

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 поковки круглого перетину діаметром 250 мм зі сталі X12МФ на пресі зусиллям 32 МН»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1369-с

Забалуєв Михайло

Русланович

(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, Схема гідравлічного персу 32 МН, Заходи щодо зменшення витрат металу, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

6. Консультанти розділів проєкту (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 2021 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (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

\_\_\_\_\_ **М.Р. Забалуєв**  
 ( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник проєкту (роботи) \_\_\_\_\_ **А.В. Явтушенко**  
 ( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## РЕФЕРАТ

---

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи: \_\_\_с., 4 частин, \_\_\_рис, \_\_\_табл., 30 джерел.

Об'єкт розробки – Сталь Х12МФ

Мета роботи – розробка заходів по зниженню витрат металу під час обробки.

Результати роботи можуть бути використані при куванні сталі Х12МФ на пресі 32 МН в умовах ПрАТ ЗМК «Дніпроспецсталь». Розроблені технологічні операції зі сталлю Х12МФ що дозволило зменшити витрати металу під час кування. Описана конструкція пресу 32 МН. Розраховано зусилля преса для кування сталі Х12МФ.

У частині «Охорона праці та техногенна безпека» описані основні заходи для безпечних умов праці на стані.

**ПОКОВКА, ПРЕС, КПЦ, КУВАННЯ, ОСАДКА, ДЕФОРМАЦІЯ, ОБТИСКАННЯ, ПРИПУСК, БОЙКІ, ПЕЧІ, ЗАГОТОВКА**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА .....	8
1.1. Характеристика цеху.....	9
1.2. Сортамент преса.....	10
1.3. Технологічний процес кування.....	14
1.4 Аналіз причин що ведуть до втрат металу в умовах ковальсько-пресового цеху.....	24
1.5. Заходи щодо удосконалення процесу нагріву.....	26
1.6. Охолодження та термообробка поковки.....	32
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	33
2.1. Розробка креслення поковки.....	33
2.2. Розробка технологічних процесів.....	35
2.2.1. Визначення ваги і розмірів заготовк.....	35
2.2.2. Розрахунок технологічних операцій.....	36
2.2.3. Розрахунок продуктивності пресу.....	41
2.4. Організаційні питання.....	42
2.5. Техніко-економічні показники.....	44
2.5.1. Розрахунок штату робітників.....	44
2.5.2. Розрахунок річного фонду платні робітників.....	48
2.5.3. Розрахунок річної виробничої програми пресу.....	52
2.5.4. Розрахунок річної виробничої програми.....	56
2.5.5. Розрахунок економічного ефекту від впровадження обладнання.....	62
3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	63

3.1. Технічна характеристика обладнання преса.....	63
3.2. Вибір технологічного обладнання.....	66
<b>4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....</b>	<b>69</b>
4.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації гідравлічного пресу 32 МН.....	69
4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	73
4.2.1. Мікроклімат.....	74
4.2.2. Склад повітря робочої зони.....	75
4.2.3. Виробниче освітлення.....	76
4.2.4. Виробничий шум.....	76
4.2.5. Виробничі вібрації.....	77
4.2.6. Виробничі випромінювання.....	78
4.3. Пожежна безпека.....	78
4.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі.....	79
4.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту.....	80
4.4. Охорона навколишнього середовища.....	80
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>83</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>85</b>

## ВСТУП

ПрАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» – найбільше підприємство України по виробництву якісної сталі й сплавів. 10 жовтня 1932 року випущена перша плавка електросталі, що й з'явилося початком біографії заводу. Уже в передвоєнний період він досяг проектної потужності. У роки другої світової війни Завод був евакуйований у Сибір.

У жовтні 1948 року на відновленому в місті Запоріжжя заводі видана перша післявоєнна плавка сталі, а в 1953 році завод уже перевищив свою довоєнну потужність.

У наступні роки з урахуванням збільшених вимог до якості в машинобудівній, хімічній, ракетній промисловості, авіації й суднобудуванні з'явилося виробництво електрошлакового й вакуумно-дугового металу, великогабаритних кувань методом вільного кування на пресах, холоднотягнутої (каліброваної) сталі, газокисневе рафінування корозостійкої сталі, порошкова металургія, обробка металу на установці «піч-ківш», вакуумування металу на сучасному рівні.

За роки роботи освоєне виробництво понад 800 марок сталі й 1200 профілів розмірів прокату з якістю, що задовольняє вимоги споживачів, серед яких і відомі закордонні фірми.

Продукція, що випускається, сертифікована Суспільством Технічного Нагляду «ТЮФ» (Німеччина). Постійна робота, спрямована на підвищення якості, одержала підтвердження у вигляді сертифікатів Регістра Ллойда, Германишер Ллойд, Норске Веритаса й Авіаційного реєстра.

Постійно з огляду на вимоги світового ринку, відбувається своєчасне коректування планів виробництва й номенклатури продукції. Сприятливе

географічне розташування й розвинена мережа транспортних комунікацій сприяють успішній роботі заводу.

З метою підтримки рівня виробництва, підвищення якості продукції, заводом проводиться робота з реконструкції сталеплавильних і цехів ОМТ. Передбачено й здійснюється заміна існуючих електросталеплавильних печей на печі нового покоління, установка агрегатів позапічної обробки сталі, заміна дрібносортих станів лінійного типу на сучасні, із клітьми підвищеної твердості, заміна адьюстажного встаткування.

«Дніпроспецсталь» виробляє більше 800 марок сталі в 1200 профілерозмірах. Компанія постійно модернізує виробничі потужності, освоює нові технології, встановлює новітнє устаткування, що дозволяє випускати високоякісну продукцію.

Виробничий процес на ДСС - це оптимальне сполучення сучасних технологій і методик, що забезпечують високі якісні показники, що задовольняють вимогам численних споживачів продукції.

Технологічна схема виробництва містить у собі оптимальне сполучення різних процесів, що дозволяють одержувати якісну продукцію із заданими властивостями по індивідуальним замовленням споживачів.



# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1. Характеристика цеху

Ковальсько-пресовий цех є підрозділом електрометалургійного заводу «Дніпроспецсталь» ім.А.Н.Кузьміна з неповним циклом виробництва металопродукції.

Виробничо-господарська діяльність цеху регламентується стандартами, положеннями, бізнес-процесами підприємства. Документація на поставку продукції: ГОСТи, технічні умови, експортні протоколи на поставку, протоколи узгодження умов поставки металопродукції.

Ковальсько-пресовий цех обладнаний гідравлічними пресами з номінальним зусиллям 60 і 32 МН. Преси обладнені маніпуляторами вантажопідйомністю 10т і 5т, відповідно.

Є ділянки термообробки і ультразвукового контролю з сучасними приладами.

Для нагріву злитків і заготовок перед куванням в цеху встановлені нагрівальні печі.

Для термообробки поковок встановлені три термічні печі з зовнішньою механізацією з корисною площиною подини 18,3м<sup>2</sup>і максимальною масою садки 30 т кожна.

Абразивне зачищення квадратних поковок здійснюється на станках моделі ВС-151 і Ш7-37. Абразивне зачищення смугових профілів здійснюється на станку моделі 272ПС.

Для обдирки круглих поковок в цеху встановлено 11 токарно - здиральних станків РТ - 504 і один безцентрово - здиральний станок

моделі 9340.

Обробка сторін шайб здійснюються на карусельних станках і агрегаті для абразивної зачистки шайб 2806ПС.

Сферашайб зачищається на абразивних станках: ручному і 2806ПС. Різання поковок на необхідні величини, а також їх торцювання здійснюються на анодно - механічних станках (АМС) і пилах холодного різання.

Ультразвуковий **контроль** поковок здійснюється **за** допомогою переносних **устаткувань** УДМ(1М), УДМЗ, ДУК-66П, УД-1ОУЛ та інших по ТУ КП-10.

Для контролю і здачі продукції на ад'юстажі знаходяться спеціальні столи. Транспортування металу здійснюється за допомогою електромостових кранів і 5 трансферкарних візків з вантажопідйомністю 25т кожна. [8]

## 1.2. Сортамент преса

Сортамент продукції, що випускається: поковки круглого і квадратного перетину розміром від 200 до 500 мм, сляби розміром 120-300 300-800 мм і шайби діаметром 400-1100 мм з конструкційних, інструментальних, корозійностійких сталей, прецизійних і жароміцних сплавів різних способів виплавки.

Розміри (середнє перетин) і вага зливків:

590мм вага 3,6т;

630мм вага 4,3т;

700мм вага 6,5т;

700мм вага 7,2т.

Зливки електро-шлакового переплаву (ЕШП):

565мм середня вага 4,3т;

∅ 800мм масою

5,6-6,0т.

Вакуумнодугового переплаву (ВДП) (надходять з СПЦ-5):

Ø 630мм з обдиранням на коло 580мм і масою 4,5 - 6,0т;

Ø 500мм з обдиранням на коло 480мм і масою 2,5 - 3,8т;

Ø 500мм масою 1,6 - 2,0 т; Ø 370мм масою 0,9 - 1,1т.

З цеху порошкової металургії надходять пресування Ø 460мм середньою масою 1,8 т згідно ВЗТУ 143-17

У КПЦ здійснюється деформаційний переділ конструкційних, інструментальних, нержавіючих, швидкорізальних, прецизійних сплавів, жароміцних плавів. [8]

Конструкційна сталь, що йде на виготовлення деталей машин. Конструкційна сталь, як правило, у споживача піддається термічній обробці. Тому конструкційні сталі поділяються на цементуємі (піддаються цементації) і покращувальні (піддаються загартуванню та відпуску, практично не обов'язково високого).

Близькі за складом до конструкційних сталей, але які не призначаються для термічної обробки у споживача, об'єднуються в групу так званих будівельних сталей (вони в основному застосовуються в будівництві).

- конструкційні вуглецеві - 20-60

- конструкційні низьколеговані - 17ГС, 09ГС, 10ХСНД

- конструкційні леговані - 20Х-50Х, 20ХГР, 18ХНМА, 20ХНА, 30ХГСА

- конструкційні теплотривкі - 12ХМФ, 25ХМФ, 15ХМ, 15ХМ

- конструкційні підшипникові - ШХ, ШХ, ШХСГ

- конструкційні ресорно-пружинні - 65, 65Г, 55С, 50ХФА

Інструментальні сталі, що йдуть на виготовлення ріжучого, вимірювального, штампового і іншого інструменту. Інструментальні сталі умовно поділяються на наступні чотири категорії: вуглецеві, леговані, штампові та швидкорізальні.[9]

- інструментальна вуглецева - У7 (А) - У13 (А)

- інструментальна легована - 9х1, 9ХС, ХВГ, 9ХВГ

- інструментальна штампове - Х12, 4Х5МФС, 3Х3М3Ф, 5ХВ2СФ

- інструментальна валкова - 60ХН, 90ХФ, 55х, 45ХНМ

- інструментальна швидкоріжуча - Р6М5, Р18

Стали і сплави жаростійкі, жароміцні, зносостійкі стали - 40Х9С2, 08Х13, 20-40Х13, 12Х18Н10Т, 20Х23Н18.

сплави - 06ХН28МДТ (ЕІ943), ХН77ТЮР (ЕІ437Б), Х20Н80

До сталей і сплавів з особливими властивостями відносяться сталі, що володіють яким-небудь різко вираженим властивістю: нержавіючі, жароміцні і теплотривкі, зносостійкі, з особливостями теплового розширення, з особливими магнітними і електричними властивостями.

У ряді випадків ці стали містять таку велику кількість легуючих елементів, що їх потрібно зараховувати ні до сплавів заліза (тобто до сталей), а до складних багатокомпонентних сплавів. Однак чіткої межі між такими сплавами і сталями немає (прийнято умовно, (ГОСТ 5632-14), що якщо сума легуючих елементів перевищує 55%, то такий сплав не називають сталлю). Більш того, деякі з таких сплавів можуть зовсім не містити заліза, хоча за властивостями і призначенням вони близькі до сплавів, в яких основний елемент - залізо.

Розглянемо хімічний склад і властивості марки стали, для якої ми розроблятимемо схему виробництва поковок. Це буде інструментальна штампова сталь марки Х12МФ. Її хімічний склад міститься у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Х12МФ згідно з ГОСТ 5632-72

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
1.5	0.25	0.3	до 0.35	до 0.03	до 0.03	11.0-12.5	0.4-0,6	0.15-0,3	до 0.3

Вид поставки: поковки та ковані заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 18968, ГОСТ 25054-81.

Призначення - деталі з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням (клапани гідравлічних пресів, предмети домашнього вжитку), а також вироби, що піддаються дії слабоагресивних середовищ (атмосферні опади, водні розчини солей органічних кислот при кімнатній

температурі і інші), лопатки парових турбін, клапани, болти і труби. Сталь корозійно-стійка і жаростійкий феритного класу

Таблиця 1.2 - Механічні властивості

ГОСТ	Стан поставки, режими термообробки	Січення, мм	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\Psi$	КСУ, ДЖ/см <sup>2</sup>	НВ, не більше
			МПа		%			
			Не менше					
25054-81	Поковки. Загартування 1000-1050°C, масло. Відпустка 700-750°C, масло	До 1000	392	539	14	35	49	187-229

Профільний сортамент цехувключає поковки круглого, квадратного і прямокутного перерізу, а також шайби й міститься в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Профільний сортамент КПЦ

Форма поперечного перетину поковок	Позначення	Розміри поперечного перетину, мм	Довжина поковок, мм
Кругла(без обдирки)	Діаметр	Від 140 до 550	Від 1000 до 4000
Кругла(з обдиркою)	Діаметр	Від 140 до 500	Від 1000 до 4000
Квадратна	Сторона квадрату	Від 180 до 450	Від 1000 до 4000
Прямокутна	Товщина	Від 120 до 300	Від 1000 до 4000
	Ширина	Від 300 до 800	—
Шайби	Діаметр торця	Від 400 до 1200	—
	Висота для усіх марок сталі	Від 100 до 300	—

Технологічні властивості:

Температура кування початку 1220, кінця 850°C. Перетин до 300мм охолоджуються в штабелях на повітрі.

Зварюємість - обмежена свариваємость. Способи зварювання: РСД, під флюсом, АрДС і КТС. Підігрів та термообробка приміняються в залежності від методу зварювання, виду і призначення конструкції.

### **1.3. Технологічний процес кування**

До технологічного процесу кування входить в різному поєднанні, зокрема і в послідовності ряд кувальних операцій, з яких основними є осадка, протяжка.

Осадкою називається операція, при якій збільшуються розміри поперечного перерізу заготовки за рахунок зменшення її висоти.

При осаді зливка, як і при протягуванні, але в меншій мірі, відбувається руйнування литої дендритної структури. Осадка, що застосовується перед протяганням, зменшує анізотропію механічних властивостей металу зливка. При виготовленні поковок зі сталі карбідного класу осадка разом з протяжкою забезпечує подрібнення карбідів і більш рівномірний їх розподіл. Волокна, спрямовані уздовж осі осаджувальної заготовки, прагнуть при осіданні прийняти радіальний напрям. Тому осадка підвищує механічні властивості металу заготовки в радіальному напрямку. [3]

Осадка необхідна також для отримання поковок з великими поперечними перетинами з заготовок меншого поперечного перерізу.

Циліндрична заготовка після осідання на плоских бойків, як відомо, не залишається циліндричної. Тертя між бойками і заготівлею перешкоджає плинності металу в радіальному напрямку безпосередньо на торцях і поблизу них. У міру віддалення від торців вплив зовнішнього тертя зменшується, і метал тече вільніше, внаслідок чого під час опади циліндрична заготовка приймає бочкоподібний вид.

При осаді заготовки квадратного перетину процес ускладнюється тим, що, підкоряючись закону найменшого опору, метал раздається внапрямку діагоналей менш інтенсивно, ніж у напрямку сторін квадрата, і квадратний перетин заготовки поступово перетворюється в круглий. [3]

Застосування того чи іншого інструменту залежить від обраного способу осадки. Основні способи осадки: на універсальних плоских бойків, на спеціальних осадкових плоских або сферичних плитах і в кільцях. Бойки для молотів виготовляють зазвичай кованими з сталей 50 і 60 або з штампових сталей типу 5ХНТ, 5ХНМ та ін. Бойки та плити для пресів - литими або кованими зі сталі 35 або 50.

Осадка застосовується коли необхідно: отримати поковки або ділянку її з поперечним перерізом, більшим, ніж перетин заготовки або злитка; збільшити уковування; зменшити анізотропію механічних властивостей і поліпшити ці властивості в осьовому і поперечних напрямках поковки; більш рівномірно розподілити і подрібнити карбіди в сталях карбідного класу; вирівняти торцеві поверхні заготовки. [2]

Осадкою з метою збільшення уковування, зменшення анізотропії механічних властивостей слід користуватися з урахуванням того, що уковування позитивно впливає до певної межі і що поліпшення механічних властивостей в поперечних напрямках призводить до зниження їх в осьовому напрямку. Нерівномірність нагрівання сприяє в процесі осадки викривлення поздовжньої осі і зсуву ліквацийних зон. Зливки з підкірковими дефектами треба попередньо обжимати для заварки останніх, щоб запобігти їх розтин в процесі опаді. [1]

Уков визначається числовим показником:

$$y = F_0 / F ,$$

де  $F_0$  і  $F$  відповідно вихідна і кінцева площа поперечного перерізу заготовки (зливка).

