0

Допуск – це відхилення розміру поковки від номінального, яке обумовлене неточністю виготовлення, недоштамповуванням, зношуванням рівчака штампа і т. д. Величина допуску залежить від допуску маси кованки, ступеня її складності, групи сталі і розмірів поверхонь. Допуски на штамповані кованки наведені у ГОСТ 7505-74. Допуски на довжину і ширину кованки належать до розмірів тих її поверхонь, які розміщені з одного боку поверхні роз'єму штампа, тобто в одній його частині, і охоплюють всі відхилення.

Допуски на внутрішні розміри кованки приймають з протисненим значенням, що пов'язано зі зменшенням випусків у рівчаку штампа в результаті їхнього зношування.

Величина зміщення кованок на поверхні роз'єму штампа не повинна перевищувати вказані у ГОСТ 7505-74 значення. Допустиму величину задирки, яка залишається після обрізування облою на кованках, також визначають за ГОСТ 7505-74. Допуски на зігнутість, неплосцинність і непрямолінійність (для плоских поверхонь), а також на радіальне биття (для циліндричних поверхонь) призначають у відповідності до табл. 3.

Таблиця 3. Допуски (мм) на зігнутість, неплосцинність, непрямолінійність і радіальне биття

Найбільший розмір кованки, мм	Клас точності кованки	
	I	II
До 60	0,25	0,4
Понад 60 до 100	0,4	0,6
Понад 100 до 160	0,5	0,8
Понад 160 до 250	0,6	1,0
Понад 250 до 360	0,8	1,2
Понад 360 до 500	1,0	1,5
Понад 500 до 630	1,5	2,0
Понад 630 до 800	1,8	2,5
Понад 800 до 1000	2,0	3,0

Креслення кованки розробляють за кресленням деталі, на якому проставлені розміри, позначені місця обробки з позначенням параметрів шорсткості, а

також базові поверхні для механічного оброблення. Крім розмірів з допусками, на кресленні поковки вказують: назву кованки, ступінь складності виготовлення, клас точності, марку сталі, спосіб нагрівання, масу кованки, величину торцевої задирки, величину незазначених на кресленні радіусів заокруглень, допустиме зміщення штампів, точність розмірів без позначення допусків, твердість металу кованки, масштаб креслення.

При оформленні креслення кованки форму деталі креслять всередині контуру кованки тонкими лініями. Це потрібно для того, щоб наочно представити об'єм металу, який піде у стружку.

Розглянемо процес розробки креслення кованки, яка штампується на кривошипно-штампувальному пресі. Розрахунок виконують на основі даних, наведених на кресленнях деталі рис. 2.

Розробку заданої кованки шестерні проводять у такій послідовності:

1. Визначають ступінь складності кованки згідно з ГОСТ 7505-74. Для нашої деталі ступінь складності поковки С2.

2. Визначають групу сталі згідно з ГОСТ 7505-74. Група сталі – М2 (12ХН3А).

3. Визначають масу деталі за поданими розмірами креслення згідно з виразом:

$$G_d = V_d \cdot \rho,$$

де V_d – об'єм деталі, см^3 ; ρ – густина сталі 12ХН3А (густина сталі приймають рівною $7,8 \text{ г/см}^3$).

Розрахована маса деталі $G_d = 3,18 \text{ кг}$.

4. Розраховують (попередньо) масу кованки:

$$G_n = 1,25 \cdot G_d, G_n = 1,25 \cdot 3,18 = 3,98 \text{ кг}.$$

5. Радіуси заокруглень кутів вибирають з табл. 2.

6. Вибирають площину роз'єму штампа.

7. Встановлюють штампувальні ухили за табл. 1 (5 і 7°).

8. Визначають розмір плівки під пробивання отвору шестерні:

$$S = 0,1 \cdot D_n, \text{ але не меншу від } 4 \text{ мм};$$

9. Призначають припуски на розміри кованки відповідно з даними ГОСТ 7505-74 для діапазону мас $2,5\text{--}4,0 \text{ кг}$. Після виконання креслення кованки правильність цього вибору повинна бути перевірена.

Припуски (мм) на розміри, мм:

$$\varnothing 127,8 - 2,9$$

$$\varnothing 36,0 - 2,7$$

$$\varnothing 39,0 - 2,7$$

$$\varnothing 28,0 - 2,7$$

Розміри кованки, мм:

$$\varnothing 127,8 + 2 \cdot 2,9 = \varnothing 133,6;$$

$$\varnothing 36 - 2 \cdot 2,7 = \varnothing 30,6;$$

$$\varnothing 39 + 2 \cdot 2,7 = \varnothing 44,4;$$

$$\varnothing 28 + 2 \cdot 2,7 = \varnothing 33,4.$$

Розмір поверхні, яка розміщена у площині роз'єму штампа, розраховують з урахуванням того, що зовнішній штампувальний ухил складає 5° .

$$\varnothing 133,6 + 2 \cdot (16,7 \cdot \operatorname{tg} 5^\circ) = 136,5 \text{ (мм)}.$$

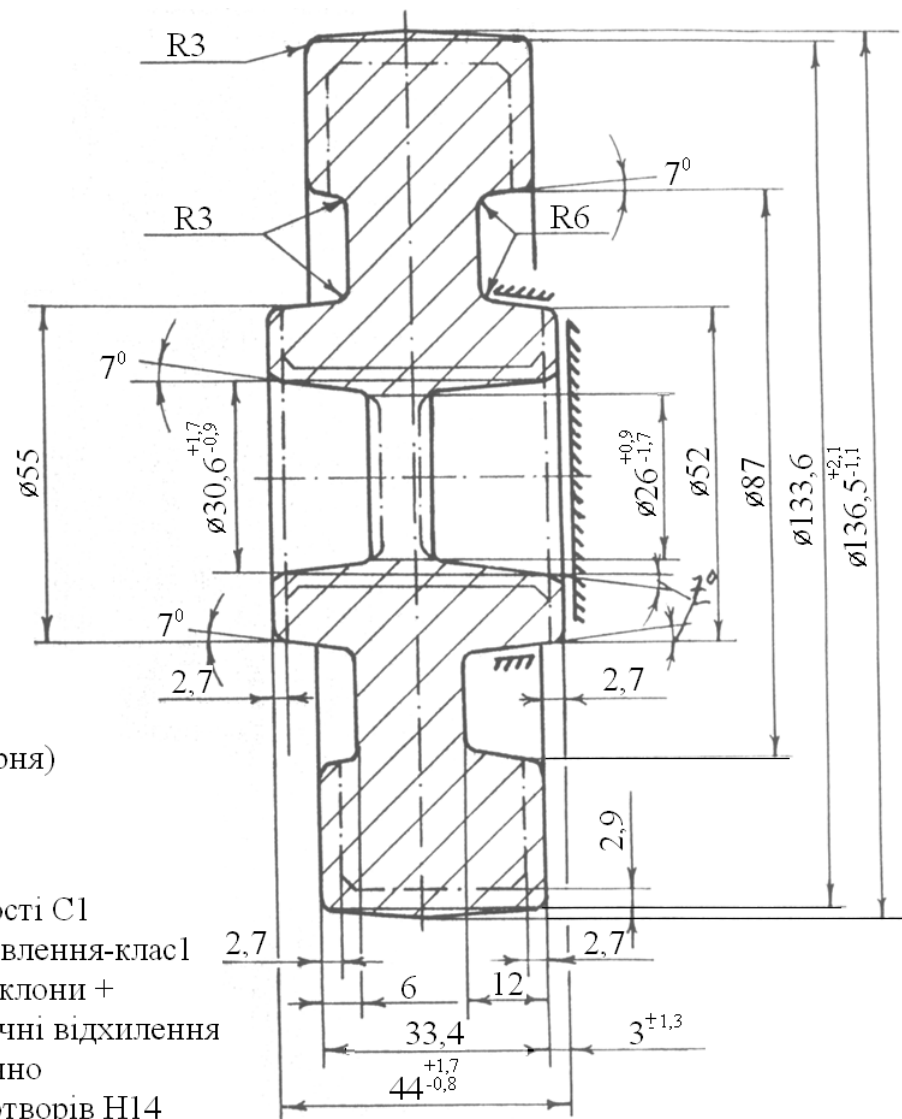
10. Призначають допуски (мм) на розміри кованки згідно з ГОСТ 7505-74:

$$\varnothing 136,5 \frac{+2,1}{-1,1}, 3 \pm 1,3 \text{ (із розрахунку } \frac{\pm 1,7 + 0,9}{2} \text{)}$$

$$\varnothing 30,6 \frac{+1,7}{-0,9},$$

$$\varnothing 44,4 \frac{+1,7}{-0,9},$$

$$\varnothing 26,0 \frac{+0,9}{-1,7}.$$



Поковка (шестерня)
 Сталь 12ХНЗА
 ГОСТ 4543-74
 НВ 262...311
 Ступінь складності С1
 Точність виготовлення-клас 1
 Штампувальні уклони +
 Невказані граничні відхилення
 розмірів механічно
 оброблених отворів Н14

Рис. 2. Ескіз деталі

Допуски на невказані розміри дорівнюють $\pm 1,6$ мм, на внутрішні радіуси 3 і 6 мм – відповідно $+2$ і $+3$ мм. Задирка за периметром зрізу дорівнює 1,0 мм,

зміщення за лінією роз'єму штампа 0,7 мм. Неспіввісність отвору Ø26 мм відносно осі Ø 52 мм не повинна перевищувати 1,5 мм.

Послідовність виконання роботи

1. Уважно вивчити креслення деталі і звернути увагу на особливості її геометричної форми, матеріал, з якого вона виготовлена і обміркувати розміщення лінії роз'єму штампів.
2. Визначити групу сталі.
3. Встановити точність виготовлення кованки.
4. За геометричними розмірами визначити об'єм деталі, а потім масу деталі.
5. Розрахувати масу кованки (попередню).
6. Розрахувати об'єм і масу заготовки.
7. Визначити ступінь складності кованки.
8. Вибрати радіуси заокруглень і штампувальні ухили.
9. Призначити припуски на розміри кованки відповідно до вимог ГОСТ 7505-74 і розрахувати розміри кованки.
10. Призначити допуски на розміри кованки відповідно до вимог ГОСТ 7505-74.
11. Виконати ескіз кованки.

Питання для самоконтролю

1. Що таке гаряче об'ємне штампування? За яких умов воно використовується?
2. У чому суть гарячого штампування? Який його механізм?
3. Як визначається клас точності кованок?
4. Як визначаються величини припусків, допусків і напусків поковок?
5. Відтворити послідовність розрахунків при розробці технологічного процесу виготовлення поковок гарячим об'ємним штампуванням

Література

1. Технологія матеріалів, зміцнення та виготовлення деталей машин / [М. Сиротюк, М. Чернець, М. Опеляк та Ін.]. – Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2009. – 263 с.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович, В. Голубець – Львів, 2000. – 212 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: „Вища школа”, 2002. – 374 с.
4. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров . – К: „Вища школа”, 1984. – 205 с.
5. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.
6. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Изд. офиц. – М: Госком стандартов совмина СССР, 1977. – 28 с.

