Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні ім. О.І.Сідашенка

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки
для виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Харків
2025

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні ім. О.І.Сідашенка

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки
для виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Затверджено
рішенням Науково-методичної комісії
факультету мехатроніки та інжинірингу
Протокол № 3
від 30 грудня 2024 р.

Харків
2025

УДК 631.3.003 (75)
Т 38

Схвалено
на засіданні кафедри сервісної інженерії та технології та
технології матеріалів в машинобудуванні
Протокол №3 від 30 грудня 2024 р.

Рецензенти:
В.Л. Чухліб, завідувач кафедри «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», д-р техн. наук, професор;
А.К. Автухов, завідувач кафедри Сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І.Сідашенка Державного біотехнологічного університету, д-р техн. наук, професор.

Т 38 Обґрунтування методу отримання заготовки: метод. вказівки до виконання практ. робіт для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. спец. 133 Галузеве машинобудування / Держ. біотехн. ун-т; Уклад. О.І. Тришевський, О.Б.Калюжний – Харків: КП «Міська друкарня», 2025. – 16 с.

Наведено загальні вимоги до порядку вибору заготовки для виготовлення деталей, а також методику проведення техніко-економічного обґрунтування правильності вибору заготовки. Видання призначене студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

УДК 621.91

Відповідальний за випуск : О. І.Тришевський, д-р техн. наук

© О.І.Тришевський,
О.Б.Калюжний,
2025
© ДБТУ, 2025

МЕТА ЗАНЯТТЯ:

- освоїти порядок вибору заготовки для виготовлення деталі;
- навчитися проводити техніко-економічне обґрунтування правильності вибору заготовки;
- навчиться виконувати конструкторську документацію щодо виготовлення заготовки.

ЗАВДАННЯ СТУДЕНТУ:

На основі отриманих під час виконання цього практичного заняття теоретичних відомостей навчитися: а) за отриманим завданням для проектування технологічного процесу виготовлення деталей методами механічного оброблення правильно і технічно грамотно вибрати заготовку для виготовлення деталі; б) провести техніко-економічне обґрунтування правильності вибору заготовки; в) виконати робоче креслення заготовки із зазначенням усіх необхідних технічних вимог.

Час виконання - 4 години.

ВИХІДНІ ДАНІ:

1). Під час практичного заняття виконати вимоги викладеного вище "Завдання студенту" стосовно деталі "Шарнір" (робоче креслення деталі додається) з річною програмою випуску 1000 штук при однозмінному режимі роботи.

2). Під час самостійної роботи провести аналогічну роботу стосовно деталі за індивідуальним завданням на проектування, виданим кожному студенту, і здати на перевірку викладачеві.

1. ВИДИ ЗАГОТОВОК

Технологія машинобудування є комплексною інженерною і науковою дисципліною, що вирішує низку організаційних та економічних завдань, тому під час виконання розрахункового завдання доводиться вирішувати суміжні

технологічні завдання, пов'язані, зокрема, з вибором і техніко-економічним обґрунтуванням методу отримання заготовки.

Вибір оптимального методу отримання заготовки визначається на основі аналізу низки чинників: матеріалу деталі; технічних вимог на її виготовлення; обсягу і серійності випуску; форми поверхонь і розмірів деталей. Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність і мінімальну собівартість, вважається оптимальним.

Вирішення завдання максимального наближення геометричних форм і розмірів заготовки до розмірів і форми готової деталі - одна з головних тенденцій у заготівельному виробництві. Оптимізація вибору методу і способу отримання заготовки дає змогу не тільки знизити витрати на її виготовлення, а й значно скоротити трудомісткість механічної обробки.

Заготовкою, згідно з ГОСТ 3.1109-82, називається предмет праці, з якого, шляхом зміни форми, розмірів, властивостей поверхні та (або) матеріалу, виготовляють деталь.

Розрізняють три основні види заготовок: машинобудівні профілі, штучні та комбіновані.

Машинобудівні профілі виготовляють постійного перерізу (наприклад, круглого, шестигранного або труби) або періодичного.

Штучні заготовки отримують литтям, куванням або штампуванням.

