РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки об’ємом 80 сторінок друкованого тексту, 8 рисунків, 10 таблиць, 25 літературних джерел та графічної частини, виготовленої у вигляді презентації.

Дипломна робота присвячена розробці технології отримання деталей методом електрошлакового кокільного лиття.

Пояснювальна записка представлена 9 розділами, в яких розглянуті основні розрахунки устаткування і процесів даної технології, а також економічні розрахунки та питання охорони праці.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ КОКІЛЬНЕ ЛИТВО, ВИЛИВОК, СТАЛЬ, ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТИГЕЛЬНА ПІЧ, ТИГЕЛЬ

ABSTRACT

Thesis consists of an explanatory note volume 80 pages of printed text, 8 figures, 10 tables, 25 references and graphic part made in the form of presentation.

Thesis is dedicated to developing technology of electro parts by chill casting.

Explanatory memorandum presented 9 sections, which are considered basic calculations equipment and processes of technology and economic calculations and safety issues.

Keywords: ELECTRO-CHILL CASTING, CASTING, STEEL, ELECTROSLAG CRUCIBLE FURNACE, CRUCIBLE

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень 6

Вступ 8

1 Визначення і характеристика об’єкта дослідження 9

1.1 Актуальність процесу електрошлакового кокільного лиття 9

1.2 Фактори, які впливають на вибір технологічного процесу 10

2 Сутність електрошлакового кокільного лиття 12

3 Розрахунок плавильної установки УШ-165 18

3.1 Розрахунок параметрів процесу 18

3.2 Визначення геометричних розмірів робочого простору 20

3.3 Розрахунок теплових витрат 26

3.4 Електричний розрахунок 33

3.5 Розрахунок подового електрода 34

4 Комплекс електрошлакового кокільного лиття УШ-165 35

4.1 Призначення комплексу 35

4.2 Склад та будова комплексу 35

4.3 Електрошлакова установка 35

4.4 Кантувач 36

4.5 Платформа 37

4.6 Пульт керування 37

4.7 Гідросистема 37

5 Технологія виготовлення типового виливка 38

5.1 Обґрунтування способу виробництва 38

5.2 Конструктивні та технологічні розрахунки 41

5.3 Опис технологічного процесу виробництва виливка 45

6 Автоматизація технологічного процесу 51

6.1 Задачі автоматизації технологічного процесу 51

6.2 Структурна схема автоматизації 55

6.3 Перелік вихідної інформації, що поступає в систему керування 57
7 Використання інформаційно-обчислювальної техніки 58
8 Організаційно-економічна частина 61
8.1 Обгрунтування науково-технічної актуальності теми 61
8.2 Мета НДР 61
8.3 Розрахунок планової собівартості 62
8.4 Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності 66
9 Охорона праці 69
9.1 Організація питання охорони праці на підприємстві 69
9.2 Опис лабораторії 70
9.3 Дослідження мікроклімату 71
9.4 Освітленість лабораторії 72
9.5 Теплове та інфрачервоне випромінювання 72
9.6 Загазовність та запиленість 73
9.7 Електробезпека в лабораторії 74
9.8 Пожежна безпека 75
Висновки 77
Conclusions 78
Перелік посилань 79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕШП - електрошлаковий переплав;

ЕШТП - електрошлакова тигельна плавка;

ЕКЛ - електрошлакове кокільне лиття;

ЕОМ - електронна обчислювальна машина;

E - місткість тигля, $кг$;

t_{Me} - температура металу, $°C$;

$t_{пл}$ - температура плавлення, $°C$;

$\Delta t_{пер}$ - температура перегрівання металу, $°C$;

$\gamma_{р.Me}$ - густина рідкого металу, $\frac{т}{м^3}$;

$\overline{C}_{сер}$ - середня теплоємність металу в інтервалі $(0 - t_{пл})$, $\frac{МДж}{т \cdot К}$;

$C_р$ - теплоємність рідкого металу, $\frac{МДж}{т \cdot К}$;

$q_{пл}$ - прихована теплота плавлення, $\frac{МДж}{т}$;

$\sigma_в$ - межа міцності при розриванні, $МПа$;

δ - відносне подовження, $\%$;

$\gamma_{р.Шл}$ - густина рідкого шлаку, $\frac{т}{м^3}$;

V - об'єм, $м^3$;

M - маса, $кг$;

D, d - діаметр, $м$;

$a_Т$ - сторона квадрата плавильного простору тигля, $м$;

λ - коефіцієнт теплопровідності, $\frac{Вт}{м \cdot К}$;

Δ - зазор між електродом та стінкою тигля, $м$;

H, h - висота, $м$;

L, l - довжина, $м$;

$P_{кор}$ - корисна потужність, $кВт$;

q - питома теплота фазових переходів першого роду, $\frac{кДж}{кг}$;

Q - теплові втрати, $кВт$;

F - площа, $м^2$;

R - термічний опір, $\frac{К}{Вт}$;

α - коефіцієнт тепловіддачі, $\frac{Вт}{м^2}$;

$\tau_{пл}$ - час плавки, $год$;

$R_{Шл}$ - електричний опір шлакової ванни, $мОм$;

ρ - питомий електроопір шлаку, $мОм \cdot м$;

η_T - тепловий ККД печі, $\%$;

$\eta_{ел}$ - електричний ККД печі, $\%$;

η - загальний ККД печі, $\%$;

$W_{пит}$ - питома витрата електроенергії, $\frac{кВт \cdot год}{т}$.

ВСТУП

Звичайні методи виробництва легованих сталей та сплавів, навіть при суттєвому їх вдосконаленні, в багатьох випадках вже не можуть забезпечити рівень якості металу, який відповідатиме вимогам, висунутими новітніми галузями техніки.

Частково ця проблема була розв’язана з появою в металургійній промисловості принципово нових способів отримання виробів. До таких способів можна віднести також і електрошлакове кокільне лиття.

Об’єктом дослідження даної роботи є технологія отримання виливків методом електрошлакового кокільного лиття.

Предметом дослідження роботи є розрахунок параметрів устаткування, необхідного для виготовлення виливків методом електрошлакового кокільного лиття.

Мета дипломної роботи полягає в розробці технології отримання деталі «поршень» методом електрошлакового кокільного лиття зі сталі 40Х на установці електрошлакового кокільного лиття типу УШ-165.

В роботі поставлені наступні задачі:

- розрахувати параметри плавильної установки УШ-165;
- розробити технологію виготовлення типового виливка «поршень»;
- розробити заходи по автоматизації технологічного процесу;
- розробити комп’ютерну програму «Час витримки виливка в кокілі»;
- розрахувати планову собівартість одиниці продукції;
- розробити заходи щодо охорони праці та екології при роботі з електрошлаковою установкою УШ-165.

1 ВИЗНАЧЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Актуальність процесу електрошлакового кокільного лиття

Розвиток авіаційної, космічної техніки, ядерної енергетики потребував значного підвищення обсягу виробництва легованих сталей та сплавів, які володіють комплексом спеціальних властивостей, та створення нових металічних матеріалів, здатних працювати в самих різноманітних умовах - від температури, близької до абсолютного нуля, до температури в декілька тисяч градусів; при високих статичних, ударних та вібраційних навантаженнях; під впливом агресивних рідин та газів в умовах вакууму та різких перепадів температури.

Необхідно було не тільки створити нові спеціальні сталі та сплави, але й забезпечити їм якість з метою підвищення надійності та довговічності виробів відповідального призначення.

Звичайні методи виробництва легованих сталей та сплавів, навіть при суттєвому їх вдосконаленні, в багатьох випадках вже не могли забезпечити рівень якості металу щоб відповідав вимогам, висунутими новітніми галузями техніки.

Рішенням цієї задачі стало можливим лише з появою в металургійній промисловості принципово нових способів отримання виробів, а саме способів, які полягали в переплавленні металевих заготовок в звичайних сталеплавильних агрегатах з наступною заливкою рідкого металу в металеві форми. Більш швидке охолодження рідкого металу в металевій формі у порівнянні з піщаними або керамічними формами дозволяє отримувати направлену кристалізацію, в наслідок чого спостерігається подрібнення структури металу і підвищення його фізико-механічних властивостей. Крім цього, сам метал під час проходження через рідку шлакову ванну рафінується від неметалевих включень, газів та інших шкідливих домішок.

1.2 Фактори, які впливають на вибір технологічного процесу

Збільшення та спеціалізація ливарних цехів створили умови для застосування найбільш передових технологічних процесів, найбільш повної та досконалої механізації та організації виробництва.

Перед ливарним виробництвом постає велика економічна задача випускати виливки, які б максимально були наближені за своїми розмірами до готових деталей, тобто з мінімальними припусками на механічну обробку, що призводить до зниження маси литих деталей та маси машин на одиницю їх потужності.

В машинобудуванні широких масштабів використання отримало точне лиття, в тому числі лиття в кокіль, лиття під тиском, відцентрове лиття та інше. При виготовленні виливків з алюмінієвих, хромонікілевих та інших кольорових сплавів найширше застосовується кокільне лиття. Цим методом виготовляють найрізноманітніші виливки в тому числі і такі складні та відповідальні, як, наприклад, блоки циліндрів автомобільних двигунів та ряд інших.

Як наслідок, при впровадженні на деяких заводах кокільного литва підвищилась продуктивність праці, зменшився брак, що призвело до зниження собівартості виливка на 20-25%. Виготовлення кокіля виходить набагато дорожчим, аніж виготовлення піщано-глиняної форми. Через це одиничне кокільне лиття застосовується дуже рідко, в випадку великої партії, коли вартість кокіля поширюється на велику кількість виливок, цей метод лиття є економічно вигідним.

В порівнянні з іншими видами спеціального лиття кокільне лиття являється найбільш простим: не потребує установки додаткового устаткування (відцентрової машини, вакуумної установки і таке інше), менш енергоємкісне. А сам метод електрошлакового переплаву дає можливість отримувати добре рафінований метал, який в свою чергу добре захищений рідким шлаком від контакту з газами атмосфери. Інші методи переплаву теж дають не менш якісні

виливки, проте використання електрошлакового методу отримання деталей є найбільш простим та економічно вигідним.

2 СУТНІСТЬ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО КОКІЛЬНОГО ЛИТТЯ

Ще декілька років тому вважалось, що методом електрошлакового кокільного лиття можна виготовляти вироби масою не менше 5 кг. Однак багато деталей машин легкої промисловості виготовляються масою до 5 кг.

Кокіль – металева форма. Лиття у кокіль – процес виробництва виливків у стаціонарній металевій формі, яка заповнюється рідким металом під дією гравітаційних сил. По конструкції технологічних параметрів, кокіль – це ливарна форма, яка бере участь у формуванні конфігурації і властивостей виливка.

Класифікація кокілів:

1) по масі:

- дрібні (до 100 кг);
- великогабаритні (понад 100 кг);

2) по конфігурації в залежності від групи складності;

3) по конструктивним особливостям;

4) по числу гнізд.

В залежності від способу охолодження кокілі можуть бути:

1) з повітряним охолодженням;

2) з рідинним охолодженням;

3) з комбінованим охолодженням.

При ЕКЛ ливарну форму виносять за межі плавильної установки, однак заповнення і затвердіння в ній металу відбувається під шаром шлаку, який брав участь у процесі плавки. Шлак при ЕКЛ виконує ті самі функції, що і при електрошлаковому переплаві заготовок, тобто є джерелом теплоти, рафінуючим середовищем при плавці, захисним середовищем металу від його взаємодії з матеріалом форми, атмосферою, а також сприяє напрямленій кристалізації відливка. Все це дає змогу одержувати методом ЕКЛ литі високоякісні деталі.

На рис. 2.1 представлена типова схема електрошлакового кокільного литва.

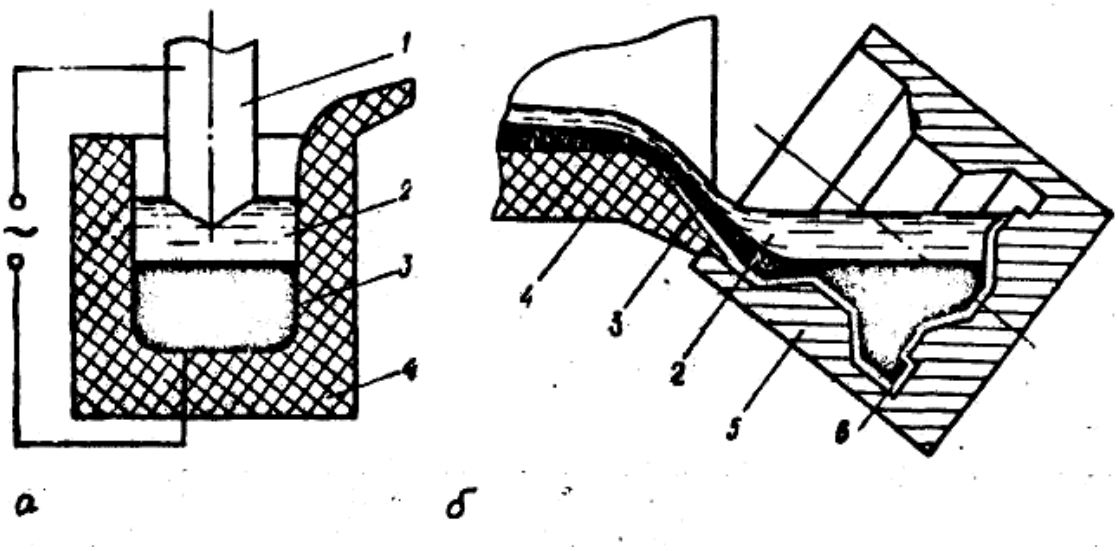

Рисунок 2.1 Схема електрошлакового кокільного литва: 1 - електрод; 2 - шлакова ванна; 3 - металічна ванна; 4 - тигель; 5 - кокіль; 6 - гарнісаж

При електрошлаковому кокільному литті розділенню металу і шлаку в ливарній формі сприяє висока температура та рідкотекучість шлаку.

Основна різниця між електрошлаковим кокільним литвом і електрошлаковим переплавом полягає в тому, що метал накопичується в футерованій основним вогнетривом ємкості і при цьому знімається заборона залежності глибини металічної ванни по осі відливка від його радіусу:

$$\frac{h}{R} \leq 0{,}8...1{,}2 \qquad (2.1)$$

де h - глибина металічної ванни по осі зливка, мм;

R - радіус зливка, мм.

Добру стійкість в умовах електрошлакового переплаву мають магнезитові та хромомагнезитові матеріали вищої вогнетривкості. В окремому випадку встановлено, що після першої плавки на поверхні магнезитового вогнетриву

виникає щільний термостійкий шар, який складається із сплавлених зерен периклазу, обрамованих тугоплавкими алюмінатами CaO, Al_2O_3 і $5 \cdot CaO \cdot Al_2O_3$, який надалі не підвладні сколам, розшаруванням і тільки частково підплавляється шлаком.

Електрошлакове кокільне лиття виконують за такими схемами:

1) Із закріпленням кокілю на носку тигля, і з сумісним їх обертом при зливанні металу.

2) З встановленням кокілю на носку тигля в горизонтальному положенні на шарнірах.

3) Із стаціонарно встановленим кокілем і заливанням металу в кокіль через проміжний жолоб.