Лабораторна робота №5

Тема роботи. Дослідження мікроструктури зварних з'єднань.

Мета роботи: дослідити структуру зварного шва.

Обладнання, матеріали та інструменти: мікрошліфи зварних з'єднань, металографічний мікроскоп типу МИМ-7.

Теоретичні відомості

Зварюванням називається процес виготовлення нерознімних з'єднань матеріалів, що здійснюється завдяки використанню міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення між контактуючими поверхнями спряжених деталей. Утворення міцних атомно-молекулярних зв'язків відбувається при наближенні з'єднаних деталей на відстані порядку міжатомних ($\approx 10^{-8}$ см). Це можливе при наданні їм енергії активації шляхом нагрівання (термічна активація) чи пружнопластичною деформацією (механічна активація).

За формою введеної енергії зварювання методи поділяють на три класи: термічне, термомеханічне і механічне. *Термічне зварювання* ґрунтується на частковому плавленні елементів з'єднання, при якому їхньої кромки (основний метал) і у більшості випадків додатковий (присадний) матеріал нагрівають до рідкого стану, утворюючи загальну зварювальну ванну. Після її кристалізації утворюється зварний шов з литою структурою, що і з'єднує зварювані елементи. До термічного належить дугове, електрошлакове, плазмово-променеве, індукційне, електронно-променеве, газове, термітне та багато інших видів зварювання.

При *термомеханічному зварюванні* з'єднання утворюється нагріванням зварюваних деталей до пластичного стану або до початку плавлення і додатковим прикладанням механічних зусиль стискання. До цього класу належить дугопресове, газопресове, контактне, дифузійне, індукційно-пресове зварювання. *Механічне зварювання* ґрунтується на використанні різних видів механічної енергії і утворення міжатомних зв'язків проходить у твердій фазі. До нього належать холодне зварювання, зварювання тиском, тертям, вибухом, ультразвукове.

Мікроструктура металів і сплавів спостерігають з допомогою мікроскопа при збільшенні від кількох десятків до 2000 – 3000 разів і більше. Структура зони термічного впливу та її ширина залежать від способу та режиму зварювання, хімічного складу і товщини виробу, що зварюється. На Рис. 1 показана будова зварювального шва низько вуглецевої сталі після затвердіння і розподіл температури у зоні термічного впливу.

Основними зонами зварного шва є:

1. *Зона сплавлення основного металу*, нагрітого до температури плавлення з розплавленим присадним матеріалом. При зварюванні плавленням під впливом тепла дуги або газозварювального полум'я, на зварюваному металі утворюється ванна рідкого металу – *зварювальна ванна*, що є сплавом основного та присадного металів. У міру переміщення джерела тепла, а також внаслідок відведення тепла з ванни у масу зварюваного металу і теплообміну з

навколишнім середовищем температура металу зварювальної ванни знижується і в ній починається процес кристалізації. Ростають кристали в напрямку, зворотному відведенню тепла, тобто від стінок основного металу до центра шва. Ця ділянка має крупнокристалічну будову і незначні лінійні розміри. За хімічним складом він відрізняється від сусідніх ділянок основного металу вмістом вуглецю, сірки і фосфору, які переходять із розплавленого металу шва внаслідок дифузії. Напрямок дифузії залежить від коефіцієнту розподілу (сегрегації) елементів між твердою і рідкою фазами у рівноважному стані. За наявності у металі зварювальної ванни карбідоутворюючих елементів (марганцю, хрому, титану тощо) процес дифузії вуглецю з основного металу у шов протікає інтенсивніше.

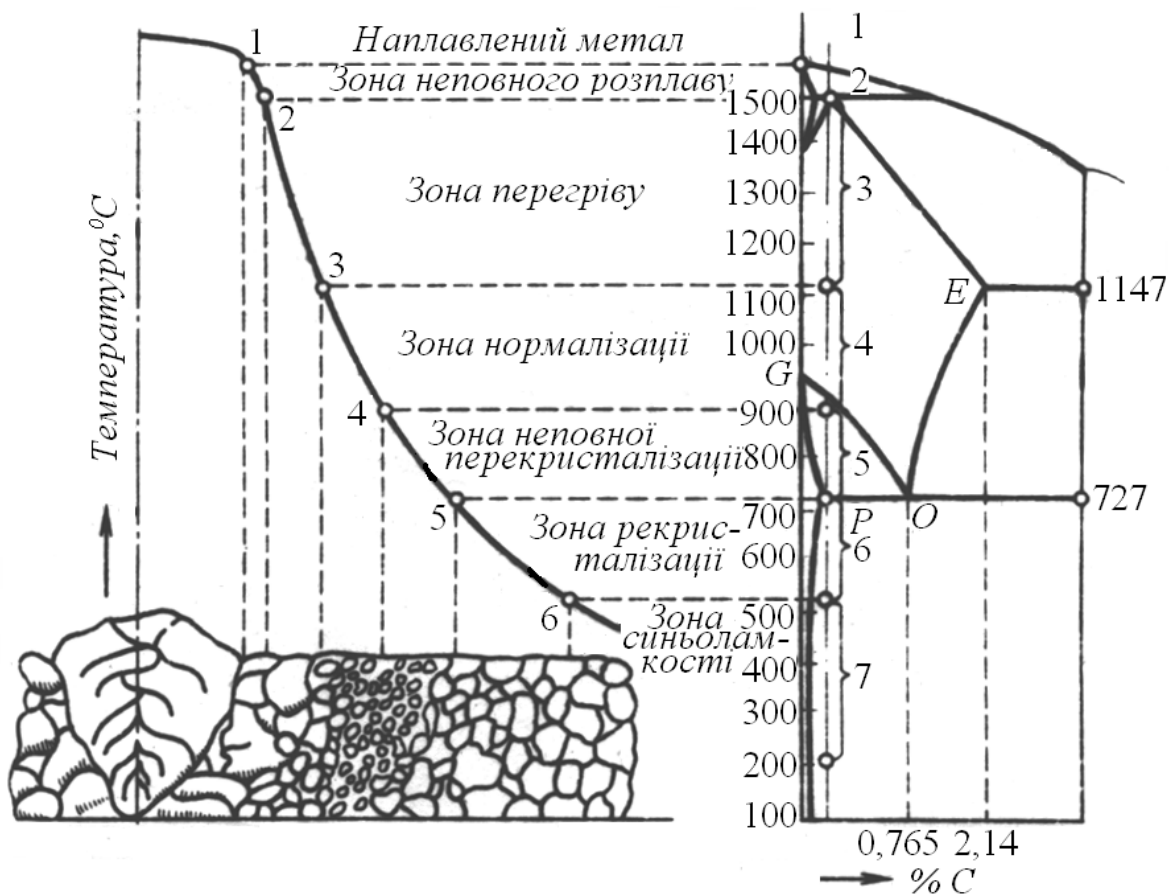


Рис. 1. Схема утворення структури зварного шва для низьковуглецевої сталі

2. У зоні неповного розплаву (зоні сплавлення) відбувається з'єднання розплавленого металу з основним. Її хімічний склад відрізняється від складу основного металу і зони шва. У деяких випадках властивості цієї зони визначають роботу придатність зварної конструкції (утворення кристалізаційних і холодних тріщин, ножева корозія, втомне руйнування тощо). Ширина цієї перехідної зони 0,1 – 0,4 мм.

3. Зона перегріву складається з металу, нагрітого на 50 – 100°C нижче від температури плавлення. Оскільки метал цієї ділянки нагрівається до температури перегріву, то у ній проходить ріст аустенітного зерна. У випадках, коли перегрів супроводжується наступним загартовуванням, утворюється грубо голчаста відманитетова або феритно-голчаста структура, яка

характеризується зниженою пластичністю і міцністю порівняно з основним металом. Ширина ділянки 1 – 3 мм.

4. *Зона нормалізації (перекристалізації)* містить метал, нагрітий до температури, що дещо перевищує температуру алотропного переходу A_{C3} (закінчення переходу фериту в аустеніт), до 1100 – 1150°C. На цій ділянці створюються сприятливі умови для утворення дрібнозернистої вторинної структури. Її ширина залежить від виду і режиму зварювання та перебуває у межах 1,2 – 4 мм. Метал на ділянці нормалізації має підвищені механічні властивості порівняно з основним металом.

5. *Зона неповної перекристалізації* містить метал, нагрітий від температури алотропного перетворення A_{C1} (початку переходу фериту в аустеніт) до точки A_{C3} . Тут разом із зернами металу, що не змінилися при перегріві, присутні зерна, які утворилися при перекристалізації. Тобто разом із грубими зернами фериту утворюються дрібні зерна фериту і перліту.

6. *Зона рекристалізації (старіння)* включає в себе метал, нагрітий від приблизно 500°C до температури, дещо нижчої від точки A_{C1} . Тут проходить ріст зерен ферита за рахунок зрощування дрібних роздрібнених зерен металу, який поступив на зварювання після обробки тиском (прокатування, штампування тощо). При зварюванні виробів, які до цього не були пластично деформовані (наприклад литих) рекристалізація не спостерігається.

7. Остання ділянка з нагрівом до 100 – 500°C за своєю структурою і властивостями практично не відрізняється від основного металу. Тут лише можливе утворення *зони синьоломкості* внаслідок процесу старіння – закріплення атомами впровадження дислокацій, що викликає зменшення їхньої рухливості та підвищення крихкості.

Послідовність виконання роботи

1. Отримати мікрошліфи зварних з'єднань. Для травлення використати 5 % розчин HNO_3 в етиловому спирті або 4 % розчин пікринової кислоти в етиловому спирті.

2. Розглянути і вивчити під мікроскопом різні зони зварного з'єднання у такому порядку: шва; сплавлення; перегріву; нормалізації; неповної перекристалізації; рекристалізації; синьоломкості; структуру основного металу.

3. Зарисувати мікроструктури металу відповідних зон.

4. На основі отриманих даних побудувати схему утворення структури зварного з'єднання.

Питання для самоконтролю

1. Що таке зварювання? На які класи поділяються методи зварювання?
2. Перечислити і коротко охарактеризувати основні зони зварного шва.
3. Описати механізм утворення структури зварного шва.
4. Пояснити значення термінів “перегрів”, “нормалізація”, “перекристалізація”, “рекристалізація”, “синьоломкість”.

Література

1. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи , П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович, В. Голубець – Львів, 2000. – 212 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.
4. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров . – К: „Вища школа”, 1984. – 205 с.
5. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.

