

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни «Енергетичні установки»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Електромеханіка

**За темою № 8 Дугові печі постійного струму**

**Харків 2022**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.01.2023 № 1

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Протокол від 19.12.2022 № 5

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 27.01.2023 № 1

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 10.12.2022 № 8.

**Розробники:**

Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, викладач, Шокарьов Д.А..

**Рецензенти:**

1. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

## **План лекції:**

1. Вступ.
2. Основні поняття і визначення.
3. Дугові печі постійного струму
4. Питання для самоконтролю.

## **Література:**

### **Основна література:**

1. Матвійчук А. Я. Електротехніка: навчально-методичний посібник/ Матвійчук А. Я., В. Л. Стінянський; Вінницький державний педагогічний університет ім. М.Коцюбинського. – Вінниця, 2017. -270 с.
2. Міліх В. І. Електропостачання промислових підприємств: Підручник для здобувач вищої освіти ів електромеханічних спеціальностей / В.І. Міліх, Т.П. Павленко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи / Третє видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 540 с.

### **Допоміжна література:**

1. Шестеренко, В. Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. — Київ, 2015. — 424 с.
2. Електричні системи та мережі. Методичні вказівки до виконання курсового проектування районної електричної мережі для здобувач вищої освіти ів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». /Укл.: А.П. Свірідов, Т.В. Величко – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 80 с.
3. Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів: підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Офіційний сайт Міністерство енергетики України <http://mpe.kmu.gov.ua/>
2. Сервер Верховної Ради України. – Режим доступу : [www.rada.gov.ua](http://www.rada.gov.ua).

## Лекція 8

### 1 Дугові печі постійного струму

**Переваги ДППТ** в порівнянні з печами змінної напруги.

1. Можливість проведення всіх без винятку металургійних процесів.
2. Різке зниження горіння металу.
3. Поліпшення механічних властивостей сталі.
4. Ніяких додаткових металозмішувальних пристроїв не потрібно.
5. Зниження енергоспоживання на 15-20%.
6. Зниження витрати електродів в 2-5 разів.
7. Скорочення викидів пилу і газів 8-10 разів.
8. Зниження на 20-30% витрати вогнетривких матеріалів.
9. Більш рівномірний графік електричного навантаження.

**Будівництво.** Дугова піч постійного струму має один графітیزований електрод (катод), розташований в центрі склепіння, і один металевий електрод (анод), що охолоджується, встановлений в топковому блоці. Верхня частина цього електрода стикається з розплавленим металом, а подача струму кріпиться до протилежної частини (рис. 4.8).

Подовий електрод 3 може бути вставлений в піч на водоохолоджуваному тримачі 4 через економайзер 5, розташований в центрі склепіння. Подовий електрод 1 являє собою систему металевих стрижнів, розташованих в набитому магнетитовому субіні. Верхній кінець стрижня стикається з розплавленим металом в печі, а протилежні кінці стрижнів герметизуються в загальну водо-або повітряно-охолоджену пластину, до якої кріпиться подача струму. Для нормальної роботи електрода 1 в печі при випуску залишають трохи рідкого металу, що покриває електрод при подальшому завантаженні шихти. Електрична дуга 2 між електродом 3 і металом в печі має форму спіралі, радіус витків якої збільшується в напрямку від електрода 3 до розплавленого металу. Взаємодія струму дуги з власним магнітним полем призводить до інтенсивного обертання дугового стовпа навколо центральної осі спіралі, завдяки чому дуга візуально сприймається як усічений конус.

