

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра обробки металів тиском

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка поковок прямокутного перетину 140x600 мм зі сталі
40ХФА на пресі зусиллям 63 МН» _____

Виконав: студент __5__ курсу, групи МЕТ-17-1бз

Купрієнко Віталій Олегович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія _____
(шифр і назва)

спеціалізація

_____ (шифр і назва)

освітньо-професійна програма

металургія _____
(шифр і назва)

Керівник _____ А. В. Явтушенко _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Презентація до 15 слайдів (Мета та завдання роботи, Схема технології виробництва поковок в цеху, Схема гідравлічного пресу, Заходи щодо реконструкції, Деформаційні та енергосилові параметри прокатки, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
2	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
3	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
4	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	

7. Дата видачі завдання 27 січня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина		
2	Технологічна частина		
3	Механічна частина		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Реферат, Вступ, Висновки		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Підготовка презентаційного матеріалу		

Студент

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

Керівник проекту (роботи)

А.В. Явтушенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., рисунків, таблиці, літературних джерел.

Об'єкт дослідження – процеси кування на гідравлічному пресі силою 63 МН в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Мета кваліфікаційної роботи – розрахунок технологічних операцій, трудомісткості виготовлення поковок прямокутного перетину 140x600 мм завдовжки 4000 мм. Матеріалом поковок є сталь 40ХФА. Розробка маршрутної технології, проведення аналіз можливих видів браку готової продукції. У даній роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей, вона призначена для оперативного контролю основних параметрів і оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних значень технологічних параметрів.

ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС, КУВАННЯ, ПОКОВКА, ОСАДКА, ПРОТЯЖКА, ПРЕС, ЗЛИВОК, БОЙКИ, ПАРАМЕТРИ, СТАЛТЬ Х12МФ, НАГРІВАЛЬНА ПІЧ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1. Річна виробнича програма.....	9
1.2. Тип виробництва, склад ділянки.....	9
1.3. Методи розрахунку напружено-деформованого стану і основних показників якості в умовах кування.....	11
1.4. Температурний інтервал процесу кування.....	27
1.5. Відпал легованих інструментальних сталей	30
1.6. Структура хромованадієвих сталей.....	33
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	35
2.1 Розробка креслень поковок і технічних умов на їх виготовлення.....	35
2.2 Розробка технологічних процесів кування.....	37
2.2.1. Розробка маршрутної технології.....	37
2.2.2. Визначення форми і розмірів заготовки.....	38
2.2.3. Аналіз напружено-деформованого стану напівфабрикатів.....	40
2.2.4. Розрахунок технологічних операцій.....	43
2.2.5. Вибір технологічного устаткування	54
2.2.6. Розрахунок трудомісткості виготовлення поковок	54
2.3. Виробнича програма і її матеріальне забезпечення.....	57
2.4. Праця і заробітна платня.....	60
2.5. Собівартість продукції.....	64
2.6. Економічний ефект.....	69
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	74
3.1. Розрахунок кількості виробничого устаткування і визначення його типорозмірів.....	74
3.2. Вибір типів і кількості нагрівального устаткування.....	75
3.3. Вибір типів і кількості підйомно-транспортного устаткування.....	77

3.4. Розрахунок кількості основних і допоміжних матеріалів на програму...77	
3.5. Вибір і розрахунок кількості енергоносіїв..... 80	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....85	
4.1. Ступінь безпеки процесу вільного кування, рівня його механізації та автоматизації..... 85	
4.2. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....86	
4.3. Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....89	
4.4. Технічні рішення по виробничій санітарії.....89	
4.5. Заходи пожежної безпеки.....90	
4.6. Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесі.....91	
4.7. Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....93	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....95	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 97	

ВСТУП

У сучасному розвитку економіки України важливу роль грає розвиток металургійної галузі. Щорічно збільшується випуск продукції на металургійних підприємствах країни. Сучасне машинобудування відчуває потребу, що росте, у виробництві крупних поковок, початковою заготівкою для яких служить злиток.

Найбільш універсальним способом виробництва деталей із злитків є кування. Вільне кування - це процес, що забезпечує підвищення якості литого металу і отримання виробів необхідної форми. Багато металообробних підприємств мають в своєму складі цех або ділянку вільного кування. Вільне кування дозволяє одержувати заготовки і деталі масою від декількох кілограмів до сотень тон розмірами від декількох сантиметрів до десятків метрів.

Кування на гідравлічних пресах є одним з основних способів виготовлення поковок, особливо в умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва. На гідравлічних кувальних пресах виготовляється близько 17% (по масі) всіх поковок. Кування є поки єдиною можливим способом отримання великогабаритних заготовок відповідального призначення: валів турбоагрегатів, колон гідравлічних пресів, ексцентрикових і колінчастих валів ковальсько-пресових машин, валків прокатних станів, дисків турбін, компресорів і інших. В деяких випадках кування використовують для виготовлення заготовок під подальше гаряче штампування, а також для отримання поковок, що не вимагають механічної обробки.

Основними напрямками розвитку сучасної технології кування є: підвищення точності і якості поковок, що випускаються, зниження витрати металу і трудомісткості їх виготовлення, збільшення продуктивності праці, вдосконалення організації ковальського виробництва. Гостро стоїть завдання

комплексної механізації і автоматизації процесів вільного кування, повного виключення важкої ручної праці на всіх етапах виготовлення поковок.

Розробка раціонального технологічного процесу кування вимагає обліку стану і якості початкового металу, підбору необхідної величини деформації, температурного поля зони деформації і відповідного інструменту, що забезпечує належне опрацювання металу.

Все вищеперелічене підтверджує актуальність кваліфікаційної роботи по розробці ділянки вільного кування на гідравлічному кувальному пресі.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Річна виробнича програма

Річна виробнича програма є початковою величиною для виконання дипломного проекту по проектуванню ділянки вільного кування кузнечно-пресового цеху на базі електрометалургійного заводу ПрАТ «Днепроспецсталь» і складає двадцять тисяч тонн поковок.

1.2. Тип виробництва, склад ділянки

Ковальсько-пресовий цех призначений для виробництва великогабаритних поковок з конструкційної, легованої і жароміцних сталей. Плановий об'єм виробництва по цеху 35 тисяч тонн в рік. Окрім поковок цех випускає до 100 тонн заготовки для ковальського, прокатного цехів і відділу головного механіка. На сьогодні цех обробляє, в основному, вуглецеві і низьколеговані сталі, до 95-98% оброблюваного металу піддається різним видам термообробки згідно вимогам замовника. Сортамент цеху включає поковки круглого, квадратного, прямокутного перетину, а також поковки типу шайби.

Різноманіття оброблюваних марок сталей і профилеразмерів поковок обуславлює дрібносерійний тип виробництва.

Для виготовлення поковок в ковальсько-пресовому цеху встановлені два гідравлічних преса з номінальним зусиллям 63 МН і 32 МН. У дипломному проекті розробляється ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН. Розмірний сортамент ділянки наступний:

- круг $250 \div 550$ мм, $l = 1000 \div 6000$ мм;
- квадрат $200 \div 400$ мм $l = 1000 \div 4000$ мм;

- смуга товщина - 120÷ ÷ 300 мм, ширина - 300÷ ÷ 800 мм, довжина - 1000÷ ÷ 4000 мм;

- шайби діаметр - 415-700 мм, висота - >400 мм.

Функціонально цех можна розділити на декілька ділянок:

- ділянка нагрівальних пристроїв (накопичувальні печі);
- ділянка гідравлічного преса 6000 тонн;
- ділянка гідравлічного преса 3200 тонн;
- термічне відділення (печі для термообробки);
- ділянка адьюстажа (зачистка, обдирання);
- ділянка правки металу.

Склад злитків розташований поблизу залізничного в'їзду і нагрівальних пристроїв, склад металлоотходов - близько преса. Склад кувального інструменту розташований близько кувального преса, склад огнеупоров - поблизу нагрівальних печей. У цеху є склад готової продукції, ремонтно-механічна майстерня. Службово-побутові приміщення розташовуються в торці будівлі цеху.

Злитки поступають в ковальсько-пресовий цех із сталеплавильних цехів залізничним транспортом і розвантажуються на майданчик складування злитків. Потім злитки передаються до нагрівальних пристроїв і, після нагріву, до пресу для деформації. Після завершення процесу деформації заготовки подаються на завантаження в печі або на майданчик для охолодження. Для подальших обробних операцій поковки передаються на ділянку адьюстажа. Готова продукція відвантажується залізничним транспортом на центральний склад готової продукції або замовнику. Заготовки ковальсько-пресового цеху відвантажуються також в ковальський і прокатний цехи. Металлоотходи, що виникають в процесі виробництва, збираються в коробах на складі металлоотходов, а потім відвантажуються в сталеплавильні цехи на переплавку.

Ділянка вільного кування для виробництва великогабаритних поковок на кувальному гідравлічному пресі зусиллям 63 МН розташовується в

одноповерховій чотирьохпролітній будівлі каркасного типу. Будівля цеху має сталевий каркас.

1.3. Методи розрахунку напружено-деформованого стану і основних показників якості в умовах кування

У процесі оптимізації з точки зору якості продукції істотне значення мають співвідношення, що описують умови руйнування матеріалу. З цієї точки зору доцільно розглянути елементи математичної моделі, які можуть бути включені в систему обмежень задачі оптимізації режиму формозміни.

Огляди стану сучасної теорії міцності [7-9] показують велику кількість відомих критеріїв руйнування, кожен з яких має суттєво обмежену область додатків. Різноманітні і також далекі від універсальності критерії руйнування, пов'язані безпосередньо до обробки металів тиском [10-13]. У цих умовах актуальні спроби розробити критерій широкого застосування з використанням фундаментального термодинамічного поняття - ентропії [14-18].

Відправним пунктом термодинамічного підходу до критерію руйнування є гіпотеза про те, що повне руйнування тіла в околі деякої точки відбувається тоді, коли щільність ентропії S у цій точці досягає критичного значення. Аналогія М. Борна може бути конкретизована наступним чином: «в момент, що переджає макроскопічне руйнування металу, фізичний стан зони руйнування багато в чому подібний до «рідкого» стану, тобто ступінь ближнього порядку в зоні руйнування наближається до ступеня порядку, який був би у даному металі при плавлінні» [19-21]. Така точка зору природним чином приводить до наступних припущень про кінетику процесу руйнування:

- зона руйнування є областю, в якій кристалічна решітка швидше за все втрачає свою стійкість, наближаючись за своїм станом до рідкої фази при температурі плавління;

- руйнування металу пов'язане з виникненням в зоні руйнування деякого критичного числа зародків рідкої фази;
- для руйнування металу в деякій області досить довести цю область до стану, що аналогічний стану плавління [19]. Принагідно зауважимо, що другий пункт у наведеному переліку можна використовувати при тлумаченні важливого поняття «рівень пошкодженості матеріалу».

Аналогія Борна конкретизується наступним чином. Відзначається, що між твердим і рідким станом речовини існує рідкокристалічний (мезоморфний) стан, який є самостійним агрегатним станом, так що переходи від кристалічного стану до мезоморфному і від мезоморфного до рідкого є фазовими переходами. Перехід від кристалічного до рідкокристалічного стану розглядається як плавлення уздовж певних поверхонь - як часткове плавління, тобто розрив зв'язків, що пронизують певні кристалографічні площини. Таким чином, локальне руйнування визначається як локальний фазовий перехід з твердого на рідкокристалічний стан.

Аналогію між руйнуванням і плавлінням надалі широко використовували фахівці для порівняння руйнування і плавління по енергії [20]. Результатом зазначених порівнянь з'явилися різні формулювання критерію руйнування, що конкретизують для певних умов висунутий ще в 1903 р. постулат відмов Бельтрамі («відмова відбудеться в той момент, коли кількість енергії, що запасається шляхом певного процесу, перевищить деяке критичне значення [21]).

Однак виявилось, що енергетичні формулювання не дозволяють розраховувати на створення критерію широкого застосування. Це пов'язано з тим, що, як показують експерименти, «енергія, витрачена на руйнування, залежить від умов досвіду і, отже, не може грати роль характеристики матеріалу [18]. Дійсно, при енергетичному підході до використання аналогії Борна «неявно приймалося припущення, що теплота плавління є характеристикою матеріалу, що не залежить від умови досвіду. Однак експериментальні дані показують, що теплота плавління, так само як і

температура плавління, істотно залежить, наприклад, від тиску. Зазначена залежність має особливе значення при встановленні аналогії між плавлінням і руйнуванням, тому що при дослідженні руйнування вивчається перш за все вплив на характер цього явища рівня і виду напруженого стану» [18]. Зі сказаного випливає висновок про те, що при використанні аналогії між руйнуванням і плавлінням методично правильним є залучення ентропії плавління, яка, відповідно до правила Річардса [18, 19], інваріантна щодо умов досвіду [16].

Ентропійний критерій руйнування має ряд важливих переваг порівняно з іншими критеріями. Переваги термодинамічного підходу до критерію руйнування ґрунтовно розглянуті в роботі [16].

Основними методологічними перевагами є:

- у рамках ентропійного критерію підсумовування «пошкодження» відбувається єдиним і природним чином (підсумовується щільність ентропії, породжувана розвивається незворотність);
- розглянуті з використанням такого критерію процеси навантаження (деформації) можуть мати будь-який характер, тобто застосування ентропійного підходу не накладається ніяких сором'язливих обмежень;
- використання цього критерію відкриває принципово важливу можливість враховувати вплив на руйнування різних фізико-хімічних процесів (наприклад, дифузія, сорбція, старіння, хімічні перетворення) [20].

На підкріплення третього пункту з наведеного переліку в роботі зазначені такі приклади, як поява «каустичної крихкості» сталі, «сезонне» розтріскування латуні, мимовільне руйнування феритних і мартенситних сталей в атмосфері сірководню.

Додатковим аргументом на користь термодинамічного підходу до критерію руйнування служать наступні міркування. У механіці суцільних середовищ вважають родинними поняття «руйнування» і «плинність», об'єднуючи їх під загальним терміном «межуючий стан» [8]. Найбільш фундаментальним підходом до формулювання умови плинності (тобто умови

виникнення пластичних деформацій) визнаний той, який заснований на квазітермодинамічному постулаті Друккера. За аналогією можна вважати, що найбільш фундаментальний підхід до формулювання умови іншого граничного стану - руйнування, повинен ґрунтуватися на термодинамічних міркуваннях [20].

Незважаючи на потенційно великі можливості, закладені в термодинамічний підхід, застосування ентропійного критерію поки що обмежувалося розрахунками на тривалу міцність. Нижче зроблена спроба конкретизувати ентропійний підхід до критерію руйнування в умовах, властивих завдань обробки металів тиском. Орієнтація на такі умови означає, по-перше, що питання про руйнування розглядається з урахуванням того, що деформація може бути як монотонною, безперервною, так і немонотонною, дробовою, температурно-швидкісні параметри в процесі деформації можуть істотно змінюватися, окремі акти деформації можуть чергуватися з проміжними нагріву (відпал) металу. По-друге, орієнтація на умови ОМТ означає, що одержувані нижче результати наводяться до виду, що дозволяє зіставляти їх з формулюваннями умови руйнування, запропонованими раніше в теорії ОМТ.

Ентропійний підхід призводить до такого формулювання умови руйнування:

$$\int_0^{t_*} S dt = \Delta S_* \quad (1.1)$$

$$\Delta S_* = S_* - S_0, \quad (1.2)$$

де t^* - час до руйнування, що відраховується від моменту, відповідного початкового стану;

ΔS^* - критичне збільшення щільності ентропії S по відношенню до початкового стану, для якого щільність ентропії дорівнює S_0 . Тут і далі точка над змінною означає диференціювання за часом.

Критична величина S^* є характеристикою (константою) матеріалу і залежить тільки від виду руйнування. Щільність ентропії S_0 залежить від умов, прийнятих за початкові (еталонні), внаслідок чого ΔS^* - характеристика (константа) матеріалу по відношенню лише до заданого початкового стану.

Надалі зручно вважати, як це прийнято в теорії руйнування при ОМТ, що початковий (еталонний) стан - це стан відпаленого (ненаклепаного) металу.

Обмежившись розглядом непружного середовища, використовуємо запропоноване Еккартом для такого середовища рівняння балансу повної ентропії, записане для одиниці обсягу:

$$dS / dt = (-q_{i,i} + S_{ij} e_{ij}) / \theta + \eta, \quad (1.3)$$

де θ - абсолютна температура;

q_i - вектор теплового потоку;

$q_{i,i}$ - дивергенція теплового потоку;

S_{ij} - девіатор напруги;

e_{ij} - девіатор деформації;

η - швидкість приросту механічної внутрішньої ентропії на одиницю об'єму.