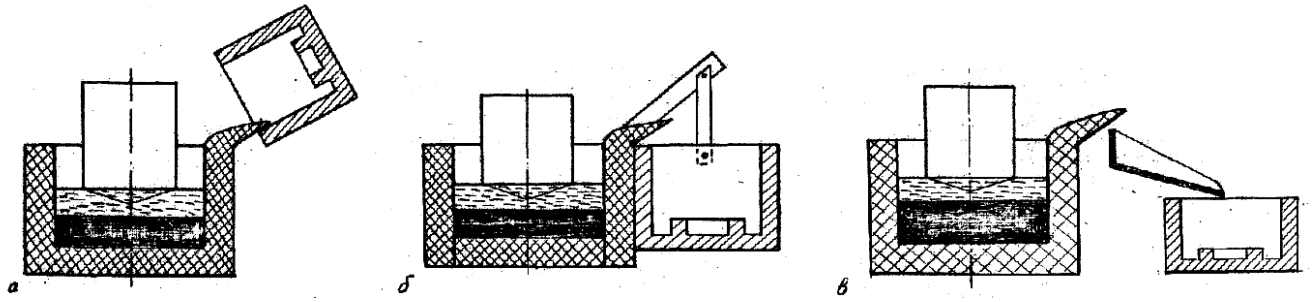

Рисунок 2.2 Схеми електрошлакового кокільного литва: а - із закріпленням кокілю на носку тигля, і з сумісним їх нахилом при зливанні металу; б - з встановленням кокілю на носку тигля в горизонтальному положенні на шарнірах; в - із стаціонарно поставленим кокілем і заливанням металу в кокіль через проміжний жолоб.

Найбільшу перспективу має схема з заливанням металу зі стаціонарно встановленим кокілем, оскільки дозволяє збільшити номенклатуру відливків, що виробляються методом електрошлакового кокільного литва.

Використання методу, при якому розплав (метал зі шлаком) переливають з тигля в закріплений на ньому кокіль шляхом їх спільного повороту відносно горизонтальної осі заливки знижує кінетичну енергію струменю, дає можливість

шлаку першим потрапити на поверхню стінки кокілю, утворити на ній шар шлакового гарнісажу, який, виконуючи роль захисного покриття, попереджує контакт металу з матеріалом форми.

В більшості процесів лиття рідкий метал заливають зверху в нерухому форму. При заливці металу зі шлаком в нерухомий кокіль в ньому утворюється шлако-металічна емульсія, що може призвести до потрапляння частинок шлаку до тіла виливки. Крім того, метал може пробити тонку кірку гарнісажу і приваритися до дня тигля, що неприпустимо.

Тому для електрошлакового кокільного литва були розроблені дві основні схеми заливки, що забезпечують плавне переливання розплаву з тигля в кокіль:

- «струмкова»;
- «безструмкова».

При «струмковій» схемі заливання ливарну форму жорстко закріплюють на носику тигля до початку плавки так, щоб її стінка була продовженням жолоба для розливання на носику. Розливка проводиться поворотом плавильного тигля разом з формою до встановлення останньої в горизонтальне положення. Такий метод заливки потребує ретельного підбору швидкості заливки. Діапазон оптимальних швидкостей (швидкість повороту тигля) знаходиться в межах 0,5-2,5 пов/хв. При дуже малих швидкостях повороту тигля (менше ніж 0,5 пов/хв) першим у форму зливається практично увесь шлак, залишаючи рідкий метал незахищеним.

Якщо швидкість повороту перевищує 2,5 пов/хв., метал утворює інтенсивні вихрові потоки, які захоплюють шлак, активно перемішуючи його з металом і створюючи умови для утворення в виливці шлакових включень. При вказаній вище оптимальній швидкості повороту тигля частина шлаку, що надходить першим, вкриває тонким шаром гарнісажу поверхню стінок ливарної форми, а слідом за першою порцією шлаку тече струмінь металу, вкритий ламінарним потоком шлаку. Метал потрапляючи у ливарну форму, витісняє більш легкий шлак в її верхню частину. Шлак по мірі переміщення знизу догори вкриває стінки

ливарної форми шаром гарнісажу. Основна частина шлаку концентрується в верхній частині форми і зігріває виливок в процесі кристалізації.

Недоліки схеми заливки металу через розливочний носик майже повністю зникають при використанні другої схеми заливки – «безструмкової». Механізм для здійснення цієї схеми складається з жорстко з'єднаних між собою плавильного тигля і форми для литва. Остання встановлюється на тигель після закінчення плавки в таке положення, при якому стінка форми є продовженням зливної стінки тигля. В цьому випадку при розливці плавильний тигель і форма повертається навколо горизонтальної вісі на 180°, ніби повертаючись навколо рідкого розплаву , який залишається в вихідному горизонтальному положенні.

Розливка за описаною вище схемою може здійснюватися з більшою ніж 2,5 об/хв. швидкістю. Це в свою чергу дозволяє зберегти більшу рідкотекучість шлаку та металу до закінчення розливу, покращити поверхню виливок та підвищити точність литва.

Основні переваги ЕКЛ полягають в наступному:

- можливість багаторазового використання кокілю;
- економія формовочних матеріалів;
- покращені умови праці;
- висока точність і стабільність розмірів виливка;
- висока якість металу виливка , яка є наслідком високої теплопровідності форми і великої швидкості кристалізації металу;
- підвищення коефіцієнта використання металу:

$$КВМ = \frac{Q_{дет}}{Q_{виливка}}, \qquad (2.2)$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі, кг;

$Q_{виливка}$ – маса виливка, кг.

Основними недоліками ЕКЛ є:

- складність оснащення , висока його ціна;

- складність виготовлення виливків з мінімальною товщиною стінки виливка;

- відсутність газопроникності і піддатливості ливарної форми.

Електрошлаковий процес може починатися як на рідкому, так і на твердому старті. Рідкий старт потребує додаткового плавильного устаткування для розплавлення та нагрівання шлаку і подальшого його заливання в плавильний тигель електрошлакової печі.

Твердий старт полягає в тому, що початок процесу і наплавлення мінімальної металевої і шлакової ванни ведуть в дуговому режимі з подальшим його переведенням в електрошлаковий.

Режими плавки вибирають у кожному конкретному випадку з урахуванням марки сплаву, типу флюсу й періодичності роботи печі. Перегрівання металу перед заливкою у форму повинно бути на 40...50 °С вищим за температуру ліквідус. Шлак перед розливанням розігрівають до температури, яка на 100...200°С більша за температуру металу, для чого в кінці плавки підвищують напругу або переходять на роботу з невитратним електродом.

3 РОЗРАХУНОК ПЛАВИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ УШ-165

3.1 Розрахунок параметрів процесу

Вихідними даними для розрахунку плавильної установки будуть:

- маса рідкого металу в тиглі 250 кг.;
- марка металу, що виплавляється (сталь 40Х, табл. 3.1);
- густина твердого металу, що виплавляється ($\gamma = 7850$ кг/ м^3);
- густина рідкого металу, що виплавляється ($\gamma_{ме.р}$=7230кг/м^3);
- марка флюсу, який використовується в процесі плавки (АН-295, табл. 3.2).

Таблиця 3.1 Хімічний склад сталі 40Х

Марка сталі	Хімічний склад, %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Mb
40Х	0,44	0,37	0,8	0,3	0,035	0,035	1,1	0,3	0,2

Таблиця 3.2 Хімічний склад та властивості шлаку АН-295

Марка шлаку	Склад, %					Властивості	
	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	CaF_2	$\gamma_{шл.ж,}$ кг/м^3	$\rho \cdot 10^3, Ом \cdot м$
АН-295	50	30	0.4	5.0	15	2800	25

3.1.1 Розрахунок температурних умов процесу

Температуру початку плавлення (T_c) обчислюють з урахуванням хімічного складу сталі [3]:

$$T_c = T_{пл} - \sum\{(T_c)_i \cdot [n]\}, \quad K \qquad (3.1)$$

де $(T_c)_i$ – питоме (на 1% вмісту елементу) зниження температури плавлення чистого заліза (1812 К).

$$T_c = 1812 - \{[410 \cdot 0,1 + 186,4(0,44 - 0,11)] + 4 \cdot 0,75 + 18,6 \cdot 0,37 + 6,5 \cdot 0,3 + 20 \cdot 0,8 + 940 \cdot 0,035 + 184 \cdot 0,035 + 8,9 \cdot 0,3 \} = 1640 \quad K$$

Розрахуємо температуру кінця плавлення ($T_л$), яку обчислюють за формулою[3]:

$$T_л = T_{пл} - \sum \{(T_л)_i \cdot [n]\}, \quad K \tag{3.2}$$

$$T_л = 1812 - \{80,4 \cdot 0,44 + 1,4 \cdot 1,1 + 13,6 \cdot 0,37 + 4 \cdot 0,8 + 3,5 \cdot 0,3 + 34 \cdot 0,035 + 34 \cdot 0,035 + 4,3 \cdot 0,3 \} = 1762 \quad K$$

Температура поверхні ванни рідкого металу:

$$T_{пов} = 1,1 \cdot T_л \quad K \tag{3.3}$$

де 1.1 – величина перегрівання

$$T_{пов} = 1,1 \cdot 1762 = 1938 \quad K$$

3.1.2 Обчислення корисної потужності переплаву

Корисна потужність переплаву разом із потужністю теплових втрат складає загальну потужність агрегату.

Корисна потужність($P_{кор}$) витрачається на нагрівання металу до температури плавлення ($T_{пл}$), його перегрівання($\Delta T_{пер}=T_{пов}-T_{пл}$) і складає:

$$P_{кор} = [C_{тв}(T_{пл} - T_{п}) + q + C_{р} + \Delta T_{пер}] \cdot M_{пл}, \text{ кВт} \quad (3.4)$$

де $T_{п}$ – початкова температура металічної шихти, К;

$C_{тв}$ – середня теплоємність твердого металу в інтервалі температур ($T_{п}$ – $T_{пл}$), кДж/(кг·К);

q - питома теплота фазових переходів першого роду, кДж/кг;

$C_{р}$ – теплоємність рідкого металу, кДж/(кг·К);

$M_{пл}$ – маса рідкого металу, кг.

Середня питома теплоємність $C_{тв}$ для сталей різного хімічного складу становить для хромонікелевих сталей 0,55 – 0,65 МДж/(т·К).

Питома теплота (q) всіх фазових переходів при нагріванні та плавленні становіть, для сталей різного хімічного складу – 240 – 285 МДж/т.

Середня теплоємність рідкого металу ($C_{р}$) для сталей в залежноті від хімічного складу становить 0,65 – 0,85 МДж/(кг·К).

$$\Delta T_{пер}=1938-1762=176 \text{ К}$$

$$P_{кор}=(0,6\cdot(1762-297)+270+0.75\cdot 176)\cdot 0,27=345,87 \text{ кВт·год/т}$$

3.2 Визначення геометричних розмірів робочого простору

При заданій місткості необхідний об’єм металічної ванни ($V_{в.ме}$) визначається по масі рідкого металу:

$$Vм.в = \frac{Мж.м}{\gamma ме.ж}, \text{ м}^3 \quad (3.4)$$

де Мж.м- маса рідкого металу;

$$Vм.в = \frac{250}{7230} = 0,0346 м^3$$

Кратність шлаку ($k_{шл}$) при ЕШТП складає для металу масою (150...300) кг – (0,15-0,18) маси рідкого металу ($M_{ме.ж}$) [1], тобто маса шлаку буде складати:

$$Мшл = k_{шл} \cdot Мж.м, т \qquad (3.5)$$

$M_{шл}$=0,15·0,250=0,037 т

Оптимальний коефіцієнт заповнення тигля ($k_{з.т}$) знаходиться в межах (0,4 – 0,6), тобто при $k_{з.т.}$=0,5:

$$K_{з.т} = \sqrt{\frac{F_{ел}}{F_m}} = 0.886 \frac{d_{ел}}{a_m}, \qquad (3.6)$$

де a_m - сторона квадрата плавильного простору тигля

$$K_{з.т}{}^2 = \frac{F_{ел}}{F_м} \quad , м \qquad (3.7)$$

де $F_{ел}$ - площа перетину електроду, яка дорівнює

$F_{ел}$=0,18·0,18=0,0324 м^2

$$F_m = \frac{F_{ел}}{K^2{}_{з.т}} = \frac{0,0324}{0,25} = 0,13 м^2$$

Тоді сторона квадрату тигля буде дорівнювати:

$$a_m = \sqrt{F_m} = 0.36 м$$

Зазор між електродом та стінкою тигля складає:

$$\Delta = \frac{a_m - d_{ел}}{2}, м \tag{3.8}$$

$$\Delta = \frac{0,36 - 0,18}{2} = 0,09 м$$

Для реалізації бездугового процесу електрошлакової технології [2] висота шлакової ванни повинна дорівнювати:

$$h_{шл} = (0,9..1,0) \cdot d_{ел}, м \tag{3.9}$$

$$h_{шл} = 0,9 \cdot 0,18 = 0,16 м$$

Занурення електрода в шлакову ванну:

$$h_{шл-ел} = (0.4...0.5) d_{ел}, м \tag{3.10}$$

$$h_{шл-ел} = 0,45 \cdot 0,18 = 0,08 м$$

Відповідно, об’єм шлакової ванни при даних умовах (без електроду) повинен дорівнювати:

$$V_{шл.в} = F_m \cdot h_{шл}, м^3 \tag{3.11}$$

$$V_{шл.в} = 0,13 \cdot 0,16 = 0,021 м^3$$

і маса шлаку буде складати:

$$M_{шл} = V_{шл.в} \cdot \gamma_{шл.ж}, кг \tag{3.12}$$

де $\gamma_{шл.ж}$-густина рідкого шлаку, $\gamma_{шл.ж}$ =2470 кг/м^3;

$$M_{шл} = 0,021 \cdot 0,2470 = 0,052т$$

Об'єм шлакової ванни з зануреним електродом буде складати:

$$V_{шл-ел} = V_{шл} + h_{шл-ел} \cdot F_{ел}, м^3 \quad (3.13)$$

$$V_{шл-ел} = 0,021 + 0,08 \cdot 0,0324 = 0.024 м^3$$

Висота шлакової ванни складатиме:

$$H_{шл-ел} = \frac{V_{шл-ел}}{F_m}, м \quad (3.14)$$

$$H_{шл-ел} = \frac{0.024}{0.13} = 0.18 м$$

Висота металу в тиглі складатиме:

$$H_{ме-т} = \frac{V_{ме}}{F_m}, м \quad (3.15)$$

$$H_{ме-т} = \frac{0.0346}{0.13} = 0.266 м$$

Відношення висоти плавильного простору ($H_{пл}$) до приведеного діаметру основи тигля (D_0) складає:

$$\frac{H_{пл}}{D_0} = 1,08 \quad (3.16)$$

де $D_0 = \sqrt{\frac{4F_{осн}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.13}{3.14}} = 0.41 м$ (3.17)

Таким чином, отримані дані по висоті плавильного простору тигля ($H_{шл-ме} + H_{ме-т} = 0.446$) узгоджуються з рекомендаціями.