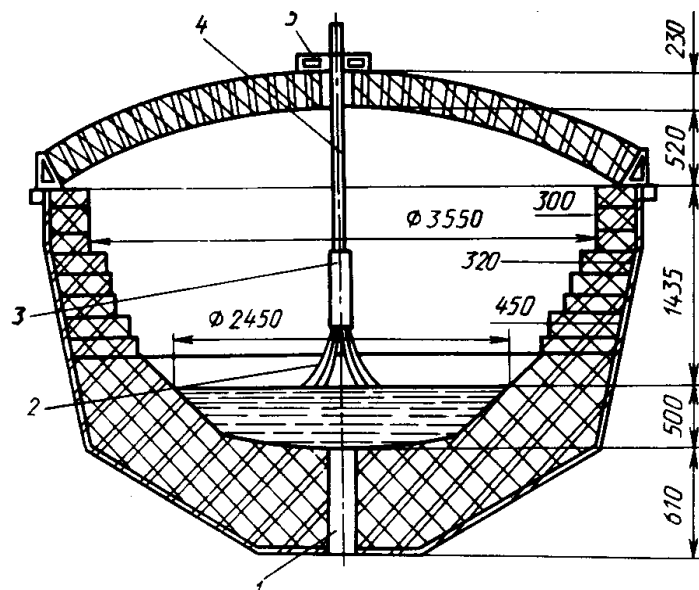


Рис. 4.8. Футерування дугової печі постійного струму

ДППТ працює практично безшумно, і тільки на початку плавлення металу виникає шум, що створюється електричною дугою в процесі її виникнення і згасання (як розряд блискавки в грозу). У печі змінного струму такий розряд відбувається двічі за кожен період, коли напруга струму Перману проходить через нуль, тобто при частоті струму 50 Гц - 100 разів на секунду. У ДППТ електрична дуга теоретично горить неухильно. Дуга гасне і знову загоряється тільки в ті моменти, коли починається плавлення і злив металу. Вхідний вузол електрода 3 і двері робочого вікна добре герметизуються, це дозволяє повністю виключити всмоктування повітря в робочий простір печі і неорганізований викид продуктів плавки в атмосферу цеху. Конструкція печі дозволяє працювати з контрольованою нейтральною атмосферою. Додаткові витрати на підтримку нейтральної атмосфери (аргону) в печі повністю компенсуються за рахунок зниження витрати графітованих електродів, а зменшення вигорання заліза і легуючих елементів дає економію, величина якої залежить від виплавлених марок сталі. Використання контрольованої атмосфери збільшує вихід придатного металу на 3-4% і знижує витрату феросплавів на 15-20%. Футеровка печі продуктивністю 12 т є основною, склепіння стінки і дна виконані з магнезитових або магнезитових цеглин. Опір склепіння і верхньої частини стінок становить 180 - 200 плавов, нижня частина стінок і дно печі разом з подовим електродом становить близько 2500 плавлення, тобто від одного капітального ремонту печі до іншого. Піч має такі експлуатаційні показники: маса металевого блоку - до 14, 3 тонни; час плавлення 1,5 год; питомі енерговитрати на плавку 490 - 520 кВт \*год / т; питома витрата електродів - до 1,5 кг на 1 т рідкої сталі при роботі зі звичайною і до 0,35 кг при роботі із захисною атмосферою. Живлення печі здійснюється випрямлячем тиристорного струму.

Основні елементи печі: рама, механізм нахилу печі, футерування, механізми завантаження шихти для печі постійного струму майже аналогічні вузлам топки струму ALTERNATING. Принциповою відмінністю є електрообладнання, і в першу чергу - випрямляч струму. Основні технічні дані вітчизняних дугових печей постійного струму наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 Вимоги до ресурсів за компонентами  
Основні технічні дані ДППТ

| Ім'я параметра  | ДСПТ-<br>1,5/2,5 | ДСПТ-<br>6/6,3 | ДСПТ-<br>12/13,2 |
|---|------------------|----------------|------------------|
| Встановлена потужність, кВт·А                                 | 2500             | 6300           | 17200            |
| Споживана потужність, кВт                                     | 2400             | 4000±500       | 8000             |
| Потужність печі, т  | 1,5              | 6              | 12               |
| Робочий струм, А  | 8000             | 12500          | 14000            |
| Час плавлення, хв.  | 45               | 60             | 60               |
| Питома витрата ЕЕ на плавлення твердого засмічення, кВт*год/т | 600              | 550            | 600              |
| Випрямлена напруга, В   | 300              | 450            | 660              |
| Діаметр рами, мм  | 1400             | 3500           | 3785             |
| Ширина робочого вікна, мм                                     | 520              | 750            | 980              |
| Висота робочого вікна, мм                                     | 400              | 500            | 690              |
| Діаметр склепильного електрода, мм                            | 150              | 200            | 250              |
| Діаметр серцевого електрода, мм                               | 150              | 300            | 250              |

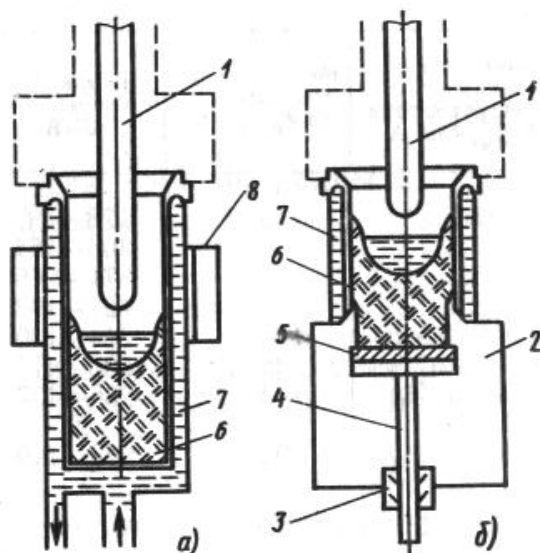
Примітка. Для всіх печей: напруга живлення 6/10 кВ, частота струму 50 Гц, атмосфера печі – аргон або повітря.