Комбіновані заготовки - це складні заготовки, одержувані з'єднанням (наприклад, зварюванням) окремих простіших елементів. Узагальнену класифікацію заготовок, що застосовуються нині в машинобудуванні, наведено на рис. 1.

Рис.1. Узагальнена класифікація заготовок, що застосовуються у машинобудуванні

З усього різноманіття переважне застосування в машинобудуванні мають заготовки з прокату, виливків і поковки.

Сортовий прокат. Його основна перевага - простота і дешевизна, завдяки чому заготовки з прокату знайшли найширше застосування в промисловості. Прокат виготовляють зі сталі та кольорових металів у вигляді прутків з різною формою поперечного перерізу (коло, квадрат, шестигранник, труба, куточок, тавр тощо). Істотним недоліком подібного виду заготовок є низький коефіцієнт використання матеріалу.

Виливки, отримані різними методами, застосовуються для виготовлення деталей із чавуну, кольорових металів і спеціальної ливарної сталі (до позначення марки сталі додається індекс Л). Литтям отримують заготовки зі складними криволінійними поверхнями, порожнинами і виступами, розташованими в різних напрямках, за мінімальної кількості оброблюваних поверхонь із максимальним наближенням до форми готової деталі. Методами

лиття в заготовці можуть бути отримані отвори різної форми. Виливки мають підвищену жароміцність, проте характеристики міцності литих деталей дещо гірші, ніж у деталей, виготовлених зі штамповок або поковок, тому їхнє застосування в силових конструкціях обмежене. Заготовки-відливки характеризуються підвищеною шорсткістю поверхні, підвищеною твердістю поверхневого шару (кірки), великими величинами припусків на обробку і високою вартістю.

Поковки застосовують для виготовлення деталей із пластичних металів менш складної, ніж у виливків, конфігурації, але таких, що мають великі перепади розмірів (наприклад - діаметрів). Методами кування отвори в заготовках, як правило, не отримують. Виняток становлять випадки, коли отримання отвору іншими способами економічно недоцільне.

Заготовки-поковки характеризуються меншою, ніж у виливків, шорсткістю поверхні, але більшою хвилястістю, підвищеною твердістю поверхневого шару (кірки), великими величинами припусків на оброблення і невисокою вартістю;

Штамповані заготовки застосовуються для виготовлення деталей із пластичних металів складнішої, ніж у виливків, конфігурації. Під час штампування можливе отримання отворів у заготовці будь-якої форми і конфігурації. Штамповані заготовки відрізняються малою шорсткістю поверхні, високою точністю, малими значеннями припусків на обробку і найвищою вартістю. Їх застосовують у тих випадках, коли на виготовлюваній деталі є поверхні, які неможливо обробити механічно, але потрібна їхня висока якість.

Заміну заготовки з прокату поковкою або штампуванням здійснюють у таких випадках: - за необхідності поліпшити структуру заготовки та її механічних властивостей; - під час оброблення деталей Г-подібної, П-подібної або іншої форми складного перерізу; - під час оброблення деталей типу ступінчастих валів із великою різницею між діаметрами окремих ступенів; - під час виготовлення деталей, заготовки яких мають вигляд цільних шайб або шайб із центральним отвором.

2. ВИБІР МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Основними факторами, що впливають на рішення, що приймаються на цьому етапі розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, є:

- конструкція деталі і матеріал для її виготовлення;
- службове призначення і технічні вимоги;
- програми випуску на рік (N) і тип виробництва;
- вид і форма організації виробництва;
- вартість матеріалу (напівфабрикату);
- собівартість вихідної заготовки, одержуваної різними методами;
- витрата матеріалу;
- собівартість виготовлення деталі з вихідної заготовки.

Таким чином, найпершим критерієм під час вибору типу заготовки слугує матеріал, з якого виготовляють деталь: якщо матеріал деталі, яку виготовляють, - сталь, в якості заготовки можна використати прокат, ковані, або штамповані заготовки, рідше - відливки. У разі виготовлення деталей із чавуну - найчастіше використовують виготовлені різними способами литі заготовки. Під час виготовлення деталей із кольорових металів - заготовками є прокат, відливки, рідше - штамповки.

