



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ
УКРАЇНИ



МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОЛЕДЖ
ЗАПОРІЗЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ

Г.О.КОЗЛОВ
В.Л.ТОПОЛОВ
В.Л.САМОЙЛОВ
В.С.МАТЄЮК

РАФІНУВАЛЬНІ ПЕЧІ

Затверджено методичними радами
Нікопольського технікуму НМетАУ та
Запорізького коледжу ЗДІА

Рекомендовано
предметно-цикловою комісіями
металургійних дисциплін
НТ НМетАУ та МТ ЗДІА

Нікополь

2008

Рафінувальні печі: Навчальний посібник для студентів ВНЗ./ Козлов Г.О., Тополов В.Л., Самойлов В.Л., В.С. Матеюк - Нікополь: НТ НМетАУ, 2008. - 34 с.

Розглядається конструкція рафінувальних печей. Приведена сучасна класифікація, маркірування, устрій сучасних феросплавних рафінувальних печей. Охарактеризоване основне та допоміжне обладнання печей. Наведено методика розрахунку основних параметрів печі.

Призначений як навчальний посібник для студентів ВНЗ I-II рівня акредитації спеціальності: "Виробництво сталі і феросплавів» денної та заочної форм навчання

Іл. 20 табл. 3 бібліогр. список 6 назв.

Уклали	Г.О. Козлов В.Л. Тополов В.Л. Самойлов В.С.Матеюк
Рецензент	А.П. Горобець
Відповідальний за випуск	Г.О. Козлов

© Г.О. Козлов, В.Л. Тополов, В.Л. Самойлов, В.С.Матеюк

© НТ НМетАУ, 2008

ЗМІСТ

1.1 Загальні відомості	5
1.2 Рафінувальна електропіч типу СКБ - 6009	8
1.3 Рафінувальна електропіч типу ОКБ – 262	9
1.4 Рафінувальна електропіч типу РКЗ - 10,5РРН1	10
1.5 Технічна характеристика печі:	11
1.6 Рафінувальна електропіч типу РКО - 2,5Н2	11
1.7 Рафінувальна електропіч типу РКО - 3,5	13
1.8 Кожух ванни рафінувальної печі	13
1.9 Механізми обертання ванни рафінувальної печі	14
1.10 Механізм нахилу ванни рафінувальної печі	17
1.11 Електродотримачі рафінувальних печей	18
1.12 Завантажувальні пристрої рафінувальних печей	21
1.13 Флюсоплавильна електропіч СКБ – 6063	22
2 Розрахункова частина	
2.1 Технологічні основи пректування феросплавних печей	27
2.2 Розрахунок основних параметрів робочого простору й електричних параметрів рафінувальної печі	28
2.3 Виконання розрахунку на ПЕОМ в середовищі MATHCAD	33
Література	33

1 Характеристика рафінувальних феросплавних електропечей

1.1 Загальні відомості

Рафінувальні печі застосовуються для рафінування феросплавів з метою видалення вуглецю й одержання сплавів з низьким його змістом (нижче 2 %).

Відмінною рисою рафінувальних процесів є їхній періодичний характер. У печі виробляється розплавлювання шихти що завантажується, після чого з печі виливають і шлак й метал. Для зручності зливу рафінувальні печі роблять нахилиючимися. Оскільки рафінування робиться з метою забезпечення мінімального змісту вуглецю в готовому сплаві, у рафінувальних печах найчастіше застосовуються графітізовані електроди із твердою системою електродотримачів. Футерівка плавильних ванн магнезитова з гарниссажем. По своєму пристрої рафінувальні печі близькі до електросталеплавильних печей, на базі яких їх і конструюють.

Рафінувальний процес, як правило, є завершальним етапом багатостадійного одержання феросплавів. Найбільше поширення одержали процеси силікотермічні, засновані на використанні кременистих відновлювачів, одержуваних у рудовідновлювальних печах силікохрому (при виробництві безвуглецевого ферохрому) і силікомарганцю (при виробництві низьковуглецевих сортів феромарганцю й металевого марганцю).

Останнім часом одержав також поширення процес одержання безвуглецевого ферохрому методом змішування рідких розплавів - силікохрому й рудовапняного розплаву, одержуваного в рафінувальних печах потужністю 3,5 або 10,5 МВ·А.