## **2 Вакуумні дугові печі постійного струму**

**Області застосування і конструкції вакуумних дугових печей.** Для поліпшення якості металу, отриманого в інших установках (наприклад, в ДСП), його плавлять при низькому тиску в вакуумних дугових печах (ВДП), в результаті чого знижується вміст шкідливих домішок і розчинених газів в металі. *conium, tantalum, molybdenum*), а також для переплавки спеціальних високоякісних сталей, в результаті чого вони не тільки очищаються, але і набувають більш щільну структуру. Робочий тиск в камері печі може становити 1, 0-0, 001 Па в залежності від вимог до одержуваного металу. У сучасних ВФД виходять злитки масою від декількох сотень кілограмів до 50-60 тонн.

Різні продукти металургійного перерозподілу використовуються в якості електродних матеріалів в ВФД. Так, при плавці титану круглі електроди виготовляють шляхом пресування титанової губки. При переплавці вольфраму, молібдену і ніобію електроди виготовляють зі штабелів методом стикового зварювання і складання електродів-пакетів. При плавці сталей в якості електродів використовується прокат або спеціальні стрижні, отримані шляхом безперервного лиття або кування. У деяких установках використовуються не плавильні електроди, а розплавлений метал подається в кристалізатор шматочками. Кожен з цих способів, в свою чергу, може здійснюватися за двома схемами: виплавка в сліпому кристалізаторі (рис. 4,9 (а) і виплавка з витягуванням злитків (рис. 4,9 б).

Основною частиною печі є робоча камера, до якої кріпиться вакуумна система. Електрод 1 підвішений до рухомого стрижня, що проходить через вакуумний ущільнювач, розташований у верхній частині камери. До нижньої частини робочої камери кріпиться кристалізатор з водяним охолодженням 7 з сорочкою з водяним охолодженням. До електрода подається негативний полюс, а до кристалізатора подається позитивний полюс блоку живлення. У печі, що працює за схемою з висмикнутим злитком (рис. 4,9 б), є проходження через вакуумний ущільнювач 3 штуки 4 для витягування злитка. Метал сплавляється на піддон 5 і в міру зростання злитка 6 опускається вниз. Процес виплавки починається зі створення вакууму в камері печі і опускання електрода в найнижче крайнє положення. Після короткого замикання або пробою міжелектродного зазору виникає дуга. Під дією виділяється теплаелектрод плавиться і метал дрібними краплями стікає в струм.



- 1 – електрод;
- 2 – холодильник;
- 3 – вакуумна герметизація штока;
- 4 – тягнучий стрижень;
- 5 – піддон;
- 6 – злиток;
- 7 – кристалізатор;
- 8 – соленоїд.

Рис. 4.9. Схема ВДП з сліпим кристалізатором (а)  
і з витягуванням злитка (б)

Обсяг кристалізатора і розміри електрода узгоджуються. Після закінчення виплавки весь електрод переходить в розплав, а випаровуються домішки і гази відкачуються вакуумною системою. Така піч називається піччю з витратним електродом, вона широко використовується в промисловості. У печах з не плавяться електродами існує небезпека забруднення розплавленого металу електродним матеріалом.

**Основні елементи печі:** робоча камера; стрижень-електродотримач; витратні електроди; кристалізатор; піддон; соленоїд.

*Робоча камера* являє собою зварену конструкцію з водяним охолодженням циліндричної форми. У верхній частині робочої камери є світильники і оглядові вікна, що дозволяють спостерігати за горінням дуги і злиттям злитка. Для дистанційного спостереження за процесом до поглядів кріпляться спеціальні перископи, що проєктують зображення робочої зони на екран. До нижнього фланця камери кріпиться кристалізатор.

*Шток-електродотримач* використовується для фіксації і переміщення витратного електрода і подачі його струмом. Він складається з декількох коаксіально розташованих труб, зовнішня мідна труба вольоведуча. Внутрішні сталеві труби забезпечують механічну міцність стрижневої конструкції. Між трубами є порожнини для проходження охолоджуючої води. Рух стрижня і витратного електрода забезпечується електричним або гідравлічним приводом.