Другим критерієм є технологічні можливості кожного з типів заготовок:

- для деталей простої форми кращий прокат;
- для деталей середніх і великих розмірів простої форми з великими перепадами розмірів - поковки (менш переважні, через високу вартість, відливки або штамповки);
- для деталей складної форми - відливки або штамповки.

Вибір методу отримання заготовки за цими критеріями є приблизним. Їм може задовольняти відразу кілька варіантів заготовок (див. рис. 2).

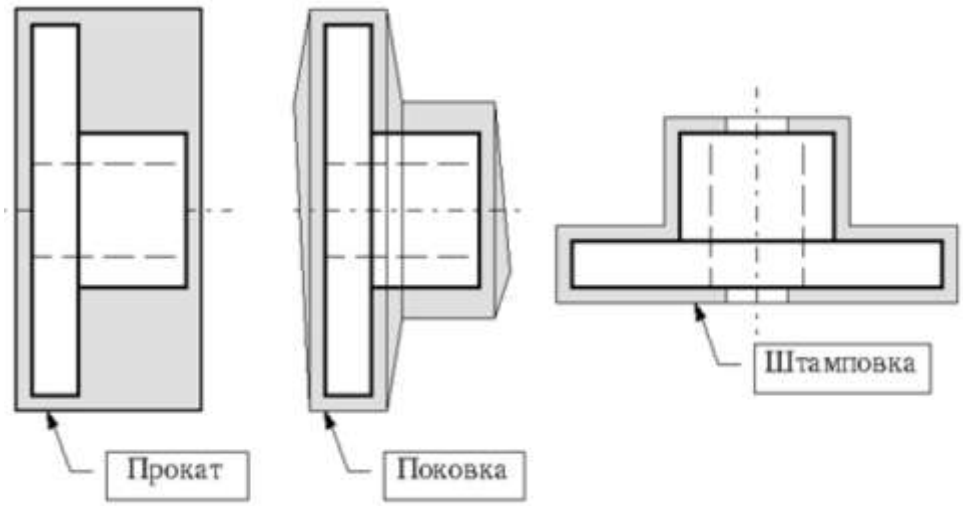

Рис.2. Варіанти заготовок для виготовлення деталі фланець

Під час вибору вихідної заготовки слід прагнути, щоб метод її отримання забезпечував мінімальну собівартість деталі.

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАГОТОВКИ

Для точнішого визначення виду заготовки потрібно виконати економічний розрахунок (розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі).

Вибір вихідної заготовки і методу її отримання повинен забезпечувати мінімальну собівартість деталі. Слід мати на увазі, що собівартість виготовлення деталі визначається сумою витрат на виготовлення заготовки та її механічну обробку, тому необхідно прагнути забезпечити зниження цієї суми, а не однієї з її складових. Цей розрахунок досить складний і вимагає використання великої кількості економічних даних реального підприємства. З навчальною метою допускається замість розрахунку технологічної собівартості провести спрощене порівняння можливих варіантів отримання заготовок, яке передбачає два етапи:

1. **Порівняння методів отримання заготовки за коефіцієнтом використання матеріалу КВМ:**

$$КВМ = \frac{q}{Q}, \qquad (1)$$

де: q - маса деталі, кг (принцип розрахунку маси деталі наведено в

методичних вказівках №1);

Q - маса заготовки, кг.

$$Q = V_з \cdot \rho \qquad (2)$$

Vз - об'єм заготовки, м^3;

ρ - густина матеріалу заготовки, кг/м^3(г/см^3).

Щоб визначити об'єм заготовки, її необхідно розділити на елементарні фігури (рис. 3), об'єм яких можна порахувати за відомими формулами.