Ступінь деформації при осіданні виражається у відсотках:

$$e = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\%,$$

де  $H_0$  і  $H_1$  відповідно вихідна і кінцева висоти заготовки.

У звичайних умовах осадку в результаті нерівномірності деформації заготовки набуває бочкообразну форму. Щоб уникнути поздовжнього вигину (викривлення) не рекомендується осадку заготовок із співвідношенням висоти до діаметра або меншій стороні перетину більше 2,5. [2]

Протяжкою збільшують довжину заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу. Протяжка - послідовні обтиск заготовки поперек її осі по окремих суміжних ділянках з кантуванням навколо осі або подачею уздовж осі після кожного обтиску. Довжина обтискаємої ділянки визначається величиною подачі. При протягуванні на плоских бойків заготовку прямокутного перетину кантують зазвичай на  $90^\circ$ . Два послідовних обтиска з проміжним кантуванням на  $90^\circ$  називають переходом протягання. Кожен перехід можна розглядати як дві опади, що виконуються в двох взаємно перпендикулярних напрямках. [13] При цьому в поперечному перерізі заготовки зони утрудненою деформації і зони середньої інтенсивності деформації після кожної кантування міняються місцями. В результаті кінцева деформація в поперечному перерізі більш однорідна і метал проковувати краще і більш рівномірно, ніж при звичайній осаді. У той же час осадку при протягуванні відрізняється від звичайної опади наявністю на кордонах осаджуваної ділянки невіддатливих впливу бойків (недеформованих) частин заготовки, які стримують розширення в граничних зонах і тим самим збільшують неоднорідність деформації по довжині заготовки. [1]



Величину обтиску при протягуванні встановлюють таку, щоб уникнути критичні ступеня деформації. Якщо ж пластичність металу не обмежує ступінь обтиску, то необхідно враховувати наступне. Щоб уникнути поперечних затискачів подача при протягуванні повинна бути не менше висоти, утвореною при обтиску. Крім того, при утворенні занадто високих ступенів в місцях переходу до необтискаємої ділянці на бічних поверхнях обтикаємої ділянки виникають значні напруження розтягу, здатні привести до поверхневих розривів. [10]

Основні способи протягання: на універсальних бойках, на протяжних плоских і вирізних бойках. Протяжка переважно застосовується як формотворча операція, а також як операція, яка сприяє заварюваності внутрішніх дефектів (пустот) і покращує механічні властивості металу в осьовому напрямку заготовки.

Для забезпечення при протягуванні більш рівномірною деформації по перетину і довжині, а також для кращого заковування внутрішніх дефектів (пустот), необхідно дотримуватися таких умов:

1. Відносну подачу треба приймати в межах:

$$\frac{L}{H} = 0,5 \div 0,8;$$

де L - величина подачі;

H - розмір вихідного перетину в напрямку прикладення зусилля. [3]

2. Для попередження утворення затисків і заковів величина подачі повинна бути більше величини обтиснень. Подача при куванні повинна забезпечити перекриття деформованих ділянок.

Марочний сортамент продукції, що випускається передбачає наступні види термообробки: відпал, протифлокенова обробка, гартування з відпуском, гартування, відпуск.

Технологія кування зливків, пресувань і заготовок на пресах.

Перед посадкою на нагрів пресувань з вихідної товщиною обичайки 5мм під поковки смугового перетину зі строганою поверхнею роблять суцільну процес шліфування пресувань на глибину від 1,5 мм до 3,5 мм.

Кування зливків, пресувань і заготовок повинна проводитися на справному обладнанні, справним інструментом за узгодженими з ЦЗЛ, техвідділом і затвердженим заступником технічного директора (за технологією) картам кування. Дозволяється на підставі затверджених карт кування розробка індивідуальних технологічних схем. [17]

Нагрівання зливків, пресувань і заготовок під ковку і температура кінця кування повинні відповідати технологічній інструкції ТІ 143-КП-3 і ТІ 143-КП-19.

Кування злитків, пресувань і заготовок на поковки квадратного і прямокутного перетинів здійснюється на плоских і похило-паралельних бойках, на поковки круглого перетину - в вирізних, комбінованих (нижній різьблений, верхній плоский) бойках. [12]

Робоча поверхня бойків повинна бути гладкою, без грубих надривів і тріщин.[19]

Робочі кромки плоских, вирізних або комбінованих бойків виконують у вигляді заокруглення. Радіус заокруглення ( $R$ ) повинен бути не менше половини максимальної величини обтиснень ( $\Delta h$ ) за хід преса ( $R \geq 60$  мм).

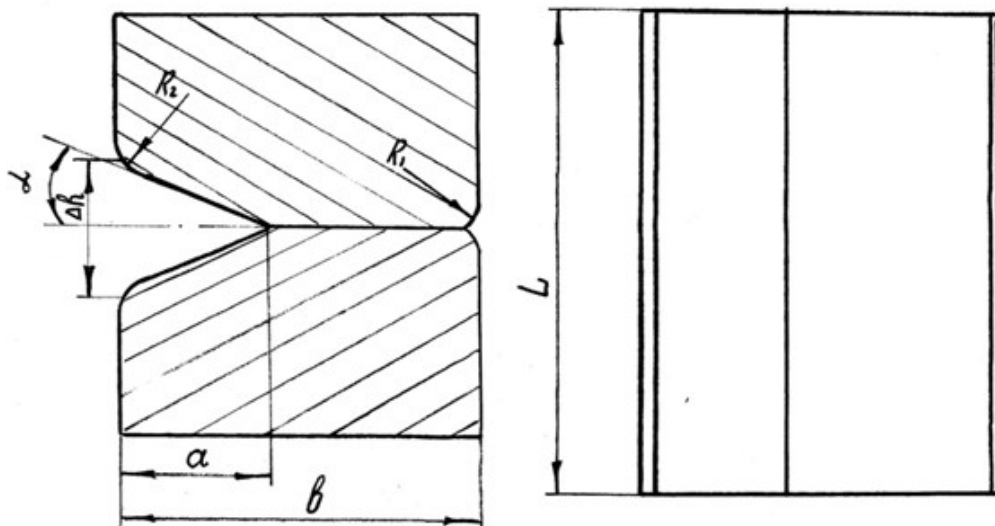


Рисунок 1.1 – Ескіз вирізних бойків

Вирізні бойки вибирають з такого розрахунку, щоб відношення діаметра (сторони квадрата) вихідного злитка, пресування або вихідної заготовки до діаметра бойків не перевищувало: - для жароміцних і прецизійних сплавів - 1,5; - для інших марок сталей - 1,75.

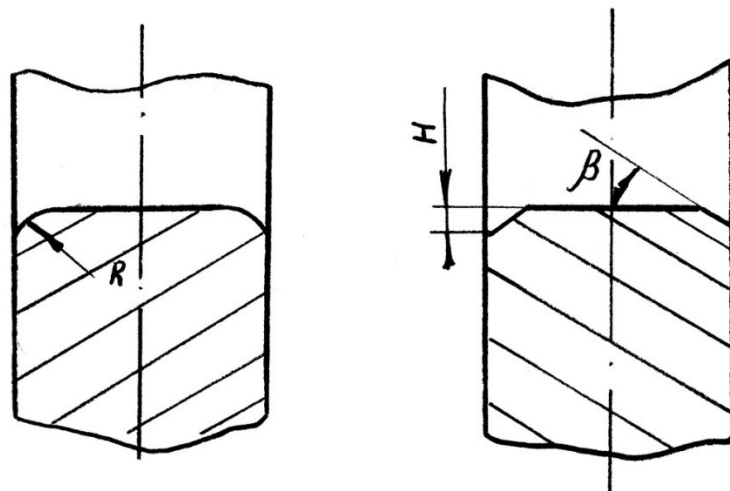
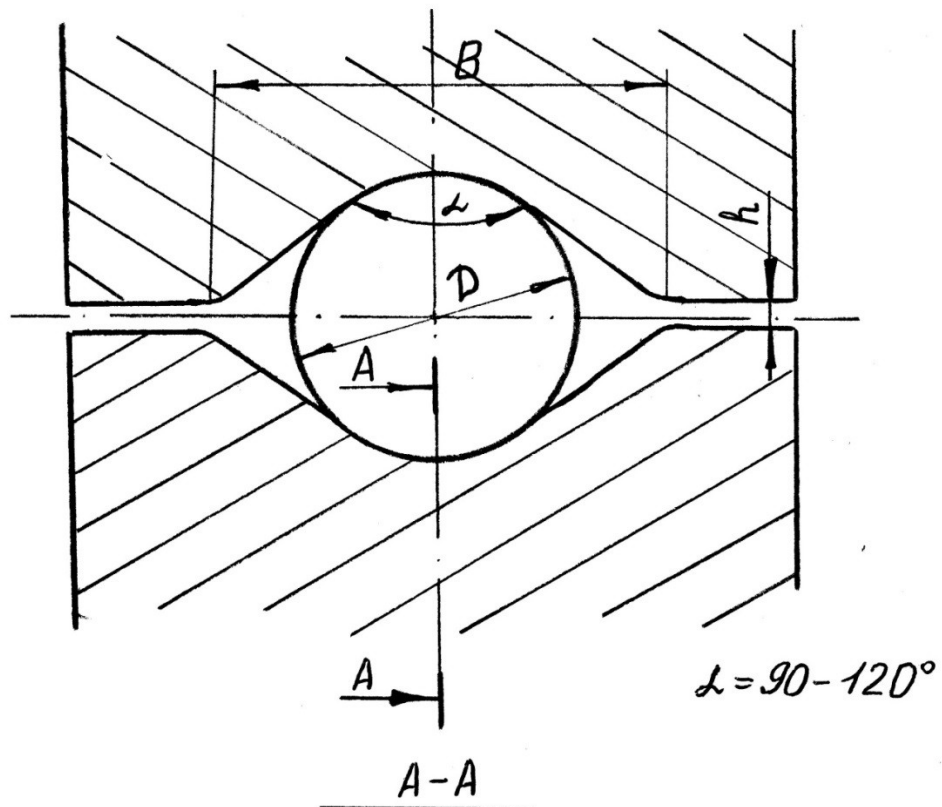


Рисунок 1.2 – Ескіз похило-паралельних бойків (на вигляді зверху показаний один нижній бойок)

Кування цапфи проводиться в вирізних, комбінованих, похило-паралельних або плоских бойків. Розміри цапф: коло, квадрат від 150 мм до 500 мм, довжина від 350 мм до 600 мм. Обтиску при куванні цапфи вибираються в залежності від пластичності стали (сплаву), але не більше 200 мм за хід преса. Температуру кінця кування цапф не контролюють. [24]

Вимірювання виконують, використовуючи кронциркуль, пруток і штрихову міру довжини.

Ковку зливків слід починати невеликими обтискуваннями (від 3 до 4 проходів):

- до 15 мм за хід преса - для сплаву ЕП742-ПД;
- до 20 мм за хід преса - для низькопластичних сплавів типу ЕП199-ВД, ЕП202-ВД, швидкорізальних сталей, стали ЕІ347 (М), сплаву ЕП630 і інструментальних сталей типу Х12;
- до 30 мм - для сталей ДІ65, ЕП667 і інших жароміцних сплавів;
- до 50 мм для прецизійних сплавів;
- до 80 мм - для інших високопластичних сталей 9Х, 40ХН, 45, 08-12Х18Н10Т і ін.

Подальше кування здійснюється з обтискуваннями за хід преса:

- до 15 мм - для сплаву ЕП742-ПД;
- до 50 мм - для швидкорізальних сталей, ЕІ347 (М), жароміцних сплавів, сплаву ЕП630, сталей ДІ65, ЕП667, інструментальних сталей типу Х12;
- до 120 мм на плоских бойків і до 100 мм на вирізних бойків - для конструкційних сталей СТ3, 10-45, 9х1, 40Х (М), 30ХГСН (2) А, 40ХГНМ, СП-28 і інструментальних ДІ22, ДІ23, 5ХВ2С, 4Х5МФС, 4Х5В2ФС (ЕІ958), ДІ-32 (Ш), нержавіючих ЕП56-Ш, ЕП310-Ш, ЕІ580, типу 08-12Х18Н10Т і прецизійного сплаву 29НК; [8]
- до 80 мм - для інших сталей і сплавів.

Контроль одиничних обтиснень при куванні на пресах здійснюється за штриховий мірою довжини.

Для отримання смугових профілів шириною більше 600 мм допускається подача на ширину бойка.

Максимальна величина подачі при куванні злитків і заготовок похило-паралельними бойками повинна бути не більше (а-50) мм (рис.4). У разі появи під час кування на поверхні металу прогресуючих рванін або тріщин ковку необхідно припиняти, а метал додатково підігрівати або передавати на проміжну зачистку. Подальшу ковку жароміцних сплавів і швидкорізальних сталей слід проводити з обтисканнями до 30 мм, інших сталей і прецизійних сплавів - до 50 мм. [31]

Окремі грубі поверхневі дефекти (тріщини, рваніни та ін.), виявлені на квадратної заготівлі в процесі кування, підлягають вирубці на пресах за допомогою допоміжного інструменту (Ройко, коготок і ін.). Місця, в яких вирубані дефекти, повинні мати плавний перехід.

Ковку смугових профілів інструментальних сталей ледебуритного класу типу Х12 виробляють через проміжну заготовку з зачисткою дефектів. Дозволяється проводити ковку смугових і квадратних профілів на кінцевий розмір без проміжної зачистки за умови повної відсутності дефектів та забезпечення необхідних розмірів. [32]

Заготовки, що мають суцільні грубі дефекти (тріщини, рваніни і ін.), які розосереджені по поверхні, виносять на комісію по браку і за рішенням комісії призначаються на абразивну зачистку.

Охолодження і термообробка (якщо це потрібно) заготовок, призначених на абразивну зачистку, проводиться за технологічними інструкціями ТІ 143-КП-6, ТІ 143-КП-7 і ТІ 143-А-1. [36]

Осадка зливків і заготовок проводиться на осадкових плитах. При цьому відношення висоти до діаметру (сторони) для заготівлі не повинна перевищувати за умовами стійкості 2,5, для злитка - 2,8. Дозволяється осадка

пресування. При осаді зливків, пресувань і заготовок застосовують дробову деформації. Величина одиничного обтиску за хід преса при осаді:

- не більше 70 мм - для сплавів EI698-ВД, ЕП742-ПД;

- не більше 120 мм - для інших жароміцних сплавів і сталей EI696(А), ЕП33-ВД;

- не більше 200 мм - для інших сталей;

- не більше 80 мм - для металу МП.

Нагрівання, відбір, ковку і охолодження проб з ЖПС в КПЦ для здавального контролю виробляють по ТІ 143-КП-10.

Допуски на розміри поковок встановлюються відповідно до ГОСТ 7062, ТІ 143-КП-2, технічними умовами або специфікаціями.

Припуск на обдирання і зачистку (різниця між мінімальним поковочним і максимальним здавальних розмірами) повинен забезпечувати знімання не менше:

- 15 мм на сортових поковках ЖПС з обдертих злитків ВДП;

- 25 мм на сортових поковках ЖПС з злитків ОДВ і з необідраних зливків ВДП;

- 15 мм на сортових поковках із злитків ОДВ, ВДП, ЕШП, МП інших сталей і сплавів.

Відхилення по масі на поковки-шайби встановлюють відповідно до ТІ 143-КП-2.

Припуск на обдирання і зачистку кованої передільної заготовки призначають відповідно до ВЗТУ 143-15.

У процесі кування з робочої поверхні бойків видаляють окалину. [34]

Рубку поковок квадратного і прямокутного перетинів виробляють на плоских і похило-паралельних бойках, круглого перетину - в комбінованих бойках за схемою:

- а) провести надрубку поковки з одного боку на глибину від 20 мм до 60 мм;

б) кантувати поковки на  $180^\circ$  до повного прилягання поверхні поковки до бойку, надрубати на глибину від 20 мм до 60 мм;

в) кантувати поковки на  $90^\circ$ . Квадратні і прямокутні перетини надрубати на глибину  $2/3$  висоти, а круглого перетину - на 20 мм - 30 мм перевищує  $1/2$  діаметра;

г) кантувати поковки на  $180^\circ$  до повного прилягання поверхні поковки до бойку і остаточно рубати її.

Глибину надрубання контролюють по штриховий мірі довжини, встановленої на пресі, кут повороту поковок не контролюють.