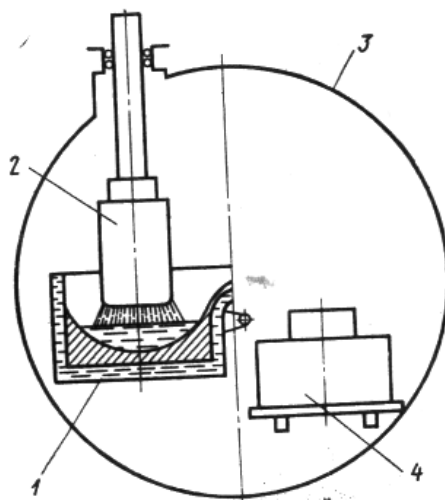
*Кристалізатор* складається з внутрішньої гільзи і зовнішнього сталевих немагнітного кожуха. Між ними є порожнина для охолодження води. Гільза виготовлена з матеріалу з хорошою теплопровідністю, який не змочується рідким металом.

*Піддон* покриває дно кристалізатора, входить всередину або примикає до кінця свого рукава. Підстава піддону являє собою масивний мідний диск, оснащений сталевією сорочкою водяного охолодження. Для запобігання можливого горіння мідного диска електричною дугою на початку плавлення на нього укладають скроню з переплавленого металу товщиною 50 мм.

*Соленоїд* встановлений на бічній поверхні кристалізатора. Він створює з ним осьове магнітне поле. Взаємодія соленоїдного поля зі струмом дуги і

струмом, що протікає в ванні з розплавленого металу, призводить до підвищення напруги на дуге, перешкоджає переміщенню дуги до стінки кристалізатора, стабілізує дугу. Це викликає обертання рідкого металу у ванні, що покращує структуру розплавленого металу. Соленоїд живиться напівпровідниками. випрямлячі, що дозволяють при необхідності зробити різке збільшення і розворот струму намагнічування.

Для лиття в вакуумі існують спеціальні ВДП, які діляться на дві групи: печі з литтям з палаючою дугою і печі з литтям після від'єднання дуги. Конструкція печі показана на рис. 4.10. Піч складається з тигля 1, електрода 2, камери 3, форми 4 для зливу розплавленого металу.



- 1 - тигель;
- 2 - електрод;
- 3 — фотоапарат;
- 4 - Форма

Рис. 4.10. Схема вакуумно-дугової печі для фасонного лиття

Таблиця 4.5 Вимоги до ресурсів за компонентами  
Порівняльна характеристика вафель, ДСП і індукції  
Печі

| Тип плавильного агрегату                    | Відносна вартість 1 тонни чавуну | Споживання електроенергії, кВт*год/т |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| Газові вафлі                                | 1,0                              | 50-70                                |
| ДУГ сталеплавильна піч змінного струму      | 2,0                              | 600-800                              |
| Дугова сталеплавильна піч постійного струму | 1,8                              | 475-550                              |
| Високочастотна індукційна піч               | 2,0                              | 1200-1300                            |
| Індукційна піч середньої частоти            | 1,4                              | 500-600                              |

### 3 Рудні термічні печі

Рудні термічні печі (РТП) застосовуються в чорній металургії та інших галузях промисловості для отримання феросплавів - сплавів заліза з кремнієм, марганцем, хромом, вольфрамом і т.д. РТП відносяться до дугових печей опору, мають високу одиничну потужність і відносяться до другої категорії за надійністю електропостачання. Нагрівання вторсировини здійснюється за рахунок тепла, що виникає при протіканні струму через електроди, заряд, електричну дугу і розплавлений матеріал. Дуга горить під шаром



електропровідного заряду, тізпартії виділяються при дуговому розряді і в основному при проходженні струму через заряд в розплавлених матеріалах.

Асортимент виробів, одержуваних в РТП, дуже широкий: вони можуть випускатися з печі у вигляді пари, газу, рідкого розплаву або твердого тіла, що видобувається всім злитком. Сировиною для виробництва феросплавів служать руди або концентрати. У виробництві використовуються основні сплави: феросиліцій, феромарганець і ферохром, руди з високим вмістом металу. Спочатку руду, завдяки низькому вмісту в ній корисного компонента, збагачують, отримуючи концентрат з високим вмістом оксидів основного елемента.

Феросплави отримують шляхом відновлення оксидів відповідних металів, використовуючи відновники: вуглецю, кремнію і алюмінію. Реакції відновлення вуглецю вимагають багато тепла.

