

Запорізький національний технічний університет

(повна назва університету)

Фізико-технічний, Інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розробка технології електронної новітньої
пороченої електронної волни терміт проекту з
проектівних даних

Виконав: студент 6 курсу, групи ІФ-313м
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
освітня програма «Технології та
устаткування зварювання»

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Геніт Р.Е.
(прізвище та ініціали)

Керівник Шумих С.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя - 2018 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Різно - технічний інститут, Інженерно-фізичний факультет
 Кафедра Одладання і технології зварювального виробництва
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 Спеціальність 131 "Прикладна механіка"
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Технології та устаткування зварювання
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

"__" ____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Семініт Роман Євгенійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка технології електродової наплавки порошковим електродом валків гартот прокатки з проектуванням гірничої
 керівник проекту (роботи) Шумітик Сергій Олександрович к.т.н. доцент,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "12" грудня 2018 року №389

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

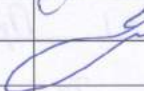
3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення валка стану поперечно-гвинтової прокатки, різна програма виробництва валків кількістю 24000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Перелік ескізів умовних познач, одиниць і термінів, Вступ; 1. Аналіз вихідних даних і технічне завдання на розробку; 2. Розробка методик дослідження і проведення експериментів; 3. Результати досліджень і їх застосування; 4. Техніко-економічна оцінка запропонованої розробки; 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Умови експлуатації валків стану гвинтової прокатки; 2. Дослідження стану валків прокатного стану; 3. Креслення валка прокатного стану; 4. Хімічний склад заготовки ФШН; 5. Креслення для наплавки заготовки дошки валка; 6. План гірничої для наплавки валків; 7. Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 - 3	Шушикін С.О. к.т.н., доцент		
6. Соціальні 5. Орг. проц.	Кушнікова В.В. к.с.н., доцент Нестерів О.В. к.т.н., доцент	 	 

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Завдання, вступ	13.10.18 - 20.10.18	
2.	Розділ 1.	21.10.18 - 02.11.18	
3.	Розділ 2.	02.11.18 - 08.11.18	
4.	Розділ 3.	09.11.18 - 13.11.18	
5.	Розділ 4 - 5	13.11.18 - 21.11.18	
6.	Висновки, перші висновки	21.11.18 - 26.11.18	
7.	Додатки	26.11.18 - 01.12.18	
8.	Креслення	02.12.18 - 05.12.18.	

Студент

(підпис)

Семіхін Р.Е.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Шушикін С.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 96 с., 23 табл., 20 рис., 3 дод., 43 джерел.

ВАЛОК, ВКЛЮЧЕННЯ, ЕЛЕКТРОШЛAKОВА НАПЛАВКА, ЗНОСОТІЙКІСТЬ, КРИСТАЛІЗАТОР, МІКРОСТРУКТУРА, РЕЖИМИ, ПРОКАТКА, ТЕХНОЛОГІЯ.

Об'єкт дослідження – валки гарячої прокатки гвинтового стану.

Мета роботи – розробити технологію отримання валків гарячої прокатки гвинтового стану методом електрошлакової наплавки.

Методи дослідження – аналіз мікроструктури, механічних властивостей і хімічного складу валків, отриманих у процесі електрошлакової наплавлення.

Розроблена електрошлакова технологія отримання валків, розраховані режими наплавки, досліджена працездатність валків, відображені питання охорони праці, виконаний економічний розрахунок.

ABSTRACT

Explanatory note: 96 pages, 23 tables, 20 pictures, 3 appendix, 43 sources.

ROLLS, INCLUSIONS, ELECTROSLAG WELD DEPOSITION, WEAR RESISTANCE, CRISTALLIZER, MICROSTRUCTURE, MODES, ROLLING, TECHNOLOGY.

The object of study – rolls hot rolling screw mill.

The purpose of work – to develop a technology for producing hot rolling rolls of a screw mill using the method of electroslag weld deposition.

Method of research – analysis of microstructure, mechanical properties and chemical composition of rolls obtained in the process of electroslag weld deposition.

Electroslag remelting technology of rolls production has been developed, melting conditions have been calculated, working capacity of rolls has been researched, reflected issues of labor protection, economic calculations have been carried out.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначок, одиниць і термінів	8
Вступ	9
1 Аналіз вихідних даних і технічне завдання на розробку	11
1.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу	11
1.2 Умови експлуатації виробу і характер руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів	13
1.3 Аналіз літературних джерел за темою розробки	18
1.4 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів, засобів виготовлення виробу	24
1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень зварювальних процесів	28
2 Розробка методики дослідження і проведення експериментів.....	30
2.1 Електродні матеріали	30
2.2 Проведення електрошлакової наплавки	36
2.3 Методики дослідження металу ЕШН бочки валка	37
2.3.1 Визначення хімічного складу	37
2.3.2 Дослідження макро- та мікроструктури	38
2.3.3 Визначення механічних властивостей матеріалів	39
2.3.4 Оцінка вмісту неметалевих включень	39
2.4 Визначення зносу	41
3 Результати досліджень і їх застосування	43
3.1 Аналіз результатів лабораторних і виробничих досліджень	43
3.1.1 Дослідження хімічного складу металу ЕШН	43
3.1.2 Макро- та мікроструктура заготовки бочки валка	44
3.1.3 Дослідження вмісту неметалевих включень	46
3.1.4 Механічні властивості металу валків	48
3.1.5 Дослідження зносостійкості валків	49
3.2 Розробка технології виготовлення виробу	50

3.2.1 Конструкція збірної валки	50
3.2.2 Обґрунтування матеріалу	52
3.2.3 Розрахунок параметрів ЕШН	53
3.3 Вибір стандартного обладнання та розробка пропозицій щодо проектування нестандартного обладнання для виконання розробленого технологічного процесу	58
3.3.1 Установка для електрошлакового наплавлення	58
3.3.2 Кристалізатор заготовки бочки валки	59
4 Техніко-економічна оцінка пропонованої розробки	61
4.1 Нормування операцій технологічного процесу	61
4.2 Виробнича програма	61
4.3 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки	62
4.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки	66
4.5 Матеріальні витрати	67
4.6 Вартість основних засобів	68
4.7 Фонд оплати праці персоналу	70
4.8 Собівартість наплавочних робіт	73
4.9 Економічне обґрунтування пропонованої розробки	74
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	77
5.1 Аналіз потенційних небезпек	77
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	78
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці ..	81
5.4 Заходи з пожежної безпеки	82
5.5 Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях	84
Висновки.....	85
Перелік джерел посилання	88
Додаток А Хімічний склад феросплавів для порошкового електроду..	92
Додаток Б Комплект документів на технологічний процес ЕШН порошковим електродом валків гарячої прокатки	94
Додаток В Специфікація.....	97

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ЕШН – електрошлакова наплавка;

КВМ – коефіцієнт використання металу;

$R_{ш.в.}$ – опір шлакової ванни, Ом;

j – щільність металу в рідкому стані, кг/м³;

$S_{э}$ – площа поперечного переріза електрода, м²;

η – коефіцієнт корисної дії плавки при ЕШН;

$V_{л}$ – лінійна швидкість плавлення металу, м/с;

G – маса оболочки, г;

σ_T – межа плинності, Мпа;

σ_B – межа міцності, Мпа;

δ – відносне подовження, %;

ψ – відносне звуження, %;

ВСТУП

Металевий прокат використовують в будівництві, машинобудуванні і металообробці. У прокат переробляють більшу частину всієї сталі, що виплавляється, і велика частина кольорових металів і сплавів.

Зі світовою тенденцією до збільшення прокатного виробництва - все більше з'являється передільних міні-заводів, де застосовують стани поперечно-гвинтової прокатки.

Прокатка полягає в обтисканні заготівки між валками, що обертаються, які є головними елементами прокатної кліти. Прокатні валки – основний технологічний інструмент в прокатному переділі металургійних заводів. Від їх надійності, зносостійкості робочої поверхні, міжремонтного терміну служби залежать техніко-економічні показники роботи прокатних цехів і, передусім, продуктивність прокатних станів, якість готового прокату і витрати на його виробництво. Таким чином, підвищення працездатності деталей прокатних станів являється актуальним.

Прокатний валок працює при одночасному впливі на нього зусилля прокатки та крутного моменту, температури в зоні деформації. Тому головними вимогами є висока зносостійкість і термічна міцність.

Особливістю роботи валків гарячої прокатки є розігрівання робочої поверхні валків при контакті з металом, що деформується, до 500 °С. При дії настільки високих температур матеріал робочої поверхні валків «пом'якшується», що приводить до появи дефектів, які у свою чергу, впливають на якість кінцевої продукції. Тому матеріал валків повинен мати високу червоностійкість, тобто стійкість термічно обробленої сталі проти її «пом'якшення» при високих температурах.

Висока червоностійкість є властивістю швидкорізальної сталі, яка відрізняє її від інших сталей.

Зазвичай для таких станів валки виготовлені литими з чавуну, кованими з легованої сталі або виточуються з прокату.

Вимоги до прокатних валків стосуються не лише їх експлуатації, але і процесу виготовлення.

Мета роботи – розробити технологію отримання валків стана поперечно-гвинтової прокатки методом електрошлакової наплавки.

Для досягнення мети необхідно було вирішити завдання:

- вивчити конструкцію та умови експлуатації деталі, з'ясувати характер зношування;
- провести аналіз літературних джерел за темою, обґрунтувати вибір зварювальних матеріалів, засіб виготовлення деталі;
- розробити методики досліджень і проведення експериментів, провести дослідження, проаналізувати результати;
- розробити технологію виготовлення деталі, провести вибір стандартного обладнання та розробити нестандартне обладнання для виконання технологічного процесу;
- визначити техніко-економічну оцінку пропонованої розробки.

В роботі використані сучасні методи дослідження хімічного аналізу, мікроструктури металу, неметалевих включень, механічних властивостей.

Наукова новизна даної роботи полягає в дослідженні природи неметалевих включень в металі швидкорізальної сталі Р6М5, наплавленому електрошлаковим засобом порошковим електродом.

Розроблений технологічний процес підвищення зносостійкості валків стана поперечно-гвинтової прокатки з застосуванням електрошлакової технології виготовлення валків з змінною робочою частиною (бочкою) із зносостійкої червоностійкої швидкорізальної сталі Р6М5, що дозволяє підвищити КВМ при виготовленні деталей до 40%. Висока якість металу ЕШН робочої частини валка обумовлює підвищення зносостійкості та працездатності деталей в 2-3 рази.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ

1.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу

Основне устаткування прокатного стану - це пристрої і механізми, що безпосередньо зв'язані з пластичним деформуванням металу. Прокатні валки є основним інструментом, що виконує деформування металу. Валок складається з робочої частини, чи бочки, двох опор, чи шийок, і хвостовиків, необхідних для з'єднання валка з муфтою чи шпинделем [2].



Рисунок 1.1 – Валок стану гвинтової прокатки.

Конструкція стандартного валка представлена на рисунку 1.2. Валок складається з наступних частин: бочки, шийок розташованих по обидва боки валка цапф [16].

За існуючою технологією валки на підприємстві отримують механічною обробкою прокату круглого перерізу діаметром 80 мм з вуглецевої сталі У7.

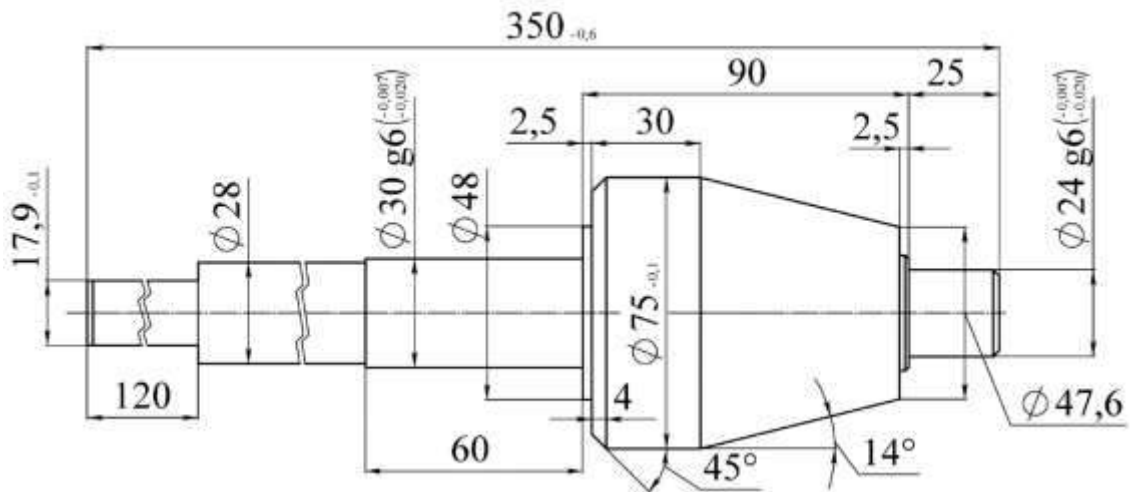


Рисунок 1.2 – Конструкція стандартного валка

Приймаючи в увагу, що опір зносу й інші показники визначаються твердістю валків, їх підрозділяють по цьому признаку на чотири групи.

1) валки з твердістю 25 HRC застосовують в обтискних станах і чорнових клетях крупносортих станів. Дані валки виготовляють литтям зі сталі і сірого чавуну, а також куванням зі середньовуглецевої сталі.

2) валки з твердістю 40 HRC застосовують у чорнових клетях рейкобалкових, крупносортих, середньосортих, мелкосортих і листових станів, у чистових клетях крупносортих станів. Як матеріал для таких валків приймають напівзагартований чавун, литву і ковану сталь.

3) валки з твердістю 64 HRC застосовують у чистових клетях тонколистових, товстолистових, рейкобалкових та інших станів при прокатці сортової сталі, а також як опорні валки клетей кварто. Такі валки виготовляють із загартованого чавуна, легованої сталі, а також з низьковуглецевої сталі з поверхнею, наплавленою різними твердими сплавами.

4) валки з твердістю 80 HRC застосовують винятково, як робочі валки при холодній прокатці. Такі валки виготовляють з кованих чи катаних сталевих заготівель, легованих хромом, нікелем, молібденом і іншими елементами з наступною термічною обробкою. Валки невеликих розмірів

виготовляють, також, металокерамічним способом з карбідів вольфраму (наприклад, сплавів ВК6, ВК8 і інших), зносостійкість яких у 30 - 50 разів вище, ніж валків зі звичайної легованої сталі.

Валки прокатних станів своїми шийками спираються на вкладиші чи підшипники кочення, встановлені в подушках прокатних клетей. Дуже часто для верхнього валка крім подушок необхідно мати ще підвіски, що забезпечують утримання валка в необхідному положенні при холостому ході, тобто, при відсутності смуги між валками [2].

1.2 Умови експлуатації виробу і характер руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів

У процесі прокатки валки сприймають високі сумарні і місцеві зусилля з прослизанням металу по контактній поверхні. Крім того, прокатка часто ведеться при різко мінливих температурних умовах робочих поверхонь.

Валки гвинтової прокатки працюють в умовах одночасної дії залишкових, вигинаючих напружень, теплових навантажень і крутного моменту.

Напруження виникають як у процесі їх виготовлення (при термічній обробці), так і в процесі експлуатації. При експлуатації, напруження з'являються внаслідок силової дії прокатного металу на валок (зусилля прокатки, крутний момент) і від дії теплових чинників (нагрів валів, при пластичній деформації і охолодження їх емульсією або водою).

На стійкість валків великий вплив мають контактні напруження. При нерівномірному розподілі тисків прокатки контактні напруження можуть викликати руйнування поверхневого шару валка внаслідок нерівномірності зносу.

Для аналізу силових умов процесу поперечно – гвинтової прокатки мають значення компоненти або складові нормального тиску валків, пов'язаних з напрямом прокатки і радіусом оброблюваного тіла [2]. Також на вісь валка діють згинаючі сили та крутний момент (рисунок 1.3).

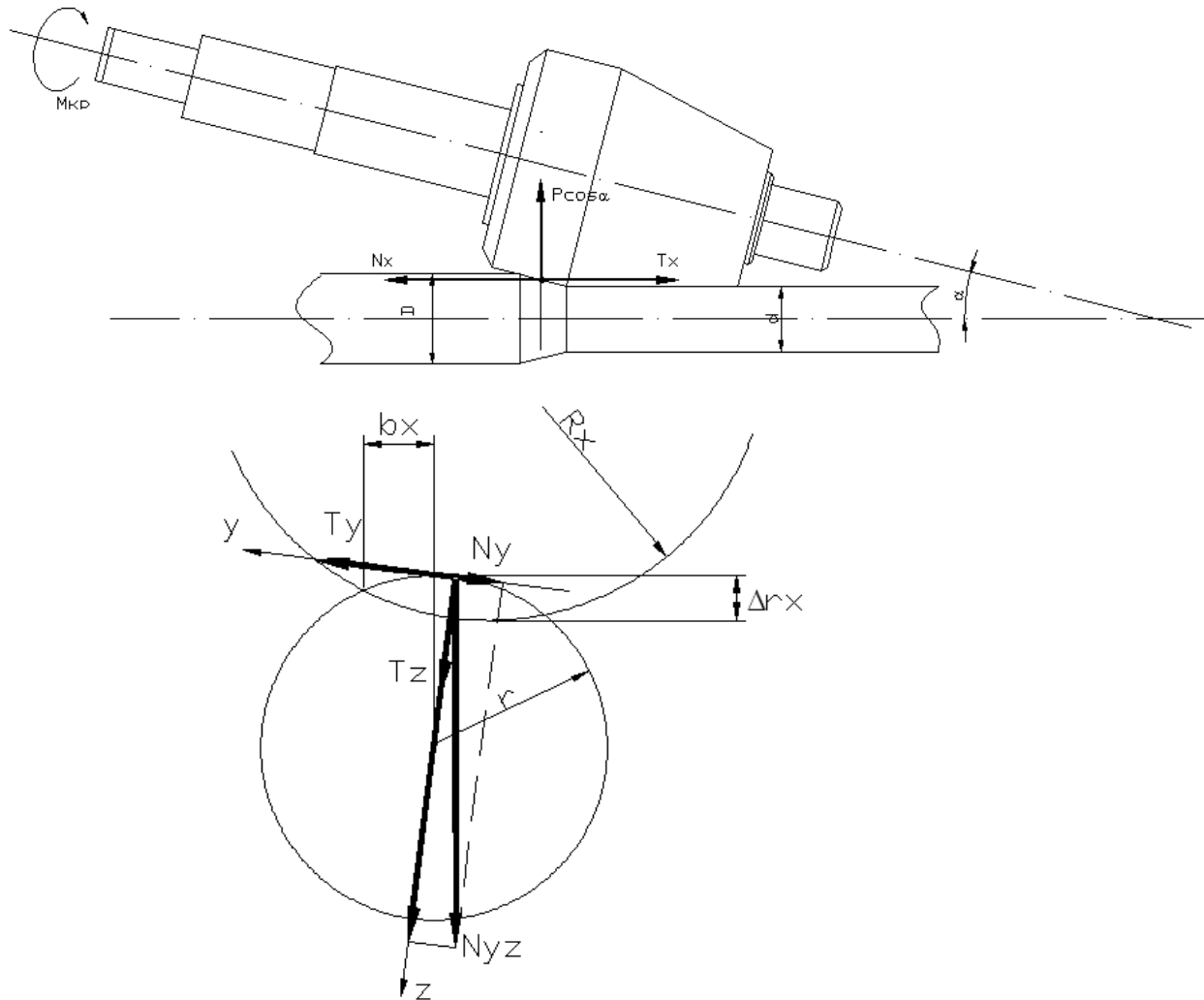


Рисунок 1.3 – Схема сил, що діють на валок

N_x - проекція рівнодійної нормального тиску на вісь прокатки;

T_x – проекція рівнодійних сил тертя на вісь прокатки.

