



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ**  
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ  
УКРАЇНИ



## НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

для самостійної роботи студентів спеціальності:  
5.090409.01 «Електрометалургія сталі і феросплавів»  
з дисципліни: «Конструкція електрометалургійних агрегатів»  
за розділом:

### „РУДОТЕРМІЧНІ ПЕЧІ”

Укладач

Г.О. Козлов

РЕКОМЕНДОВАНО  
ПЦК металургійних дисциплін  
НТ НМетАУ

НІКОПОЛЬ, НТ НМетАУ  
2005

# ЗМІСТ

Вступ	
Загальна характеристика руднотермічної печі	4
1.1 Ванна печі	5
1.2 Футерівка печі	5
1.2.1 Сушіння і розігрівання печі	7
1.3 Пічний трансформатор	8
1.3.1 Схема з'єднання і виводів	8
1.3.2 Регулювання вторинної напруги	8
1.3.3 Реактивність трансформатора	8
1.3.4 Термічна стійкість	9
1.4 Коротка мережа	9
1.5 Контактні щоки	9
1.6 Склепіння печі і газовідвід	10
1.7 Електроди, пристрій для перепуску електродів	11
1.7.1 Застосовувані електроди	11
1.7.2 Пристрій для перепуску електродів	12
1.7.3 Виготовлення залізних кожухів	13
1.8 Електродотримач, його підвіска	13
1.8.1 Тип електродотримача	13
1.8.2 Електродний затиск	13
1.8.3 Механізм пересування	15
1.8.4 Лебідка	15
1.8.5 Водяне охолодження	15
1.8.6 Електрична ізоляція	16
1.9 Розподільний пристрій високої напруги	17
1.10 Пристрій для пропалювання і закладення льотки	17
Механізм обертання ванни	17
Автоматизована система керування технологічним процесом (АСУ ТП)	18
Газоочистка пічних газів	18
Технічне обслуговування та ремонти печі	19
Література	23

## ВСТУП

Розвиток виробництва феросплавів забезпечувався розвитком науки і техніки в галузі ефективного перетворення електричної енергії в теплову, удосконалення конструкцій плавильних печей та технологічних процесів, розробка високовогнетривких матеріалів, використання засобів механізації, автоматизації та обчислювальної техніки. Для подальшого розвитку чорної та кольорової металургії необхідно корінне покращення якості і збільшення випуску ефективних видів металопродукції, широке технічне переозброєння підприємства цієї важливої господарчої галузі. Для успішного вирішення даної проблеми необхідно прискорено розвивати виробництво феросплавів на основі розширення мінерально-сировинної бази, створення високоефективної замкнутої безвідходної та маловідходної технології.

Науково-технічний і економічний потенціал країни в більшій мірі визначається рівнем та темпами практичного використання результатів наукових досліджень.

Україна має унікальні запаси родовищ марганцю поблизу м. Нікополя, але металургійна якість цих руд відноситься до кварцево-пісчано-марганцевоносною формації і в порівнянні з марганцеворудною сировиною родовищ більшості країн (ПАР, Габон, Австралія, Бразилія, Індія та інші) низька. Виробленні з використанням низькоякісних руд марганцеві феросплави внаслідок високого вмісту в них фосфору (0.4 - 0.6 %) мають низьку споживацьку цінність. В зв'язку з цим добування, збагачення й металургійна переробка низькоякісної марганцеворудної сировини вітчизняних родовищ вимагають значних матеріальних і енергетичних витрат, а корисне використання Mn від добутої руди до марганцевих феросплавів не перевищує 50 %.

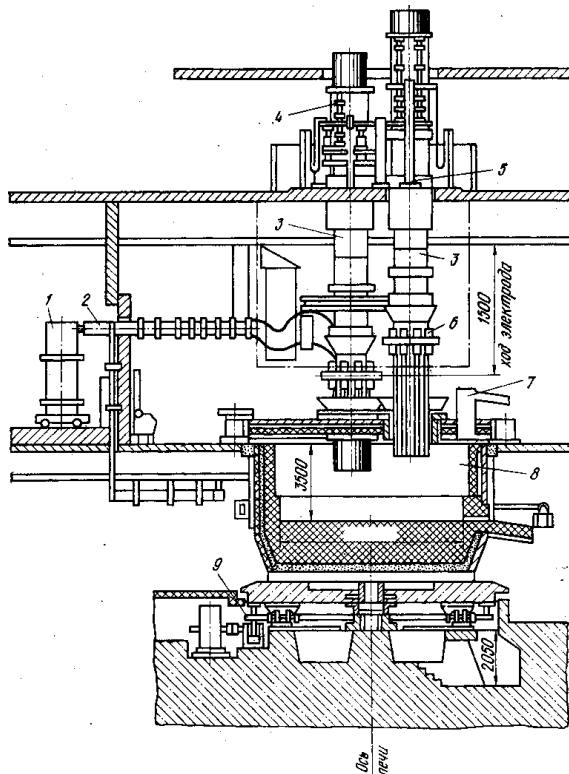
Головним напрямком удосконалення процесу в марганцевій промисловості країні є отримання низькокремнеземистих і низькофосфористих марганцевих концентратів. При наявності такої марганцевої сировини стає можливим отримання високоякісних феросплавів.

Організація виплавки феромарганцю безфлюсовим способом з отриманням переробного марганцевого шлаку, який потім використовується для отримання товарного низькофосфористого силікомарганцю, є перспективним напрямком розвитку феросплавного виробництва. Практичне застосування цього виду виробництва на Нікопольському заводі феросплавів показує, що безфлюсовий спосіб є більш економічний і ефективний ніж звичайний (флюсовий) спосіб отримання сплаву. При цьому багатий марганцевий шлак високої якості за вмістом фосфору може не використовуватись для підшихтовки до вихідного концентрату (руди, агломерату) для отримання необхідного вмісту фосфору в сплаві.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНОТЕРМІЧНОЇ ПЕЧІ

Промислова руднотермічна піч є складним електromеталургійним агрегатом, у який входять:

- ванна, у ній протікають усі металургійні процеси;
- футерівка печі;
- пічний трансформатор, що служить для перетворення високої напруги в робочу напругу печі;
- коротка мережа, тобто мережа низької напруги, що передає енергію від трансформатора до електродів;
- контактні щоки;
- склепіння;
- електроди, що служать для подачі робочої напруги в піч, пристрій для перепускання електродів;
- електродотримачі з лебідками;
- розподільний пристрій високої напруги ( апаратура виміру, керування і захисти; апаратура автоматичного регулювання навантаження);
- апарат для пропалювання льотки.