Значне місце у використанні РТП займає виробництво електрофазних вогнетривів, які йдуть на футерування. Сировиною тут служать глинозем, циркон і кварцовий пісок. Високою чистотою і щільністю володіють вогнетриви, отримані методом відкритої дугової плавки: корунд і бакор різних марок в печах ОКБ-2130, ДС-0,5. Питома витрата електроенергії при їх отриманні знаходиться в межах 1800-2300 на тонну. Тут перераховані тільки основні наймасовіші і енергоємні галузі промисловості, в той час як список інших процесів, що здійснюються в РТП, набагато ширше і включає в себе отримання графіту, сірковуглець і багатьох інших речовин. Загальними ознаками РТП є: кВт · ч

- питомий електричний опір заряду сильно змінюється при підвищенні температури, в холодному стані заряд не електропровідний;

- У розплавленому стані заряд являє собою іонний розчин, провідність якого також залежить від температури і складу матеріалу. Обсяг розплаву і заряду, що беруть участь в проведенні струму, змінюється зі зміною температури. Це визначає можливість лінійного існування провідників різного роду - нелінійного активного опору заряду і розплаву і електричної дуги;

- температура перетворення заряду становить 1200-2200 К, що визначає високі питомі витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції і наявність потужного енергетичного об'єкта;

- безперервна робота протягом 1-2 років;

- Електричний режим роботи відносно спокійний (на відміну від ДСП): відсутні поштовхи струму і оперативні короткі замикання.

Різноманітність конструкцій РТП обумовлюється різноманітністю і складністю хімічного складу оброблюваного сировини, а також великим асортиментом продукції, що випускається. Представляється доцільним виділити п'ять основних типів процесів і схем печей.

1. *Безшлакові або дрібношлакові* (рис. 4.11) призначені для отримання феросплавів, карбиду кальцію. У робочому просторі трифазної нерухомої печі є електроди 1, утримувані власниками електродів 2, занурені в шихту 3. Дуги горять від кінців електродів до розплаву в газовій порожнині 5, в так званому «тиглі». У міру розплаву стінок «тигля» глибина ванни 6 збільшується і шихта осідає. Заряд завантажується навколо електродів, де утворюються конічні

уцільнення 10, що перешкоджають прориву газів. Стінки шахти печі 9 і її дна 7 виконані з вугільних блоків. Метал зливається через муху 8, яка пробивається в міру накопичення розплаву.

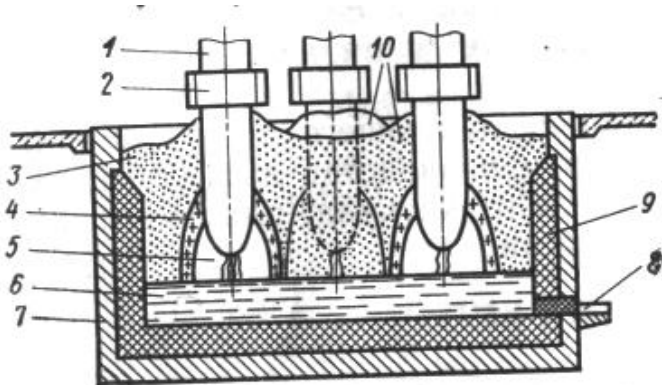


Рис. 4.11. Схема печі безшлакового і дрібношлакового процесу

2. *Багатошлакові процеси* (рис. 4.12) використовуються для отримання фосфору. РТП для цих процесів нерухомі з трьома або шістьма електродами круглої або прямокутної форми з виділенням через окремі флаєри металу 6 і шлаку 8. На поверхні розплаву є шар шлаку. Струм проходить через електроди 1 через дуги 5, шлак 9 і розплав 7. Завантаження шихти 10 здійснюється через пристрої 2 в склепінні 3, герметизація робочого простору. Отримані гази видаляються через екстрактор 4.

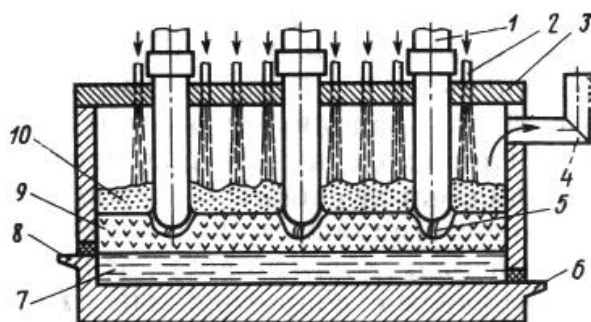


Рис. 4.12. Схема печі для багатошлакового процесу

3. *Рафінуючі печі* мають схожу будову робочого простору і відрізняються частотою роботи: завантаження - злив при нахилі печі.

4. *Блокові процеси* - отримання електрокорунду, ферротундрона. Через високу температуру розплаву вилити його з печі не представляється можливим, він застигає на невеликій глибині і в міру заливки шихти і плавлення дугою злиток накопичується. Після заповнення ванну розкочують, охолоджують і знімають блок для подальшого різання, дроблення, різання алмазними пилками.