Висота робочого простору тигля:

$$H_т = (1.2....1.3) \cdot (H_{шл-ме} + H_{ме-т}) \tag{3.18}$$

$$H_т = 1,2 \cdot 0,446 = 0,53 м$$

Довжина частини витратного електроду, що оплавляється:

$$l_{ел} = \frac{4E}{\pi d^2{}_{ел} * \gamma_{ме.тв}}, м \tag{3.19}$$

$$l_{ел} = \frac{1,27 \cdot 250}{0,18^2 \cdot 7860} = 1,25 м$$

Необхідна загальна довжина електроду з урахуванням довжини огарка ($l_{ог}$) складатиме:

$$L_{ел} = l_{ог} + l_{ел}, м \tag{3.20}$$

де $l_{ог}$=(0.4….0.6) м, обираємо $l_{ог}$=0.5м

$$L_{ел} = 0,5 + 1,25 = 1,75 м$$

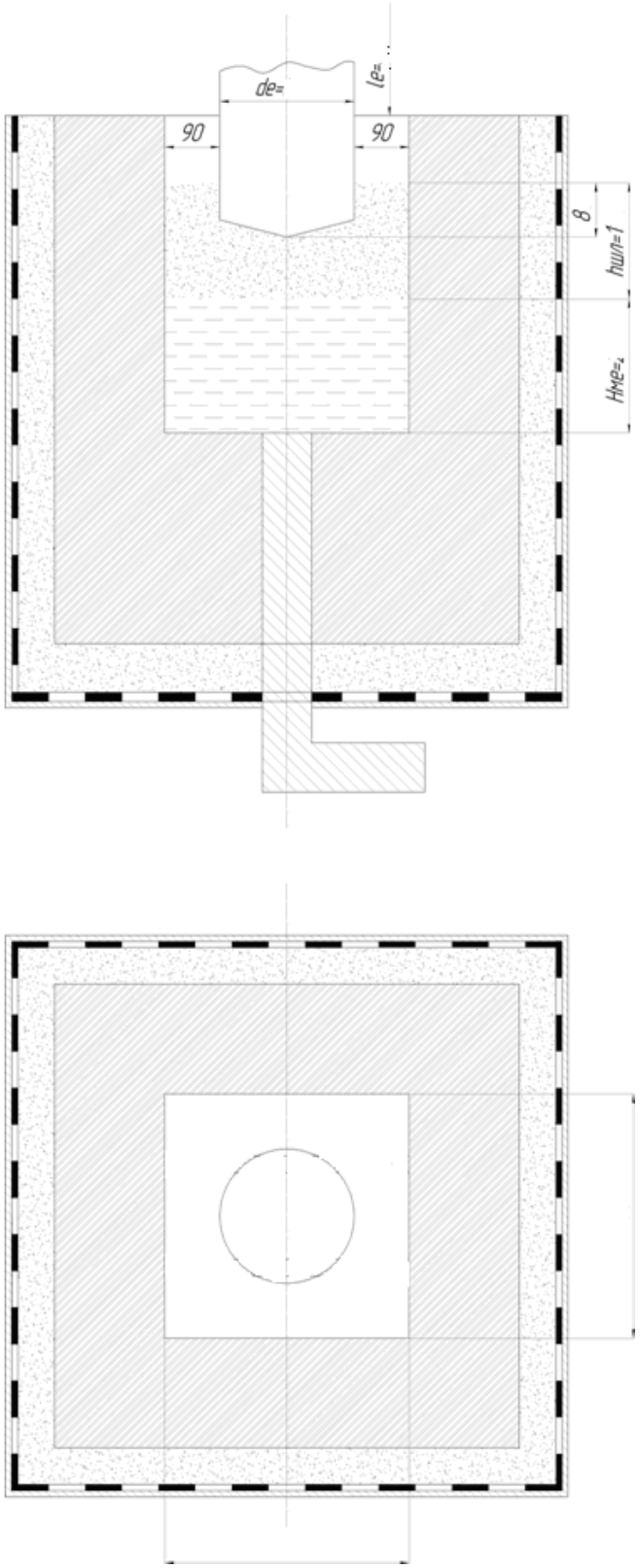

Рисунок 3.1 Ескіз робочого простору печі (тигля)

3.3 Розрахунок теплових втрат

3.3.1 Вибір футерівки тигля

В табл. 3.1 наведені параметри футерівки тигля.

Таблиця 3.1 Футерівка тигля

Матеріал	Елемент футерівки	Товщина шару, м	Щільність, кг/м^3	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
Хромомагнезит	стінки	0.115	2900-3150	2.035-3.84·10^{-4}t
	подина	0.230		
Діатоміт (порошок)	стінки	0.08	400	0.1+2.33·10^{-4}t
	подина	0.08		
Азбест (картон)	стінки	0.01	1200	0.016+0.14·10^{-3}t
	подина	0.01		

Втрати через бічні стінки тигля:

$$Q_{фут} = \frac{t_{вн} - t_{зов}}{\frac{1}{a_{вн} * F_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i * F_i} + \frac{1}{a_{ср} * F_{кож}}}, \text{ кВт} \qquad (3.21)$$

де $t_{вн}$ і $t_{зов}$- температури поверхні рідкого металу та навколишнього середовища, ^{0}С;

F_1, $F_{кож}$- внутрішня та зовнішня поверхня кладки, м^2;

F_i - середня поверхня відповідного слою, м^2;

$a_{вн}$,$a_{ср}$ - коефіцієнти тепловіддачі, Вт/(м^2·К);

λ_i - коефіцієнт теплопровідності слою кладки, Вт/(м·К);

3.3.2 Втрати тепла через футерівку тигля

Схема теплопередачі через футерівку тигля наведена на рис. 3.2.

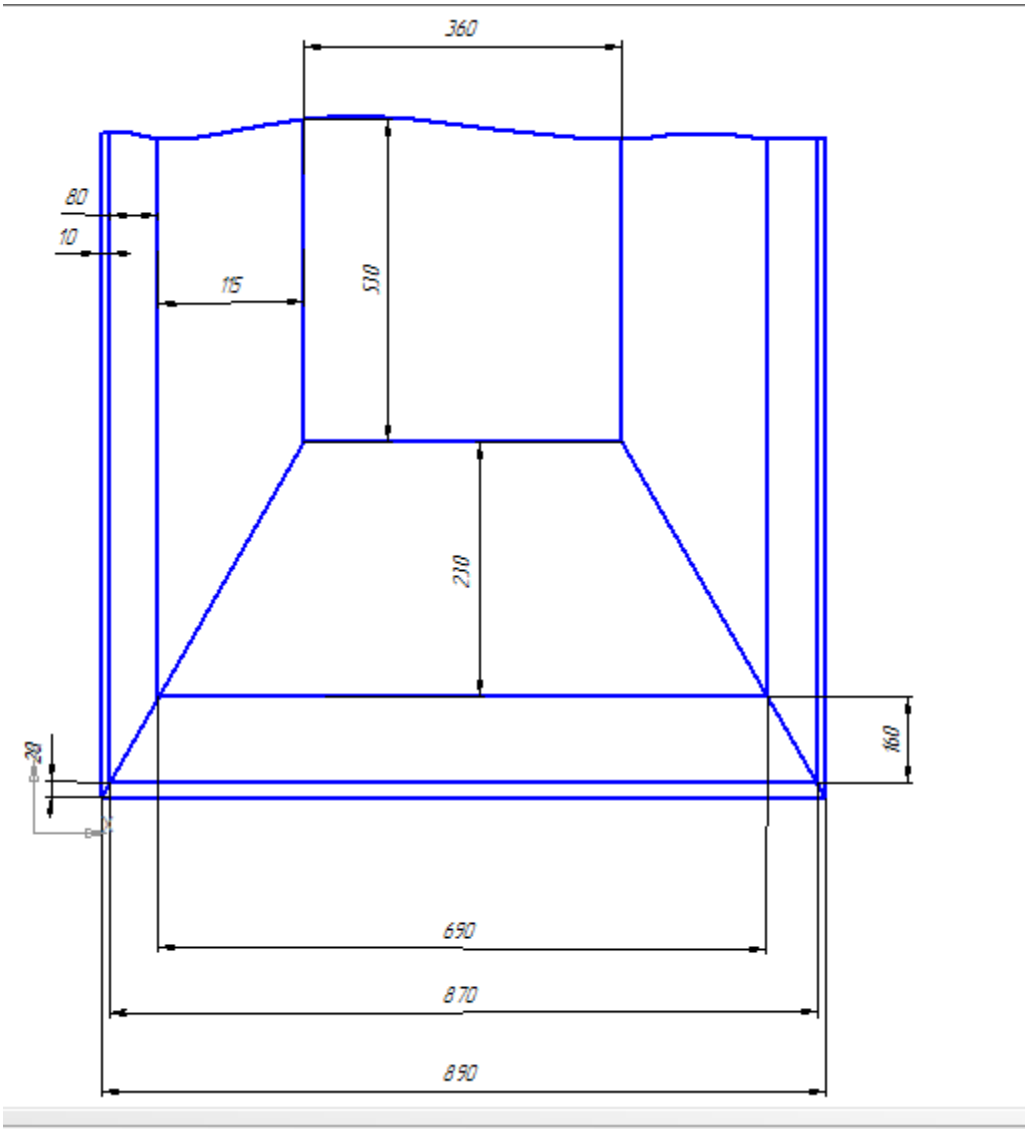

Рисунок 3.2 Схема теплопередачі через футерівку тигля

Розраховуємо площі для кожного слою кладки печі та їх середні значення:

$$F_1=0,36\cdot0,41=0,14\ м^2$$

$$F_2=(0.36+0.115)\cdot0.41=0.19\ м^2$$

$$F_3=(0.36+0.115+0.08)\cdot0.41=0.23\ м^2$$

$$F_4=(0.36+0.115+0.08+0.01)\cdot0.41=0.25\ м^2$$

$$F_{кож}=(0.36+0.115+0.08+0.01+0.05)\cdot0.41=0.25\ м^2$$

$F_{1ср}=(F_1+F_2)/2=0.17$ м^2;

$F_{2ср}=(F_3+F_2)/2=0.21$ м^2;

$F_{3ср}=(F_4+F_3)/2=0.24$ м^2;

$F_{4ср}=(F_{кож}+F_4)/2=0.25$ м^2.

При перегріванні металу на 150-200 ^{0}С коефіцієнт тепловіддачі металу до стінки визначаємо по формулі:

$$a_{ме-т} = a_{вн} = \frac{2,9 \cdot 10^5}{\Delta t}, Вт/(м^2 * К) \qquad (3.22)$$

де $\Delta t = t_{ме.ж} - t_{пл}$ - температура перегрівання металу над його температурою плавлення, ^{0}С;

$$a_{вн} = \frac{2,9 \cdot 10^5}{176} = 1,647 * 10^3 \, Вт/(м^2 * К)$$

Значення коефіцієнтів теплопровідності обираємо по середній температурі слою, для цього задаємося попереднім розподілом температур на межах шарів,^{0}С:

$t_{вн}=1762^0$С; $t_{1-2}=1450^0$С; $t_{2-3}=600^0$С; $t_{3-4}=60^0$С;. $t_{зов}=20^0$С.

Оцінюємо температури середини кожного шару футерівки:

$$t_1 = \frac{1762 + 1450}{2} = 1606^0 C$$

$$t_2 = \frac{1450 + 600}{2} = 1025^0 C$$

$$t_3 = \frac{600 + 60}{2} = 330^0 C$$

Виходячи із значення цих температур визначаємо коефіцієнт теплового опору(1/λ) при середніх температурах відповідного матеріалу шару футерівки стінок:

λ_1=3,78 (м·К)/Вт;

λ_2=0,387 (м·К)/Вт;

λ_3=0,108 (м·К)/Вт.

Одже тепловий потік через стіни футерівки складатиме:

$$Q_{фут} = \frac{1762-20}{\frac{1}{1,647\cdot 10^3\cdot 0,15}+\frac{0,115}{0,17}\cdot 3,78+\frac{0,08}{0,21}\cdot 0,387+\frac{0,01}{0,24}\cdot 0,108+\frac{0,05}{0,25\cdot 12,13}} = 632Вт =$$

$$= 0,632кВт$$

Враховуючи втрати через шви футерівки (20%) тепловий потік через подину складатиме:

$$Q_{ст} = 1,2\cdot Q_{фут}, кВт \qquad (3.23)$$

$$Q_{ст} = 1,2\cdot 0,632 = 0,76кВт$$

Втрати через подину тигля :

$$Q_{под} = \frac{t_{вн}-t_{зов}}{\frac{1}{a_{вн}*F_1}+\sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i*F_i}+\frac{1}{a_{ср}*F_{кож}}}, \text{ кВт} \qquad (3.24)$$

де $t_{вн}$ і $t_{зов}$- температури поверхні рідкого металу та навколишнього середовища, ^{0}С;

F_1, $F_{кож}$- внутрішня та зовнішня поверхня кладки, м^2;

F_i- середня поверхня відповідного слою, м^2;

$\lambda_{вн}$, $\lambda_{ср}$- коефіцієнти тепловіддачі, Вт/(м^2·К);

λ_i- коефіцієнт теплопровідності слою кладки, Вт/(м·К).