Обмежимося розглядом таких процесів, для яких можна вважати $\eta = 0$ і перепишемо умову (1.1) у вигляді $\psi^* = 1$, де величину ψ^* можна розглядати як характеристику пошкодженості одиниці об'єму деформованого середовища в момент руйнування, при чому у відповідності з (1.2) і (1.3).

$$\psi^* = \int_0^{t^*} \frac{S_{ij} \dot{e}_{ij} - q_{i,i}}{\theta \Delta S^*} dt \quad (1.4)$$

Врахуємо, що приплив тепла до одиниці об'єму визначають рівнянням [24]:

$$-q_{i,i} + \sum_i \rho \dot{\chi}_i = \rho c (d\theta / dt), \quad (1.5)$$

де ρ - щільність середовища;

c - теплоємність середовища при постійному обсязі;

$\sum_i \rho \dot{\chi}_i$ – потужність джерела тепла в даній точці.

Рівняння (1.5) являє собою, по суті, запис закону теплопровідності для одиниці об'єму середовища з тепловим джерелом, що має щільність

$F = \sum_i \rho \dot{\chi}_i$, визначається розсіюванням потужності дивергенції напруги.

Врахуємо, що в процесі деформації не вся енергія, пов'язана з потужністю дивергенції напруги, перетворюється в тепло, і запишемо

$F = (1 - \phi) S_{ij} \dot{e}_{ij}$, де ϕ - емпірична функція, що відповідає нерівності $0 \leq \phi \leq 1$, яка дозволяє врахувати частку роботи деформації, що йде на накопичення в металі так званої прихованої енергії [8, 26].

Тоді рівняння (1.4) набуває вигляду:

$$\dot{\phi}^* = \int_0^{t^*} \frac{\phi S_{ij} \dot{e}_{ij}}{\theta \Delta S_*} dt + \int_0^{t^*} \frac{c \rho}{\Delta S_*} \frac{\dot{\theta}}{\theta} dt \quad (1.6)$$

або

$$\phi^* = \int_0^{t^*} \frac{\phi}{\theta \Delta S_*} T H dt + \frac{c \rho}{\Delta S_*} \ln \frac{\theta_*}{\theta_0}, \quad (1.7)$$

де t - інтенсивність дотичних напружень;

H - інтенсивність швидкостей деформації зсуву;

θ_0 - температура в початковому стані;

θ_* - температура в момент, що безпосередньо передує руйнуванню.

При переході від формули (1.6) до (1.7) передбачалося, що c і ρ постійні. Точніше - під c і ρ у формулі (1.7) слід розуміти середні для взятого температурного інтервалу значення теплоємності і щільності матеріалу.

Формула (1.6) отримана на підставі рівняння Еккарта в записі (1.3). Оскільки фізична правомірність використання цього рівняння не обговорювалася, то висновок формули (1.6) був формальним. Нижче він підкріплюється відповідними міркуваннями.

Розглянемо рівняння [14]:

$$dS/dt = dS_e / dt + dS_i / dt, \quad (1.8)$$

де перший член в правій частині представляє потік зовнішньої ентропії, а другий член - приріст внутрішньої ентропії.

Згідно [15], врахуємо, що:

$$dS_e / dt = -(q_{i,i} / \theta), \quad (1.9)$$

або, відповідно до формули (1.5):

$$\Delta S_e = \int_0^t [c\rho\dot{\theta} - (1-\phi)S_{ij}\dot{e}_{ij}] \frac{dt}{\theta}. \quad (1.10)$$

Далі врахуємо, що аж до моменту руйнування:

$$\Delta S_i = \int_0^t (1-\phi) \frac{S_{ij}e_{ij}}{\theta} dt \quad (1.11)$$

та

$$\Delta S_i \Big|_{t \rightarrow t_*} = \int_0^{t_*} (1 - \varphi) \frac{S_{ij} \dot{e}_{ij}}{\theta} dt, \quad (1.12)$$

так як безпосередньо в процесі деформації розсіюється лише частина потужності діватора напруги, інша його частина йде на накопичення прихованої енергії. Про це явище В. В. Новожилов писав: «Як відомо, деяка частка роботи, що витрачається на пластичну деформацію, не звертається в тепло, що свідчить про накопичення в тілі прихованої пружної енергії.

Відношення цієї частки роботи до всієї роботи, витраченої на пластичну деформацію, із зростанням останньої монотонно зменшується» [34]. А. П. Філін зазначає, що «не вся робота не пружного деформування переходить в тепло, частина роботи йде на підвищення потенціалу тіла у зв'язку зі всілякими залишковими спотвореннями внутрішньої структури тіла. При відпалі тіла вдається виявити частку (до 20%) роботи зовнішніх сил, що йде на деформацію тіла, яка (ця частка) залишається в тілі у вигляді прихованої енергії. Зазначена енергія пов'язана з дислокаціями, спотвореннями решітки і т. п. Виявити при відпалі частку прихованої енергії, обумовлену тріщинами, не вдається, оскільки відпал «заліковує» тріщини в дуже малій мірі. Так що в кінцевому рахунку всі дефекти тими мулу іншими шляхами призводять до утворення тріщин, правильно вважати всю приховану енергію, акумульовану в тілі, як енергію, пов'язану з підготовкою до руйнування тіла» [8].

Останнє зауваження А. П. Філіна вельми істотно. Воно дозволяє вважати, що при руйнуванні прихована енергія також переходить в тепло, внаслідок чого в момент руйнування прирощення внутрішньої ентропії стрибком зростає до значення:

$$\Delta S_i \Big|_{t \rightarrow t_*} = \Delta S_{ij} \Big|_{t \rightarrow t_*} + \int_0^{t_*} \varphi \frac{S_{ij} \dot{e}_{ij}}{\theta} dt. \quad (1.13)$$

Такий висновок підкріплюється положенням про те, що руйнування пов'язане з фазовим (і, отже, стрибкоподібним) переходом з твердого на рідкокристалічний стан. Можна послатися і на теорію катастроф [27], яка дозволяє розглядати руйнування як раптову втрату структурної стійкості, що супроводжується лавиноподібними перебіжними процесами переходу прихованої енергії в тепло з виникненням температурного спалаху.

Підсумовування складових (1.11 і 1.13) приводить до формули (1.6), що підтверджує правомірність використання рівняння Еккарта (1.3).

Отримаємо наближений запис ентропійного критерію. Застосуємо до інтегралу (1.7) теорему інтегрального обчислення про середнє значення і, крім того, врахуємо, що для не надто широкого температурного інтервалу:

$$\ln \theta_* / \theta_0 \approx \theta_* - \theta_0 / \theta_c, \theta_c = \theta_* + \theta_0 / 2. \quad (1.14)$$

Тоді з (1.7) випливає наступний запис умови руйнування:

$$\frac{1}{\theta'_0 \Delta S_*} \int_0^{t^*} \varphi \Gamma H dt + \frac{c\rho}{\theta_c \Delta S_*} (\theta_* - \theta_0) = 1, \quad (1.15)$$

Врахуємо, що можна в першому наближенні покласти $\theta'_0 = \theta_0$ і записати:

$$\theta_0 \Delta S_* \approx c\rho (\theta_s - \theta_0), \quad (1.16)$$

де θ_s - температура плавління.

Тоді рівняння (1.15) набуває вигляду:

$$a_\delta^* + a_\theta^* = a_s^*,$$

$$a_\delta^* = \int_0^{t^*} \varphi \Gamma H dt, \quad a_\theta^* = c\rho (\theta_* - \theta_0), \quad a_s^* = c\rho (\theta_s - \theta_0), \quad (1.17)$$

де a_{δ}^* - щільність накопиченої в металі прихованої енергії;

a_{θ}^* - щільність сприйнятої ним до моменту руйнування теплової енергії;

a_s^* - питома енергія (теплота) плавлення.

Співвідношення (1.17) можна розглядати як енергетичну модифікацію ентропійного критерію. По відношенню до (1.7) це співвідношення є наближеним. Однак воно цікаво з практичної точки зору (зручно для інженерних додатків і в той же час є досить точним, якщо температурний інтервал від θ_0 до θ_s , не дуже широкий). Крім того, співвідношення (1.17) цікаво з методичної точки зору. Воно показує, що ентропійний і енергетичний критерій споріднені, і всюди, де виправдане застосування енергетичного критерію, безумовно, буде справедливий і більш суворий ентропійний критерій.

При пластичній деформації металів енергія, передана ззовні у вигляді роботи, перетворюється на теплову енергію через потенційну, тобто робота зовнішніх сил переходить в потенційну енергію, а надлишок останньої понад допустимої величини веде до збільшення ступеня пластичної деформації і розсіюється [26]. Потенційна енергія, що накопичується у деформованому середовищі, включає в себе, по-перше, явну потенційну енергію, тобто потенційну енергію зв'язку, яка після зняття зовнішнього навантаження, прикладеної до деформованого середовища, розсіюється [26]. На підставі теореми А.А. Ільюшина про розвантаження, щільності явної потенційної енергії a'_{σ} визначають за формулою [26]:

$$a'_{\sigma} = \sigma_i^2 / 2E, \quad (1.18)$$

де σ_i - опір металу деформації,

E - модуль пружності деформованого середовища (у рамках розглянутої нами непружної середовища $E = \infty$).

Друга складова накопиченої потенційної енергії є прихованою енергією, тобто що залишається у деформованому середовищі після зняття зовнішнього навантаження. У роботі [26] ця енергія названа «прихованою енергією наклепу» і сказано: «У дорекристалізаційній області температур при великих пластичних деформаціях кількість накопиченої прихованої енергії в металах не перевищує 10 ... 15% загальних витрат енергії у вигляді роботи. Однак поява цього виду енергії навіть в невеликих кількостях веде до значного зростання опору металу деформуванню і до більш інтенсивного розсіювання механічної енергії» [26]. У роботі [25] зазначено: «При динамічному стисненні прихована енергія деформації складає значний відсоток від роботи (15 ... 25%)». Там же сказано: «Зі зростанням ступеня деформації різко падає відсоток, який складає прихована енергія деформації від роботи».

Визначимо щільність прихованої енергії у вигляді:

$$a_{\delta} = \int_0^t (\sigma_i - \sigma_i^*) \dot{e}_i dt = \int_0^t (T - T^*) H dt = \int_0^t \varphi T H dt, \\ \varphi = 1 - T^* / T = 1 - \sigma_i^* / \sigma_i, \quad (1.19)$$

де σ_i^*, T^* - величини, перевищення яких інтенсивністю напруг інтенсивністю дотичних напружень (τ) веде до утворення прихованої енергії.

У першому наближенні можна покласти, що $\sigma_i^* = \sigma_i$, де σ_i - межа текучості в стандартному розумінні, визначається в статичних умовах. При такому припущенні руйнування буде пов'язано з енергією зміцнення. У літературі по руйнуванню при циклічному деформуванні відомі енергетичні критерії, засновані на гіпотезі про те, що руйнівною енергією в циклі є енергія деформаційного зміцнення (критерій Фелтнера, Морроу та критерії їх

послідовників), однак такі критерії дають істотно занижену оцінку руйнівного числа циклів [28 - 29]. Отже, треба рахуватися з тим, що $\sigma_i^* \geq \sigma_T$ (прихована енергія істотно менше енергії зміцнення).

З фізики металів відомо, що прихована енергія залежить від численних чинників: «величина прихованої енергії деформації сильно залежить від умов деформації, ступеня і температури деформації, чистоти металу (для сплавів - від хімічного складу), швидкості деформації, виду деформації і т. п.»[30]. Стосовно до різноманітних схем напруженого стану логічно вважати, що величина прихованої енергії залежить не тільки від термомеханічних параметрів Λ, N, θ (де Λ - узагальнена ступінь деформації, що дорівнює $e_i / \sqrt{3}$), але і від характеристик рівня і виду напруженого стану: коефіцієнта жорсткості схеми напруженого стану $k_\sigma = \sigma_{cp} / T$ (де σ_{cp} - гідростатичний тиск) і параметра Лоде σ_{cp} , а при дії в металі релаксаційних процесів і від часу t . Таку залежність можна описати, використовуючи будь-який апроксимуючий вираз, що враховує, що $\varphi = 0$ при $\Lambda = 0$ і $\varphi = 1$ при $\Lambda = \infty$, наприклад:

$$\varphi = \frac{\Lambda^k}{\Lambda_0^k + \Lambda^k}, \varphi = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\Lambda}{\Lambda_0}\right)^k\right],$$

$$\varphi = \exp\left[-\left(\frac{\Lambda}{\Lambda_0}\right)^k\right], \quad (1.20)$$

де Λ_0, k - деякі емпіричні функції від k_σ, μ_σ, t .

Останнім часом намітилася можливість визначення φ розрахунковим шляхом. Підставою для цього є очевидний зв'язок між щільністю прихованої енергії (1.19) і щільністю енергії залишкових напруг в металі.

Для металу, що зазнає порівняно невеликі деформації, замість формули (1.20) можна використовувати більш просте співвідношення $\varphi = (\Lambda / \Lambda_0)^k$.

При цьому умова відсутності руйнування набуває вигляду:

$$\psi = \int_0^t \left(\frac{\Lambda}{\Lambda_0}\right)^k \frac{TH}{\theta \Delta S_*} dt + \frac{c\rho}{\Delta S_*} \ln \frac{\theta}{\theta_0} < 1. \quad (1.21)$$

При пульсуючій або циклічній деформації, коли в межах кожного j -того навантаження значення θ, k, μ_σ постійні і швидкісним зміцненням металу можна знехтувати, формула (1.21) набуде вигляду:

$$\psi = \sum_i \left(\frac{1}{\theta_i \Delta S_* \Lambda_0^{k_j}} \int_0^{\Lambda_j} T \Lambda^{k_j} d\Lambda \right) + \frac{c\rho}{\Delta S_*} \ln \frac{\theta}{\theta_0} < 1 \quad (1.22)$$

Якщо, крім того, деформація здійснюється в ізотермічних умовах ($\theta = \theta_0$) і можна покласти, що у всіх навантаженнях k_j - величина постійна і постійна величина $T = \tau_s$, то з формули (1.22) слід умова руйнування:

$$m \Lambda^{k+1} N_* = 1, \quad m = \tau_s / (1+k) \theta \Delta S_* \Lambda_0^k, \quad (1.23)$$

де N^* – руйнівне число навантажень.

Зіставлення формули (1.23) із відомою формулою Коффіна і родинними їй формулами (наприклад, формули в роботі [31]) показує, що зазвичай величина k близька до одиниці, але в загальному випадку діапазон її можливих значень досить широкий (з досвідчених даних по жароміцним сталям [32] виходить $0 \leq k \leq 19$).

В умовах монотонного ізотермічного деформування неважко привести

формулу (1.21) до критерію руйнування $\int_0^{t^*} \frac{H}{\Lambda_*(t)} dt = 1$, отриманого В. Л. Колмогоровим [10] на підставі гіпотези лінійного підсумовування пошкодженості, які оцінюються у межах кожного нескінченно малого акту деформації величиною $Hdt/\Lambda_*(t)$, де $\Lambda_*(t)$ - граничний ступінь деформації при напруженому стані, відповідному моменту часу t .

Підхід В.Л. Колмогорова був поширений на процеси немонотонного навантажування з використанням гіпотези про те, що пошкодженість, накопичена за принципом лінійного підсумовування в межах окремих монотонних етапів навантаження, нелінійно підсумовується від одного етапу до іншого, а саме [32]:

$$\Psi = \sum_i \left(\int_0^{t_j} \frac{Hdt}{\Lambda_*(t)} \right)^{m_j} < 1, \quad (1.24)$$

де показник m_j визначають як характеристику часткового заліковування дефектів при немонотонній деформації. Очевидно, що отриманий вище варіант ентропійного критерію (1.22) споріднений формулюванні (1.24). Необхідно відзначити, що навіть при $k = 0$ критерій (1.21) у стані врахування впливу характеристики напруженого стану k^σ при визначенні величини t на підставі умови пластичності Мізеса-Шлейхера. Відомі численні варіанти цієї умови у вигляді критеріїв Шлейхера, П.П. Баландіна, І.М. Миролубова, Ю.І. Ягна, Г.А. Геніїв і В.М. Кіссюк, Стассен, Друккер і Прагера та ін. Досить вдалим [9] є критерій Боткіна-Миролубова, який стосовно опису граничного стану плинності має вигляд:

$$\sigma_i = \frac{2\sigma_{T.P}\sigma_0}{\sigma_{T.C} + \sigma_{T.P}} - \frac{\sigma_{T.C} - \sigma_{T.C}}{\sigma_{T.C} - \sigma_{T.P}} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

або

$$\sigma_i = \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_{T.C} - \sigma_{T.P}}{\sigma_{T.C} + \sigma_{T.P}} \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{T} \right), \sigma_0 = \frac{2\sigma_{T.P}\sigma_{T.C}}{\sigma_{T.C} + \sigma_{T.P}},$$

де $\sigma_1; \sigma_2; \sigma_3$ - нормальні напруження в точці; $\sigma_{T.C}$ - межі текучості відповідно при стисканні і розтягуванні.