За допомогою нижче приведених формул визначаються розміри контактної поверхні, а також питомий тиск.

Довжина осередку деформації:

$$l = \frac{D-d}{2\operatorname{tg}\alpha_1}, \quad (1.1)$$

де D – початковий діаметр заготівки, мм;

d – кінцевий діаметр заготівки, мм;

α_1 – кут розкочування, град.

Ширина контактної поверхні:

$$bx = \sqrt{\frac{2R_x r_x \Delta r_x}{R_x + r_x}}, \quad (1.2)$$

де R_x – діаметр вала, мм;

r_x – діаметр заготівки, мм.

Поверхня контакту металу:

$$F = \sum \frac{b'_x + b'_{x+1}}{2} \Delta l, \quad (1.3)$$

Питомий тиск:

$$P = 2\sigma_T \left(1,25 \ln \frac{2r_x}{bx} + 1,25 \frac{bx}{2r_x} - 0,25 \right), \quad (1.4)$$

де σ_T – межа плинності, МПа.

Отримані дані можуть бути застосовні для вибору матеріалу, здатного витримати подібні навантаження.

Циклічний характер теплового режиму робочих валків при високій концентрації тепла і значній амплітуді коливань температури у різні періоди прокатки (нагрів при проходженні виробу, охолодження при виході виробу з

валків) здатний викликати в тонких поверхневих шарах несприятливої за знаком і значне за величиною теплове напруження та привести до поверхневого розтріскування бочки [3]. При експлуатації валків на їх робочій поверхні спостерігається налипання металу, нерівномірний знос і утворення тріщин розпалу.

Усе це ускладнює умови праці цього устаткування та їхня контактна поверхня зношується. Даний вид зносу представлений на рисунку 1.4.

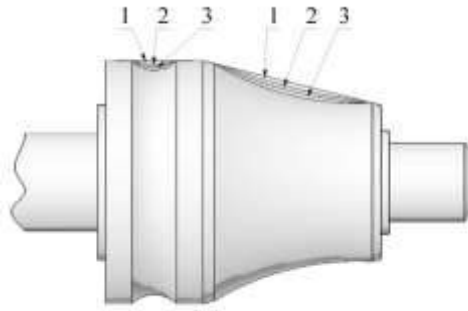


Рисунок 1.4 – Зношування робочої частини валка зі сталі У7

Основні розміри валків – діаметр бочки і її довжина - вибирають з урахуванням міцності на вигин і кручення, а також прогину, що допускається.

На поверхні бочки валка розташовуються дві характерні зони: циліндрична частина – західна та конусна – безпосередньо, деформуюча заготовку. У результаті подачі заготовки на валок відбувається ковзання на циліндричній поверхні прутка, що деформується. Це збільшує знос циліндричної частини валка, тобто, крім термічного зношування, додається механічне. У результаті дії цих факторів на циліндричній поверхні формується канавка, схематично представлена на рисунку 1.5.

Більш інтенсивно зношується західна частина, де відбувається захоплення прутка. На конусній (деформуючій поверхні) відбувається процес гарячої термічної деформації.



1 – початковий знос;

2 – проміжний знос;

3 – критичний знос.

Рисунок 1.5 – Схема зношування робочої поверхні бочки валка

Розміри канавки збільшуються в залежності від кількості циклів прокатки.

При прокатці на поверхні валків утворюються тріщини розпалу, що зв'язано з термоциклюванням, тобто, чергуванням циклів "нагрівання-охолодження", при прокатці. Як охолоджувач поверхні валка використовується підігріта вода, що сприяє корозії поверхні валка, оскільки поверхня валка постійно знаходиться в напруженому стані.

Абразивному зношуванню валка сприяє окалина, що утворюється на поверхні бочки валка і прокату.

Зношування прокатних валків відбувається також за рахунок утворення на поверхні бочки відколів. Відколи зв'язані з термічними напругами й втомними явищами в матеріалі валка. Руйнування валка або відколи його поверхні від втоми відбуваються унаслідок виникнення мікротріщин, що поступово розвиваються вглиб деталі або ділянки її поверхні.

Причиною викрашування може бути також прослизання прокату відносно поверхні валка. При цьому відбувається різке локальне підвищення температури до значень, що набагато перевищують температуру відпустки. Виникаючий ефект відпустки приводить до локального зниження твердості. У результаті утворюються структури з різними значеннями твердості і різним питомим обсягом. Різниця об'ємів є причиною утворення тріщин розтягування, які приводять до втомного тріщиноутворення і викрашування під впливом згинаючих знакозмінних навантажень при прокатці. Викрашування може відбуватися також через значні залишкові напруги, що утворюються у валку при тривалих періодах прокатки.

1.3 Аналіз літературних джерел за темою розробки

Наплавлення прокатних валків з метою їхнього відновлення і підвищення стійкості в даний час застосовують практично на всіх металургійних підприємствах України і країн СНД. За допомогою сучасних способів механізованого наплавлення можна створити валок з досить в'язкою і міцною серцевиною, що має добрий опір механічним навантаженням, і зносостійкою поверхнею. Наплавлення дозволяє істотно збільшити довговічність валків, скоротити їхню витрату, збільшити вихід придатного прокату внаслідок поліпшення точності прокатки, знизити витрати по переділу і, отже, собівартість прокату.

При гарячій прокатці листа, а також при сортовій прокатці велике поширення отримали чавунні валки з вибіленим шаром. При виливку валків у металевий кокіль, поверхневі шари, швидше прохолоджуючи, утворюють вибілений (загартований) шар визначеної товщини. Серцевина валка остигає повільніше і виходить порівняно м'якою і міцною. У даному випадку спостерігається найбільш удаle сполучення: тверда (вибілена) поверхня

забезпечує високу зносостійкість, що вище звичайних сортових валків у 3 - 4 рази, а в'язка серцевина – високу міцність. Товщина вибіленого шару листових валків складає (15 – 25) мм, сортових – (15 – 50) мм, але не більш 0,1 діаметра валка [3].

В якості основного металу для наплавлених валків придатна вуглецева сталь 55, а також хромована і хромомарганцева сталь. При виборі складу наплавленого металу враховуються умови роботи охолоджуваного валка гарячої прокатки. Розрахунки і виміри показали, що при кожному зіткненні з розпеченим металом поверхня валка нагрівається до (500 – 750) °С та потім швидко проохолоджується. Товщина шару, що випробує різкі коливання температури, складає (2 – 6) мм. Цей шар повинний складатися з наплавленого металу. Найкращою стійкістю в розглянутих умовах володіє високолегована штампова сталь марки 3X2B8. Наплавлення шару стали зазначеного складу здійснюються або порошковим дротом марки ПП-3X2B8, або дротом марки ЭИ701. Якість наплавлення виходить приблизно однакова, а вартість порошкового дроту на 60 відсотків нижче звичайної.

Флюс для наплавлення шару високолегованої сталі повинний забезпечити гарну стабільність процесу, відмінне формування наплавленого валика, мінімальне окислювання легуючих домішок і легку віддільність шлакової кірки. Необхідними технологічними властивостями володіють низькокремневі флюси, наприклад флюс марки АН-20.

Для відновлення розмірів валків знаходить застосування наплавлення дротом марки 30ХГСА під флюсом. Іноді застосовується наплавлення хромоникелемарганцевим аустенітним дротом.

Для зносостійкого наплавлення сталевих валків гарячої прокатки різних станів найчастіше, хоча і не завжди обґрунтовано, застосовують порошковий дріт ПП-Нп-35У9ХЗСФ. Наплавлений ним метал має високу стійкість проти стирання при підвищених температурах, але його термічна витривалість відносно невисока, тому валки, наплавлені цим дротом, часто виходять з ладу через утворення сітки тріщин розпалу і викрашування.

Гарні результати при відновленні сталевих валків гарячої прокатки дає наплавлений метал типу низьколегованих хроммолібденових і хромвольфраммолібденових сталей. По теплостійкості ці сталі практично не уступають хромовольфрамовим, а по опору до термічної втоми істотно перевершують їх. Для підвищення теплостійкості і стійкості наплавленого металу проти стирання застосовують також легування ванадієм.

Найбільший опір термічної втоми має метал, наплавлений порошковими дротами ПП-АН147 і ПП-Нп-25Х5ФМС. Значення ударної в'язкості наплавленого металу при підвищених температурах побічно підтверджують висновок про високий опір термічної втоми металу, наплавленого порошковими дротами ПП-Нп-25Х5ФМС, ПП-АН147 і ПП-АН193. Найкращі поєднання показників термічної стійкості й опору зношуванню має метал, наплавлений порошковим дротом ПП-АН147.

За результатами лабораторних досліджень і дослідно-промислових перевірок, виконаних в останні роки, були уточнені склади наплавленого металу і відповідно склади шихти порошкових дротів для наплавлення валків гарячої прокатки. Результати досліджень і практичний досвід дозволяють рекомендувати ту чи іншу з розроблених порошкових дротів для наплавлення сталевих прокатних валків наступних станів: обтискних (блюмінг, слябінг) - ПП-Нп-25Х5ФМС; безперервно-заготівельних - ПП-АН147, ПП-Нп-35У9Х3СФ; крупносортних і рейкобалкових - ПП-Нп-25Х5ФМС; середньо- і дрібносортних - Пп-Нп-25Х5ФМС, ПП-АН147, ПП-АН193; дротових - Пп-Нп-35У9Х3СФ, ПП-АН132; листопрокатних - ПП-АН132, ПП-Нп-25Х5ФМС; трубопрокатних - ПП-АН147, Пп-Нп-35У9Х3СФ. Зміною структури наплавленого металу досягнуте підвищення працездатності валків. Структура металу наплавленого ПП-Нп-35У9Х3СФ являє собою суміш троститу і мартенситу з формуванням на границях зерен карбідної евтектики і великих карбідів. Однак варто врахувати, що остаточний вибір марки дроту для наплавлення конкретних валків можна зробити тільки на основі натурних іспитів [4].

Швидкорізальні сталі являють собою леговані інструментальні сталі з високим змістом вольфраму (до 18 %). Після термообробки (загартування і багаторазової відпустки) вони здобувають високу червоностійкість до 600°C, при наявності високої твердості (63 – 70 HRC) і зносостійкості інструмента.

Перераховані властивості швидкорізальних сталей досягаються за допомогою спеціального легування і складної термічної обробки, що забезпечують визначений фазовий склад.

Аустеніт у швидкорізальних сталях утвориться при нагріванні вище (800 – 900) °C, однак при цих температурах аустеніт не збагачений основними легуючими елементами і вуглецем. Тому загартування стали від температури вище A_{c3} на (30 – 50) °C, як прийнято для звичайних сталей, не може забезпечити головної властивості швидкорізальної сталі червоностійкості. Червоностійкість досягається лише після високотемпературного нагрівання під загартування до температур трохи нижче лінії солідуса, коли значна частина легованих карбідів розчиняється в аустеніті, збагачуючи його вольфрамом, молібденом, ванадієм, хромом і вуглецем. Повного розчинення в аустеніті карбіду Me_6C , а також MeC , навіть при настільки високих температурах не відбувається. Підвищення змісту вуглецю в сталі приводить до зниження температури загартування, тому що лінія солідус знижується з 1330°C (0,6 % C) до 1100°C (1,5 % C). Зниження вуглецю швидкорізальної сталі до $C < (0,5 - 0,6) \%$ приводить до появи α -фази. Надмірний зміст вуглецю, понад необхідний для утворення спеціальних карбідів, може привести до появи карбіду цементитного типу, що погіршує властивості сталі.

Вольфрам і молібден являються основними легуючими елементами, що забезпечують червоностійкість [7].

Досліди показали [10], що малі добавки деяких елементів ефективно впливають на загартування, у той час, як більш високий їхній вміст такої дії не робить. До таких елементів відноситься бор. Тисячні частки відсотка

цього елемента сприяють збільшенню прогартованості, тому що весь бор, знаходячись у розчині, концентрується в тонких прикордонних шарах зерна аустеніту і зменшує швидкість зародження центрів кристалізації перліту (зародки аустеніту утворюються головним чином по границях аустенітних зерен).

Усі легуючі елементи зменшують схильність аустенітного зерна до росту. Виключення складають марганець і бор, що сприяють росту зерна.

Бор, алюміній, титан і цирконій у комбінації з іншими розкислювачами застосовуються як модифікатори й інтенсифікатори. Добавки в добре розкислені сталі незначних кількостей цих елементів підвищують глибину загартування [8].

Досягненням металознавства за останні десятиліття з'явилася виплавка дрібнозернистої сталі з глибокою загартованістю. Це досягалося малими добавками феросплавів, що містять інтенсифікатори (бор, титан, цирконій і ванадій) у різних комбінаціях з алюмінієм, марганцем і кремнієм [9].

Найбільший інтерес представляє добавка бора в надзвичайно малих кількостях (усього лише близько 0,002 %, тобто, 20г на 1 т сталі), що збільшує глибину прокалки сталі від 1,5 і до 5 разів, поліпшуючи механічні властивості стали після термічної обробки. Найбільш ефективний бор у присутності марганцю. Так 0,002 % бора по своїй дії рівноцінні введенню 1% нікелю або (0,2 - 0,3) % молібдену [10].

Бор має велику спорідненість з киснем, тому добавку його варто робити в умовах, що виключають окислювання і нерівномірний розподіл. Бор додають у мартенівську сталь, ретельно виплавлену і добре розкислену, після присадки алюмінію.

Бор вводять у виді феросплавів, що містять 0,5 % В в комбінації з ефективними розкислювачами, наприклад, зі змістом: 13 % Al, 20 % Ti, 8 % Mn і 5 % Si. Добавка більш 0,005 % В може викликати червоноломкість і трудність при гарячій прокатці, а також при ковці сталі. Добавка 0,0025% В різко зрушує вправо криву ізотермічного перетворення аустеніту. При

великому вмісті бора концентрація його на границях зерна аустеніту перевищує межу насичення, у результаті чого з'являються надлишкові бористі фази (бориди), що діють як центри кристалізації перліту, і загартування зменшується [11].

Найбільше збільшення загартовування, добавки бора дають при невисокому вмісті вуглецю (0,1 - 0,4) %, наприклад, у сталі марки 20ХГБ; у заевтектоїдній сталі бор майже не збільшує глибину загартовування. Крім того, кращі результати досягаються при температурі загартування (850 – 870) °С. Підвищення цієї температури послабляє дія бора, а при 1100 °С бор не збільшує глибину загартування [9].

Металографічне дослідження зразків після торцевого загартування показало, що у зразків з добавкою бора троостит у троостито-мартенситній зоні, що вказує центри перетворення аустеніту, не розташовується по границях зерна; його виділення крупніше по розмірах і кількісно менше. Отже, бор перешкоджає утворенню центрів троостоперлітного перетворення.

Механізм дії добавок (0,001 - 0,002) % В, імовірно, полягає в наступному. Бор присутній у твердому розчині в аустеніті. Унаслідок малого діаметра свого атома бор легко переміщується до атомно – кристалічним решіткам заліза, і, розташовуючись по границях зерен аустеніту, знижує їхню дію як центрів перетворення, збільшує стійкість аустеніту і глибину загартовування сталі. Збільшення зерен аустеніту при перегріві зменшує кількість цих прикордонних плівок, викликає коагуляцію бористих виділень і робить бор неефективним [11].

У сплави кольорових і чорних металів бор звичайно вводять для підвищення їхньої зносостійкості і жароміцності. Мінімальні добавки бора до сталі (0,0005 - 0,005) % збільшують глибину її загартування, а, отже, і міцність. Бор краще будь-якого іншого елемента очищає мідь від розчинених у ній газів, після легування бором властивості міді значно поліпшуються. І плюс до всього іншого насичення поверхні багатьох

металів бором приводить до утворення боридов цих металів – з'єднань твердих і міцних.

У комплексно легованому наплавленому металі тип карбідів визначається відносною спорідненістю до вуглецю легуючих елементів і їхнім кількісним змістом. При близькому атомному змісті ведучим у карбідоутворенні є елемент, що має найбільшу спорідненість до вуглецю.

Унаслідок великої кількості карбідів у структурі, сталі ледебуритного класу після відповідної термічної обробки мають високу твердість, гарні властивості, що ріжуть, і зносостійкість, тому їх застосовують як інструментальні чи особливо зносостійкі сталі. По твердості карбід бора перевершує майже всі інші кристали, уступаючи лише алмазу [9].

1.4 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів, засобів виготовлення виробу

За існуючою технологією валки на підприємстві одержували механічною обробкою прокату круглого перерізу діаметром 80 мм з вуглецевої сталі У7. У результаті, 40 % металу йшло в стружку, виробництво одного валка забирало значний час, істотно зростала собівартість виробу. Очевидно, економічно доцільно виготовлення окремо робочої частини валка, а саме бочки валка, як складової частини (деталі) валка гарячої прокатки гвинтового стану.

При виборі матеріалу для отримання валка з більш високими характеристиками в порівнянні зі сталлю У7 були розглянуті такі матеріали як 4Х4ВМФС, 5Х3ВЗМФС, Р6М5.

Однієї з основних характеристик є твердість, що у більшому ступені залежить від температури відпустки (2 г, загартування з оптимальних температур). У сталі 4Х4ВМФС найбільший ступінь твердості (56 - 57) HRC,

виявляється при температурі відпустки 530 °С, а в сталі 5ХЗВЗМФС при температурі 550 °С кінцевий ступінь твердості дорівнює (57 - 59) HRC, у свою чергу сталь Р6М5, показує найвищу твердість серед сталей минулих відпустку, і має значення твердості (60 - 61) HRC при температурі відпустки (560 - 570) °С [20].