- 1-трансформатор; 2-коротка мережа; 3-електроди; 4-механізм перепуску електродів;  
5- механізм переміщення електродів; 6-електроконтактний вузол; 7- газовідвід;  
8- ванна печі; 9- механізм обертання ванни.

Рисунок 1 - Загальний вигляд печі

## 1.1 ВАННА ПЕЧІ

Параметри ванни печі і, зокрема, внутрішній діаметр ванни вибирають, виходячи з діаметра електрода, діаметра розпаду електродів, що є у свою чергу функцією діаметра електрода і роду виплавлюваного сплаву, і припустимої величини зазору між електродом і футеровкою. Піч має ванну круглої форми. Стінки ванни виконуються в більшості випадків з невеликим ухилом для економії кладки у верхніх обрях колошника. Подина печі складена з вугільних блоків і ізольована кладкою із шамотних цеглин і шаром підсипання із шамотної крупки. Бічні стінки на висоті 0,5-1,0 м від подини складені також вугільними блоками, а вище – кладкою із шамоту. Вугільна стінка ізольована шаром шамоту і шаром підсипання. Для виплавки ферохрому ванна печі футерується магнезитовою цеглою.

Кожух ванни виконується з котельні стали товщиною 25мм і забезпечується 5 горизонтальними поясами твердості, виконуваних з листового і профільного заліза, і іноді вертикальними ребрами з метою протидії зусиллям, що розривають, виникаючим у результаті теплового розширення кладки і місцевих витріщань. У закритих печах роль верхнього пояса твердості виконує корито пісового або рідинного затворів. Кожух у районі льотки необхідно підсилювати, для чого застосовують масивні чавунні або сталеві рами, що прикріплюються до кожуха так, що утворюють обрамлення випускного вікна, або додатковими ребрами жорсткості, до яких кріплять литу або ж зварену арматуру льотки. Кожух печей з вугільної футеровки повинний бути герметичний для запобігання її від вигорання через підсмоктування повітря. Днище кожуха може бути сферичним, конічним і плоским. Могутні трифазні печі з круглою ванною, що працюють на виплавці сплавів безперервним процесом, мають одну-дві, а іноді і три льотки. При цьому найчастіше робочої є одна льотка, а інші резервні. В окремих випадках кожух печі або частина його прохолоджується зовні водою за допомогою бризків або закладених у футеровку холодильників, що водоохолоджуються. Звичайно виробляється охолодження подини печі повітрям, що нагнітається вентилятором у простір між балками.

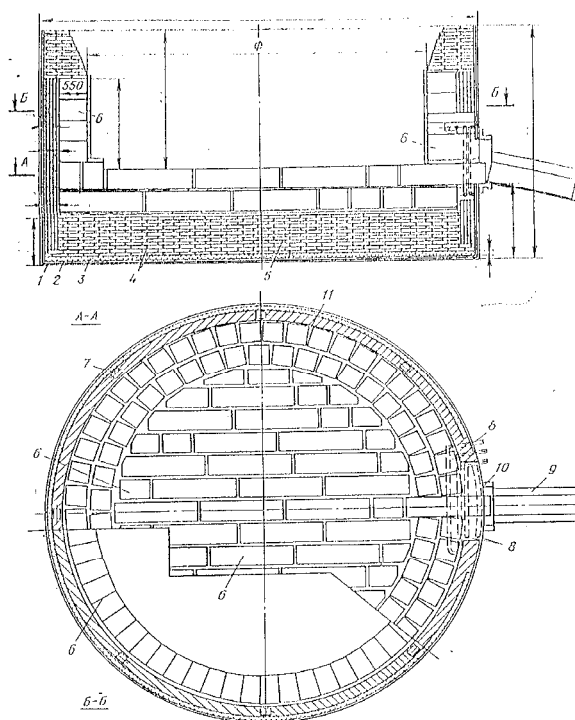
## 1.2 Футерівка печі

Футерівка руднотермічної печі виконується зі стандартних по якості і розмірам вогнетривких матеріалів, а також застосування вугільних подин, стійких термічно і хімічно для більшості процесів.

Існують кілька способів зборки подин:

- Кожен горизонтальний ряд збирається попередньо насухо, блоки підчісується з усіх боків з метою одержання найбільш рівних площин торкання, а потім притираються друг до друга. Перед укладанням блоки підігріваються до температури близько 80°C і

при укладанні площини зіткнення змазуються гарячою смолою. Шви ущільнюються ударами кувалд, використанням клинів. По закінченні укладання шви заливаються зверху гарячою смолою.



1 – кожух ванни; 2 – листовий азбест; 3 - шамотний порошок;  
 4 - високоглиноземиста цегла; 5 – шамотна цегла; 6 – вугільні блоки;  
 7 – канал для виходу газів; 8 – мідна труба; 9- льотка; 10 – льоточна плита;  
 11 – набивання.

Рисунок 2 - Футерівка феросплавної печі

- Другий спосіб, попередня зборка не виробляється і блоки, не підігріваються перед укладанням. Припасування обов'язкове для одержання мінімальних швів. Блоки обмазуються смолою по площинах зіткнення, шви заповнюються пастою з добре прожареного антрациту на вареній смолі.
- Третій спосіб, при укладанні не переслідується мета одержання мінімальних щілин, навпаки, блоки укладаються на такій відстані, щоб між ними вільно проходило трамбування. Завдяки цьому ширина щілин досягає 50мм. Блоки не підігріваються і не обмазуються смолою. Щілини між блоками заповнюються підігрітою подовою масою, що ущільнюється нагрітими трамбуваннями. Щілини між кладкою і блоками ущільнюються подовою масою. Між горизонтальними рядами блоків укладаються

подушки з подової маси, що ущільнюється також трамбуваннями. Шамотна подушка під вугільною подиною повинна виконуватися з вогнетривкої шамотної цегли 1-го сорту, класу А. Шамотна крупка для засипання повинна бути просіяного, просушеного й очищеної від пилу.

Вогнетривкі матеріали, застосовувані для кладки електропечей, повинні володіти високої вогнетривкості і термостійкістю, мати достатню механічну міцність, особливо при високих температурах. Вогнетривкі матеріали можна класифікувати по декількох ознаках.