Розраховуємо площі для кожного слою кладки печі та їх середні значення:

$$F_1=0{,}36\cdot0{,}36=0{,}13\ м^2$$

$$F_2=(0{,}36+0{,}23)^2=0{,}35\ м^2$$

$$F_3=(0{,}36+0{,}23+0{,}16)^2=0{,}56 м^2$$

$$F_4=(0{,}36+0{,}23+0{,}16+0{,}02)^2=0{,}59\ м^2$$

$$F_{кож}=(0{,}36+0{,}23+0{,}16+0{,}02+0{,}1)^2=0{,}75\ м^2$$

$$F_{1ср}=(F_1+F_2)/2=0{,}21\ м^2;$$

$$F_{2ср}=(F_3+F_2)/2=0{,}45\ м^2;$$

$$F_{3ср}=(F_4+F_3)/2=0{,}58\ м^2;$$

$$F_{4ср}=(F_{кож}+F_4)/2=0{,}67\ м^2$$

Значення коефіцієнтів теплопровідності обираємо по середній температурі слою, для цього задаємося попереднім розподілом температур на межах шарів,^{0}С:

$$t_{вн}=1762^0C;\ t_{1-2}=1000^0C;\ t_{2-3}=180^0C;\ t_{3-4}=30^0C;\ t_{зов}=20^0C.$$

Оцінюємо температури середини кожного шару футерівки:

$$t_1=\frac{1762+1000}{2}=1381^0C$$

$$t_2=\frac{1000+180}{2}=590^0C$$

$$t_3=\frac{180+40}{2}=110^0C$$

Виходячи із значення цих температур визначаємо коефіцієнт теплового опору(1/λ) при середніх температурах відповідного матеріалу шару футерівки поду:

$1/\lambda_1$=0.67 (м·К)/Вт;

$1/\lambda_2$=4.2 (м·К)/Вт;

$1/\lambda_3$=8.3 (м·К)/Вт;

Одже тепловий потік через подину складатиме:

$$Q_{под} = \frac{1762-20}{\frac{1}{1,63\cdot 10^3\cdot 0,13}+\frac{0,230}{0,21}\cdot 0,67+\frac{0,08}{0,45}\cdot 4,2+\frac{0,01}{0,58}\cdot 8,3+\frac{0,05}{0,75\cdot 11,6}} = 1031 Вт$$

$$1,031 = кВт$$

Враховуючи втрати через шви футерівки (20%) тепловий потік через подину складатиме:

$$Q_{под} = 1.2 * Q_{под}, кВт \quad (3.25)$$

$$Q_{под} = 1.2 * 1.031 = 1.24 кВт$$

Таким чином, сумарні теплові втрати через футерівку тигля складають:

$$Q_{тиг} = Q_{под} + Q_{ст,} кВт \quad (3.26)$$

$$Q_{тиг} = 1,24 + 0,632 = 1,872 кВт$$

3.3.3 Втрати тепла випромінюванням

Потік випромінюванням ($Q_{изл}$) частково випромінюється на електрод, тим самим збільшуючи його температуру поблизу шлакової ванни, а частково губиться через радіальний зазор між тиглем та електродом, епловипромінювальна поверхня котрого складає:

$$F_{т.изл.пов} = (F_{тигля} - F_{ел.}) \quad (3.27)$$

$$F_{т.изл.пов} = 0.13 - 0.0324 = 0.0976 м^2$$

Згідно умовам ЕШТП температура поверхні шлакової ванни, в залежності від складу шлаку приймається на 170-200^{0}С вище температури плавлення метала, а ступінь чорноти рідкого шлаку $\varepsilon_{шл} = 0.7$

$$Q_{изл} = C_0 * \varepsilon_{шл} * \left(\frac{T_{шл}}{100}\right)^4 * F_{т.изл.пов}, кВт \quad (3.28)$$

де C_0-коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, C_0=5.67 т/(м$^{2\cdot}$К^4); $T_{шл}$-температура шлакової ванни, ^{0}С.

$$Q_{изл} = 5,67 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{1938}{100}\right)^4 \cdot 0,0976 = 54,64 кВт$$

Виходячи з отриманих даних, потужність яку потрібно виділити в шлаковій ванні, для даного процесу повинна дорівнювати:

$$P_{шл} = P_{кор} + Q_{тиг} + Q_{изл}, кВт \quad (3.29)$$

$$P_{шл} = 87 + 1,872 + 54,64 = 143,5 кВт$$

3.4 Електричний розрахунок

3.4.1 Визначення електричного опору шлакової ванни

Активний електричний опір шлакової ванни ($R_{шл}$) тигельної плавки, як нелінійного струмоприймача, визначається з урахуванням симплексів геометричних розмірів в залежності від співвідношення ($h_{шл\text{-}ел}/h_{шл}$) та коефіцієнта заповнення тигля ($k_{з.т}$):

$$k_1 = f\left(\frac{h_{шл-ел}}{h_{шл}}\right); \quad k_2 = f(k_{з.т}) = \sqrt{\frac{d_{ел}}{D_{т.екв}}}; \qquad D_{т.екв} = 1.129 * a_т \tag{3.30}$$

$$k_1 = f\left(\frac{0.08}{0.16}\right) = 0.5 \quad k_2 = \sqrt{\frac{0.18}{0.41}} = 0.66 \qquad D_{т.екв} = 1.129 * 0.36 = 0.41$$

Тоді шуканий активний електричний опір шлакової ванни дорівнює:

$$R_{шл} = k_1 * k_2 * \frac{\rho}{D_{т.екв}}, МОм \tag{3.31}$$

де ρ - питомий електроопір шлаку, мОм.

$$R_{шл} = 0.5 * 0.66 * \frac{4}{0.41} = 3.2 МОм$$

3.4.2 Розрахунок електричних параметрів

Робочий струм печі складає:

$$I_{шл} = \sqrt{\frac{P_{шл}}{R_{шл}}}, \ кА \tag{3.32}$$

$$I_{шл} = \sqrt{\frac{156.7}{3.2}} = 6.99\ кА$$

Напруга на шлаковій ванні складає:

$$U_{шл} = I_{шл} \cdot R_{шл}\ ,\ \ В \qquad (3.33)$$

$$U_{шл} = 6.99 \cdot 3.2 = 22.3\ \ В$$

3.5 Розрахунок подового електрода

$$F_{п.ел} = \frac{I_{\max}}{j}, м^2 \qquad (3.34)$$

де, $j = 2,0 \cdot 10^6\ А / м^2$

$$F_{п.ел} = \frac{6.99}{2.0 * 10^6} = 0.003495 м^2$$

а його діаметр:

$$d_{п.эл} = 1.13\sqrt{F_{п.эл}}, м \qquad (3.35)$$

$$d_{п.эл} = 1.13\sqrt{0.003495} = 0.06 м$$

4 КОМПЛЕКС ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО КОКІЛЬНОГО ЛИТТЯ УШ-165

4.1 Призначення комплексу

Комплекс УШ-165 кокільного електрошлакового лиття призначений для виготовлення виливків масою до 250 кг методом кокільного електрошлакового лиття із різних сталей та сплавів.

4.2 Склад та будова комплексу

Комплекс включає наступні основні складові частини та складальні частини:

- піч ЕШП;
- кантувач;
- платформа;
- пульт керування.

Комплекс складається з установки електрошлакового переплаву, яка подає електрод у плавильний простір тигля, встановленого на кантувачі. Установка електрошлакового переплаву за допомогою струмоведучих кабелів з’єднана з джерелом живлення (пічним трансформатором).

4.3 Електрошлакова установка

Основним несучим елементом установки є вертикальна колона, що являє собою зварну металоконструкцію, по напрямним якої переміщується каретка.

Колона нижнім фланцем кріпиться до основи, в якій змонтований двокоординатний коректор, а також привід руху каретки та допоміжна апаратура керування, які закриті кожухом.

Переміщення каретки вздовж колони здійснюється ходовим гвинтом, поміщеним всередині колони та з'єднаним з редуктором за допомогою шарнірної муфти. Редуктор, в свою чергу, за допомогою муфти з'єднаний з електродвигуном.

В каретці прифланцьований кронштейн з електродвигуном, обладнаний ручним гвинтовим механізмом затиснення витратного електрода.

Губки електродотримача з'єднуються двома водоохолоджувальними кабелями з виводами силового трансформатора. До колони за допомогою вигнутої труби приєднаний пульт керування, котрий призначений для керування установкою в "місцевому" режимі.

4.4 Кантувач

Кантувач складається з опорної зварної рами, в цапфи котрої встановлюється тигель, котрий складається зі зварного корпусу та електрично-ізольованого від нього піддона, до котрого кріпиться водоохолоджувальні кабелі, що з'єднують піддон з виводами силового трансформатора.

Внутрішня поверхня тигля футерується вогнетривкими матеріалами.

Приводом повороту тигля слугує гвинтова пара. Гайка закріплена на корпусі тигля, а гвинт нижнім кінцем встановлений в шліцевому полому валу редуктора. Редуктор муфтою з'єднаний з електродвигуном постійного струму з широким діапазоном регулювання частоти обертання..

Редуктор та електродвигун закріплені на плиті, що хитається. Кантувач обладнаний системою кінцевих вимикачів та кулачковим механізмом задавача швидкості обертання тигля, розташованого під кожухом.

4.5 Платформа

Платформа являє собою металоконструкцію, оснащеною рейковим шляхом, по котрому за допомогою безкінечних ланцюгів переміщується візок. На візку монтується захисний кожух, котрий закриває виливницю.

Привід складається з редуктора та електродвигуна, з'єднаних між собою муфтою. Платформа обладнана двома кінцевими вимикачами, що визначають граничні положення візка.

4.6 Пульт керування

Пульт являє собою каркас з горизонтальною та вертикальною лицьовими панелями. На вертикальній панелі пульта розташовані контрольно-вимірювальні прилади та сигнальні лампи. Основні технологічні параметри контролюються каналового-цифровими вимірювальними приладами на дві значущі цифри та реєструються самописними вольтметрами.

Для зручності обслуговування передбачений поворот панелі на шарнірах на 90^0 та фіксація у відкритому положенні.

4.7 Гідросистема

Гідросистема призначена для подачі води до об'єктів охолодження, силовим кабелям, губкам електродотримача, днищу тигля.

Гідросистема складається з колектора зі щитом приладів заміру з'єднувальних труб та рукавів. Вода, що поступає на охолодження повинна бути очищена на механічних фільтрах. Регулювання кількості води відбувається за допомогою вентиля колектора.

5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВОГО ВИЛИВКА

5.1 Обґрунтування способу виробництва

5.1.1 Загальна характеристика литої деталі

В даній дипломній роботі представлено розрахунок однієї з типових виливок, що виробляються в цеху електрошлакового кокільного лиття – деталі «поршень». Деталь «поршень» виготовлена зі сталі 40Х (ГОСТ 1050-88). Найбільший зовнішній діаметр - 480 мм. Найменший внутрішній діаметр - 176 мм. Висота - 296 мм. Найбільш поширена товщина стінок - 25 мм. Маса деталі - 95 кг. Відливка виробляється в кількості 6000 шт/рік. Відноситься до дрібного лиття з серійним характером виробництва. Хімічний склад сталі 40Х представлений у табл. 3.1.

5.1.2 Вибір положення форми при заливці та площини роз`єму

Згідно з рекомендацій, виливок слід розташовувати у формі перпендикулярно вісі роз’єму. При цьому в нижній частині форми - найбільш важливішу частину відливки. Необхідно також забезпечити умови послідовного твердіння відливки знизу доверху. Тому відливку розташуємо вертикально. Для покращення ефективності процесу і максимального використання об’єму тигля, в одному кокілі будемо отримувати одразу дві виливки.

5.1.3 Усадка виливка

Величина лінійної усадки для сталі 40Х знаходиться у межах 1,6...2,4 % в залежності від маси відливка. В нашому випадку приймаємо значення лінійної усадки – 1,9 %.

5.1.4 Припуски на механічну обробку та відхилення розмірів і маси

Припуском на механічну обробку називають шар металу виливка, який підлягає усуненню механічним обробленням (сточуванням, фрезеруванням, струганням, шліфуванням, слюсарним обробленням, т. ін.) для досягнення необхідної шорсткості поверхні та точності розмірів деталі, які неможливо забезпечити методом литва. При цьому окремі частини литої поверхні деталі, які у машині чи механізмі не сполучається з поверхнею іншої деталі , можуть мати вільні розміри і шорсткість поверхні, механічно не оброблятися і призначення припусків не потребують.

Припуск на механічне оброблення залежить від металу виливка, характеру виробництва (масове, серійне, одиничне), складності виливка, класу точності і положення виливка у формі.

Можна стверджувати, що припуски на механічну обробку на литво, яке отримується в металічній формі має бути в декілька разів меншими, чим на литво в одноразових (земельних) формах.

Припуски на механічне оброблення виливків призначають відповідно до вимог ГОСТ 26645-85.

ГОСТ 26645-85 встановлює клас точності розмірів і мас виливків від 4 до 12 і ряд припусків від 1 до 4, залежно від способу їх виготовлення і матеріалу (сталь, чавун, кольорові метали), найбільшого габаритного розміру і типу виробництва).

При встановленні припуску на механічне оброблення виливка за кожним його розміром спочатку визначають клас точності розмірів. Клас точності розмірів для кокільного лиття лежить в діапазоні 9 - 13, приймаємо 11.

Обираємо ступінь короблення елементів виливка - ступінь короблення лежить в діапазоні 4 - 7, приймаємо 5.

Обираємо ступінь точності поверхні виливка - ступінь точності поверхні лежить в діапазоні 9 - 14, приймаємо 12.

Встановлюємо клас точності маси, який знаходиться в діапазоні 7 - 14, приймаємо 11.

Обираємо номер ряду припусків на обробку виливка, який знаходиться в діапазоні 4 - 7, приймаємо 6.

Визначаємо допуск розмірів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Припуски та допуски на механічну обробку

Тип сплаву					40Х
Найбільший габаритний розмір, мм					480
Клас розмірної точності					9
Ступінь точності поверхні відливки					9
Шорсткість поверхні, мкм					12,5
Ступінь короблення					3
Ряд припусків на механічну обробку					5
Мінімальний ливарний припуск на сторону, мм					0,6
Номінальний розмір елементу, мм	296	143	∅480	∅384	∅176
Допуск розміру, мм	2,4	2,2	4,0	4,0	2,8
Ступінь коробління	2	4	2	1	2
Допуск форми, мм	0,20	0,24	1,00	0,80	0,24
Загальний допуск, мм	3,2	2,4	5,00	5,00	3,20
Вид обробки	Чн	Чн	НЧ	НЧ	НЧ
Загальний припуск на обробку, мм	2,6	2,2	5,1	5,1	3,6

Враховуючи те, що при заливанні на верхніх поверхнях виливка можуть накопичуватися газові раковини і неметалеві включення, допускається збільшення припуску на механічне оброблення відповідних розмірів до значення, яке відповідає наступному ряду припусків за ГОСТ 26645-85. При цьому розмір бокових і нижніх поверхонь виливка залишається таким самим.

5.2 Конструктивні та технологічні розрахунки

5.2.1 Розрахунок параметрів заливання форми

Використовуючи попередні розрахунки маємо:

- маса деталі Е = 95 кг;
- маса рідкого металлу $М_{р.м}$ = 250 кг;
- маса шлаку $М_{шл}$= 52 кг;
- висота шлакової ванни без електрода $h_{шл}$ = 0.16 м.

Розрахуємо час заливки:

$$T = e \cdot \sqrt[3]{M_в \cdot \delta}, c \qquad (5.1)$$

де е - емпіричний коефіцієнт, S =3 при заливці зверху;

$M_в$ - маса виливка (-ів) з урахуванням шлаку, кг;

δ - середня товщина виливка, м;

$$T = 3 \cdot \sqrt[3]{302 \cdot 140} = 104c$$

5.2.2 Розрахунок товщини стінки форми

Для зменшення ймовірності приварювання поверхні виливки з поверхнею форми, останню перед заливанням необхідно пофарбувати. Фарба має у своєму складі 50 % графіту та 50 % масла. Фарбу треба наносити на усі внутрішні поверхні перед кожним заливанням рідкого металу.

Для виготовлення форми будемо використовувати відходи власного виробництва, тобто сталь 45Л.

Для визначення товщини стінок форми використаємо відповідну номограму [18]. При товщині стінок 50...80 мм та односторонньому охолодженні, для матеріалу форми - сталі, товщина стінок повинна бути не менше 60...90 мм. Приймаємо мінімальну товщину стінки форми 60 мм. Така товщина стінок забезпечить охолодження металу відливки до заданої температури без використання примусового охолодження, що забезпечить необхідну якість та зменшить витрати на технологічний процес.

Проведемо перевірку мінімальної товщини стінки форми [5]. Для цього розрахуємо глибину проникнення X_2 тепла в стінку форми за час твердіння відливки товщиною X_1.