До кінця 60-х років найбільш широко використовували вольфрамові сталі без молібдену (марки Р18, Р12, Р9). До 1951 р. марка Р18 позначалася РФ1, а Р9 – ЭИ262. Основною маркою швидкорізальної сталі, виробленою вітчизняною промисловістю, була сталь Р18. Обсяг виробництва її від всіх інших марок швидкорізальних сталей складав близько 85 %. Гостра дефіцитність вольфраму привела до часткової його заміни молібденом і змусила в 70-х роках усі країни перейти на вольфраммолибденовую сталь типу Р6М5 (таблиця 1.1). У нашій країні обсяг виробництва цієї сталі складає близько 80 %. У результаті цього відбулося зниження середнього вмісту вольфраму у швидкорізальних сталях з 16,5 % до 7,8 % при росту середнього вмісту молібдену. Заміну вольфраму молібденом проводять, виходячи зі співвідношення (Мо:W) = (1:1,5), однак загальний вміст молібдену в сталі не повинен бути більш 5 %.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад швидкорізальної сталі Р6М5, (ГОСТ 19265-73)

Марка сталі	Вміст елементів, масові відсотки								
	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	C	S	P
Р6М5	0,5	0,4	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1	5,0-5,5	0,80-0,88	0,03	0,03

Вольфраммолибденові сталі набагато дешевше, ніж аналогічні по властивостях вольфрамові сталі. Так, якщо відповідно до цін на світовому ринку прийняти вартість сталі Р6М5 за 100 %, то вартість сталі Р12 складе 120 %, а Р18 170 % [6].

По основних властивостях швидкорізальні сталі підрозділяються на п'ять підгруп: 1) сталі помірної теплостійкості (типу Р9, Р6М5); 2) сталі підвищеної зносостійкості (типу Р12Ф3, Р6М5Ф3); 3) сталі підвищеної теплостійкості (типу Р6М5К5, Р9К5); 4) сталі високої зносо- і теплостійкості (типу Р18К5Ф2); 5) сталі високої твердості і теплостійкості з поліпшеною шліфуємостю (типу Р9М4К8, У11М7К23).

За вимогою замовника допускається виготовлення сталі марок Р6М5 і Р6М5Ф3 з легуванням азотом масова частка азоту (0,05 - 0,10) %. У цьому випадку найменування марок - Р6АМ5 і Р6АМ5Ф3.

Швидкорізальні сталі відносяться до ледебуритного (карбідного) класу і їхня структура приблизно однакова. Злитки цих сталей містять карбідну евтектику у виді сітки по границях аустенітних зерен, що різко знижує звичайні механічні властивості, особливо пластичність. У процесі гарячої обробки тиском (ковка, прокатка) карбідна евтектика роздрібнюється, і здрібнені карбіди більш рівномірно розподіляються в основній матриці.

Після прокатки чи кування швидкорізальні сталі піддають ізотермічному відпалу для зменшення твердості і полегшення механічної обробки. Сталь витримують при (800 – 850) °С до повного перетворення аустеніту в перлітно – сорбітну структуру з надлишковими карбідами.

Високу твердість і теплостійкість при задовільній міцності і в'язкості інструменти зі швидкорізальних сталей здобувають після загартування і багаторазової відпустки.

У залежності від умов роботи інструментів і рівня властивостей, що визначають їхню здатність, температури загартування і відпустки можуть бути декілька скоректовані.

При нагріванні під загартування необхідно забезпечити максимальне розчинення в аустеніті важкорозчинних карбідів вольфраму, молібдену і ванадію. Така структура збільшує загартовування і дозволяє отримати після загартування високолегований мартенсит з високою теплостійкістю. Тому температура загартування дуже висока і складає (1200 – 1300) °С.

Для запобігання утворення тріщин і деформації інструмента через низьку теплопровідність сталей нагрів під загартування проводять з одним чи двома підігрівами в розплавлених солях: перший - при (400 – 500) °С, другий – при (800 – 850) °С. Остаточне нагрівання також проводять у соляній ванні (BaCl_2) з дуже малою витримкою при T_3 : (10 – 12) с на 1 мм товщини інструмента зі сталей типу "Р" і (30 – 60) с для сталей типу В11М7К23. Це дозволяє уникнути росту аустенітного зерна (не більше №10), окислювання й обезвуглевоження.

Інструменти простої форми гартують в маслі, а складної – у розчинах солей (KNO_3) при (250 – 400) °С.

Після загартування структура швидкорізальної сталі складається з високолегованого мартенситу, що містить (0,3 - 0,4) % С, нерозчинених при нагріванні надлишкових карбідів, і близько (20 - 30) % залишкового аустеніту. Останній знижує твердість, ріжучі властивості інструмента, погіршує шліфування, і його присутність небажана.

При багаторазовій відпустці з залишкового аустеніту виділяються дисперсні карбіди, легованість аустеніту зменшується, і він перетерплює мартенситне перетворення. Звичайно застосовують триразову відпустку при (550 – 570) °С протягом (45 – 60) хв. Число відпусток може бути скорочене при обробці холодом після загартування, у результаті якого зменшується вміст залишкового аустеніту. Обробці холодом піддають інструменти порівняно простої форми. Твердість після загартування HRC (62 – 63), а після відпустки вона збільшується до HRC (63 – 65).

Для подальшого підвищення твердості, зносостійкості і корозійної стійкості поверхневого шару різальних інструментів, застосовують такі технологічні операції, як ціанування, азотування, сульфідкування і інші технології поверхневого зміцнення [13].

При виробництві валків з високим рівнем твердості, особливо для сучасних станів гарячої прокатки, ЕШН залишається неодмінним засобом у виробництві валків з різних сталей. Причина цьому не тільки в меншій

мікропористості, але й у додатковому запасі пластичності металу ЭШН у порівнянні з металом відкритої виплавки того ж хімічного складу і з тим же рівнем забруднення. Тому ЭШН зберегла і зміцнила свої позиції в цьому секторі валкового виробництва. Досить важливим є те, що з урахуванням відзначених тенденцій ускладнення систем легування валків, без керування затвердінням злитка і строгого контролю форми і сталості глибини двухфазної зони неможливо отримати валок зі стабільною структурою і механічними властивостями [5].

Одним з найважливіших і незаперечних переваг нової технології є показники продуктивності процесу. Електрошлаковий метал має підвищені механічні властивості і гарячу твердість, що характеризує, зокрема, здатність матеріалу опиратися абразивному зношуванню при підвищених температурах.

1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень зварювальних процесів

Вимоги, що пред'являються до прокатних валків, різноманітні і стосуються не тільки їхньої експлуатації, але і процесу виготовлення. Прокатний валок працює при одночасному впливі на нього зусилля прокатки, крутного моменту, температури в епіцентрі деформації і тому, однією з головних вимог є висока зносостійкість і термовтомна міцність.

Найбільш розповсюдженими дефектами, що виникають при експлуатації валків гвинтової прокатки стану, є: виникнення канавок і тріщин розпалу на робочій поверхні валка, і, рідше, поломки осей складених валків.

Канавки виникають на західній частині валка при захопленні металу, що прокатується. Так само утворення канавок відбувається по всій поверхні контакту валка з металом, коли відбувається зварювання третьових

поверхонь у мікроскопічно малих ділянках з наступним відривом часточок поверхні валка і віднесенням їх металом, що прокочується. Даний дефект має критичний розмір (зменшення діаметра), перевищення якого погіршує якість металу, що прокочується. Припустимий розмір зносу робочого шару валків зазначений у технічній документації до прокатного стану. При досягненні критичного розміру канавок, валок відправляють на переточування [18].

Бочка валків повинна характеризуватися однаковою твердістю по всій площі в межах, передбачених державним стандартом чи технічними умовами для валків даного класу. Крайки бочок повинні характеризуватися більш низькою твердістю. Щоб уникнути появи тріщин їх захищають від різкого охолодження під час загартування.

Зовнішня поверхня валків повинна бути гладкою і чистою без гострих крайок. До дефектів поверхні відносять тріщини, волосовини, плівки, раковини, неметалічні включення, ум'ятини, глибокі різки від різця і т.д.

Для виробництва валків гвинтової прокатки варто вибрати сталь, що характеризується гарним загартовуванням, високими пластичними і прочностними властивостями; розрахувати вміст шихтових матеріалів порошкових електродів і параметрів режимів електрошлакової наплавки.

Процес виробництва валків гвинтової прокатки складається з двох відособлених циклів: металургійного і механічного.

До металургійного циклу відносяться: наплавка злитків сталі, а також термічна обробка валків, включаючи відпал, загартування і низьку відпустку.

Цикл механічної обробки включає токарні, фрезерні, розточувальні, шліфувальні і слюсарні операції.

2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

2.1 Електродні матеріали

Правильний вибір марки сталі для конкретного інструмента в залежності від умов його роботи й оброблюваного матеріалу дає можливість максимально використовувати ресурси властивостей обраної сталі і, як наслідок, раціонально витратити легуючі матеріали [14].

Для здійснення ЕШН бочки валка зі сталі Р6М5 застосували порошковий електрод, що складається з оболонки зі сталі 08КП (хімічний склад зазначений у таблиці 2.1) і шихти. Розрахунок шихти проведений за методикою [17]. Хімічний склад феросплавів зазначений у додатку А.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад оболонки порошкового електрода, масові відсотки

Марка сталі	C	Cr	W	V	Mo	Si	Mn	Fe
08кп ГОСТ 1050 -88	0,05-0,11	-	-	-	-	0,03	0,25-0,50	98,925

Розрахунок проводився на 100 г оболонки коробчатого профілю з розмірами 30 мм х 12 мм із товщиною оболонки 2 мм ($\gamma = 100$ г):

1) для легування заліза до рівня сталі Р6М5 необхідно:

$$C_{(P6M5)} = (Fe_{(08KP)} \cdot C_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)}) = (98,925 \cdot 0,86) / 80,135 = 1,061 \text{ г}$$

$$Cr_{(P6M5)} = (Fe_{(08KP)} \cdot Cr_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)}) = (98,925 \cdot 4,100) / 80,135 = 5,061 \text{ г}$$

$$Mo_{(P6M5)} = (Fe_{(08KP)} \cdot Mo_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)}) = (98,925 \cdot 5,05) / 80,135 = 6,234 \text{ г}$$

$$V_{(P6M5)} = (Fe_{(08KP)} \cdot V_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)}) = (98,925 \cdot 1,90) / 80,135 = 2,345 \text{ г}$$

$$W_{(P6M5)} = (Fe_{(08KP)} \cdot W_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = (98,925 \cdot 6,00) / 80,135 = 7,407 \text{ г}$$

Кількість легуючих елементів, які вводяться у вигляді феросплавів:

$$C_{(\text{легир})} = C_{(P6M5)} - C_{(08KP)} = 1,061 - 0,085 = 0,976 \text{ г}$$

$$Cr_{(\text{легир})} = Cr_{(P6M5)} - Cr_{(08KP)} = 5,061 - 0,10 = 4,961 \text{ г}$$

$$Mo_{(\text{легир})} = Mo_{(P6M5)} - Mo_{(08KP)} = 6,234 - 0 = 6,234 \text{ г}$$

$$V_{(\text{легир})} = V_{(P6M5)} - V_{(08KP)} = 2,345 - 0 = 2,345 \text{ г}$$

$$W_{(\text{легир})} = W_{(P6M5)} - W_{(08KP)} = 7,407 - 0 = 7,407 \text{ г}$$

2) одночасно з феросплавами буде введено залізо:

з хромом металічним Х-99А:

$$Fe_{Cr1} = Cr_{(\text{легир})} \cdot Fe_{(X-99A)} / Cr_{(X-99A)} = 4,961 \cdot 0,4 / 99,1 = 0,02 \text{ г}$$

з ферованадієм ФВд 50У 0,5:

$$Fe_{V1} = V_{(\text{легир})} \cdot Fe_{(ФВд 50У 0,5)} / V_{(ФВд 50У 0,5)} = 2,345 \cdot 44,405 / 50,02 = 2,082 \text{ г}$$

з феровольфрамом ФВ-70/а/:

$$Fe_{W1} = W_{(\text{легир})} \cdot Fe_{(ФВ-70/а/)} / W_{(ФВ-70/а/)} = 7,407 \cdot 14,695 / 73,4 = 1,483 \text{ г}$$

з феровольфрамом ФВ-70/а/ додатково буде введений Мо:

$$Mo_{1(\text{легир.ФВ-70/а/})} = W_{(\text{легир})} \cdot Mo_{(ФВ-70/а/)} / W_{(ФВ-70/а/)} = 7,407 \cdot 6,3 / 73,4 = 0,636 \text{ г}$$

з феромолібденом ФМо 66:

$$Fe_{Mo1} = (Mo_{(\text{легир})} - Mo_{(\text{легир.ФВ-70/а/})}) \cdot Fe_{(ФМо 66)} / Mo_{(ФМо 66)} = (6,234 - 0,636) \cdot 33,39 / 66 = 2,832 \text{ г}$$

Всього з феросплавами буде внесено:

$$Fe_{(\text{сум1})} = Fe_{Cr1} + Fe_{V1} + Fe_{W1} + Fe_{Mo1} = 0,02 + 2,082 + 1,483 + 2,832 = 6,417 \text{ г}$$

3) для легування цієї кількості заліза до рівня Р6М5 необхідно:

$$C_{(\text{доп1})} = Fe_{(\text{сум1})} \cdot C_{(\text{Р6М5})} / Fe_{(\text{Р6М5})} = 6,417 \cdot 0,86 / 80,135 = 0,069 \text{ г}$$

$$Cr_{(\text{доп1})} = Fe_{(\text{сум1})} \cdot Cr_{(\text{Р6М5})} / Fe_{(\text{Р6М5})} = 6,417 \cdot 4,1 / 80,135 = 0,328 \text{ г}$$

$$V_{(\text{доп1})} = Fe_{(\text{сум1})} \cdot V_{(\text{Р6М5})} / Fe_{(\text{Р6М5})} = 6,417 \cdot 1,9 / 80,135 = 0,152 \text{ г}$$

$$W_{(\text{доп1})} = Fe_{(\text{сум1})} \cdot W_{(\text{Р6М5})} / Fe_{(\text{Р6М5})} = 6,417 \cdot 6,0 / 80,135 = 0,480 \text{ г}$$

$$Mo_{(\text{доп1})} = Fe_{(\text{сум1})} \cdot Mo_{(\text{Р6М5})} / Fe_{(\text{Р6М5})} = 6,417 \cdot 5,05 / 80,135 = 0,404 \text{ г}$$

4) легуючі елементи, введені з феросплавів, внесуть таку кількість заліза:

з хромом металлическим Х-99А:

$$Fe_{Cr2} = Cr_{(\text{доп1})} \cdot Fe_{(\text{Х-99А})} / Cr_{(\text{Х-99А})} = 0,328 \cdot 0,4 / 99,1 = 0,00132 \text{ г}$$

з ферованадієм ФВД 50 У 0,5:

$$Fe_{Cr2} = V_{(\text{доп1})} \cdot Fe_{(\text{ФВД 50У 0,5})} / V_{(\text{ФВД 50У 0,5})} = 0,152 \cdot 44,405 / 50,02 = 0,135 \text{ г}$$

з феровольфрамом ФВ-70/а/:

$$Fe_{W2} = W_{(\text{доп1})} \cdot Fe_{(\text{ФВ-70/а/})} / W_{(\text{ФВ-70/а/})} = 0,48 \cdot 14,695 / 73,4 = 0,096 \text{ г}$$

з феровольфрамом ФВ-70/а/ дополнительно будет введен Мо:

$$Mo_{2(\text{легир.ФВ-70/а/})} = W_{(\text{легир})} \cdot Mo_{(\text{ФВ-70/а/})} / W_{(\text{ФВ-70/а/})} = 0,480 \cdot 6,3 / 73,4 = 0,041 \text{ г}$$

з феромолібденом ФМо 66:

$$Fe_{Mo2} = (Mo_{(\text{доп1})} - Mo_{2(\text{легир.ФВ-70/а/})}) \cdot Fe_{(\text{ФМо 66})} / Mo_{(\text{ФМо 66})} = (0,404 - 0,041) \cdot 33,39 / 66 = 0,184 \text{ г}$$

Всього з феросплавами буде внесено:

$$Fe_{(\text{сум2})} = Fe_{Cr2} + Fe_{V2} + Fe_{W2} + Fe_{Mo2} = 0,416 \text{ г}$$

5) для легування цієї кількості заліза до рівня Р6М5 необхідно:

$$C_{(\text{доп2})} = Fe_{(\text{сум2})} \cdot C_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = 0,416 \cdot 0,86 / 80,135 = 0,0045 \text{ г}$$

$$Cr_{(\text{доп2})} = Fe_{(\text{сум2})} \cdot Cr_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = 0,416 \cdot 4,1 / 80,135 = 0,021 \text{ г}$$

$$V_{(\text{доп2})} = Fe_{(\text{сум2})} \cdot V_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = 0,416 \cdot 1,9 / 80,135 = 0,00986 \text{ г}$$

$$W_{(\text{доп2})} = Fe_{(\text{сум2})} \cdot W_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = 0,416 \cdot 6,0 / 80,135 = 0,031 \text{ г}$$

$$Mo_{(\text{доп2})} = Fe_{(\text{сум2})} \cdot Mo_{(P6M5)} / Fe_{(P6M5)} = 0,416 \cdot 5,05 / 80,135 = 0,0262 \text{ г}$$

Так як кількість заліза, яке вноситься з цією кількістю легуючих елементів незначна, то далі розрахунок кількості заліза можна не проводити.