Перед початком опади шайб з жароміцних сплавів спеціальні осадові плити підігрівають в печі при температурі  $(900 \pm 50)^\circ\text{C}$  протягом від 3 год до 5 годин. Осадові плити піддаються перешліфовуванню після осідання не більше 150 шайб. Перед початком опади заготовок сплаву ЕП742-ПД проводиться підігрів kern шаржує-машини в печі при температурі  $(1150 \pm 20)^\circ\text{C}$  протягом від 15 хв до 20 хв. Керна замінювати у міру їх холонення. [24]

Перед початком кування інструмент (бойки, осадові плити) підігрівати відповідно до таблиці 3. Перед початком кування сплаву ЕП742-ПД бойки підігрівати в печі при температурі  $(900 \pm 50)^\circ\text{C}$  не менше 3 годин. [15]

При охолодженні осадових плит або бойків до темно-червоного кольору проводиться їх підігрів в печі при температурі  $(900 \pm 50)^\circ\text{C}$  протягом не менше 20 хв. або попередньо підігрітою до температури не менше  $1180^\circ\text{C}$  спеціальної заготівлею, покладеної між зімкнутими плитами, протягом не менше 15 хв. [39]

Допускається підігрів бойків виробляти нагрітим металом (обріз) з температурою не нижче  $800^\circ\text{C}$  протягом не менше 30 хв. [36]

У процесі кування в проміжних профілях квадратного перетину проводиться забивання кутів. Обтиску при забиванні кутів не менше 15мм за хід преса.

Поверхня поковок повинна бути рівною, без заковів і вм'ятин. Після кування на заданий розмір поковки правляться на пресах. Правку

виробляють на правильній плиті верхнім бойком, рухом столу, яких припускаються обтиску при виправленні до 10мм. [25]

Виправлення сортових поковок і переробної заготовки після термообробки в холодному стані проводиться на установці УПП-1500 по ТИ 143-КП-20. Дозволяється проводити правку сортових поковок на кувальних пресах. Круглі поковки правлять в жолобі, а квадратні і смугові профілі - на правильній плиті. Щоб уникнути поломки маніпулятора вісь поковки повинна бути паралельна площині правильної плити або жолоба, а в момент натискання преса захоплення головки маніпулятора має бути ослаблене.

Ковку зливків і осадку шайб зі сплаву ЕП742-ПД виробляти під особистим наглядом начальника зміни або майстра кування і старшого контролера ВТК.

Температура кінця кування контролюється стаціонарними пірометрами, встановленими на пресах, і оптичним пірометром працівниками цеху: [38]

- а) жароміцні сплави на кожній плавці при кожному винесенні;
- б) інші марки стали не менше 20% поковок від кожної плавки;
- в) результати вимірів температури заносяться працівниками цеху в робочу карту.

Поковки повинні маркуватися методом гарячого таврування відповідно до технологічної інструкції ТИ 143-КП-5. [8]

Зливки, що надходять з СПЦ № 1, 2, 3, 5 в КПЦ повинні відповідати ВЗТУ ТИ 143-14. Поставка здійснюється згідно з графіком виплавки.

Зливки відкрито-дугової виплавки (ВДВ) надходять з СПЦ 1, 2, 3. Для забезпечення мінімально можливого вмісту водню в металі в СПЦ-3 застосовується вакуумування металу.

#### **1.4. Аналіз причин що ведуть до втрат металу в умовах ковальсько-пресового цеху**



Втрати металу під час технологічного процесу при виготовленні поковки неминучі. Основними причинами втрати є: втрати під час нагрівання (окаліноутворення, угар металу), втрати під час зачищення готових поковок, брак кування, втрати на просічку.

З точки зору економічного ефекту зменшення втрат металу є дуже доцільним, оскільки це приведе до зменшення собівартості готової продукції, особливо якщо взяти до уваги вартість металу з якою виготовляють поковки. [28]

Таким чином, якщо вдосконалити технологію нагрівання; кування та зачищення металу можливо знизити його витрати. [39]

Нагрівання металу перед куванням це найголовніша технологічна операція, що напряму впливає на якість готової продукції, та розход металу.

Технологічний процес нагрівання виглядає наступним чином:

- 1) нагрів зі швидкістю не більше  $60^{\circ}\text{C}$  в годину до  $1200^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) витримка при температурі  $1200^{\circ}\text{C}$  - 2 години;
- 3) зниження температури до  $1160^{\circ}\text{C}$  і витримка не менше 3 годин;
- 4) видача на кування.

Серед основних чинників, що впливає на втрати металу є процес окаліно утворювання та угар. [40]

Окаліна утворюється прямою дією кисню при нагріванні на повітрі металу. Окаліноутворення найбільш активно починається одразу з  $800-900^{\circ}\text{C}$  і досягає максимуму при  $1250-1350^{\circ}\text{C}$ . Основними окислювачами в пічних газах є  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{SO}_2$ . Відновлювальні гази –  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та нейтральний  $\text{N}_2$ . У відновлювальній атмосфері також утворюється окаліна, але більш міцна.

Міцність окаліни залежить від хімічного складу сталі і режиму нагріву. На хромонікелевих і меднистих сталях окаліна міцно з'єднується з металом.

Угар це втрата металу в результаті окислення. При нагріванні нікелевмістних сталей насичення поверхні металу сірої може привести до

утворення легкоплавку сірчистої евтектики, яка при прокатці дає рванини і тріщини. [40]

Зменшують окислення і угар металу застосування швидкісного нагріву, а також безокисного і малоокисного нагріву (коефіцієнт надлишку повітря 0,5-0,8). Використовують іноді обмазки і покриття для нагрівання заготовок (рідке скло, змочування сутункі розчином нашатирю), але ці способи дороги і малоефективні. [43]

### **1.5. Заходи щодо удосконалення процесу нагріву**

При нагріві металу відбувається окислення його з утворенням окалини, яка являється джерелом потер гідного металу. Угар металу при нормальній роботі нагрівальних пристроїв становить 2-3% маси металу, а при незадовільній роботі до 4-5%. Якщо врахувати, що при прокатці злитка метал нагрівають кілька разів, то можна прийняти чад в бреднем 3-4% маси металу.

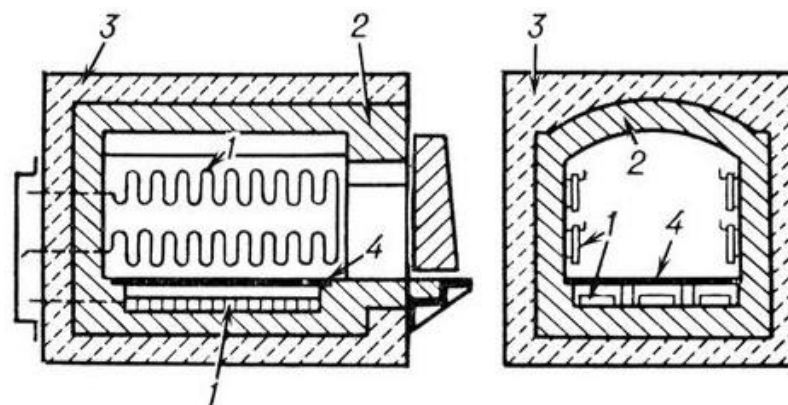
На утворення окалини впливає температура, тривалість перебування металу при високих температурах, швидкість нагріву і пічна атмосфера. Утворення окалини протікає більш енергійно при температурах вище 900-1000°C. Окислення металу в печі тим більше, ніж далі метал перебувати в печі при високих температурах. Угар тим менше, чим більше швидкість нагріву. Для зменшення угару процес горіння газів повинен протікати при найменшому надлишку повітря і з найбільшою повнотою, причому тиск в печі повинен бути позитивним. [22]

На окислення металу робить також вплив відносини поверхні нагрівається металу до його об'єму: чим більше цей показник, тим сильніше окислення металу. Це особливо слід враховувати при нагріванні сутунок і листів, що мають велику поверхню. Для зменшення окалини сутункі і тонкі листи нагрівають до більш низьких температур (800-900°C). Як бачимо з попередньої частини дипломного проекту реально можливо зменшення

окалиноутворення та угару використанням більш вдосконаленого обладнання для нагріву перед куванням.

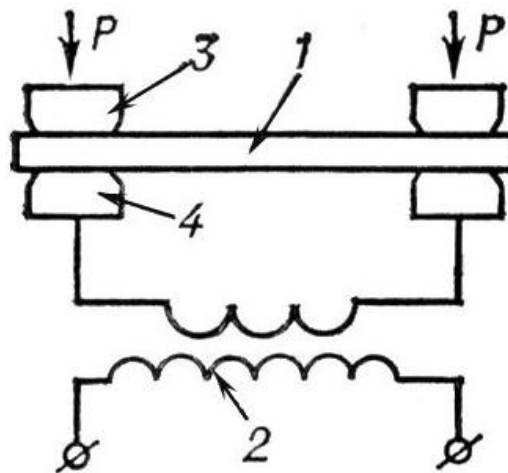
Заслужує уваги застосування у цеху морально застарілого обладнання-камерні печі з рухомим подом та камерні печі зі стаціонарним подом. Головним недоліком цих печей є наявність окислювальної атмосфери в робочому просторі[38]

Дипломним проектом пропонується застосування електричних нагрівних печей опору. Розглянемо їх можливості: електрична піч опору, електрична піч, в якій тепло виділяється в результаті проходження струму через провідники з активним опором. Електричні печі опору широко застосовуються при термічній обробці, для нагріву перед обробкою тиском, для сушки і плавлення матеріалів. Поширення електричних печей опору визначається їх перевагами: можливістю отримання в пічній камері будь-яких температур до  $3000^{\circ}\text{C}$ ; можливістю рівномірного нагріву виробів шляхом відповідного розміщення нагрівачів по стінках пічної камери або застосуванням примусової циркуляції пічної атмосфери; легкістю автоматичного управління потужністю, а отже, і температурним режимом печі; зручністю механізації і автоматизації печей, що полегшує роботу персоналу і включення печей в автоматичні лінії; хорошою герметизацією і проведенням нагріву у вакуумі, захисному (від окислення) газовому середовищі або спеціальній атмосфері для хіміко-термічної обробки (цементация, азотування); компактністю і ін.



1 - нагрівальні елементи; 2 - вогнетривка частина кладки; 3 - теплоізоляція; 4 - жаротривка черенева плита.

Рисунок 1.3 – Схема облаштування камерної печі опору періодичної дії



1 - виріб, що нагрівається; 2 - понизительный трансформатор;

3, 4 - контакти

Рисунок 1.4 – Схема облаштування печі опору прямої дії

У печах прямої дії виріб (пруток, труба) безпосередньо нагрівається струмом (рис. 1.4), що протікає через нього, що дозволяє зосередити в нім велику потужність і забезпечити дуже швидкий нагрів (секунди, долі хвилини). Опори відносяться до невеликих трубчастих, муфельних і камерних печей, а також термостатів і сушарних шаф.

Майже усі промислові і лабораторні печі забезпечуються автоматичним регулюванням температурного режиму. [39]

Електропечі опору є найбільш поширеним видом електричних печей, вони застосовуються для нагріву різних виробів і плавки металів.

Електропечі опору класифікують:

по роду роботи - на печі періодичної і безперервної дії;

по робочій температурі - на низькотемпературні (до 400 °С), середнетемпературні (до 1000 °С), високотемпературні (до 1600 °С), на більш високі температури виготовляються вакуумні електропечі або електропечі з контрольованими атмосферами;

по атмосфері в робочому просторі печі - на печі з окислювальною (повітряною) атмосферою, на печі з контрольованим середовищем і вакуумні печі;

по конструктивному виконанню - на камерні, шахтні, колпакові, камерні з висувним черенем, плавильні, конвеєрні, толкательні, барабанні, карусельні, печі з пульсуючим черенем і ін.;

за типом оброблюваного матеріалу - на печі для термообробки металу, печі для випалення кераміки і фарфору, печі для спікання, вигинання, загартування скла, печі для прожарення опок та ін.

Електропечі опору, як правило, характеризуються номінальною потужністю, потужністю холостого ходу, розмірами робочої камери, робочою температурою, продуктивністю печі, різновидом атмосфери в печі.

Номінальна потужність печі - загальна потужність, яку здатні виділити усі нагрівачі електропечі, а також потужність електродвигунів усіх механізмів печі при розрахунковій напрузі мережі.

Споживана потужність завжди менше встановленої і залежить від коефіцієнта використання печі, що пов'язано із старінням нагрівачів і зносом футерування.

Потужність холостого ходу печі - потужність, споживана піччю в тепловому режимі, що встановився, при робочій температурі, без урахування потужності нагріву садіння і потужності пічних механізмів. [38]

Розмір робочої камери - розрахунковий максимальний розмір садіння, яке може бути завантажено в піч, і нагріте за використовуваною технологією.

Робоча температура - температура, яка може бути отримана в робочому просторі печі при забезпеченні достатнього терміну служби пічного агрегату.

Продуктивність печі - кількість оброблюваного матеріалу в одиницю часу.

У електропечах періодичної дії виробу завантажуються в робочий простір через завантажувальні отвори і знаходяться там, як правило, нерухомо впродовж усього технологічного процесу. У електропечах

безперервної дії оброблювані вироби за допомогою транспортної системи пересуваються від завантажувального отвору печі до розвантажувального, при цьому нагріваючись до необхідної температури і змінюючи свій стан згідно з технологічним процесом. Печі безперервної дії, в порівнянні з печами періодичної дії, мають велику продуктивність, їх простіше комплектувати в потокові і автоматичні лінії.

Робоча камера електропечей опору виготовляється з якісних вогнетривких матеріалів. Високотемпературні нагрівальні елементи встановлюються уздовж бічних стінок на спеціальних керамічних трубах, також зустрічається розміщення додаткових нагрівачів на черені, зведенні, задній стінці або кришці електропечі.

Електропечі опору з нагрівачами з карбїду кремнію застосовуються у багатьох галузях народного господарства. Ці печі знайшли широке поширення при проведенні технологічних процесів з робочими температурами 1000 - 1400°C.

Печі, забезпечені нагрівачами з карбїду кремнію, у багатьох випадках перевершують печі з металевими нагрівачами за техніко-економічними показниками: в першу чергу - по максимальній робочій температурі, можливості ведення процесів швидкісного нагріву і форсованого виведення електропечі на робочий режим, можливості проведення процесів в окислювальній атмосфері, а також по забезпеченню більшої потужності при одному і тому ж розмірі робочий простір.

Електропечі опору з нагрівачами з дисилицида молібдену також знайшли застосування у багатьох галузях народного господарства. Робочі температури силіцид молібденових нагрівачів вищий - до 1600 - 1700 °C.

По режиму роботи електропіч прямої дії можуть бути розділені на електропічі періодичного (садочної) і безперервного (методичного) дії.

В електропічах періодичної дії вироби завантажуються в робочий простір і нагріваються в ньому, не рухаючись. Температури різних точок робочого простору в електропічах періодичної дії в кожен момент часу

однакові або мають певні значення, однак можуть змінюватися в часі.

В електропічах безперервної дії вироби завантажуються в піч і, безперервно або періодично переміщаючись по довжині електропечі, нагріваються і виходять з іншого кінця нагрітими до певної температури. Температури різних точок робочого простору в електропічах безперервної дії можуть бути різними або однаковими, проте вони не змінюються в часі.

Електропічі безперервної дії дозволяють забезпечити більшу продуктивність при тих же габаритах однорідних деталей, ніж електропічі періодичної дії; крім того, відтворюваність, тобто ідентичність режиму нагріву і охолодження, в електропічах безперервної дії також краще. У зв'язку з цим електропічі безперервної дії знаходять застосування там, де є велика кількість однорідних деталей, тобто при великосерійному і масовому виробництві. Підрозділяються ці печі на наступні групи: [5]

Електропечі періодичної дії ефективно застосовувати там, де є велика кількість різнорідних деталей, що вимагають різних режимів нагріву.

Електропечі безперервної дії обладнуються пристосуваннями для переміщення деталей, тому вони конструктивно складніше, ніж печі періодичної дії.

Залежно від способу завантаження і вивантаження виробів, а також способу їх переміщення в робочому просторі ЄПС підрозділяються на різні типи:

електропечі періодичної дії - на камерні, шахтні, ковпакові, камерні з висувним подом, елеваторні;

електропечі безперервної дії - на конвеєрні, толкательні, рольгангові, карусельні, з крокуючим подом, пульсуючим подом, барабанні, протяжні, тунельні.

Тому дипломним проектом рекомендовано встановлення електричної нагрівної печі прямої дії. У печах прямої дії нагрів здійснюється теплом, виділеним в нагрівається виробі при проходженні по ньому електричного струму. Печі виконуються одно - і трьохфазними потужністю до 3000

кВт; живлення здійснюється струмом промислової частоти 50 Гц від мереж 380/220 В або через знижувальні трансформатори від мереж більш високої напруги. Більшість печей опору щодо безперебійності електропостачання відносяться до приймачів електричної енергії 2 - і категорії.

Конструктивна схема печей прямої дії наступна: в герметичному кожусі жорстко закріплений індуктор, всередині якого вміщено керамічні або металеві теплоізоляційні екрани. Іноді для зниження теплових втрат простір між індуктором і керамічними екранами заповнюється теплоізоляційною засипанням. Електричні печі опору діляться на печі непрямого і прямого дії. До печей опору побічної дії відносяться також електродні соляні ванни. [8]

Як уже зазначалося, в печах прямої дії виріб, що нагрівається включається безпосередньо в живильну ланцюг через понижуючий трансформатор і тепло виділяється в ньому самому. Цей метод нагріву може бути застосований лише для відносно довгих виробів, що мають однорідний склад і однаковий перетин по всій довжині, так як тільки за цих умов може бути забезпечений рівномірний прогрів. Подібні печі зазвичай використовуються для нагріву деталей, що мають форму прутків, стрижнів або труб.