За формулою (5.2) знайдемо коефіцієнт D:

$$D = \frac{3X_1\rho_1\left[c_1\left(t_1 - t_2\right) + L_1\right]}{\rho_2 c_2\left(t_2 - t_3\right)}, \tag{5.2}$$

де X_1 - товщина стінки відливки, м;

ρ_1 - питома вага розплаву, кг/м^3;

c_1 - теплоємність розплаву, Дж/(кг ^{0}С);

t_1 - температура металу що заливається, ^{0}С;

t_2 - температура кристалізації, ^{0}С;

L_1 - теплота кристалізації, Дж/кг;

ρ_2 - питома вага матеріалу форми, кг/м^3;

c_2 - теплоємність матеріалу форми, Дж/(кг ^{0}С);

t_3 - початкова температура форми, ^{0}С.

$$D = \frac{3 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 7820 \cdot \left[750 \cdot \left(1570 - 1487\right) + 259800\right]}{7800 \cdot 750 \cdot \left(1487 - 260\right)}, \qquad D = 0{,}05$$

За формулою (5.3) розрахуємо необхідну товщину стінки форми:

$$X_2 = \frac{1}{2} D \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8}{D} \frac{\lambda_2}{\beta}} \right), \qquad (5.3)$$

де X_2 - товщина стінки форми, м;

D - коефіцієнт, м;

λ_2 -коефіцієнт теплопровідністі матеріалу форми, Вт/(м · К);

β - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 ^{0}С).

$$X_2 = \frac{1}{2} 5 \cdot 10^{-2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8}{5 \cdot 10^{-2}} \frac{54}{1{,}76 \cdot 10^4}} \right), \qquad X_2 \approx 0{,}055 \text{ (м)}$$

Таким чином, раніш вибране значення X_2 = 60 мм цілком задовольнить умові відводу необхідної кількості теплоти.

5.2.3. Розрахунок проміжку часу між заливанням та вибиванням

За формулою (5.4) розрахуємо час, необхідний для зняття перегріву:

$$T_2 = \frac{G_1 c_{1\text{Р}} (t_1 - t_\text{Л})}{\beta \cdot F (t_1 - t_3)}, \qquad (5.4)$$

де G_1 - маса металу що заливається, кг;

$c_{1р}$ - теплоємність розплаву, Дж/(кг ^{0}С);

t_1 - температура металу що заливається, ^{0}С;

$t_л$ - температура ліквідусу, ^{0}С;

β - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 ^{0}С);

F - площа поверхні що охолоджується, м^2;

t_3 - початкова температура форми, ^{0}С.

$$T_2 = \frac{95 \cdot 750 \cdot (1570 - 1507)}{1{,}76 \cdot 10^4 \cdot 933888 \cdot 10^{-6} \cdot (1570 - 260)}, \qquad T_2 \approx 274 \text{ (с)}$$

За формулою (5.5) розрахуємо час, необхідний для кристалізації розплаву: Для цього знайдемо ефективну теплоємність:

$$T_3 = (C_{1p} + \frac{L_1}{t_\Lambda - t_C}) \frac{G_1 (t_\Lambda - t_C)}{\beta * F (t_\Lambda - t_3)}, \qquad (5.5)$$

де C_{1p} - теплоємність розплаву, Дж/(кг ^{0}С);

L_1 - теплота кристалізації, Дж/кг;

$t_л$ - температура ліквідусу, ^{0}С;

t_c - температура солідусу, ^{0}С;

G_1 - маса металу що заливається, кг;

β - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 ^{0}С);

F - площа поверхні що охолоджується, м^2;

t_3 - початкова температура форми, ^{0}С.

$$T_3 = (750 + \frac{259000}{1507 - 1467}) \frac{95 \cdot (1507 - 1467)}{17600 \cdot 933888 \cdot 10^{-6} (1507 - 260)}, \qquad T_3 = 42 \text{ (с)}$$

За формулою (5.6) розрахуємо час від кристалізації до діставання виливки із форми:

$$T_4 = \frac{G_1 c_1 (t_C - t_O)}{\beta \cdot F (t_C - t_3)}, \qquad (5.6)$$

де G_1 - маса металу що заливається, кг;

c_1 - теплоємність розплаву у твердому стані, Дж/(кг ^{0}C);

t_c - температура солідусу, ^{0}C;

t_0 - температура вибивання, ^{0}C;

β - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 ^{0}C);

F - площа поверхні що охолоджується, м^2;

t_3 - початкова температура форми, ^{0}C.

$$T_4 = \frac{95 \cdot 780 \cdot (1467 - 800)}{17600 \cdot 933888 \cdot 10^{-6}(1467 - 260)}, \qquad T_4 = 798 \text{ (с)}$$

Таким чином час від закінчення заливки до початку розбирання форми складає 19 хвилин.

5.3 Опис технологічного процесу виробництва виливка

Процес отримання виливків способом ЕКЛ складається з двох основних стадій:

1) розплавлення і накопичення металу в ЕШТП;

2) розливка металу в ливарні форми, формування виливків та їх кристалізація.

Крім цього, необхідно виконати допоміжні операції: підготовка обладнання та оснащення, а також підготовка початкових матеріалів, виймання виливка із форми і таке інше.

5.3.1 Підготовка витратних електродів

Ця операція зводиться, як правило, до зварювання окремих частин шихтових матеріалів та приварювання інвентарної голівки, яка виконує роль закріплювача електрода в механізмі подачі його в зону плавки.

Рекомендується зачистити поверхню електрода від окалини, яка з`явилася внаслідок вогняні різці шихти, та іржі. Переріз електроду повинен відповідати коефіцієнту заповнення плавильного тигля, тобто відношення площі перерізу витратного електрода до площі робочого простору тигля повинен бути не менше 0.1; переріз та кривизна електроду повинні забезпечувати їх вільну подачу в зону плавки.

Хімічний склад електроду не обов’язково повинен мати той самий склад, що і будуча відливка. Можливе додаткове легування металу в ході плавки. Також допускається використання витратних електродів, які складаються зі шматків різного хімічного складу, при умові, що їх загальний хімічний склад буде відповідати необхідному.

Підготовка кускових матеріалів або стружки зводиться до їх очищення від масла, бруду, та інших забруднень, а також до сушіння та сортування кусків за розмірами.

5.3.2 Підготовка шлаку

В якості шлаку для ЕШТП використовують серійно випускаємі в промисловості низькофтористі або безфтористі шлаки спеціального складу, що володіють високою рафінувальною здатністю, що забезпечує мінімальну взаємодію із матеріалом тигля в процесі плавки, добру поверхню виливка та високу якість металу.

Підготовка постачаємих промисловістю попередньо плавлених шлаків, як правило, включає в себе їх гартування. Після цього шлак зберігають в печі або в спеціальному термосі. Термін зберігання мінімальний.

Гартування зазвичай здійснюють на спеціальних піддонах в електричних печах при температурі 800-850 C° протягом 4 - 4.5 годин.

Кількість шлаку наплавки визначають з урахуванням перерізу плавильного простору тигля та перерізу електроду.

5.3.3 Підготовка кокілю

Перед заливанням розплаву новий кокіль підготовлюють до роботи: поверхню робочої порожнини ретельно очищують від слідів забруднення, іржі, масла; перевіряють легкість переміщення під частини, точність їх центрування, надійність кріплення. Потім на поверхню робочої порожнини та металічних стрижнів наносять шар вогнетривкого покриття облицювання та фарби.

Склад облицювань та фарб залежить від сплаву, що заливається, а їх товщина-від необхідної швидкості охолодження виливка: чим товстіший шар вогнетривкого покриття, тим довше застигає виливок. Разом із тим, шар вогнетривкого покриття захищає робочу поверхню форми від різкого підвищення температури при заливці, розплавлення та контакту з металом відливки. Таким чином, облицювання та фарби виконують дві функції: захищають поверхню кокілю від різкого нагріву, запобігають взаємодії металу виливка з формою і дозволяють регулювати швидкість охолодження виливка, а це означає, і процеси його твердіння, які впливають на властивості металу виливка. Перед нанесенням вогнетривкого покриття кокіль підігрівають пальниками або електричними плитами до температури 423-453 К. Фарби наносяться на кокіль, звичайно, у вигляді водяної суспензії за допомогою пульверизатора. Після нанесення вогнетривкого покриття кокіль нагрівають до робочої температури, яка залежить від складу сплаву, товщини стінки виливка, його розмірів та необхідних

властивостей. Зазвичай температура нагріву кокілю перед заливкою складає 473—623 К. Потім в кокіль встановлюють піщані або керамічні стрижні якщо в них є потреба для отримання виливка; половини кокілю з'єднують та скріплюють спеціальними затискачами, після чого заливають розплав в кокіль. Після охолодження виливка до необхідної температури кокіль розкривають та видаляють із нього виливок. Далі виливок піддається необхідній механічній обробці . Потім цикл повторюється. Перед повторенням циклу оглядають робочу поверхню кокілю, площину роз'єму. Звичайно вогнетривку фарбу наносять на робочу поверхню кокілю 1-2 рази в зміну, інколи відновлюють її в містах, де вона відшарувалась від робочої поверхні.

Як видно, процес лиття в кокіль - малоопераційний. Маніпуляторні операції достатньо прості та короткочасні, а лімітуючою по тривалості операцією є охолодження виливки в формі до заданої температури. Практично всі операції можуть бути виконані механізмами машини або автоматичною установкою, що являється суттєвою перевагою способа, і, звичайно, найголовніше - виключається трудомісткий та матеріаломісткий процес виготовлення форми, а також багаторазове використання.

5.3.4 Процес плавки

Процес плавки в ЕШТП починають з наведення в тиглі шлакової ванни .Для здійснення твердого старту до нижнього торцю витратного електроду приварюється тонкий стальний дріт (16…20мм), що притискається перед плавкою до подового електрода тигля. Після включення напруги з'явлється дуга, що розплавляє перші порції твердого шлаку, що знаходиться навколо дроту. Після наведення шлакової ванни мінімального об'єму процес проводять в без дуговому режимі. При цьому спочатку дріт - затравка, а потім починають плавити витратний електрод.

В процесі плавки металу одночасно виконується необхідної кількості шлаку, шлакової ванни та перерізу електроду та тигля зводяться до підтримки необхідного електричного режиму плавки, котрий повинен забезпечити необхідну температуру розплаву (шлак - метал) в процесі плавки до моменту розливу.

Робочий струм та напругу призначають індивідуально в кожному конкретному випадку, виходячи з перерізу електроду та тигля, а також із хімічного складу переплавляємого металу з урахуванням їх різного впливу на температуру метала. Для цього використовують імперичні та розрахункові монограми.

Процес плавки закінчують після зплавлення витратного електроду необхідної маси. Сигналом до припинення процесу може також сплавлення електроду до мітки на його поверхні або ж до інвентарної головки.

Після накопичення в плавильному тиглі заданої порції рідкого металу плавку зупиняють і проводять зливку металу в ливарні форми. При цьому маса заливаємого в форму метала майже повністю відповідає масі розплавленої частини витратного електроду. При цьому вихідний коефіцієнт від вихідного металу до виливка складає 1.05 – 1.1

5.3.5 Заливка металу у форму

Найчастіше заливку здійснюють через носик плавильного тигля при його оберті навколо горизонтальної вісі. В цьому випадку в форму, на внутрішній поверхні на котрій не має захисного покриття, поступає метал разом із шлаком, який використовується в процесі плавки. Причому спочатку йде тільки шлак, а потім метало-шлакова суміш, відносний вміст шлаку в якій безперервно знижується. Однак шлак в більшій або меншій кількості присутній до самого кінця заливання, захищаючи метал від взаємодії із атмосферою.

Шлак першим попадає у відносно холодний жолоб та кокіль, покриваючи їх шаром гарнісажу, товщина котрого залежить від температури шлаку і форми, а

також матеріалу форми. Потім у форму потрапляє метал, захищений зверху шаром шлаку. Метал заповнює форму, витискаючи нагору шлак, котрий залишився, який збирається на вільній поверхні , створюючи шар, що зігріває метал в процесі кристалізації. Це перешкоджає утворенню у виливку закритої усадкової раковини. По закінченню заливки форму від'єднують від плавильного тигля, котрий повертається у вихідне положення.

5.3.6 Кристалізація, видалення виливка із форми та його обробка

Відмінною особливістю умов кристалізації виливок при ЕКЛ являється присутність на зовнішній поверхні виливка слою шлакового гарнісажу та шару шлаку на їх вільній поверхні, діючий, як утеплювач. Гарнісаж на поверхні виливка слугує термічним опором тепловому потоку, що йде від розплавленого металу до стінок ливарної форми та навколишнього середовища. Через це, швидкість тепловідведення, а значить і кристалізація заготовок при ЕКЛ дещо менша, а ніж при традиційних способах лиття в кокіль із захисним антипригарним покриттям і знано вища, ніж при литті в піщано – глинисті форми.

Інтенсивний тепло відвід від зовнішніх поверхонь та утеплення вільної поверхні визначає чітко виражений спрямований характер кристалізації виливків.

По закінченню процесу кристалізації виливок видаляють із ливарної форми, очищують від шлакового гарнісажу, після його піддають обробці різанням.

6 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Задачі автоматизації технологічного процесу

Установки ЕШП застосовують для переплаву сталей і сплавів з метою зменшення шкідливих домішок, особливо сірки, та одержання однорідної макроструктури зливка. Рафінування металу відбувається під час переплаву витрачуваного електрода, який виготовляється з необхідної сталі або сплаву, у шлаковій ванні. При проходженні електричного струму крізь шлак, який має значний опір, в останньому виділяється велика кількість теплоти. Склад флюсів, що застосовуються для одержання шлаків, звичайно є стандартизованим, від нього багато в чому залежить якість металу, що переплавляється. Температура плавлення різних шлаків − 1200...1450 °С, а їх температура під час переплаву досягає 1600...2000 °С. Занурений у нагріту до такої температури шлакову ванну металевий електрод плавиться, і дрібні краплі металу, що опускаються донизу під дією сили тяжіння, проходять крізь шар хімічно активного шлаку. В міру того, як витрачуваний електрод оплавляється, він примусово опускається. Внизу на піддоні охолоджуваного водою мідного кристалізатора рідкий метал, збираючись у металеву ванну, швидко кристалізується.

Технологічний процес ЕШП характеризується певними параметрами електричного режиму, глибиною шлакової ванни, співвідношеннями між діаметрами електрода і тигля, що визначають загальну глибину металевої ванни, величину занурення електрода в шлак та інші характеристики технологічного процесу, які впливають на якість рафінування металу. Форма і глибина металевої ванни залежать від потужності, напруги та сили електричного струму, що споживається, температури та маси шлаку, швидкості плавлення, діаметра електрода, хімічного складу металу та інших параметрів. Якщо глибина занурення електрода в шлак не досить велика, то між останнім і торцем електрода можливе

виникнення електричної дуги, що спричиняє збільшення окиснення металу і неметалевих включень у зливку.

Якщо глибина занурення електрода в шлак збільшується, то може виникнути дуга між металевою ванною і торцем електрода, що призводить до браку через недосконалу макроструктуру.

Процес ЕШП − циклічний і складається з періодів простою між плавками, наведення шлакової ванни, переплаву електрода і виведення усадочної раковини.

Період наведення шлакової ванни має два різновиди – «рідкий» та «твердий» старти. У першому випадку розплавлення шлаку здійснюють у спеціальній флюсоплавильній печі, після чого він заливається в тигель. У період наведення шлаку при “твердому” старті електричний режим дуже нестабільний, що зумовлено нестійким процесом горіння дуги через складні умови іонізації дугового простору (інтенсивне охолодження шлаком, значний відтік тепла через електрод і піддон).