Процес виробництва низьковуглецевого ферохрому можна розділити на наступні стадії:

- одержання вуглецевого (передільного) ферохрому вуглетермічним процесом у відновлювальних печах потужністю 16,5 - 33 МВ·А;
- виплавка силікохрому в печах потужністю 16,5 - 33 МВ·А (процес ідентичний виробництву феросиліцію, але замість стружки в шихту вводиться передільний ферохром);
- відновлення окислів хромистої руди силікохромом. Процес ведеться в печах потужністю 3,5 - 5,6 МВ·А. В якості флюса для поліпшення умов відновлення використовується вапно.

Процес виробництва середневуглецевого та маловуглецевого феромарганцю включає дві стадії:

- виплавку силікомарганцю із суміші шлаків вуглецевого феромарганцю, марганцевої руди, кварциту й коксика в печах, аналогічних феросиліцієвим;

- виплавку середньовуглецевого й маловуглецевого феромарганцю з марганцевої руди, вапна, силікомарганцю в печах потужністю 2,5 - 3,5 МВ·А.

У цей час на НЗФ і ЗФЗ впроваджена технологія одержання середньо і маловуглецевого феромарганцю, а також металевого марганцю з використанням передільних шлаків безфлюсової плавки високовуглецевого феромарганцю (див. рисунок 1.1) або низькофосфористих марганцевих матеріалів імпорتنих поставок.

Останнім часом одержав також поширення позапічний спосіб одержання низьковуглецевого ферохрому методом змішання рідких розплавів - силікохрому, одержуваного в рудовідновлювальних печах, і рудовапняного розплаву, одержуваного в рафінувальних печах потужністю 5,0 МВ А або 10,0 МВ А.

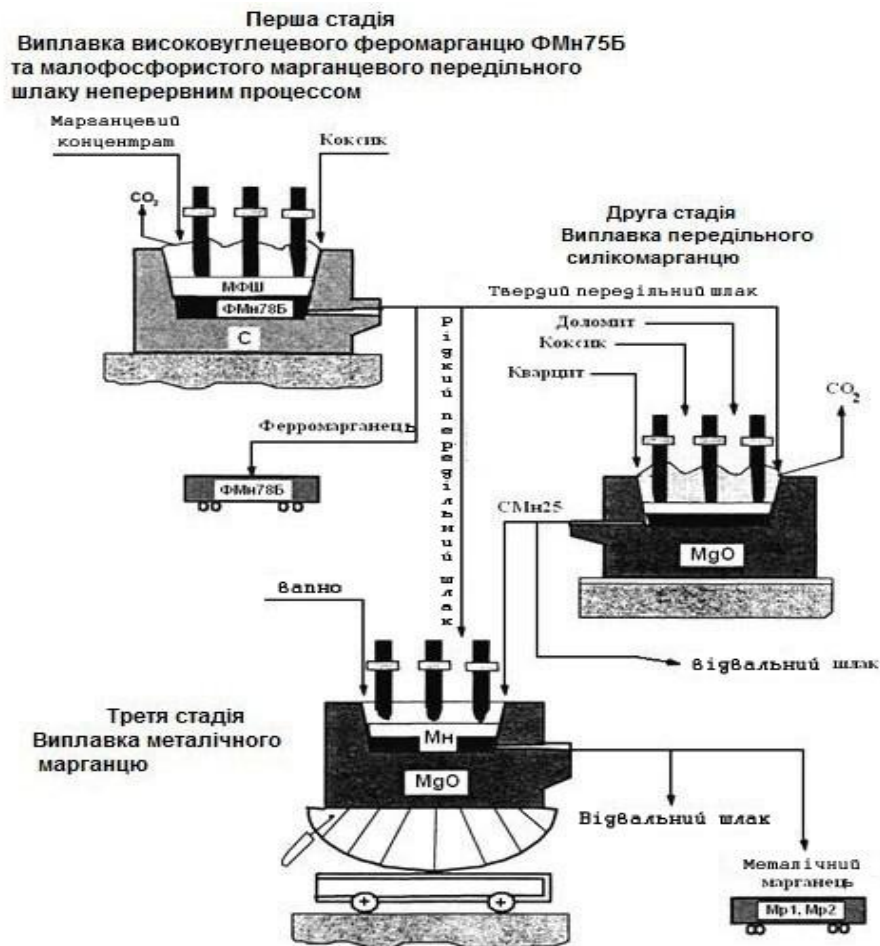


Рисунок 1.1 - Комбінована тристадійна технологічна схема виробництва металевого марганцю з одержанням на першій стадії малофосфористого високовуглецевого феромарганцю ФМн75Б й передільних шлаків