### **1.6. Охолодження та термообробка поковки.**

Для сталі Х12МФ застосовується охолодження згідно технологічної інструкції «По охолодженню метал після кування» ТІ143-КП-6-00. Спосіб охолодження - в нагрівальній печі. Температура при завантаженні на охолодження - не нижче 500°. Температура у кінці охолодження - не вище 150°. Далі проводиться термообробка – відпал - згідно інструкції ТІ143-КП-7-2014 «По термообробці поковок» таблиця А.1 група 4а: [40]

- 1) температура печі при посадці – 300-350°С;
- 2) під'їм зі швидкістю не більше 70°С/ч до 880°С;
- 3) витримка при 880°С – 0,8 ч/т садки;



- 4) охолодження зі швидкістю не більше 40°C/ч до 800°C;
- 5) охолодження зі швидкістю не більше 50°C/ч до 500°C;
- 6) далі повітря.

## **2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

Виходячи з нашого завдання ми повинні отримати поковку круглого перерізу діаметром 250 мм та поковку квадратного перерізу розміром 290мм з корозійностійкої жароміцної сталі марки X12МФ.

При розробці технологічного процесу необхідно:

- 1) скласти креслення поковки;
- 2) визначити вагу і розміри заготовки з урахуванням усіх відходів, встановити необхідний уковку, вибрати зливков;
- 3) вибрати кувальні операції, їх послідовність;
- 4) призначити тепловий режим нагріву і первинного охолодження поковки;
- 5) вибрати ковальське устаткування необхідної потужності і габаритів;
- 6) встановити склад робочої бригади і норму часу на кування.

### **2.1. Розробка креслення поковки**

Від готової механічно обробленої деталі поковка відрізняється розмірами, збільшеними на величину припусків на механічну обробку; менш жорсткими допусками на розміри і спрощеною формою, зручною для кування, в нашому випадку - круглою.

Ковальським припуском називається товщина шару металу, що залишається на поверхні поковки для видалення його при подальшій механічній обробці з метою отримання готового виробу із заданими розмірами і чистотою поверхні.

Крім припуску, на кресленні поковки згори праворуч від номінального розміру показується верхнє і нижнє допустимі при куванні відхилення від номінального розміру. Допустиме поле відхилень, тобто різницю між максимальним і мінімальним допустимими розмірами поковки, називають допуском при куванні.

Усі припуски і допуски для спрощення процесу вже пораховані, стандартизовані і містяться в технологічній інструкції ТІ 143-КП-2-09. Згідно цієї інструкції для нашої поковки здаточним діаметром  $250^{+3}$  мм з марки Х12МФ припуск  $\delta=30$  мм, а допуск  $\Delta=5$  мм, таким чином поковочний розмір  $280^{+5}$  [8].

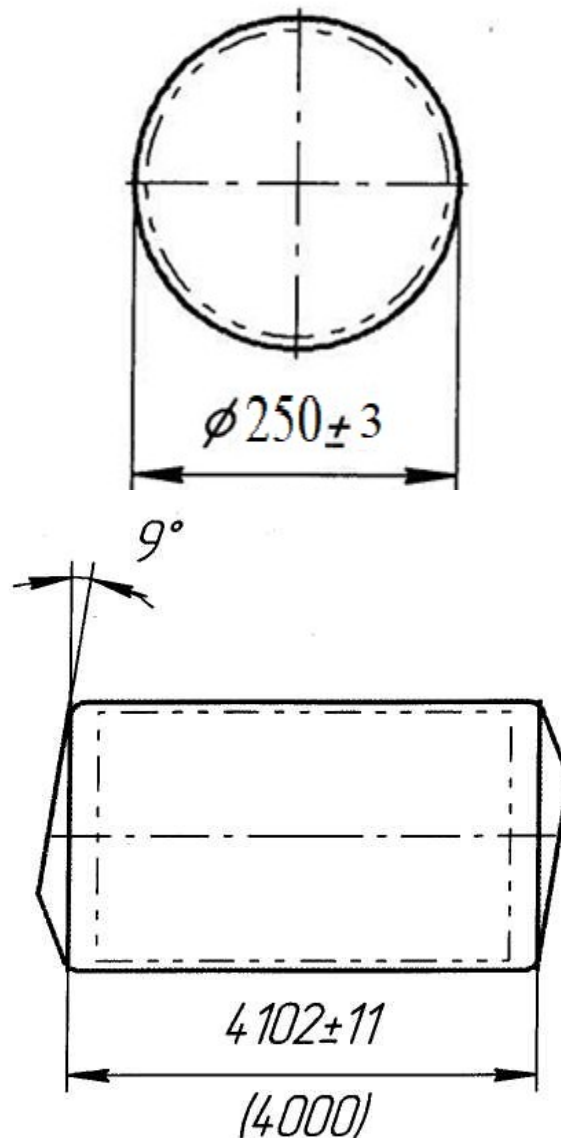


Рисунок 2.1 – Поковка круглого перерізу  $D=250$  мм

## 2.2. Розробка технологічних процесів

### 2.2.1. Визначення ваги і розмірів заготовки

При визначенні виду і розмірів початкової заготовки ми керуємося наступним: оскільки у нас досить велика поковка, ми використовуватимемо цілий зливоч вагою 3770 кг. Вихід придатного із зливка приймаємо як різницю початкової ваги зливка, ваги відходів, чад, окалину і просічення, ваги головної обрізи прибуткової частини зливка і ваги донної обрізи зливка.

Відходи у відсотках від ваги зливка ми беремо по довіднику.

$$G_{\text{гол.обр}} = 12,5\% = 3770/100 \cdot 12,5 \approx 472 \text{ кг},$$

$$G_{\text{дон.обр}} = 2\% = 3770/100 \cdot 2 \approx 76 \text{ кг},$$

$$G_{\text{угар}} = 3\% = 3770/100 \cdot 3 \approx 115 \text{ кг}.$$

Рахуємо вихід придатного із зливка або масу поковки:

$$G_n = 3770 - 472 - 76 - 115 \approx 3100 \text{ кг}.$$

Витратний коефіцієнт при куванні таким чином складає:

$$\text{В.к.} = 3770/3100 = 1,216.$$

Загальна уковка визначається вираженням:

$$y = \frac{F_0}{F_k},$$

де  $F_0$  та  $F_k$  - відповідно площі поперечного перерізу початкової заготівлі і поковки.

Для поковок з інструментальної сталі Х12МФ, для якої потрібно роздрібнення карбідів і їх рівномірний розподіл, потрібна велика уковка і чергування операцій протяжки і осадка. Першою операцією буде осадка зливка перерізом 590 мм на квадрат перерізом 600 мм. Таким чином, розраховуємо уковку як суму уковки при осіданні і уковки при протяганні:

$$y_{осад} = \frac{S_{кв\ 600}}{S_{кв\ 590}} = 1,03,$$

$$y_{прот} = \frac{S_{кв\ 600}}{S_{кр\ 330}} = \frac{360000}{85486,5} = 4,21,$$

$$y_{общ} = 4,21 + 1,03 = 5,24.$$

### 2.2.2 Розрахунок технологічних операцій

При куванні високолегованої сталі для отримання якісних поковок необхідно враховувати технологічні чинники: підготовка зливків до кування, режим нагріву перед куванням, оптимальні температури початку і кінця кування, вибір схеми процесу кування і форми бойків та ін. Кування зливків повинно робитися на справному устаткуванні, справним інструментом по погоджених з ЦЗЛ, техвідділом і затвердженим заступником технічного директора (за технологією) картам кування. Дозволяється на підставі затверджених карт кування розробка індивідуальних технологічних схем. Нагрів зливків під кування і температура кінця кування повинні відповідати технологічній інструкції ТІ 143-КП-3 і ТІ 143-КП-1. Кування зливків на

поковки круглого перерізу здійснюється у вирізних, комбінованих (нижній вирізний, верхній плоский) бойках. Робоча поверхня бойків має бути гладкою, без грубих надривів і тріщин. Робочі кромки плоских, вирізних або комбінованих бойків виконують у вигляді закруглення. Радіус закруглення (R) має бути не менше половини максимальної величини обтискань ( $\Delta h$ ) за хід пресу.

Згідно затвердженої карти кування для виробництва круглої поковки діаметром 250 мм марки X12МФ існує наступна схема:

Щоб виконати деформаційний переділ зливок необхідно нагріти до температури кування.

Операція 1. Нагрів зливка. Він здійснюється згідно "Технологічної інструкції по нагріву зливків і заготовок в КПЦ" ТІ 143-КП-3-10. Посадка зливків і витримка при температурі посадки йде відповідно до групи 26 таблиці А.1 додатка А:

- 1) нагрів зі швидкістю не більше  $60^\circ$  в годину до  $1200^\circ$ ;
- 2) витримка при температурі  $1200^\circ$  - 2 години;
- 3) зниження температури до  $1160^\circ$  і витримка не менше 3 годин;
- 4) видача на кування.

Кування зливків слід починати невеликими обтисканнями (від трьох до чотирьох проходів), а саме до 20 мм за хід пресу для інструментальних сталей типу X12МФ. Подальше кування здійснюється з обтисканням до 50 мм за хід пресу. Відносне подання при куванні має бути оптимальним:

$$\frac{L}{H} = 0,5 \div 0,8$$

де L - величина подання, H - розмір початкового перерізу у напрямі докладання зусилля.

Операція 2. Осідання зливка на квадрат перерізом 600мм. При цьому відношення висоти до діаметру (сторони) для зливка не повинне

перевищувати 2,8. При осіданні застосовується дробова деформації. Величина одиничного обтискання за хід пресу при осіданні не більше 200 мм. Розрахуємо міру деформації при осіданні по формулі:

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_1}{H_0} * 100 \%,$$

де  $H_0$  і  $H_1$  - вихідна і кінцева висоти заготівки.

$H_0$  (висота зливка до прибуткової частини) = 1680мм;

$H_1$  (кінцева висота заготівки) для квадрата перерізом 600мм при масі придатного зливка 3100кг = 1100мм. Розраховуємо як частку від маси придатного зливка до маси погонного метра цієї марки стали: 3100/2826=1100мм.

$$\varepsilon = \frac{1680 - 1100}{1680} * 100 \% = 34,5 \%$$

Операція 3. Протяжка на квадрат перерізом 500мм по половині заготівлі з проміжним нагрівом. Розрахуємо міру деформації:

$$\varepsilon = \frac{600 - 500}{600} * 100 \% = 16,6 \%$$

$$Y = S_0/S_1 = 360000/250000 = 1,44.$$

Операція 4. Протяжка на квадрат перерізом 450мм по половині й закувати цапфу перерізом 350мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{500 - 450}{500} * 100 \% = 10 \%$$

$$Y = 250000/202500 = 1,24.$$

Операція 5. Протяжка на квадрат перерізом 410мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{450 - 410}{450} * 100\% = 8,9\%$$

$$Y = 202500/168100 = 1,2.$$

Операція 6. Протяжка на квадрат перерізом 370мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{410 - 370}{410} * 100\% = 9,75\%$$

$$Y = 168100/136900 = 1,22.$$

Операція 7. Протяжка на чистий сорт діаметром 280 мм.

$$Y = 136900/88100 = 1,55.$$

Операція 8. Рубка згідно схеми.

Операція 9. Охолодження.

Згідно затвердженої карти кування для виробництва квадратної поковки розміром 280 мм марки Х12МФ існує наступна схема:

Щоб виконати деформаційний переділ зливок необхідно нагріти до температури кування.

Операція 1. Нагрів зливка. Він здійснюється згідно "Технологічної інструкції по нагріву зливків і заготовок в КПЦ" ТІ 143-КП-3-10. Посадка зливків і витримка при температурі посадки йде відповідно до групи 2б таблиці А.1 додатка А:

- 5) нагрів зі швидкістю не більше 60° в годину до 1200°;
- 6) витримка при температурі 1200° - 2 години;
- 7) зниження температури до 1160° і витримка не менше 3 годин;
- 8) видача на кування.

Кування зливків слід починати невеликими обтисканнями (від трьох до чотирьох проходів), а саме до 20 мм за хід пресу для сталей типу Х12МФ

Подальше кування здійснюється з обтисканням до 50 мм за хід пресу. Відносне подання при куванні має бути оптимальним:

$$\frac{L}{H} = 0,5 \div 0,8$$

де L - величина подання, H - розмір початкового перерізу у напрямі докладання зусилля.

Операція 2. Осідання зливка наквадрат перерізом 600мм. При цьому відношення висоти до діаметру (сторони) для зливка не повинне перевищувати 2,8. При осіданні застосовується дробова деформації. Величина одиничного обтискання за хід пресу при осіданні не більше 200 мм. Розрахуємо міру деформації при осіданні по формулі:

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_1}{H_0} * 100\%$$

де H<sub>0</sub> і H<sub>1</sub> - вихідна і кінцева висоти заготівки.

H<sub>0</sub> (висота зливка до прибуткової частини) = 1680мм;

H<sub>1</sub> (кінцева висота заготівки) для квадрата перерізом 600мм при масі придатного зливка 3100кг = 1100мм. Розраховуємо як частку від маси придатного зливка до маси погонного метра цієї марки стали: 3100/2826=1100мм.

$$\varepsilon = \frac{1680 - 1100}{1680} * 100\% = 34,5\%$$

Операція 3. Протяжка на квадрат перерізом 500мм по половині заготівлі з проміжним нагрівом. Розрахуємо міру деформації:

$$\varepsilon = \frac{600 - 500}{600} * 100\% = 16,6\%$$



$$Y = S_0/S_1 = 360000/250000 = 1,44.$$

Операція 4. Протяжка на квадрат перерізом 450 мм по половині й закувати цапфу перерізом 350мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{500 - 450}{500} * 100\% = 10\%$$

$$Y = 250000/202500 = 1,24.$$

Операція 5. Протяжка на квадрат перерізом 400мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{450 - 400}{450} * 100\% = 11,1\%$$

$$Y = 202500/160000 = 1,26.$$

Операція 6. Протяжка на квадрат перерізом 350мм. Проміжний нагрів.

$$\varepsilon = \frac{400 - 350}{400} * 100\% = 12,5\%$$

$$Y = 160000/122500 = 1,3.$$

Операція 6. Протяжка на чистий сорт діаметром 280мм.

$$Y = 122500/84100 = 1,55.$$

Операція 7. Рубка згідно схеми.

Операція 8. Охолодження.

Далі рубати:  $L_{дон} =$  зачистити;

$L_{гол} =$  по пояску;  $L_{пок} =$  цілком  $\approx 4400$  мм.

$\varnothing 250^{+5}$  та  $\square 280^{+5}$  обрані за принципом однакоого перерізу

В 1-5 переходи виконані в плоских бойках.

В 6 – у вирізних бойках.

Таблиця 2.1 – Порівняння кількості виносів при куванні зливка 3.7 тонни марки стали Х12МФ на сортові поковки Ø250<sup>+5</sup> та □280<sup>+5</sup> та □280<sup>+5</sup>.

№ виноса	Ø250 <sup>+5</sup>	□280 <sup>+5</sup>
1	Ос. □600 кувати ½ □500	подсадка □600, кувати ½ □500
2	½ □500	½ □500
3	по ½ □450 й закувати цапфу□ 350	по ½ □450 й закувати цапфу□ 350
4	□ 410	□ 400
5	□ 370	□ 350
6	ч/с о330 <sup>+5</sup>	ч/с □290 <sup>+5</sup>
7	рубка ч/с	рубка ч/с

### 2.2.3. Розрахунок продуктивності пресу.

Час, який потрібен для виготовлення однієї поковки, називається нормою часу. Технічну норму часу встановлюють розрахунком. Для цього необхідно:

1) розробити технологічний процес, тобто встановити послідовність виконання операцій з урахуванням витрати найменшого часу на виготовлення поковки;

2) визначити час, необхідний для виконання кожної операції;

3) визначити загальний час, необхідне на виконання усіх операцій.

Для встановлення технічної норми часу на заводах користуються наявними матеріалами - нормативами часу по окремих елементах, складених на основі вивчення роботи окремих ковалів методом фотографії і хронометражу.

Найбільша кількість часу у нас витратиться на первинний нагрів зливка і проміжний нагрів поковок між операціями. Якщо візьмемо до уваги, що зливки надійшли в цех гарячим всадом, то час на первинний нагрів можемо виключити. Наступні операції – осідання на кв.600мм, кування ½ зливка на кв.500мм та проміжний нагрів – займають час десь від 1ч.50хв. до 3г.40хв. Протяжка другої половини на кв. 500мм та проміжний нагрів – від 1ч.30хв. до 3г. Наступні три протяжки з проміжними нагрівом також займають приблизно такий час. Протяжка на чистий сорт, тобто на кв.330мм від 1ч.10хв. до 2г.20хв. Таким чином, в середньому, процес кування буде займати 20 годин.