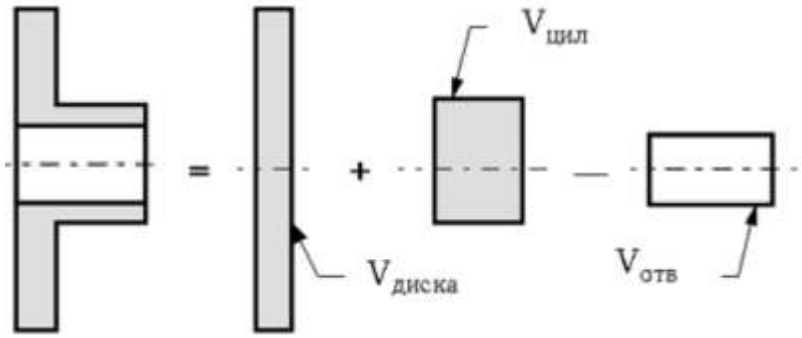

Рис.3. Поділ штампованої заготовки деталі фланець на елементарні фігури

Окремо рахують об'єми тіл (V $_{тіл}$), окремо - об'єми пустот (V $_{пустот}$). Об'єм заготовки визначиться як:

$$V_з = \sum V_{тел} - \sum V_{пустот} \text{ м}^3 (\text{ см}^3) \qquad (3)$$

У масовому і серійному виробництві КВМ досягає величини 0,7-0,8, в умовах одиничного виробництва вимоги до конфігурації заготовки менш жорсткі, КВМ = 0,6.

2. Порівняння методів отримання заготовки на підставі розрахунку вартості заготовки.

Якщо деталь виготовляють із прокату, то вартість заготовки визначають за вагою матеріалу, що потрібен на виготовлення деталі, і вагою стружки, що здається, грн.

$$S_з = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{відх}, \qquad (4)$$

де: S - ціна 1 кг матеріалу заготовки (прокату; поковки), грн.;

S $_{відх}$ - ціна 1 т відходів, грн.

Вартість заготовок, одержуваних іншими способами (лиття, кування), з достатньою для виконання розрахункового завдання точністю визначається за формулою:

$$S_з = \left(\frac{C_{б,}}{1000} \cdot Q \cdot K_т \cdot K_с \cdot K_в \cdot K_м \cdot K_п \right) - (Q - q) \cdot S_{відх}, \qquad (5)$$

де: $C_б$ - базова вартість однієї тони заготовок, грн./т;

Q - маса заготовки, кг;

$K_т$ - коефіцієнт, що залежить від класу точності;

Kc - коефіцієнт, що залежить від ступеня складності;

$Kв$ - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

$Kм$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$Kп$ - коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску заготовок.

Економічний ефект розраховується за формулою:

$$Э_{заг} = (S_1 - S_2) \cdot \mathrm{N}, \text{ грн.}, \qquad (6)$$

де S_1 і S_2 - вартість заготовки за двома найефективнішими варіантами отримання заготовки відповідно;

N - річний обсяг випуску деталей.

3. Вимоги, що пред'являються до креслення заготовки

Після того, як остаточно визначено вид і розміри заготовки, слід виконати робоче креслення заготовки із зазначенням усіх необхідних технічних вимог (точності та шорсткості деяких поверхонь заготовки). При цьому можна керуватися орієнтовними даними (табл. 1). На кожну з оброблюваних поверхонь встановлюють припуск. Величину припуску приймають за таблицями довідників. На найвідповідальніші функціональні поверхні деталей величину припуску визначають розрахунково-аналітичним способом. Номінальні розміри заготовок отримують підсумовуванням (для отворів та інших порожнин у заготівці - відніманням) номінальних розмірів деталей з величиною прийнятого припуску. На кресленні заготовки в тому ж масштабі слід нанести контури оброблюваної деталі (умовним пунктиром).

Таблиця 1

Якість поверхонь заготовок

Вид заготовки	Точність, квалітет	Шорсткість, Rz, мкм
Лиття в піщано-глинисті форми	16…17	320
Лиття у кокіль	14…16	80
Ковка	14-17	
Штамповка	15…17	150
Прокат гарячекатаний	14…16	150
Прокат калібрований гладкотягнутий	7…12	100

<u>ЗРАЗОК написання розділу (писати як розділ 4 у РЗ №1):</u>

Як приклад для всіх методичних вказівок, що стосуються питань проектування технологічних процесів механічної обробки деталей взята деталь «Шарнір», що входить в збірку «Кронштейн».

4. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

З огляду на то, що матеріал, з якого виготовляється деталь шарнір - звичайна вуглецева сталь Ст3сп2, деталь має просту форму з невеликими перепадами діаметрів ступенів, як заготовки на першому етапі проектування вибираємо штучну заготівлю з сортового гарячекатаного прокату (рис.1) діаметром Ø = 40 мм, і довжиною L = 62 мм (+4 мм припуску на підрізування торців).

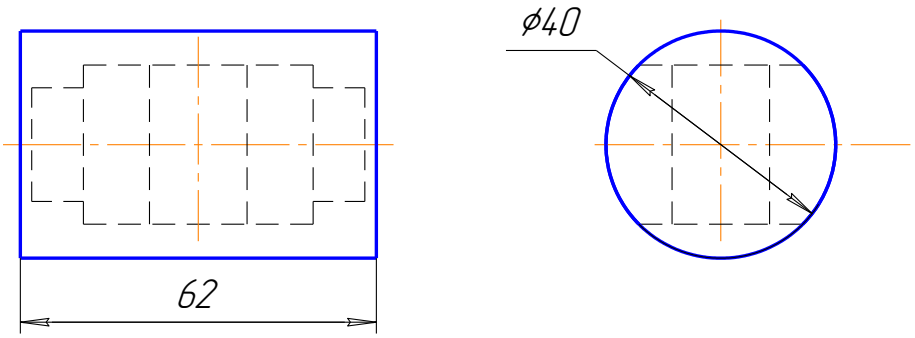

Рис 1 . Заготовка деталі шарнір з гарячекатаного прокату.

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V_з \cdot \rho$$

$V_з$ - об'єм заготовки, визначається як об'єм циліндру:

$$V_З = \frac{\pi \cdot D_З^2}{4} \cdot L_З = \frac{3{,}14 \cdot 40^2}{4} \cdot 62 = 77872 мм^3 (77{,}872 см^3)$$

ρ - щільність матеріалу заготовки (для всіх марок сталей в розрахункових завданнях щільність можна приймати на рівні - 7,8 г/см^3; щільність чавуну – 6,8 г/см^3; щільність кольорових металів та сплавів – 2,7 г/см^3).

$$Q = 77{,}872 \cdot 7{,}8 = 607 гр (0{,}607 кг)$$

Знаючи масу деталі (див. РЗ 1) і масу заготовки, визначаємо коефіцієнт використання матеріалу КВМ.

$$K_{в.м.} = \frac{q}{Q} = \frac{0{,}384}{0{,}607} = 0{,}63$$

З огляду на, що в умовах дрібносерійного виробництва, КВМ повинен знаходитися в діапазоні 0,7-0,8, як альтернативний варіант розглянемо штамповану заготовку (рис.2).

Визначимо масу штампованої заготовки і розрахуємо КВМ. Для визначення об'єму заготовки, умовно представимо її, як що складається з декількох елементарних об'ємів (відповідно до схеми, представленої на рис. 4).