Лабораторна робота №6

Тема роботи. Виготовлення термопар та її градування за реперними точками.

Мета роботи: навчитися виготовляти термопару методом зварювання з допомогою графітового електрода і проводити її градування за реперними точками.

Обладнання, матеріали та інструменти: блок живлення типу БП-24М, графітовий електрод, затискачі типу “крокодил”, штатив, термопарні мідні і константанові дроти, з'єднувальні провідники, керамічна ізоляційна арматура, плоскогубці, мілівольтметр, термостат, контактний термометр.

Теоретичні відомості

Явище *термоелектрики* відкрив у 1826 р. А. Зеебек. Він виявив, що у замкнутому контурі, який складається з двох різнорідних матеріалів, виникає термоелектрорушійна сила, якщо існує різниця температур спаїв цих провідників. Величина цієї термоЕРС пропорційна до різниці температур між холодним і гарячим спаями:

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1),$$

де α – коефіцієнт, що характеризує термоелектричні властивості пари двох металів і називається коефіцієнтом термоЕРС, В/К; T_2 і T_1 – відповідно температури гарячого і холодного спаїв, К.

Цю залежність можна використовувати для вимірювання температури. Датчики для вимірювання температури, що працюють на основі термоелектричного ефекту і складаються з двох різнорідних матеріалів, називаються *термопарами*. Для забезпечення точності, надійності, стабільності і коректності вимірів термопар повинні задовольняти таким вимогам: стабільність у часі, стійкість до окислення, механічна міцність, повторюваність результатів, лінійність характеристик.

Усі найважливіші характеристики термоелектричних термометрів (величина сигналу, чутливість, діапазон температур, що вимірюються, ресурс роботи, стабільність тощо) залежать від властивостей матеріалів, що утворюють термопару. Для виготовлення металевих термопар, у принципі, можна користуватися парою будь-яких різних металів або сплавів, однак найдоцільніше використовувати тільки деякі, так звані *термоелектродні сплави*. До них висувають такі основні вимоги:

1. Термоелектрорушійна сила термоелектродних сплавів, що утворюють термопару, повинна бути достатньо великою для вимірювання з необхідною точністю. Вона повинна бути неперервною і однозначною функцією температури, без екстремумів у робочому інтервалі температур. Бажано, щоб ця функція була близька до лінійної.

2. Температура плавлення термоелектродних сплавів повинна бути вищою від максимальної температури їхнього використання на 50 – 150°C.

3. Термоелектродні сплави повинні бути максимально корозійностійкими у тих середовищах і для тих температур, за яких повинна працювати термопара.

4. Термоелектродні сплави повинні мати добру повторюваність і однорідність властивостей при їхньому виробництві у промислових масштабах.

5. Сплави для термопар при експлуатації і градуюванні повинні зберігати свої термоелектричні характеристики незмінними. Бажано, щоб нестабільність термоЕРС промислових високотемпературних термопар не перевищувала 1% від своєї величини при експлуатації протягом 1000 годин.

6. Сплави для термопар повинні бути достатньо пластичними, щоб із них можна було виготовляти дроти, і, разом з тим, достатньо міцними.

Перелічені вимоги привели до того, що хоча кількість сплавів і їх комбінації, які досліджувались і використовувались для виготовлення термопар, перевищує 300, Міжнародною електротехнічною комісією рекомендовано таблиці для шести термопар (у дужках подано позначення, рекомендовані Національним інститутом стандартів США): мідь-константан (Т); залізо-константан (J); хромель-константан (Е); хромель-амомель (К); вольфрам-вольфрамреній (G; С); платина-платинародій (R,S,B). У країнах СНД, крім того, досить поширені термопари мідь-копель і хромель-копель.

Мідь-константан (Т). Константан – сплав міді з нікелем, складу $Cu_{57}Ni_{43}$, марки МНМц 43-0.5. Термопарний сплав константан містить невелику кількість домішок марганцю і заліза для узгодження калібровки із стандартними таблицями. Чиста мідь М0 з низьким вмістом кисню дуже однорідна і, за винятком дуже низьких температур, дає добру повторюваність термоЕРС. Термопара мідь-константан (МК) недорога, точна і дозволяє надійно вимірювати температуру від -260 до $+400^{\circ}C$, причому верхня границя обмежується можливістю окислення міді.

Залізо-константан (J). Термопара залізо-константан (ЖК) широко використовується для температур до $750^{\circ}C$. Вона дає змогу вимірювати вдвічі більшу температуру ніж термопара мідь-константан та є дешевшою. Її перевага також у можливості використання як в окислювальних, так і в відновлювальних середовищах, причому в останньому випадку робочі температури можуть бути більшими. Однак, оскільки залізо менш однорідне ніж мідь, то у цій термопарі спостерігаються паразитні термоЕРС вздовж обох віток, і її точність приблизно вдвоє нижча порівняно з термопарою мідь-константан.

Хромель-константан (Е). Хромель – сплав складу $Ni_{90}Cr_{10}$ (НХ9.5), який деколи позначають як хромель-Р. Термопара хромель-константан (ХК) має найвищу термоЕРС з шести стандартизованих термопар. Як і пара залізо-константан вона може використовуватись приблизно при температурі від -250 до $+750^{\circ}C$, в тому числі і в слабоокислювальній або в відновлювальній атмосфері. Висока термоЕРС робить цю термопару придатною для диференціального вимірювання температури.

Хромель-алюмель (К). Алюмель досить складний нікелевий сплав складу $Ni_{94}Mn_3Al_2Si_5$ (НМцАК 2-2-1), розроблений в якості термопарного матеріалу з термоЕРС протилежного знака відносно хромеля. Хоча з цією метою може

використовуватися і чистий нікель, але магнітний перехід при близько 350°C робить чистий метал значно менш придатним, ніж сплав. Пара хромель-алюмель (ХА) має постійний коефіцієнт термоЕРС ≈ 40 мкВ/К в інтервалі температур 250 – 1000°C. Хромель-алюмель може використовуватися до 1300°C. Вона більш стійка до окислення, ніж інші пари, і може працювати при 1200°C без швидкого окислення. У відновлювальній атмосфері термопару хромель-алюмель використовувати не можна. При низьких температурах її характеристики приблизно такі ж як мідь-константової, хоча для вимірювань за температур не нижче від кімнатної рекомендується інший склад хромелю $\text{Ni}_{64}\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{11}$ (Х).

Вольфрам-вольфрамреній (G і C). Ці термопари, що складаються з тугоплавких металів, використовують для вимірювання температур вищих від 2000°C. Комбінація чистих W і Re задовільно працює до 1650°C. Вище за цю температуру чутливість її знижується. Крім того реній дуже дорогий. Тому краще використовувати вольфрамренієві сплави, оскільки при певних складах сплавів термоЕРС сплаву вища ніж у чистого Re. Сплави значно краще обробляються і значно дешевші. Найбільшого поширення набули термопари ВР 5/20 (W_{95}Re_5 – $\text{W}_{80}\text{Re}_{20}$ типу С) і ВР 10/20 ($\text{W}_{90}\text{Re}_{10}$ – $\text{W}_{80}\text{Re}_{20}$). Їх можна використовувати до температур 2700 – 3000°C. Потрібно пам'ятати, що ці термопари типу нестабільні в окислювальному середовищі і повинні використовуватися в вакуумі або в атмосфері водню чи інертного газу. Не дивлячись на крихкість чистого вольфраму, за кордоном широко використовуються термопари W– WRe_{26} типу G.

Платина-платинородій (R, S, B). Це базисні термопари, які відіграють велику роль у термометрії внаслідок прекрасних механічних і хімічних властивостей і високого ступеня гомогенності. Термопари мають такий склад: ПР 10/0 (Pt – $\text{Pt}_{90}\text{Rh}_{10}$ типу S), ПР 13/0 (Pt – $\text{Pt}_{87}\text{Rh}_{13}$, тип R), ПР 30/6 ($\text{Pt}_{70}\text{Rh}_{30}$ – $\text{Pt}_{94}\text{Rh}_6$ типу B). Термопари S, R і B, які поставляються, мають або високоякісну калібрувальну, або нормальну стандартну шкалу. Їх можна тривалий час використовувати на повітрі і в інертній атмосфері. У вакуумі термопари цих типів використовувати не можна.

За вимірюваними інтервалами температур термопари розділяють на: низькотемпературні (до 300°C) – МК, ЖК; середньотемпературні (до 1600°C) – ХКХА, ХА, ПР 10/0, ПР30/6; високотемпературні, (вище від 1800°C) – ВР 5/20, ВР 10/20.

При розв'язанні різноманітних завдань, особливо наукового характеру, промислові термопари внаслідок своєї громіздкості, інерційності та габаритів часто не задовольняють вимоги експериментаторів і ті виготовляють термопари самі.

Найвідповідальнішим елементом термопари є гарячий спай. Саме він є чутливим елементом і до нього висуваються такі вимоги як надійність, міцність, добрий контакт між електродами при відносній простоті виконання. З'єднання електродів термопар проводять шляхом спаювання або зварювання. Як припій при спаюванні використовують олово та срібло. Однак, з'єднання

електродів методом спаювання, незважаючи на відносну простоту виконання, використовуються рідко, бо мають чимало недоліків, таких як ненадійність з'єднання при високих температурах, можливість стікання припою при переході через точку його плавлення, та необхідність використання спеціальних флюсів при паянні. Тому більше поширення набули методи зварювання. Відомі кілька різновидів цього методу:

1. Метод зварювання у дистильованій воді, при якому термопарні дроти при зварюванні вкриті шаром дистильованої води, яка виступає електроізолятором одночасно запобігаючи окисленню поверхні королька під час зварювання.

2. Метод зварювання у графітовому порошоківі, при якому графітовий порошок в тиглі є одним із полюсів для утворення зварювальної дуги, а скручені разом термопарні дроти – другим.

3. Зварювання графітовим електродом.

4. Газове зварювання у захисному середовищі.

Усі ці способи забезпечують високоякісний надійний спай, при відносній простоті виконання та дешевизні апаратури та інструментів.

Для виготовлення термопарі зварюванням за допомогою графітового електрода використовуються два неізольовані дроти з міді і константану довжиною по 500 мм кожен. Плоскогубцями скручуються кінці дротів на відстані 8 – 10 мм від краю, з одного боку. Скручені кінці підрівнюються до однакової довжини, уважно стежачи, щоб вони не розходились у боки і мали надійний контакт між собою.