Вирахуємо продуктивність пресу:

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T} \cdot \frac{K_1}{K_2}$$

де  $G$  – маса зливка

$T$  – час кування

$K_1$  - коефіцієнт використання пресу

$K_2$  - витратний коефіцієнт

$$A = \frac{3600 \cdot 3,1}{72000} \cdot \frac{0,88}{1,02} = 0,134 \text{ м/г.}$$

Розрахуємо середньогодинну продуктивність пресу:

$$A_{\text{сер}} = K_{\text{ват}} \cdot A.$$

$K_{\text{ват}}$  - коефіцієнт важкості кування сталі Х12МФ

$$K_{\text{ват}} = 0,98$$

$$A_{\text{сер}} = 0,98 \cdot 0,134 = 0,131 \text{ м/г.}$$

## 2.4. Організаційні питання

В ковальсько-пресовому цеху застосовується 3-х змінний, 4-х бригадний безперервний графік роботи. При такому графіку після 4-х днів роботи в одну зміну бригади мають 48-годинний відпочинок. Чергування змін пряме, тобто бригади переходять з першої зміни в другу, з другої в третю, з третьої в першу. Відпочинок надається не в загальноприйнятні вихідні дні (субота та неділя), а в дні за графіком, Робота в святкові та передсвяткові дні провадиться так само, як і в звичайні.

Цех підрозділяється на наступні ділянки: - прес 60 МН- прес 32 МН- ділянку ад'юстаж.

Та має наступну схему керування:



**компл. бригада преса 6000**

**компл. бригада преса 3200**

Рисунок 2.2 – Схема організації КПЦ

Схема управління відображає принцип єдиноначальності і забезпечує оперативне керівництво виробничим процесом, безперебійну роботу ділянки, виконання встановленої програми, економного використання трудових і матеріальних ресурсів.

Організацію і керування виробничим процесом на ділянці кування забезпечує старший майстер кування. У його підпорядкуванні знаходяться чотири майстра кування. Змінний майстер організує безперебійну роботу комплексної бригади пресових ділянок. На чолі бригади перебуває бригадир. Комплексні бригади пресових ділянок складаються з нагрівальників металу, коваля, машиніста преса, машиніста завантажувальних пристроїв, клеймувальників гарячого металу. Змінний майстер кування на підставі добового завдання, сформованого планово-розподільним бюро цеху, виписує завдання на посадку металу в нагрівальні печі. На початку кування, при виявленні поверхневих дефектів зливків, проводиться проміжна зачистка металу. Дані зливків (вага до обробки, вага після обробки, відходи) заносяться до робочої карти і підписуються майстром кування та контролером ВТК. Зливки вдруге піддаються нагріву, проводиться його переваження і складається акт про додаткові витрати на обробку зливка, з виставленням претензії цеху-винуватцю. Обробка металу відбувається у відповідності із схемою, позначеною в технологічній карті. В кожній зміні майстер кування при прийманні та передачі металу наступній зміні робить запис в робочій карті і рапорті на кування заданого металу і отриманого придатного металу, утворених відходах за фактичною вагою. Після кування метал зважується клеймувальником і проводиться запис в робочій карті і змінному рапорті на кування за підписом змінного майстра кування та

старшого нагрівальника, після чого метал клеймується. Відповідальність за фактичну вагу металовідходів несе змінний майстер кування.

## 2.5. Техніко-економічні показники

### 2.5.1. Розрахунок штату робітників

Штатний розклад ділянки пресу 6000:

- коваль на молотах и пресах 6 роз. – 1од.;
- коваль на молотах и пресах 5 роз. – 1 од.;
- машиніст на молотах, пресах и маніпуляторах 5 роз. – 2 од.;
- машиніст завантажувальних пристроїв, зайнятий на гарячих ділянках робіт 4 роз. – 1 од.;
- нагрівальник металу 5 роз. – 1 од.;
- нагрівальник металу 4 роз. – 2 од.;
- клеймувальник гарячого металу, зайнятий на ручному клеймуванні 2роз. – 1од. Усього 9 чол. на 8-годинну зміну.

Таблиця 2.2 – Штатний розклад робітників дільниці

Назва професії	Розряд	Відпуста, доба	% премії	Тривалість зміни, год	Штат змінний	Штат розстановочний	Штат резервний	Штат списочний
Коваль на молотах і пресах	6	14	40	8	1	4	1	5
Коваль на молотах і пресах	5	14	40	8	1	4	1	5

Машиніст на молотах, пресах і маніпуляторах	5	14	40	8	2	8	1	9
Машиніст завантажувальних пристроїв	4	14	40	8	1	4	1	5
Нагрівальник металу	5	14	40	8	1	4	1	5
Нагрівальник металу	4	14	40	8	2	8	1	9
Клеймувальник гарячого металу	2	14	40	8	1	4		4
Разом					9	36	6	42

. На підставі виконаних розрахунків складаємо штатний розклад робітників дільниці преса 6000.

Чисельність робітників розраховується виходячи з графіка виходів і норм чисельність. Графік роботи безперервний тризмінний чотирьох бригадний.

### 1.1. Визначаємо штат змінний

$$Ш_{зм} = N_{ч} = 9 \text{ осіб.}$$

Де  $N_{ч}$  – норма чисельності, осіб

### 1.2. Визначаємо штат добовий

$$Ш_{доб} = Ш_{зм} \cdot C = 9 \cdot 3 = 27 \text{ осіб.}$$

Де  $C$  – кількість змін,  $C = 3$

### 1.3. Штат резервний

Штат резервний необхідний для заміни робітників у разі відпустки, хвороби, виконання державних та суспільних обов'язків.

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = (\text{Ш}_{\text{розт}} \cdot \%_{\text{рез}}) / 100\%.$$

Для визначення відсотку резерву складаємо баланс використання робочого часу одного робітника на рік.

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = \frac{36 \cdot 17,6}{100} = 6 \text{ осіб.}$$

#### 1.4. Визначаємо штат списків

$$\text{Ш}_{\text{сп}} = \text{Ш}_{\text{розт}} + \text{Ш}_{\text{рез}},$$

$$\text{Ш}_{\text{сп}} = 36 + 6 = 42 \text{ осіб.}$$

Таблиця 2.3 – Баланс використання робочого часу 1 робітника на рік

Найменування показників	Показник	Примітка
Календарний час	365	
Святкові дні	10	
Вихідні	104	
Номінальний час	273,75	365 – 82,25 – 10
Невиходи:		
Тарифна відпустка	30	(24+14+4) · 3/4
Хвороба	7	
Відпустка за навчанням	2	



Виконная державних та суспільних обов'язків	1	
Інші невиходи	3	
Разом невиходів	43	30+7+1+2+3
Фактичний год	208	251 - 43
Коефіцієнт списковості	1,206	251/208
%резерву	17,6	1,176*100 - 100

На основі виконаних розрахунків складаємо штатний розклад робітників на дільниці.

### 2.5.3. Розрахунок річної виробничої програми пресу

Розрахунок виробничої програми пресу проводиться за заводськими даними і за проектом.

Таблиця 2.4 Вхідні дані

Календарний час	365 діб
Тривалість капітального ремонту	5 діб
Тривалість ППР	24 діб
Поточні простої	20%
Відсоток проката марки X12МФ сталі на пресі	3 %
Годинна продуктивність X12МФ на пресі	0,132 т/г
Середньогодинна продуктивність X12МФ	0,131 т/г
Годинна продуктивність за проектом	0,134 т/г
Середньогодинна продуктивність за проектом	0,131 т/г

Визначаємо номінальне час роботи преса

$$\begin{aligned} \text{НВдіб б} &= \text{КВ} - \text{КР} - \text{ППР діб}, \\ \text{НВдіб б} &= 365 - 5 - 24 = 336 \text{ діб}. \end{aligned}$$

Визначаємо номінальне час в годинах

$$\begin{aligned} \text{НВчас б} &= \text{НВдіб б} \cdot 24, \\ \text{НВчас б} &= 336 \cdot 24 = 8064 \text{ год.} \end{aligned}$$

Визначаємо поточні простої в годинах

$$\begin{aligned} \text{ТПчас б} &= (\text{НВгод б} \cdot \% \text{ ТП}) / 100\%, \\ \text{ТПчас б} &= (8064 \cdot 20) / 100 = 1612 \text{ год.} \end{aligned}$$

Визначаємо фактичний час роботи преса

$$\begin{aligned} \text{ФВб} &= \text{НВгод б} - \text{Тпгод}, \\ \text{ФВб} &= 8064 - 1612 = 6452 \text{ годину.} \end{aligned}$$

Визначаємо фактичний час роботи преса по марці сталі

$$\begin{aligned} \text{ФВб.м} &= \text{ФВб} \cdot \% \text{ марки} : 100, \text{ годину} \\ \text{ФВб.м} &= 6452 \cdot 3 : 100 = 196,56 \text{ годину.} \end{aligned}$$

Визначаємо річний обсяг виробництва

$$\begin{aligned} \text{Vб} &= \text{Пср годину} \cdot \text{ФВб}, \\ \text{Vб} &= 0,131 \cdot 6452 = 857 \text{ т;} \end{aligned}$$

У тому числі: річний обсяг виробництва по марці сталі

$$V_{б.м} = P_{ср} \text{ годину ін} \cdot \Phi_{Впр м},$$

$$V_{б.м} = 0,132 \cdot 196,56 = 25,94 \text{ т}.$$

Розрахунок виробничої програми по проекту.

В результаті впровадження заходів по скороченню поточних простоїв

$$T_{ППР} = T_{пб} - T_{П},$$

$$T_{ППР} = 1612 - 32 = 1580 \text{ годину}.$$

Визначаємо фактичний час за проектом

$$\Phi_{Впр м} = НВ - T_{ППР}, \text{ годину},$$

$$\Phi_{Впр м} = 8064 - 1580 = 6484 \text{ годину}.$$

У тому числі: фактичний час за проектом по марці сталі

$$В\Phi_{пр м} = (\Phi_{Впр м} \cdot \% \text{марки}) : 100, \text{ годину},$$

$$В\Phi_{пр м} = (6484 \cdot 3) : 100\% = 194,52 \text{ годину}.$$

Річний обсяг за проектом

$$V_{пр} = P_{ср} \text{ годину. пр} \cdot \Phi_{Впр м},$$

$$V_{пр} = 0,131 \cdot 6484 = 849 \text{ т};$$

У тому числі річний обсяг по марці стали

$$V_{пр.м} = П \text{ годину} \cdot \Phi_{Впр. М},$$

$$V_{пр.м} = 0,134 \cdot 194,52 = 26,06 \text{ т}.$$

Визначаємо коефіцієнт зростання обсягу виробництва

$$K_p = \frac{V_{np}}{V_b},$$

$$K_p = 849 : 857 = 0,99.$$

Визначаємо коефіцієнт зростання обсягу виробництва по марці стали

$$K_{pM} = \frac{V_{npM}}{V_{bM}},$$

$$K_{pM} = 26,06 : 25,94 = 1,004.$$

Приріст обсягу виробництва

$$V = V_{np} - V_b,$$

$$V = 849 - 857 = -8 \text{ т.}$$

Приріст обсягу виробництва досягає за рахунок:

У тому числі: приріст обсягу виробництва по марці стали

$$V_M = V_{np.M} - V_{b.M},$$

$$V_M = 358971,12 - 350085,036 = 8886,084 \text{ т.}$$

1) збільшення фактичного часу роботи в результаті зниження поточних простоїв

$$\Phi_B = \Phi_{Bnp} - \Phi_{Bb}, \text{ годину,}$$

$$\Phi_B = 6895 - 6834 = 61 \text{ годину.}$$

У тому числі по марці стали

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{ВМ}} &= \Phi_{\text{Впр.м}} - \Phi_{\text{Вб.м}}, \text{ годину,} \\ \Phi_{\text{ВМ}} &= 206,85 - 205,02 = 1,85 \text{ годин.}\end{aligned}$$

Приріст обсягу виробництва за рахунок збільшення ФВ

$$\begin{aligned}V &= \Phi_{\text{В}} \cdot P_{\text{ср}} \text{ годину т,} \\ V &= 61 \cdot 123 = 7503 \text{ т.}\end{aligned}$$

У тому числі по марці сталі

$$\begin{aligned}V_{\text{м}} &= \Phi_{\text{ВМ}} \cdot P \text{ годину т,} \\ V_{\text{м}} &= 1,85 \cdot 115,1 = 213 \text{ т.}\end{aligned}$$

2) збільшення середньогодинної продуктивності

$$\begin{aligned}P_{\text{ср}} \text{ годину} &= P_{\text{ср}} \text{ годину ін} - P_{\text{ср}} \text{ годину б, т / год,} \\ P_{\text{ср}} \text{ годину} &= 125 - 123 = 2 \text{ т / год.}\end{aligned}$$

Приріст годинної продуктивності по марці стали

$$\begin{aligned}P_{\text{час}} &= P_{\text{час}} \text{ ін} - P_{\text{час}} \text{ б, т / год,} \\ P_{\text{час}} &= 117 - 115,1 = 1,9 \text{ т / год.}\end{aligned}$$

Приріст обсягу виробництва за рахунок збільшення середньогодинної продуктивності

$$\begin{aligned}V \text{ П ср годину} &= P_{\text{ср}} \text{ годину} \cdot \Phi_{\text{Впр}} \text{ т,} \\ V \text{ П ср годину} &= 2 \cdot 6895 = 13790 \text{ т.}\end{aligned}$$

Приріст обсягу виробництва за рахунок збільшення годинної продуктивності по марці стали

$$V \text{ П годину} = \text{П годину} \cdot \Phi \text{Впр.м т,}$$

$$V \text{ П годину} = 1,9 \cdot 206,85 = 393 \text{ т.}$$

Перевірка

$$V_{\text{пр}} - V_{\text{б}} = V \text{ ФВ} + V \text{ Пср годину,}$$

$$861875 - 840582 = 7503 + 13790,$$

$$21293 = 21293,$$

$$0 = 0,$$

$$V_{\text{пр. м}} - V_{\text{б. м}} = V \text{ ФВ} + V \text{ П годину,}$$

$$24203,8 - 23597,80 = 213 + 393,$$

$$606 = 606,$$

$$0 = 0;$$

За результатами розрахунку складаємо таблицю розрахунку виробничої програми гідравлічного пресу 32 МН (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Розрахунок продуктивної програми пресу

Назва показників	Од. вим.	За вихідни ми даними	За проектом	Відхилення		
				всього	За рахунок часу	За рахунок виробницт а.
Календарний час	доб	365	365			
Капітальний ремонт	доб	6	6			
ППР	доб	24	24			
Номінальний час	доб	335	335			
Номінальний час	год	8040	8040			
Поточні простой	%	15	14			
Поточні простой	год	1206	1145	61		
Фактичний час	год	6834	6895	61		
Фактичний час по маркі сталі	год	205,02	206,85	1,85		
Середньо годинна	т/ч	123	125	2		

продуктивність						
Годинна продуктивність	т/ч	115,1	117	1,9		
Річний обсяг виробництва	т	840582	861875	21293	7503	13790
Річний обсяг виробництва по марці стали	т	23597,8	24203,8	606	213	393
$K_{p,m}$			1,025			

#### 2.5.4 Розрахунок річної виробничої програми

Розрахунок собівартості 1т поковок

У результаті впровадження нової технології та технічними розрахунками витратний коефіцієнт склав 1,216

Таблиця 2.6 – Розрахунок заданого

Найменування статті витрат	По вихідним дан.			По проекту			Відхилення грн
	Кількість	Ціна	Сума	Кількість	Ціна	Сума	
Задане	1,197	8000	9048	1,164	8000	9152	104

Таблиця 2.7 – Розрахунок відходів

Найменування оплати витрат	По вихідним дан.			По проекту			Відхилення грн
	Кількість	Ціна	Сума	Кількість	Ціна	Сума	
Гол.обрізь	0,141	1000	141	0,141	1000	141	
Дон.обрізь	0,022	160	3,5	0,022	160	3,5	
Угар	0,034	240	8,1	0,011	240	2,6	5,5

Разом	0,197	1400	152.6 8	0,164	1400	147,1	5,5

На підставі проведених розрахунків визначаємо суму заданого за вирахуванням відходів.

Таблиця 2.8 – Розрахунок заданого за вирахуванням відходів

Найменування статті витрат	По вихідним дан.		По проекту		Відхилення грн
	Кількість	Ціна	Кількість	Ціна	
Задане	1,131	9048	1,144	9152	104
Відходи	0,197	1400	0,164	1400	
Задане за винятком відходів	1,000	7648	1,000	7752	104

Для вихідних даних беремо витрати по переділу із заводською калькуляції собівартості 1 тонни прокату, так як за проектом річний обсяг виробництва збільшився, за собівартістю 1 тонни прокату зменшиться за рахунок зменшення умовно-постійних частин витрат по переділу. Відсоток розподілу витрат на умовно-постійні та змінні беремо за даними заводу.