5. *Виплавка вогнетривів* здійснюється по відкритій дузі з поступовим заливкою шихти. Щоб зменшити карбюризацию розплаву, необхідно витримувати певну довжину дуги, покривати бічну поверхню електродів покриттями, що запобігають їх обсіпання в розплав і горіння. Розплав періодично зливається в міру заповнення печі.

У РТП використовуються електроди трьох типів: вуглецеві, діаметром до 1200-1400 мм, графітові діаметром до 800 мм і самопідготовки діаметром до 2000 мм або прямокутні розміром 3200x850 мм. Самозапальних електродів являє собою круглий або прямокутний сталевий кожух товщиною 1,5-5 мм,

заповнений пастоподібної електродної масою зверху. При надходженні в піч під дією струму і тепла печі маса електрода спікається і допускає щільність струму до  $7,6 \text{ А / см}^2$ . У міру горіння електрода він накопичується і заповнюється масою, що забезпечує безперервну роботу печі.

Опір навантаженні рудних термічних печей набагато нижче, ніж у ДСП, тому вторинна напруга топкових трансформаторів нижче, а струми на тих же потужностях в 1, 5-2 рази більше. Це призводить до того, що коротка мережа руднотермічних печей більш потужна і складна. В ній використовуються заходи щодо забезпечення симетрії фазового навантаження, зниження активних і індуктивних опорів.

На рис. 4.14 показана коротка мережа РДП РКЗ-48Ф. Охолодження трубчастого пакета шин здійснюється водою, що протікає всередині струмоведучих труб. Конфігурація короткої мережі проводиться так, щоб провідники з протилежним напрямком струму розташовувалися якомога ближче один до одного. Це зменшує величину реактивних опорів і перепадів напруги в короткій мережі.

Найпотужніші РТП з прямокутною ванною мають шість електродів, розташованих в лінію, і живляться або від двох трифазних, або від трьох однофазних трансформаторів. В цьому випадку кожен тран-колишній живить два сусідніх електрода.

Первинна напруга топкових трансформаторів становить 6, 10 або 35 кВ. Енергетичні характеристики деяких печей наведені в табл. 4.6.

Для підвищення коефіцієнта потужності РТП оснащуються автоматично керованими компенсуючими пристроями. Потужні РТП вітчизняного виробництва оснащуються поздовжньо-ємнісними блоками компенсації реактивної потужності. Агрегати іноземного виробництва мають реактивну потужність поперечних компенсаційних одиниць.

При виборі потужності компенсуючих пристроїв враховується можливість використання РТП в якості регуляторів навантаження енергосистем з одночасним зниженням активної і реактивної потужності в годину пік.