б) всього легуючих елементів, які вводяться у вигляді феросплавів, необхідно:

$$Cr_{(\text{итог})} = Cr_{(\text{легир})} + Cr_{(\text{доп1})} + Cr_{(\text{доп2})} = 4,961 + 0,328 + 0,021 = 5,31 \text{ г}$$

$$Mo_{(\text{итог})} = Mo_{(\text{легир})} + Mo_{(\text{доп1})} + Mo_{(\text{доп2})} = 6,234 + 0,404 + 0,0262 = 6,664 \text{ г}$$

$$V_{(\text{итог})} = V_{(\text{легир})} + V_{(\text{доп1})} + V_{(\text{доп2})} = 2,345 + 0,152 + 0,00986 = 2,5068 \text{ г}$$

$$W_{(\text{итог})} = W_{(\text{легир})} + W_{(\text{доп1})} + W_{(\text{доп2})} = 7,407 + 0,480 + 0,031 = 7,918 \text{ г}$$

7) визначаємо необхідну кількість феросплавів:

$$Q_{(\text{Хром металлический Х-99А})} = Cr_{(\text{итог})} \cdot 100 / Cr_{(\text{Х-99А})} = 5,31 \cdot 100 / 99,1 = 5,358 \text{ г}$$

$$Q_{(\text{Феррованадий ФВд 50У 0,5})} = V_{(\text{итог})} \cdot 100 / V_{(\text{ФВд 50У 0,5})} = 2,5068 \cdot 100 / 50,02 = 5,011 \text{ г}$$

$$Q_{(\text{Ферровольфрам ФВ-70/а/})} = W_{(\text{итог})} \cdot 100 / W_{(\text{ФВ-70/а/})} = 7,918 \cdot 100 / 73,4 = 10,097 \text{ г}$$

$$Q_{(\text{Ферромолибден ФМо 66})} = Mo_{(\text{итог})} \cdot 100 / Mo_{(\text{ФМо 66})} = 6,6642 \cdot 100 / 66,0 = 10,097 \text{ г}$$

8) з цими феросплавами додатково буде введено вуглецю:
з хромом металевим Х-99А:

$$C_{(X-99A)} = Q_{(X-99A)} \cdot C_{(X-99A)} / 100 = 5,358 \cdot 0,1 / 100 = 0,00536 \text{ г}$$

з феррованадієм ФВд 50У 0,5:

$$C_{(ФВд 50У 0,5)} = Q_{(ФВд 50У 0,5)} \cdot C_{(ФВд 50У 0,5)} / 100 = 10,787 \cdot 0,12 / 100 = 0,013 \text{ г}$$

з ферровольфрамом ФВ-70/а/:

$$C_{(ФВ-70/а/)} = Q_{(ФВ-70/а/)} \cdot C_{(ФВ-70/а/)} / 100 = 5,011 \cdot 0,33 / 100 = 0,0165 \text{ г}$$

з ферромолібденом ФМо 66:

$$C_{(ФМо 66)} = Q_{(ФМо 66)} \cdot C_{(ФМо 66)} / 100 = 10,097 \cdot 0,02 / 100 = 0,002 \text{ г}$$

Всього с ферросплавами будет внесено:

$$C_{(сум)} = C_{(X-99A)} + C_{(ФВд 50У 0,5)} + C_{(ФВ-70/а/)} + C_{(ФМо 66)} = 0,3686 \text{ г}$$

9) недостача вуглецю:

$$C_{(итог)} = C_{(легир)} + C_{(доп1)} + C_{(доп2)} - C_{(сум)} = 0,976 + 0,0045 + 0,069 - 0,3686 = 0,6809 \text{ г}$$

Поповнюємо графітом:

$$Q_{(Графит)} = C_{(итог)} \cdot 100 / C_{(Графит)} = 0,6809 \cdot 100 / 61 = 1,116 \text{ г}$$

У зв'язку з неминучими втратами легуючих елементів унаслідок вигорання, випару і переходу в жужільну кірку, необхідно буде поповнити ці втрати додатковим уведенням легуючих елементів. Коефіцієнти переходу використовуваних легуючих елементів зазначені в таблиці 2.3 [17].

Результати розрахунків шихти наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Склад шихти порошкового електрода

№	Компоненти	Хімічний склад, г						
		C	Cr	V	W	Mo	Fe	Всього
1	Хром металевий Х-99А	0,005	5,31	-	-	-	0,021	5,336
2	Ферованадій ФВд 50У 0,5	0,013	-	2,507	-	-	2,217	4,737
3	Феровольфрам ФВ-70 (а)	0,016	-	-	7,918	-	1,579	9,513
4	Феромолібден ФМо 66	0,002	-	-	-	6,664	3,016	9,682
6	Графіт	0,681	-	-	-	-	-	0,681
5	Оболонка	0,085	0,010	-	-	-	98,925	99,02
6	Всього	0,802	5,410	2,507	7,918	6,664	105,758	129,059
7	Сума в % (розрахункова)	0,621	4,192	1,943	6,135	5,163	81,806	95,86
8	Сумма в % (задана)	0,860	4,100	1,900	6,000	5,050	80,135	100,000

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт переходу легуючих елементів в наплавлений метал [17]

№	Легуючий елемент	Коефіцієнт переходу
1	Cr	0,880
2	V	0,830
3	W	0,850
4	Mo	0,830
5	C	0,750

Необхідно:

$$\text{Cr} = 5,41 / 0,88 = 6,148 \text{ г}$$

$$\text{Хром металевий Х-99А} = (6,148 - 0,1) \cdot 100 / 99,1 = 6,102 \text{ г};$$

$$\text{V} = 2,507 / 0,83 = 3,02 \text{ г}$$

$$\text{Ферованадій ФВд 50У 0,5} = 3,02 \cdot 100 / 50,02 = 6,038 \text{ г};$$

$$\text{W} = 7,918 / 0,85 = 9,315 \text{ г}$$

$$\text{Феровольфрам ФВ-70/а/} = 9,315 \cdot 100 / 73,4 = 12,690 \text{ г};$$

$$\text{Mo} = 6,664 / 0,83 = 8,029 \text{ г}$$

$$\text{Феромолібден ФМо 66} = 8,029 \cdot 100 / 61 = 12,165 \text{ г};$$

$$\text{C} = 0,802 / 0,75 = 1,070 \text{ г}$$

$$\text{Графіта} = (1,07 - 0,085 - 0,03686) \cdot 100 / 61 = 1,554 \text{ г}.$$

2.2 Проведення електрошлакової наплавки

Електрошлакову наплавку бочки валка зі сталі Р6М5 проводили порошковим електродом розміром 30 мм × 12 мм із $\delta = 2$ мм на установці А-550 у спеціально спроектованому кристалізаторі (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Водохолоджуваний кристалізаторір

Виплавка ведеться на змінному струмі силою $I = 1200$ А, напругою $U = 36$ В и швидкістю подачі $V_{\text{п}} = 10$ см / хв. Флюс використовували зі зниженим змістом кислих і основних оксидів у кількості 0,4 кг. Таким флюсом є флюс АНФ-6, що має високу здатність до рафінування.

Хімічний склад флюсу АНФ-6, ГОСТ 22974.0-96: Al_2O_3 – 30 %, CaF_2 – 70 %.

2.3 Методики дослідження металу ЕШН бочки валка

2.3.1 Визначення хімічного складу

Проби для хімічного аналізу відбирали відповідно до вимог ГОСТ 7565-81. Контроль хімічного складу досліджуваних сталей здійснювали хімічним і спектральним методами за ГОСТ 22536-77, ГОСТ 22536.13-77, ГОСТ 2604.0-77, ГОСТ 2604.12-77 на спектрографах ИСП-28, ИСП-22.

Вміст кисню, азоту і водню в досліджуваних сталях визначали методом вакуумної плавки. Як аналізатор використовували хроматограф ХЛ-69. У литому металі зразки на газовий аналіз відбирали з центральної частини злитка. Хімічний склад металу представлений в таблиці 2.4.

Таблица 2.4 – Хімічний склад металу після ЕШН

Вміст елементів, масові відсотки								
Si	Mn	Cr	W	V	Mo	C	S	P
0.65	0.35	3.50	5.7	1.75	4.80	0,78	0.008	0,020

2.3.2 Дослідження макро- та мікроструктури

Дослідження макроструктури проводили на подовжніх і поперечних темплетах після травлення в 50 % водяному розчині азотної кислоти. Оцінку макроструктури проводили за ГОСТ 10243-75. Макроструктуру виливків порівнювали по орієнтації і розмірам у поперечному перерізі стовпчастих кристалів.

Дослідження дендритної структури проводили на зразках, відібраних з центра, половини радіуса і на краю виливків. Для виявлення дендритної структури застосовували теплове травлення або реактив Ле-Шательє. Отримані структури фотографували на мікроскопі NEOFOT-2 при збільшеннях до 30 разів.

Дисперсність структури визначали відстанню між дендритними осями першого і другого порядку. Відстань між дендритними осями першого порядку визначали методом січних, а дисперсність розраховували як середнє арифметичне за значеннями 50 вимірів [14].

Для забезпечення відносної погрішності не більш (5 - 7) % при 5 % рівні значимості, відстань між осями підраховували не менш чим на 60 дендритах.

Мікроструктурний аналіз литого металу проводили методами світлової мікроскопії на тих же зразках, що і дослідження дендритної структури з використанням металографічних мікроскопів МІМ-8 і NEOFOT-2 по загальноприйнятих методиках при збільшенні 100 – 500 крат.

Для виявлення мікроструктури використовували стандартні реактиви.

При дослідженні литої структури сталі Р6М5 електрошлакового наплавлення оцінювали кількість карбідної евтектики, параметри карбідної сітки, будову, склад і процентне співвідношення типів евтектичних карбідів.

Кількість карбідної евтектики визначали на телевізійному мікроскопі Квантимент-720. Середній діаметр осередків карбідної сітки визначали

методом січних, а бал зерна – відповідно до стандартів СЗВ 1959-79 (ГОСТ 5639-82). Ширину скупчень карбідів досліджували по двох показниках: середня ширина скупчень (збільшення 200) і середнє з максимальних значень ширини скупчення карбідної евтектики на площі 1 мм² (збільшення 100). Підрахунок проводився на 30 полях зору лінійним методом А. Розиваля. Процентне співвідношення різних типів евтектических карбідів підраховували крапковим методом А. Глаголева при збільшенні 500 на 55 полях зору, що забезпечувало відносну погрішність не більш 5 % з імовірністю.

2.3.3 Визначення механічних властивостей матеріалів

Твердість матеріалу визначали за ГОСТ 9012 – 59.

Іспит литого металу на розтягнення проводили за ГОСТ 1497-78 на циліндричних зразках з початковим діаметром 5 мм і початковою розрахунковою довжиною 50 мм. Визначали межу плинності, межу міцності, відносне подовження.

2.3.4 Оцінка вмісту неметалевих включень

Визначення вмісту і хіміко-мінералогічної природи неметалічних включень.

Дослідження забруднення виливків неметалічними включеннями проводили за ГОСТ 1778-70. Методом "П" визначали вміст включень в об'ємних відсотках, кількість і розподіл включень по розмірних групах. На шліфах заміряли окулярмикроскопом поперечний розмір включення, і

отриманий результат відносили у відповідну розмірну групу. Підраховували окремо оксидні, нітридні і сульфідні включення. Оцінку проводили при збільшенні 630 на 300-х полях зору. Визначали площу (f) зайняту включеннями, а потім вміст включень в об'ємних відсотках (V) по формулі (2.1)

$$V = \frac{f}{F} \cdot 100 \quad (2.1)$$

где V – об'ємний відсоток вмісту включень;

f – площа включень у квадратних розподілах окулярної шкали;

F – площа полю зору в квадратних розподілах окулярної шкали.

Зміну розмірів неметалічних включень у виливках визначали частотою розподілу включень по розмірних групах. Результат досліджень представили у виді гистограмми: розмір включень – частота.

Виділення включень для досліджень проводили в наступній послідовності. На мікрошліфі окреслювали неметалічне включення. Шліф устанавлювали на столику поляризаційного мікроскопа, постаченого опак-ілюмінатором. Включення фокусували в центрі полю зору мікроскопа і наносили на нього електроліт. Шліф підключали до позитивного полюса випрямителя, а катодом служила сталеві голка. Процес електролізу проводили так, щоб включення не виділялося цілком, а тільки підтравлювалося по границях, що досягали застосуванням короточасних витримок (1 – 3 секунди). Процес електролізу спостерігали під мікроскопом, і коли включення ставало рухливим, електроліз припиняли. Включення переносили вістрям голки, змоченим кедровою олією, на предметне скло для подальшого петрографічного аналізу імерсіоним методом.

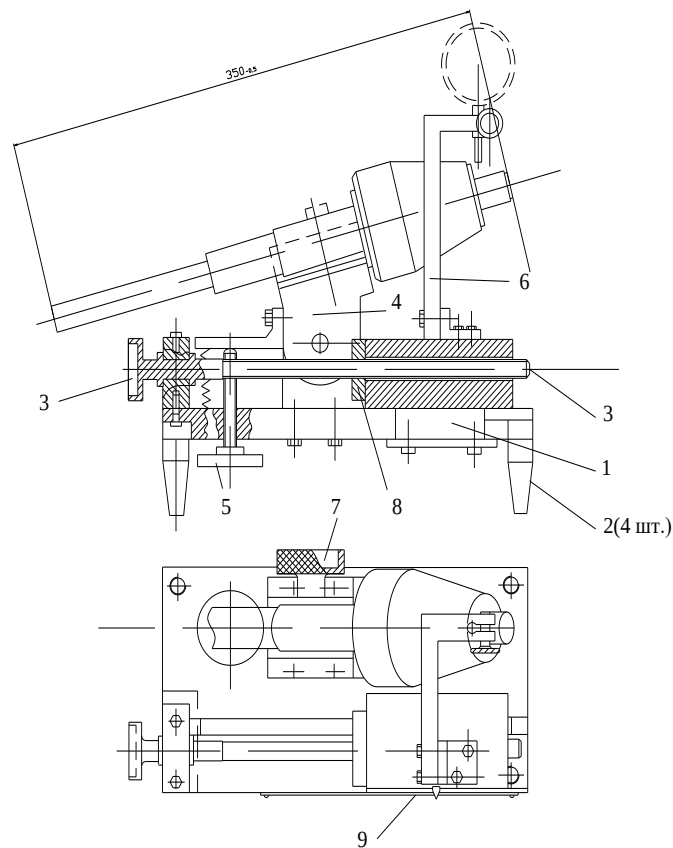
Для виділення більш великих глобулярних включень електроліз проводили протягом 5 – 10 секунд при щільності струму $0,5 \text{ А/см}^2$. При

виділенні більш дрібних крапкових включень тривалість електролізу скорочували до 3 - 4 секунд.

Виділені включення досліджували металографічним і петрографічним методами. Вимір головних показників світлозаломлення проводили на мінералогічному мікроскопі МІМ-10.

2.4 Визначення зносу

Для дослідження зношування поверхні валка стана поперечно-гвинтової прокатки було виготовлено пристосування (рисунок 2.2).



1-стіл; 2-ніжки; 3-гвинт повздовжнього переміщення зразка; 4- кронштейн для кріплення зразка; 5-гвинт стопорний; 6-штатив; 7-маховик; 8-гайка; 9-лінійка.

Рисунок 2.2 – Пристосування для виміру зношування поверхні валка

За допомогою цього пристосування вимірюємо ширину і глибину канавок таким чином: встановлюємо валок у кронштейн для кріплення зразка 4; рухаючи валок гвинтом 3 обираємо менш зношену ділянку, встановлюємо в кронштейн 6; дану точку беремо за початок відліку; обертаючи гвинт 3 переміщаємо валок і проводимо покрокові виміри глибини зносу через кожен 1 мм за допомогою індикатора годинникового типу; перед кожним виміром фіксуємо зразок стопорним гвинтом 5.

Глибину канавок визначаємо за допомогою індикатора часового типу ГОСТ 577-68 (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Індикатор ИЧ

З РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

3.1 Аналіз результатів лабораторних і виробничих досліджень

3.1.1 Дослідження хімічного складу металу ЕШН

Дослідження виливків зі сталей ДИ-22, ДИ-23 і Р6М5 (таблиця 3.1), отриманих методом електрошлакової виплавки, показало, що в результаті переплаву вміст хімічних елементів істотно не змінюється.

Таблиця 3.1 – Вплив електрошлакової наплавки на хімічний склад сталей ДИ-22, ДИ-23 и Р6М5

	Марка сталі	Масові відсотки								
		Si	Mn	Cr	W	V	Mo	C	S	P
Витратний електрод	ДИ-22	0,64	0,30	2,98	3,95	1,50	1,00	0,50	0,035	0,025
	ДИ-23	0,68	0,32	3,00	3,85	1,50	0,96	0,47	0,032	0,028
Порошковий електрод	Р6М5	0,70	0,40	4,1	5,5	1,80	5,0	0,82	0,028	0,026
Метал виливки	ДИ-22	0,58	0,28	2,95	3,90	1,48	1,00	0,48	0,022	0,022
	ДИ-23	0,60	0,30	3,00	3,86	1,50	0,96	0,47	0,025	0,021
	Р6М5	0,65	0,36	3,50	5,7	1,75	4,80	0,78	0,025	0,021
	Р6М5*	0,65	0,35	3,49	5,7	1,75	4,80	0,77	0,016	0,021

* – отриманий порошковим електродом.

Зокрема, вагова частка таких елементів, як марганець, хром, вольфрам, молібден, ванадій, як в електродах, що витрачаються, так і в отриманих виливках була практично однакова. Спостерігалось незначне вигорання кремнію, за один переплав вміст кремнію зменшувався на (0,10 - 0,12) %.

Також відзначене зниження вмісту сірки у виливках, що пояснюється ефектом рафінування металу при переплаву. Вагова частка сірки в середньому знижувалася на $(0,002 - 0,003) \%$. Як приклад, у таблиці 3.1 приведені результати дослідження впливу електрошлакової виплавки на хімічний склад сталі ДИ-22, ДИ-23 і Р6М5. При виплавці заготівель валка гарячої прокатки гвинтового стану використовується флюс АНФ-6, ГОСТ 22974.0-96 не вміщуючий кислого та основного оксидів. Флюс АНФ-6 є рафінуючим флюсом, що приводить до зниження шкідливих домішок.

3.1.2 Макро- та мікроструктура заготовки бочки валка

Дослідження макробудова виливків показали, що отриманий метал щільний і однорідний. Дефекти ліквацийного, усадочного і технологічного характеру відсутні. Напрямок росту стовпчастих кристалів радіально-осьове. Кут нахилу стовпчастих кристалів складає порядку $(44 - 47)^\circ$. Поперечний розмір стовпчастих кристалів змінюється від 4 мм до 8 мм. На рис 3.1 представлена характерна макроструктура одного зі злитків.

Металеву ванну фіксували з метою оцінки параметрів кристалізації виливка за коефіцієнтами фронту кристалізації [13].

Геометричні характеристики, склад і кількість карбідної евтектики в литій сталі Р6М5, отриманої ЭШП представлені в таблиці 3.2.