Таблиця 2.9 – Відсоток розподілу витрат по переділу на умовно-постійні та умовно-змінні

Статті витрат	умовно-змінні, %	умовно-змінні, %
Топливо технологічне	60	40
Енерговитрати	90	10
Електроенергія	35	65



Вода	35	65
Кисень стиснений	60	40
Стиснене повітря	60	40
Допоміжні матеріали	85	15
Зарплата додаткових робочих	70	30
Відрахування на соцстрах	75	25
Инструмент	85	15
Зміст основних засобів	15	85
Поточний ремонт	15	85
Транспортні витрати	70	30
Амортизаційні відрахування	-	100
Загальновиробничі витрати	-	100

Розрахуємо зміни витрат по переділу, пов'язані з ростом обсягу виробництва:

$$З_{пр} = З_{ф} \cdot Д_{пер} +, \text{ грн.}$$

де  $З_{ф}$  - витрати по кожній статті за проектом і за фактичними даними, грн.

$К_{р}$  - коефіцієнт зростання обсягу виробництва по марці сталі (таблиця 6)

Витрати на паливо

$$З_{пр} = 22,42 \cdot 0,6 + 22,42 \cdot 0,4: 1,025 = 13,452 + 8,749 = 22,201 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію

$$Зпр = 27,20 \cdot 0,9 + 27,20 \cdot 0,1 : 1,025 = 24,48 + 2,653 = 27,133 \text{ грн.}$$

Витрати на воду

$$З пр = 3,30 \cdot 0,35 + 3,30 \cdot 0,65 : 1,025 = 1,155 + 2,092 = 3,247 \text{ грн.}$$

Витрати на пару

$$Зпр = 8,81 \cdot 0,6 + 8,81 \cdot 0,4 : 1,025 = 5,286 + 3,438 = 8,724 \text{ грн.}$$

Витрати на стиснене повітря

$$Зпр = 7,08 \cdot 0,6 + 7,08 \cdot 0,4 : 1,025 = 4,248 + 2,762 = 7,011 \text{ грн.}$$

Витрати на захисний газ

$$Зпр = 5,86 \cdot 0,6 + 5,86 \cdot 0,4 : 1,025 = 3,516 + 2,286 = 5,802 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали

$$З пр = 35,50 \cdot 0,85 + 35,50 \cdot 0,15 : 1,025 = 30,175 + 5,195 = 35,37 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату виробничих робітників

$$З пр = 10,90 \cdot 0,7 + 10,90 \cdot 0,3 : 1,025 = 7,63 + 3,190 = 10,82 \text{ грн.}$$

Витрати на відрахування на соцстрах

$$З пр = 3,92 \cdot 0,75 + 3,92 \cdot 0,25 : 1.$$

## Витрати на змінне обладнання

$$3 \text{ пр} = 18,10 \cdot 0,85 + 18,10 \cdot 0,15 : 1,025 = 15,385 + 2,648 = 18,033 \text{ грн.}$$

## Витрати на поточний ремонт

$$3 \text{ пр} = 52,58 \cdot 0,15 + 52,58 \cdot 0,85 / 1,025 = 7,887 + 43,602 = 51,489 \text{ грн.}$$

## Витрати на утримання основних засобів

$$3 \text{ пр} = 24,04 \cdot 0,15 + 24,04 \cdot 0,85 : 1,025 = 3,606 + 19,935 = 23,541 \text{ грн.}$$

## Витрати на транспортні витрати

$$3 \text{ пр} = 0,86 \cdot 0,7 + 0,86 \cdot 0,3 : 1,025 = 0,602 + 0,251 = 0,853 \text{ грн.}$$

## Витрати на амортизаційні відрахування

$$3 \text{ пр} = 8,02 \cdot 1 : 1,025 = 7,824 \text{ грн.}$$

## Витрати на додаткову амортизацію

$$3 \text{ пр} = (40228635 \cdot 15) : 100 \cdot 0,03 : 24203,8 = 7,479.$$

## Витрати на загальновиробничі витрати

$$3 \text{ пр} = 29,43 \cdot 1 : 1,025 = 5,805 \text{ грн.}$$

## Витрати на інші цехові витрати

$$3 \text{ пр} = 23,56 \cdot 0,15 + 23,56 \cdot 0,85 : 1,025 = 3,534 + 19,537 = 23,071 \text{ грн.}$$

Кількість палива і енерговитрат за проектом визначають за такою формулою:

$$K = \text{Зпроект: ціна}025 = 2,94 + 0,956 = 3,896 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок витрат по переділу

Найменування статей витрат	По вхідним даним			По проекту			Відхилення грн
	Кол-во, т	Ціна, грн	Сума, грн	Кол-во, т	Ціна, грн	Сума, грн	
паливо технологічне, тис. м <sup>3</sup>	0,052	431,09	22,42	0,0515	431,09	22,201	0,219
Енерговитрати:							
ЕлектроЕнергія, тис. кВт · ч	0,095	286,28	27,20	0,0947	286,28	27,133	0,067
Вода, тис. м <sup>3</sup>	0,02	164,81	3,30	0,0197	164,81	3,247	0,053
Пара тис.м <sup>3</sup>	0,107	82,33	8,81	0,1059	82,33	8,724	0,086
Стиснене повітря тис.м <sup>3</sup>	0,196	36,10	7,08	0,194	36,10	7,011	0,069
Захисний газ	0,020	293,19	5,86	0,0197	293,19	5,802	0,058
Разом			52,25			51,91	0,34
Допоміжне обладнання			35,50			35,37	0,13
Зарплата основна			10,90			10,82	0,08
Відрахування на соцстрах			3,92			3,896	0,024
змінне обладнання			18,10			18,033	0,067
Зміст основних засобів			24,04			23,541	0,499

Транспортні витрати			0,86			0,853	0,007
Амортизація основних засобів			8,02			7,824	0,196
Додаткова						7,479	7,479
Амортизація			29,43			28,71 2	0,718
Загальновиробничі витрати			23,56			23,07 1	0,489
Інші цехові витрати			52,58			51,48 9	1,091
Поточний ремонт			281,58			285,199	3,619

На підставі виконаних розрахунків складаємо калькуляцію 1 т прокату:

Таблиця 2.11 Калькуляція собівартості 1 тонни прокату (сталь Х12МФ)

Найменування	Сума по вхід. даним грн	Сума по проекту грн	Відхилення грн
Дано	9048	9152	104
відходи	1400	1400	5,5
Визнач за вирахуванням відходів	7648	7752	104
Витрати по переділу	281,58	285,199	3,61
Виробнича собівартість 1 т	7366,42	7466,8	100,4

прокату			
---------	--	--	--

### 2.5.5 Розрахунок економічного ефекту від впровадження обладнання

Складаємо таблицю показників роботи стану до і після впровадження обладнання.

Таблиця 2.12 – Показники роботи стану до і після впровадження обладнання

Найменування	До внедрения оборудования	После внедрения оборудования
Угар %	3%	1%

## 3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1. Технічна характеристика обладнання преса

Для виготовлення поковок в КПЦ встановлені два гідравлічних преси з номінальним зусиллям 60 і 32 МН. Живлення кувальних пресів рідиною високого тиску здійснюється від насосно - акумуляторної станції, що має в своєму складі 14 насосів продуктивністю 750 л/хв., 2 гідравлічних і газових балонів ємністю 9900 л кожен.

Прес зусиллям 60 МН призначений для вільного кування зливків різних сталей і сплавів на товарні поковки і передільну заготовку. Прес зусиллям 32 МН призначений для вільного кування зливків і передільної заготовки на товарні поковки і передільну заготовку.

Преси оснащені:

а) кувальними маніпуляторами вантажопідйомністю:

— на пресі зусиллям 60 МН, т — 10

— на пресі зусиллям 32 МН, т — 5

б) шанжир - машинами вантажопідйомністю, т — 5

в) спеціальними кранами вантажопідйомністю:

— на пресі зусиллям 60 МН, т — 50+10

— на пресі зусиллям 32 МН, т — 30 + 5.

— Гідравлічні кувальні і штампувальні преси відносяться до машин статичної дії, що використовують для деформації поковки потенційну енергію стислої рідини їх основним недоліком в порівнянні з кривошипними машинами є тихохідність. Чинником, що перешкоджає підвищенню швидкохідності гідравлічних пресів з водоемульсивним приводом від НАС є необхідність реверсування в трубопроводах великих мас рідини, що перемішаються з швидкостями 20 - 25 м/с, що супроводжується гідроударними явищами, кавітацією, порушенням герметичності ущільнень циліндрів і трубних з'єднань . Уникнути або понизити рівень гідроударів і явищ кавітацій, зберігаючи при цьому високий темп кування (штампування) можна, підбираючи раціональні конструктивні і витратні характеристики регулюючих клапанів і режими їх роботи.

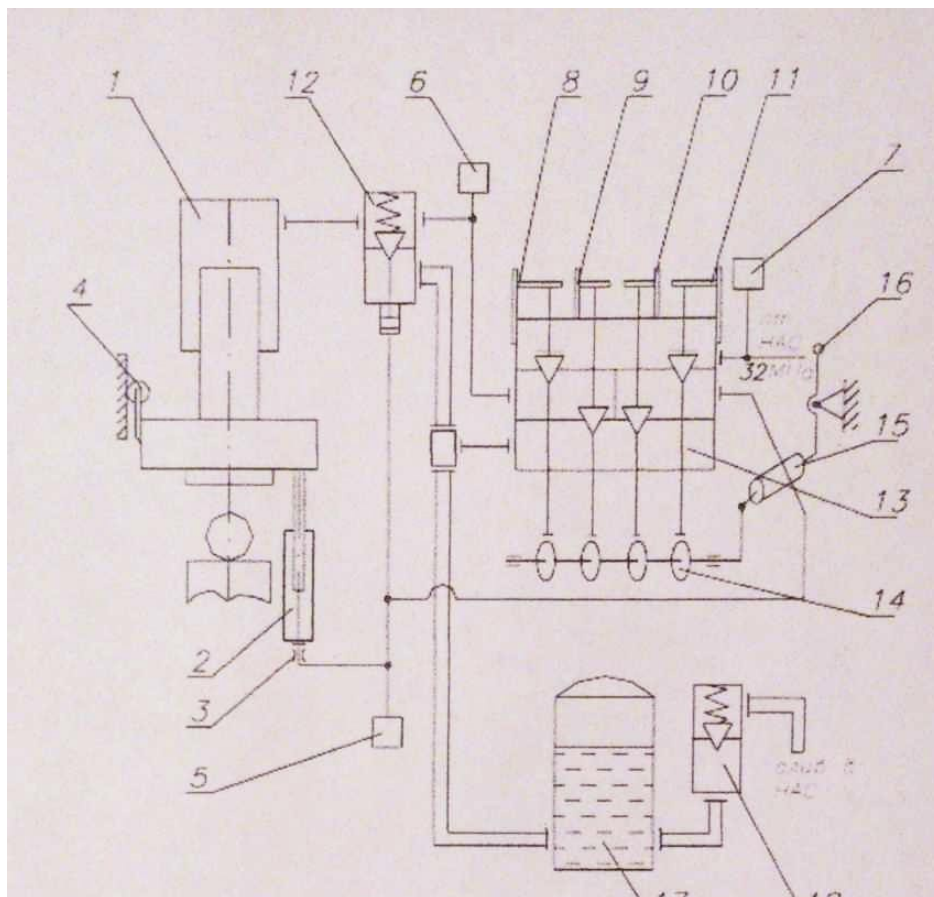
Таблиця 3.1 – Характеристика нагрівальних печей

Тип печей	Кількість, шт	Площа подини печі, м <sup>2</sup>	Максимальна маса садки, т
Нагрівальні з	2	40,7	150

викаткою	9	18,6	55
подиною	2	13,9	44
Камерні стаціонарною подиною	3 7	13,5	20,2

Важливим етапом машинного циклу кувального гідравлічного преса є поротний хід рухливої поперечки . Збільшуючи швидкість поворотного ходу, забезпечуючи безударний розгін і гальмування рухливої поперечки, можна істотно підвищити число ходів преса.

При відкритті зливного клапана поворотних циліндрів поперечка рухається вниз, здійснюючи хід наближення до поковки із швидкістю 142мм/с. Тиск в поворотних циліндрах декілька підвищується, оскільки відбувається вичавлювання робочої рідини з поворотних циліндрів через дросельну шайбу. У момент торкання поперечки з поковкою тиск в поворотних циліндрах різко падає до величини тиску в зливному баку ( $p=0,5$  МПа), оскільки сила ваги поперечки переноситься на поковку.





1.Робочий циліндр 2.Поворотний циліндр 3.Дросельна шайба 4.Реостатний датчик хода рухливої поперечини 5-7.Тензометричні датчики тиску, відповідно, в поворотних і робочому циліндрах і трубопроводі, що підводить від НАС 8-11.Тензометричні лінійки ходу клапанів, відповідно, впускного і зливного поворотних циліндрів 12Наповнюючий зливний клапан 13.Головний клапанний розподільник 14.Кулачковий розподільний вал 15.Стежачий сервопривід розпрідвала 16.Рукоятка керування пресом 17.Наповнюючо - зливний бак 18.запобіжно переливний клапан.

Рисунок 3.1 – Гідравлічна схема пресу

Після відкриття впускного клапана робочого циліндра тиск в ньому зростає, і рухлива поперечка рухається вниз, обжимаючи поковку з середньою швидкістю 115 мм/с. У трубопроводі, який підводить від насосно-акумуляторної станції тиск падає із-за наявності гідравлічних втрат в магістралі НАС - прес. В процесі закриття впускного клапана відбувається відсікання живлячої магістралі від робочого циліндра з розвитком гідроудара і коливань тиску перед закритим клапаном. Одночасно з впускним клапаном закривається зливний клапан поворотних циліндрів, після чого відкривається зливний клапан робочого циліндра і впускання поворотних циліндрів.

У робочому циліндрі йде скидання тиску в зливний бак, а в поворотному тиск за 0,2с підвищується до тиску в акумуляторі ( $p = 30$  МПа). Проте рухлива поперечка починає рух вгору лише через 0,4с після відкриття впускного клапана, коли тиск в робочому циліндрі знизиться до 2,5 - 3,0 МПа і відкриється наповнювальний зливний клапан.

Робочими рідинами приводів служать мінеральне масло

«Індустріальне» в'язкістю 20-50 ССт при 50°С(для насосного приводу) і водній емульсії, що представляє собою 2-3% - ву суміш з водою емульсолів марки А або Б (ГОСТ 1975-53) для насосно-акумуляторних станцій. Більший вміст емульсола рекомендується для заповнення нових гідросистем, менше - для тих, що експлуатуються. Склад емульсола наступний: 83-87% мінерального масла, 12-14% олеїнової кислоти, 2,5% їдкого натра 40%-ної концентрації.

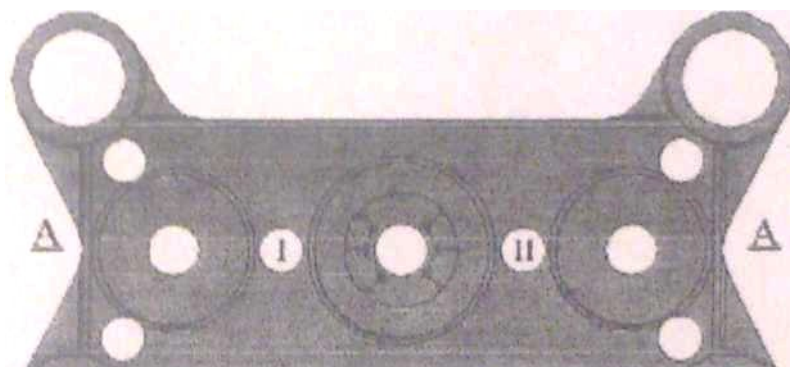
Застосовують також емульсол ЗНІНП-117. Емульсія, приготована дисперсною сумішшю 1% цього емульсола з водою, володіє підвищеною стійкістю, кращою змащуючою здатністю і антикорозійними властивостями.