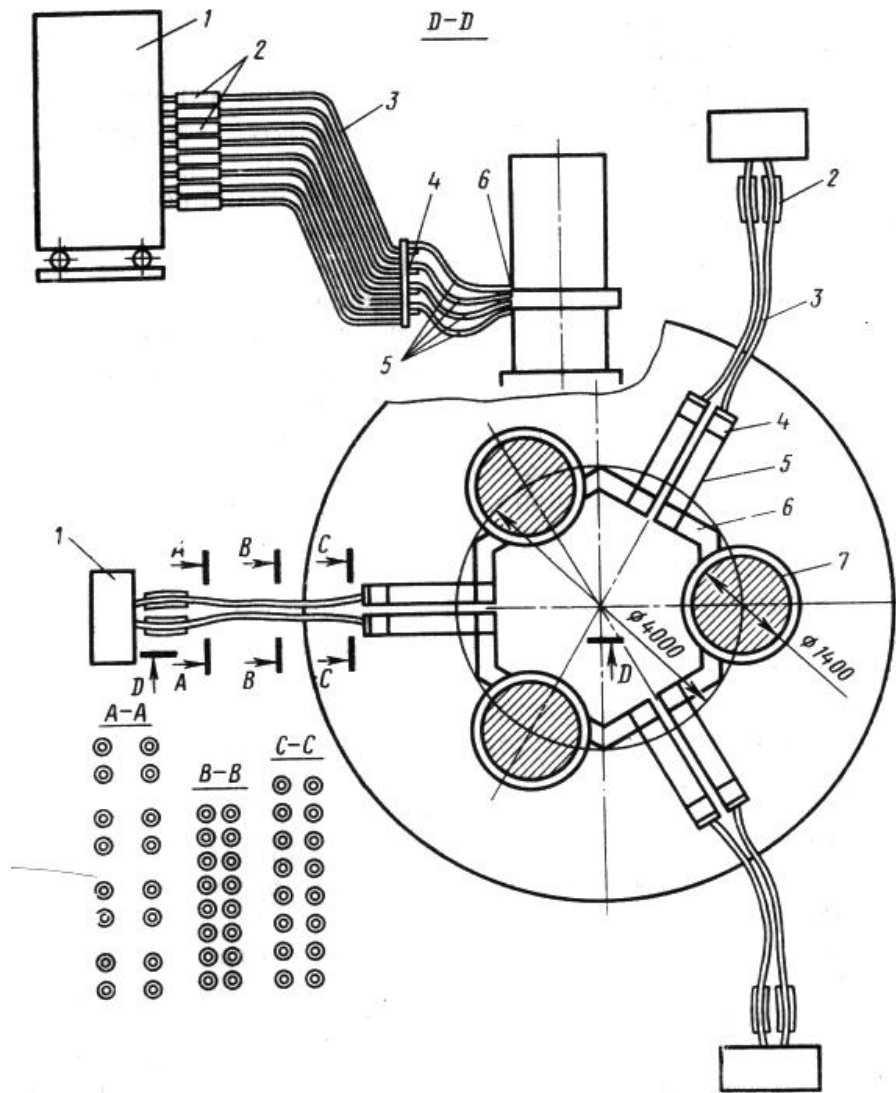


Рис. 4.15. Схема короткої мережі рудно-термічної печі:  
 1 - трансформатор; 2 - гнучкі компенсатори; 3 - комплектація трубчастих шин;  
 4 - нерухоме взуття; 5 - гнучкі стрічки; 6 - рухоме взуття;  
 7 – електроди

Таблиця 4.6 Вимоги до ресурсів за компонентами  
 Характеристики руднотермічних печей

| тип печі     | Номінальний.<br>потужність<br>трансформатора, кВА | Максимальна.<br>струм електрода,<br>кА | Вторинна<br>напруга, В |
|--------------|---|--|------------------------|
| РКО-2.5Н2    | 2,5   | 13                                     | 178—89                 |
| 6РКЗ-2,5ФС   | 2,5   | 8,1                                    | 308—154 pp.            |
| РКО-3,5 НОЗ  | 3,5   | 7,1                                    | 371—260 pp.            |
| СКБ-6002А    | 3,6   | 18                                     | 421—193                |
| РКЗ-16, 4Н08 | 16,5 (3x5,5)                                      | 60                                     | 204—130                |
| РПЗ-3Ш-Н02   | 33 (3x11)   | 25,8                                   | 800—475                |

Підсумкова таблиця 4.6

| тип печі   | Номінальний.<br>потужність<br>трансформатора, кВА | Максимальна.<br>струм електрода,<br>кА | Вторинна<br>напруга, В |
|------------|---|--|------------------------|
| РПЗ-482    | 63 (3x21)   | 112                                    | 238—137 pp.            |
| РПО-60     | 60  | 103                                    | 257                    |
| РКЗ-72Ф-М1 | 72 (3x24)   | 92,5                                   | 649—149 pp.            |

**Сучасна руднотермічна піч 3-10М** призначена для виділення благородних металів з багатих виробів у вигляді компактного злитка шляхом безщиткової виплавки. Рекомендована масова частка дорогоцінних металів у виробі, що направляється на рудно-термічну виплавку, повинна бути більше, ніж 15 % (виплавка в накопичувальному режимі). Масова частка благородних металів для виплавки без проміжного скидання шлаку оптимальна 30-50%. При загальному вмісті благородних металів в сплаві менше 15% потрібні спеціальні дослідження для вибору технологічного і реагентного режимів виплавки. Важливою складовою шихти є зворотний шлак, який завантажується після розплаву пускової шихти. Кількість зворотного шлаку може становити до 50-90% від загальної кількості шлаку в залежності від масової частки і хімічного складу негноблячої частини виплавленого золотовмісного продукту. Чим чистіше продукт від домішок, тим більше шлакова ванна може бути хімічно інертним середовищем, що забезпечує іонну провідність між зануреними робочими електродами і створює умови для нормального розділення фаз розплаву зплавленням металу в нижній частині печі.

Подрібнений шлак може використовуватися в наступній плавильній ванні або перероблятися по таблиці концентрацій типу СКО-0,5, СКО-2 і т. Д.