Період переплаву електрода, що є основним, характеризується електричним режимом, особливість якого полягає у відсутності дуги при правильно вибраній масі шлаку і раціональній глибині занурення електрода у ванну. Період переплаву розподіляється на підперіоди нестаціонарного та квазістаціонарного теплового режиму. В першому підперіоді (до наплавлення зливка довжиною 1...1,5 діаметра кристалізатора) значно змінюються умови тепловідводу від шлакової ванни, що змушує змінювати режим переплаву. В другому підперіоді тепло-відвід стабілізується. При цьому зміна режиму за програмою потрібна лише при зміні геометричних параметрів зливка, наприклад, при наявності конусності. У процесі переплаву довжина витрачуваного електрода та його опір зменшуються, що призводить до зростання температури шлаку. Тому одночасно із зменшенням довжини електрода необхідно поступово зменшувати потужність електричного струму, що споживається, за рахунок зменшення напруги та сили струму. Особливе значення надається вибору режиму переплаву, бо зниження потужності може призвести до виникнення неприпустимого дугового режиму. Заглиблення

електрода в шлак повинно бути не менше ніж 0,4...0,5 його діаметра і не більше величини, яка гарантує відсутність крапельних коротких замикань.

В період простою між плавками рідкий розплав зливають у форму і готують плавильну установку до наступної плавки. В цей період установку вимикають.

Алгоритми керування ЕШП забезпечують отримання оптимальних значень таких параметрів процесу:

− глибини металевої ванни;

− температури металу поблизу шлакової ванни;

− хімічного складу шлакової і металевої ванни.

Ці параметри тією чи іншою мірою залежать від цілого ряду керуючих діянь у процесі плавки, які в певних межах змінюються незалежно один від одного. Керованими параметрами процесу є швидкість плавлення електрода (наплавлення металевої ванни) і міжелектродна відстань, які у повній мірі визначають якість металу. Проте їх безпосередній апаратурний контроль технічно складний, тому його замінюють вимірюванням непрямих параметрів.

Найбільш розповсюдженим методом визначення масової швидкості G плавлення електрода є вимірювання швидкості його подавання з наступним перерахунком за апріорними даними геометричних параметрів електрода і зливка:

$$G = v_e S_e \rho_м n /(1 - K_з), \qquad (6.1)$$

де v_e, S_e – швидкість подавання електрода і площа його поперечного перерізу;

$\rho_м$ – густина металу;

n – кількість електродів;

$K_з = S_e n /S_{зл}$ – коефіцієнт заповнення тигля в поперечному перерізі;

$S_{зл}$ – площа поперечного перерізу тигля.

Цей метод є достовірним при наявності системи стабілізації міжелектродної відстані h.

Інший метод визначення масової швидкості плавлення електрода реалізується за допомогою тензометричних датчиків. Тоді швидкість плавлення визначається як:

$$G = \Delta m/\Delta\tau, \tag{6.2}$$

де Δ m – зменшення маси електрода за проміжок часу Δ τ.

Для визначення міжелектродної відстані обчислюють силу електричного струму (або опір) шлакової ванни:

$$I = \frac{U_2}{\sqrt{[R_ш(h) + r]^2 + x^2}}, \tag{6.3}$$

де U_2 – вторинна напруга трансформатора;

$R_ш(h)$ – опір шлакової ванни, який залежить від розташування в ній електродів;

r, x – відповідно активний та індуктивний опір струмопроводу.

Однозначність залежності сили струму від міжелектродної відстані обумовлена мірою стабільності вторинної напруги та параметрів струмопроводу, які за умов ЕШП змінюються в широких межах. Додаткові труднощі виникають при регулюванні напруги трансформатора, коли одночасно з перемиканням ступенів доводиться змінювати задану силу струму.

Найбільш повною мірою характеризує положення електрода в шлаковій ванні її опір відповідно до обернення залежності

$$R_{ш}(h) = \beta_0 (\frac{h}{h_l})^{\beta_1} d^{-\beta_2} k_n, \quad (6.4)$$

де β_0, β_1, β_2 – коефіцієнти, які визначаються хімічним складом шлаку;

h_e – глибина занурення електрода;

d – діаметр електрода;

k_n – коефіцієнт, який залежить від числа електродів та схеми живлення.

6.2 Структурна схема автоматизації

Структурна схема автоматизації представлена на рис. 6.1.

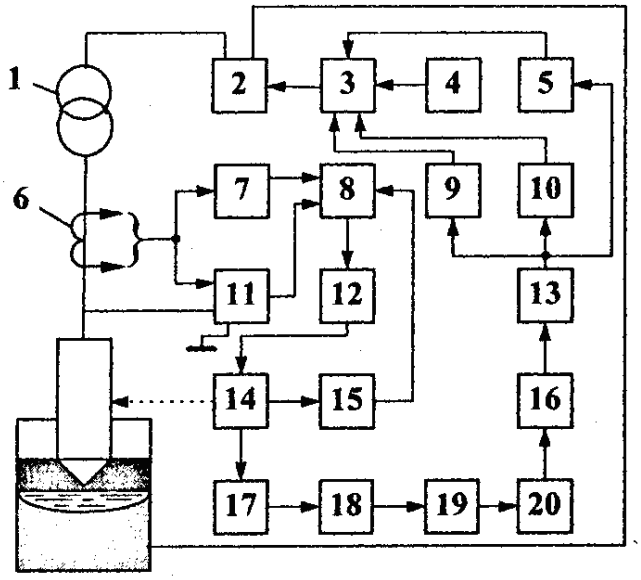

Рисунок 6.1 Структурна схема регулятора АРШМТ: 1 - трансформатор печі; 2 - перемикач ступенів напруги; 3 - блок релє; 4 - блок витримки часу; 5,9,10 - блоки порогових елементів; 6 - трансформатор струму; 7 - датчик струму; 8,20 - блоки завдання; 11 - датчик активного опору; 12 - тиристорний перетворювач; 13 - блок вибору напрямку перемикання; 14 - привід переміщення електроду; 15 -тахогенератор; 16 - блок зони нечутливості; 17 - датчик швидкості оплавлення; 18 - ЦАП; 19 - лічильник імпульсів

Регулятор АРШМТ представляє собою двоканальну систему керування з використанням в якості параметрів регулювання швидкості подачі електроду та сили струму (або опору шлакової ванни). Канали регулювання працюють в режимах:

1) підтримка по заданій програмі струму електрода або активного опору шлакової ванни за допомогою приводу переміщення електроду та одночасної зміни напруги в функції середньої швидкості оплавлення електроду;

2) стабілізації заданої швидкості подачі електроду при одночасній корекції напруги в функції активного опору шлакової ванни. Режим роботи обирається користувачем і здійснюється за допомогою перемикачів.

В першому випадку канал керування переміщенням електроду працює від датчика струму 7 або від датчика активного опору 11 (рис. 6.1). На датчик струму 7 подається сигнал з вимірюю чого трансформатора току 6, пропорційний току електрода. На датчик активного опору 11 постачаються сигнали струму з вимірювального трансформатора 6 та напруга (напруга шлакової ванни). Вихідна напруга з датчиків струму 7 або опору 11 порівнюються із заданими, та їх різниця подається на вхід тиристорного перетворювача 12, живлючого двигун електрода 14. Якщо електричний режим роботи печі відрізняється від заданого, то двигун 14 починає переміщувати електрод у напрямку, відповідному зниженню сигналу розузгодження.

Канал, що впливає на переключення ступенів (блок 2) трансформатора напруги печі 1, в якості якого використовується безконтактний перемикач. Імпульси, що поступають від датчика швидкості 17, інтегруються за проміжок часу, котрий змінюється від 1 до 30 хвилин. ЦАП 18 перетворює число імпульсів, накопичених у лічильнику 19, в напругу, котра порівнюється із завданням в сумуючому посилювачі. Посилена різниця сигналів через блок зони нечутливості 16 поступає на вхід порогових посилювачів. Якщо сигнал розузгодження достатній для спрацювання порогових посилювачів, то реле керування в блоці 3 видає команду на переключення ступенів напруги в напрямку, визначеним в

блоці порогових посилювачів. В залежності від величини розузгодження передбачається переключення на одну чи дві східці напруги. Після обробки сигналу розузгодження або по закінченню часу вимірювання лічильник 19 обнуляється, підготовлюючись до наступного відліку імпульсів.

По іншому варіанту швидкість подачі електроду, яка відповідає заданій швидкості плавлення металу, стабілізується тиристорним перетворювачем 12. Відпрацювання обурень по між електродному проміжку у функції відхилення опору ванни від заданого значення здійснюється блоком переключення ступенів напруги 2.

6.3 Перелік вихідної інформації, що поступає в систему керування

Перелік вихідної інформації, що поступає в систему керування процесом ЕШП, наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 Перелік вихідної інформації

№ п/п	Вимірювальний параметр, рівень сигналу	Звідки поступає	Куди поступає
1	Сила струму на електрод	Від трансформатора струму 7 кА/5А	В регулятор АРШМТ
2	Регулятор АРШМТ	Від трансформатору струму і електричної мережі	На ПСН і ДППЕ
3	Переміщення електрода	Від однооборотного енкодера фірми Siemens 6FX20015QP	На щит оператора

7 ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Дана дипломна робота повністю виконана на персональній обчислювальній машині за допомогою встановлених на ній відомих пакетів програм. Так, усі розрахунки, наведені в даній роботі, виконувалися в пакетах MS Excel та MathCad. Графічну частину роботи було виконано в графічних пакетах Компас-3D та AutoCad. Оформлення схем, малюнків та пояснювальної записки здійснено в пакетах MS Word, Corel Draw та Adobe Photoshop.

Крім цього, за результатами виконання дипломної роботи в середовищі Microsoft Visual Studio було розроблено комп'ютерну програму «Час витримки виливка в кокілі», яка дозволяє розрахувати необхідний час витримки виливка в кокілі після заливання в нього рідкого металу для забезпечення найкращої якості кінцевого виливка.

В основу роботи програми покладені відомі формули, наведені нижче.

Розрахунок часу витримки виливка в кокілі після його заливання рідким металом до вибивання здійснюється за допомогою формули:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \tag{7.1}$$

де τ – час витримки виливка в кокілі від заливання до вибивання, с;

τ_1 – час зняття теплоти перегріву, с;

τ_2 – час твердіння виливка, с;

τ_3 – час витримки виливка до його вибивання, с.

Тривалість кожного періоду можна знайти за загальною формулою:

$$\tau = \frac{m \cdot c \cdot (t_{1поч} - t_1)}{\beta \cdot F \cdot (t_{1поч} - t_{2сер})}, \tag{7.2}$$

де τ – час витримки виливка на даному етапі, с;

m – маса виливка, кг;

c – теплоємність металу, ;

$t_{1поч}$ – початкова температура металу, ^{0}C;

t_1 – задана температура металу, ^{0}C;

β - коефіцієнт тепловіддачі, ;

F – площа поверхні виливка, м^2;

$t_{2сер}$ – середнє за період значення температури кокілю, ^{0}C;

Розрахунок коефіцієнту тепловіддачі здійснюється по формулі:

$$\beta = \frac{\lambda_{\Phi}}{x_{\Phi}}, \tag{7.3}$$

де λ_{Φ} –коефіцієнт теплопровідності фарби, нанесеної на робочу поверхню кокілю, м;

x_{Φ} – товщина шару фарби на робочій поверхні кокілю, м.

Середнє за період значення температури кокілю розраховується по формулі:

$$t_{2сер} = t_{2поч} + \frac{\Delta t_2}{2}, \tag{7.4}$$

де $t_{2сер}$ – середнє за період значення температури кокілю, ^{0}C;

$t_{2поч}$ – початкова температура кокілю, ^{0}C;

Δt_2 – змінення температури кокілю в даний період, ^{0}C.

Розроблена програма дозволяє автоматизувати процес розрахунку такого параметру як час витримки виливка в кокілі після заливання в нього рідкого металу і є першою програмною розробкою в даній області. Програма

відрізняється точністю розрахунків, мінімальними системними вимогами до комп'ютера, привабливістю та дружелюбністю інтерфейсу, що дозволяє рекомендувати її для широкого використання в промисловості.

Інтерфейс програми представлено на рис. 7.1

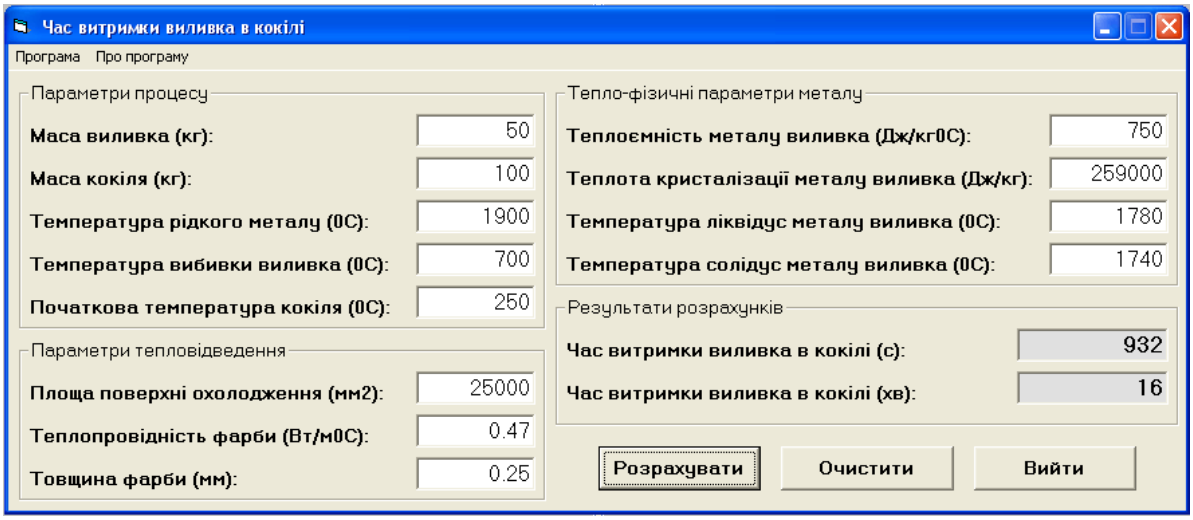

Рисунок 7.1 Інтерфейс програми «Час витримки виливка в кокілі»

8 ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

8.1 Обґрунтування науково-технічної актуальності теми

Виробництво і застосування Сталі-40х із відходів виробництва є важливою частиною підвищення продуктивності цеху. Так як використання та виробництво сталі в Україні дуже велике і складає 7,081 млн тонн з яких конструкційна сталь складає 62% [www.epravda.com.ua]. Загальним її призначенням є використання для виготовлення навантажених деталей, що піддаються гартуванню і відпуску: вали, осі, колінчасті вали, пальці, важелі , зубчасті колеса, відповідальні болти, шпильки. Механічні властивості на розрив цієї сталі становлять 410 Мпа, а при невідповідності чистоти металу ,падають до 260 Мпа [12]. Використання електрошлакового кокільного литва дає можливість отримати високу якість очищення металу від домішок, завдяки високій рафінуючій властивості шлаку і спрямованій кристалізації. Рішенням цих проблем є виплавлення сталей методом електрошлакове кокільне лиття завдяки якому досягається відповідний хімічний склад та якість сталі при умові правильно підібраного флюсу.