Розмірний ряд рафінувальних феросплавних печей наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Розмірний ряд рафінувальних феросплавних печей

Тип електропечі	Потужність трансформатора, МВ·А	Тип ванни	Електроди		Механізми		Призначення
			Кількість	Тип	Нахилу	Обертання	
РКО-2,5Н1	2,5	Кругла, відкрита	3	Графітізовані	Є	Немає	Переплав марганцевих шлаків
РКО-2,5Н2	2,5	Кругла, відкрита	3	-*-	Є	Є	Безвуглецевий ферохром, металевий марганець
РКО-3,5-НО3	3,5	Кругла	3	-*-	Є	Є	Безвуглецевий ферохром
РКО-4,5-НО1	4,5	Кругла	3	-*-	Є	Є	Рудовапняний розплав
РКО-5,5	5,5	Кругла	3	-*-	Є	Є	Низьковуглецевий ферохром
РК3-10,5-РРН1	16,5	Кругла, закрита	3	-*-	Є	Є	Рудовапняний розплав

1.2 Рафінувальна електропіч типу СКБ - 6009

Електропіч СКБ-6009 (див. рисунок 1.2) являє собою конструкцію з обертовою ванною й трьома графітизованими електродами, розташованими по вершинах рівностороннього трикутника.

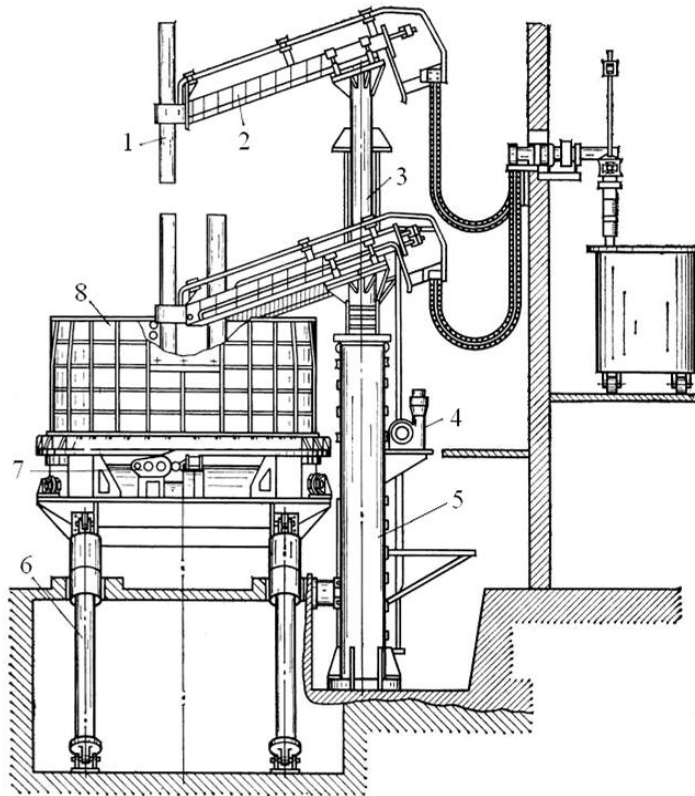


Рисунок 1.2 - Загальний вид рафінувальної феросплавної печі СКБ - 6009

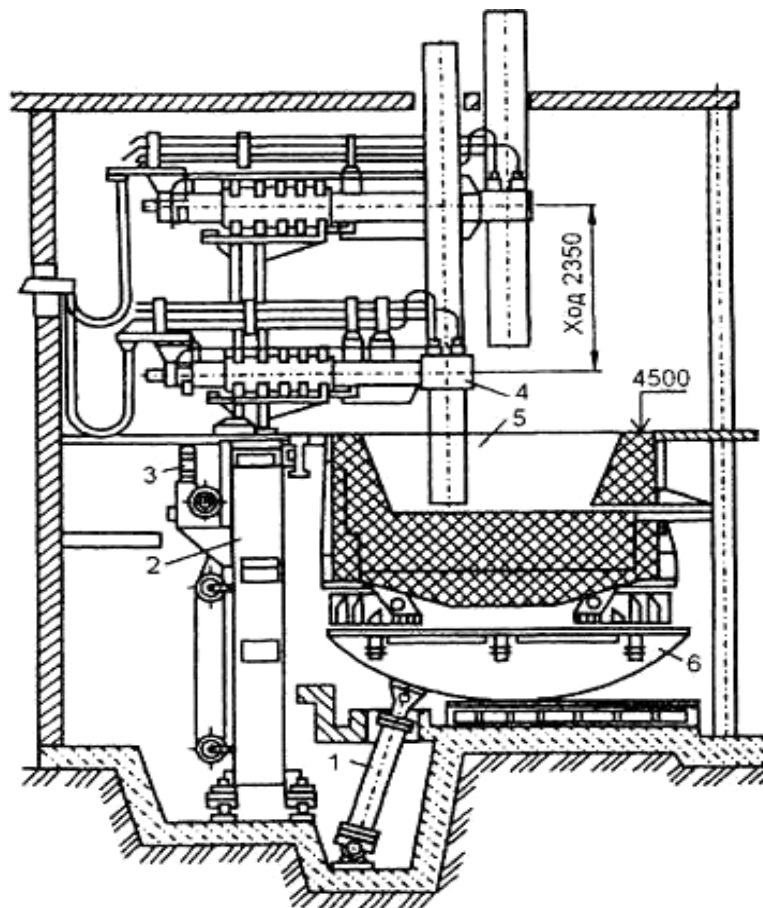
Ванна 8 електропечі робить реверсивне обертання на 180° за допомогою механізму обертання 7 і нахилється убік зливу розплаву на 40° і в протилежному напрямку на 18° за допомогою механізму нахилу 6, аналогічного механізму