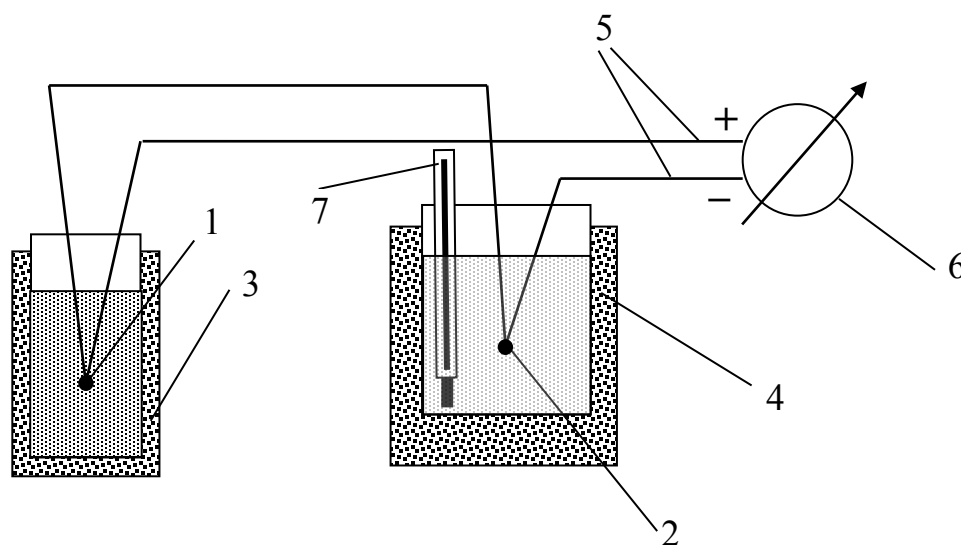


Рис.1. Схема градування термопарі

До мінусової клеми блока БП-24М через провідник під'єднується затискач “крокодил”, а до плюсової – графітовий електрод в ізоляції. На блоці живлення регулятором виставляється напруга у 8 – 10 В. Скрутку затискається затискачем на відстані 5 – 6 мм від краю. Взявши затискач із скруткою на короткий час доторкаються нею до торця графітового електроду. Попередньо для запобігання окислення спаю на торець електрода наносять декілька краплин мінерального масла. Після вимкнення блока живлення треба оцінити якість королька спаю.

Він повинен мати діаметр 0,8 – 1,5 мм, бути правильної круглої форми, блискучим, без характерних ознак вигорання одного з електродів. Якщо якість спаю не задовольняє цим вимогам, коректують силу струму на блоці живлення і повторюють зварювання. Після якісного зварювання скрутку розкручують, добиваючись, щоб електроди виходили, безпосередньо із спаю.

На дроти одягають ізоляційні трубки, залежно від робочої температури термопари це може бути алунд, борид ніобію, каолінова кераміка або поліхлорвініл. Частину дротів, яка не перебуває в робочій зоні і не нагрівається вище від температури навколишнього середовища, ізолюють хлорвініловими трубками або бавовняно-паперовою ізоляцією.

Для забезпечення високої точності вимірювань виготовлені термопари *градуують*, тобто встановлюють відповідність між температурою і величиною термоЕРС (показами мілівольметра). Градуування проводиться за реперними (відомими) точками, еталонних термопарах, еталонних термометрах опору, оптичних пірометрах високого класу тощо.

Для градуування термопари по реперних точках виготовлену термопару під'єднують до клем цифрового вольтметра б через подовжувальні дроти 5 (рис.1). Для цього вільні кінці термопар спаюють олов'яним припоєм з мідними дротами довжиною. Один (“холодний”) спай термопари 1 поміщають у посудину, наповнену дистильованою водою з танучим льодом, температура якого 0°C. Другий (“гарячий”) спай 2 поміщають у масляний термостат 4, температура якого контролюється за допомогою контактного термометра 7.

З допомогою контактного термометра задають температуру масла, яка дорівнює температурі гарячого спаю термопари і знімають покази мілівольметра. Змінюючи температуру і повторюючи цю процедуру декілька разів, отримують графік залежності величини термоЕРС від температури (градуувальну характеристику), що повинна мати вигляд прямої лінії. З графіка визначають коефіцієнт термоЕРС α в діапазоні температур 0-100 °С, який чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу прямої до осі абсцис.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з принципом роботи термопар та їхніми типами.
2. Виготовити мідь-константанову термопару методом зварювання графітовим електродом.
3. Провести градуування звареної термопари за реперними точками і побудувати градуувальну криву.
4. Визначити коефіцієнт термо-ЕРС і порівняти отримане значення з табличним.

Питання для самоконтролю

1. На чому ґрунтується принцип роботи термопар?
2. Які вимоги висувають до термоелектродних сплавів?
3. Охарактеризувати основні типи термопар? Для вимірювання у яких температурних діапазонах вони використовуються?

4. Які існують способи зварювання електродів термопар? Опишіть їхні особливості.
5. Опишіть методику зварювання термопар з допомогою графітового стержня.
6. Опишіть методику градування термопар за реперними точками.

Література

1. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи , П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович. – Львів, 2002. – 210 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.
4. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.

Лабораторна робота №7

Тема роботи. Визначення сил різання при точінні.

Мета роботи: навчитися досліджувати вплив глибини різання, подачі і геометрії різця на складові сили різання при обробці металів на токарних верстатах.

Обладнання, матеріали та інструменти: токарний верстат ІА62, динамометр ДК-І, різці токарні прохідні прямі з пластинками із швидкорізальної сталі, набір шаблонів для контролю кутів заточки різця, універсальний кутомір (Кушнікова або Семенова), тахометр, штангенциркулі, сталені масштабні лінійки, заготовка з пруткового матеріалу (сталі 45, нормалізована).

Теоретичні відомості

Різальний інструмент (різець), зрізуючи стружку з оброблюваної заготовки, переборює досить великий опір, який складається з сил, що виникають на поверхнях різальних частин різця: сила нормального тиску стружки на передню поверхню, сила тертя рухомої стружки в цю поверхню, сила пружної деформації основного металу (діє на задню поверхню) і сила тертя у точках контакту задньої поверхні і оброблюваної поверхні. Рівнодійна цих сил називається силою опору різання R (рис. 1).

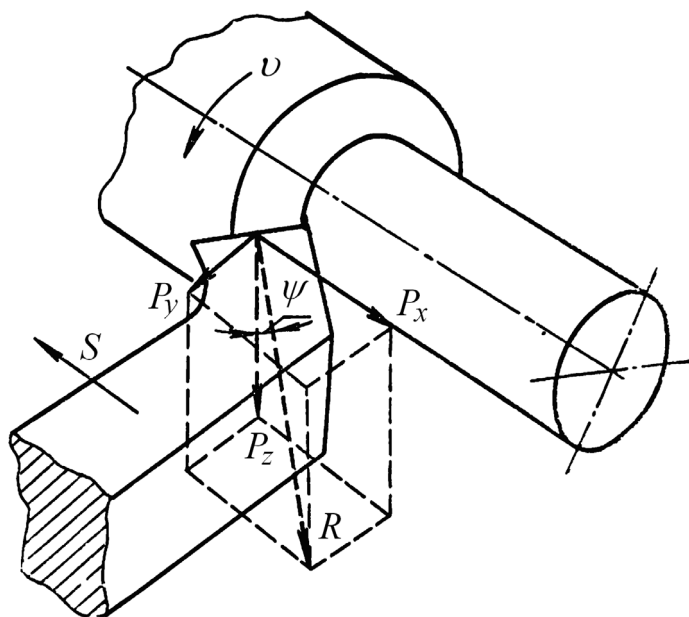


Рис. 1. Складові сили різання, що діє на токарний різець

Для аналізу дії сили різання, її розкладають на три складові: P_x – осьову (аксіальну) складову, або силу подачі, напрямлену горизонтально й протилежно до руху повздовжньої подачі; P_y – нормальну, або радіальну складову, напрямлену горизонтально і протилежно до поперечної подачі; P_z – вертикальну (тангенціальну) складову, або робочу силу різання. Оскільки рівнодійна R є діагоналлю паралелепіпеда, то залежність між силою різання та її складовими визначається виразом:

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}.$$

Кут між силами R і P_z рівний $\psi = 25 - 40^\circ$.

Величини перелічених сил треба знати для підбору електродвигуна верстата, розрахунку та перевірки механізмів коробки швидкостей, розрахунку різального інструменту, визначення жорсткості вузлів верстата й аналізу умов появи вібрацій. За величиною сили подачі P_x проводиться розрахунок на міцність деталей механізму подачі. Радіальна сила P_y спричиняє згин деталей, які обробляються, особливо довгих і тонких, а при розточуванні отворів – згин розточних оправок. Ця сила здебільшого є головним джерелом вібрацій при обробці металів різанням. За величиною складової різання P_z визначається потужність, необхідна для різання, розраховується міцність вузлів шпинделя верстата.

При роботі різцем з незатупленою різальною кромкою та нормальною геометрією у багатьох випадках можна прийняти таке співвідношення складових сил:

$$P_x:P_y:P_z = (0,25-0,35):(0,4-0,45):1. \quad (2)$$

Підставляючи сюди прийняті співвідношення між силою, одержимо:

$$R = \sqrt{P_z^2 + [(0,4 - 0,45)^2 P_z]^2 + [(0,25 - 0,35)^2 P_z]^2} = (1,15 - 1,18)P_z.$$

Тому при розрахунках інструменту і елементів верстата часто використовують тільки вертикальну складову силу P_z .

Знаючи величину сил різання, можна визначити потужність, необхідну для здійснення процесу різання. Цю потужність називають ефективною, оскільки вона не містить затрати потужності для подолання сил тертя у механізмах верстату:

$$N_{\partial^3\zeta} = N_{P_z} + N_{P_y} + N_{P_x}$$

або:

$$N_{\partial^3\zeta} = \frac{P_z v_z}{60 \cdot 10^3} + \frac{P_y v_y}{60 \cdot 10^3} + \frac{P_x v_x}{60 \cdot 10^3}, \text{ кВт}$$

де $v_z = v$ – швидкість різання, м/хв; $v_y = 0$ – швидкість переміщення різця у радіальному напрямку, м/хв; $v_x = \frac{S_{min}}{1000}$ – швидкість подачі, м/хв. Швидкість різання знаходиться з допомогою виразу:

$$v = \pi d n$$

де n – частота обертання, об/хв; d – діаметр циліндричної заготовки, що оброблюється, м.

Оскільки за використовуваних на практиці режимів різання величина v_x дуже мала порівняно зі швидкістю різання, то третім доданком при розрахунку N_{pi3} можна знехтувати. Тоді:

$$N_{\partial^3\zeta} = \frac{P_z v_z}{60 \cdot 10^3}, \text{ кВт.}$$

Визначивши ефективну потужність різання N_{piz} , можна знайти потужність електродвигуна верстату за формулою:

$$N_{\delta^3\zeta} = \frac{P_z v_z}{60 \cdot 10^3 \eta_a K_n}, \text{ кВт}$$

де η_e – ККД верстату, який зазвичай приймають рівним 0,75; K_n – коефіцієнт допустимого короткочасного перевантаження. Здебільшого $K_n = 1,3 - 1,5$, а іноді $K_n = 2$.