Вищевикладене свідчить про актуальність теми дослідженняю Прийняті проектні рішення визначають як витрати на створення виробничих об’єктів, так і собівартість та якість продукції, що буде вироблятись. Таким чином, на стадії проектування вирішуємо проблему ефективного використання ресурсів в економіці.

8.2 Мета НДР

Полягає в розробці технології отримання деталі «поршень» методом електрошлакового кокільного лиття зі сталі 40Х на установці електрошлакового кокільного лиття типу УШ-165.

В роботі поставлені наступні задачі:

- розрахувати параметри плавильної установки УШ-165;
- розробити технологію виготовлення типового виливка «поршень»;
- розробити заходи по автоматизації технологічного процесу;

- розробити комп’ютерну програму «Час витримки виливка в кокілі»;

- розрахувати планову собівартість одиниці продукції;

- розробити заходи щодо охорони праці та екології при роботі з електрошлаковою установкою УШ-165.

8.3 Розрахунок планової собівартості НДР

Планова собівартість виконання НДР, як один з найважливіших економічних показників, відображає рівень матеріальних та трудових витрат, а її планування забезпечує отримання необхідних результатів при мінімальних витратах. Обчислення собівартості НДР здійснюється по наступним калькуляційним статтям:

а) заробітна плата дослідницького персоналу;

б) єдиний соціальний внесок;

в) матеріали, які необхідні для проведення досліджень;

г) витрати на устаткування для проведення досліджень;

д) витрати, пов'язані з виробничими відрядженнями;

е) інші прямі невраховані витрати;

ж) накладні витрати.

8.3.1 Розрахунок фонду заробітної плати дослідницького персоналу

За основу розрахунку фонду лежить визначення трудомісткості виконання НДР в людино-днях та денної заробітної плати дослідників. У якості дослідників в даній НДР приймали участь: завідуючий відділом, головний технолог, інженер-технолог та інженер-дослідник. Трудомісткість окремих етапів проведення НДР приведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Трудомісткість окремих етапів проведення НДР

Найменування етапів	Трудомісткість, людино-днів			
НДР	Завідувач відділом	Головний технолог	Інженер-технолог	Інженер - дослідник
Підготовчий	1	-	33	-
Організаційний	0,5	1	6	15
Експериментальний	-	24	4	20
Заключний	1	4	25	10
Всього	2,5	35	40	55

Денна заробітна плата виконавців визначається, виходячи з місячних окладів при умові, що середня кількість робочих днів в місяць - 22. Фонд основної заробітної плати приведений в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Розрахунок фонду заробітної плати

Посада	Місячний оклад, грн.	Денна зарплата, грн.	Трудомісткість людино-дні	Сумарна зарплата, грн.
Завідуючий відділом	3250	147,7	2,5	369,25
Головний технолог	2500	113,6	35	3976
Інженер-технолог	1750	79,5	40	3180
Інженер-дослідник	1200	54,54	55	2999,7
Разом				10524,95

8.3.2 Відрахування до єдиного соціального внеску

Відрахування до єдиного соціального внеску складає 36,3 % від суми загальної заробітної плати.

10524,95 *36,3 % = 3820,55 грн.

8.3.3 Вартість спеціального устаткування

Для виконання даної НДР використання спеціального устаткування не планувалось, а використовувалось устаткування, яке задіяне для робіт у широкому спектрі господарсько-договірної тематики. Тому ця стаття в собівартості НДР не враховувалася.

8.3.4 Вартість матеріалів, необхідних для виконання науково-дослідницької роботи

Кількість основних і допоміжних матеріалів, які витрачаються на виконання НДР, вартість матеріалів та витрати на них приведені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Розрахунок витрат на основні та допоміжні матеріали

Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Сталь 40Х	кг	250	5,5	1375
АН - 295	кг	52	1,6	83,2
Фарба ГС -1	кг	0,2	0,9	0,18
Губка ТГ-100	кг	10	240	2400
Губка ТГ-ТВ	кг	50	129	6450
Усього	10326,2			

Транспортно- заготівельні витрати (Втр) складають 10% від планової вартості використаних матеріалів, тоді загальні витрати по цій статті дорівнюють:

10326,2* 1,1 = 11358,82 грн.

8.3.5 Інші прямі невраховані витрати

Інші прямі невраховані витрати становлять 10 % від суми витрат на заробітну плату, суми відрахувань до єдиного соціального внеску, витрат на матеріали.

(10524,95 + 3820,55 + 11358,82)*10 %= 25704,32 грн.

8.3.6 Розрахунок накладних витрат

Сумарна величина накладних витрат включає в себе наступні статті:

а) заробітна плата адміністративно-управлінського, господарськогота допоміжного персоналу з єдиним соціальним внеском;

б) витрати по допоміжному виробництву;

в) витрати по утриманню та експлуатації виробничих площ;

г) вартість придбання та витрати на утримання та експлуатації устаткування та приладів універсального характеру;

д) витрати по охороні праці та техніці безпеки;

е) витрати на підготовку кадрів;

ж) витрати на силову електроенергію;

з) інші витрати.

Процент накладних витрат складає 15% від суми всіх прямих витрат по НДР. Таким чином для даної НДР сума накладних витрат складатиме:

(10524,95 + 3820,55 + 11358,82 +25704,32) * 0,15=7711,2 грн.

8.3.7 Розробка планової калькуляції собівартості НДР

Під калькуляцією собівартості розуміється розрахунок витрат на реалізацію мети науково-дослідної роботи.

Таблиця 8.4 – Планова калькуляція собівартості НДР

Статті витрат	Сума, грн.	Питома вага, %	Обгрунтування
Витрати на оплату праці науково-дослідницького персоналу	10524,95	47,3	Згідно таблиці 8.2
Відрахування до єдиного соціального внеску	3820,55	17,2	36,3 % від суми основної та додаткової зарплати
Витрати на матеріали	11358,82	14,6	Згідно таблиці 8.3
Інші прямі невраховані витрати	25704,32	7,9	становлять 10 % від прямих витрат
Накладні витрати	7711,2	13	15 % повної суми прямих витрат
Разом:	59119,85	-	Сума всіх попередніх статей

8.4 Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності

Для визначення очікуваних результатів та показників економічної ефективності будемо користуватися так званою «бальною» методикою. Згадана методика застосована на оцінці ймовірної ефективності роботи за деякими шкалами, а саме за шкалами важливості розробки, можливості використання результатів, теоретичної важливості та рівня новини дослідження і нарешті, за шкалою складності розробки. Частина сумарного економічного ефекту, що утворюється за рахунок кожної зі шкал, позначається умовно відповідно номеру шкали коефіцієнтів ($К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$).

Наведемо докладно системи оцінки за кожною шкалою. Спочатку розглянемо шкалу важливості розробки. Коефіцієнт Кі може приймати значення 1, 3, 5, 7 чи 8 у випадках:

1. Робота ініціативна, не є завданням будь-яких директивних органів чи частиною комплексної програми - 1 бал;

2. Робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво - 3 бали;

3. Робота являє собою частину відомчої програми - 5 балів;

4. Робота являє собою частину відомчої комплексної програми з елементами впровадження результатів - 7 балів;

5. Робота являє собою частину міжнародної комплексної програми - 8 балів.

Коефіцієнт $К_2$ може приймати такі значення:

1. Результати розробки можуть бути використані тільки в даному підрозділі - 1 бал;

2. Результатами розробки може користуватися тільки одна організація - 3 бали;

3. Результати розробки можуть бути використані в багатьох організаціях - 5 балів;

4. Результатами розробки можуть користуватися споживачі в межах галузі — 8 балів;

5. Результатами розробки можуть користуватися споживачі в різних галузях - 10 балів.

Коефіцієнт Кз може приймати такі значення:

1. Робота являє собою аналіз, узагальнення чи класифікацію відомої інформації, такі результати вже отримувались попередньо у даній галузі - 2 бали;

2. Протягом виконання роботи отримано нову інформацію, яка конкретизує уявлення щодо сутності досліджуваних процесів – 3 бали;

3. Внаслідок виконання роботи отримано нову інформацію, що частково змінює уявлення щодо природи досліджуваних процесів - 5 балів;

4. Внаслідок виконання НДР створено нові теорії, методики або щось подібне - 6 балів;

5. Отримана інформація формує суттєво нові уявлення, що не були відомі раніше - 8 балів.

Коефіцієнт $К_4$ може приймати такі значення:

1. Роботу виконує один підрозділ, витрати менше 20000 грн. - 1 бал;

2. Роботу виконує один підрозділ, витрати від 20 до 100 тис. грн, -3 бали;

3. Роботу виконує один підрозділ, витрати від 100 до 200 тис. грн, -5 балів;

4. Робота виконується багатьма підрозділами, витрати від 200 тис.грн. до 1млн. фн. - 7 балів;

5. Робота виконується багатьма організаціями, витрати більш 1 млн. грн. - 9 балів.

Загальна оцінка В визначається як добуток коефіцієнтів:

$$В=К_1*К_2*К_3*К_4 \quad (8.1)$$

де $К_1$ – коефіцієнт важливості розробки;

$К_2$ – коефіцієнт можливості використання результатів;

$К_3$ – коефіцієнт теоретичної значимості та рівня новини;

$К_4$ – коефіцієнт складності розробки.

Таблиця 8.4 – Результати бальної оцінки річної економічної ефективності НДР

Позначення показник ефективності НДР	Сутність показників	Бальна оцінка ефективності	Характеристика НДР
1	2	3	4
$К_1$	Важливість розробки	5	Робота являє собою частину відомчої програми
К2	Можливість використання результатів	8	Результатами розробки можуть користуватися в межах галузі
К3	Теоретична значимість та рівень новини	5	Внаслідок виконання роботи отримано нову інформацію, що частково змінює уявлення щодо природи досліджуваних процесів
К4	Складність розробки	1	роботу виконує один підрозділ, витрати менше 20000 грн.

У відповідності з табл. 8.4 величина Б у нашому випадку дорівнює:

В=5*8*5*1=200, (8.2)

де В – загальна оцінка ймовірної ефективності роботи

Умовний економічний ефект складає:

$Е=500*Б -Е_н*Вндр$, 8.3)

де 500 - умовна вартість одного балу;

Ен - нормативний коефіцієнт ефективності (Ен=0,5...2,0 в наших розрахунках обираємо Ен=2);

Вндр - витрати на виконання НДР

Вндр = 59119,85 грн.

Е = 200*500-0,5*59119,85= 40879,65 грн.

Коефіцієнт умовної економічної ефективності складає:

Ееф=40879,65 / 59119,85 =0,69

Розрахований коефіцієнт умовної економічної ефективності свідчить про економічну доцільність проведення даної НДР.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально–економічних, організаційно–технічних, санітарно–гігієнічних і лікувально–профілактичних заходів і засобів спрямованих на збереження здоров'я працездатності людини в процесі праці.

Постійний розвиток науки та техніки потребує введення нових технологій у процеси промислового виробництва. В той же час дефіцит сировинних джерел, та їх висока вартість вимагає виконання більш економічних та ефективних видів обробки металів. Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які можуть виявлятися при роботі в електрошлаковому цеху, а також розробка заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці.

9.1 Організація питання охорони праці на підприємстві

Основним законодавчим документом,що регулює безпеку працівників на підприємстві є закон України "Про охорону праці". Згідно статті 15 данного закону з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань нагляду за охороною праці.

В НТУУ «КПІ» працюючих більше 50 осіб, тому було створено службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці. (Частина перша статті 15 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5459-VI (5459-17) від 16.10.2012).

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо ректору НТУУ «КПІ» М. З. Згуровському.

Керівником служби охорони праці на факультеті є декан інженерно-фізичного факультету П. І. Лобода, на кафедрі фізико-хімічних основ технології

металів завідувач лабораторіями В. Т. Яковлєв, в лабораторії 011-9 – доцент М. П. Волкотруб.

9.2 Опис лабораторії

Дослідження проводилися в лабораторії, що має наступні розміри: довжина - 8 м, ширина - 6 м, висота стелі - 3 м. Площа лабораторії складає 48 м , об'єм лабораторії - 144 м . У лабораторії розташовані робочі місця трьох чоловік. Отже, на одну людину приходиться 16 м площі і 48 м об'єму лабораторії, що відповідає будівельним нормам. Згідно СНиП 2.09.02-85 площа виробничого приміщення, що припадає на одного співробітника, повинна бути не меншою за 4,5 м , а об'єм виробничого приміщення, що приходиться на одного співробітника - не меншим за 15,5 м2. Допоміжні приміщення відповідають вимогам СНиП 2.09.04-87.

План-схема лабораторії наведена на рис. 9.1.

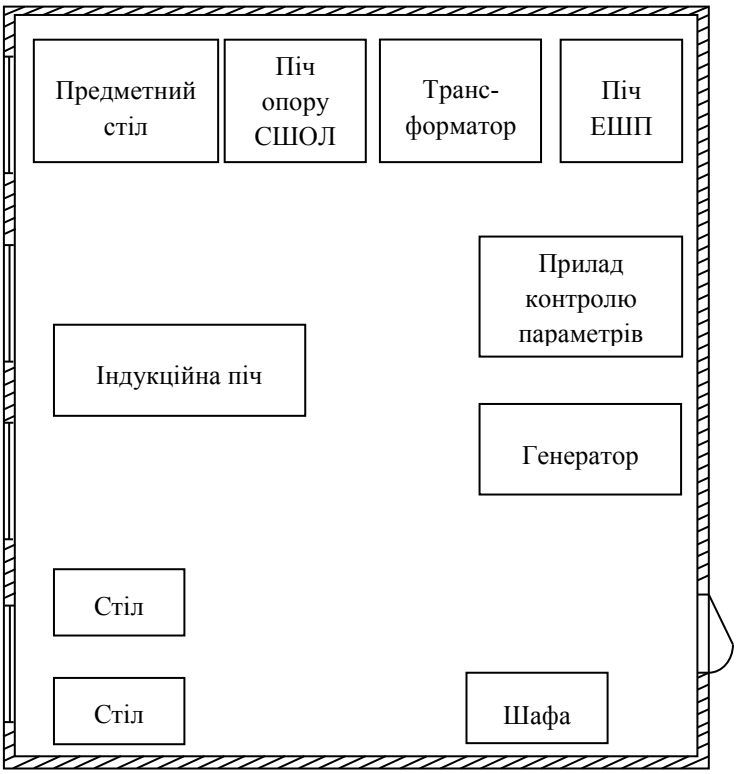

Рисунок 9.1 План-схема лабораторії

9.3 Дослідження мікроклімату

Мікроклімат виробничих приміщень - це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, у робочій зоні.