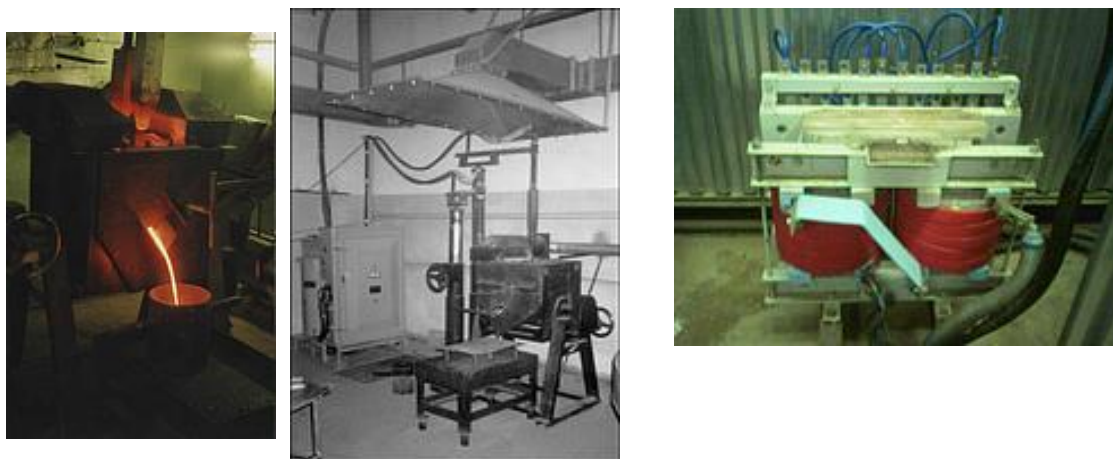


Рис. 4.16. Печі серії РТП 3-10М

Для живлення печі необхідний однофазний понижуючий топковий трансформатор потужністю до 100 з вхідною напругою 380 В, з можливістю отримання плавно регульованого напруги від 10 до 100 В на виході (ROTM 100/0,5 UHL 4) або ступінчастою комутацією напруги від 10 до 100 В (трансформатори типу ROTM), або ступінчастою комутацією напруги (пічні трансформатори типу ТРО, OSU, NEO, ЦИ). кВт · А

Таблиця 4.7 Вимоги до ресурсів за компонентами  
Основні технічні характеристики руднотермічної печі  
3-10М конструкції ВАТ «Іргіредмет»

| Параметр  | Значення параметрів |
|---|---------------------|
| Загальний об'єм ванни, дм <sup>3</sup>  | 30                  |
| Рекомендована масова частка суми благородна. метали в вихідній речовині, що надходять на плавильний завод (не менше), % | 15                  |

|  |         |
|--|---------|
| Продуктивність заряду навантаження (роповітропровід + флюси), кг/год | 10-30   |
| Питоме енергоспоживання, кВт*год/кг злитків                          | 2-5     |
| Оптимальна вага злитка, кг   | 4-12    |
| Вага печі, кг  | 350     |
| Габаритні розміри печі, мм: довжина                                  | 1700    |
| Ширина   | 850     |
| зріст  | 2000    |
| Потужність блоку живлення, кВт                                       | 80-100  |
| Вхідна напруга джерела живлення, В                                   | 220-380 |
| Робоча напруга печі, В   | 30-80   |
| Максимальний струм при прогріванні ванни, А                          | 500-600 |
| Робочий струм при плавленні, А                                       | 200-400 |
| Робоча потужність печі, кВт  | 25-35   |
| Кількість розплавів, що проводяться без заміни футеровки             | 10-20   |

Трансформаторно-пічна лінія повинна витримувати піковий струм до 1000 А. На практиці досить з'єднати клему кожного електродотримача з відповідним виходом припливного трансформатора трьома проводами мідного зварювального кабелю перетином  $3 \times 70 \text{ мм}^2$ . Трансформаторно-пічна лінія повинна бути максимально короткою, щоб уникнути непродуктивного перевитрати електроенергії і перевантаження трансформатора.

Корпус печі повинен бути підключений до контуру загального заземлення (або обнулення).

Приміщення площею 20-30 м<sup>2</sup> повинно відповідати вимогам, що пред'являються до приміщень для плавки (стіни і підлога з негорючого матеріалу, неелектрично провідна підлога), і вимогам безпеки металу. Приміщення повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією, освітленням, засобами пожежогасіння (порошковий вогнегасник, азбестова ковдра, пісок).

#### **4. Питання для самоконтролю.**

1. Привести схеми включення тигельних печей промислової частоти з приміненням симетричних пристрою.
2. Описати області промислового застосування електролізу.
3. Перерахувати основні види електрохімічних процесів і дати їх коротку характеристику.
4. Пояснити явище отримання чистих металів з розчинів і розплавів солей шляхом електролізу.
5. Описати джерела живлення для електрозварювання на постійному і змінному струмі.