За деяких видів обробки складових P_x і P_y може і не бути. Так, наприклад, при обточуванні буртика поперечною подачею широким різцем, у якого різальна кромка розміщена горизонтально ($\lambda = 0$): $P_x = 0$ (рис. 2 а). При підрізуванні торця поздовжньою подачею різцем з $\varphi = 90^\circ$: $P_y = 0$ (рис. 2 б).

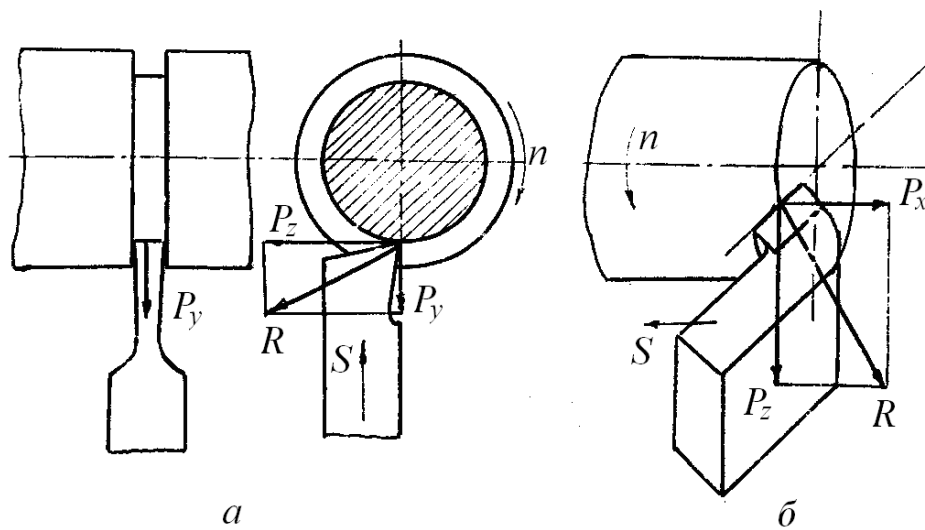


Рис. 2. Розклад сили різання, що діє на канавочний (а) і підрізний (б) токарні різці

Загалом співвідношення між силами P_x , P_y і P_z не є сталим. Численними дослідженнями встановлено, що на величину сил, які діють при різанні, впливають такі фактори: режим різання (подача, глибина, швидкість різання), механічні властивості оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту, геометрія різця, мастильно-охолоджувальні рідини і ін.

Дослідами К. О. Зворикіна й Н. А. Челюсткіна доведено, що зміна ширини шару металу, перетворюваного у стружку, впливає на силу різання прямопропорційно, позаяк ріст сили різання відстає від збільшення товщини зрізу. Звідси можна зробити висновок, що для зменшення сили різання при знятті шарів металу заданого перерізу доцільно зменшувати саме глибину різання. Експериментально встановлено, що для всіх складових сил різання P_x , P_y і P_z вплив глибини різання t і подачі S може бути виражений загальною залежністю:

$$P = C_p t^{x_p} S^{y_p}.$$

Значення постійних коефіцієнтів C_p і показників степеня x_p та y_p залежать від властивостей оброблюваного металу, геометричних параметрів різальної

частини різців, умов змащування, охолодження зони різання тощо. Зі зменшенням відношення t/S ступінь впливу глибини різання на величину сили P_z зменшується, а подачі – збільшується.

Порівняно донедавна вважалося, що швидкість різання практично не впливає на величину сил різання, що пояснювалося проведенням досліджень в достатньо вузькому діапазоні і недостатньою чутливістю використовуваних динамометрів. Проте в останні роки ця проблема була розв'язана. Для прикладу, на рис. 3 приведено результати дослідів для умов вільного різання сталі марки 40X. Було виявлено, що у тих місцях області різання, де зменшується усадка стружки, зменшується і швидкість різання, і навпаки. Ріст усадки свідчить про зменшення кута сколювання і, відповідно, про збільшення поверхні, вздовж якої проходить деформаційний зсув. При цьому збільшується ступінь деформації металу, тобто проходить його укріплення, а значить збільшуються напруження, при яких відбувається зсув. А оскільки збільшуються напруження і площа зсуву, то це призводить до росту сили різання P_z . Крім того, сила різання і усадка залежать від коефіцієнта тертя при деформуванні зрізуваного шару.

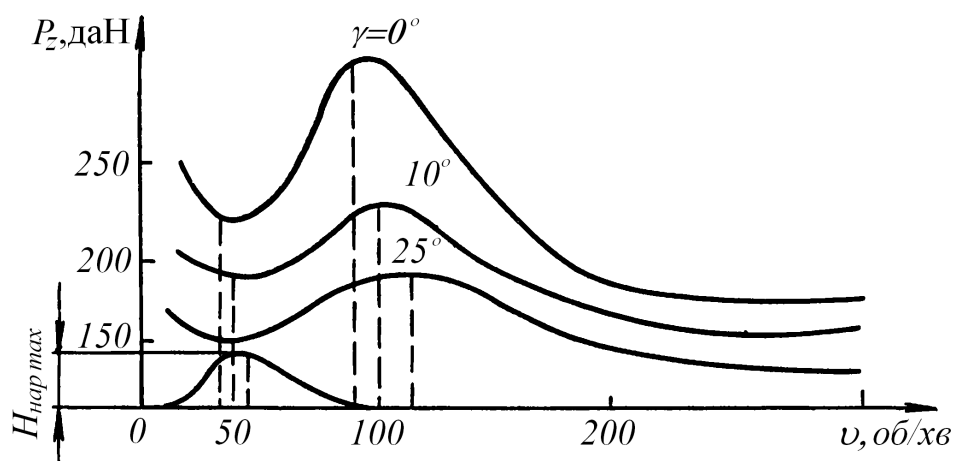


Рис. 3. Залежність сили різання P_z від швидкості різання для умов вільного різання сталі марки 40X

Горбоподібний вигляд кривих $\nu(P_z)$ пояснюється появою наросту на передній поверхні інструмента. Мінімум на цих кривих відповідає максимально можливій величині нароста. При малій швидкості різання, коли нарост не утворюється, сила різання велика. У діапазоні швидкостей, де відбувається максимальне наростоутворення, сила різання і усадка стружки зменшуються, оскільки при збільшенні розмірів наросту збільшується дійсний передній кут інструмента. В міру подальшого підвищення швидкості висота нароста, а отже і дійсний передній кут зменшуються. Водночас росте коефіцієнт усадки стружки і збільшуються сили різання. Робота на дуже високих швидкостях різання призводить до значного підвищення температури, у результаті чого зменшується коефіцієнт тертя, а отже і сила P_z . Мінімум і максимум цієї сили на графіках виражаються рельєф ніше зі зменшенням переднього кута.

Пояснюється це тим, що більший наріст може утворюватися, і утворення його інтенсивніше при менших значеннях переднього кута інструменту.

Слід зауважити, що при обробці чавуну наріст утворюється меншою мірою, а тому залежність $\nu(P_z)$ має вигляд плавної спадної кривої.

У процесі зняття стружки метал не лише зрізається, але й піддається значній пластичній деформації. До того ж помітний вплив на величину сил різання здійснюють сили тертя стружки й оброблюваного матеріалу відповідно до передньої і задньої поверхонь інструмента. Крім того, потрібно брати до уваги розігрів металу, що обробляється, у зоні різання, що призводить до зміни його властивостей. Тому точної і однозначної залежності між силою P_z і механічними характеристиками цього матеріалу немає. Проте встановлено, що сили різання ростуть при збільшенні його міцності на розрив σ_6 , твердості HB , пластичності й в'язкості. Для практичних розрахунків можна використовувати приблизні залежності:

$$P_z = C_M BH^q \text{ і } P_z = C_M \sigma_6^q.$$

Коефіцієнт q завжди менший від одиниці. Наприклад, при обробці сталей з твердістю $HB \leq 1700$ він рівний 0,35, з $HB > 1700$ – $q > 0,75$, при обробці чавуна – $q = 0,55$.

Вплив властивостей інструментального матеріалу на величину сили різання P_z може бути викликаний лише різницею коефіцієнтів тертя між оброблюваним та інструментальним матеріалами. В середині груп швидкорізальних сталей і вольфрамкобальтових твердих сплавів коефіцієнти тертя і усадки не відрізняються, а отже, не змінюється і P_z . При обробці інструментами, оснащеними вольфрамотитанокобальтовими твердими сплавами, величина P_z дещо зменшується зі збільшенням вмісту карбідів титану TiC.

У міру збільшення головного кута у плані φ при обробці чавуну сила P_z зменшується, а при обробці сталі вона спочатку зменшується, а потім (при $\varphi = 50^\circ$) зростає (рис. 4). Такий характер залежності $P_z(\varphi)$ пояснюється тим, що збільшення φ призводить до зменшення ширини і збільшення товщини зрізу, хоча при цьому глибина різання і подача залишаються незмінними. Крім того, більшому значенню кута φ буде відповідати більша довжина криволінійної частини головної ріжучої кромки, що ускладнює умови різання і сприяє збільшенню сили P_z .

Допоміжний кут в плані φ_1 і задній кут α здійснюють незначний вплив на величину сили різання, а тому цей вплив для практичних випадків не береться до уваги. Зміна кута нахилу головного різального леза λ у межах від -5° до $+5^\circ$ практично не впливає на величину складових сил різання. Але для обробки високоміцних легованих сталей і сплавів, а також загартованих сталей, де застосовуються різці з кутами $\lambda = +30^\circ$ і навіть $+45^\circ$, складові сили різання, особливо сила P_y помітно зростає. Так, при куті $\lambda = +40^\circ$ сила P_y збільшується приблизно у 2,5 рази, порівняно з її значенням при $\lambda = +5^\circ$.