Роботи, які проводяться на дільниці, виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих вантажів (до 10 кг) та супроводжуються помірними фізичними навантаженнями, відносяться до категорії II б робіт. Витрати енергії при виконанні таких робіт складають 232... 293 Дж/с.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 , для робіт категорії II б повинні забезпечуватися метеорологічні умови, наведені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Фактор мікроклімату	Оптимальне	Допустиме	Фактичне	Висновок
Холодний період року				
Температура повітря,°С	17-19	13.. .23	7...9	нижче допустимої
Відносна вологість повітря, %	40...60	не більше 75	60...65	в межах оптимальної
Швидкість руху повітря, м/с	0,2	не більше 0,4	0,2...0,4	в межах допустимої
Теплий період року				
Температура повітря,°С	20...22	15...30	19...20	в межах допустимої
Відносна вологість повітря, %	40...60	70	60...70	в межах допустимої
Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,2...0,5	0,2...0,4	в межах допустимої

Отже, для досягнення комфортних умов в приміщенні,потрібно встановити обігрівачі з системою довгохвильового обігріву, для компенсації негативної динаміки роботи центрального опалення.

9.4 Освітленість лабораторії

Вплив світла на життєдіяльність людини вивчений досить добре. Воно впливає не лише на функцію зору, а й на діяльність організму в цілому: посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу.

Джерелами штучного освітлення в лабораторії є люмінесцентні лампи. Для місцевого освітлення використовуються лампи розжарювання. Освітлення, що забезпечує зорові роботи, повинно відповідати нормативному значенню Е. Згідно зі ДБН В.2.5-28-2006 роботи, що виконуються при проведенні науково-дослідницької роботи, відносяться за характеристикою зорової праці до робіт середньої точності з найменшим розміром об'єкта розпізнавання від 0,5 до 1,0, тобто до IV розряду зорової праці та до під розряду “а” зорової праці. За таких умов Е, дорівнює 750-300 лк. Зорові роботи, які проводяться на дільниці, мають четвертий розряд та відносяться до робіт середньої точності. Розмір об'єкта розпізнання складає 0,5... 1 мм. Для робіт даного виду норма освітленості складає 300 лк (ДБН В.2.5-28-2000). На всіх робочих місцях дільниці освітленість складає 300 лк., тому система освітлення відповідає прийнятим нормам.

9.5 Теплове та інфрачервоне випромінювання

Джерелом теплового та інфрачервоного випромінювання є елетрошлакова установка УШ-165,піч опору СШОЛ, трансформатор, генератор, індукційна піч.

Теплове випромінювання — спільний процес конвекції і теплопровідності, при якій враховується температура всіх тіл, які мають температуру вище абсолютного нуля. Тобто це електромагнітне випромінювання з безперервним спектром, що випускається нагрітими тілами за рахунок їх теплової енергії, це є свічення тіл, зумовлене нагріванням.

Допустима тривалість опромінювання інфрачервоним випромінюванням та тривалість перерв в залежності від щільності потоку зведена в табл. 9.2.

Для захисту від теплового та інфрачервоного випромінювання використовуємо теплоізоляційні матеріали для робочих поверхонь, що є джерелами випромінювання теплоти.

Таблиця 9.2 Допустима тривалість безперервного інфрачервоного опромінення та регламентованих перерв протягом години [16]

Щільність потоку випромінення, Вт/ м^2	Допустима тривалість разового опромінення, хв.	Тривалість перерви між опромінюваннями, хв.	Допустимий загальний час опромінення на протязі робочого дня, %
до 350	не обмежено	-	100
500	20	5	70
700	15	5	60
1200	10	5	50
2000	5	10	40
2100	4,5	10	30
2800		Виконання робіт без захисту не припускається	

9.6 Загазованість та запиленість

Загазованість - це наявність різноманітних газів у повітрі робочої зони, які, потрапляючи в організм людини через органи дихання, шкіряний покрив, шлункове кишковий тракт, можуть спричинити отруєння й враження органів і систем життєзабезпечення. У зв'язку з цим сучасні методи виявлення отруйних речовин у повітрі й захист від них мають велике значення для забезпечення сприятливих умов для роботи.

Однією з особливостей ЕШП являється видалення шкідливих речовин із шлакової ванни. Але пари, котрі утворюються під час плавки не потрапляють в зону дихання робочого персоналу, тому що вони видаляються вентиляційною системою. Концентрація шкідливих речовин на дільниці складає 1,1... 1,7 мг/м^3 ,

що відносяться до 3-го класу небезпеки (від 1,1 до 10 мг/м^3) згідно ГОСТ 12.1.007-80 . Наслідки знаходження працівників в загазованій атмосфері цеху – відхилення в стані здоров'я, професійні захворювання.

Отже, оператор на пульті управління, котрий знаходиться на відстані 7 м від печі, має можливість знаходитися там без спеціальних засобів захисту безмежну кількість часу.

9.7 Електробезпека в лабораторії

Електробезпека— це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Правила електробезпеки регламентуються правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою. Знання основ електробезпеки обов'язкове для персоналу, обслуговуючого електроустановки і електроустаткування.

Приміщення в якому було проведено науково-дослідну роботу відноситься до приміщень підвищеної небезпеки, тому що в лабораторії є велика кількість електроустаткування, велика кількість дротів, та металічна поверхня приладів які під’єднанні до мережі.

В лабораторії електрошлакових технологій спостерігається: відносна вологість повітря, яка не перевищує 75 % протягом тривалого часу; наявність високої температури, яка перевищує 35 °С протягом тривалого часу; наявність струмопровідного пилу; струмопровідної підлоги (металевої).

Для уникнення враження електричним струмом в лабораторії:

1) забезпечили недоступність струмопровідних частин устаткування від дотику (огородження струмонесучих частин, що передбачено конструкцією електроустаткування; ізоляція та інше);

2) здійснили заземлення корпусу електроустаткування;

3) здійснили перевірку електросистеми перед експлуатацією устаткування, задля виявлення пошкоджень;

4) вилучили небезпеку враження при появі напруги на корпусах, кожухах, та інших частинах електроустаткування, використанням подвійної ізоляції, захисним заземленням;

5) забезпечили всі електроустановки засобами орієнтації.

В лабораторії можливо отримати ураження електричним струмом якщо не дотримувати правил поведінки в лабораторії, чи якщо одне із захисних покриттів зламається.

9.8 Пожежна безпека

Пожежна безпека — стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвитку пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна профілактика передбачає заходи із запобігання та ліквідації пожеж. Для оцінки ймовірності виникнення пожежі при виробничому процесі в ОНТП-24-86 введена класифікація усіх виробництв за ступенем пожежної небезпеки.

В процесі дослідження ми використовуємо не горючі матеріали, які при відновленні, спіканні та плавленні знаходяться у розпеченому чи розплавленому стані. У зв’язку з цим приміщення лабораторії за ступенем пожежної небезпеки згідно з ОНТП-24-86 віднесемо до категорії «Г».

В цілях запобігання пожежі в лабораторії забороняється:

- палити;

- зберігати пальні та легкозаймисті матеріали, не пов’язані з технологічним процесом;

- використовувати електронагрівальні прибори у побутових цілях;

- користуватись зіпсованим електричним устаткуванням, некаліброваними електричними запобіжниками, не заземленими електроприладами;

- захаращувати проходи та виходи;

- захаращувати проходи до засобів гасіння пожежі (вогнегасників, вентильних пожежних кранів).

Усі електрощити повинні бути закриті і постійно знаходитись у хорошому стані та не захаращуватись сторонніми предметами.

У лабораторіях усі установки живляться електричним струмом, тому для їх гасіння використовуються вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-5 (при напрузі 220В) та порошкові вогнегасники (напруга до 1000 В) – МГС (порошок на основі графіту) чи ПК (порошок хлоридів натрію та калію).

Відповідальні особи перед закриттям приміщення проводять ретельний огляд. Перекривають воду та знеструмлюють усі установки. Ключі здають черговому вахтеру.

Співробітники чи студенти, що виявили виникнення пожежі, зобов'язані:

- викликати пожежну допомогу за телефоном 5 - 01 (міський – 101);
- прийняти усі заходи до урятування людей та гасіння пожежі усіма доступними засобами гасіння пожежі.

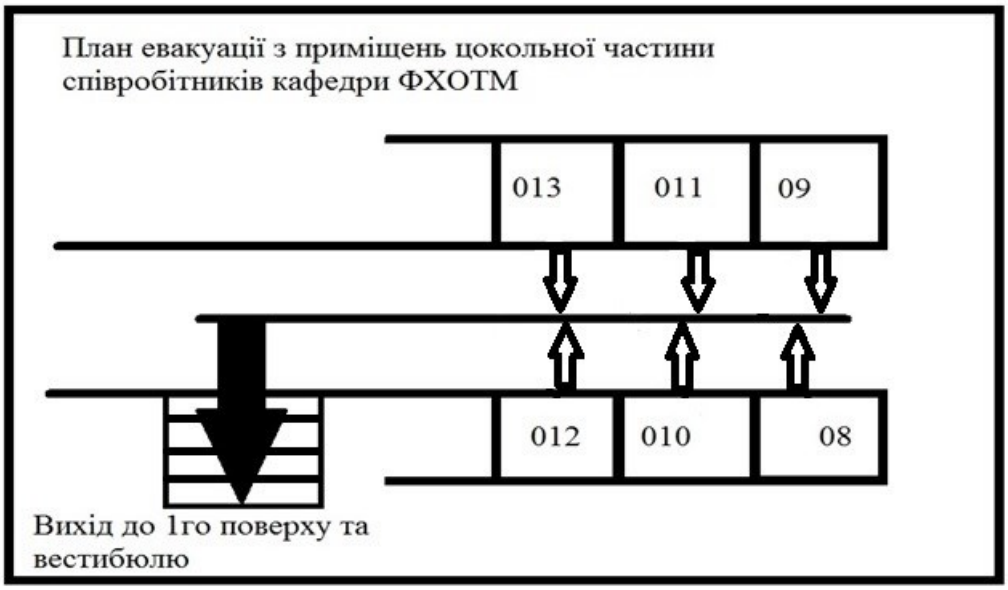

Рисунок 9.2 План евакуації із лабораторії при виникнені пожежі

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі представлено розрахунок устаткування, розрахунок параметрів типового виливка та опис технології його виготовлення методом електрошлакового кокільного лиття.

Дана технологія, як свідчать літературні дані, дозволяє одержувати виливки із щільною структурою та високою якістю поверхні.

В роботі виконані наступні поставлені задачі:

- проведено аналіз технології отримання виливків методом електрошлакового кокільного лиття;

- проведені розрахунки параметрів плавильної установки типу УШ-165, та зроблено її креслення;

- розроблена технологія виготовлення типового виливка «поршень» та підготовлена необхідна графічна документація;

- розроблені заходи щодо автоматизації технологічного процесу плавки. Для керування технологічним процесом використовується регулятор АРШМТ;

- розроблено комп'ютерну програму «Час витримки виливка в кокілі», яка дозволяє по заданим параметрам виливки і кокіля розрахувати оптимальний час витримки виливки в кокілі після заливання рідкого металу;

- проведено розрахунок планової собівартості одиниці продукції, яка склала 1468 грн.;

- розроблено заходи щодо охорони праці та екології при роботі з електрошлаковою установкою УШ-165.

CONCLUSIONS

In this thesis work presents the calculation of the equipment, calculation of parameters and description of a typical casting technology of its production by electroslag chill casting.

This technology, according to published data, lets you enjoy casting a dense structure and high quality surface.

In this paper, the following tasks in:

- Analysis technology for casting by electroslag chill casting;
- Calculations of parameters melting installation type УШ-165, and made her drawings;
- The technology of manufacturing model casting "piston" and prepared the necessary graphic documentation;
- Development of measures to automate the process of melting. For process control knob is used ARSHMT;
- The computer program "Dwell time in kokils casting", which allows you to set parameters and chill mold casting calculate the optimal exposure time casting a kokils after pouring molten metal;
- Calculation of the planned unit cost, which in 1468 UAH;
- Measures designed to protect labor and the environment when working with Electro-installation УШ-165.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ремізов, Г.О. Методичні рекомендації до виконання дипломної атестаційної роботи на ступінь бакалавра за напрямом підготовки 6.050401-металургія, спеціальність- спеціальна металургія [Текст] / Уклад: Г.О. Ремізов, Ю.Я. Готвянський.-К.:НТУУ «КПІ», 2010. - 99 с.
2. Патона, Б.Е. Электрошлаковые печи [Текст] / Б.Е. Патона. и Б.И. Медовара.- К.: Наук. думка, 1976. – 414 с.
3. Патона , Б.Е. Электрошлаковая тигельная плавка и разливка металла [Текст] / Под ред. Акад. Б.Е. Патона, Б.И . Медовара.- К.: Наук. думка, 1988. – 216 с.
4. Китаев, Б.И. Теплотехнические расчеты металлургических печей [Текст] / М.: «Металлургия», 1970 .- 528 с.
5. Егоров, Д.В. Расчет мощности и параметров электропечей черной металлургии[Текст] /.- М.: «Металлургия», 1990. – 280 с.
6. Барбашина, Е.Г. Справочник молодого литейщика[Текст] / Г.Ф. Фокин, Е.Г. Барбашина .- М.: «Высшая школа»,1967. – 320 с.
7. Ремізов, Г.О. Технологія та устаткування спеціальної металургії (електрошлакові печі, конструкції та характеристики) [Текст] / Г.О. Ремізов , Л.Б Медовар, В.Ю. Сухенко.- К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 136 с.
8. Ремізов, Г.О. Плавильні агрегати спеціальної електрометалургії. Атлас у трьох частинах. Ч.П. Електрошлакові печі (навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів) [Текст]/ Г.О. Ремізов, за редакцією Б.Є. Патона, Д.Ф. Чернеги. К.:ІВЦ.-Видав. «Політехніка», 2004. - 114 с.
9. Ткачук, К.Н. Основи охорони праці [Текст]: підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін..; За редакцією К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського .-К.: Основа, 2006. - 448 с.

10. Ткачук, К.Н. Справочник по охране труда на промышленном предприятии [Текст]: / К.Н. Ткачук, Д.Ф. Иванчук, Р.В. Сабрано. – К.: Техника, 1991. - 285 с.
11. Строительные нормы и правила: СНиП 2.09.02-85. Производственные здания [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: 1988. – 40 с.
12. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: нормативно-технічний матеріал . – Київ: 1999. – 20 с.
13. Лазарева, Н.В. Вредные вещества в промышленности. Справочник. [Текст]/ Под. ред. Н.В.Лазарева - М.: Химмаш. – 1986. - 365 с.
14. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности: ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности [Текст]: нормативно-технический матеріал. – Москва: 1986. – 25 с.
15. Литвиненко, Г.М. Природне та штучне освітлення ДБН В.2.5. – 28 – 2006. Природне та штучне освітлення [Текст] / Г.М.Литвиненко, О.М. Вернидуб. – Харків: Торсінг Плюс, 2006. – 672 с.
16. Медовар, Б.И., Ступак Л.М., Бойко Г.А. Электрошлаковый металл [Текст] / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. - К.: Наук, думка, 1981. - 677 с.
17. Чернега, Д.Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів [Текст] / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.; - К.: Вища шк., 2006. – 503 с.
18. Степанов, Ю.А . Специальные виды литья [Текст]/ Ю.А. Степанов .М.: - Машиностроение, 1970. - 224 с.
19. Ефимова, В.А. Специальные способы литья [Текст] / В.А Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; под общ. ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
20. Иванов, К.Н. Экономика переплавных процессов [Текст] / К.Н. Иванов, С.Б. Волков, М.А. Ковалевский. - М.: Металлургия, 1976. - 264 с.