Мікроструктура литого валка зі сталі Р6М5 в робочій частині бочки представлена на рисунку 3.2.



x0,5

Рисунок 3.1 – Характерна макроструктура злитків

Таблиця 3.2 – Геометричні характеристики, склад і кількість карбідної евтектики в литій сталі Р6М5, отриманої ЕШН

Діаметр комірок карбідної сітки		Ширина скупчень евтектики		Відносна кількість евтектичних карбідів			Кількість карбідної фази, %
Середнє значення	Балл зерна по СТСЭВ 1959-79	Середнє значення, мм	Середнє з максимальних значень на площі 1 мм ²	M ₆ C	M ₂ C	MC	
0,160	2	0,055	0,065	35,5	46,5	18,0	6,0

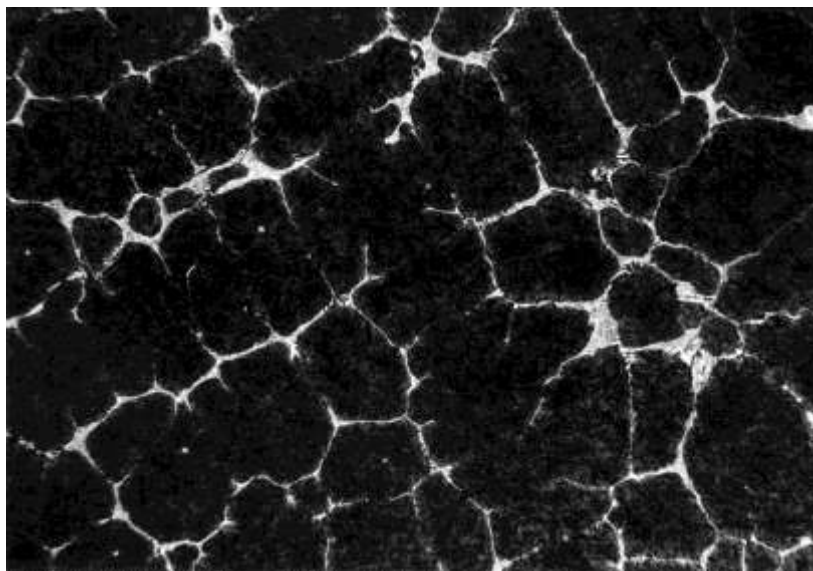


Рисунок 3.2 – Мікроструктура зливка зі сталі Р6М5

3.1.3 Дослідження вмісту неметалевих включень

При дослідженні, було встановлено, що однієї з найбільш важливих причин руйнування, є неметалеві включення. Унаслідок розходження фізичних властивостей металевої матриці і включень, останні відіграють роль концентраторів напруг, роблячи тим самим істотний вплив на витривалість і довговічність сталі.

Властивості литих сталей істотно залежать не тільки від умов кристалізації, але і від вмісту і природи неметалевих включень.

Встановлено, що в литих сталях, отриманих електрошлаковою виплавою, основні типи включень представлені оксидами, нітридами і сульфідами.

Оксидна і сульфідна групи переважали в кількісному відношенні. Причому, у виливку вміст оксидів і сульфідів знизився в порівнянні з вмістом даних включень в електроді, що витрачається, зміст нітридних включень істотно не змінився (таблиця 3.3) [21].

Рафінування металу вилівка від оксидних і сульфідних включень обумовлено використанням флюсу АНФ-6, що, однак, не забезпечує видалення нітридних включень.

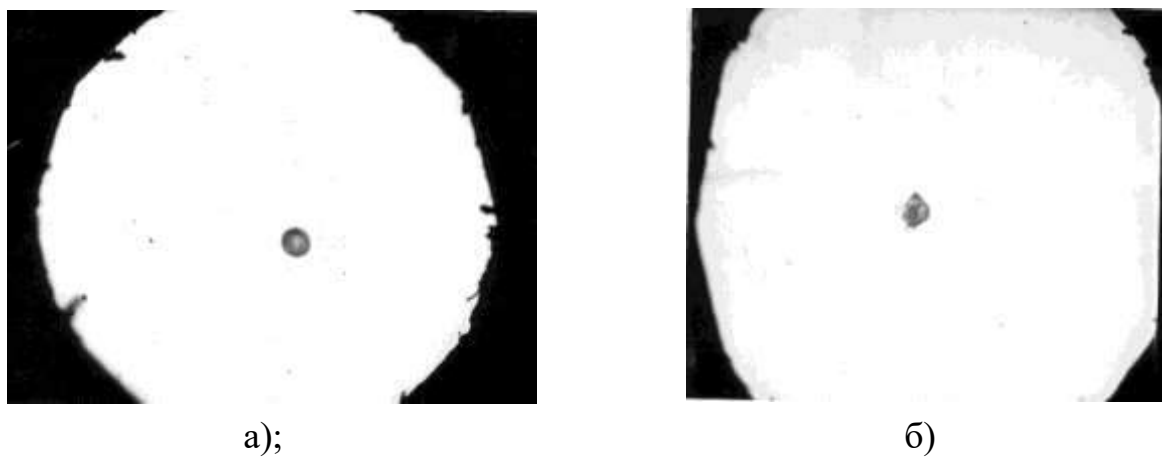
Таблиця 3.3 – Вплив ЕШН на вміст неметалевих включень і газів

Метал	Неметалеві включення, в кількісному відношенні, %		Гази		
	всього	у том числі		О, % 10^{-4}	N, см ³ на 100г
		оксиди	сульфиди		
Електрод	100	26,5	73,5	66	7,7
Металл вилівки Р6М5	100	63,2	36,8	33	6,6

Вивчено хіміко – мінералогічну природу і морфологію неметалевих включень. Установлено, що група оксидних включень має глобулярну і багатогранну форми (рисунок 3.3). Включення глобулярної форми мають високі перемінні показники світлозаломлення. У деяких глобуляріях знаходилися корольки металу, що дозволяє віднести включення глобулярної форми до нестехіометричного окису алюмінію.

Включення багатогранної форми представлені окисом алюмінію у виді призматичних кристалів, глиноземистою шпінеллю і виді октаєдрів, гексоалюмінатом кальцію.

При дослідженні мікроструктури були розглянуті характерні оксидні включення. Дослідження показало, що сульфідні включення присутні в значно меншій кількості, чим оксидні і представлені твердим розчином Mn·Fe. Сульфідні включення зустрічаються як у вільному виді, так і в з'єднанні з оксидами. Мікроструктура характерних оксидних включень у виливках, отриманих методом електрошлакової наплавки представлена на рисунку 3.3.



а) глобулярна форма;

б) многогранна форма

Рисунок 3.3 – Мікроструктура характерних оксидних включень в виливках ЕШН (Х900)

3.1.4 Механічні властивості металу валків

Механічні властивості металу валків були досліджені в таких матеріалів, як ДИ-22, ДИ-23, Р6М5. На основі досліджених даних зробили порівняння властивостей, що представлені в таблиці 3.4.

Таблица 3.4 – Механічні властивості матеріалів валків

Марка сталі	Механічні властивості			
	σ_T , МПа	σ_B , МПа	ψ , %	δ , %
ДИ-22	1500	1720	45	12
ДИ-23	1500	1680	38	8
Р6М5	2000	2050	10	8

3.1.5 Дослідження зносостійкості валків

Дослідження зносостійкості валків проводили в порівнянні рисунок 3.4. Для порівняння було взято чотири валка з різних видів сталі, таких як сталь У7, ДИ-22, ДИ-23, Р6М5.

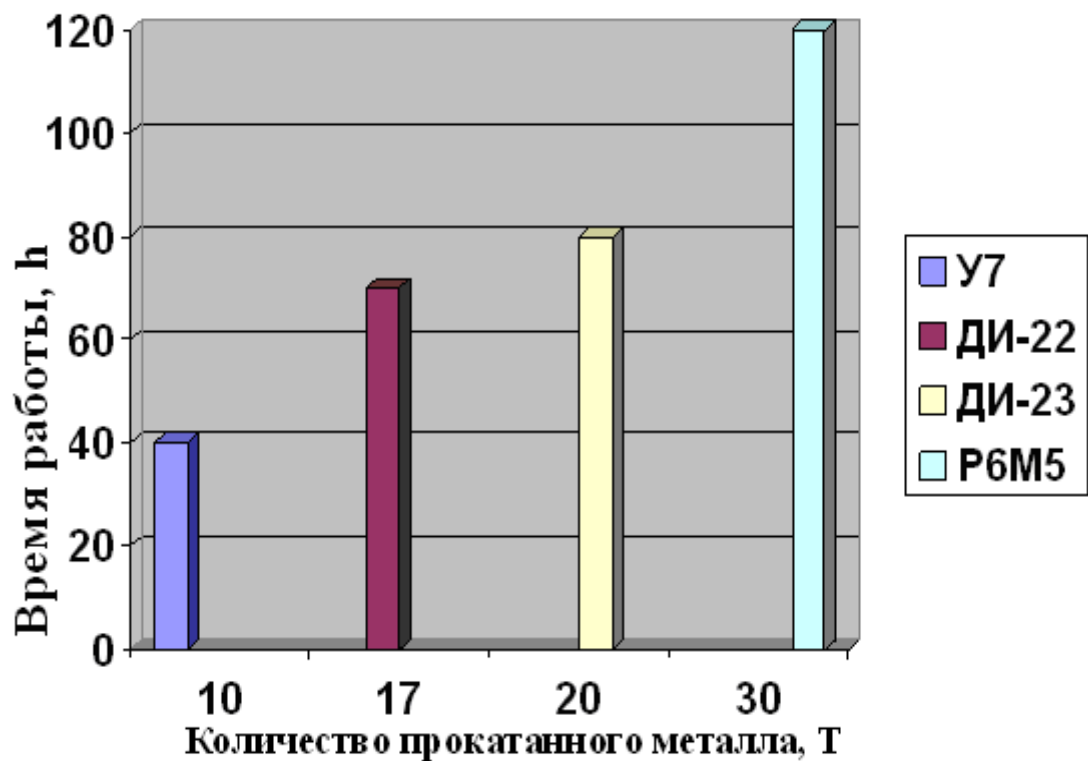


Рисунок 3.4 - Працездатність матеріалу валків

Спочатку на станах гвинтової прокатки були використані валки зі сталі У7. Для збільшення терміну служби валка були застосовані сталі з кращими характеристиками, такі як сталь ДИ-22, ДИ-23, Р6М5.

При розгляді даної діаграми можна зробити висновок, що найменший опір зносу має валок виготовлений зі сталі У7, за 40 робочих годин валок до зносу прокатав 10 т металу. Розглянуті валки зі сталі ДИ-22 і ДИ-23

показали, що опір зносу підвищився в два рази, а опір зносу валка зі сталі Р6М5 підвищився в три рази.

За критерій зносу приймалося, поява канавки на поверхні валка, що впливає на якість виробництва прокату. Отримані дані зношування робочої поверхні валка зводимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Глибина канавки на поверхні валків з різних сталей після прокату металу

Сталь	Глибина канавки (мм) та кількість прокату металу (тон)		
	10 т	20 т	30 т
У7	2,0	3,8	4,8
ДИ 22	1,5	2,4	3,3
ДИ 23	1,1	2,0	3,1
Р6М5	1,0	1,3	1,5

3.2 Розробка технології виготовлення виробу

3.2.1 Конструкція збірного валка

За існуючою технологією валки на підприємстві одержували механічною обробкою прокату круглого перетину діаметром 80 мм із низкоуглеродистой стали У7. У результаті, 40 % металу йшло в стружку, виробництво одного валка забирало значний час, істотно зростала собівартість виробу.

При виготовленні валків з дорогих інструментальних сталей доцільно робочу бочку валка, що сприймає основні навантаження виготовляти окремо, а вісь зі сталі 40Х, що пройшла термічну обробку поліпшенням. Конструкція збірного валка показана на рисунку 3.5.

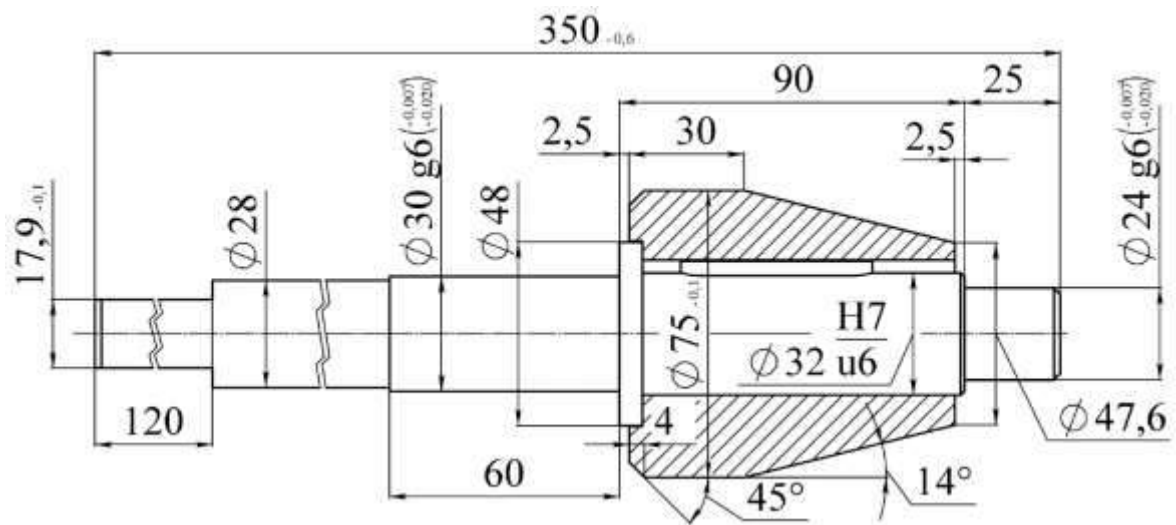


Рисунок 3.5 – Конструкція збірного валка

Загальний вид заготовки бочки валка представлений на рисунку 3.6, а бочка валка на рисунку 3.7. Заготовка валка сконструйована з допусками 2,5 мм на сторону, що забезпечує вихід придатного металу порядку 80 %.

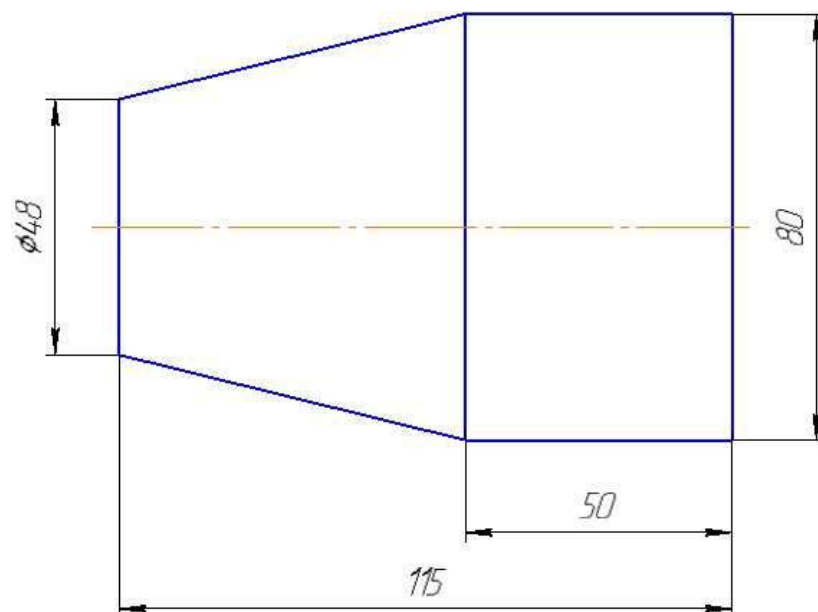


Рисунок 3.6 – Заготовка бочки валка

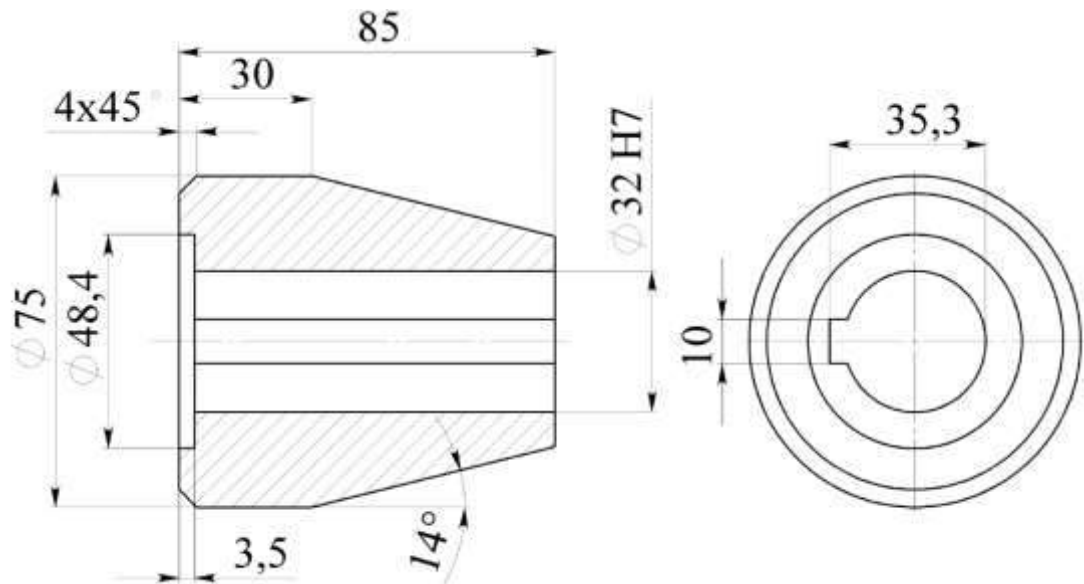


Рисунок 3.7 – Бочка валка

Застосування ЕШВ дозволить забезпечити оптимальну структуру, хімічний склад і механічні властивості робочої частини валка за рахунок одержання високоякісного металу.

3.2.2 Обґрунтування матеріалу

При виборі матеріалу для отримання валка гарячої прокатки гвинтового стану з більш високими характеристиками в порівнянні зі сталлю У7 була розглянута сталь Р6М5.

Однієї з основних характеристик є твердість, що у більшому ступені залежить від температури відпустки (2 г, загартування з оптимальних температур), дана залежність сталі Р6М5 зображені на рисунку 3.8.

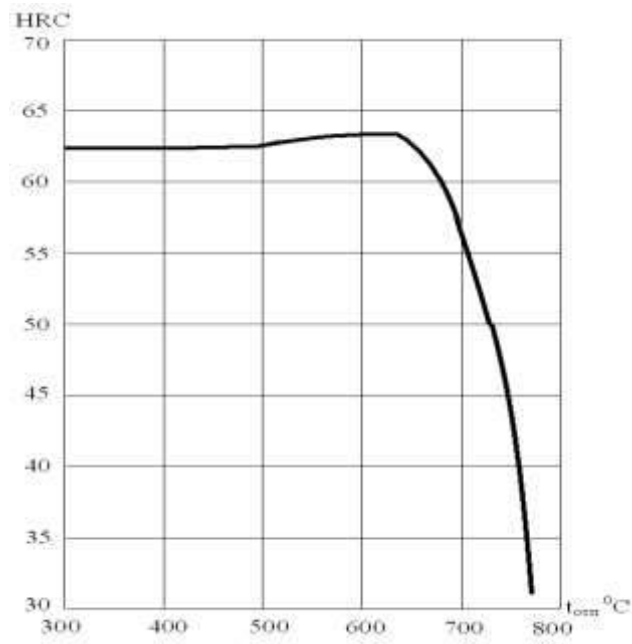


Рисунок 3.8 – Залежності твердості сталі Р6М5 від температури відпустки

З графіка можна зробити висновок, що в сталі Р6М5 найбільша твердість (60 - 61) HRC досягається після відпустки при температурі (560 - 570) °C.