Умова пластичності Мізеса-Шлейхера справедливо головним чином у застосуванні до некомпактних матеріалами. Використовуючи цю умову, можна за допомогою нескладних наближених перетворень отримати з (1.21) формулювання критерію руйнування, збігається (при ізотермічної деформації) з критерієм для пористих середовищ, запропонованим у роботі [33].

Згідно [10] при холодній деформації можливо заліковування дефектів і тим ефективніше, чим вище ступінь деформації, і, природно, тим повільніше, чим вище межа пластичності металу, тобто чим більше Λ_p . Тому зменшення дефектності в збільшеннях можна записати у вигляді:

$$d\psi_2 = -c_2 \frac{d\Lambda}{d\Lambda_p} = -c_2 (Hd\tau / \Lambda_p),$$

а підсумковий результат:

$$d\psi = d\psi_1 + d\psi_2 = (c_1 - c_2) \frac{Hd\tau}{\Lambda_p}. \quad (1.25)$$

Однак, $c_2 = c_2(k)$ оскільки чим більше гідростатичний тиск, тим ефективніше заліковування.

Враховуючи, що, $H = H(\tau)$ тобто змінюється в часі, а $\Lambda_p = \Lambda_p(k)$ й $k = k(\tau)$, формула (1.25) має вигляд:

$$d\psi = d\psi_1 + d\psi_2 = (c_1(\Lambda) - c_2(k)) \frac{H(\tau)d\tau}{\Lambda_p(k(\tau))} = B(\tau) \frac{H(\tau)d\tau}{\Lambda_p(k(\tau))}. \quad (1.26)$$

У роботі [10] зазначено, що під час гарячої деформації відбувається залякування дефектів за рахунок рекристалізації і дифузійних процесів, у зв'язку з чим величина $d\psi$ в виразі (1.26) зменшується і тим інтенсивніше, чим далі відстоїть момент часу t від τ . При $H = \text{const}$ і $\theta = \text{const}$ це зменшення можна врахувати функцією спадковості $E(t - \tau)$, що змінюється від 1 для повної «холодної» деформації до 0 при повній «гарячій деформації», і вираз (1.26) має вигляд:

$$d\psi = E(t - \tau) B(\tau) \frac{H(\tau)d\tau}{\Lambda_p(k(\tau))}. \quad (1.27)$$

Доцільність такого запису полягає в тому, що можна дати визначення межі пластичності при гарячій деформації у вигляді:

$$\Lambda_p = \int_0^{t_p} \frac{H(\tau)d\tau}{E(t - \tau)}, \quad (1.28)$$

де при $E(t - \tau) = 0$, $\Lambda_p = \infty$, що відповідає нескінченно великій деформації при повному протіканні разупрочняється процесів або при нескінченно малому E ефекті над пластичності.

Інтегруванням виразів (1.26), (1.26) в роботі [32] отримали величину Ψ - ступінь використання запасу пластичності для холодної деформації і умов деформування без руйнування при $\Psi < 1$:

$$\psi = \int_0^t B(\tau) \frac{H(\tau)d\tau}{\Lambda_p(k(\tau))} < 1, \quad (1.29)$$

та

$$\psi = \int_0^t E(t-\tau) \frac{H(\tau)d\tau}{\Lambda_p(k(\tau))} < 1, \quad (1.30)$$

для гарячої деформації.

При гарячій пластичній деформації для $k=\text{const}$, тобто для монотонного процесу пластичного деформування, і з виразів (1.26) і (1.29) маємо (враховуючи, що $\Lambda_p(k) = \text{const}$):

$$\psi = B \int_0^t \frac{Hd\tau}{\Lambda_p} = B \frac{\Lambda}{\Lambda_p}. \quad (1.31)$$

В даний час більшість фахівців з обробки металів тиском вважають, що основою математичного апарату для прогнозування наявності або відсутності у виробках дефектів деформаційного походження повинна бути феноменологічна теорія руйнування металу.

1.4. Температурний інтервал процесу кування

Температурний інтервал кування - це різниця між максимальною температурою нагріву металу в печі і температурою закінчення кування.

Для сталі X12MФ температура металу перед видачею на кування складає 1160 °С, а температура кінця кування - 850 °С [7, стр.221]

Злитки із сталі X12MФ поступають на ділянку в гарячому і холодному стані.

Для нагріву злитків до кувальної температури існують певні режими нагріву Для злитків із сталі X12MФ гарячого всаду [26, табл 1]:

- максимальна температура печі при посадці - 1000 °С;

- витримка при температурі посадки - 1 годину 30 мін;
- нагрів до заданої температури - 2 години 50 мін;
- витримка при заданій температурі - 2 години 40 мін;
- загальна тривалість нагріву - 7 годин.

Для злитків холодного всада:

- максимальна температура печі при посадці - 700 °С;
- витримка при температурі посадки - 2 години 10 мі;
- нагрів до заданої температури - 10 годин 30 мін;
- витримка при заданій температурі - 2 години 20 мін;
- загальна тривалість нагріву - 15 годин.

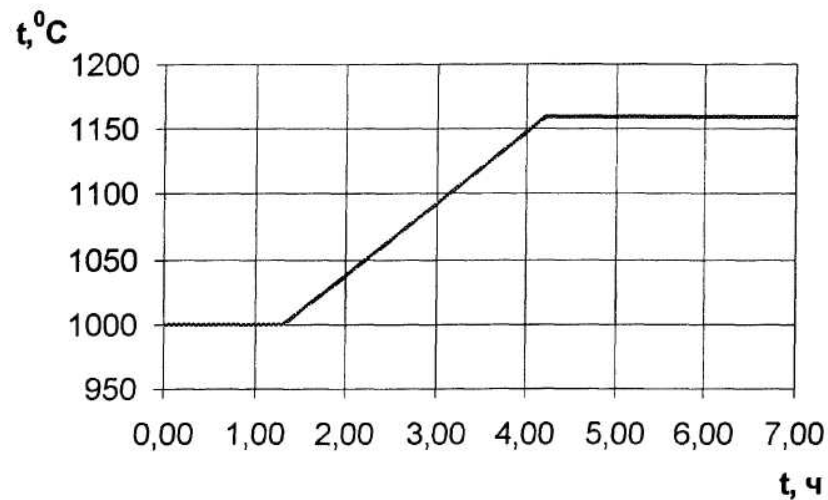


Рисунок 1.1 - Графік нагріву злитків стали Х12МФ гарячого всада.

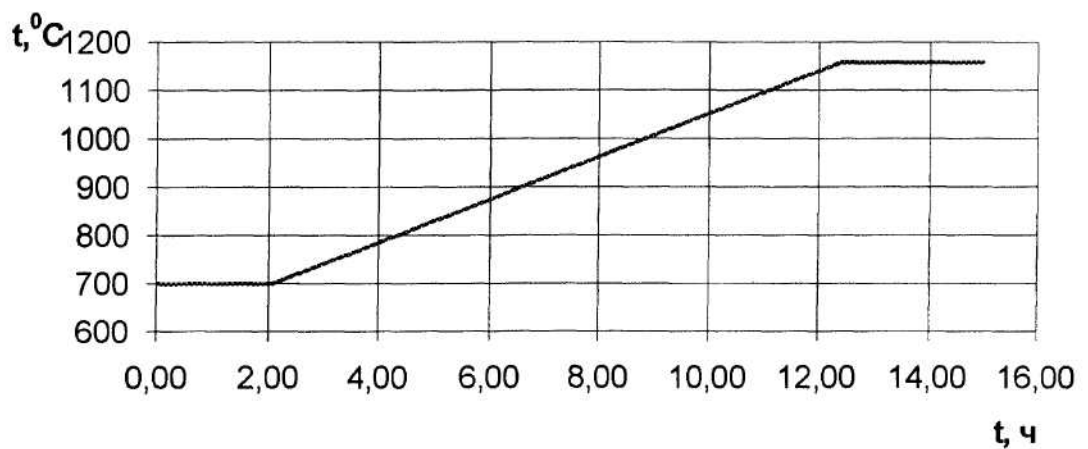


Рисунок 1.2 - Графік нагріву злитків стали Х12МФ холодного всада

Тривалість підігріву при температурі садженого металу від 700 до 900°C:

- мінімальна - 2 години 30 мін;
- максимальна - 5 годин.

Після кування виконується охолодження і термообробка поковок. При швидкому охолодженні в результаті різниці температур по перетину можуть виникати температурні напруги, що приводять до появи мікро- і макротріщин, також в сталі X12МФ виникає небезпека поверхневого гарту. Тому існують режими охолодження. Для сталі X12МФ [26, табл 1]:

- спосіб охолодження - в термостатах;
- температура металу перед охолодженням - не нижче 650 °С;
- температура в кінці охолодження - нижче 150 °С;
- швидкість охолодження - до 400 °С без регулювання, від 400 °С до 150 °С охолоджувати з швидкістю не більше 30 °С/час (у термостатах шляхом підведення кришки). Досягши температури 150 °С і нижче знімається кришка термостата і проводиться витримка залежно від перетину поковки (для круга 300 мм - 3 години, для смуги 140x600 мм - 4 години).

Після охолодження метал піддається термообробці. Метою термообробки є поліпшення оброблюваності металу, отримання однорідної дрібнозернистої структури, зняття наклепання, зниження рівня внутрішніх напруг, поліпшення комплексу механічних властивостей.

Режими термообробки для сталі X12МФ [26, табл 1]:

- температура печі при посадці - 600-700 °С;
- максимальна температура нагріву - 880 °С з швидкістю не більше 70 °С/час;
- тривалість витримки - не менше 0,8 часа/т садіння;
- охолодження з швидкістю не більше 40 °С/час до 800 °С, далі - 50 °С/час до 500 °С;
- повне охолодження металу разом з піччю.

1.5. Відпал легованих інструментальних сталей

У разі легованих інструментальних сталей охолодження після плющення приводить до утворення сорбіту, троститу і мартенситу, що утрудняє або робить неможливою механічну обробку різанням.

Мета відпалу сортового прокату з цих сталей в основному та ж, що мета вуглецевих: зниження твердості, поліпшення оброблюваності різанням, підготовка структури до остаточної термічної обробки і усунення внутрішніх напруг. Проте відпал легованих сталей має ряд особливостей.

Що карбідоутворювальні легують елементи, такі, як хром, вольфрам, молібден та інші, уповільнюють процес утворення аустеніту і підвищують критичні крапки при нагріві. Тому відпал легованих інструментальних сталей виконують звичайно при вищій температурі в порівнянні з вуглецевими. Це, проте не викликає збільшення зерна аустеніту, оскільки майже всі легуючі елементи, за винятком марганцю і бору, зменшують схильність його до зростання.

Важлива особливість легуючих елементів – особливість уповільнювати швидкість розпаду аустеніту у області перлітного перетворення. Це приводить до переохолодження аустеніту, внаслідок чого розпад його відбувається при нижчих температурах. Разом з цим легуючі елементи гальмують процес коагуляції карбідів. Як одне, так і інше сприяє освіті більш мелкодисперсної структури. Тому твердість легованих інструментальних сталей після відпалу, як правило, вище, ніж вуглецевих. Нарешті, в легованих інструментальних сталях, що містять труднорастворимые карбіди, структура зернистого перлиту виходить набагато легше при відпалі в широкому інтервалі температур.

Мікроструктуру інструментальних легованих сталей в стані поковки оцінюють відповідно до ДСТ 5950-63 за 10-бальною шкалою. Карбідна сітка в заевтектійних сталях не допускається. Для профілю розміром більше 60

мм норми мікроструктури і карбідної сітки встановлюють за домовленістю між заводом-постачальником і заводом-споживачем.

ДСТ передбачає контроль карбідної неоднорідності сталей X12, X12M; і X12Ф1, 40ХФА за 10-бальною шкалою. Перевірку карбідної неоднорідності сталей 11Х, 13Х, ХВ5, ХВГ, 9ХВГ, 9Х, ХВСГ проводять тільки в тих випадках, коли цього вимагають заводи-споживачі.

У таблиці 4.2 приведені дані про мікроструктуру і твердість інструментальних легованих сталей після плющення. Там же вказана твердість цих сталей після відпалу, тобто в стані поковки. Як вже указувалося, стали, що мають близькі значення критичних крапок, можна об'єднати для відпалу в одну групу.

У таблиці на плакаті приведені критичні точки деяких інструментальних сталей і можливий варіант об'єднання їх в групи. У конкретних інструментальних сталей і можливий варіант об'єднання їх в групи. У конкретних виробничих умовах може виявитися доцільною інше угруповання. Для кожної групи вибирають оптимальну температуру відпалу. Наприклад, 800 для сталей групи I і 860С – для сталей групи II.

У ряді випадків, коли основною метою термічної обробки є зниження твердості, замість відпалу можна застосувати високу відпустку. Як показує досвід, цілком задовільні результати по твердості (відповідно до вимог ДСТу) виходить при високій відпустці сталей III (740С) і IV (700С) групи.

Режими термічної обробки інструментальних легованих сталей приведені на малюнку 4. Температура посадки металу в піч і швидкості нагріву не обмежуються. Тривалість витримки при заданій температурі нагріву (відрізок А) приблизно можна визначити з розрахунку середньої норми часу в межах 0,45-0,65ч на 1т садіння. Чим більше сажалки, тим менше беруть норму часу в цих межах.

Допустима глибина знеуглецьованого шару для сортового прокату легованих сталей (ДСТ 5950-63) приведена нижче.

Розмір профілю, мм.....	4 - 8	8 - 15	15 - 30
Глибина знеуглецьованого шару, мм.....	0,35	0,4	0,5
Розмір профілю, мм.....	30 - 50	50 - 70	70 - 100
Глибина знеуглецьованого шару, мм.....	0,7	1,0	1,3

Таблиця 1.1 – Твердість і мікроструктура інструментальних легованих сталей після плющення і відпалу

Марка стали	Структура після плющення	Твердість, НВ, після	
		плющення	відпалу (ГОСТ 5950-63)
X12	Аустеніт, мартенсит карбіди	653 – 477	269 – 217
X12M	Те ж	653 – 477	255 – 217
9X	Тростит і карбіди	415 – 321	217 – 179
9XC	Те ж	415 – 321	241 – 197
X	»	415 – 321	229 – 187
7X3	Мартенсит і тростит	477 – 363	229 – 187
8X3	Те ж	477 – 363	255 – 207
4XC	Сорбіт і ферит	321 – 255	207 – 170
6XC	Те ж	363 – 285	229 – 187
6XB2C	»	415 – 321	285 – 229
40XФА	Мартенсит, тростит	514 - 388	255 – 207
XB5	Мартенсит, тростит карбіди	477 - 363	285 - 229

Якщо знеуглецювання перевищує норми, допускається «виправний» відпал в окислювальній атмосфері.

1.6. Структура хромованадієвих сталей

Хромованадієві сталі 40ХФА широко використовують після термічної обробки, особливо для виробництва високо навантажених пружин різних типів і пружин, що зберігають міцність при температурі аж до 300 °С.

Мікроструктури сталей представлені на мікрофотографіях. Вони виплавлені в основній печі електродуги і проковуючи в прутки діаметром 30 мм.

У перлітній структурі і структурі після відпустки утворюються карбіди цементитного типу, вміст хрому в яких після тривалої відпустки нижче A_{c1} може перевищувати 11%. Оскільки сталі містять ванадій, можна чекати виділення дрібних частинок карбіду ванадію VC, які не розчиняються при звичайних температурах аустенізації. Вони дуже малі, тому їх не можна відрізнити від залишкового цементиту і дрібних неметалічних включення. Ванадій робить сталь дрібнозернистою і менш чутливою до перегріву.

На мікрофотографії представлена структура після ізотермічного перетворення аустеніту при 695 °С. Усередині областей пластичного перліту видно невеликі частинки карбіду, часто у формі скупчень. Ці частинки не є карбідами ванадію (вони мають темне забарвлення після того, що труїть пікратом натрію того, що труїть цими розчином Мураками, а карбіди ванадію не обкошуються після того, що труїть цими розчинами); вони є цементит, який не розчинився при температурі аустенізації. Під час охолодження подальше зростання цементиту проходить на цих частинках. У мікроструктурі присутня невелика кількість доевтектоїдного фериту.