### 3.2. Вибір технологічного обладнання

Зазвичай для вибору преса досить визначити зусилля по операції осідання, як найбільш трудомісткій операції. Зусилля преса, необхідне для осідання заготовки круглого або квадратного перетину, можна визначити по формулі:

$$P = \Psi \left( 1 + 0,17 \frac{D_{\square 1}}{H_{\square 1}} \right) \sigma_s F.$$

Де  $\Psi$  - масштабний коефіцієнт (гл.1, табл.19);  $F$  - площа поперечного перетину поковки після осідання в мм<sup>2</sup>;  $D_1$  і  $H_1$  - діаметр і висота заготовки після осідання в мм;  $\sigma_s$  - напруга плинності металу при температурі осідання, приблизно рівне тимчасовому опору розриву при тій же температурі (гл.1 стр.34) в кг/мм<sup>2</sup>



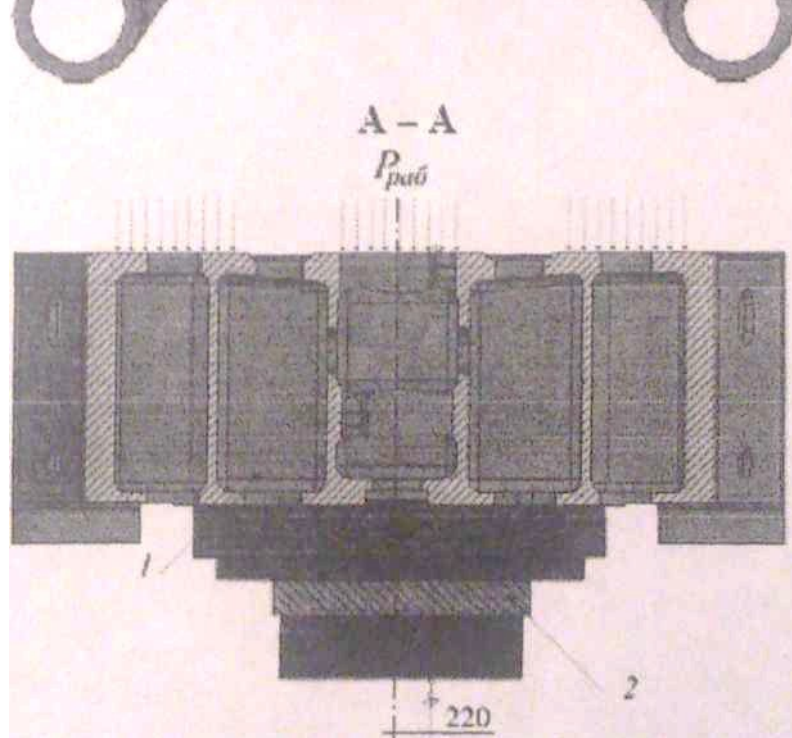


Рисунок 3.2 – Загальний вид рухомої поперечини гідравлічного преса зусиллям 60 МН.

Таким чином, нам потрібно визначити зусилля преса для осідання зливка із сталі Х12МФ з вихідними розмірами  $D^0=665\text{мм}$ ,  $H^0=1680\text{мм}$  до висоти  $H^1=1130\text{мм}$ . Тимчасовий опір розриву сталі при температурі осідання  $1160^\circ$   $\sigma^s \approx \sigma^b = 2,55\text{кг/мм}^2$  (гл.1,табл.17),  $\Psi \approx 0,75$  (гл.1,табл.19).

1. Середній діаметр після осідання

$$D_1 = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_1}} = 665 \sqrt{\frac{1680}{1130}} = 810 \text{ мм.}$$

2. Площа поперечного перетину поковки після осідання

$$F = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{3,14(810)^2}{4} = 515038 \text{ мм}^2.$$

### 3. Зусилля преса

$$P = 0,75 \times \left( 1 + 0,17 \frac{810}{1130} \right) 515038 \times 2,55 = 1105042 \text{ кг}..$$

Таким чином, для виробництва даної поковки нам було б досить преса зусиллям порядку 1100 т, ми будемо використовувати прес зусиллям 3200 т.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації гідравлічного пресу 32 МН

Для створення здорових та безпечних умов праці велике значення має забезпечення такого технологічного процесу і такого стану устаткування, при якому виключається можливість появи шкідливих викидів в робочому приміщенні (газу, пилу, продуктів згоряння, надмірного тепла) і небезпека травмування робітників.

При виконанні робіт на пресовій ділянці робочі піддаються таким небезпечним і шкідливим виробничим факторам:

- наявність двох суміщених залізничних і автомобільних тупиків;
- надходження в цех металу «гарячим всадом» і його розвантаження;
- наявність трьох рейкових передавальних візків;
- наявність 10 вантажопідйомних кранів і транспортування гарячого металу по ділянці;
- наявність двох кувальних маніпуляторів і двох шаржір-машин;
- два гідравлічних преса з тиском робочої рідини до 30МПа і виконанням на них двох особливо небезпечних операцій – це рубка гарячого металу та кування цапфи з прибуткової частини зливків. Можливий гідравлічний удар в системі і зрив трубопроводів, перекіс траверси і перевантаження колон. Робочою рідиною на пресі служить водна емульсія, яка може призвести до утворення водної пари і туману. Прес є додатковим джерелом підвищеного рівня шуму та вібрації;
- вибивання клинів при знятті бойків на пресах;
- наявність на ділянці 25 печей , які працюють на природному газі. З них 13 печей мають викотну подину, що є додатковою небезпекою;
- термообробка поковок у ванні для гартування;
- ремонт механізмів підняття-опускання заслінок на камерних печах при видачі металу на ковку шаржір-машинами;
- наявність двох підлогово-садочних машин, які обслуговують термічні печі;
- головною небезпекою на пресовій ділянці є природний газ, продукт неповного згоряння природного газу СО, підвищена температура в робочій зоні, яка може перевищувати 40С, інфрачервоне випромінювання, яке перевищує ГДК в 10 разів.[7]

Ковальсько-пресове обладнання встановлено на окремій ділянці від лінії механічної обробки. Ширина цехових проходів та проїздів, відстані між

обладнанням та елементами будівель відповідають нормам технологічного проектування. Між пресом і насосно-акумуляторною станцією існує телефонний зв'язок і сигналізація. На ділянці існують схеми трубопроводів, на робочих місцях є інструкції з вказівками основних заходів безпеки при роботі.

Гідравлічний прес працює від насосно-акумуляторної станції, яка постачає його рідиною високого тиску. Всі деталі преса, що знаходяться під тиском, піддаються постійному огляду, а також періодичним оглядам і випробуванням. До таких деталей відносяться циліндри преса, ущільнення та деталі гідравлічної системи: трубопроводи, рідинні балони, водо- і масло розподільники. Кожна несправність реєструється у спеціальному журналі.

Всі лінії високого тиску збираються з суцільнотягнутих сталевих труб, попередньо випробуваних на тиск в 1,5 рази вище номінального. Залежно від величини тиску і характеру рідини трубопроводи пофарбовані в різні кольори: високого тиску – в червоний колір, низького – в зелений, лінії мастила – в жовтий, повітряні – у блакитний. Для уникнення гідроударів в систему вбудовані баки-компенсатори. [7]

В якості засобів безпеки в насосно-акумуляторній станції використовуються регулятор рівня рідини, циркуляційний клапан, що переводить насоси на холостий режим у разі виникнення аварійної ситуації, автоматичний клапан, що роз'єднує при неполадках станцію і прес.

Прес має високу швидкість та точність кування, яка досягається автоматичним управлінням. Для попередження перевантаження колон на них встановлені прилади контролю напруг, що сигналізують про виникнення небезпеки, а при аварійному перевантаженні вимикають прес від трубопроводу високого тиску рідини. Для захисту робітників від падіння гайок, що відгвинтилися, шпильок, що розірвалися і частин сальника на траверсі під фланцями встановлені вловлюючі металеві кожухи. Щоб усунути вихід плунжерів з циліндрів, на пресі встановлений обмежувач нижнього положення рухомої траверси. Прес забезпечений пристроєм, що

запобігає мимовільному опусканню траверси під дією власної ваги при падінні тиску в мережі, розриві трубопроводу високого тиску та інших неполадках. Також є пристрій для утримання траверси у верхньому положенні при виконанні ремонтних робіт. Забороняється працювати на пресі без відповідних справних огорожувальних пристроїв, звукової та світлової сигналізації. [7]

Ремонтні роботи в середині робочої камери печі дозволяється проводити за наявності наряду-допуску після охолодження, провітрювання і відключення печі від газопроводу заглушкою і продувки відключеної ділянки газопроводу. На час ремонту механізмів підйому заслінки і викотів подини прямики печей повинні бути огорожені.

Для полегшення умов праці на ділянці встановлені: кувальний маніпулятор, шаржир-машина, машина підлогового садчика, електромостові крани та передавальні візки. [7]

В якості кувального інструменту використовуються бойки, що мають масу більше 4т, тому вони зберігаються на підлозі. Зливки і поковки перетином більше 160мм зберігаються на підлозі в штабелях або поштучно. Відходи і окалина зберігаються у тарі. Місце зберігання відходів оснащено необхідними вантажопідйомними засобами. Конструкція захоплюючих пристосувань маніпулятора і шаржир-машини виключає можливість падіння і зміни положення поковок і заготовок. [7]

Транспортування металу проводиться ланцюгами або спеціальними кліщами. Кліщі повинні відповідати розміру та формі заготовок, не мати тріщин, послаблень у заклепках і болтах. Забороняється піднімати і транспортувати коробки зі звисаючим вантажем.

Передавальні візки обладнані так, щоб виключити падіння предметів під час руху, навантаження та розвантаження. На візку маркується порядковий номер і вантажопідйомність. Ключ-бирка знаходиться у робітника, що має право на управління, її передача іншим особам заборонена.

Згідно з «Правил будови електроустановок» будівля, в якій розташована ділянка, відноситься до особливо небезпечних, так як характеризується високою температурою, наявністю металевих струмопровідних підлог, виділенням металевого струмопровідного пилу.

Для забезпечення електробезпеки електроапаратура пресу встановлена в окремій шафі, що замикається. На внутрішній стороні кришки шафи розміщена монтажна і принципова схема електроустаткування машини з маркуванням проводів і апаратури. Дверцята шафи забезпечені замком, що запобігає включенню машини при відкритих дверцятах. [4]

Зовнішня електропроводка укладена в газові труби. Внутрішня проводка, що прокладена в місцях можливих пошкоджень або попадання вологи і масла, укладена в герметичні металорукава. Струмоведачі частини електродвигуна, електроприладів і проводка огорожені і недоступні для випадкового дотику.

Станина преса, корпуси електродвигунів, кожухи електроапаратури та інші металеві частини ковальсько-пресового обладнання, які можуть опинитися під напругою вище 42В, заземлені і занулені у відповідності з діючими правилами влаштування електроустановок. Електроустаткування оснащено захистом, що виключає мимовільне включення обладнання при відновленні раптово зниклої напруги.

Під час роботи на шаржір-машині і маніпуляторі у машиніста на підлозі кабіни повинен бути діелектричний килимок. Всі переносні механізми дозволяється переміщати з одного місця на інше тільки за вказівкою майстра або начальника зміни після відключення черговим електриком електроживлення. Перед початком роботи змінний машиніст, отримавши від машиніста попередньої зміни ключ-бирку, зобов'язаний оглянути і перевірити стан і справність всіх механізмів і електроапаратури. При огляді електроапаратури машиністам забороняється відкривати електрошафи. При раптовому припиненні подачі електроенергії всі контролери повинні бути негайно переведені в нульове положення. [7]



Забороняється робити посадку в нагрівальні печі вологого або покритого снігом металу, щоб уникнути вибуху. Не допускається охолодження печей водою. Природний газ з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші, при концентрації від 4 до 15%. При внесенні в такі суміші джерела вогню або високонагрітого тіла станеться вибух. Газ і повітря при запаленні і регулюванні пальників треба подавати поступово і тільки при встановленому тиску. Регулювання подачі газу і повітря повинно забезпечити повне згорання газу. При вимиканні газових пальників треба поступово і по черзі збавляти подачу повітря і газу.

#### **4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії**

Норми виробничої санітарії повинні забезпечити:

- раціональне розміщення підприємств, будівель і споруд;
- розміри виробничих приміщень;
- вибір складу і компоновки допоміжних приміщень;
- оптимальні параметри метеорологічних умов;
- раціональне освітлення;
- рівень шуму та вібрації на робочому місці нижче допустимих значень.

Виробництва, до складу яких входять ковальсько-пресові цехи, відносяться до 4 класу з захисною смугою 100м («Санітарні норми проектування промислових підприємств»). У проектах промислового підприємства передбачені технологічні процеси, що виключають виділення шкідливих речовин в атмосферу, і досить ефективні заходи щодо недопущення шкідливого впливу виробничих факторів на населення: пиловловлення, збільшення висоти труб, герметизація комунікацій, рекуперация. [7]

Найважливішими елементами, що забезпечують безпеку роботи і високу продуктивність праці, є освітленість, метеорологічні умови і чистота повітря в робочому приміщенні.

#### 4.2.1. Мікроклімат

Метеорологічні умови виробничого середовища визначаються поєднанням ряду чинників: температурою, відносною вологістю і рухливістю повітря, рівнями теплового випромінювання.

Несприятливі метеорологічні і кліматичні умови можуть викликати серйозні патологічні зміни в організмі, а також спричинити захворювання.

Для забезпечення нормальної роботи в різні періоди року на робочих місцях встановлюються пристрої для опалення і вентиляції.

В літній період в КППЦ для очищення виробничого повітря і подачі чистого використовується система аерації, до складу якої входять аераційні ліхтарі.

В холодний період року у приміщеннях з постійним або тривалим перебуванням обслуговуючого персоналу встановлюються системи опалення, батареї. Ворота повинні обладнуватись повітряними і тепловими завісами з механічним приводом. [7]

Температура повітря на ділянці гідравлічних пресів в теплий період року не повинна перевищувати на 5°C температуру зовнішнього повітря і бути не більше 28°C, але фактично є 38°C.

Температура повітря на ділянці гідравлічних пресів в зимовий час повинна бути 13-19°C, а фактична 0°C, що є третьою ступінь шкідливих умов праці.

Низька та висока відносна вологість повітря негативно впливає на здоров'я людини. Згідно з даними карти умов праці відносна вологість повітря складає 55% у зимовий час, при нормі 75%, а швидкість повітря 0,2м/сек, при нормі 0,5м/сек, тобто майже відповідає нормі. [7]

#### 4.2.2. *Склад повітря робочої зони*

Гранично допустима концентрація згідно ГОСТ 12.1005-88 «Загальні вимоги до повітря робочої зони».

Таблиця 4.1 – Склад повітря робочої зони

Інгредієнт	Фактичне, мг/м <sup>3</sup>	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Пил (з домішкою діоксида кремнія)	3.8	4.0
Ангідрид сірчаний	2.66	10
Азоту оксиди	1.79	5
Оксид вуглецю	3.3	20

Склад повітря з більшості показників відповідає ГДК за ГОСТ 12.1005-88.

Для видалення забрудненого повітря пропонується застосовувати загально обмінну витяжну вентиляцію. [7]

#### 4.2.3 *Виробниче освітлення*

В КППЦ передбачене штучне і природне освітлення. Природне сонячне світло проникає скрізь світлові отвори (верхні і бічні).

Вибір джерела світла залежить від характеру роботи, умов середовища, розмірів приміщення. Лампи розжарювання застосовують в тих приміщеннях, де проводяться відносно грубі роботи (нормована освітленість до 50 лк), а також для місцевого освітлення. Для загального освітлення по цеху застосовуються газорозрядні лампи, які мають бути оснащені захисними плафонами.

Природне освітлення цеху проводиться через вікна в стінах і світлові ліхтарі в даху будівлі. Коефіцієнт природної освітленості дорівнює 3.

На деяких робочих місцях, таких як пост управління пресу, існує тільки штучне освітлення.

У разі відмови у дії робочого освітлення, для безперебійної роботи пресу, а також для безперешкодного виходу назовні в разі аварії в цеху встановлено аварійне освітлення, яке підключене до незалежного джерела електроенергії.

Контроль за станом освітленості проводять за допомогою приладів – люксометрів. [4]

#### *4.2.4 Виробничий шум*

Надмірний шум надає шкідливий вплив на здоров'є, сприяє виникненню травматизму і знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму в перебігу всього дня викликає стомлення слухових органів. Тривала дія шуму, що перевищує допустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів негативно впливає на органи керування рівновагою людини в просторі. [4]

За вартою умов праці рівень шуму на ділянці преса - 85дБ при нормі – 80дБ.

Для зменшення рівнів шуму пропонується застосування засобів індивідуального захисту у вигляді антифонів і спеціальних комбінованих рукавичок з бавовняної тканини і гуми.

#### *4.2.5. Виробничі вібрації*

Класифікацію, гігієнічні норми вібрації, вимоги до вібраційних характеристик виробничого устаткування, включаючи і транспортні засоби, визначає ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека».

При частоті більше 16-20 Гц вібрація супроводиться шумом. Людина починає відчувати вібрацію при коливальній швидкості рівної  $1 \times 10^{-4}$  м/с, а при швидкості 1 м/с виникають больові відчуття.

Тривала дія вібрації великої частоти викликає вібраційну хворобу, вражаючи нервово-м'язову і серцеву-судинну системи людини і веде до пошкодження суглобів. При цьому може бути повна втрата працездатності. Для вимірювання вібрації в цеху використовують віброщупи, що відносяться до приладів неелектричного типу. [7]

Для захисту від вібрації і шуму пропоную:

- замінити виробничі процеси, що викликають шум і вібрації іншими менш шумними процесами;
- влаштувати спеціальні фундаменти, незалежні від конструкції будівель і що мають значну масу і акустичні шви;
- застосувати ізолюючі прокладки і амортизатори;
- застосувати звукоізолюючі кожухи для закривання особливо гучного устаткування;
- застосувати звукоізолюючі і звукопоглинальні матеріали;
- використовувати індивідуальні засоби захисту від шуму і вібрації, а також проведення заходів гігієнічного характеру; [7]

#### 4.2.6. Виробничі випромінювання

Під час гарячої прокатки мають місце значні тепловипромінювання. За картою умов праці при санітарній нормі  $140 \text{ Вт/м}^2$  на ділянці пресу –  $245 \text{ Вт/м}^2$  [6].