3.2.3 Розрахунок параметрів ЕШН

Визначимо опір шлакової ванни по формулі

$$R_{ш.в.} = \frac{H_{ш.в.}}{j \cdot S_3} \cdot \frac{\ln(1/K_0)}{1/K_0 - 1} \quad (3.1)$$

де $H_{ш.в.}$ – висота шлакової ванни;

j – питома електропровідна шкала при робочих температурах плавки;

S_{ε} – площа перерізу електрода;

K_0 – коефіцієнт відносини дорівнює коефіцієнту заповнення K_3 , якщо останній менше одиниці.

$$R_{ш.в.} = \frac{3}{4 \cdot 2.8} \frac{\ln \frac{1}{0.2}}{\frac{1}{0.2} - 1} = 0.025 \text{ Ом}$$

Залежність (3.1) для практичних розрахунків може бути представлена у виді номограми, показаної на рисунку 3.9. Вихідним параметром є висота шлакової ванни. Далі, по площі поперечного перерізу електрода, питомої електропровідності шлаку і коефіцієнту заповнення кристалізатора визначаються складові значення опору.

Розрахуємо значення струму і напруги плавки.

Відомо, що кількість енергії, що виділяється в шлаковій ванні, визначається по формулі:

$$Q = I^2 R_{ш.в.} \cdot t \quad (3.2)$$

де I – сила струму плавлення, А;

$R_{ш.в.}$ – опір шлакової ванни, Ом;

t – час проходження струму, с.

Однак у розрахунках необхідно враховувати коефіцієнт корисної дії процесу. Під коефіцієнтом корисної дії процесу плавки при ЕШВ розуміється величина, чисельно рівна відношенню кількості енергії, теоретично необхідної для розплавлення одиниці маси металу, у випадку відсутності теплових утрат q_m до фактичної витрати електроенергії.

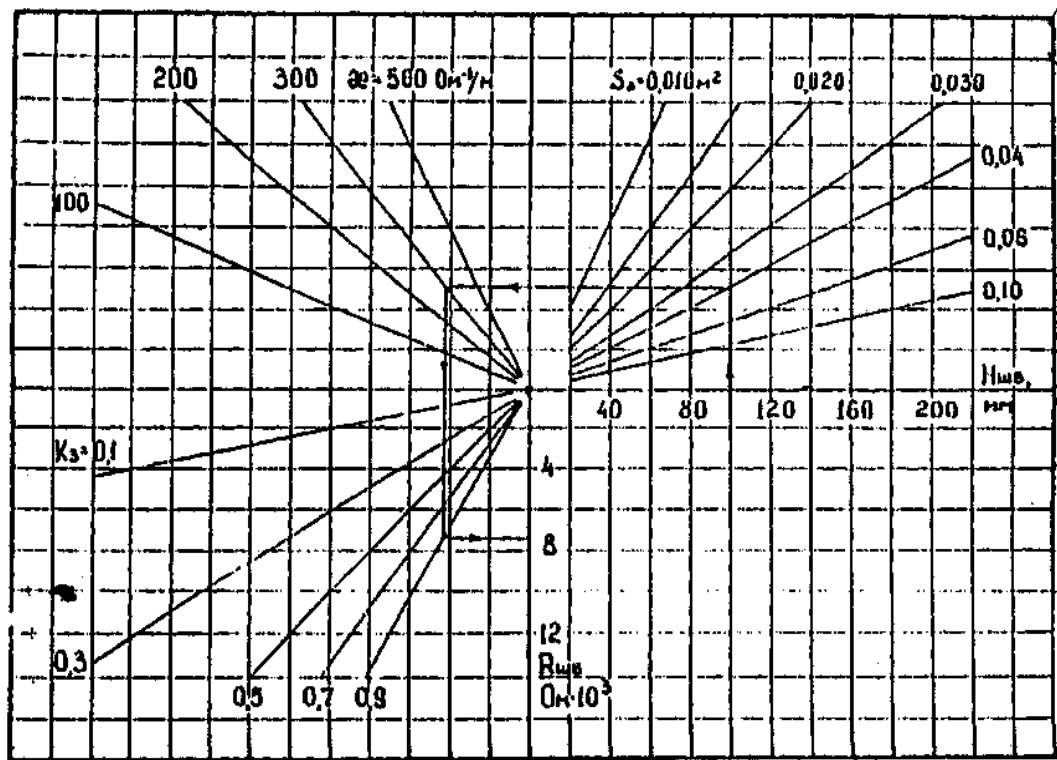


Рисунок 3.9 – Номограма для визначення опору шлакової ванни

$$\eta = \frac{q_m}{q_\phi} \quad (3.3)$$

Величина q_ϕ для будь-якого металу визначається по наступній формулі:

$$q_m = C_{p.m.}(T_c - T_o) + \lambda + C_{p.ж.}(T_m - T_l) \quad (3.4)$$

де $C_{p.m.}$ и $C_{p.ж.}$ - середні значення теплоємності даного металу у твердому і рідкому стані, Дж/кг·К;

T_o , T_c , T_m и T_l – значення температур, початкової, солідуса, крапля металу і ліквідусу відповідно, К;

λ - питома енергія плавлення, Дж/кг.

Масова швидкість плавлення електрода визначається по формулі:

$$V_{пл.э.} = V_{л.} \cdot j / K_{з} \cdot S_{э.} \quad (3.5)$$

де $V_{л.}$ - лінійна швидкість плавлення металу, м/с;

j - щільність металу в рідкому стані, кг/м³;

$S_{э.}$ - площа поперечного переріза електрода, м²;

$K_{з}$ - коефіцієнт заповнення кристалізатора.

$$V_{пл.э.} = \frac{31 \cdot 10^5 7600}{0,2} 2,8 \cdot 10^{-4} = 3,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Відповідно до (3.2):

$$Q = I^2 \cdot R_{ш.г.} = q_{\phi} \cdot V_{пл.э.} = \frac{q_T}{\eta} \cdot V_{пл.э.} \quad (3.6)$$

Відкіля сила струму плавлення буде визначатися по формулі:

$$I = \left(\frac{q_T \cdot V_{пл.э.}}{\eta \cdot R_{ш.г.}} \right)^{1/2} \quad (3.7)$$

де η - коефіцієнт корисної дії плавки при ЕШН

$$I = \left(\frac{13,27 \cdot 10^5 3,2 \cdot 10^{-3}}{0,65 \cdot 0,025} \right)^{1/2} = 1200 \text{ A}$$

Напруга на шлакової ванні розраховуємо по формулі:

$$U = I \cdot R_{ш.г.} = 1200 \cdot 0,025 = 30 \text{ В} \quad (3.8)$$

Для зручності практичного використання залежності (3.5) і (3.7) можуть бути представлені у виді номограми (рисунок 3.10). Як вихідний параметр задається V_L , після чого по R ш.в. і площі перерізу заготовки визначається значення струму. Отримане значення струму збільшується на поправочний коефіцієнт, визначений для відповідного коефіцієнта корисної дії процесу плавки.

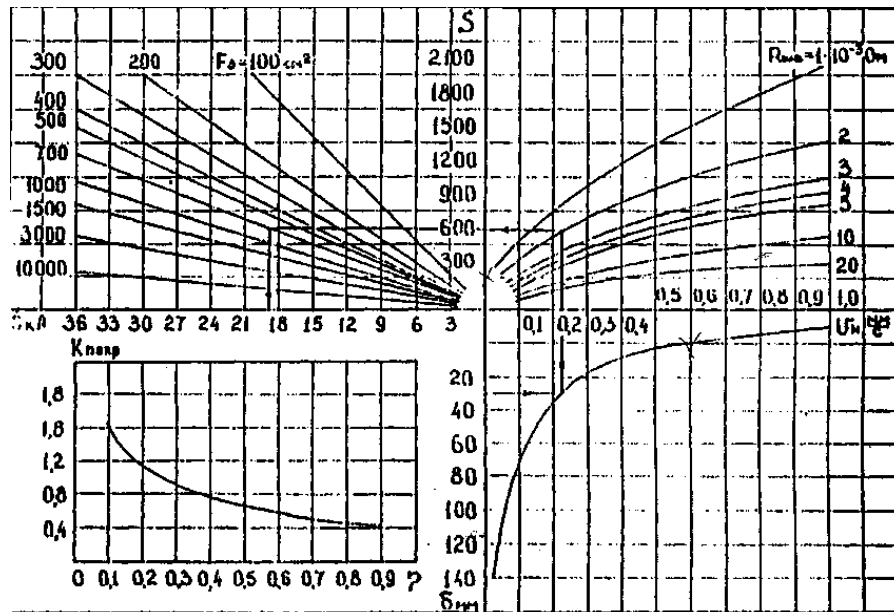


Рисунок 3.10 – Номограма визначення електричних параметрів плавки

Розрахункові параметри наплавлення представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахункові параметри режиму наплавлення

Параметри	Значение
Сила зварювального тока, А	1200
Напряга, В	30
Площа перерізу електроду, м^2	$3,04 \cdot 10^{-4}$
Швидкість подачі електроду, м/с	$3,3 \cdot 10^{-3}$
Масова швидкість плавлення електроду, кг/с	$3,2 \cdot 10^{-3}$
Лінійна швидкість наплавлення металу, м/с	$5,6 \cdot 10^{-4}$
Витрати флюса, кг	0,8

3.3 Вибір стандартного обладнання та розробка пропозицій щодо проектування нестандартного обладнання для виконання розробленого технологічного процесу.

3.3.1 Установа для електрошлакового наплавлення

Для ЕШН застосовують універсальну установку типу А-550 із трансформатором ТШС-3000-1. Зовнішній вигляд установки А-550 представлений на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Установка А-550

Технічні характеристики:

Зварювальний струм в електроді 3000 А; число електродів 1 шт; розміри електродів 200x30 мм; швидкість зварювання (0,3 - 8) м/ч; швидкість подачі електрода (6,8 - 10) м/ч; джерело живлення ТШС-3000-1

Габаритні розміри: (1200 x 575 x 2580) мм

Маса 3780 кг [15].

Зварювальний трансформатор ТШС-3000-1.

Технічні характеристики: номінальний зварювальний струм 3000 А; вторинна напруга: номінальне 46 В; межі регулювання (18 - 46) У; число фаз 1; число ступеней регулювання 10; номінальний режим роботи ПВ = 100 %; номінальна потужність 140 кВт

Габаритні розміри: (960 x 1060 x 780) мм

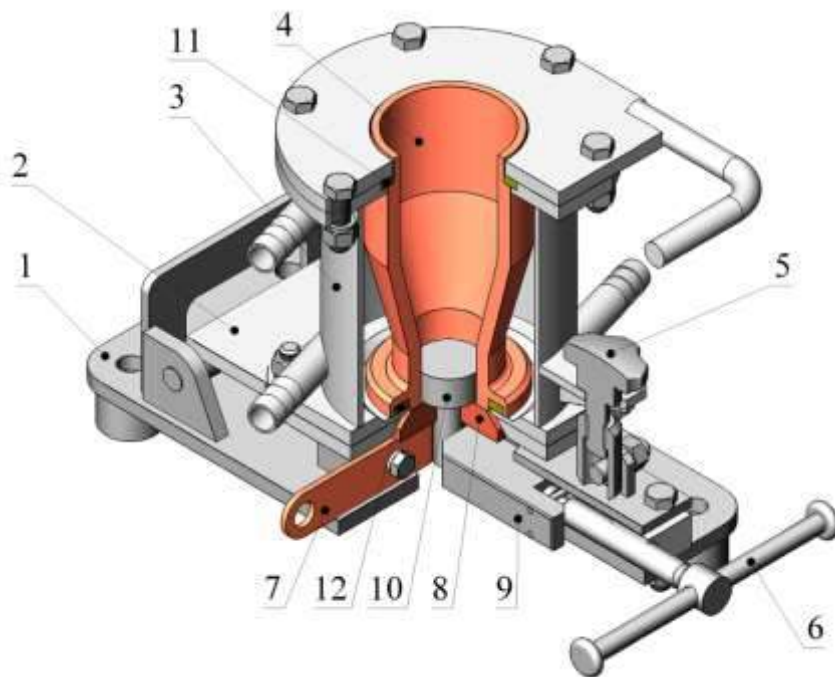
Маса 582 кг [16].

3.3.2 Кристалізатор заготовки бочки валка

Для отримання заготовок валків електрошлаковим способом був спроектований спеціальний водоохолоджуваний кристалізатор (рисунок 3.12).

Кристалізатор складається з основи 1, плити поворотної 2, рубашки кристалізатора 3, стакана кристалізатора 4. У основі передбачені отвори для кріплення кристалізатора до столу установки для електрошлакової виплавки А-550. Стакан кристалізатора є плавильною ємністю з розмірами для отримання заготовки з подальшою мінімальною механічною обробкою. Стакан виготовлений з міді і є змінною деталлю. Після зношування його можна замінити. Для затиску запалу 10 передбачений повзун-притиск 9 із гвинтом 6. Кільце мідне 8 служить для утримання розплавленого металу від витікання. Подача струму здійснюється через клему 7. Після закінчення

наплавки гвинт 5 віджимається, стакан кристалізатора повертається на плиті 2 на 90° і готова деталь вибивається з стакану.



- 1 - основа; 2 - плита поворотна; 3 - рубашка кристалізатора;
 4 - стакан кристалізатора; 5 - гвинт затискний; 6 - гвинт з рукояткою;
 7 - клема; 8 - кільце мідне; 9 - повзун-притиск; 10 - запал;
 11, 12 – ущільнення.

Рисунок 3.12 – Кристалізатор заготовки бочки валка

Водяне охолодження панелей послідовне. У системі подачі води передбачені розриви для візуального контролю.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОПОНОВАНОЇ РОЗРОБКИ

4.1 Нормування операцій технологічного процесу

Для техніко-економічного обґрунтування ділянки, на якій виконують електрошлакове наплавлення валків поперечно – гвинтової прокатки, штучного часу (шт) становить 1 години 18 хв.

Таблиця 4.1 – Норма часу наплавочних робіт

Номер операції	Назва операцій	Тривалість операції, н. ч
1	Підготовчо-заклучні роботи	0,21
2	Наплавочні роботи	0,64
3	Токарна обробка	0,28
4	Контроль якості	0,16
	Норма часу на одиницю виробу	1,29

4.2 Виробнича програма

Основа для розрахунку ділянки електрошлакового наплавлення є виробнича програма в штуках.

Виробнича програма ділянки задається виходячи із завдання, на основі визначення норм часу по виготовленню виробу, річна програма наплавних робіт $N = 24000$ шт. Розрахунок необхідних і покупних деталей наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок виробничої програми наплавлення

Найменування виробів	Норма часу на одиницю виробу, нормо-годин	Виробнича програма	
		Одиниць	Нормо-годин
Валки прокатні	1,29	24000	30960
Всього	1,29	24000	30960

4.3 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання для двозмінного режиму роботи прийнятий 4160 годин.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою:

$$F_{ЕФ}^{ОБ} = F_{ном} \cdot (1 - K_B), \quad (4.1)$$

де $F_{ном}$ – номінальний річний фонд часу роботи обладнання;

K_B – коефіцієнт витрат часу на ремонти та обслуговування обладнання.

Приймаємо $K_B = 0,07$.

$$F_{ЕФ}^{ОБ} = 4160 \cdot (1 - 0,07) = 3868,8 \text{ (годин)}$$

Розрахунок кількості одиниць обладнання певного типу здійснюється за формулою:

Розрахункова кількість наплавочного обладнання:

$$C_{роз} = \frac{\sum_i^m t_i N_i}{F_{ЕФ}^{ОБ}}, \quad (4.2)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -той операції;

$F_{ЕФ}^{ОБ}$ - річний ефективний фонд часу роботи обладнання.

$$C_{роз} = \frac{0,64 \cdot 24000}{3869} = 3,97 \text{ (шт.)}$$

Прийнята кількість печей ЕШН: $C_{прий} = 4$ шт.

Коефіцієнт завантаження устаткування визначається:

$$K_3 = \frac{C_{роз}}{C_{прий}}, \quad (4.3)$$

де $C_{роз}$ – розрахункова кількість обладнання;

$C_{прий}$ – прийнята кількість устаткування.

$$K_3 = \frac{3,97}{4} = 0,99$$

Розрахункова кількість печей для розжарювання флюсу визначається за формулами:

$$C_{роз} = \frac{\frac{t_{\phi}}{M} \cdot m \cdot N}{F_{ЕФ}^{ОБ}}, \quad (4.4)$$

де t_{ϕ} – час прокалки флюсу;

M – маса флюсу, прокалюваного в печі;

m – маса флюсу на одну плавку;

N – річна програма випуску;

$F_{\text{ЕФ}}^{\text{ОБ}}$ - річний ефективний фонд часу роботи обладнання.

$$C_{\text{роз}} = \frac{\frac{2}{5} \cdot 0,8 \cdot 24000}{3869} = 1,98$$

$$C_{\text{прий}} = 2 \text{ (шт.)}$$

Коефіцієнт завантаження устаткування визначається:

$$K_3 = \frac{G_o}{G_{op}} = \frac{1,98}{2} = 0,99 \quad (4.5)$$

Розрахункова кількість токарних верстатів визначається:

$$C_{\text{роз}} = \frac{t_3 \cdot N}{F_{\text{ЕФ}}^{\text{ОБ}}}, \quad (4.6)$$

де t_3 – час обробки деталі для однієї плавки;

N – річна програма випуску;

$F_{\text{ЕФ}}^{\text{ОБ}}$ - річний ефективний фонд часу обладнання.

$$C_{\text{роз}} = \frac{0,28 \cdot 24000}{3869} = 1,73$$

$$C_{\text{прий}} = 2 \text{ (шт.)}$$

$$K_3 = 1,73 / 2 = 0,86$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання по ділянці:

$$K_{3 \text{ средн}} = \frac{\sum C_{\text{роз}}}{\sum C_{\text{прий}}}, \quad (4.7)$$

де $\sum C_{роз}$ - сума розрахункової кількості обладнання;

$\sum C_{прий}$ - сума прийнятого обладнання.

$$K_{3 \text{ средн}} = \frac{7,68}{8} = 0,94$$

Всі результати розрахунків по устаткуванню приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості обладнання, його вартості та потужності

Обладнання, модель	Кількість обладнання		Коеф. розван- таження, K_3	Потужність, кВт/г	
	$C_{роз}$	$C_{прий}$		Од. облад-ня	Всього облад-ня
Установка А-550	3,97	4	0,99	32	128
Електропіч СНОЛ-2.5.4.1	1,98	2	0,99	8	24
Токарний вер- стат	1,73	2	0,86	1	2
Разом	7,68	8	0,94	-	154

Вартість будівлі виробничого призначення визначають виходячи з обсягу, що визначається за прийнятою висоті прольоту, кількості одиниць обладнання та питомої площі, займаної одиниці обладнання, вартості 1 м² будівлі і ін.