По хімічному складу. Вогнетриви нейтральні, у них переважають амфотерні окисли глинозему й окисли хрому (шамотні, високоглиноземисті, хромомagneзитові). Шамотні вогнетриви містять 30÷45 %  $Al_2O_3$  і 55÷70%  $SiO_2$ . Сировиною для їхнього виготовлення є вогнетривкі глини. Шихта складається із сирої і попередньо обпаленої глини; основним фізико-хімічним процесом, що протікає при випалі сформованого виробу, є процес утворення муліту ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) зі спочатку присутнього в сирій глині з'єднання  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  при температурі 1300 ÷ 1400°C. Цей процес протікає зі значним зменшенням обсягу, що і змушує використовувати частково попередньо обпалену глину, що зветься шамоту. Вогнетривкість шамотних виробів звичайно коливається в межах 1740÷1850°C, однак вони характеризуються досить низькою температурою початку деформації під навантаженням, що не перевищує, як правило, 1450÷1520°C. Шамотні вироби застосовують для кладки нижніх шарів поди, що прилягають до кожуха, футеровки стін феросплавних печей.

Таблиця 1.1 - Теплофізичні характеристики деяких вогнетривких матеріалів

Матеріал	$\lambda$ , Вт(мК)	Ср, Дж/(кг·К)	$\rho$ , кг/м <sup>2</sup>	Температура застосування °С
Шамот	0,7+00064t	065+0.210t	1800-2000	1300
Високоглиноземистий	1,76-0.00023t	835+0,250t	2400	1600
Вуглець	3,14+0.0021t	–	1350-1650	>2500

### 1.2.1 Сушіння і розігрівання печі

Сушіння печі є відповідальною операцією, виконання якого впливає на термін служби футеровки. Сушіння повинне проводитися за графіком, складеному з урахуванням розмірів печі і роду футеровки. Піч попередньо протягом близько 1,5 доби підсушується березовими дровами. Після видалення золи у ванну завантажуються ливарний кокс і рівномірно

розподіляється по подині шаром близько 40-50 см. Піч включається, і електроди опускаються на кокс. Застосування термопари, закладеної в кладку подини, є дуже гарним засобом контролю за ходом сушіння і розігріву. Тривалість сушіння і розігріву варіюється в залежності від розміру ванни. Зовнішніми ознаками, що свідчать про те, що сушіння закінчене, є припинення виділення пар води і продуктів сублимації смоли з каналів. Тому що вугільна футеровка шахти протягом усього періоду сушіння оголена, необхідно її охоронити від вигоряння. З цією метою до сушіння на вугілля наноситься кистю тонкий шар вапняного розчину.

### **1.3 ПІЧНИЙ ТРАНСФОРМАТОР**

#### **1.3.1 Схема з'єднання і виводів**

Обмотки вищої напруги трансформатора повинні бути розраховані на лінійну напругу мережі і повинні бути включені за схемою трикутника. Обмотки нижчої напруги повинні також включатися за схемою трикутника; кінці і початку їх повинні бути виведені з баку.

Достоїнства такої конструкції полягає в наступному:

1. Зменшується реактивний опір трансформатора.
2. Представляється можливість вибрати рівнобіжне або послідовне з'єднання обмоток фази між собою, що дуже важливо при експлуатації в разі потреби зниження або підвищення робочої напруги вдвічі зі збереженням тієї ж потужності.
3. Представляється можливість вибрати найбільше раціональну схему короткої мережі, розрахованої на лінійний або фазний струм.

#### **1.3.2 Регулювання вторинної напруги**

Наявність ступенів вторинної напруги є відмінною рисою пічного трансформатора. Східчає регулювання виробляється переключенням числа витків первинної або вторинної обмотки, тобто зміною коефіцієнта трансформації, а, отже, і вторинної напруги трансформатора. У пічних трансформаторах, відгалуження для зміни коефіцієнта трансформації завжди виконуються на первинній обмотці (вищої напруги).

#### **1.3.3 Реактивність трансформатора**

Реактивний опір пічного трансформатора не повинний перевершувати значень, звичайних для нормального виконання. В установках великої потужності сумарна реактивність короткої мережі і трансформатора є достатньою для забезпечення спокійної роботи печі. Параметри реактора вибираються такими, щоб загальний реактивний опір всієї установки був достатнім для обмеження струмів коротких



експлуатаційних замикань до величини, що не перевищує триразового номінального струму.

### **1.3.4 Термічна стійкість**

Термічна стійкість є одним з істотних вимог до конструкції пічного трансформатора. Трансформатор руднотермічної печі працює безупинно з повним навантаженням. Значних короткочасних перевантажень трансформатора звичайно не буває. Печні трансформатори звичайно встановлюються в безпосередній близькості від печей, тобто в умовах підвищеної температури і підвищеного запилення повітря. Тому вони повинні забезпечуватися форсованим надійно діючим штучним охолодженням.

### **1.4 КОРОТКА МЕРЕЖА**

Коротка мережа печі складається з трьох основних ділянок, типових для короткої мережі дугових печей, що розрізняються розмірами, формою провідників і їхнім розташуванням. Це шинний пакет, гнучка частина і струмопровід до електродів. Першим від трансформатора ділянкою є шинний пакет. Матеріалом для нього служать або мідні смуги або мідні труби. Шинний пакет, завдяки далекості від печі, знаходиться в порівнянні з іншими ділянками в порівняно сприятливих температурних умовах. Основними вимогами до нього є мінімальні втрати потужності і мінімальна реактивність. Гнучкий струмопровід виконується або з гнучких голих мідних кабелів або з тонких мідних стрічок, що збираються в пакети. Струмопровід до електродів виконується з мідних труб, охолоджуваних водою.

Технічні якості короткої мережі визначаються наступної:

1. Довжиною короткої мережі.
2. Електричною схемою.
3. Навантаженням на струмопровід.
4. Формою і перетином шин і їхнім розташуванням.

### **1.5 КОНТАКТНІ ЩОКИ**

Контактні щоки, що служать для передачі електричної енергії з короткої мережі до електродів. Контакт між щокою й електродом представляє контакт непостійний унаслідок періодичних перепусків електродів, що виробляються звичайно 1-2 рази в добу. Умови служби контактної з'єднання обмежуються високою температурою на колошнику, наявністю гарячих газів, пилу і свищів. Питомий опір матеріалів, що беруть участь у контакті, має першорядне значення.