Для попередження осліплювання працівників потрібно застосувати окуляри з кольоровим склом (світлофільтрами). [4]

Для зменшення тепловипромінювання в цеху максимально знижують температуру джерел променистого тепла. Зниження температури джерел випромінювання в КПЦ практично здійснюється . . .

Для захисту працівників від тепловипромінювання, поряд із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелами тепловипромінювання і працівниками екрани або завіси, що затримують інфрачервону радіацію, випромінювання.

При вживання порожнистих екранів з циркулюючою водою або при безперервному змочуванні водою простих екранів, виконаних з листової сталі, теплове випромінювання затримується повністю. Якщо по характеру виробництва потрібно вести спостереження за процесами, то екрани виконують з прозорих матеріалів або густої металевої сітки. [7]

Водяні завіси у вигляді суцільної пелени води, а також водоструминної або водоповітряної завіси дозволяють зменшити дію тепловипромінювання на робочих місцях на 60-85%, причому видимість крізь завіси істотно не погіршується [4]. Водяні завіси слід використовувати в робочих вікнах камерних печей та печей з вихідним подом або в місцях манкіровки гарячого металу.

### **4.3. Пожежна безпека**

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України «Про пожежну безпеку».

Згідно ДСТУ 2272-93 пожежна безпека об'єкту забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру. За всіх умов має бути забезпечена пожежна безпека об'єкту і безпека людей. [4]

#### *4.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі*

Для запобігання пожежі і вибуху в цеху необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки. До основних умов запобігання пожежі

відносяться запобігання утворенню горючого середовища і появи джерел запалення.

Джерелами горючого середовища можуть бути випарювання мастила при порушенні герметичності мастилопроводів, а також газова небезпека з боку методичних печей.

Основні небезпеки пожеж від електричних пристроїв виникають при займанні ізоляції дротів і короткому замиканні. Основною причиною займання ізоляції є перегрівання дротів. Для запобігання загорянню ізоляції і короткого замикання дротів потрібно застосовувати плавкі запобіжники або спеціальні автомати, що відключають мережу при перевантаженні. [7]

У цеху є пожежні гідранти, ящики з піском, пожежні рукави, стенди обладнані інструментом для пожежогасіння, відра, робочі місця забезпечені вогнегасником.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться: пожежна охорона об'єкту спеціальними формуваннями, розробка і здійснення правил і норм пожежної безпеки, правил дотримання протипожежного режиму і встановлених заходів щодо ліквідації виниклої пожежі; навчання працівників заходам пожежної безпеки. [7]

Пожежний захист забезпечується застосуванням негорючих або важкогорючих речовин, обмеженням кількості горючих речовин і ізоляцією горючої середовища. Також застосуванням ефективних засобів пожежогасіння, організацією безперешкодної евакуації людей, використанням засобів колективного і індивідуального захисту, застосуванням засобів сигналізації і організацією пожежної охорони. [7]

#### *4.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту*

При проектуванні промислових підприємств мають бути забезпечені необхідні вимоги пожежної безпеки. До цих вимог відносяться: раціональне розміщення будівель і споруд на території підприємства з урахуванням

вибухової, вибухопожежної і пожежної небезпеки технологічних процесів окремих цехів, а також з врахуванням створення оптимальних умов для запобігання поширенню і ліквідації пожеж, наявність доріг, що забезпечують безперешкодний під'їзд пожежних підрозділів у разі виникнення пожежі, раціональне розташування комунікацій з урахуванням вимог пожежної безпеки. [7]

Протипожежні перешкоди влаштовують для запобігання поширенню пожежі. До них відносяться перекриття, що не згорають, і протипожежні стіни. Протипожежні розриви між будівлями і спорудами визначаються залежно від ступеня вогнестійкості будівель і категорії вибухопожежонебезпечності виробництва. Будівля КПЦ належить до категорії «Г»

При виникненні аварійних ситуацій в тому числі пожежі персонал керується ПЛАС (план ліквідації аварійних ситуацій).

#### **4.4. Охорона навколишнього середовища**

ПрАТ "Дніпроспецсталь" - сучасний високотехнологічний виробник спеціальних сталей, який інвестує не лише у виробниче устаткування, але і піклується про стан довкілля, мінімізуючи дію свого виробництва на екологію регіону. Основний вклад в емісію парникових газів на ПрАТ "Дніпроспецсталь", вносить діоксид вуглецю. Вклад в об'єм емісії закису азоту і метану, є незначним (на рівні 0,04%), а утворення інших парникових газів (гідрофторуглерод, перфторуглерод, гексафторид сірки) –исключено.

«Дніпроспецсталь» докладас усіх зусиль до мінімізації негативної дії свого виробництва на довкілля і прагне скорочувати водоспоживання у виробничих циклах. Значна частина води знаходиться в оборотних циклах і використовується для охолодження виробничого устаткування, частина забираної води використовується в технологічному процесі. [7]



В КПЦ основним джерелом забруднення повітряного басейну є нагрівальні печі (з виділенням оксидів азоту) і травильні агрегати. Через аераційні ліхтарі цеху в атмосферу над пресом виділяється невелика кількість пилу (20 г/т поковок).

Скорочення викидів оксидів азоту від нагрівальних печей обумовлене використанням плоскополум'яних пальників, при якому кількість вказаних оксидів скорочується на 30-50%.[7]

Гази, що відсисаються від травильних ванн містять невелику валову кількість шкідливих речовин. Для їх очищення, як правило, досить промивання водою в скруберах або мокрих циклонах. В окремих випадках для нейтралізації газів, що очищаються, роблять піддуговування води, що подається у фільтри.

У приміщенні цеху з великим виділенням тепла, дисперсних часток потрібна постійна циркуляція повітря. Для видалення з приміщення цеху надмірного тепла і шкідливих газів – на покритті будівлі влаштовані спеціальні пристрої - аераційні ліхтарі. Ліхтарі є заклоною надбудовою різної конфігурації над отвором в покритті. Їх виконують подовжніми, тобто розташовують уздовж прольоту будівлі по його середині. [7]

Стічні води в цеху утворюються при роботі гідравлічного преса, при охолодженні бойків і підшипників, змиві окалини, а також при охолодженні допоміжних механізмів (пил, ножиць). Стоки характеризуються більш високою температурою, значним вмістом зважених речовин у вигляді окалини, наявністю мастила. Щоб запобігти попаданню забрудненої води в навколишнє середовище, вона використовується у замкненому циклі. Після використання технічна вода з циліндрів преса попадає у підвал. Там дренажними насосами вона закачується в зворотну трубу технічної води, звідки потрапляє до п'ятої насосної станції. На насосній станції вода проходить грубе очищення і поступає назад у цех. [7]

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У загальній частині представлені характеристики ковальсько-пресового цеху ПрАт «Дніпроспецісталь» та сортамент його продукції. Ковальсько-пресовий цех є підрозділом електрометалургійного заводу ПрАТ «Дніпроспецсталь» з неповним циклом виробництва металопродукції. КПЦ обладнаний гідравлічними пресами з номінальним зусиллям 60 і 32 МН.

Преси обладнені маніпуляторами вантажопідйомністю 10т і 5т, відповідно. Сортамент продукції, що випускається: поковки круглого і квадратного перетину розміром від 200 до 500 мм, сляби розміром 120-300 300-800 мм і шайби діаметром 400-1100 мм з конструкційних, інструментальних, корозійностійких сталей, прецизійних і жароміцних сплавів різних способів виплавки.

У технологічній частині виходячи із завдання бакалаврської роботи провели розробку режиму отримання поковки круглого перерізу діаметром 250 мм із корозійностійкої жароміцної сталі марки Х12МФ. Осадка зливків і заготовок проводиться на осадкових плитах. При цьому відношення висоти до діаметру (сторони) для заготівлі не повинна перевищувати за умовами стійкості 2,5, для злитка - 2,8. Згідно затвердженої карти кування для виробництва круглої поковки діаметром 250 мм марки Х12МФ запропоновано наступна схема: Нагрів зливка – Осадка зливка на квадрат перерізом 600мм – Протяжка на квадрат перерізом 500мм по половині заготівлі з проміжним нагрівом – Операція 4. Протяжка на квадрат перерізом 450 мм по половині й закувати цапфу перерізом 350мм. Проміжний нагрів. – Операція 5. Протяжка на квадрат перерізом 410 мм. Проміжний нагрів. – Операція 6. Протяжка на квадрат перерізом 370 мм. Проміжний нагрів. – Операція 6. Протяжка на чистий сорт діаметром 335 мм. – Операція 7. Рубка згідно схеми. – Операція 8. Охолодження.

Провели розрахунки річної виробничої програми пресу, розрахунок відходів, розрахунок витрат по переділу та економічний ефект від впровадження обладнання завдяки якому вдалося зменшити угар з 3% до 1%.

У механічній частині представлені технічна характеристика обладнання преса та вибір технологічне обладнання для виробництва заданої поковки. Прес зусиллям 32 МН призначений для вільного кування зливків і передільної заготовки на товарні поковки і передільну заготовку. Важливим етапом машинного циклу кувального гідравлічного преса є поротний хід рухливої поперечки . Збільшуючи швидкість поворотного ходу,

забезпечуючи безударний розгін і гальмування рухливої поперечки, можна істотно підвищити число ходів преса. За результатами проведених розрахунків для виробництва круглої поковки діаметром 250 мм марки Х12МФ було б досить преса зусиллям порядку 1100 т, тому використовувати будемо прес зусиллям 32 МН.

В розділі охорона раці та техногенна безпека були розглянуті технічні рішення щодо безпечної експлуатації гідравлічного пресу 32 МН, а саме які є небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виконанні робіт на пресовій ділянці. Розглянуті умови забезпечення безпеки робітників. Розглянуті умови полегшення праці на ділянці, правила електробезпеки. У проектах промислового підприємства передбачені технологічні процеси, що виключають виділення шкідливих речовин в атмосферу, і досить ефективні заходи щодо недопущення шкідливого впливу виробничих факторів на населення. Забезпечення клімат контролю у літній та зимній періоди.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Ковка и объёмная штамповка стали. Справочник в 2-х томах. Под ред. Сторожева М.В. Москва : Машиностроение, 1967. 239 с.
2. Брюханов А.Н. Ковка и объёмная штамповка : учебное пособие для машиностроительных вузов. Москва : Машиностроение, 1975. 294 с.
3. Гликин. Н.М. Ковка на молотах и прессах. Учебное пособие для проф.-тех. училищ, Москва : Высшая школа, 1968. 306 с.

4. Денисенко Г.Ф., Губонина З.И. Охрана окружающей среды в черной металлургии : учебное пособие для проф.-тех. училищ. Москва : Металлургия, 1989. 243 с.
5. Свечанский А.Д. Электрические промышленные печи : учебник для вузов, Москва : Энергоиздат, 1981. 256 с.
6. Санітарні правила для ковальсько-пресових цехів. Видання офіційне. Міністерство охорони здоров'я України, Київ, 1996. 298 с.
7. Сборник инструкций по охране труда для профессий прессового участка и ад'юстажа, Запорожье, 2014. 45 с.
8. Сборник технологических инструкций для кузнечно-прессового цеха, Запорожье, 2014. 53 с.
9. ДСТУ 3953-2000 (ГОСТ 5950-2000). Прутки, штаби та мотки з інструментальної легованої сталі. Загальні технічні умови. Держстандарт України, 2001. 12 с.
10. Березин И.В., Понкратова Г.В. Профилирование заготовок в ковочных вальцах : учебное пособие. Волгоград, 2011. 75 с.
11. Евсюков С.А. Основы технологии получения поковок учебное пособие. Под ред. Евсюкова С. А. Москва : Изд-во МГТУ им. Баумана Н. Э., 2005. 44 с.
12. Каплунов Б.Г., Возмищев Н.Е., Торжуткин А.А. Автоматизированное проектирование технологийковки. Алгоритмы и программы учебное пособие. Челябинск : ЮУрГУ, 2000. 45 с.
13. Кордюков В.П., Коротких Е.Л. Свободная ковка на молотах, Москва: Машиностроение, 1974. 209 с.
14. Матвеев А.С., Кочетков В.А. Справочник кузнеца Под ред. Безъязычного В.Ф., Москва : Машиностроение, 2011. 360 с
15. Немзер Г.Г. Тепловые процессы производства крупных поковок Тепловые процессы производства крупных поковок. Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. 270 с.

16. Соколов Л.Н., Голубятников Н.К., Ефимов В.Н., Шелаев И.П. Теория и технологияковки : учебное пособие. Киев : Высшая школа, 1989. 317 с.
17. Титов Ю.А. Свободнаяковка. Основные операции и технологии : учебное пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2011. 73 с.
18. Титов Ю.А. Свободнаяковка. Исходные материалы и заготовительные операции. Ульяновск : Издательство УлГТУ, 2006. 235 с.
19. Титов Ю.А., Титов А.Ю. Контроль качества поковок. Ульяновск : УлГТУ, 2008. 70 с.
20. Алиев И.С., Жбанков Я.Г., Периг А.В. Факторы, влияющие на параметрыковки крупных поковок. *Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение*. 2013. Том 15. №1. С. 27-45.
21. Анищенко А.С. Высокоскоростные методы обработки металлов давлением. Учебное пособие к практическим занятиям по курсу «Высокоскоростные методы обработки металлов давлением» (для студентов специальности 7.05050203 «Оборудование и технологии пластического формирования конструкций машиностроения» всех форм обучения). Мариуполь : ПГТУ, 2011. 27 с.
22. Атрошенко А.П., Федоров В.И. Металлосберегающие технологии кузнечно-штамповочного производства. Производственное издание, Ленинград: Машиностроение, 1990. 279 с.
23. Берлет Ю.Н., Пискунов Ю.П. Разработка чертежей поковок, штампуемых на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах : учебное пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2001. 54 с.
24. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. Учебное пособие для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп., Москва: Машиностроение, 1975. 408 с.
25. Горячев Е.А. Обработка металлов давлением. Ч. 3. Кузнечно-штамповочное производство : учебное пособие для самостоятельной работы студентов. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. 45 с.

26. Гусачук Д.А. Ковальсько-штампувальне обладнання. Частина друга. Конспект лекцій. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. 94 с.
27. Карпицкий В.С., Иваницкий Д.М. Технологияковки и горячей штамповки. Методические указания. Минск: БНТУ, 2009. 65 с.
28. Лекции по дисциплине Технология кузнечно-штамповочного производства. Сост. Олейниченко В.К, Бондаренко А.Т. Коваленко А.О., Мариуполь : ПГТУ, 2006. 94 с.
29. Андренко П. М. Технічне діагностування гідравлічних приводів: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2016. 172 с.
30. Рыбин Ю.И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением, Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2004. 642 с.
31. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка учебник для ВУЗов, Москва: Высшая школа, 1972. 352 с.
32. Сидельников С.Б. и др. Теория процессов кузнечно-штамповочного производства. Конспект лекцій, авторы: Сидельников С. Б, Довженко Н. Н, Бер В. И, Белокопытов В. И, Гоголь И. С, Соколов Р. Е., Красноярск: ИПК СФУ, 2008, 78с.
33. Атрошенко А.П. и др. Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах и горизонтально-ковочных машинах, Москва: Из-во Машиностроение, 1983. 95с.
34. Сидельников С.Б., Константинов И.Л. Кузнечно-штамповочное производство. Курс лекций, Красноярск : СФУ, 2012. 59 с.
35. Титов Ю.А., Кокорин В.Н., Морозов О.И. Технологияковки и объемной штамповки : учебное пособие, Ульяновск : УлГТУ, 2016. 111 с.
36. Биронт В.С. Теория термической обработки металлов. Комплект учебных пособий. СФУ: ИЦМиЗ, Красноярск, 2007. 234 с.
37. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. Москва: Металлургия, 1990. 239 с.

38. Бубнов П.С., Горячев Е.А. Нагревательные устройства цехов ОМД: конспект лекцій. Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2009. 88 с.
39. Бутковский А.Г., Малый С.А., Андреев Ю.Н. Управление нагревом металла. Москва : Металлургия, 1981. 272 с.
40. Быков В.В., Франценюк И.В. и др. Выбор режимов нагрева металла. Москва : Металлургия, 1980. 168 с.
41. Роганов, Л. Л. Удосконалення гідравлічних пресів : монографія. Роганов Л. Л, Роганов М. Л.,Краматорськ: ДДМА, 2011. Ч.1.144 с.
42. Корчак О.С. Нова методика експериментальних досліджень автоматизованих систем керування гідравлічними пресами. *Промислова гідравліка та пневматика*. 2018. № 2 (60). С. 48-53.
43. Малый С.А. Экономичный нагрев металла. Москва : Металлургия, 1967. 191 с.
44. Григорьев В.М., Макиенко В.М. Обработка металлов давлением : учебное пособие. Хабаровск : ДВГУПС, 2012. 150 с.
45. Константинов И.Л., Сидельников С.Б. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : ученик. Красноярск : СФУ, 2015. 488 с.