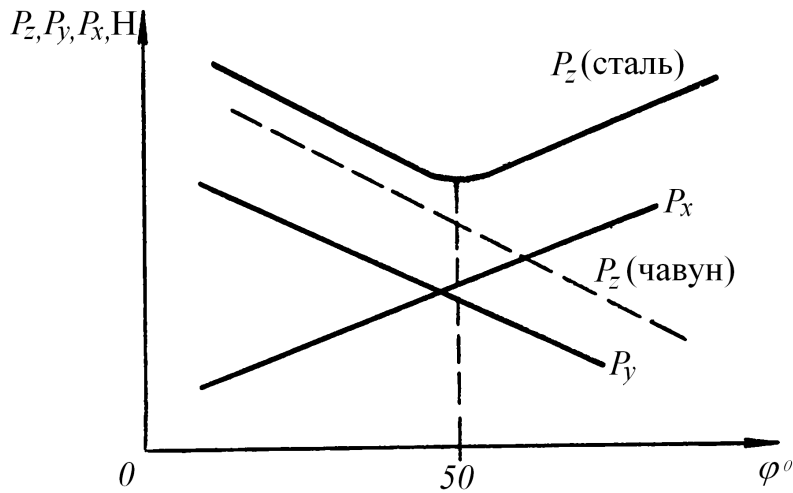


Рис. 4. Вплив головного кута у плані φ на сили різання

Коли збільшується передній кут γ , деформація зрізувального шару й усадка стружки зменшуються, тому зменшується і сила різання P_z . Особливо різко зменшується при цьому радіальна сила P_y і сила подачі P_x . Значно збільшуються сили різання при куті різання $\delta > 90^\circ$, тобто при від'ємному передньому куті. Проте за швидкостей різання 200 – 300 м/хв і більше, різниця в силах, що виникають при роботі різання різцем з додатнім і різцем з від'ємними передніми кутами, значно зменшується.

Збільшення кривизни вершини різця r змінює умови різання (рис.5). При цьому ніби росте ширина і зменшується товщина зрізу за незмінних значень t і S . Крім цього, це призводить до збільшення деформації зрізуваного металу і зменшення переднього кута допоміжного різального леза. Тому величина радіуса заокруглення вибирається до 2 мм при обробці сталі, та не більше 3 – 4 мм, при обробці чавуну.

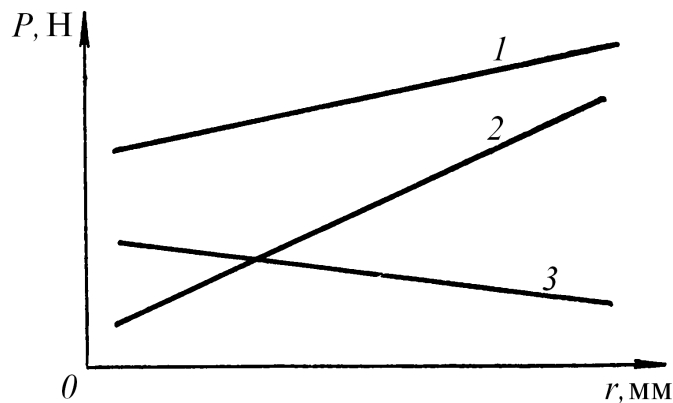


Рис. 5. Вплив радіуса заокруглення вершини різця на величину складових сили

$$\text{різання: } 1 - P_z = CP_z r^{0.1}; \quad 2 - P_y = CP_y r^{0.25}; \quad 3 - P_x = \frac{C_{P_x}}{r^{0.25}}$$

Сили різання можна зменшити, використовуючи мастильно-охолоджувальні рідини. Мастильна дія рідин виражається у зменшенні тертя на контактних поверхнях; розвитку мікротріщин у зоні деформації шару, який зрізується;

зменшенні пластичної текучості металу через впровадження атомів у кристалічну ґратку і збільшення крихкості. Їх охолоджувальна дія полягає у поглинанні тепла в зоні різання, охолодженні стружки, деталі та інструменту. Вона залежить від теплоємності, теплопровідності і прихованої теплоти пароутворення мастильно-охолоджувальної рідини. Змивальна дія рідини зводиться до механічного видалення дрібної стружки і запобігання прилипання її до поверхні станка, інструмента і деталі.

Усі сучасні мастильно-охолоджувальні рідини поділяються на три основні групи. До першої належать мінеральні масла різної в'язкості. До них, залежно від призначення, зазвичай додають у різних комбінаціях спеціальні присадки: антифрикційні, протизношувальні, протиздирні, змочувальні, мийні, антикорозійні і т.ін. У окремих випадках в масла вводять рослинні й тваринні жири.

У другу групу входять масляні емульсії, що є розчином емульсолу у воді. Емульсоли складаються з таких компонентів: базове масло, емульгатор, антифрикційні та протиздирні присадки, змочувальні присадки, інгібітор чи пасиватор корозії, бактерицидна присадка, антиспінювач.

Третю групу складають синтетичні чи хімічні рідини, що не мають у своєму складі масла. Вони, як правило, містять речовини, які пасивують поверхню оброблюваної деталі, пом'якшувальні засоби, деякі види мила. Удосконалення їхніх експлуатаційних властивостей досягається введенням присадок, які забезпечують поліпшення протиздирних і антифрикційних властивостей розчинів та їх мийних і пом'якшувальних властивостей. Порівняно з маслами й водомасляними емульсіями третя група рідин характеризується відсутністю розкладу, прозорості, володіє підвищеними охолоджувальними властивостями, що робить їх більш прогресивними. Проте, як правило, синтетичні рідини є дорогими, а деякі з них втрачають свої властивості при попаданні у них масла з гідросистеми верстату.

Отже, розглянувши вплив різних факторів на величину сил різання при точінні, узагальнені формули для їхнього підрахунку можна записати так:

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} ;$$

$$P_z = C_{P_y} t^{x_{P_y}} S^{y_{P_y}} ;$$

$$P_z = C_{P_x} t^{x_{P_x}} S^{y_{P_x}} ,$$

де C_p – постійні коефіцієнти, які характеризують вплив умов обробки на величину сил різання. Величина C_p визначається як добуток ряду поправочних коефіцієнтів:

$$C_p = C'_p K_{HB} K_M K_\phi K_\gamma K_{MOP} K_h \dots ,$$

де C'_p – постійна, що характеризує певні умови різання для конкретної марки оброблюваного матеріалу, прийнятого за основу (еталон). Наприклад, для точіння твердосплавними різцями сталі з $\sigma_\sigma = 650$ Мпа ($HB = 1800$) $C'_p \approx$

270; для фасонних різців з швидкорізальної сталі $C'_p \approx 270$; для відрізних різців $C'_p \approx 220$; для сірого чавуну з $HB = 1900$ $C'_p \approx 90$.

Своєю чергою K – поправочні коефіцієнти, які характеризують вплив: K_m – групи оброблюваного матеріалу (сталь вуглецева, легована тощо); K_{HB} – твердості чи міцності оброблюваного матеріалу; K_φ – головного кута в плані φ ; K_{MOP} – мастильно-охолоджувальної рідини; K_h – величину зношення різця тощо.

Конкретні величини сталих C'_p , поправочних коефіцієнтів K і показників степені x , y наведені у спеціальних довідниках з режимів різання. Там є і таблиці, які дають змогу визначити сили різання за різних значень глибини різання і подачі.

Разом з теоретичними обчисленнями, сили різання з достатньою для наукових і практичних цілей точністю визначається експериментальним шляхом для всіх видів обробки металів.

На практиці найчастіше для визначення сил різання використовують динамометри. З їхньою допомогою вимірюється одна, дві, або одночасно всі три складові сили різання.

Одним з таких динамометрів є механічний динамометр ДК-І (рис. 6). Він призначений для реєстрації сили P_z за допомогою індикатора годинникового типу. Динамометр ДК-І установлюється на верхніх повзунах супорта токарного верстата замість попередньо знятого різцетримача та закріплюється болтом, що проходить через отвір A .

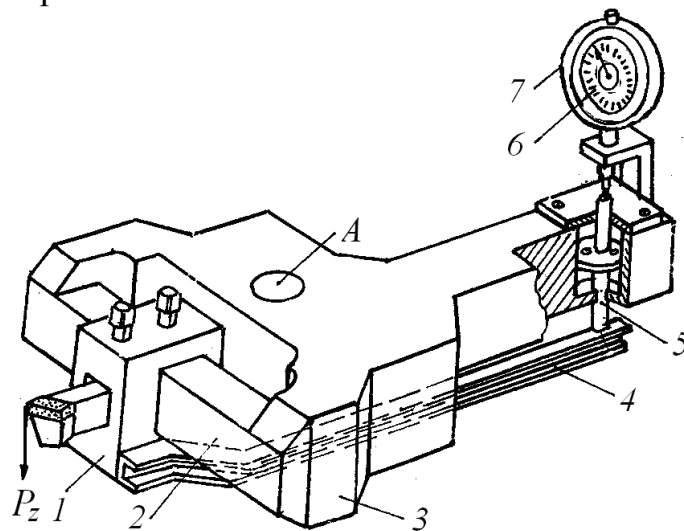


Рис. 6. Будова механічного динамометра ДК-І

Різець закріплюється у державці (люльці) 2, яка з'єднана з корпусом динамометра за допомогою двох пружних торсійних брусків 3 квадратного перерізу. Під дією складової сили різання різець відгинається вниз, закручуючи при цьому торсійні бруски. При цьому довга планка 4, що одним кінцем приварена до державки 2, піднімається і натискає через демпфер 5 на ніжку індикатора годинникового типу 7. Переміщення ніжки індикатора пропорційне до величини деформації торсійних брусків і до вертикальної складової сили

різання. Ціна поділки індикатора на його шкалі 6 визначається за допомогою попереднього *тарування*. Воно полягає у тому, що на перетворювачі динамометра попередньо подають відоме навантаження з допомогою найпростіших механічних пристроїв. Згодом, фіксуючи покази приладів, які відповідають різним навантаженням, будують тарувальний графік. Тарувальна крива для динамометра ДК-І, приведена на рис. 5. Величина вильоту різця для наведеної кривої – $h = 16$ мм.

Динамометр ДК-І розрахований на найбільшу силу різання $P_z = 6000$ Н. За допомогою цього динамометра можна виміряти також осьову силу. У цьому випадку динамометр повертається на 90° так, щоб напрям дії сили P_x відповідної деталі збігся з напрямом дії сили P_z відносно динамометра при його звичайному положенні.