Збільшення опору в контакті обумовлено подовженням шляху струму в провіднику і зменшенням перетину провідника. Найкращим матеріалом для контактних щік є сплави на основі міді. Контактні щоки в

основному виготовляють з міді і червоного томпаку, що містить невелику кількість цинку. Олово припустиме лише як неминуча домішка, від якої важко позбутися. Контактні щоки звичайно забезпечуються водяним охолодженням, до кожної щоки підходить одна струмопровідна трубка, що подає або відводить воду. Схема охолодження збирається таким чином, що дві сусідні щоки виявляються включеними послідовно, так що умови їхнього охолодження стають різними. Така схема дуже проста, але страждає тим істотним недоліком, що не дає можливості по температурі води контролювати стан кожного контакту. Послідовне включення щік з метою їхнього охолодження здійснюється за допомогою мідної трубки, називаною «лірою». Ліра повинна пропускати тільки воду, однак практично вона пропускає й електричний струм, величина якого залежить від співвідношення опорів на контакті обох щік з електродом. Таким чином, причина дуже частих простоїв печей через перегорання лір має свої корені в поганому контакті щоки з електродом. З метою перешкодити проходові зрівняльних струмів по лірах, їх іноді роблять складеними з двох частин, що з'єднують за допомогою фланців, уживаючи як прокладку клингерит. Недоліками таких лір є громіздкість і прояв течі води. Щоки за допомогою ізолюючих підвісок кріплять до нижнього кільця несучого циліндру. При роботі контактні щоки, так само як і всі інші деталі електродотримача, покриваються шаром пилу й окису кремнію, що конденсує з пар. Цей шар, пухкий за структурою, є гарним теплоізолятором і природним захистом від безпосереднього впливу полум'я колошника. Його не слід порушувати.

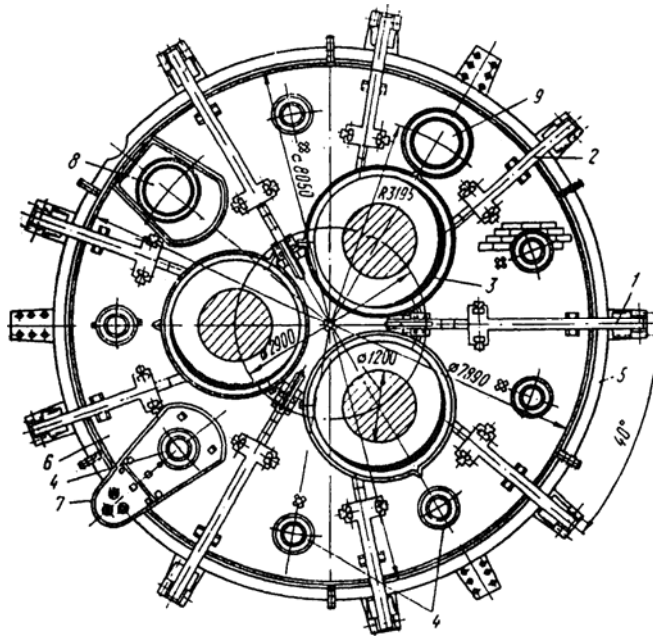
## 1.6 СКЛЕПІННЯ ПЕЧІ І ГАЗОВІДВІД

Склепіння печі для вуглетермічних процесів повинний забезпечувати повну герметизацію підсклепіневого простору, тому що, що утворюються в процесі проведення відбудовної плавки газу містять близько 85,0 % CO і є високотоксичними і вибухонебезпечними. Для попередження вибуху через підсмоктування повітря печі працюють з позитивним тиском під склепінням 5 Н/м<sup>2</sup>.

Для запобігання вибивання газу з-під склепіння застосовують ущільнення у виді піскового затвора. У печах, де завантаження шихти ведеться в лійку навколо електрода, ущільненням при цьому служить сама шихта. Домогтися повної герметизації в цьому випадку практично неможливо і на поверхні шихти з'являються язички полум'я окису вуглецю, що згоряє. Якщо завантаження шихти ведеться по трубах, то ущільнення електродів у склепінні здійснюється двома способами: водяником затвором або чепцевим набиванням. Найбільш широке поширення одержав металевий десятисекційний водоохолоджуєме склепіння, що знизу футерується вогнетривким бетоном, а зверху шамотною цеглою. Секції збираються у кільці склепіння і підвішують до

дев'яти кронштейнів, що спирається на робочу площадку. Кільце і кронштейни також прохолоджуються водою. Окремі секції склепіння одна від іншої і склепіння у цілому електроізольовані. У склепінні маються три отвори для електродів, у які вставляють трьох секційні завантажувальні лійки з вогнетривкого бетону з мідним змішувником, що водоохолоджується. Для прийому шихти на лійки встановлюють металеві або бетонні обичайки.

Крім того, у зводі маються два отвори для установки газовідводів, що ведуть до газоочистки, і сім отворів вибухових клапанів. Газовідвід добору газу приєднується до склепіння за допомогою водоохолоджуємої склянки і має усередині форсунки для змиву пилу.



- 1, 2 – опорні кронштейни; 3 – обичайки; 4 – кришка вибухового клапану;  
 5 – кільце склепіння; 6 – водоохолоджувальна секція склепіння;  
 7 – корпус газовідводу; 8 – кришка; 9 – кришка відсічна.

Рисунок 3 - Склепіння печі

## 1.7 ЕЛЕКТРОДИ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕПУСКУ ЕЛЕКТРОДІВ

### 1.7.1 Застосовувані електроди

У руднотермічних печах виняткове застосування одержали саме набивні електроди, що самоспікаються, які замінили вугільні електроди там, де за технологічними умовами не є критичним навуглецювання сплаву або насичення його залізом. Цим умовам відповідає виробництво вуглецевих феросплавів безперервним вуглетермічним процесом. Межа

застосування електродів, що самоспікаються, обмежується наявними умовами їх випалу, який відбувається над колошником плавильної печі в процесі нормальної роботи печі і відбувається в результаті теплової дії струму, що протікає по електроду, і нагрівання від ванни. Отже цей випал залежить від щільності струму в електроді, від потужності дуг і стану колошника, від довжини і розмірів зовнішньої поверхні робочого кінця електрода. Величина «порожнечі» в електроді визначає висоту стовпа маси в електроді над контактними щоками. «Порожнеча» повинна бути якнайменше. Електроди потужних печей вимагають штучного охолодження. Воно здійснюється установкою на нижньому кінці мантеля на висоті до 2 м над щоками водоохолоджуємими манжетами і пропущенням у проміжок між мантелом і електродом струму, повітря.

### 1.7.2 Пристрій для перепуску електродів

В міру згоряння електрода виникає необхідність перепускати його, тобто подовжувати робочий кінець. Таке перепускання електродів здійснюють за допомогою спеціального пристрою без відключення печі. Таким пристроєм є пружинно-гідролічний пристрій кліщового типу, що кріпиться на траверсі гідропідіймника або на рамі верхнього кінця несущого циліндра. Конструкція верхнього і нижнього кільця однакова. Затиснення електрода в кільце здійснюється пружинами, віджимання кільця - гідролічним циліндром. Коли електрод не перепускається, він затиснутий одночасно верхнім і нижнім кільцями. Для здійснення прямого перепускання розтискається нижнє кільце. Електрод разом з верхнім кільцем опускається вниз, прослизавши в щоках. Після цього знову затискають електрод у нижнє кільці і потім розтискають верхнє кільце. Звільнене верхнє кільце трьома гідролічними домкратами повертається у вихідне положення.