При 515 °С починається - перетворення з утворенням байніта, який після того, що труїть виявляється на мікрофотографії у вигляді світлішої складової. Із-за дисперсності перліт, що утворюється пізніше, є злегка забарвленою структурною складовою з світлими і темними смугами. Як показано на знімку репліки, ці смуги утворюються тому, що коротші пластинки цементиту мають в своєму розпорядженні паралелепіпедами

паралельними ланцюжками. Світлі ділянки, вільні від цементиту – це бейнітний ферит. Ці ділянки мають різку межу з перлітом.

Після ізотермічної витримки при 475 °С структура складається в основному з бейніту і малої кількості перліту і мартенситу. Щоб краще вивчити цю структуру, зразок був протравлений пікратом натрію. Видно, що невеликі стрижні і глобули є цементит. Типова для бейніту голчата структура не виявляється, вона стає помітною тільки у разі перетворення при нижчій температурі.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Розробка креслень поковок і технічних умов на їх виготовлення

У роботі розробляється технологічний процес отримання поковок методом вільного кування. Як деталі докладної розробки вибрані поковки наступних розмірів: поковка прямокутного перетину 140x600 мм завдовжки 4000 мм. Матеріалом поковок є сталь Х12МФ ГОСТ 5950-73.

Креслення поковки складають на підставі креслення готової деталі або креслення обробленої поковки, що поставляється замовнику; при цьому встановлюють припуски на механічну обробку, допуски на кування і при необхідності напуск на поковку. Припуски на обробку і допуски на кування, а також умови утворення уступів, виїмок, фланців, буртів для пресових поковок регламентовані ГОСТ 7062-79.

Розміри поковки круглого перетину визначаються по наступних залежностях:

$$D_n = (D + \delta) \pm \frac{\Delta}{2} \quad (2.1)$$

де D_n - діаметр поковки з припуском, мм;

D - розмір виробу, мм;

δ - припуск, мм;

$\pm \frac{\Delta}{2}$ - граничні відхилення, мм.

$$L_n = (L + 3 \cdot \delta) \pm \frac{3\Delta}{2} \quad (2.2)$$

де $L_{п}$ – довжина поковки з припуском, мм;

L – довжина виробу, мм.

Припуски на поковки прямокутного перетину визначаються аналогічно

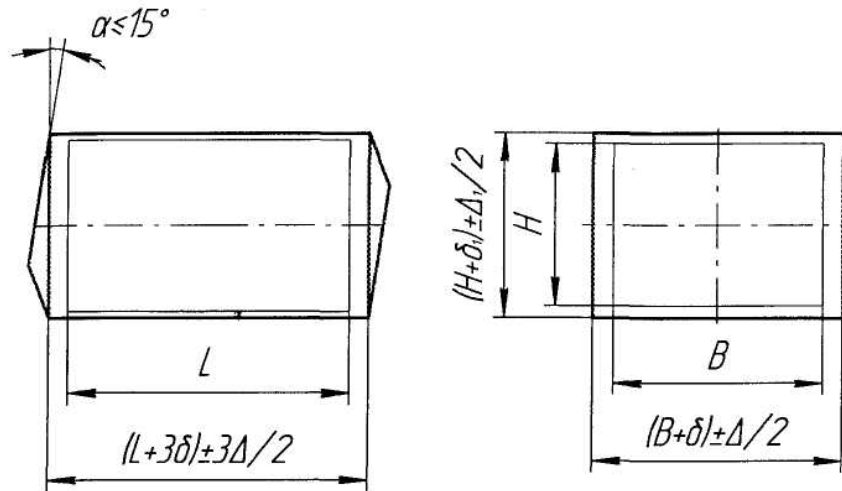


Рисунок 2.1 - Схема призначення припусків на поковки прямокутного перетину

Розміри поковок для виготовлення смуги з розмірами 140x600 мм і завдовжки 4000 мм:

$$H_{п} = (140 + 21) \pm 6 = 161 \pm 6 \text{ мм}$$

$$B_{п} = (600 + 34) \pm 11 = 634 \pm 11 \text{ мм}$$

$$L_{п} = (4000 + 334) \pm 11 = 4102 \pm 11 \text{ мм}$$

Технічні умови на виготовлення поковок круглого перетину:

- Овальність прутків не повинна перевищувати суми граничних відхилень по діаметру.
- Кривизна прутків повинна бути не більше 2,0 мм на 1 м довжини.

- Торці прутков повинні бути рівно обрізають і не повинні мати задирок і центровочных отворів.
- Перекіс реза не повинен перевищувати 0,1 діаметру прутка.
- Прутки виготовляють завдовжки 2,0 - 6,0 м з граничними відхиленнями по довжині ± 100 мм.

Технічні умови на виготовлення поковок прямокутного перетину:

- Різниця діагоналей в одному перетині не повинна перевищувати граничних відхилень по ширині.
- Допускається опуклість або угнутість вузьких граней. Опуклість не повинна виводити поковку по ширині за граничні відхилення, а угнутість - за межі номінального розміру.
- Смоги поставляють з гострими кромками. Допускається притуплення кромки, що не перевищує 0,03 товщину смоги.
- Неплощинність поковок повинна бути не більше 0,4% довжини.
- Серповидність поковок повинна бути не більше 0,4% довжини.
- Скручування поковок повинне бути не більше 0,3% довжини.
- Кінці поковок повинні бути рівно обрізають і не мати задирок.

Перекіс реза повинен бути не більше 0,1 товщини.

- Смоги виготовляють завдовжки від 2,0 до 4,0 м з граничними відхиленнями по довжині ± 100 мм.

2.2. Розробка технологічних процесів кування

2.2.1. Розробка маршрутної технології

Як деталі докладної розробки вибрані поковка прямокутного перетину (смога) з розмірами 140x600 мм завдовжки 4000 мм.

Смога 140x600 мм і завдовжки 4000 мм.

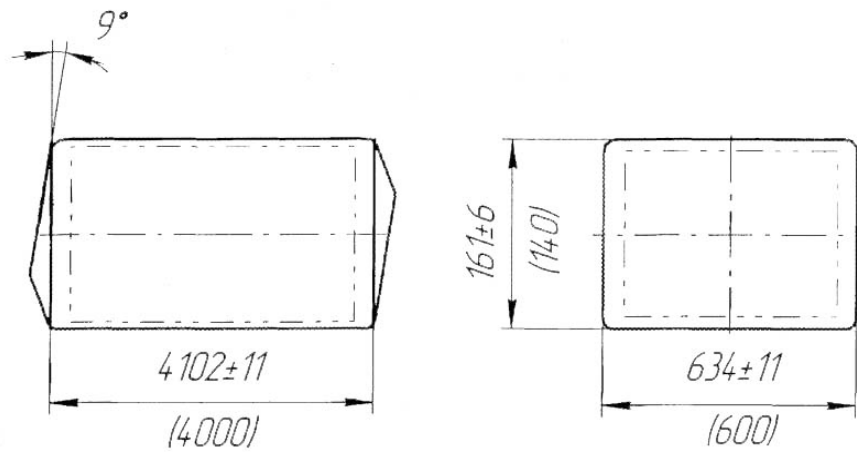


Рисунок 2.2 - Ескіз поковки прямокутного перетину

Маршрутна технологія:

1. Вирівнювання злитка по перетину на розмір 650x650 мм.
2. Кування на розмір 480x650 мм.
3. Прикувало цапфи 350x350 мм.
4. Кування на розмір 450x650 мм.
5. Кування на розмір 380x650 мм.
6. Кування на розмір 320x650 мм.
7. Кування на розмір 260x650 мм.
8. Кування на розмір 220x650 мм.
9. Рубка цапфи.
10. Кування на розмір $(161 \pm 6) \times (634 \pm 11)$ мм.
11. Рубка прибуткової частини злитка по поясочку.

2.2.2. Визначення форми і розмірів заготовки

Маса злитка використовуваного як заготовка для отримання поковки визначається по формулі:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{пок}} + M_{\text{приб}} + M_{\text{дн}} + M_{\text{обс}} + M_{\text{уг}} \quad (2.3)$$

де $M_{\text{пок}}$ - маса поковки, кг;

$M_{\text{пріб}}$ - маса прибуткової частини злитка, кг;

$M_{\text{дн}}$ - маса донної частини злитка, кг;

$M_{\text{обс}}$ - маса обсікань, кг;

$M_{\text{уг}}$ - маса чаду, кг

Маса злитка використовуваного як заготівка для отримання смуги 140x600 мм завдовжки 4000 мм також визначається по формулі (2.3).

$$M_{\text{пок}} = 0,16 \cdot 0,64 \cdot 4,09 \cdot 7800 = 3266,76 \text{ кг}$$

$M_{\text{пріб}} = 610 \text{ кг}$.

$M_{\text{дн}} = 87 \text{ кг}$.

$M_{\text{уг}} = 3\%$ від маси металу, що нагрівається + $1,5\%$ при кожному підігріві. Технологією передбачено 7 підігрівів, тому кількість металу того, що пішов в чад складе $3 + 7 \cdot 1,5 = 13,5\%$.

Тоді маса заготівки буде рівна:

$$M_{\text{заг}} = 1,135 \cdot (3266,76 + 610 + 87) = 4298,87 \text{ кг}$$

Як заготівку приймаю злиток масою 4360 кг квадратного перетину з розмірами: верхній перетин - 650x650 мм, нижній перетин - 540x540 мм, довжина - 1715 мм.

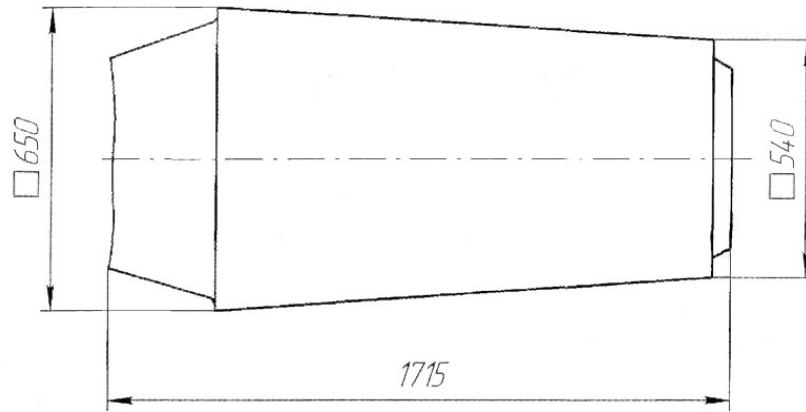


Рисунок 2.3 - Ескіз зливка масою 4360 кг

2.2.3. Аналіз напружено-деформованого стану напівфабрикатів

Першою операцією технологічного процесу є осідання злитка для вирівнювання розмірів його поперечного перетину по довжині, а також для найбільшого руйнування литої дендритної структури і зменшення нерівномірності властивостей в поперечному і подовжньому напрямках.

Осідання характеризується ступенем деформації і величиною деформації.

Ступінь деформації при осаді визначається виразом

$$\varepsilon = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

де H - висота злитка до осідання, мм;

H_1 - висота злитка після осідання, мм.

Величина деформації при осаді також визначають відношенням висот до і після опади

$$q = \frac{H}{H_1} \quad (2.5)$$

Наступною і основною операцією технологічного процесу є протяжка. Протяжкою називається ковальська операція, при якій збільшується довжина початкової заготовки при одночасному зменшенні площі її поперечного перетину. Протяжка займає 60-70% всього робочого часу роботи при вільному куванні. Вона здійснюється по частинах, деформуються одночасно тільки окремі ділянки заготовки в певній послідовності, причому бойки не перекривають заготовку цілком. При протяжці заготовок з легованої сталі і сплавів із зниженою пластичністю застосовують наступний спосіб протяжки, який полягає в обтисканні ділянок на кожній стороні заготовки з кантівкою на 90° після кожного натиснення. Після обтискання всіх чотирьох сторін дається подача і обжимається наступна ділянка заготовки.

При протяжці на плоских бойках заготовок з високолегованих сталей і сплавів із зниженою пластичністю необхідно дотримувати наступні умови:

- кування проводити тільки упоперек бойков;
- подачу приймати в межах 0,5-0,7 від ширини бойок;
- не допускати при куванні спотворення квадратної форми перетину заготовки, оскільки при подальшій протяжці ромбичність сприяє утворенню тріщин по напрямку великої діагоналі;
- при освіті на поковке тріщин їх необхідно вирубувати, а потім продовжувати кування.

Для отримання одноріднішої дрібнозернистої структури необхідно, щоб ступінь деформації був більше або менше критичної. Оскільки температурний інтервал кування сталі X12МФ є достатньо вузьким (310°C) те обтискання ведуться із ступенем деформації вище за критичну. Критичний ступінь деформації сталі X12МФ складає 1-8% [9, стр 23]

Протяжка характеризується відносним обтисканням, відносним розширенням і відносним подовженням.

Ступінь деформації по висоті заготовки називають відносним обтисканням

$$\varepsilon_h = \frac{H_{n-1} - H_n}{H_{n-1}} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

де H_{n-1} - висота заготовки перед обтисканням, мм;

H_n - висота заготовки після обтискання, мм;

Відносним подовженням називають ступінь деформації по довжині заготовки:

$$\varepsilon_l = \frac{L_n - L_{n-1}}{L_{n-1}} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

де L_{n-1} - довжина заготовки перед обтисканням, мм;

L_n - довжина заготовки після обтискання, мм.

Ступінь протяжки за перехід характеризує уков за перехід. На кожному переході уков визначається як відношення площ поперечного перетину до і після протяжки

$$Y_n = \frac{F_0}{F_1} \quad (2.8)$$

де F_0 - площа поперечного перетину до протяжки, мм²;

F_1 - площа поперечного перетину після протяжки, мм².

Загальний уков складає твір приватних уковів або відношення площі поперечного перетину початкової заготовки до площі поперечного перетину поковки

$$Y_n = \frac{F_0}{F_k} = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot \dots \cdot Y_n \quad (2.9)$$

де F_0 - площа поперечного перетину заготовки, мм²;

F_K - площа поперечного перетину поковки, мм^2 ;

$У1 - Уп$ - приватні уков.

Завершує обробку металу на пресі операція рубки. Вона використовується для паління прибуткової частини злитка. Інструментом для рубки є сокири.

2.2.4. Розрахунок технологічних операцій

Розрахунок технологічних операцій отримання поковки прямокутного перетину з розмірами 140×600 мм і завдовжки 4000 мм.

Осідання злитка для вирівнювання поперечного перетину по довжині на розмір 650×650 мм.

Об'єм злитка до осадки:

$$V = \frac{L}{3} (F + f + \sqrt{F \cdot f})$$

де $F = 0,4225 \text{ м}^2$ - площа верхнього перетину злитка;

$f = 0,2916 \text{ м}^2$ - площа нижнього перетину злитка;

$L = 1,715 \text{ м}$ - довжина злитка.

$$V = \frac{1.715}{3} (0.4225 + 0.2916 + \sqrt{0.4225 \cdot 0.2916}) = 0.609 \text{ м}^3$$

Довжина злитка після осідання з урахуванням ущільнення злитка:

$$L_1 = \frac{m}{\rho \cdot F_1}$$

де $m = 4360 \text{ кг}$ - маса злитка;

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ - щільність злитка після осідання;

$F_1=0,4225 \text{ м}^2$ - площа поперечного перетину злитка.

$$L_1 = \frac{4360}{7800 \cdot 0,4225} = 1,323 \text{ м}$$

Ступінь деформації визначається по формулі (2.5) і рівна:

$$\varepsilon = \frac{1715 - 1323}{1715} \cdot 100\% = 22,9\%$$

Зусилля осідання визначається по формулі:

$$P = p \cdot F$$

де p - питоме зусилля осідання, Па;

F - середня величина площі поперечного перетину заготовки, м^2 .

$$p = \sigma_s \cdot \left(1 + 0,17 \cdot \frac{D_1}{L_1} - 0,33 \cdot \frac{L_1^2}{D_1^2} \right)$$

де σ_s - напруга текучості, $\sigma_s = 14,8 \text{ МПа}$ при температурі $1160 \text{ }^\circ\text{C}$;

D_1 - середній розмір перетину заготовки після осідання, м.

$$p = 14,8 \cdot \left(1 + 0,17 \cdot \frac{0,65}{1,323} - 0,33 \cdot \frac{1,323^2}{0,65^2} \right) = 4,19 \text{ МПа}$$

$$P = 4,19 \cdot 0,4225 = 1,77 \text{ МН}$$

Робота деформації при осаді визначається по формулі (2.15):

$$A_n = \sigma_s \cdot \left[\ln \frac{L}{L_1} + \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{D_1}{L_1} - \frac{D}{L} \right) \right] \cdot V$$

де σ_s - межа міцності для середньої температури осідання, $\sigma_s=47$ МПа при температурі 1000 °С;

V - об'єм заготовки, м³;

D_1 і D - відповідно середні розміри перетину злитка до і після опади, м.

$$A_n = 47 \cdot \left[\ln \frac{1,323}{1,715} + \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{0,595}{1,715} - \frac{0,65}{1,323} \right) \right] \cdot 0,609 = 7,89 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості визначається по формулі е(2.16):

$$\sigma_s = \frac{1,77}{1,4225} = 4,19 \text{ МПа}$$

Протяжка заготовки на розмір 480х650 мм.