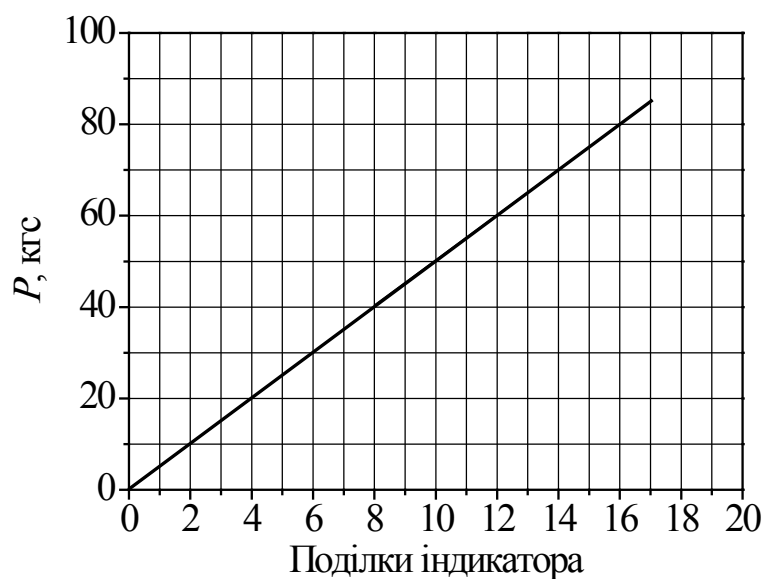


Рис. 7. Тарувальна крива для динамометра ДК-І

Механічні динамометри найпростіші за конструкцією. Проте вони не отримали поширення через свою високу інерційність і низьку чутливість. Такі ж недоліки характерні і для *гідрравлічних* динамометрів. Більш чутливими та малоінерційними є *електричні динамометри*, які перетворюють механічну дію сил різання у легковимірювані електричні величини. Залежно від виду величини, яка вимірюється, вони поділяються на такі основні класи: *ємнісні (конденсаторні)*, *індуктивні* та *тензометричні*.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з кінематикою та управлінням токарного верстата, з правилами з техніки безпеки.
2. Вивчити будову й принцип роботи динамометра ДК-І.
3. Підготувати різці з вказаними кутами заточки.
4. Провести експериментальні дослідження впливу глибини різання на силу різання. Для цього визначити силу різання P_z для різних глибин різання (напр., t

= 0,5 мм; 0,75 мм; 1,0 мм; 1,5 мм) при фіксованих швидкостях різання (частоті обертів) і подачі для вибраного різця.

5. Провести експериментальні дослідження впливу швидкості подачі на силу різання. Для цього визначити силу різання P_z для різних швидкостей подачі (напр., $S = 0,8$ мм/об; 1,0 мм/об; 1,25 мм/об) при фіксованих швидкостях різання (частоті обертів) і глибини різання для вибраного різця.

6. Провести експериментальні дослідження впливу геометрії різця на силу різання. Для цього визначити силу різання P_z для різних значень головного кута в плані (напр., $\varphi = 30^\circ$; 45° ; 90°) при фіксованих швидкостях різання (частоті обертів) і глибини різання.

7. Обчислити швидкість і потужність різання.

8. Дані вимірювань занести в таблицю.

9. Побудувати криві залежності сили різання P_z від глибини різання, від швидкості подачі, від головного кута в плані.

Таблиця

№ досліду	Оброблюваний матеріал	Кути різця, град				Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об	Частота обертів n , об/хв	Швидкість різання v , м/хв	Покази динамометра, под.	Сила різання P_z , Н	Потужність різання $N_{р\dot{з}}$, кВт
		α	γ	λ	φ							

Питання для самоконтролю

1. Які сили виникають при різанні металів точінням?
2. Яке співвідношення між складовими сил різання?
3. Як обчислити потужність різання?
4. Які фактори впливають на величину сил різання? Як сила різання залежить від режиму й умов різання, властивостей оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту, геометрії різця?
5. Якими методами можна виміряти сили різання?
6. Яка будова та принцип роботи динамометра ДК-І?

Література

1. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович.– Суми, 2002. – 195 с.
2. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи , П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.

3. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.

4. Гапонкин В. А. Обработка резанием, метало­режущий инструмент и станки / В. А. Гапонкин, Л. К. Лукашев, Т. С. Суворова.– М: Машиностроение. 1990. – 448 с.

5. Ящерицин П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П. И. Ящерицин, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко.– Минск: Вышшая школа, 1981. – 560 с.

Лабораторна робота №8

Тема роботи. Вивчення технології обробки заготовок на вертикально-свердлильному верстаті.

Мета роботи: вивчити призначення вертикально-свердлильного верстата, рухи у верстаті, будову, принцип дії та кінематичну схему верстата; засвоїти кінематичні розрахунки головного руху і руху подачі.

Обладнання, матеріали та інструменти: вертикально-свердлильному верстат моделі 2A135, різальні інструменти (спіральні свердла, зенкери, розвертки, зенківки, мітчики), свердлильні патрони, перехідні втулки, заготовки.

Теоретичні відомості

Вертикально-свердлильний верстат моделі 2A135 служить для виконання і обробки наскрізних та глухих отворів, нарізання внутрішньої різьби, виконання циліндричних та конічних заглиблень у малогабаритних і неважких заготовках в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. Для цього використовуються такі різальні інструменти як свердла, зенкери, розвертки, зенківки, мітчики.

У верстаті розрізняють рухи різання та допоміжні рухи. Своєю чергою, рухи різання поділяють на головний рух різання та рух подачі. *Головний рух різання* полягає у обертанні шпинделя разом із інструментом навколо своєї осі і здійснює одинарне (за один оберт) відокремлення стружки. *Рух подачі* полягає у переміщенні шпинделя з інструментом уздовж осі обертання під час обертання шпинделя. У поєднанні з головним рухом різання рух подачі забезпечує неперервне відокремлення стружки під час обробки.

Допоміжні рухи підготовляють процес різання. До них належать: встановлення інструмента, підведення до заготовки, відведення і зняття інструмента, закріплення і зняття заготовки, перемикання частот обертання шпинделя і величин подачі, пуск та зупинка верстата, пересування стола і коробки подач по напрямних станини тощо.

Будова верстата. Вертикально-свердлильний верстат моделі 2A135 складається з таких основних частин (рис. 1): станини 1, коробки швидкостей 2, коробки подач 3, стола 4 і фундаментальної плити 5.

Станина з'єднує усі частини верстата в єдину систему. Вона є порожнинною виливкою із сірого чавуну з вертикальними напрямними, по яких можна пересувати стіл і коробку подач у випадку, коли габарити заготовки не дають змоги здійснювати її обробку при нормальному положенні згаданих частин. Вгорі на станині змонтовано коробку передач. Станина опирається на *фундаментальну плиту*.

Коробка швидкостей служить для ступеневого регулювання частоти обертання шпинделя. Шпиндель входить у шліцевий отвір останнього вала коробки швидкостей і може пересуватися в ньому в осьовому напрямі, що необхідно для здійснення руху подачі.

Коробка подач надає шпинделю різної величини подачі. У корпусі коробки можна пересувати разом зі шпинделем порожнисту трубу – гільзу, всередині якої змонтовано підшипники шпинделя. На зовнішній поверхні гільзи нарізані зубці рейки. Гільза отримує поступальний рух від рейкової шестерні, кінематично пов'язаної з механізмами коробки передач.

На *столі* закріплюють оброблювану заготовку за допомогою різноманітних пристроїв – універсальних чи спеціальних. Щоб забезпечити співпадання осей шпинделя і оброблюваного отвору, заготовку пересувають на столі верстата.

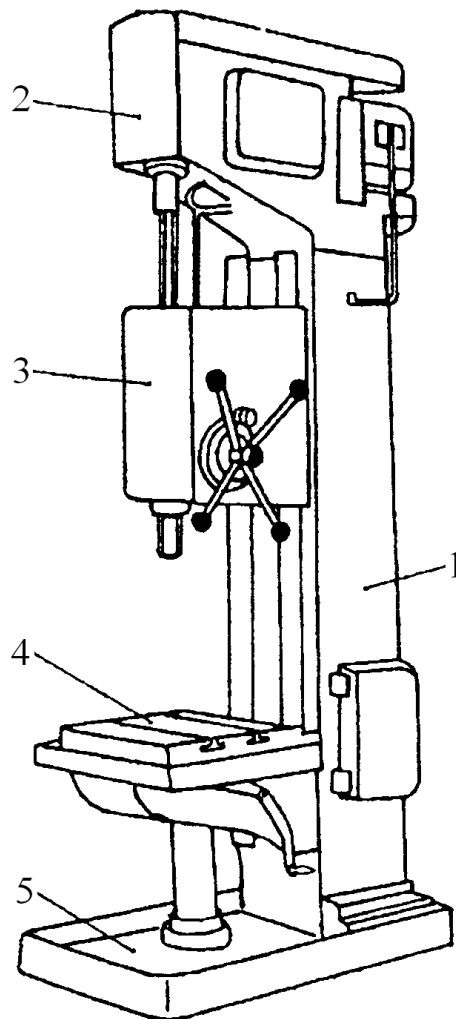


Рис. 1. Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата моделі 2А135: 1 – станина, 2 – коробка швидкостей, 3 – коробка подач, 4 – стіл, 5 – фундаментальна плита

Різальний інструмент з конічним хвостовиком вставляють безпосередньо у конічний отвір шпинделя або у перехідну конічну втулку. Свердлильні патрони використовують для інструмента з циліндричним хвостовиком.

Кінематика верстата. Головний рух різання здійснюється наступним чином. Від електродвигуна Д (рис. 2), що має частоту обертання 1450 хв^{-1} , за допомогою клинопасової передачі зі шківками діаметрами 140 і 178 мм на вал І коробки швидкостей передається одна частота обертання. Вал ІІ отримує три

частоти обертання через пари коліс 27 і 55, 34 і 48 та 21 і 61 механізму з потрійним пересувним блоком зубчастих коліс. За допомогою зубчастої передачі циліндричними колесами з числами зубців 34 і 48 вал III отримує три частоти обертання. Механізм з потрійним пересувним блоком коліс за допомогою блока 17–65–35 вала III і нерухомо закріпленої на порожнистому валі IV коліс 68, 34 і 50 передає на шпindel (вал V) дев'ять частот обертання – по три частоти через кожну пару коліс: 17 і 68, 65 і 34 та 35 і 50.