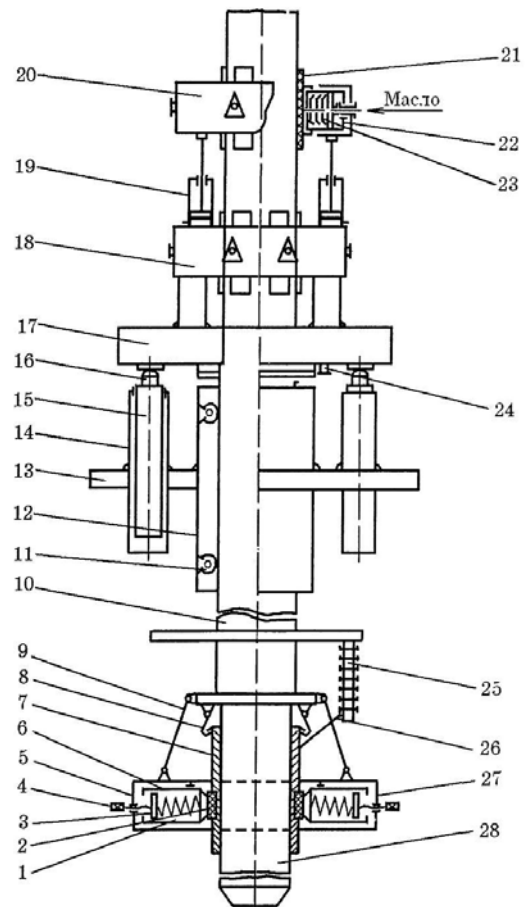


Рисунок 3 - Електродотримач

Перевагою цієї конструкції є можливість дистанційного керування операцією перепускання електродів.

### **1.7.3 Виготовлення залізних кожухів**

Кожухи виготовляють з листового заліза. У готовому кожусі ребра повинні бути спрямовані строго радіально. Зберігати їх необхідно в приміщенні або під навісом у стоячому положенні.

Поверхня їх повинна бути протерта відпрацьованою трансформаторним мастилом.

## **1.8 ЕЛЕКТРОДОТРИМАЧ, ЙОГО ПІДВІСКА**

### **1.8.1 Тип електродотримача**

Електродотримачі, по своїй конструкції можуть бути об'єднані в двох груп - електродотримачі підвісного типу й електродотримачі консольного типу. У руднотермічної печі електродотримачі підвісного типу і застосуються для електродів великих перетинів. Електродотримач складається з електродного затиску з контактними щоками і несучої циліндром. Він повинний забезпечувати надійність затиснення, підвіски і переміщення електрода з

необхідною швидкістю, надійність і зручність перепуску електродів, мінімальні втрати електроенергії, забезпечувати належний тепловий режим випалу самоспівливих електродів. Електродотримачі піддаються впливові тепловипромінювання колошника й омиваються гарячими газами, пил і окисли легковогняючих металів осаджуються на них.

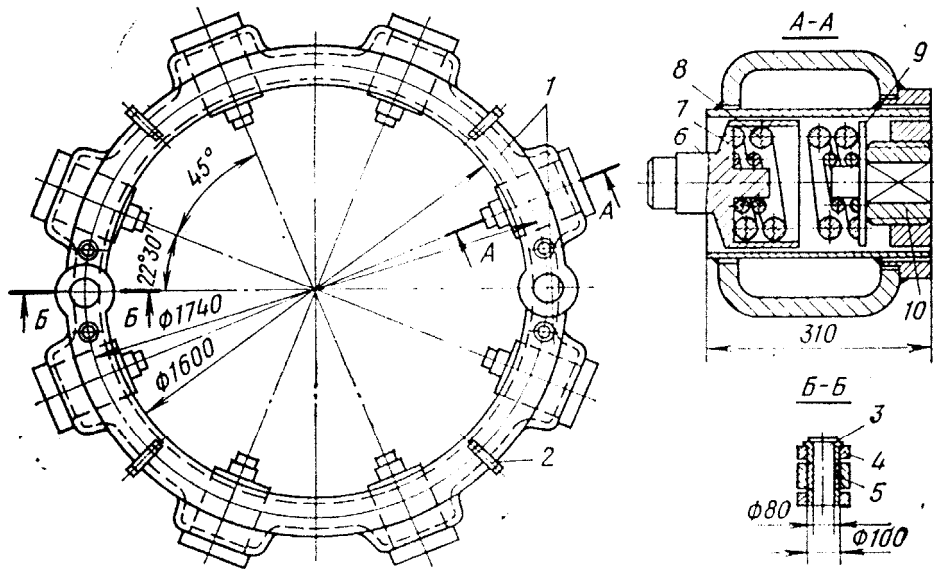
Незалежно від виконання, кожен електродотримач складається з наступних вузлів і конструкцій:

- 1) електродного затиску;
- 2) конструкції підвісу електрода;
- 3) механізму пересування;
- 4) лебідки;
- 5) системи охолодження.

### **1.8.2 Електродний затиск**

Електродний затиск є найбільш відповідальним вузлом електродотримача. Він складається з кільця, контактних щік і механізму затиску них. Його призначення - забезпечити необхідний тиск для одержання гарного електричного контакту електрода з затискними струмопровідними щоками і для втримання електрода від прослизання в піч.

В електродотримачах підвісного типу, при електродах великого діаметра, і затискне кільце і щоки підвішуються до спеціального литого сталевого кільця, що облямовує нижній кінець мантеля. Вертикальні вушка кільця служать для підвіски щік, горизонтальні - для підвіски затискного кільця. Останнє підвішується за допомогою труб, що включаються в систему водяного охолодження кільця послідовно з ним. Щоки підвішуються за допомогою сталевих планок і серги, що електричноізолюються друг від друга мікантиновими прокладками і втулками. Цей підвіс розраховується на навантаження ваги електрода. Ізоляція щік від мантеля має та ж мета, що й ізоляція натискного гвинта, тобто необхідність уникнути яких би те ні було шунтованих електродних ланцюгів між щоками. Деталі підвіски щік охоплюються зовні манжетами холодильника, що захищають їх від тепловипромінювання колошника.



1 – півкільця; 2 – вушко; 3 - палець; 4, 5 – бронзова втулка; 6 – упор;  
7, 8 -пружина; 9 – натискна шайба; 10 – регулювальний гвинт.