Ступінь деформації по висоті визначається по формулі (2.7) і рівна:

$$\varepsilon_h = \frac{650 - 480}{650} \cdot 100\% = 26,15\%$$

Зусилля деформації при протяжці розраховуємо для температур кінця кування і визначаємо по формулі:

$$P = \psi \cdot \nu \cdot \sigma_s \cdot \left(1 + 0,17 \frac{L}{H_{n-1}} \right) \cdot B_{n-1} \cdot L$$

де ψ - масштабний коефіцієнт [22, таблиця 13, стор. 60]; $\psi = 0,7$;

σ_{β} - межа міцності матеріалу заготовки при кувальній температурі,
 $\sigma_{\beta} = 104$ МПа;

ν - коефіцієнт, що враховує збільшення питомого зусилля при зміні форми бойків, для плоских бойків $\nu = 1$;

$V_{п-1}$ і $H_{п-1}$ - розміри поперечного перетину заготовки перед протяжкою, м;

L - величина подачі при протяжці $L=550$ мм.

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,65} \right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 22,06 \text{ МН}$$

Робота при протяжці плоскими бойками визначається по формулі [19, стор. 228]:

$$A = 1,15 \cdot \sigma_T \cdot V \cdot \left[\ln \frac{H_0}{H_K} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{L}{H_K} - \frac{L}{H_0} \right) \right]$$

де σ_s - межа текучості матеріалу при температурі протяжки, σ_s
 $=83$ МПа;

V - об'єм заготовки після осідання, м³;

H_0 і H_K - відповідно розміри заготовки до і після протяжки, м;

L - величина подачі при протяжці, м.

$$A = 1,15 \cdot 83 \cdot 0,559 \cdot \left[\ln \frac{0,65}{0,48} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,48} - \frac{0,42}{0,65} \right) \right] = 17,70 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки після протяжки $F=0,48 \cdot 0,65=0,312$ м² по формулі рівне:

$$\sigma_s = \frac{22,06}{0,312} = 70,71 \text{ МПа}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$V = \frac{0,4225}{0,312} = 1,354$$

Прикувало цапфи з розміром 350x350 мм.

Цапфу прикували з прибуткової частини злитка. Довжина цапфи визначається по формулі:

$$L_u = \frac{m_{\text{приб}}}{\rho \cdot F_u}$$

де $m_{\text{приб}} = 610$ кг - маса злитка;

$\rho = 7800$ кг/м³ - щільність злитка;

$F_u = 0,1225$ м² - площа поперечного перетину цапфи.

$$L_u = \frac{610}{7800 \cdot 0,1225} = 0,64 \text{ м}$$

Зусилля деформації при тому, що прикувало цапфи визначається по формулі (2.17), де $L = 640$ мм:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,64}{0,48} \right) \cdot 0,65 \cdot 0,64 = 37,15 \text{ МН}$$

Робота деформації визначається по формулі, де об'єм цапфи $V = 0,35^2 \cdot 0,64 = 0,079$ м³:

$$A = 1,15 \cdot 83 \cdot 0,079 \cdot \left[\ln \frac{0,48}{0,35} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,64}{0,35} - \frac{0,64}{0,48} \right) \right] = 2,82 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину цапфи $F = 0.352 = 0.1225 \text{ м}^2$ визначається по формулі:

$$\sigma_s = \frac{37,15}{0,1225} = 303,27 \text{ МПа}$$

Об'єм оброблюваної заготовки після того, що прикувало цапфи складе:
 $V = 0,559 - 0,079 = 0,48 \text{ м}^3$.

Протяжка на розмір 450x650 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{480 - 450}{480} \cdot 100\% = 6,25\%$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,48} \right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 22,83 \text{ МН}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0,48 \cdot \left[\ln \frac{0,48}{0,45} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,45} - \frac{0,42}{0,48} \right) \right] = 3,58 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F = 0,45 \cdot 0,65 = 0,2925 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{22,83}{0,2925} = 78,05 \text{ МПа}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,312}{0,2925} = 1,067$$

Протяжка на розмір 380x650 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний

$$\varepsilon_h = \frac{450 - 380}{450} \cdot 100\% = 15,56\%$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,45} \right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 23,02 \text{ МН}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1,15 \cdot 83 \cdot 0,48 \cdot \left[\ln \frac{0,45}{0,38} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,38} - \frac{0,42}{0,45} \right) \right] = 9,50 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F=0,38 \cdot 0,65=0,247 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{23,02}{0,247} = 93,20 \text{ МПа}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,2925}{0,247} = 1,184$$

Протяжка на розмір 320x650 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{380 - 320}{380} \cdot 100\% = 15,79\%$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,38} \right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 23,61 \text{ МН}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0,48 \cdot \left[\ln \frac{0,38}{0,32} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,32} - \frac{0,42}{0,38} \right) \right] = 9,06 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F=0,32 \cdot 0,65=0,208 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{23,61}{0,208} = 113,51 \text{ МПа}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$U = \frac{0,247}{0,208} = 1,188$$

Протяжка на розмір 260x650 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{320 - 260}{320} \cdot 100\% = 18,75\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,32}\right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 24,31 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0,48 \cdot \left[\ln \frac{0,32}{0,26} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,26} - \frac{0,42}{0,32} \right) \right] = 11,25 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F=0,26 \cdot 0,65=0,169 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{24,31}{0,169} = 143,85 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,208}{0,169} = 1,231.$$

Протяжка на розмір 220x650 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{260 - 220}{260} \cdot 100\% = 15,38\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,26}\right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 25,33 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0,48 \cdot \left[\ln \frac{0,26}{0,22} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,22} - \frac{0,42}{0,26} \right) \right] = 10,15 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F=0,22 \cdot 0,65=0,143 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{23,33}{0,143} = 177,13 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,169}{0,143} = 1,182.$$

Протяжка на розмір 160x640 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{220 - 160}{220} \cdot 100\% = 27,27\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,22}\right) \cdot 0,65 \cdot 0,42 = 26,32 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі:

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0.48 \cdot \left[\ln \frac{0.22}{0.16} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0.42}{0.16} - \frac{0.42}{0.22} \right) \right] = 20.33 \text{ МДж}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F=0.16 \cdot 0.64=0.1024 \text{ м}^2$ по формулі дорівнює:

$$\sigma_s = \frac{26.32}{0.1024} = 257.03 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$V = \frac{0.143}{0.1024} = 1.396$$

Довжину поковки знайдемо виходячи з рівності об'ємів:

$$L_n = \frac{V}{H \cdot B}$$

$$L_n = \frac{0.559}{0.16 \cdot 0.64} = 5.46 \text{ м}$$

Рубка прибуткової частини злитка.

Прибуткову частину злитка рубають по поясочку, утвореному при розливанні у виливниці. Довжина відрубаної частини поковки рівна:

$$L_{\text{приб}} = \frac{m}{\rho \cdot H \cdot B},$$

де $m=610 \text{ кг}$ - маса прибуткової частини злитка.

$$L_{проб} = \frac{610}{7800 \cdot 0,16 \cdot 0,64} = 0,764 \text{ м.}$$

Донну частину злитка, припуски на довжину і напуск на проби видаляють на адьюстаже. Для цього поковку передають на ділянку адьюстажа, яка розташовується в іншому прольоті ковальсько-пресового цеху.

2.2.5. Вибір технологічного устаткування

Куванням виготовляють поковки будь-якої ваги - від найменших до найважчих. Дрібні поковки кувають головним чином на пневматичних молотах. Середні по вазі поковки виготовляють на пароповітряних молотах.

Для кування крупних поковок, а також для кування сталей із зниженою пластичністю, що не допускають великих швидкостей деформації, застосовують кувальні гідравлічні преси. Для технологічних процесів, що розробляються в дипломній роботі, вибраний гідравлічний кувальний прес з номінальним зусиллям 63 МН, технічна характеристика якого приведена в розділі 3.

2.2.6. Розрахунок трудомісткості виготовлення поковок

Для визначення трудомісткості виготовлення поковок використовувалися нормативи часу на кування на гідравлічних пресах [25]. Норми часу на виконання технологічних операцій залежать від розважування злитків, розмірів напівфабрикатів до і після переділу. Всі операції по вільному куванню виконуються бригадою. При розрахунку норми часу беруться до уваги лише ті переходи і прийоми, які не перекриваються. Якщо частина бригади укладає виковану поковку у відведене місце, в той час, як інша частина бригади проводить кування, допоміжний час на укладання

поковки в норму часу не включається. Нагрів заготовок в норму часу також не включають, оскільки нагрів проводять паралельно з куванням металу.

Таблиця 2.1 – підготовчо-завершальний час

Найменування робіт	Час, мін	№ карти
Змінити верхній швидкозмінний бойок	24	1
Змінити нижній швидкозмінний бойок	7	1
Разом	31	-

Таблиця 2.2 – Розрахунок норми штучного часу для виготовлення поковки прямокутного перетину 160x640 мм

Найменування переходів при куванні	Чинник, що впливає на тривалість кування	Час, мін		№ карти
		Неповне оперативне Тн.оп	Вспомогатільне Тв	
1	2	3	4	5
Видати злиток з печі і подати на прес	Маса злитка 4,3 т	-	3,0	3
Накласти верхню осадкову плиту і зняти її	Прес 63 мін	-	6,0	6
Обложити заготівку, заміряти її	H=1715 мм H=1320 мм	2,5	-	6
Викувати цапфу з прибуткової частини злитка	Маса злитка 4,3 т	5,2	-	3
1	2	3	4	5
Протяжка заготівки з квадратного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=1,72 м B= 650 мм H=480 мм	7,7	-	24
Протяжка заготівки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=2,28 м B=650 мм H=450 мм	9,12	-	24
Протяжка заготівки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=2,6 м B=650 мм H=380 мм	10,14	-	24

Протяжка заготовки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=2,95 м B=650 мм H=320 мм	11,21	-	24
Протяжка заготовки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=3,48 м B=650 мм H=260 мм	12,53	-	24
Протяжка заготовки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=4,0 м B=650 мм H=220 мм	14,4	-	24
Протяжка заготовки з прямокутного перетину на прямокутний перетин із застосуванням маніпулятора	L=4,26 м B=640 мм H=160 мм	14,91	-	24
Відрубати цапфу	Маса злитка 4,3 т	3,0	-	3
Разом		90,71	9,0	

Трудомісткість виготовлення поковки прямокутного перетину 160х640мм визначається по формулі:

$$T_{ш} = (t_{н.оп} + t_г) \cdot K.$$

де $K=1,13$ - коефіцієнт до оперативного часу [25, карта 2]

$$T_{ш} = (90,71+9,0) \cdot 1,13=112,67 \text{ мин}=1,88 \text{ години}$$

Норма часу на бригаду на одну поковку складе:

$$T_{нар} = (t_{н.з} + T_{ш}) \cdot N,$$

де $N=10$ - кількість людина в бригаді.

При отриманні смугової поковки не вимагається зміни бойков, тому підготовчо-завершальний час рівний нулю:

$$T_{нар} = 112,6710 = 1126,7 \text{ чіл.-хв.}$$

2.3. Виробнича програма і її матеріальне забезпечення

Виробнича програма проектованої ділянки приведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Виробнича програма ділянки вільного кування.

Найменування деталі	Маса, кг		Програма на рік		
	деталі, кг	заготовки, кг	у тоннах	у нормо-годиннику	
				на деталь	на програму
Поковка круглого перетину $\varnothing \varnothing 330$ мм	2727	3690	10000	1,39	5097
Поковка прямокутного перетину 160x640 мм	3266	4360	10000	1,88	5755
Разом	5993	8050	20000	3,27	10852

Розрахунок потреби в основних матеріалах і їх вартість розробляється для даних деталей і приводиться в таблиці 2.4.

На ділянці передбачений безперервний тризмінний режим роботи. Відповідно до цього ефективний річний фонд часу роботи устаткування складає 7896 годин. Дійсний річний фонд часу працівників при тризмінному режимі роботи складає 2232 години.

Вартість частини будівлі, яка доводиться на проектовану ділянку визначається за об'ємом будівлі залежно від висоти прольоту, кількості одиниць устаткування, встановленого на ділянці, і питомої норми виробничої площі на одиницю устаткування. Вартість частини будівлі складає.

$$C_{зд} = F \cdot C$$

де C - вартість будівлі, $C = 500$ грн/ m^2 ; F - площа ділянки $F = 5760$ m^2 .

$$C_{зд} = 5760 \cdot 500 = 2880000 \text{ грн}$$

Склад основних фондів ділянки приведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 - Розрахунок кількості устаткування, його вартість і потужність.

Найменування деталі	Марка ГОСТ	Матеріали						Відходи				Коефіцієнт використання	Вартість матеріалів за вирахуванням відходів, грн
		розмір профілю, мм	маса деталі, кг	норма витрат на деталь, кг	витрати на програму, т	вартість однієї тонни, грн	вартість програми, грн	на деталь, кг	на програму, т	вартість однієї тонни, грн	Вартість на програму, грн		
Поковка круглого перетину $\varnothing \varnothing$ 330 мм	X12МФ ГОСТ 5950-73	330	2727	3354	12300	2157,74	26540202	627	2300	166,17	382191	0,81	26158011
Поковка прямокутного перетину 160x640 мм	X12МФ ГОСТ 5950-73	160x640	3266	4017	12300	2157,74	26540202	751	2300	166,17	382191	0,81	26158011
Разом	-	-	5993	7371	24600	4315,48	53080404	1378	4600	332,34	764382	-	52316022

Таблиця 2.5 – Розрахунок кількості устаткування, його вартість і потужність

Назва устаткування	Кількість, шт	Балансова вартість, грн	Потужність електродвигунів, кВт	
			одиниці	всіх
Прес гідравлічний зусиллям 63 МН	1	4507836,70	15,13	15,13
Насосно-акумуляторна станція	1	1446357,08	4500	4500
Маніпулятор кувальний	1	693714,92	102,47	102,47
Шаржір - машина	1	515898,91	80,75	80,75
Кран електромостової 50/10 т	2	1577688,47	500	1000
Кран електромостової 15/3 т	2	1457859,74	150	300
Піч нагрівальна з черенем, викочування	3	1282307,34	44,6	133,9
Піч нагрівальна із стаціонарним черенем	6	3185895,96	44,6	267,8
Разом	17	14667559,12	-	6400

Вартість основних фондів і розрахунок амортизаційних відрахувань приведений в таблиці 2.6.

Таблиця 2.7 - Основні фонди ділянки і розрахунок амортизаційних відрахувань.

Види основних фондів	Балансова вартість, грн	Структура основних фондів %	Норма амортизаційних відрахувань %	Сума амортизації, грн
Устаткування	14667559,12	82,5	24	3520214,19
Будівля	2880000	16,2	8	230400
Цементний інструмент	209409,45	1,2	40	83763,78
Виробничий і господарський інвентар	18162	0,1	40	7264,8
Разом	17775130,57	100	-	3841642,77

2.4. Праця і заробітна платня

Кількість працівників на ділянці, визначена по робочих місцях, їх розряд і годинна тарифна ставка приведені в таблиці 7.1. Облікова чисельність робочих визначається по формулі:

$$R_{уч} = \frac{R_n}{\eta},$$

де η - коефіцієнт приведення нормативної кількості робочих до облікового, який враховує цілодобові невиходи на роботу. Приймаю $\eta = 0,9$.

$$R_{уч} = \frac{40}{0,9} = 44 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних робочих приймається в процентному співвідношенні до основних робочих. Приймаю кількість допоміжних робочих рівне 70% від числа основних, що складає 32 людини.

Кількість інженерно-технічних працівників приймаю рівним 10% від числа основних і допоміжних робочих [16, стр.11], що складає 7 чоловік.

Виходячи з нормативів: 1 майстра на 20...30 робочі, 1 старшого майстра на 50...75 робочих і начальник ділянки за наявності двох старших майстрів [16, стр.11] приймаю кількість майстрів рівним 4 людини і 1 старший майстер.