нахилу сталеплавильної печі. Шихту в електропіч подають завантажувальними трубами через відкритий колошник. Обслуговування печі виробляється з робочої площадки, розташованої на рівні колошника.

Механізм переміщення електродів рафінувальної печі аналогічний відповідному механізму сталеплавильної печі. Електроди 1 закріплені в електродотримачах із пружинно-пневматичним механізмом затискача. Рукава 2 електродотримачів жорстко з'єднані з колонками 3, що переміщуються в напрямних роликах шахти 5. Привод 4 механізми - рейковий із застосуванням противаг, що врівноважують.

На відміну від сталеплавильних печей шахту зі стійками й противагами встановлюють не на колісці печі, а на фундаменті. У зв'язку із цим для нахилу печі електроди необхідно піднімати на більшу (у порівнянні зі сталеплавильними печами) висоту. Для скорочення довжини робочого кінця електрода рукав електродотримача виконують похилим.

1.3 Рафінувальна електропіч типу ОКБ - 262

Рафінувальна електропіч ОКБ-262 (див. рисунок 1.3) потужністю 5 МВ·А призначена для отримання металічного марганцю. Трансформатор печі розташований на відмітці 4,0 м. На робочій площадці розташовані пульт керування, лотки для загрузки шихти. Піч оснащена герметичним зонтом для вловлювання и відсмоктування газів.