Рисунок 4. Кільце пружинного затиску електродотримача печі

Вага електрода, щік і натискного кільця передається на мантель, що представляє собою циліндр із котельні стали товщиною 4-6 мм, що охоплює електрод майже по всій його висоті. Діаметр мантеля довше діаметра електрода на 100-160мм. Просвіт, що утвориться, між мантелем і електродом служить каналом для повітря, що нагнітається в мантель

вентилятором. Повітря направляється вниз до щік: з цією метою верхній кінець мантиля постачений гумовим ущільнювачем, притиснутим до електрода. Таким чином, мантиль дотепно дозволяє кілька задач: підвіс електрода, захист його від тепловипромінювання і газів колошника й охолодження для підтримки електродної маси в необхідному фізичному стані. Мантиль у своїй нижній частині несе на собі траверзи, до яких підвішуються рухливі башмаки і струмопідводні трубки, а також іноді водяну сорочку. У верхній частині він несе кронштейни зі стрічковим гальмовим пристроєм і блоками для підвісу всієї конструкції.

### **1.8.3 Механізм пересування**

Електродотримач підвісного типу підвішується до лебідки за допомогою блоків, прикріплених до кронштейнів, що несуть гальмовий пристрій, або до спеціальних кронштейнів на мантилі. Завдяки мантилю, конструкція цього підвісу виходить дуже простий. Оскільки мантиль знаходиться під напругою, блоки електричноізолюються від нього. Підвіс міститься звичайно над електродною площадкою: площадка ізолює блоки і троси від колошника, що створює нормальні умови для їхньої служби і надійність у роботі. Отвір у площадці, що служить для проходу мантиля, ущільнюється за допомогою гумового або шамотного кільця, що ізолює мантиль від площадки. Незважаючи на це ущільнення, через щілини в приміщенні набивання електродів проникають гази і колошниковий пил. Недоліком електродотримачів підвісного типу є можливість перекосів електродів.

### **1.8.4 Лебідка**

Лебідка двох барабанна по числу крапок підвісу мантиля. Діаметр барабана 450мм. Передач три: черв'ячна з передаточним числом 55, перша шестеренна з передаточним числом 81/15 і другим шестеренна з передаточним числом 132/20. Даний приклад є типовим для лебідок, керуючих набивними електродами великих розмірів і не постачених противагами. Для надійної роботи лебідки основне значення має місце її розташування. Лебідка повинна знаходитися в місці, ізольованому від колошника, тобто забезпечена від стороннього нагрівання і від запилення колошниковим пилом.

### **1.8.5 Водяне охолодження**

Температура в зоні роботи електродотримача на печі досягає 400<sup>0</sup>С, а у випадку утворення свищів може підніматися до 1000<sup>0</sup>С. Електродотримачі розташовані поблизу від колошника і мають потребу в штучному охолодженні. Контактні щоки, незалежно від потужності, завжди забезпечуються водяним охолодженням. Пекти ведучий процес із

закритим колошником, може працювати і з неохолодженим затиском. Конструкція, що несе електродний затиск, захищається екранами, якщо колошник не дуже гарячий, або забезпечується водяним охолодженням у ділянках, підданих найбільшому нагріванню. Водяне охолодження виконується шляхом приварки водопровідних труб або наварювання смуг, куточків таким чином, щоб утворилася замкнута порожнина, що зможе служити як водопровід або водяник сорочки. На закритих печах додатково мають ланцюги водяного охолодження зводу, завантажувальних лійок і трубозбігів, водяного затвора і газовідводу. В окремих випадках передбачають також охолодження кожуха печі або амбразури льотки. Охолодження кожного електродотримача повинне бути незалежним. Ланцюга охолодження щік повинні бути також незалежними і електроізолюваними від всіх інших ланцюгів охолодження. Слабким місцем водяного охолодження є ніпельне з'єднання.

Таким чином, руднотермічна піч, що працює з набивними електродами, має наступні ланцюги водяного охолодження на електродотримачі:

- 1) охолодження струмопідводних трубок і контактних щік,
- 2) охолодження натискного кільця,
- 3) охолодження мантиля,
- 4) охолодження захисного кожуха (установлюваного на ділянці електрода між жоками і мантилем),
- 5) охолодження поверхні несущих конструкцій на ділянках, найбільш нагріваючись від колошника.

Колектор і зливальний бачок системи, що водоохолоджує, печі повинні бути розташовані поблизу від печі таким чином, щоб можна було, коштуючи на робочій площадці, бачити воду, що зливається з трубок, і пробувати температуру її рукою. Різка зміна температури води, що зливається з якого-небудь ланцюга, указує на якесь відхилення від норми. Щоб уникнути відкладення шумовиння на стінах охолоджуваних деталей і трубопроводів температура охолодної води, що відходить, не повинна перевищувати  $50^{\circ}\text{C}$ .

Бажана хімічна підготовка води стабілізуючими добавками. Тиск води в живильних галузях повинне складати не менш  $0,3 \text{ мН/м}^2$ . На закритих печах додатково мають ланцюги водяного охолодження склепіння, завантажувальних лійок і трубозбігів, водяного затвора і газовідводу.

### **1.8.6 Електрична ізоляція**

В електродотримачах підвісного типу ізоляція встановлюється:

- у вузлі кріплення ролика, що служить для підвісу електродотримача до лебідки;
- у місці проходу мантиля або електрода крізь перекриття робочої площадки;



- у ланцюзі водопроводу у виді прогумованих шлангів довгої близько 2м;
- у ланцюзі повітропроводу також у виді прогумованих шлангів.

Стан ізоляції потрібно контролювати оглядом при кожній зупинці печі на профілактичний ремонт і перевіркою за допомогою індуктора.

### **1.9 РОЗПОДІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ВИСОКОЇ НАПРУГИ**

До високовольтного розподільного пристрою відноситься наступне основне устаткування, що знаходиться під високою напругою:

- а) шинна полиця й ошиновка камер розподільного пристрою;
- б) роз'єднувачі;
- в) масляні вимикачі;
- г) трансформатори струму і напруги;
- д) високовольтні кабелі і кабельні лійки.

Крім того, до високовольтного розподільного пристрою відноситься наступне допоміжне устаткування, призначене для цілей керування, захисту виміру і сигналізації:

- а) щит керування разом з допоміжною апаратурою і вторинною комутацією;
- б) вимірювальні прилади;
- в) релейний захист;
- г) захисне заземлення.