Таблиця 2.7 - Дані по працівниках ділянки

Професія	Вид оплати	Тарифна ставка	Розряд	Кількість працівників, чіл	
				у зміні	всього
1	2	2	4	5	6
Основні працівники					
Коваль на молотах і пресах	відрядно-преміальна	7-30	8	1	4
Коваль на молотах і пресах	відрядно-преміальна	7-05	7	1	4
Машиніст на молотах, пресах і маніпуляторах	відрядно-преміальна	7-05	7	2	8
Машиніст завантажувальних механізмів	відрядно-преміальна	6-80	6	1	4
Клеймувальник гарячого металу	відрядно-преміальна	6-40	4	1	4
Нагрівальник металу	відрядно-преміальна	6-80	6	1	4
Нагрівальник металу	відрядно-преміальна	6-80	6	3	12
Всього		-	-	10	40
Допоміжні працівники					
Машиніст крана металургійного виробництва, зайнятий на гарячих роботах	почасово-преміальна	6-80	6	2	8
Машиніст крана металургійного	почасово-преміальна	6-58	5	2	8

виробництва, зайнятий на гарячих роботах					
Вогнетривник, зайнятий на гарячих роботах	почасово-преміальна	7-24	8	1	4
Слюсар-ремонтник	почасово-преміальна	6-95	7	1	4
Електро- газосварщик	почасово-преміальна	6-95	7	1	4
Електромонтер	почасово-преміальна	6-72	6	1	4
Всього		-	-	8	32
Керівники, фахівці					
Старший майстер кування	почасово-преміальна	9-33	13		1
Майстер кування	почасово-преміальна	8-35	11	1	4
Всього		-	-	1	5
Разом		-	-	19	77

Розцінка по кожній технологічній операції визначається по формулі:

$$P = tk Ci$$

де Ci - годинна тарифна ставка бригади.

$$P = 3,27 \cdot 23,22 = 75,93 \text{ грн}$$

Фонд заробітної платні основних працівників визначається по формулі:

$$Z_{осн} = \sum N_i \cdot P$$

де $\sum N_i = 6728$ - кількість поковок на програму.

$$Z_{осн} = 6728 \cdot 75,93 = 608820 \text{ грн}$$

Приведені дані чисельності персоналу ділянки і фонду заробітної платні представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Зведена таблиця чисельності персоналу ділянки і фонду заробітної платні

Категорії працівників	Чисельність	Тарифний фонд заробітної платні	Доплати	Додаткова заробітна платня	Річний фонд заробітної платні	Премії з фонду накопичення	Річний фонд заробітної платні з урахуванням премії	Відрахування на соцстрах	Середня заробітна платня за місяць
Основні працівники	44	581919,65	75884,29	29168,24	499972,18	95994,44	595966,62	159544,28	1915,50
Допоміжні робочі	32	193739,52	32473,12	14592,76	224805,4	51201,36	276006,76	68379,6	1540,30
Керівники	5	45163,4	6874,51		50637,91	17373,27	69011,18	16833,73	2105,85
Разом	81	820821	11523	43761	775415	164569,07	940984,56	244757,61	5561,65

2.5. Собівартість продукції

Собівартість продукції розраховується по наступних калькуляційних статтях витрат:

1. Вартість основних матеріалів за вирахуванням відходів (табл.2.4).
2. Основна і додаткова заробітна платня основних робочих (табл.2.9).
3. Відрахування на соціальне страхування (табл.2.9).
4. Паливо, енергія і допоміжні матеріали на технологічні цілі. Витрата палива на програму, розрахована в розділі 5.1.5, складає 13086000 м³, вартість 1000 м³ - 363,72 грн [26]. Загальна вартість 4759639,92 грн.
5. Знос бойків. Стаття включає витрати на виготовлення, ремонт і відновлення бойків, інструменту і пристосувань цільового призначення. Приймається у розмірі 200% від основної заробітної платні основних і допоміжних працівників [16] і складає:

$$I = 2545659,17 = 1091318,34 \text{ грн.}$$

6. Витрати на зміст і експлуатацію устаткування. Ці витрати є комплексними і для їх визначення складаємо кошторис (табл.7.8).
 - Амортизація виробничого устаткування і цінного інструменту (табл. 7.4).
 - Витрата енергоносіїв і допоміжних матеріалів: Вартість силової електроенергії на привід устаткування:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{кВт}} \cdot \sum N_i \cdot K_u \cdot K_z \cdot \Phi_{\text{до}},$$

де $C_{\text{кВт}} = 0,154$ грн - вартість одного кВт/ч електроенергії;

N_i - встановлена потужність споживачів енергії, кВт;

K_u - коефіцієнт використання, $K_u = 0,45$;

$K_z = 0,84 \dots 0,95$ - коефіцієнт завантаження устаткування, $K_z = 0,9$;

$\Phi_{до} = 7896$ годин - ефективний річний фонд часу роботи устаткування.

$$C_e = 0,154 \cdot 6400 \cdot 0,45 \cdot 0,9 \cdot 7896 = 3151830 \text{ грн}$$

Розрахунок витрати стислого повітря, газу і допоміжних матеріалів ведеться за даними практики [26].

Витрати стислого повітря на тонну продукції складає 0,43 грн, на програму 8600 грн.

Витрати допоміжних матеріалів на одну тонну продукції складає 0,07 грн, на програму - 1400 грн.

- Заробітна платня основна і додаткова допоміжних працівників і відрахування на соціальне страхування (табл.2.9).

- Поточний ремонт устаткування і цінного інструменту приймається рівним 4,5% вартості устаткування [16], що складає 660040 грн (табл. 2.6).

Таблиця 2.10 - Кошторис витрат на зміст і експлуатацію устаткування

Стаття витрат	Сума
Амортизація виробничого устаткування і цінного інструменту	3603977,97
Експлуатація устаткування:	
- електроенергія силова;	3151830
- стисле повітря;	8600
- допоміжні матеріали.	1400
Заробітна платня допоміжних працівників: основна	163739,52
додаткова	11592,76
відрахування на соціальне страхування	68379,6
Поточний ремонт устаткування і цінного інструменту	660040
Разом	7669559,85

Цехові витрати

Складається кошторис витрат:

- Зміст цехового персоналу включає річний фонд заробітної платні керівників і фахівців з відрахуваннями на соціальне страхування (табл.2.9).
- Амортизація будівель (табл.2.6).

- Зміст будівель і інвентарю включає витрати на електроенергію для освітлення, витрата води для побутових потреб, допоміжних матеріалів.

Витрати на електроенергію для освітлення:

$$C_o = F_{уч} \cdot q_{э} \cdot \frac{\Phi_{до}}{2} \cdot C_{кВт}$$

де $F_{уч} = 5760 \text{ м}^2$ - площа проектованої ділянки;

$q_{э} = 0,016 \text{ кВт/ м}^2$ - удельний витрата електроенергії на освітлення 1 м^2 виробничої площі;

$$C_o = 5760 \cdot 0,016 \cdot \frac{7896}{2} \cdot 0,154 = 56032,54 \text{ грн.}$$

Витрата води на побутові потреби:

$$C_v = q_v \cdot n \cdot R ;$$

де $q_v = 0,045 \text{ м}^3/\text{чол}$ - норма витрати води на одну людину в зміну;

n - кількість робочих змін в рік, $n = 279$;

R - кількість людина в зміні, $R = 20$ чол;

$C_{\text{м}^3}$ - вартість 1 м^3 води $C_{\text{м}^3} = 0,045$ грн.

$$C_v = 0,045 \cdot 279 \cdot 20 \cdot 0,045 = 11,3 \text{ грн.}$$

Вартість решти витрат береться укрупнено 2% вартості будівлі і складає 57600 грн.

- Поточний ремонт будівлі і інвентарю приймається укрупнено 1% їх вартості і складає 28800 грн.

- Витрати на дослідження і раціоналізацію складають 100 грн на одного працівника [4, стр.236], що в сумі складає 8100 грн.

- Витрати на охорону праці складають 100 грн на одного працівника [4], що в сумі складає 8100 грн.
- Інші витрати складають 10% попередніх статей.

Таблиця 2.11 - Кошторис цехових витрат

Стаття витрат	Сума, грн
Зміст цехового персоналу	66471,64
Амортизація будівель	230400
Зміст будівель і інвентарю	113643,84
Поточний ремонт будівель і інвентарю	28800
Витрати на охорону праці	8100
Витрати на дослідження, дослідження і раціоналізацію	8100
Інші витрати	44093,55
Разом	485029,03

Визначивши витрати по всіх витратних статтях складається калькуляція собівартості продукції (табл.7.12).

Таблиця 2.12 – Калькуляція собівартості продукції

Стаття витрат	Витрати, грн	
	всього	на одну тонну
Основні матеріали за вирахуванням відходів	52316022	2615,8
Основна (тарифна) заробітна платня основних працівників	381919,65	19,1
Додаткова заробітна платня основних працівників	27168,24	1,36
Відрахування на соціальне страхування від заробітної платні основних робочих	159544,28	7,98
Паливо, енергія і допоміжні матеріали	4759639,92	237,98
Знос бойків	1091318,34	54,57
Витрати на зміст і експлуатацію устаткування	7669559,85	383,48
Цехові витрати	485029,03	24,25
Разом	66890400	3344,52

Таблиця 2.13 - Техніко-економічні показники

Показник	Розмірність	Величина
1	2	3
Готовий об'єм випуску продукції:	т	20000
	шт.	6728
Витрата металу	т	24600
Кількість основного устаткування	шт	17
Встановлена потужність основного устаткування	кВт	6400
Річні витрати електроенергії	кВтч	17903429
Площа ділянки	м ²	5760
Вартість основних засобів	грн	17775130,57
Чисельність тих, що працюють		
Всього	чіл	81
зокрема:		
основні робочі	чол	44
допоміжні робочі	чол	30
керівники, фахівці	чол	5
Загальний фонд заробітної платні	грн	898984,56
Вироблення на одного:		
- що працює	т	246,9
- робочого	т	270
Трудомісткість однієї поковки	нормо/час	1,635
Фондовіддача	грн/грн	3,76
Фондовооруженность праці	грн/чол	219446
Електроозброєність	кВт/чол	79
Коефіцієнт використання металу		0,81
Коефіцієнт завантаження устаткування		0,9
Середньомісячна заробітна платня:		
- основних робочих	грн	1090,85
- допоміжних робочих	грн	666,68
- керівників, фахівців	грн	1116,85
Собівартість продукції		
- тонни	грн	3344,52
- всього	грн	66890400

2.6. Економічний ефект

Річний економічний ефект від застосування засобів механізації й автоматизації виробництва, що забезпечують економію виробничих ресурсів при випуску однієї й тієї ж продукції, визначається по формулі:

$$\Xi = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot N_2$$

де C_1 і C_2 - відповідно собівартість одиниці продукції до й після нововведення;

E_n - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, приймається $E_n = 0,15$;

K_1 і K_2 - питомі капітальні вкладення у виробничі фонди;

N_2 - річний обсяг випуску продукції.

У даній дипломній роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей. Автоматизована система контролю і управління призначена для оперативного контролю основних параметрів і оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних параметрів. Вона дозволяє скоротити витрату природного газу на 5% за рахунок автоматичного контролю і регулювання процентного співвідношення суміші «газ-повітря». Орієнтовна вартість системи складає 200000 грн. Впровадження автоматизованої системи контролю і управління змінює наступні статті собівартості: зменшує витрати на паливо, енергію і допоміжні матеріали і збільшує витрати на зміст і експлуатацію устаткування.

Вартість устаткування після нововведення складе:
 $14667559,12 + 200000 = 14867559,12$ грн.

Нова сума амортизації устаткування - 3568214 грн.

Таблиця 2.14 - Показники для розрахунку економічного ефекту

Показники	Позначення	Од. Вим.	Базовий варіант	Новий варіант
Витрати на паливо, енергію і допоміжні матеріали на одиницю продукції	-	грн	237,98	226
Витрати на зміст і експлуатацію устаткування на одиницю продукції	-	грн	383,48	397
Собівартість одиниці продукції	C1, C2	грн	3344,52	3326,96
Питомі капіталовкладення	K1, K2	грн	-	200000

Економічний ефект по формулі:

$$\Xi = \left[3344,52 - \left(3326,96 + \frac{0,15 \cdot 200000}{20000} \right) \right] \cdot 20000 = 321200 \text{ грн.}$$

Другим нововведенням є установка підйомно-поворотного столу. Застосування підйомно-поворотного столу дозволяє виконувати першу операцію протяжки за одне винесення замість двох, що забезпечує економію енергоносіїв і скорочення втрат металу унаслідок чаду. Орієнтовна вартість підйомно-поворотного столу складає 350000 грн.

Час одного підігріву - 2,5 години. Витрата газу на одну піч в годину складає:

$$V = \frac{13086000}{9 \cdot 8664} = 167,8 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

У печі одночасно гріється в середньому 15 поковок. Кількість підігрівів партій заготовок по 15 штук складає $6728/15=448$. Економія газу на одній печі складає:

$$V_{\text{э}} = 2,5 \cdot 167,8 \cdot 448 = 187936 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У вартісному вимірюванні це складе:

$$C_{\text{г}} = 187,936 \cdot 363,72 = 68356 \text{ грн.}$$

Втрати металу на чад за один підігрів складають 1%. Унаслідок скорочення одного підігріву економія матеріалу складає $246000,01 = 246$ т, вартістю $2462157,74 = 530804$ грн.

Нова вартість устаткування складе:

$$14667559,12 + 350000 = 15017559,12 \text{ грн.}$$

Амортизація устаткування - 3604214 грн.

Таблиця 2.15 – Показники для розрахунку економічного ефекту

Показники	Позначення	Од. виміру	Базовий варіант	Новий варіант
Основні матеріали за вирахуванням відходів	-	грн	62316022	51785218
Основні матеріали за вирахуванням відходів	-	грн/т	2615,8	2589,3
Витрати на паливо, енергію і допоміжні матеріали на одиницю продукції	-	грн	237,98	234,56
Витрати на зміст і експлуатацію устаткування	-	грн	7669559,85	7983959,88
Витрати на зміст і експлуатацію устаткування на одиницю продукції	-	грн	383,48	399,2
Собівартість одиниці продукції	C1, C2	грн	3344,52	3330,32
Питомі капіталовкладення	K1, K2	грн	-	350000

Економічний ефект по формулі:

$$\mathcal{E} = \left[3344,52 - \left(3330,32 + \frac{0,15 \cdot 350000}{20000} \right) \right] \cdot 20000 = 231500 \text{ грн.}$$

Сумарний економічний ефект:

$$\sum \mathcal{E} = 321200 + 231500 = 552700 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.16 – Основні показники роботи цеху

Назва показника	Од. вим.	Величина показника	
		Базовий вар.	Новий вар.
Річний об'єм продукції: - у натурних величинах; - у вартісних одиницях.	т (м ³ , шт) тис. грн.	15000 63762300	20000 86309600
Чисельність тих, що працюють: - всього, зокрема; - основні працівники; - допоміжні працівники; - керівники фахівці	чол. чол. чол. чол.	81 44 30 5	81 44 30 5
Продуктивність праці: - працівника; - основного працівника.	грн/чол грн/чол	787188,89 1449143	1065550,6 1961581,8
Фонд оплати праці працівників цеху	тис. грн.	818453,43	898984,56
Середньомісячна заробітна платня: - основного робочого; - допоміжного робочого; - керівника фахівця	грн/чол грн/чол грн/чол	1384,80 1226,40 1642,53	1915,50 1540,30 2105,85
Собівартість одиниці продукції	Грн.	3344,52	3330,32
Ціна одиниці продукції	Грн.	4250,82	4315,48
Річний прибуток (чиста)	Грн.	10195875,00	14777400
Рентабельність продукції	%	15%	22%
Величина капітальних вкладень (КВ)	тис. грн	17225130,57	17775130,57
Річний економічний ефект	тис. грн	290900	321200
Економічна ефективність КВ	1 гр/1грн КВ	0,59	0,83
Термін окупності КВ	років	1,7	1,2

Висновок: Після розрахунку економічної частини видно, що впровадження автоматизованої системи контролю і управління змінює наступні статті собівартості: зменшує витрати на паливо, енергію і допоміжні матеріали і збільшує витрати на зміст і експлуатацію устаткування.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок кількості виробничого устаткування і визначення його типорозмірів

Існують три методи для визначення кількості виробничого устаткування: детальний, приведений і за укрупненими показниками.

Розрахунок кількості устаткування ведемо за укрупненими показниками. При виконанні розрахунку по цьому методу використовуються нормативні укрупнені показники, одержані при аналізі роботи базового підприємства за 2003год.

Необхідна кількість устаткування розраховується по формулі [18, *стр.*104]:

$$e = \frac{\Pi}{z}; \quad (3.1.1)$$

де Π – річна виробнича програма, $\Pi=20000\text{т}$;

z – середня річна продуктивність устаткування, т.