При визначенні питомої площі, займаної одиницею обладнання, необхідно враховувати додаткову площу (проходи, проїзди), що припадає на одиницю обладнання. Вартість 1 м² будівлі виробничого призначення приймаємо рівною 1000 грн..

4.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки

Визначасмо чисельність основних робочих, зайнятих на нормованих роботах плавильній ділянці.

$$R_o = \frac{\sum_i^m t_i N_i}{F_{ЕФ}^P}, \quad (4.8)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -той операції;

N – річна програма випуску;

$F_{ЕФ}^P$ - річний ефективний фонд часу роботи одного робітника.

$$R_o = \frac{0,64 \cdot 24000}{1860} = 8,26 \text{ (осіб)}$$

$$R_o = \frac{0,28 \cdot 24000}{1860} = 3,61 \text{ (осіб)}$$

Приймаємо 13 осіб.

Чисельність допоміжних робітників розраховується по нормам обслуговування.

Чисельність інженерно-технічних робітників визначається за штатним розкладом.

Прийнята кількість основних робітників – 13, допоміжних – 2, ІТП – 2, а також призначений один бригадир з операторів ЕШН.

Розрахунок чисельності працівників наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Зведена чисельність робітників

Професія	Форма оплати праці	Чисельність, чол.	У тому числі за розрядами					
			II	III	IV	V	VI	VII
Основні робочі	відрядно – преміальною	9			4	2	2	1
Оператор ЕШН								
Оператор верстата		4			2	2		
Всього		13			6	4	2	1
Допоміжні	погодинна	1			1		1	
Слюсар-електрик								
контролер		1			1			1
Всього		2			2		1	1
ІТП	штатний склад	1					1	
Майстер								
Технолог		1			1			
Всього		2			1		1	
Всього по ділянці		17			7	2	4	2

Примітка: у другій зміні обов'язки майстра виконує бригадир з робочих V розряду.

4.5 Матеріальні витрати

Розрахунок необхідних основних зварювальних матеріалів наведено в таблиці 4.5 балансова вартість покупних виробів визначається сумою преїскурантної і транспортно-заготівельних витрат - 5%.

Таблиця 4.5 – Розрахунок потреби основних і допоміжних матеріалів та їх вартості

Найменування матеріалу, марка	Норма витрат		Ціна 1 т матеріалу, грн	Вартість матеріалу на програму, грн.
	На виріб, кг	На програму, кг		
Порошкові електроди Р6М5	2	48000	160000	7 680 000
Флюс АНФ-6	0,8	19200	79000	1 520 000
Разом				9 200 000

4.6 Вартість основних засобів

Вартість приміщення: з розрахунку 1000 грн. за 1 м² вартість приміщення площею 216 м² дорівнює 216000 грн.

Розрахунок кількості обладнання, його вартості і потужності наведено в таблиці 4.6

Балансова вартість обладнання:

$$Q_{np} = 618200 \cdot 1,15 = 710930 \text{ грн}$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок кількості обладнання, його вартості та потужності

Обладнання, модель	Кількість обладнання		Коеф. розван- тажен- ня, K_3	Ціна за прейскурантом, грн		Потужність, кВт/г	
	$C_{роз}$	$C_{прий}$		Од. облад-ня	Всього облад-ня	Од. облад-ня	Всього облад- ня
Установка А-550	3,97	4	0,99	140000	560000	32	128
Електропіч СНОЛ- 2.5.4.1	1,98	2	0,99	23000	46000	8	16
Токарний верстат	1,73	2	0,86	6100	12200	1	2
Разом	7,68	8	0,94	-	618200	-	146

Балансова вартість виробничого інвентарю приймаємо 2% від вартості обладнання, а господарського 330грн. на одного працівника.

$$Q_{пр} = 710930 \cdot 0,02 + 330 = 14548,6 \text{ грн}$$

де 330- вартість господарського інвентарю, грн.

Балансова вартість цінного інструменту становить 5% балансової вартості обладнання:

$$Q_{пр} = 710930 \cdot 0,05 = 35546,5 \text{ грн}$$

Основні фонди ділянки і розрахунок амортизаційних відрахувань наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Основні фонди ділянки їх структура і амортизаційні

Групи основних фондів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Термін експлуатації, років	Річні амортизаційні відрахування, грн
Приміщення	216 000	24,43	40	17280
Виробниче обладнання	618 200	69,91	20	174984
Інструмент і пристосування	35 546,5	4,02	10	16769
Виробничий інвентар	14 548,6	1,64	5	6839,72
Разом	884 295,1	100		215872,72

4.7 Фонд оплати праці персоналу

Сума заробітної плати, яка виплачується робітникам підприємства, утворює фонд оплати праці.

Фонд заробітної плати основних робітників – відрядників розраховується за формулою:

$$Z_{відр} = N \sum_{i=1}^6 P_i, \text{ грн} \quad (4.9)$$

де N – річна виробнича програма виробів, одиниць. $N = 24000$;

P_i – розцінка на i -ту операцію, грн;

B – кількість операцій технологічного процесу.

Розцінка на операцію розраховується за формулою:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \text{ грн} \quad (4.10)$$

де C_i – часова тарифна ставка i -того розряду, грн;

t_i – норма часу на i -ту операцію, н-годин.

Розрахунок по операціях зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок розцінок по операціям

Найменування операції	Норма часу, н-годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн	Розцінка, грн
1.Підготовчо-заключні роботи	0,21	4	35-40	7,35
2.Наплавочні роботи	0,64	5	45-50	28,8
3.Токарна обробка	0,28	5	45-50	12,6
Усього	1,13	-	-	48,75

Результати розрахунків підставляємо до формули (4.9):

$$Z_{\text{відр}} = 24000 \cdot 48,75 = 1170000 \text{ (грн)}$$

Фонд заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою:

$$Z_{\text{погод}} = C_1 \cdot F_{\text{др}} \cdot R_{\text{дон}} \cdot K_{\text{тар.сер.}}, \text{ грн} \quad (4.11)$$

де C_1 – часова тарифна ставка i -го розряду, грн;

$F_{\text{др}}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, грн.

$F_{\text{др}} = 1830$ год;

$R_{\text{дон}}$ – чисельність допоміжних робітників, осіб;

$K_{\text{тар.сер}}$ – середній тарифний коефіцієнт, що знаходиться за формулою:

$$K_{\text{тар.сер}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot R_{\text{дон.}i}}{R_{\text{дон}}}, \quad (4.12)$$

де m – кількість розрядів допоміжних робітників. $m = 1$ (див. табл. 7.3);

K_i – тарифний коефіцієнт i -го розряду. $K_i = 1,5$ (тарифний коефіцієнт 4-го розряду);

$R_{\text{дон.}i}$ – чисельність допоміжних робітників i -го розряду, осіб.

$R_{\text{дон.}i} = 2$ (див. табл. 4.4);

$R_{\text{дон}}$ – чисельність допоміжних робітників, осіб. $R_{\text{дон}} = 2$ (див. табл. 4.4).

$$K_{\text{тар.сер}} = \frac{1,5 \cdot 2}{2} = 1,5$$

$$Z_{\text{ногод}} = 20,64 \cdot 1830 \cdot 2 \cdot 1,5 = 113\,313,6 \text{ (грн)}$$

Планувальні доплати і премії приймаються у розмірі (50-60)% від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15% до основної заробітної плати, для керівників та спеціалістів – 40%.

Результати розрахунків фонду оплати праці зводимо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Фонд оплати праці

№	Категорія працюючих	Кількість працюючих, осіб	Тарифний фонд з/пл, грн	Доплати, доп. з/пл, премії, грн	Річний фонд з/пл, грн	Середня з/пл за місяць, грн
1	Основні	13	1 170 000	585 000	1 755 000	11 250
2	Допоміжні	2	113 313,6	56 656,8	169 970,4	7 082,1
3	ІТП	2	152 128	76 064	228 192	9 508,3
Всього		17	1 435 441,6	717 720,8	2 153 162,4	9 280,1

4.8 Собівартість наплавочних робіт

В цьому розділі розраховують усі витрати виробництва, які припадають на одиницю продукції і на виконання виробничої програми в цілому.

Собівартість виробу визначається всіма затратами ділянки за такими статтями прямих та непрямих витрат.

Прямі витрати: основні і допоміжні матеріали, основна заробітна плата основних робітників і додаткова заробітна плата, відрахування на соціальні заходи.

До непрямих витрат відносять: витрати на утримання і експлуатацію обладнання, загальновиробничі витрати.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Витрати за змістом і експлуатації устаткування складаються в кошторисі.

Утримання обладнання і працюючих включають в себе:

Затрати на електроенергію находим по формулі:

$$ВУО = C \cdot W \cdot F_{\text{эф}}^{\circ} \cdot K_z \cdot K_s; \quad (4.13)$$

де $C = 2,57$ грн. – вартість 1 кВт електроенергії;

$W=154$ – потужність всього обладнання;

$F_{\text{эф}}^{\circ}$ – ефективний фонд роботи обладнання за рік, ч.;

$K_z = 0,94$ – коефіцієнт завантаження устаткування за часом;

$K_s=0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі.

$$ВУО = 2,57 \cdot 154 \cdot 3869 \cdot 0,94 \cdot 0,8 = 1\,151\,517,16 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати на собівартість окремих виробів розподіляються пропорційно тарифної заробітної плати основних працівників:

$$ЗВВ = 500\% \cdot ОП_{ор} = 5\,850\,000 \text{ грн} \quad (4.14)$$

Калькуляція собівартості наведена в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Калькуляція собівартості наплавочних робіт

№	Найменування статей витрат	Витрати	
		на програму, грн	на оди- ницю, грн.
1.	Допоміжні і основні матеріали	9 200 000	383,3
2.	Тарифна заробітна плата основних працівників	1 170 000	48,75
3.	Тарифна заробітна плата допоміжних працівників	113 313,6	4,72
4.	Доплати, додаткова заробітна плата, премії основних працівників	585 000	24,38
5.	Доплати, додаткова заробітна плата, премії допоміжних працівників	56 656,8	2,36
6.	Відрахування на соціальні заходи	423 493,4	17,65
7.	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	4 680 000	195
8.	Загальновиробничі витрати	5 850 000	243,75
9	Паливо і енергія на технологічні цілі	1 151 517,16	47,98
	Виробнича собівартість	23 170 161	965,4

4.9 Економічне обґрунтування запропонованої розробки

Відносні показники вважаємо за такими формулами:

Фондовіддача:

$$\Phi_{отд} = \frac{C_n - C_{м.п.}}{\Phi_{осн.}} \quad (4.15)$$

де $C_{п}$ - повна собівартість продукції за рік;

$C_{м.п.}$ - вартість напівфабрикатів і матеріалів;

$\Phi_{осн.}$ - вартість основних фондів.

$$\Phi_{отд} = \frac{23\,170\,161 - 9\,200\,000}{884\,295,1} = 15,6 \text{ грн.}$$

Продуктивність праці одного працівника:

$$E = \frac{C_{п}}{\sum K} \quad (4.16)$$

де $C_{п}$ – повна собівартість продукції за рік;

$\sum K$ - кількість працівників.

$$E = \frac{23\,170\,161}{17} = 1\,362\,950 \text{ грн.}$$

Визначення економічного ефекту від впровадження технології плавлення валків горячої прокатки проводиться за формулою:

$$E = C_1 \cdot N - C_2 \cdot N \cdot K, \quad (4.17)$$

де $C_1 = 379$ – собівартість одиниці продукції по базовому варіанту, грн.

C_2 – собівартість одиниці продукції по новому варіанту, грн.;

$N = 24000$ – річний обсяг продукції;

$K = \frac{1}{3}$ – коефіцієнт зносостійкості деталі зі сталі Р6М5 відносно У7.

$$E = 379 \cdot 24000 - 965,4 \cdot 24000 \cdot \frac{1}{3} = 1\,372\,800 \text{ грн.}$$

В таблиці 4.11 наведені техніко-економічні показники наплавочної ділянки.

Таблиця 4.11 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниця виміру	Показники
1. Річний випуск продукції:		
- за кількістю	шт. компл.	24000
- по трудомісткості	Годин	30960
2. Виробнича площа ділянки	м ²	216м ²
3. Чисельність працівників	Чол.	17
-Основних	Чол.	13
- Допоміжних	Чол.	2
-ІТР	Чол.	2
4. Загальний фонд заробітної плати	грн.	2 153 162,4
5. Середньомісячна заробітна плата працівників	грн.	9 280,1
6. Продуктивність роботи працівника	Грн.	1 362 950
7. Фондовіддача	Грн./чол.	15,8
8. Коефіцієнт завантаження обладнання		0,94
9. Собівартість одиниці виробу	Грн./шт	965,4
10. Економічний ефект	Грн.	1 372 800

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці, при технології електрошлакової наплавки валків гарячої прокатки.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Можливість ураження електричним струмом. Основними причинами можуть бути не виконання правил електробезпеки, не використання індивідуальних засобів захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені дроти, неізольовані скрутки, пробій ізоляції.

б) Можливість отримати механічних травм в разі порушень правил з техніки безпеки, які відображені в відповідних інструкціях, не використання індивідуальних засобів захисту.

в) Незадовільна організація робочого місця може бути пов'язано з недостатнім урахуванням вимог ергономіки, включаючи нераціональним розміщенням технологічного обладнання і захаращеності робочої зони.

г) Можливість отримати термічні опіки при розігріву флюсу в муфельній печі в результаті випадкового дотику нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок.

г) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування. Незадовільні метеорологічні параметри, повітряного середовища, внаслідок не ефективного використання системи опалювання та кондиціонування.

д) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання.

е) Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може призвести до тяжких травм або летального результату.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) З метою забезпечення електробезпеки обов'язковим виконання таких засобів є:

Електрообладнання дослідницьких ділянок, ділянок нанесення наплавлень, ділянок електрошлакової плавки і т.д., повинні відповідати вимогам НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» і ін. чинним нормативним актам.

Експлуатацію та ремонт електроустановок повинні проводити спеціально навчений персонал (вимоги до персоналу повинні відповідати ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»).

Для кожної електроустановки повинні бути зроблені експлуатаційні схеми нормального та аварійного роботи. В електричних схемах повинні бути передбачені захисні електроприймачі від перевантажень і коротких замикань.

Електричне обладнання повинні бути заземлені відповідно до ПУЕ-2013.

Всі неізолювані струмопровідні елементи електрообладнання повинно бути надійно обгороджено суцільними огорожами, зняття або відкриття яких можливо тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Друге рішення - розташування на недоступній висоті (більш ніж на 3 м). Умови роботи на ділянках зварювальних і наплавочних робіт характеризується підвищеною запиленістю через генерації аерозолів при роботі зварювального устаткування або наплавочного. У цих умовах електрообладнання повинно використовуватися в пилозахисні виконанні.

При виконанні робіт, що стосуються можливості ураження електричним струмом, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту відповідно до НПАОП 24,9-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Наприклад: діелектричні килимки та ін.

Проводка для трансформаторів може бути тимчасовою і постійною, але на всій її протяжності вона повинні бути піднята на висоту, яка забезпечує недосяжність (> 3 м). Спуск проводів виконується по колонах для виключення механічних пошкоджень, застосовують шланговий провід.

Зварювальні дроти повинні бути гнучкими, з легкої і міцної ізоляцією.

Включення джерел живлення зварювального поста здійснюється тільки через рубильник.

б) Заходами попередження механічних травм при знаходженні в виробничих приміщеннях. Заходи полягають у безумовному виконанні інструкцій з техніки безпеки, проведення усіх видів інструктажів через певних термін, що залежить від виду робіт (на ділянці 1 раз на 6 місяців).

При виконанні електрошлакової виплавки основним заходом попередження механічного травмування є використання засобів індивідуального захисту.

Спецодяг та індивідуальні захисні засоби відповідно до ГОСТ12.4.103 - 83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук».

Брезентові захисні костюми ГОСТ 12.4.221-2002 «Одяг спеціальний для захисту від підвищених температур теплового випромінювання, конвективної теплоти».

Щитки захисні ГОСТ 12.4.035 78 «Щитки захисні лицьові для електрозварників».

Рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні».

Спеціальне взуття (черевики, напівчоботи) із захисним носком згідно ДСТУ 10998-2004 «Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень» Взуття зварника повинно бути з глухим коміром.

в) В робочій зоні, де відбувається процес відпрацювання ЕШВ передбачено:

Робочі місця зварників і налавників повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.061-81 «Виробниче устаткування. Загальні вимоги безпеки до робочих місць», ГОСТ 12.2.033 – 78 «Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Ергономічні вимоги», ГОСТ 12.2.032-84 «Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги».

Структуру ділянок наплавки можна уявити в наступному вигляді: обладнання, комунікації, що постачають газ, воду та повітря, обладнання для контролю якості.

Розташування технологічного обладнання повинно забезпечувати його безпечну експлуатацію, зручність обслуговування і ремонту. Повинні бути передбачені зони обслуговування (для самостійних робочих місць довжина зони $\geq 1,5$ м, ширина ≥ 1 м).

г) Для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови», костюми захисні від підвищених температур по ГОСТ 12.4.045-78, спеціальної шкіряним взуттям по ГОСТ 12.4.032-77

«Взуття спеціальне шкіряне для захисту від підвищених температур. Технічні умови»

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

г) Заходи щодо забезпечення санітарних норм мікроклімату розробляються відповідно до вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: пристрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища відповідно до норм, які вказані в таблиці 5.1, згідно СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія»

Таблиця 5.1 – Оптимальні фізичні параметри навколишнього середовища цеху

Період року	Температура, °С	Відносна вологість %	Швидкість, м/с
Холодний	18-22	40-60	0,1 – 0,3
Теплий	20-23	40-60	0,1-0,4

У теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або загальнообмінну припливну витяжну вентиляцію відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». У холодний період року використовуються системи водяного опалення відповідно до СНиП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція і кондиціонування».

Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування ». Вибір джерел освітлення виконується в залежності від розмірів виробничого приміщення. Рекомендовано використовувати лампи типу ДРЛ – 250-400 лм., які встановленні у світильник типу РСР.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

д) На ділянці, де відбувається електрошлакова плавка небезпечними чинниками пожежі є:

- відкритий вогонь (зварювальна дуга, полум'я газового зварювання і різання);
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;
- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню і різанню.

Пожежна безпека на ділянці може бути забезпечена сукупністю заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання поширення вогню в разі виникнення пожеж і створення умов, що сприяють швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Передбачені на ділянці заходи, попереджуючи причини виникнення пожеж, підрозділяються на організаційні, експлуатаційні, технічні і режимні.

До організаційних заходів відносяться: навчання робітників протипожежним правилам, проведення бесід, інструкцій, організація

добровільних дружин, пожежо-технічних комісій, видання наказів по питаннях посилення пожежної безпеки.