### **1.10 ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРОПАЛЮВАННЯ І ЗАКЛАДЕННЯ ЛЬОТКИ**

У більшості випадків льоткові пропалюють електричною дугою, користуючись спеціальним пристосуванням. Апарат підключений до однієї з фаз пічного трансформатора на напругу між фазою і подиною печі. Рідше такий апарат одержує харчування від спеціального трансформатора. Апарат має ізольовану ручку, і його підвішують до обертової консолі, прикріпленої до несучої колони або кожуха печі. Льоткові пропалюють залізною лозиною або безпосередньо електродом. Також широко використовують кисневого прожогу, оброблення льотки свердлінням. Закладення льотки механізоване. Для цієї мети використовують пневмогармати або машини з електромеханічним приводом, що видавлюють масу для закладення льотки безпосередньо в льоточний канал.

### **МЕХАНІЗМ ОБЕРТАННЯ ВАННИ**

Ванна печі встановлена на «гребінку», виконану з двотаврових балок, що у свою чергу спираються на верхній лист піддона. До нижнього листа піддона кріпляться стійки опорних ковзанок, що переміщуються по круговій рейці прямокутного перетину.

До днища піддона кріпиться складальний зубцюватий вінець, що складається з привареної до днища кільцевої стійки і привернутих до неї зубцюватих секторів відомої конічної шестірні.

Привід механізму обертання складається з двигуна, трьох послідовно з'єднаних редукторів і малої конічної шестірні, що входить у зачеплення з веденою шестірнею.

Центральною опорою ванни служить двох'ярусний роликовий сферичний підшипник, встановлений у корпусі і закритий кришкою; корпус закріплений на фундаменті. Один оберт ванна проходить за 50 - 60 год. При обертанні ванни печі склепіння не рухається. Механізм обертання ванни.

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ (АСУ ТП)**

Автоматична система управління технологічним процесом забезпечує високу продуктивність плавильних печей, покращує умови роботи людей, підвищує якість сплаву, знижує собівартість продукту. Уся система АСУ ТП керується за допомогою ЕОМ, яка в свою чергу виконує такі функції: вибирає оптимальний режим процесу плавки; виконує автоматизований централізований контроль основних економічних показників роботи печі; розраховує кількість електроенергії, легуючих елементів, кисень, шлакоутворюючих матеріалів; видає технологічну операцію персоналу печі; контролює запаси лома, легуючих елементів.

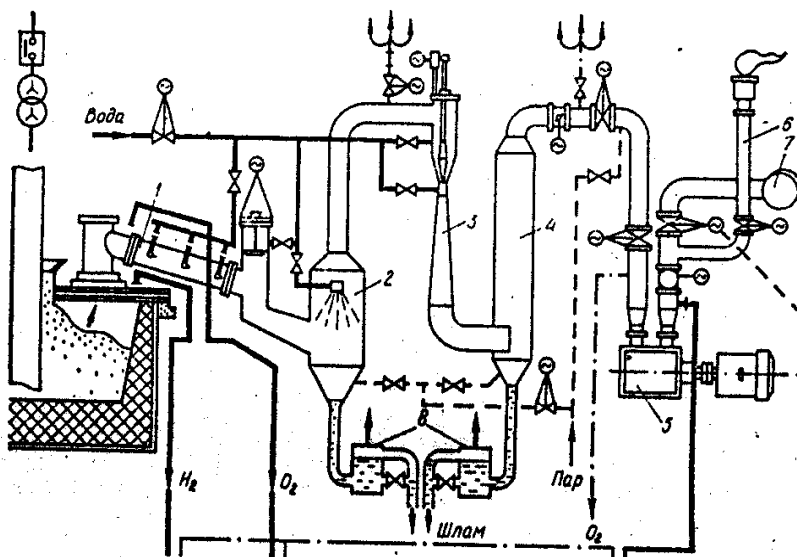
### **ГАЗООЧИСТКА ПІЧНИХ ГАЗІВ**

Для захисту обслуговуючого персоналу й навколишнього середовища феросплавні печі, що працюють вуглецевотермічним процесом обладнаються мокрою системою газоочистки, що відсмоктує газ з-під склепінного простору. При цьому способі пил від газу відокремлюється в трубах Вентури (схема мокрої системи газоочистки наведена на малюнку 5). Запилений газ відсмоктується з печі за допомогою відцентрової газодувки через газозбірник, що водоохолоджується, у склепінні. Потім через зрошуваний похилий газохід він подається в шламоуловлювач і трубу-розпилювач Вентури. Після краплеуловлювача чистий газ надходить до споживача або спалюється на свічі.

Таблиця 1 - Основні параметри роботи газоочистки

Параметри	Од.виміру	показники
витрата газу	м <sup>3</sup> /год	12000
температура газу перед скруберами	°З	55
температура газу перед трубою Вентури	°З	42
температура газу перед газодувкою	°З	32
температура газу після газодувки	°З	70
опір труб Вентури	кгс/дів <sup>2</sup>	2250
запиленість газу до очищення	г/м <sup>3</sup>	20 – 25
запиленість газу після очищення	г/м <sup>3</sup>	0,002 – 0,022
ефективність очищення	%	99,90

Системи мокрої газоочистки забезпечують кінцеву запиленість газу 10...15 мг/м<sup>3</sup> при витраті води 40...50 м<sup>3</sup>/ч. Перевага мокрої газоочистки полягає в тому, що колошниковий газ у контакті з водою відразу ж прохолоджується. Однак надалі воду необхідно очищати від твердих часток і розчинених речовин, щоб забезпечити роботу газоочистки з оборотним водним циклом.



1 – похилий газохід; 2 – шламоуловлювач; 3 – труба-розпилювач Вентури;  
 4 – краплеуловлювач; 5 – відцентрова газодувка; 6 – свіча; 7 – колектор чистого газу;  
 8 – водовідвід; H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> – аналіз на зміст водню й кисню в газі.

Малюнок 5 – Схема мокрої системи газоочистки.

## ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТИ ПЕЧІ

Технічне обслуговування та ремонт печі виконують згідно з загальними вказівками.