річну продуктивність устаткування обчислюємо за формулою [18]:

$$z = \frac{z_x \cdot \Phi_{об}}{\beta}; \quad (3.1.2)$$

де z_x – середня годинна продуктивність одиниці устаткування $z_x = 3,05\text{т}$;

$\Phi_{об}$ – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, ч;

β – коефіцієнт, що враховує втрати часу на зміну бойків, перерви на обід і між змінами $\beta = 1,155$.

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування $\Phi_{об}$ визначається по формулі:

$$\Phi_{об} = \Phi_o - T_p; \quad (3.1.3)$$

де - календарний річний фонд часу, ч;

T_p - втрати часу на капітальні і планово-запобіжні ремонти $T_p = 864ч$.

$$\Phi_{об} = 365 \cdot 24 - 864 = 7896ч;$$

Річна продуктивність устаткування:

$$z = \frac{3,05 \cdot 7896}{1,155} = 20850m;$$

Необхідна кількість устаткування:

$$e = \frac{20000}{20850} = 0,96;$$

Приймаємо $e=1$.

Як основне виробниче устаткування на ділянці застосовується гідравлічний кувальний прес зусиллям 63МН.

3.2. Вибір типів і кількості нагрівального устаткування

На ділянці використовуються камерні печі із стаціонарним і викатним черенем, що забезпечують можливість контрольованого нагріву злитків і заготовок для деформації.

Для нагріву злитків перед куванням використовуються камерні печі з черенем, викочування, площею 18,6.

Дійсний річний фонд часу роботи нагрівального устаткування $\Phi_{об}$ визначається по формулі:

$$\Phi_{об} = \Phi_o - T_p ; \quad (3.1.4)$$

де - календарний річний фонд часу, ч;

T_p - втрати часу на капітальні і планово-запобіжні ремонти $T_p = 96ч$.

$$\Phi_{об} = 365 \cdot 24 - 96 = 8664ч ;$$

Річна продуктивність устаткування по формулі (3.1.2):

$$z = \frac{z_x \cdot \Phi_{об}}{\beta} ; \quad (3.1.2)$$

де - середня годинна продуктивність одиниці устаткування $z_x = 3,6m$;

β - коефіцієнт, що враховує втрати часу на зміну бойків, перерви на обід і між змінами $\beta = 1,1$.

$$z = \frac{3,6 \cdot 8664}{1,1} = 28355m ;$$

Необхідна кількість устаткування:

$$e = \frac{20000}{28355} = 0,71 ;$$

Таким чином, для виконання програми досить було б встановити на ділянці одну піч для нагріву злитків перед куванням. Але, максимальне завантаження печі складає 50т, а маса плавки поступає із сталеплавильних цехів перевищує це значення, а також, враховуючи можливість зупинки печі на капітальний ремонт, на ділянці необхідна установка трьох печей з черенем, викочування.

Для підігріву заготовок в процесі кування використовуються камерні печі із стаціонарним черенем. Розрахунок їх кількості аналогічний розрахунку кількості печей з черенем, викочування. Отже, на ділянці необхідна установка трьох печей із стаціонарним черенем для підігріву металу в процесі кування.

На ділянці також проводиться термообробка поковок. Для термообробки використовуються печі з черенем, викочування, площею $18,6 \text{ м}^2$. Враховуючи різноманітність сталей і сплавів, що піддають термічній обробці, різноманітність видів термічної обробки і можливі простої печей у зв'язку з ремонтами, встановлюємо на ділянці 3 термічних печі.

3.3. Вибір типів і кількості підйомно-транспортного устаткування

Для транспортування і підйому вантажів на ділянці застосовуються наступні види підйомно-транспортного устаткування:

- Крани мостові електричні загального призначення вантажопідйомністю головного крюка 50т і допоміжного – 10т.
- Крани мостові електричні загального призначення вантажопідйомністю головного крюка 15т і допоміжного – 3т.
- Самохідний візок вантажопідйомністю 25т.

Необхідна кількість підйомно-транспортного устаткування на ділянці визначається розрахунком виходячи з вантажообігу. На підставі практичних даних можна приймати, що у цехів в прольотах один мостовий кран доводиться на кожні 60м довжини прольоту.

Таким чином, приймаю кількість кранів мостових електричних загального призначення вантажопідйомністю головного крюка 50т і допоміжного 10т-2 штуки, кранів мостових електричного загального призначення вантажопідйомністю головного крюка 15т і допоміжного 3т-2 штуки.

3.4. Розрахунок кількості основних і допоміжних матеріалів на програму

Основним матеріалом на ділянці кування є метал. Враховуючи різноманіття марок сталей і сплавів і розмірів поперечного перетину, для

визначення кількості металу, необхідного для виконання завдань по цеху річної програми випуску поковок використовується укрупнений метод розрахунку. [18]

$$M = \frac{П}{\mu}; \quad (3.1.5)$$

де П- річна виробнича програма, П=20000т;

μ - коефіцієнт використання металу. З даних аналізу роботи базового підприємства за 2003год $\mu=0,81$.

$$M = \frac{20000}{0,81} = 24691т;$$

До допоміжних матеріалів відносяться теплоізоляційні і вогнетривкі матеріали, зварювальні електроди, нафтопродукти світлі, азбест, змашувальні матеріали, лакофарбі матеріали, кисень, ацетилен. Витрата допоміжних матеріалів ведеться на підставі відповідних досвідчених даних по нормах витрати [18, *стр.*169].

Витрата теплоізоляційних і вогнетривких матеріалів для ремонту полум'яних нагрівальних печей:

$$M_{огн} = П \cdot n;$$

де n- норма витрати теплоізоляційних і вогнетривких матеріалів n=10кг на одну тонну поковок.

$$M_{огн} = 20000 \cdot 10 = 200000кг;$$

Витрата зварювальних електродів:

$$M_{эл} = П \cdot n;$$

де n- норма витрати зварювальних електродів n=0,27кг на одну тонну поковок.

$$M_{эл} = 20000 \cdot 0,27 = 5400кг;$$

Витрата світлих нафтопродуктів:

$$M_{св.н.} = П \cdot n ;$$

де n- норма витрати світлих нафтопродуктів n=0,9кг на одну тонну ПОКОВОК.

$$M_{св.н.} = 20000 \cdot 0,9 = 18000_{кг} ;$$

Витрата змащувальних матеріалів:

$$M_{см} = П \cdot n ;$$

де n- норма витрати змащувальних матеріалів n=3,9кг на одну тонну ПОКОВОК.

$$M_{см} = 20000 \cdot 3,9 = 78000_{кг} ;$$

Витрата лакофарбних матеріалів:

$$M_{л.м} = П \cdot n ;$$

де n- норма витрати лакофарбних матеріалів n=0,15кг на одну тонну ПОКОВОК.

$$M_{л.м} = 20000 \cdot 0,15 = 3000_{кг} ;$$

Витрата кисню:

$$M_{к} = П \cdot n ;$$

де n- норма витрати кисню n=8,2 м³ на одну тонну ПОКОВОК.

$$M_{к} = 20000 \cdot 8,2 = 16400_{м^3} ;$$

Витрата ацетилену:

$$M_a = P \cdot n;$$

де n - норма витрати ацетилену $n=1,03 \text{ м}^3$ на одну тону поковок.

$$M_a = 20000 \cdot 1,03 = 20600 \text{ м}^3.$$

3.5. Вибір і розрахунок кількості енергоносіїв

Джерела енергії, використовуваної для виробничих цілей на ділянці вільного кування, є електроенергія, вода, природний газ і стисле повітря.

Електроенергія на ділянці вільного кування використовується для приводу основного і допоміжного устаткування, підйомно-транспортного устаткування, засобів механізації.

Встановлена потужність для кожної групи струмоприймачів складає:

$$N_y = \Sigma N_i; \quad (3.1.6)$$

де - встановлена потужність, кВт;

ΣN_i - потужність кожного струмоприймача окремо, кВт.

Встановлена потужність двигунів преса:

Прес працює від чотирьох електродвигунів: АО2-32-2 $N_n=4\text{кВА}$, АОЛ2-21-6 $N_n=0,8\text{кВА}$, АОЛ2-32-4 $N_n=3\text{кВА}$, АО2-61-6 $N_n=10\text{кВА}$.

$$N_y = 4 + 0,8 + 3 + 10 = 17,8\text{кВА}.$$

Потужність в кВт обчислюється за формулою:

$$N_y = S \cdot \cos \phi; \quad (3.1.7)$$

де S – повна потужність $S = N_n = 17,8\text{кВА}$;

$\cos \phi = 0,85$ для ковальсько-пресового цеху.

$$N_y = 17,8 \cdot 0,85 = 15,13 \text{ кВт}.$$

Встановлена потужність двигунів підйомно-транспортного устаткування:

Потужність електродвигунів кранів мостових електричних загального призначення вантажопідйомністю головного крюка 50т і допоміжного 10т – 5000кВт, кранів мостових електричних загального призначення грузоводьемністю головного крюка 15т і допоміжного 3т – 150кВт, візки передавальної – 4,25кВт.

$$N_y = 2 \cdot 500 + 2 \cdot 150 + 4,25 = 1304,25 \text{ кВт} = 15,13 \text{ кВт}$$

Встановлена потужність двигунів маніпулятора:

Маніпулятор МК-10 працює від семи електродвигунів: МТФ412-8 $N_n = 22$ кВА- 3штуки МТФ411-8 $N_n = 15$ кВА, АО2-62-4 $N_n = 17$ кВА, АО2-62-4 $N_n = 22$ кВА, 4АМА71А4 $N_n = 0,55$ кВА.

$$N_y = (3 \cdot 22 + 15 + 17 + 22 + 0,55) \cdot 0,85 = 102,47 \text{ кВт}.$$

Встановлена потужність двигунів шаржир-машини:

Шаржир-машина працює від шести електродвигунів: МТН411-8 $N_n = 15$ кВА- 2 штуки, МТН312-8 $N_n = 11$ кВА, МТФ412 $N_n = 22$ кВА, АО2-72-6 $N_n = 22$ кВА, КР160/4 $N_n = 10$ кВА.

$$N_y = (2 \cdot 15 + 11 + 22 + 22 + 10) \cdot 0,85 = 80,75 \text{ кВт}.$$

Потужність двигунів нагрівальних печей:

На печах встановлені наступні електродвигуни: МТВ 512 $N_n = 40$ кВА, АО2-62-8 $N_n = 12,5$ кВА.

$$N_y = (40 + 12,5) \cdot 9 \cdot 0,85 = 401,63 \text{ кВт}.$$

Встановлена потужність двигунів насосно-акумуляторної станції:

$$N_y = (40 + 12,5) \cdot 9 \cdot 0,85 = 401,63 \text{кВт}.$$

Споживана потужність завжди нижче встановленої за рахунок того, що не все устаткування використовується одночасно і не повністю завантажується на всю потужність. Споживану потужність підраховують по формулі:

$$N_n = \Sigma N_i \cdot K_u; \quad (3.1.8)$$

де - коефіцієнт використання або одночасності [18, табл.VI / 1, стр.116].

Споживана потужність двигунів преса:

$$N_n = 15,13 \cdot 0,455 = 6,8 \text{кВт}$$

Споживана потужність двигуна підйомно-транспортного устаткування:

$$N_n = 1304,25 \cdot 0,15 = 195,64 \text{кВт}$$

Споживана потужність двигунів маніпулятора:

$$N_n = 102,47 \cdot 0,15 = 15,37 \text{кВт}$$

Споживана потужність двигунів шаржир-машини:

$$N_n = 80,75 \cdot 0,15 = 12,11 \text{кВт}$$

Споживана потужність двигунів нагрівальних печей:

$$N_n = 401,63 \cdot 0,6 = 240,98 \text{кВт}$$

Споживана потужність двигунів насосно-акумуляторної станції:

$$N_n = 4500 \cdot 0,45 = 2025 \text{кВт}$$

Річну витрату електроенергії визначають по формулі [18, стр.116]:

$$W = N_n \cdot \Phi_{об} \cdot \lambda ; \quad (3.1.9)$$

де - ефективний річний фонд часу роботи устаткування, ч;

λ - коефіцієнт завантаження устаткування, в середньому =0,8.0,95,
приймаємо $\lambda=0,9$.

Річна витрата електроенергії для преса:

$$W = 6,8 \cdot 7896 \cdot 0,9 = 4823,52 \text{кВт} \cdot \text{ч} ;$$

Річна витрата електроенергії для маніпулятора:

$$W = 15,37 \cdot 7896 \cdot 0,9 = 109225,4 \text{кВт} \cdot \text{ч} ;$$

Річна витрата електроенергії для шаржир-машини:

$$W = 12,11 \cdot 7896 \cdot 0,9 = 86058,5 \text{кВт} \cdot \text{ч} ;$$

Річна витрата електроенергії для нагрівальних пристроїв:

$$W = 240,98 \cdot 8664 \cdot 0,9 = 1879065,6 \text{кВт} \cdot \text{ч} ;$$

Загальна витрата електроенергії для насоно-акумуляторної станції:

$$W = 2025 \cdot 7896 \cdot 0,9 = 14390460 \text{кВт} \cdot \text{ч} ;$$

Загальна витрата електроенергії для насосно-акумуляторної станції:

$$W = 48323,5 + 1390296 + 109225,4 + 86058,5 + 1879065,6 + 14390460 = 17903429 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Як паливо в нагрівальних пристроях використовується природний газ. Витрата природного газу розраховується з урахуванням необхідної кількості його для нагріву однієї тонни металу на підставі наявних звітно-статистичних даних. Фактична витрата природного газу на одну тонну поковок складає $654,3 \text{ м}^3$. Загальна витрата газу [18, *стр.87*]:

$$Q = \Pi \cdot q; \quad (5.1.10)$$

де Π – річна виробнича програма, т;

q – питома витрата палива на 1т поковок.

$$Q = 20000 \cdot 654,3 = 13086000 \text{ м}^3;$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Ступінь безпеки процесу вільного кування, рівня його механізації та автоматизації

Ковальсько-пресовий цех у своєму составі має ділянки з різними шкідливими умовами праці. Одним з основних ділянок цеху є гідравлічний прес.

Технологічний процес на пресі механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без особистої участі обслуговуючого персоналу.

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці: огорожувальні пристрої, що створюють перешкоду між людиною і небезпечним фактором, що надійно охороняють працюючого незалежно від правильності або не правильності його дій; запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів – відключення устаткування при порушенні контрольованого параметра (температури, тиску, переміщення, величини струму або напруги, зусилля); гальмові пристрої для швидкої зупинки частин, що рухаються, машин і устаткування; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані; сигналізація перед наступаючою або небезпекою, що наступила (світлова, звукова, кольорова і знакова). Велике значення має правильний розподіл функції між людиною і машиною для зменшення ваги праці.

Як оператор преса так і штампувальник преса 7 розряду, є працівниками преса, які відповідають за ведення технологічного процесу і основним місцем роботи є пост керування пресом на якому вони проводять 81,34% у зміну, що становить 6,5 год., а також 5,4% робочого часу на перевалочних роботах, переважно ручній роботі, що становлять 0,43 год. штампувальники преса 5 і 6 розрядів попадають під категорію робітників, які

виконують всі побічні роботи, переважно ручної праці: підготовка преса до перевалки, перевалка, збирання обрізи, і настроювання допоміжного устаткування преса. По даним заводу штампувальники 5 і 6 розрядів під впливом ручної праці перебувають 37,3% робочого, що становить 2,98 год. і 46,4% робочого часу при механізованій роботі, що становить 3,7 год.

Дані показники роботи робітників показують, що на пресі використовують професії змішаної праці.

Рівень механізації праці визначається з вираження:

$$B = M / (M + R) \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де: M – сума людино-годин механізованої праці; R - сума людино-годин ручної праці.

Рівень механізації праці для оператора:

$$B_{оп} = 6,5 \cdot 100 / (6,5 + 0,43) = 93,8\%.$$

Рівень механізації праці для вальцювальника:

$$B_{вал.} = 3,7 \cdot 100 / (3,7 + 2,98) = 55,4\%.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1.