До експлуатаційних заходів відносяться: правильна експлуатації, профілактичні ремонти, огляди і випробування зварювального обладнання і пристроїв і так далі

До технічних заходів відносяться: дотримання протипожежних норм і правил при пристрої і установці зварювального устаткування, систем вентиляції, підведення електропроводки, захисного заземлення і відключення.

До режимних заходів відносяться: заборона куріння в не встановлених місцях, проведення зварювальних і інших вогневих робіт в пожежонебезпечних місцях.

Пожежну техніку згідно ГОСТ 124009 – 82 «Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування», призначену для захисту складально-зварювальних об'єктів підрозділяють на наступні групи: пожежні машини (автомобілі, мотопомпи і причеми); установки пожежогасінні; установки пожежної сигналізації; вогнегасники; пожежне устаткування; пожежний ручний інвентар; пожежні рятувальні пристрої.

До ручних вогнегасників відносяться: пінні, вуглекислотні, вуглекислотно-брометилові і порошкові.

Відповідно до ГОСТ 121004-91 «"Пожежна безпека. Загальні вимоги»" передбачені засоби пожежогасінні. При гасінні титану , який горить і деяких інших сплавів категорично забороняється заливати їх водою, застосовувати пісок, вуглекислоту, азот, хладон, порошки типу ПСБ і ША.

Для гасіння пожежі застосовується склад ПГС, глинозем, мелений плавиковий шпат, сухий порошковий флюс. Ці засоби подаються у вогнище загоряння уручну або за допомогою вогнегасника ВПП-10, який знаходиться на ділянці.

5.5 Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях

Безпека у надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, об'єктів економіки та довкілля від небезпеки у надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та значних матеріальних втрат.

Захист населення і територій від НС техногенного та природного характеру – система організаційних, технічних, медико-біологічних, фінансово-економічних та інших заходів щодо запобігання та реагування на НС техногенного та природного характеру і ліквідації їх наслідків, що реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, відповідними силами та засобами підприємств, установ та організацій, незалежно від форм власності й господарювання, добровільними формуваннями і спрямовані на захист населення і територій, а також матеріальних і культурних цінностей та довкілля.

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкта в умовах НС; організацією рятувальних і відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів до більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження.

ВИСНОВКИ

Валки стана поперечно-гвинтової прокатки є основним інструментом, який виконує деформацію металу, що прокатується.

Валки працюють в умовах одночасної дії навантажень вигину і крутного моменту, теплових напружень внаслідок нагріву валків від пластичної деформації прокату а також від тертя поверхонь валків і прокату.

На стійкість валків великий вплив мають контактні напруження. При нерівномірному розподілі тисків прокатки контактні напруження викликають руйнування поверхневого шару валка.

Циклічний характер теплового режиму робочих валків при високій концентрації тепла і значній амплітуді коливань температури у різні періоди прокатки (нагрів при проходженні виробу, охолодження при виході виробу з валків) викликає в тонких поверхневих шарах несприятливої за знаком і величиною теплове напруження та приводить до поверхневого розтріскування, утворення тріщин розпалу.

Зношування прокатних валків відбувається також за рахунок утворення на поверхні бочки викрашування. Причиною може бути прослизання прокату щодо поверхні валка. При цьому відбувається різке локальне підвищення температури до значень, що набагато перевищують температуру відпустки. Виникаючий ефект відпустки призводить до локального зниження твердості.. Викрашування пов'язані з термічними напруженнями і втомними явищами в матеріалі валка.

Абразивному зношуванню валка сприяє окалина, яка утворюється на поверхні бочки валка і прокату.

Найбільш поширеними дефектами, що виникають при експлуатації валків прокатки є: нерівномірне зношування, виникнення канавок і утворення тріщин розпалу на робочій поверхні валка.

Таким чином, до валків висувають наступні вимоги:

- достатня твердість після гартування;
- високий опір термічній втомі при спільному і локальному розігріванні та підвищена червоностійкість.
- висока зносостійкість загартованої валкової сталі.
- відсутність металургійних дефектів і забруднень (неметалевих включень).

У роботі пропонується виготовити валки з швидкорізальної сталі Р6М5, яка має необхідну високу червоностійкість і твердість, що обумовлює зносостійкість при контакті з металом, який деформується при прокатці.

Можливість отримання валків з інструментальної сталі обумовлюється невеликими розмірами валків стана поперечно-гвинтової прокатки, що дозволяє провести необхідну термічну обробку для забезпечення властивостей, характерних даному типу сталі.

Для виготовлення валків необхідно застосувати електрошлакову наплавку, так як електрошлаковий метал має підвищені механічні властивості і гарячу твердість, що характеризує, зокрема, здатність матеріалу чинити опір зношуванню при підвищених температурах.

Розроблена методика та проведені дослідження зносостійкості дослідних валків.

Для дослідження зношування поверхні валків було виготовлено пристосування для виміру зношування поверхні валка.

Валки показали високу зносостійкість за рахунок високої червоностійкості сталі Р6М5. Дослідний валок за своєю зносостійкістю перевершує стандартний у 3 рази.

Розроблена технологія електрошлакової наплавки порошковим електродом валків стана поперечно-гвинтової прокатки.

Економічно доцільно застосувати конструкцію збірного валка з змінною деталлю – швидкозношуваною бочкою валка із сталі Р6М5, а вісь із

сталі 40Х, що забезпечить економне використання дорогої інструментальної сталі, та підвищує коефіцієнт використання металу КВМ до 40%.

Виготовляти робочу частину валків пропонується електрошлаковою наплавкою (ЕШН), що забезпечить покращені властивості і структуру металу валків завдяки ефективному зниженню у процесі електрошлакової наплавки вмісту неметалевих включень.

Заготовки бочок валків передбачається отримувати плавленням порошкового електроду з шихтовим порошковим матеріалом сталі Р6М5.

Електрошлакова наплавка ведеться на установці А-550 з трансформатором ТШС-3000-1 на змінному струмі $I = 1200$ А, напругою $U = 30$ В, швидкість подачі $V_{\text{п}} = 20$ см / хв. Рафінування металу від оксидних і сульфідних включень забезпечується використанням флюсу АНФ-6.

Виплавлений метал володіє однорідною структурою і високою міцністю по всьому перерізу бочки валка, та характеризується відсутністю дефектів металургійного походження – тріщин, пір, шлакових включень, сірки до 2 разів, фосфору на 10 %.

Для виробництва заготовок бочок валка електрошлаковим способом спроектований спеціальний водоохолоджуваний кристалізатор.

Виконане планування ділянки для електрошлакової наплавки валка, визначена необхідна кількість робочих місць, виконаний розрахунок собівартості виготовлення виробу.

Очікуваний економічний ефект від впровадження пропонованої розробки складає 1 372 800 грн.

Для забезпечення безпечних і комфортних умов праці передбачений ряд заходів щодо охорони праці, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Зотов, В.Ф. Производство проката [Текст] / В.Ф. Зотов. – М. : Интермет инжиниринг, 2000. – 352 с.
2. Тетерин, П.К. Теория поперечной и винтовой прокатки [Текст] / П.К. Тетерин. – М. : Metallurgiya, 1983. – 270 с.
3. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов [Текст] / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник. – Т. 1. – М. : Metallurgiya, 1987. – 426 с.
4. Кащенко, Ф.Д. Особенности износа прокатных валков и вопросы разработки наплавочных материалов. Современные способы наплавки и их применение [Текст] / Ф.Д. Кащенко, И.И. Фрумин, Г.Н. Гордань. – К. : АН УССР, 1990. – 116 с.
5. Патон, Б.Е. Электрошлаковая сварка и наплавка [Текст] / Б.Е. Патон. – М. : Машиностроение, 1980. – 511 с.
6. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали [Текст] / Ю.А. Геллер. – М. : Metallurgiya, 1968. – 568 с.
7. Гуляев, А. П. Теория быстрорежущей стали [Текст] / А.П. Гуляев // МиТОМ. – 1998. – № 11. – С. 27 – 32.
8. Меськин, В. С. Основы легирования стали [Текст] / В.С. Меськин. - 2 изд., доп. - М. : Metallurgiya, 1964. – 684 с.
9. Кремнев, Л. С. Теория легирования быстрорежущих сталей [Текст] / Л.С. Кремнев // МиТОМ. – 1985. – № 6. – С. 10 – 14.
10. Титова, Т. И. Исследование влияния микролегирования бором на структуру и прокаливаемость строительной стали [Текст] / Т.И. Титова, Н. А. Шульган, О. Ю. Малыхина // МиТОМ. – 2007. – № 1. – С. 45 – 50.
11. Бэйн, Э. Влияние легирующих элементов на свойства стали [Текст] / Э. Бэйн : Пер. с англ. - М. : Metallurgizdat, 1945. – 330 с.
12. Полухин, П.И. Прокатное производство [Текст] / П.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев. – М. : Машиностроение, 1982. – 216 с.

13. Рейнага, М. М. Разработка литой микролегированной быстрорежущей стали Р6М5 на основе структурных исследований [Текст] : дисс. канд. техн. наук. – Минск, 1985. – 214 с.
14. Берман, С. И. Прокатка листов и лент тяжёлых цветных металлов [Текст] / С.И. Берман. – М. : Metallurgia, 1977. – 264 с.
15. Чвертко, А. И. Каталог – справочник [Текст] / А.И. Чвертко. – К. : Наукова думка, 1983. – 114 с.
16. Потапов, И.Н. Технология винтовой прокатки [Текст] / И.Н. Потапов, П.И. Полухин. – М. : Metallurgia, 1991. – 344 с.
17. Методические указания к курсовой работе по расчету электродов для износостойкого наплавления по дисциплине "Основы теории наплавления" специальности 6.092303 для студентов всех форм обучения / В.С.Попов. – Запорожье : ЗНТУ, 2002. – 46 с.
18. Трейгер, Е. И. Повышение стойкости прокатных валков [Текст] / Е.И. Трейгер, А. З. Комановский. – К. : Техника, 1984. – 146 с.
19. Гуляев, А. П. Металловедение : уч. для вузов [Текст] / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Metallurgia, 1986. – 544 с.
20. Кусков, Ю. М. Использование высоколегированных быстрорежущих сталей для прокатных валков [Текст] / Ю.М. Кусков // Сталь. – 2004. – № 4. – С. 43 – 47.
21. Рабінович, В.І. Якість заготовок електрошлакового наплавлення [Текст] / В.І. Рабінович, Ю. М. Крігер, С. А. Нечаєв // Енергомашинобудування. – 1984. – № 10. – С. 15 – 16.
22. Лахтін, Ю. М. Матеріалознавство : підручник для вищих технічних навчальних закладів [Текст] / Ю.М. Лахтін, В. П. Леонтьєва. – 3-є изд., перероб. і доп. – М. : Машинобудування, 1990. – 528 с.
23. Ключев, М. М. Электрошлаковый переплав [Текст] / М.М. Ключев, С. С. Волков. – М. : Metallurgia, 1984. – 208 с.
24. Электрошлаковое зварювання і наплавка / Під. ред. Б. Є. Патона. – М. : Машинобудування, 1980. – 208 с.

25. Методика і практика металографічного дослідження інструментальної сталі. – М. : Машгиз, 1961. – 228 с.
26. Электрошлаковый металл / Под ред. Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. – К. : Наукова думка, 1981. – 680 с.
27. Воронин, В.М. Механические свойства сталей и сплавов, полученных путем электрошлакового переплава [Текст] / В.М. Воронин, М.М. Ковалев, В.Н. Томилин. – М. : Металлургия, 1965. – 360 с.
28. Семилет, Р.Е. Электрошлаковая наплавка валков горячей прокатки [Текст] / Р.Е. Семилет, С.А. Шумикин // Тиждень Науки 2018 : наук.-практ. конф. : тези докл. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – С. 366.
29. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.И. Красовский. – М. : Машиностроение, 1980. – 319 с.
30. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломного проекту для студентів спеціальності 8.092301 «Технологія та устаткування зварювання», 8.092303 «Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій» [Текст] / Укл. : Е.О. Леженко – Запоріжжя : ЗНТУ, 2005. – 24 с.
31. Биковський, О. Г. Методичний посібник «Технічне нормування складально-зварювальних робіт» з дисципліни «Організація, планування та управління виробництвом» для студентів напряму підготовки 7.050504.01.03 «Технологія та устаткування зварювання» всіх форм навчання [Текст]/ Укл.: О. Г. Биковський, В. В. Круглікова – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. – 51 с.
32. Брауде, М.З. Охорона праці при зварюванні в машинобудуванні [Текст] / М.З. Брауде, Є.І. Воронцова. - М. : Машинобудування, 1978. - 144 с.
33. Белов, С. В. Безпека виробничих процесів [Текст] / С.В. Белов, В. Н. Бринза. – М. : Машинобудування, 1985. – 448 с.
34. СНиП 2.0902.85 «Норми проектування. Виробничі будівлі промислових підприємств».
35. СНиП 2.01.02-85 «Противопожарні норми проектування будівель і споруд».

36. СНиП 2-7-79 «Природне і штучне освітлення. норми проектування».

37. Демиденко, Г. П. Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства у воєнний час [Текст] / Г.П. Демиденко. – К. : «ВШ», 1984. – 232 с.

38. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов. № 1009-73 М. : Атомиздат, 1973. – 79 с.

39. Демиденко, Г.П. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: справочник [Текст] / Г.П.Демиденко, Е.П.Кузьменко, П.П.Орлов. – К. : Вища школа, 1989. – 287 с.

40. Атаманюк, В. Г. Гражданская оборона [Текст] / В.Г. Атаманюк. – М. : Высшая школа, 1986. – 207 с.

41. Демиденко, Г. П. Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства у воєнний час [Текст] / Г.П. Демиденко. – К. : «ВШ», 1984. – 232 с.

42. Овчинников, О.В. Методичні вказівки до виконання магістерської дисертації для студентів освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання [Текст] / Укл. : О.В. Овчинников, О.Є. Капустян. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 42 с.

43. ДСТУ 3008-2015 "Інформація та документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення".

ДОДАТОК А

Хімічний склад феросплавів для порошкового електроду

Матеріал	Елемент	%
1. Хром металевий Х-99 ГОСТ 5905-79 Виробник – п/с Р – 6926	Хром Кремній Алюміній Вуглець Залізо Сірка Фосфор	99,1 0,2 0,1 0,01 0,4 0,01 0,005
2. Ферованадій ФВд50У0,5 ТУ 14-5-98-84 Виробник – п/с Р – 6926	Ванадій Вуглець Марганець Кремній Мідь Алюміній Фосфор Сірка	50,02 0,33 3,55 1,22 0,12 0,28 0,06 0,015
3. Феровольфрам ФВ-70/а/ ГОСТ 17293-82 Виробник – п/с Р – 6926	Вольфрам Молібден Марганець Кремній Вуглець Фосфор Сірка Мідь Алюміній	73,4 6,3 0,17 0,95 0,12 0,03 0,035 0,15 4,15
4. Феромолібден ФМо 66 ГОСТ 4759-79 Виробник – п/с Р – 6926	Молібден Кремній Вуглець Фосфор Сірка Мідь Сурьма Свинець	66,0 0,1 0,02 0,03 0,04 0,4 0,01 0,01
5. Фероніобій ФНб 60 ГОСТ 16773-85 Виробник – п/ясР – 6926	Ніобій + тантал Кремній Алюміній Вуглець Сірка Фосфор Титан	58,1 0,7 1,4 0,04 0,01 0,05 0,13

6. Марганець металевий азотований МрН 6Б ГОСТ 6008-82 Виробник – п/с Р – 7030	Марганець Кремній Вуглець Фосфор Залізо Азот	88,5 0,8 0,15 0,06 1,8 6,0
7. Ферованадій азотований ФВдН2 МнЗ ТУ 14-5-122-80 Виробник – п/с Р – 7030	Ванадій Марганець Азот Вуглець Кремній Мідь Алюміній Фосфор Сірка	46,6 3,0 3,6 0,6 2,15 0,3 0,35 0,06 0,04
8. Ферохром азотований ФХН-400 ТУ 14-148-64-82 Виробник – п/с Р – 7030	Хром Кремній Азот Вуглець Фосфор Сірка	67,0 1,0 8,5 0,11 0,02 0,01
9. Рутиловий концентрат ГОСТ 22938-78 Виробник – Верхньодніпровський ГМК	Двоокис титана Двоокис кремнію Окис алюмінія Окис заліза Сірка Фосфор	96,6 0,5 0,75 1,15 0,04 0,03
10. Плавиковий шпат (флюорит) ФФС-97А ГОСТ 4421-73 Виробник – Калангуйський ГОК	Фтористий кальцій Двоокис кремнію Сірка Фосфор Вуглекислий кальцій	96,8 1,3 0,05 0,015 0,74
11. Феромарганець ГОСТ 4755-91 Виробник – п/с Р – 7030	Марганець Вуглець Кремній Фосфор Сірка	65,5 4,95 1,59 0,22 -

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Семиліт Р.Є.	
Перевір.	Шумикін С.О.	
Н. контр.	Нетребко В.В.	
	Листів 3	Лист 1

	ГКІЮ 147218	
	ДП	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Овчинников О.В.

на технологічний процес електрошлакової наплавки
порошковим електродом валків гарячої прокатки

Нормоконтроль: Нетребко В.В.

Зав. кафедрою ОТЗВ: Овчинников О.В.

Дата

Дата

Впровадження у виробництво

Акт № _____ Дата _____

Комплект документів

відповідає

ТД

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
															Листів 3		Лист 2				
Розроб.			Семиліт Р.Є.												ГКІЮ 147218						
Перевір.			Шумикін С.О.																		
Н. контр.			Нетребко В.В.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код найменування операції					Позначення документа											
Б	Код найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт							
К/М	Найменування деталі, склад. одиниці або матеріалу				Позначення, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх							
01																					
02	10 Підготовка																				
03	Електроліт СНОП-2,5.4.1				терміст V																
04	Протаріювальний флюс									120											
05																					
06	20 Установка																				
07	Кристалізатор				різномодульний III																
08	Встановити кристалізатор і електрод									12,6											
09																					
10	30 Наплавлювання																				
11	Установка А-SSD				зварювальник V																
12	Трансформатор ТМС-3000-1																				
13	Порошковий електрод 30x12 мм з товщиною оболонки 2 мм для наплавлювання																				
14	Флюс АНФ-6 (ГОСТ 22974.0-96)																				
15	Наплавлювальні ванки																				
16	$I_{зв} = 1200 \text{ A}$, $U_{зв} = 30 \text{ В}$, $V_{зв} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$																				
17	Захищений електрод типу БТ (ГОСТ 12.4.045-78)																				
18	Рукавиці типу ТР (ГОСТ 12.4.08780)																				
19	Шнурок типу ННП-С-702 V1 (ГОСТ 12.4.035-78)																				
20	Окуляри типу К				(ГОСТ 12.4.003-80)					38,4											
21																					

FD-313 (Rev. 10-1-65)