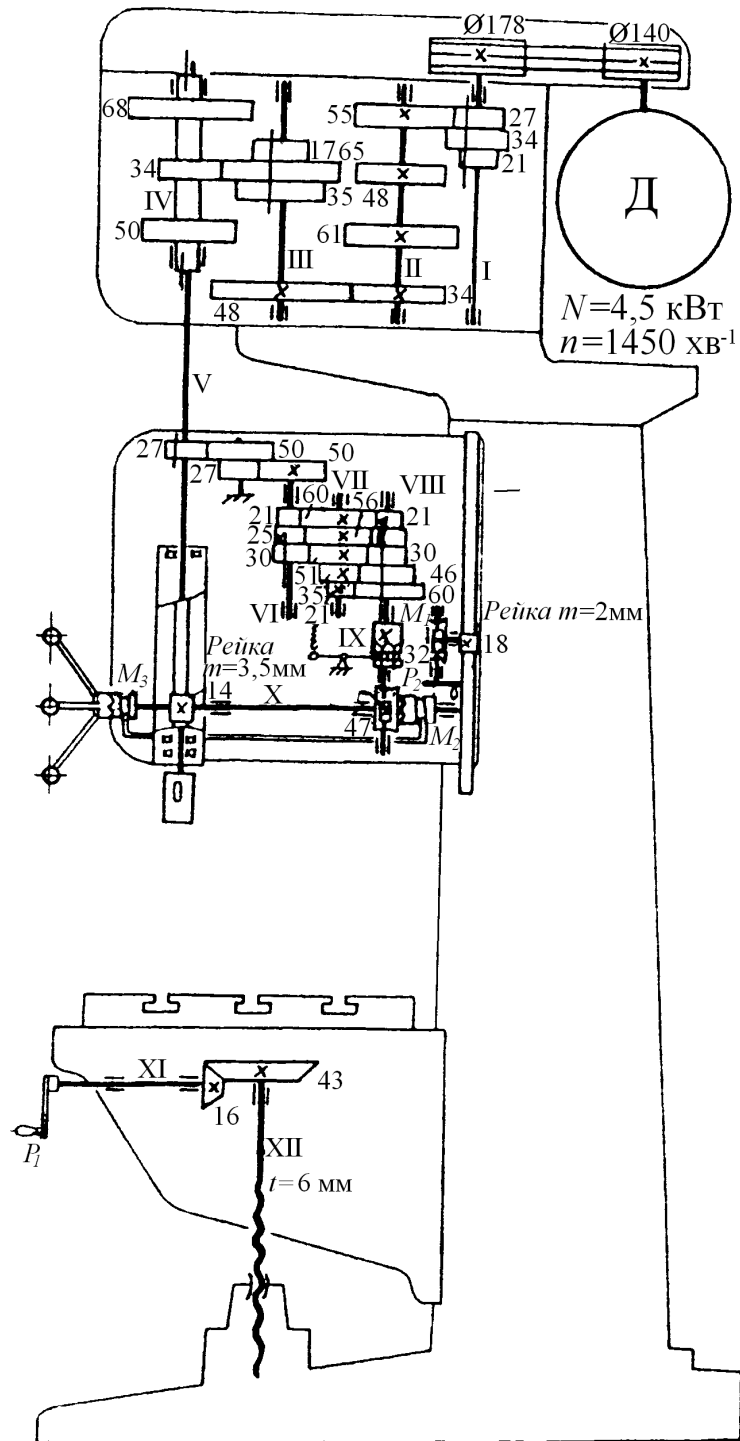


Рис. 2. Кінематична схема вертикально-свердлильного верстата моделі 2A135

Рухи подачі починаються від шпинделя. Оскільки подачею є переміщення інструмента в міліметрах за один оберт шпинделя, то блок коліс 50 – 27 через зубчасту передачу циліндричними колесами 27 і 50 отримує один рух подачі. Вал VI через передачу колесами 27 і 50 теж отримує один рух подачі. Від вала VI до вала VII обертання передається механізмом з висувною шпонкою – по одному руху подачі за допомогою пар коліс 21 і 60, 25 і 56 та 30 і 51. Висувна шпонка може закріплювати на валі VI тільки одне з трьох вільно посаджених коліс – 21, 25 або 30. Два інші колеса обертаються на цьому валі вільно. Від вала VII на вал VIII інший механізм з висувною шпонкою передає дванадцять рухів подач – по три рухи за допомогою пар коліс 60 і 21, 51 і 30, 35 і 46, та 21 і 60. Вали VIII і IX з'єднані між собою кулачковою запобіжною муфтою M1. Обертання від вала IX черв'ячною передачею ($a = 1, z = 47$) передається на вал X, на якому закріплена рейкова шестерня 14. Остання приводить у прямолінійний рух гільзу разом зі шпинделем. У випадку механічної подачі вільно посаджене на валі X черв'ячне колесо 47 закріплюють кулачковою муфтою M2. Під час ручної подачі за допомогою штурвала муфта M2 вимикається і рух від коробки подач на вал X не подається.

До допоміжних рухів зараховуються пересування коробки подач і стола по напрямних станини. Вертикальне пересування стола реалізується під час обертання ручкою P_1 вала XI, від якого рух передається на гвинтову передачу через конічні зубчасті колеса 16 і 43. Гайка гвинтової передачі закріплена на фундаментній плиті. Коробка подач пересувається наданням ручкою P_2 обертального руху черв'ячній передачі ($a = 1, z = 32$) і рейковій шестерні 18, яка з'єднана з рейкою, закріпленою на станині.

Розрахункові формули. Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n_{\sigma} = n \cdot \frac{D_1}{D_2} \cdot \eta \cdot i_{\sigma}, \text{ хв}^{-1}$$

де n – частота обертання шківів; D_1 – діаметр шківів на валі електродвигуна, мм; D_2 – діаметр шківів на валі I коробки швидкостей, мм; $\eta = 0,985$ – коефіцієнт ковзання пасової передачі; i_{σ} – загальне передавальне відношення коробки швидкостей.

Величину подачі знаходять за формулою:

$$S = i_{\sigma} \cdot \pi \cdot m \cdot z, \text{ мм/об}$$

де i_{σ} – загальне передавальне відношення коробки подач; m – модуль рейки, мм; z – кількість зубців рейкової шестерні.

Послідовність виконання роботи

1. Визначити задану викладачем частоту обертання шпинделя n_{σ} (з табл. 1) шляхом підбору величин передавальних відношень між валами коробки швидкостей.

2. Визначити величину подачі S (з Табл. 1) шляхом підбору величин передавальних відношень між валами коробки подач.

3. Накреслити кінематичну схему верстата з таким з'єднанням пар зубчастих коліс, які забезпечують визначені розрахунками частоту обертання

шпинделя і величину подачі.

4. Ознайомитися з роботою вертикально-свердлильного верстата моделі 2A135 під час виготовлення і обробки отворів.

Таблиця 1. Дані для кінематичних розрахунків

Варіант	$n_{ш}, \text{хв}^{-1}$	$S, \text{мм/об}$	Варіант	$n_{ш}, \text{хв}^{-1}$	$S, \text{мм/об}$
1	77	0,12	16	520	0,32
2	97	0,15	17	742	0,43
3	140	0,20	18	1070	0,57
4	190	0,25	19	77	0,72
5	272	0,32	20	97	0,95
6	392	0,43	21	140	1,22
7	520	0,57	22	190	1,60
8	742	0,72	23	272	0,12
9	1070	0,95	24	392	0,15
10	77	1,22	25	520	0,20
11	97	1,60	26	742	0,25
12	140	0,12	27	1070	0,32
13	190	0,15	28	77	0,43
14	272	0,20	29	97	0,57
15	392	0,25	30	140	0,72

Питання для самоконтролю

1. Які види робіт можна виконувати на вертикально-свердильних верстатах?
2. Які види рухів має вертикально-свердильний верстат?
3. З яких основних частин складається вертикально-свердильний верстат моделі 2A135 і яке призначення кожної з них?
4. Визначте кількість частот обертання кожного вала коробки передач.
5. Знайдіть кількість рухів подач для кожного вала коробки подач.
6. Як виконати переміщення коробки подач по напрямних станини?
7. Записати формулу для визначення частоти обертання шпинделя.
8. Записати формулу для визначення величини подачі.

Література

1. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович, В. Голубець – Львів, 2000. – 212 с.

2. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум / [В. Попович, А. Кондир, Е. Плешаков та Ін.]. – Львів: “Папуга”, 2004. – 422 с.
3. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк– К: Кондор, 2009. – 528 с.
4. Гапонкин В. А. Обработка резанием, метало­режущий инструмент и станки / В. А. Гапонкин, Л. К. Лукашев, Т. С. Суворова.– М: Машиностроение. 1990. – 448 с.
5. Ящерицин П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П. И. Ящерицин, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко.– Минск: Вышшая школа, 1981. – 560 с.

Література

1. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга I / В. Попович. – Львів, 2000. – 212 с.
2. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II / В. Попович. – Суми, 2002. – 195 с.
3. Технологія матеріалів, зміцнення та виготовлення деталей машин / [М. Сиротюк, М. Чернець, М. Опеляк та Ін.]. – Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2009. – 263 с.
4. Алаи С. И. Технология конструкционных материалов / С. И. Алаи, П. М. Григорьев, А. Н. Ростовцев. – М: „Просвещение”, 1986. – 324 с.
5. Технологія конструкційних матеріалів / [М. І. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та Ін.]. – К: “Вища школа”, 2002. – 374 с.
6. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / В. В. Атаманюк – К: Кондор, 2009. – 528 с.
7. Кнорозов Б. В. Технология металлов и материаловедение / Б. В. Кнорозов, Л. Ф. Усова, А. В. Третьяков – М: „Металлургия”, 1987. – 312 с.
8. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров – К: „Вища школа”, 1984. – 205 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум / В. Попович, А. Кондир, Е. Плешаков, В. Попович, І. Кондир – Львів: “Папуга”, 2004. – 422 с.
10. Сологуб Н. А. Лабораторные работы по технологии металлов / Н. А. Сологуб, Б. Н. Ильин – М: „Машиностроение”, 1961. – 159 с.
11. Технология конструкционных материалов / [под. ред. А. М. Дальского]. – М: „Машиностроение”, 1985. – 469 с.
12. Гапонкин В.А. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки / В. А. Гапонкин, Л. К. Лукашев, Т. С. Суворова – М: Машиностроение. 1990. – 448 с.
13. Ящерицин П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П. И. Ящерицин, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко – Минск: Высшая школа, 1981. – 560 с.
14. Краткий справочник металлиста / [под. ред.. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова]. – изд. 3-е, перер. – М: “Машиностроение”, 1986. – 960 с.

Форма звіту до лабораторної роботи

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра машинознавства та основ технологій
Лабораторія матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів

Група

„_____” _____ 2014 р.

Дата виконання роботи

Прізвище та ініціали студента

Звіт з лабораторної роботи №

Тема роботи.

Мета роботи:

Обладнання, матеріали та інструменти:

Зміст роботи

Заповнюється згідно з Порядком виконання роботи. Виконуються необхідні ескізи чи креслення, приводяться робочі формули, хід обчислень та заповнені таблиці з результатами вимірів та обчислень.

Висновки:

Підпис студента

Робота прийнята _____

Кількість балів та підпис викладача

Навчальне видання

Попович Володимир Дмитрович

Сиротюк Андрій Михайлович

Обробка

конструкційних матеріалів

**Видавничий відділ
Дрогобицького державного педагогічного університету
імені Івана Франка**

Головний редактор
Ірина Невмержицька
Редактор
Леся Грабинська
Технічний редактор
Наталія Намачинська

Здано до набору 02.07.2014 р. Підписано до друку 08.08.2014 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Наклад 300 прим. Ум. друк. 4 арк.. Зам. 278.

Видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №2155 від 12.04.05) 82100, м. Дрогобич, вул. І.Франка, 24, кім. 43, тел.: 2–23–78