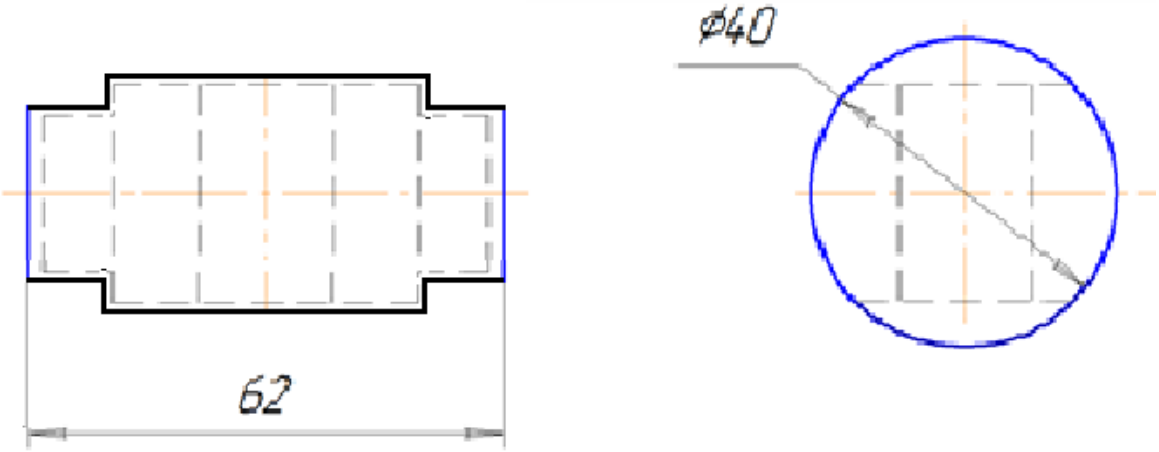

Рис 2. Штампована заготовка для виготовлення деталі шарнір

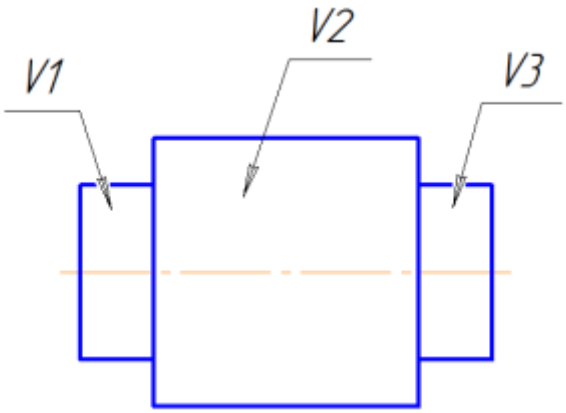

Рис.4 Схема для визначення об'єму штампованої заготовки

$$V_з = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = V_3 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot L_1 = \frac{3{,}14 \cdot 26^2}{4} \cdot 11 = 5837 мм^3 (5{,}837 см^3)$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{3{,}14 \cdot 40^2}{4} \cdot 40 = 50240 мм^3 (50{,}240 см^3)$$

$$V_з = 5{,}837 + 50{,}240 + 5{,}837 = 61{,}914\ см^3$$

$$Q = 77{,}872 \cdot 7{,}8 = 483 гр (0{,}483 кг)$$

$$КИМ = \frac{q}{Q} = \frac{0{,}384}{0{,}483} = 0{,}85$$

Якщо деталь виготовляється з прокату, то вартість заготовки визначається за вагою матеріалу, що потребується на виготовлення деталі і вазі стружки, що здається грн.

$$S_3 = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}$$

де: S - ціна 1 кг матеріалу заготовки;

$S_{від}$ *- ціна 1 т відходів.*

$$S_з = 0{,}607 \cdot 0{,}124 - (0{,}607 - 0{,}384) \cdot \frac{27}{1000} = 0{,}07\ у.є.$$

Вартість заготовок, одержуваних відмінними від прокатки способами (лиття, кування), з достатньою для розрахункового завдання точністю визначається за формулою:

$$S_з = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_т \cdot K_с \cdot K_в \cdot K_м \cdot K_п \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}$$

де Сі - базова вартість однієї тони заготовок;

Q - маса заготовки, кг;

Кт - коефіцієнт, що залежить від класу точності;

Кс - коефіцієнт, що залежить від ступеня складності;

Кв - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

Км - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

Кп - коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску заготовок.

$$S_з = \left(\frac{378}{1000} \cdot 0{,}483 \cdot 1 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}85 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (0{,}483 - 0{,}384) \cdot \frac{27}{1000} = 0{,}25$$

Економічний ефект розраховується за формулою:

$$Э_{заг} = (S_1 - S_2) \cdot \mathrm{N} = (0{,}25 - 0{,}07) \cdot 1000 = 180$$

Таким чином, при заміні заготовки з прокату штампованою заготівкою КВМ вдається підвищити з 0,63 до 0,85.

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки
для виконання практичних робіт

Укладачі:

Тришевський Олег Ігорович
Калюжний Олексій Борисович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк._.
Наклад ___пр.
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44