4.2. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Технологічний процес кування вимагає виконання деяких вимог по техніці безпеки. Але, щоб визначити яким саме, треба провести аналіз небезпечних ситуацій, які можуть виникнути в процесі роботи. Факторами виникнення небезпек є наявність у проектованому цеху:

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації гідравлічного преса 63 МН

№ п/п	Професія робітників	Розряди	Штаг робітників у зміну	Кількість відпрацьованих людино-годин у зміну			% механізованої праці
				Вручну, година	За допомогою машин, година	Усього, годин	
1	Штампувальник	7	1	0,43	6,5	6,93	55,4
2	Штампувальник	6	1	2,98	3,7	6,68	55,4
3	Штампувальник	5	1	2,98	3,7	6,68	55,4
4	Оператор	6	1	0,43	6,5	6,93	93,8
5	Оператор	5	3	0,43	6,5	6,93	93,8

- гідравлічних пресів, які мають тверді кінематичні зв'язки. При перевантаженні пресів може виникнути заклинювання повзуна;

- небезпечної зони в штаповому просторі в системі „прес-штамп”, у якій не дозволяються ніякі маніпуляції під час робочого ходу повзуна, тому що це може привести до травмування робітників ;

- одностоечних пресів із твердою муфтою, які іноді можуть викликати самохід повзуна;

- лінії фосфатування, на якій використовують небезпечні хімічні речовини, які забруднюють повітря шкідливими парами;

- матеріалу (смуга, стрічка, лист) з гострими крайками. Ця небезпека збільшується при неякісному штампуванні, коли при роздільних операціях (вирубка, пробивання), на деталях виникає гостри задири.

Для проектного цеху розроблені в дипломному проекті деякі заходи щодо попередження цих небезпечних ситуацій або їхньої ліквідації.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу
штампувальника

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДУ)	Факти ч. знач.	III клас вредн. і опасн. усл. і характер праці			Час дії фактора за зміну,%
				I	II	III	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :						
	<u>I клас небезпеки</u>						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,06			6,0	90
	Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
	<u>II клас небезпеки</u>						
	Акролеїн	0,2	0,66		3,3		90
	<u>III-IV клас небезпеки</u>						
	Ангідрид сірчастий	10	16,83	1,63			90
	Вуглецю оксид	20	25	1,25			90
2.	Масла мінеральні	5	6,78	1,36			90
	Пил переважно фіброгенного дії, мг/м ³	4	26,3			6,58	90
3.	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4.	Шум, дБ						
5.	Інфразвук, дБ	80	105			25	100
6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон, В/м						
	- діапазон промислової частоти, кв/м						
	- оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м ³						
8.	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, °С	27	32,1		5,1		100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	<0,3				
	- відносна вологість повітря,%	55	32				
	- інфрачервоне випромінювання Вт/м ³						
9.	Температура навколишнього повітря (під час роботи на відкритому повітрі), °С						
	улітку						
	узимку						
10.	Атмосферний тиск						
11.	Вага і напруженість праці						

4.3. Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничої сфери і робочих місць наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Захисний пристрій	Принцип дії і призначення	Місце установки
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі kabіни і перегородки	Звукопоглинання і відбиття, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму, у приміщенні оператора
Небезпечний рівень струму	Ізоляція і огороження струмоведучих частин; заземлення й блокування	Захист від дотику до струмоведучих частин, захист від дотику до металевих частин устаткування. Захист від високих рівнів струму	Навколо струмоведучих частин, біля корпусів електродвигуна
Рухливі механізми	Запобіжники плавкі, пускачі дистанційні Кожуха, сітки, запобіжні пристрої	Захист від зіткнення із частинами, що рухаються, і механізмами.	На панелях пульта керування

4.4. Технічні рішення по виробничій санітарії

Згідно СН 245-71 „санітарними нормами проектування промислових підприємств” спроектований цех ставиться до п'ятого класу із захисною зоною в 50 м.

Відповідно до ДСТУ 12.005-98 „Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони” спроектований цех і в теплий, і в холодний і перехідний

періоди належить до першої легкої категорії робіт з температурою повітря 20 °С, відотною вологістю 50% і швидкістю переміщення повітря 0,2м/с.

Забруднене повітря негативно впливає на організм людини. Тому обов'язково проводити заходу щодо оздоровлення повітря. До них належить вентиляція. Вентиляція може бути природної (провітрювання за допомогою вікон) і штучної (витяжні й приточні системи). Із приточної системи повітря подається в найменш забруднену частину цеху, а за допомогою витяжної системи - витягається із самих брудних.

Тому що для лінії фосфатування використовуються хімічні речовини, пари яких можуть шкідливо впливати на організм робітників, над ванами цієї лінії ставимо додаткову витяжну систему, що пов'язана із центральною вентиляційною системою цеху.

Світло відіграє важливу роль при роботі, тому що при поганому висвітленні людини швидше стомлюється, втрачає уважність, що може привести до аварійних ситуацій. Згідно СНіП 11-4-79 „Природне і штучне висвітлення. Норми проектування” спроектований цех має третій розряд зорової роботи і підрозряд ”б”.

4.5. Заходи пожежної безпеки

Заходу щодо пожежної безпеки приймаємо згідно СНіП 2.09.02-85 „Норми проектування. Виробничі будинки промислових підприємств”. Спроектований цех ставиться до категорії ”2” по пожежній безпеці.

Причинами пожежі в цехи можуть бути коротке замикання в електромережі, розлив і возгоряння хімічних речовин та інше. Тому передбачаємо пожежний щит, що складається із двох вогнегасників типу ОП-2А и ОУ-2, ящику з піском і совковою лопатою. Вогнегасник ОУ-2 ставиться до вуглекислотних, які використовують для гасіння електроустановок під напругою, а також різних речовин. Вогнегасник ОП-2А - порошковий і служить для

гасіння дерева, пластмаси і щелочних металів. Піском користуються в місцях розливу хімічних речовин.

Щоб уникнути виникнення пожеж треба стежити за справністю електромереж, проводити щоденне збирання робочих місць від що змазують і обтирочних матеріалів, не дозволяти паління в робочому приміщенні, а також проводити профілактичні роботи. У проектованому цеху відповідальний за проведення інструктажу з пожежної безпеки є майстер.

На території цеху є состав відходів металу. Він повністю відповідає нормам пожежної безпеки й санітарії й гігієни.

Взагалі спроектована цех відповідає вимогам стандартів:

- СНіП 2.01.04-87 „Норми проектування. Допоміжні будинки й виробничі приміщення промислових підприємств”;
- СН 245-71 „Санітарні норми проектування промислових підприємств”;
- ОНТП-04-83 „Цеха холодного штампування”.

4.6. Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесів

У проектованому цеху за виконання правил техніки безпеки відповідає майстер, що повинен проводити щоденний інструктаж і вести журнал, у якому кожний працюючий розписується перед початком роботи.

Для виконання правил техніки безпеки відповідно до ДСТУ 12.3.026-91 ужиті такі заходи.

1) Часткова або повна автоматизація виробництва:

- штампи для витяжки й вирубки в ленті із крючковою подачею і пневмо-скидачем;
- автоматизований комплекс РС-10 з валковою подачею;
- прес-автомат ПА-2,5.

2) Найкраще використати дворуке включення пресів або ричажне, щоб руки штампувальника були зайняті й не попадали в міжштампові простір. Також

використання рухливих або нерухомих захисних ґрат не дозволяє проводити маніпуляції руками в міжштамповому просторі.

3) Усе преса (без автоматизації) із зусиллям більше 0,4МН мають гідрозапобіжники по зусиллю в повзуну. Це дозволяє запобігти заклинюванню преса, передчасне руйнування його деталей, які при руйнуванні можуть стати причиною травмування робітників або ушкодження іншого встаткування.

4) Щоб передбачити самохід повзуна, використаємо замість твердих муфт дискові.

Поразка струмом ставиться до однієї з виробничих травм. Щоб запобігти цього на спроектованій цехи вживаються такі заходи, як використання ізолюючих шлангів для проводів, ізолюючі кліщі для виконання деяких робіт, а також якщо буде потреба, підставки й ізолюючі килимки. Використати гумові рукавиці, а також носити гумові черевики на ділянці заборонено. Інструктаж з електробезпечності проводить майстер.

Електробезпечність у спроектованому цеху відповідає вимогам ДСТУ 12.1.019-99 „Електробезпечність. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту”. Згідно ПУЕ ”Правила установки електроустановок” спроектований цех ставиться до приміщень без підвищеної небезпеки по поразці електрострумом. Усе преса мають мережний вхідний вимикач, що дозволяє повністю зняти напругу з електроспоживачів, а проведення мереж електроустаткування маркіровані і сховані в труби.

Станини пресів, корпуси електродвигунів і інші металеві частини заземленні і занулені відповідно до діючих правил.

Також виробничі травми можуть бути, якщо не використати захисних заходів при роботі з устаткуванням. До захисних пристроїв ставляться кожухи, якими закривають обертаючися частини пресів. Їх роблять відкидними для змінних зубчастих передач і пасових передач. Також всі частини преса, які перебувають ззовні корпуси, огорожуються ґратками. Ґратки обов'язково повинні мати пристрою, які забезпечать їхнє безпечне відкривання, зняття й переміщення. Якщо треба спостерігати за виконанням процесу в ґратках

роблять віконця. У спроектованому цеху заходу безпеки відповідають ДСТУ 12.3.026 – 91 „Роботи ковальсько-пресові. Вимоги безпеки”.

4.7. Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Проведемо розрахунок по визначенню кількості ламп, необхідних на окремій ділянці, при потрібнім висвітленні в 1000 лк.

Обираємо лампи типу УДП і ДРЛ. Коефіцієнт відбиття від даху $p_d=50\%$, коефіцієнт відбиття від стін $p_c=30\%$, коефіцієнт відбиття від підлоги $p_n=10\%$. Розміри цеху 48*72*8 р.

Визначаємо індекс приміщення „i” за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)},$$

де A - ширина приміщення, м;

B - довжина приміщення, м;

H_p - висота приміщення, м.

$$i = \frac{48 \cdot 72}{8 \cdot (72 + 48)} = 3,6.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3=1,5$ і коефіцієнт нерівномірності висвітлення $z=1,15$.

При індексі приміщення $i=3,6$ коефіцієнт використання $\eta=62\%$.

Приймаємо кількість світильників $N_p = 50$.

Тепер визначимо необхідний світовий потік ламп у кожному ряді за формулою:

$$\Phi_p = \frac{100 \cdot E_n \cdot z \cdot K_z \cdot S}{N_p \cdot \eta},$$

де E_n - необхідна освітленість у цехи, лк;

S - площа цеху, м².

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 3456}{50 \cdot 0,62} = 192309,67 \text{ лк.}$$

Необхідна кількість світильників обчислюється за формулою:

$$N = \frac{\Phi_p}{n \cdot \Phi_d},$$

За світловим потоком обираємо світильники Г125-135-1000. Відхилення від світлового потоку буде рівняти:

$$\Delta = \frac{192309,67 - 180290}{180290} \cdot 100\% = 6,6\%.$$

Небезпекою для людини також може стати гуркіт, що спричиняється при ударах верхньої частини штампа в нижню. Індивідуальним засобом захисту можуть стати навушники або шоломи.

Вібраційні явища від роботи пресів, транспортних засобів негативно впливають не тільки на організм людини, а й на всі механізми, які є на ділянці. Щоб зменшити або зовсім ліквідувати ці явища робимо під пресами спеціальний фундамент, що складається з декількох шарів.

Найголовніша мета, що ставиться при проектування будь-якого промислового об'єкту - це збереження здоров'я працівників, тому будь-які порушення санітарно-гігієнічних норм потрібно не залишати від уваги. Санітарно-побутові приміщення цеху на площі якого розташована спроектована цех відповідають СНіП 2-09.08-84 „Санітарно-побутові приміщення”.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі розроблений і описаний проект ділянки поковки в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь». Об'єктом дослідження є ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН. У загальній частині розглянута характеристика, основне і допоміжне устаткування, проаналізований діючий технологічний процес і варіанти його реконструкції. Ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН є ділянкою з високим ступенем механізації. У даній кваліфікаційній роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей, вона призначена для оперативного контролю основних параметрів і оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних значень технологічних параметрів.

Далі проведений розрахунок технологічних операцій, трудомісткості виготовлення поковок. Розроблена маршрутна технологія, проведений аналіз можливих видів браку готової продукції.

У механічній частині кваліфікаційної роботи представлена робота і конструкції механізмів, вузлів, деталей. Проведені розрахунки допустимих зусиль головного виконавчого механізму.

У роботі з металознавство і термічна обробка металів як нагрівальний пристрій вибрана піч з черенем, викочування, раситаны характеристики печі і повне горіння природного газу. Так само приведені режими термічної обробки, мікроструктура і фазовий склад металу.

Далі розглянута організація виробництва і управління ділянки поковки. Розроблена схема управління на ділянці, баланс робочого часу, кількість працівників на ділянці, річний фонд оплати праці робочих.

У роботі розраховані режим роботи і фонди часу роботи устаткування і працівників, заробітна платня, собівартість продукції. Після розрахунку

економічної частини видно, що впровадження автоматизованої системи контролю і управління змінює наступні статті собівартості: зменшує витрати на паливо, енергію і допоміжні матеріали і збільшує витрати на зміст і експлуатацію устаткування, забезпечує економію енергоносіїв і скорочення втрат металу унаслідок чаду. Економічний ефект, одержаний від впровадження: 321200грн.

Далі описані заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища, по техніці безпеки, по виробничій санітарії і гігієні праці, по пожежній безпеці. Дані заходи забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Результати виконаною роботою в даній кваліфікаційній роботі бакалавра доцільно упровадити в технологічний процес виробництва поковок на ПрАТ «Дніпроспецсталь».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Серода Б.П. Обробка металів тиском : навчальний посібник. Запоріжжя.: ЗДІА, 2005. 243с.
2. Серода Б.П. Термическая обработка : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 2003. 270 с.
3. Серода Б.П. Металловедение и термическая обработка черных и цветных металлов : учебное пособие. Запорожье: ЗГИА, 2003. 264 с.
4. Серода Б.П. Металлография цветных металлов : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 1998. 215 с.
5. Серода Б.П. Теория строения жидкого, кристаллического и аморфного состояния вещества : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 2003. 206 с.
6. Чичко А.Н., Березин А.С. Моделирование процесса нагрева слитка в многозонной печи. *Сталь*. 2006. №1. С.46-47.
7. Миленин А.А., Динченко В.Н., Шрамко А.В. и др. Совершенствование технологииковки заготовок. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2005. №6. С.33-37.
8. Яндль К., Нарут Х.П., Райзингер П. и др. Требования к качеству при высокоэффективном производстве стали. *Черные металлы*. 2006. №2. С.65-73.
9. Валиев Р.З. Исламгалиев Р.К., Юнусов Н.Ф. Сверхпластичность металлических материалов, полученных методом интенсивной пластической деформации. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2006. №2. С.5-8.
10. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов*. Москва : Металлургия, 1993. 447с.
11. Желябіна Н.К., Беліченко А.Г., Бойко О.В. Організація та планування виробництва : учбово-методичний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 174 с.

12. Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. Москва : Металлургия, 1975. 536 с.
13. Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда” в дипломных проектах для студентов всех специальностей/ Составители: С.П. Панасейко, В.К. Тарасов, Ю.П. Павленко, В.Г. Рыжков, И.Г. Резниченко, Е.П. Павлова – Запорожье: Изд-во ЗГИА, 2002-56с.
14. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность предприятий черной металлургии. Москва: Металлургия, 1970. 240с.
15. Белов А.Ф., Розанов Б.В., Линц В.П. Общая штамповка на гидравлических прессах. Москва : Машиностроение, 1986. 240 с.
16. Булак В.Н., Добровольский И.Г., Овчинников П.С. Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов. Москва :Высшая Школа, 1978. 285 с.
17. ГОСТ 5950-73 Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия.
18. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. Совет: Семенов и др. Москва : Машиностроение, 1985. Т2. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка/ Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 568с.
19. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ Ред. Совет: Семенов и др. Москва : Машиностроение, 1985. Т2. Горячая штамповка/ Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 592 с.
20. Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей. Москва : Машиностроение, 1984. 127с.
21. Ковка слитков на прессах / Л.Н. Соколов, Н.М. Золотухин, В.Н. Ефимов [и др].; под ред. Л.Н. Соколова. Киев : Техника, 1984. 127 с.
22. Михеев В.А. Гидравлические прессовые установки. Москва : Машгиз, 1948. 362с.
23. Проектирование кузнечных и холодноштампованных цехов и заводов : учеб. пособие для ВУЗов. М: Высшая школа, 1977. 423с.

24. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства
Москва : Машиностроение, 1976. 245 с.
25. Ковка на молотах и гидравлических прессах. Л.Н. Петров. В.Ф.
Касатонов, И.З. Энтин; под общ. ред. П.В. Камнева и А.П.
Атрошенко. Ленинград : Машиностроение, 1980. 128с.
26. Рябичева Л.А. Расчет и конструирование нагревательных печей
кузнечного производства : учеб. пособие. Киев : УМК ВО, 1989. 103
с.
27. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка : учебник для ВУЗов.
Москва : Высшая школа”, 1972. 352 с.
28. Техническое нормирование работ по свободной ковке под
парогидравлическими прессами. Общемашиностроительные
нормативы времени. Москва : “Машгиз”, 1962. 110 с.