Перелік робіт під час проходження зміни та технічні вимоги до них:

1. Виконати перевірку температури та тиску охолодженої води. Не допускати щоб температура води на зливі була вищою за 50°C, а тиск води – нижче за 2,8 кПа·см<sup>2</sup>. при температурі води вище вказаної – збільшити витрати води або продути контролюючу ділянку системи стиснутим повітрям; при стабільному зниженню тиску води нижче вказаного – відімкнути піч.
2. Виконати очистку зовнішньої поверхні склепіння – шихту та металеві предмети, які опинилися біля склепіння негайно ліквідувати для недопускання міжфазного замикання та прогару секцій склепіння. Виконати очистку металоконструкцій печі від пилу стиснутим повітрям.
3. Перевірити стан гнучких рукавів та з'єднань – не допускати руху масла і води, порушення електроізоляції, тріщин та деформацій.
4. Контролювати температурний режим подини, стін та днища печі – контроль здійснювати по показникам термопар та пристрої, встановленому на пульті управління.
5. Перевірити стан електродів: правильність зварювання та встановлення секцій кожухів, роботу системи обдування, розпад електродів.
6. При проведенні робіт не допускати замащування кожуху електрода, яке може призвести до проковзування електрода в механізмі перепуску.
7. Нагрів гірлянди струмопроводу повинен бути не більшим за 800°C, при необхідності зниження температури встановити теплоізоляційні екрани.
8. Перевірити тиск газів та температури під склепінням – тиск в усіх точках повинен бути постійним, а температура під склепінням не повинна перевищувати 1500°C.
9. Температуру кожуху електрода на рівні 500мм вище контактних щік підтримувати в інтервалі від 50 до 600°C для забезпечення нормального режиму коксування електрода.
10. Виконувати рівномірність охолодження кожуха – витрата води, яка підводиться до зрошуючих козирків кожуха через розподільні труби („гусачки”) повинна бути однаковою, розмір цих труб також повинен бути однаковим.
11. При нормальній роботі вузлів та деталей, що водоохолоджуються, температура відхідної труби повинна бути 30-320°C. З підвищенням температури в елементах, що водоохолоджуються,

їх здійснюється відкладання солей, зменшення січення потоку, що призводить до погіршення охолодження. Температура охолодженої води на зливі повинна відрізнятись від температури води в напірній частині системи не більш ніж на 100°C.

## I. ПЕРЕЛІК РОБІТ ПРИ ПОТОЧНОМУ РЕМОНТІ:

1. Періодичність та тривалість ремонтів наступна:
  - поточний ремонт Т – періодичність -2 місяці (тривалість 36 годин).
  - капітальний ремонт К – періодичність 2-3 роки (тривалість 10-25 діб).
2. Зупинення печі на ремонт та пуск її після ремонту виконують згідно з діючою заводською інструкцією.
3. Перед ремонтом перевірити повітряну оболонку на склад СО та отримати дозвіл газової служби; зону ремонту відділити.
4. При температурі навколишнього середовища нижче 50°C, водоохолодження печі перед ремонтом відімкнути, воду вилити з труб та вузол системи, що ремонтується, продути повітрям.
5. При проведенні ремонту необхідно: виконати обдув печі стиснутим повітрям, всі елементи кожуха, склепіння, електродотримача, проводів та механізмів повинні бути очищені від пилу та багна; перевірити якість електроізоляції струмопровідних елементів печі – перевірку здійснювати металевим шестом з ізольованою рукояткою та гнучким кабелем, підключеним до зварювального апарату перемінного струму; перевірці підлягає натискувальне кільце, підвіски, несучий циліндр, ролики фіксації електроду, деталі струмопроводу, склепіння печі.
6. Перевірити та при необхідності, здійснити малий ремонт з'єднань та ущільнень між елементами систем завантаження та водоохолодження, контактних щік, лоткових жолобів, екранів площадок.
7. Перевірити та підтягнути різьбові з'єднання і кріплення гідропідйомника, підвісок кожуха, елементів електродотримача.
8. Перевірити працездатність пружино гвинтового вузла притиску натискувального кільця електродотримача (поверненням гвинта) і виконати при необхідності центрівку контактних щік відносно електродів.
9. Перевірити відсутність задирів на кожусі електроду в районі контактних щок – якщо задир є, то потрібно їх зачистити.
10. Ревізія та ремонт або заміна окремих деталей лоткових вузлів.
11. Ремонт або заміна окремих ділянок кожуха печі, особливо стінок в районі лоткових.

12. Ревізія та при потребі заміна секцій склепіння; заміна згорівших воронок та підвісок секцій склепіння.
13. Ревізія та при необхідності заміна контактних щок та їх підвісок, ремонт струмопровідних труб, натискувальних коліс, фіксуючих роликів.
14. Ревізія та ремонт кілець механізму перепуску.
15. Ревізія електроізоляції між складовими частинами електродотримача, підвісок та заміна пробитих та зруйнованих деталей.
16. Ремонт трубозбігів з заміною зношених трубозбігів, заміна згорівших носків трубозбігів.
17. Ревізія та ремонт системи водоохолодження; заміна поганих діляниць труб в напірній та зливній сітках – замінювати труби з тріщинами більшими за 10% товщини труби, деформаціями більшими за 20% діаметру труби.
18. Після ремонту виконати випробування електродотримача, при цьому: тиск мастила в гідросистемі при переміщенні електродотримача в верх і при відтисканні кілець механізму перепуску повинно бути не більш 0,5МПа; труби системи водоохолодження перевірити на проходження – не допускаються витоки води, тиск повітря на вході стиснутим повітрям та на цільність водою тиском (0,06МПа) – не допускаються витоки води, тиск повітря на вході та виході повинний бути однаковий.

Випробування виконувати після перевірки правильності монтажу та встановлення склепіння с підвісками.

## II. ПЕРЕЛІК РОБІТ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ.

При капітальному ремонті виконати повне розбирання та збирання печі в тому числі:

- відновлення фундаменту печі,
- повну заміну кожуха печі,
- повну заміну футерівки,
- повну заміну електродотримачів,
- заміну склепіння,
- заміну трубозбігів системи завантаження,
- ремонт зонта та балок перекриття,
- усунення дефектів обладнання, які виявлені, як у процесі експлуатації печі, так і при ремонті.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Металлургия марганца Украины / Б.Ф.Величко, В.А.Гаврилов, М.И.Гасик, С.Г.Грищенко, А.В.Коваль, А.Н.Овчарук // Київ, "Техніка" 1996 – 470 с
2. Гасик М.И., Емлин Б.И. Электрометаллургия ферросплавов. Киев-Донецк. Вища школа. 1983.
3. Величко Б.Ф., Гаврилов В.А., Гасик М.И. Металлургия марганца Украины. Под общей научной редакцией академика НАН Украины М.И. Гасика. Киев. Техника. 1996.
4. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. Москва. Металлургия. 1988.
5. Строганов А.И., Рысс М.А. Производство стали и ферросплавов. Москва. Металлургия. 1974.
6. Щедровицкий Я.С. Производство ферросплавов в закрытых печах. Москва. Металлургия. 1975.
7. Еднерал Ф.П., Филипов А.Ф. Расчеты по электрометаллургии стали и ферросплавов. Издание 2-е, исправленное и дополненное. Дополнение в качестве учебного пособия для металлургических ВУЗов и факультетов. Москва. Металлургиздат. 1962.