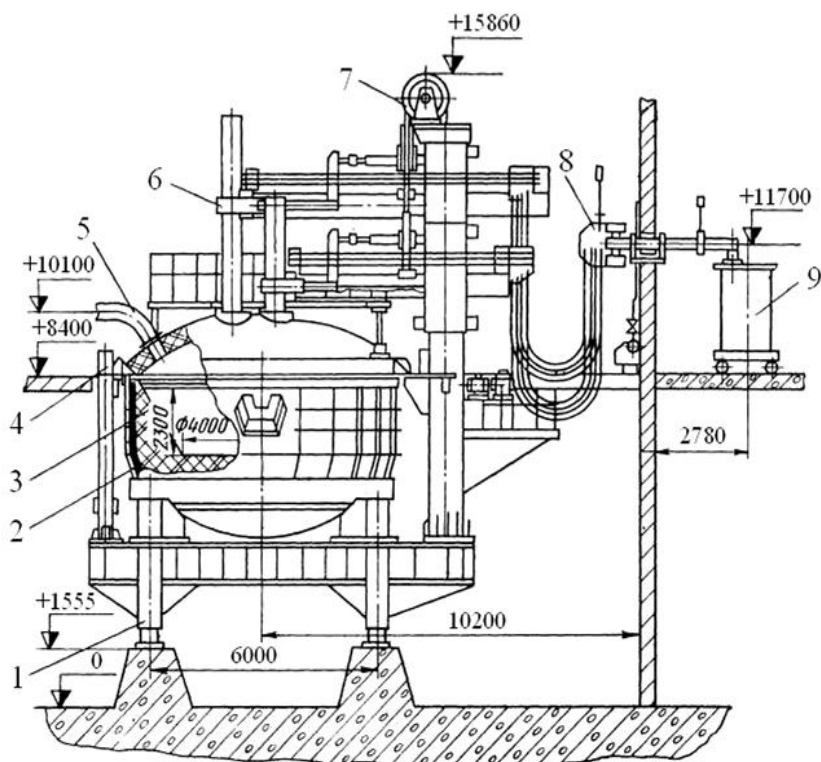


1 - механізм нахилу; 2 - шахта стійки електродотримача; 3 - механізм переміщення електродів; 4 - електродотримач; 5 - ванна печі; 6 - опорні сектори

Рисунок 1.3 - Рафінувальна електропіч ОКБ – 262

1.4 Рафінувальна електропіч типу РКЗ - 10,5РРН1

Трифазна рафінувальна електропіч РКЗ-10,5 РРН1 (див. рисунок 1.4) виконана на базі 100-т електросталеплавильної печі й призначена для плавки рудовапняного розплаву.



- 1 - механізм нахилу печі; 2 - кожух ванни печі; 3 - футерівка ванни ;
4-склепіння печі; 5 - патрубок для відсмоктування газів;
6 - електродотримач; 7 - механізм переміщення хоботів електродотримача;
8 - коротка мережа; 9 - трансформатор

Рисунок. 1.4 - Рафінувальна електропіч РКЗ-10,5 РРН1

Електропіч закритого типу, склепіння набирається з вогнетривкої магнезитохромітової цегли. Три графітізованих електроди розташовані по вершинах рівностороннього трикутника.

Основними вузлами електропечі є кожух 2, футерівка 3, склепіння 4, механізм підйому склепіння, механізм нахилу 1 і обертання ванни, система переміщення електродів 7, коротка мережа 8, система водоохолодження. Несучою конструкцією печі є двохсегментна колиска, установлена на фундаментних балках.

1.5 Технічна характеристика печі:

1. Потужність, МВ·А.....	10,5
2. Напруга трансформаторів:	
- високої сторони, кВ.....	10
- низької сторони, В.....	225 - 162,5
3. Частота струму, Гц.....	50
4. Число фаз.....	3
5. Діаметр електрода, мм.....	55
6. Внутрішній діаметр кожуха, мм	000
7. Число льоток.....	1
8. Частота обертання ванни, об/год.....	2,7

1.6 Рафінувальна електропіч типу РКО - 2,5Н2

Рафінувальна електропіч РКО – 2,5Н2 (див. рисунок 1.5) потужністю 2,5 МВ·А призначена для отримання металічного марганцю и безвуглецевого ферохрому.

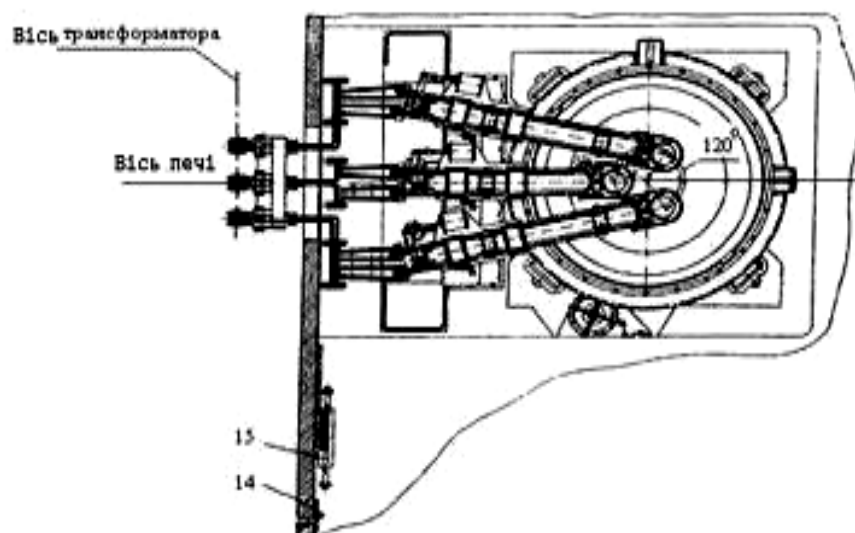
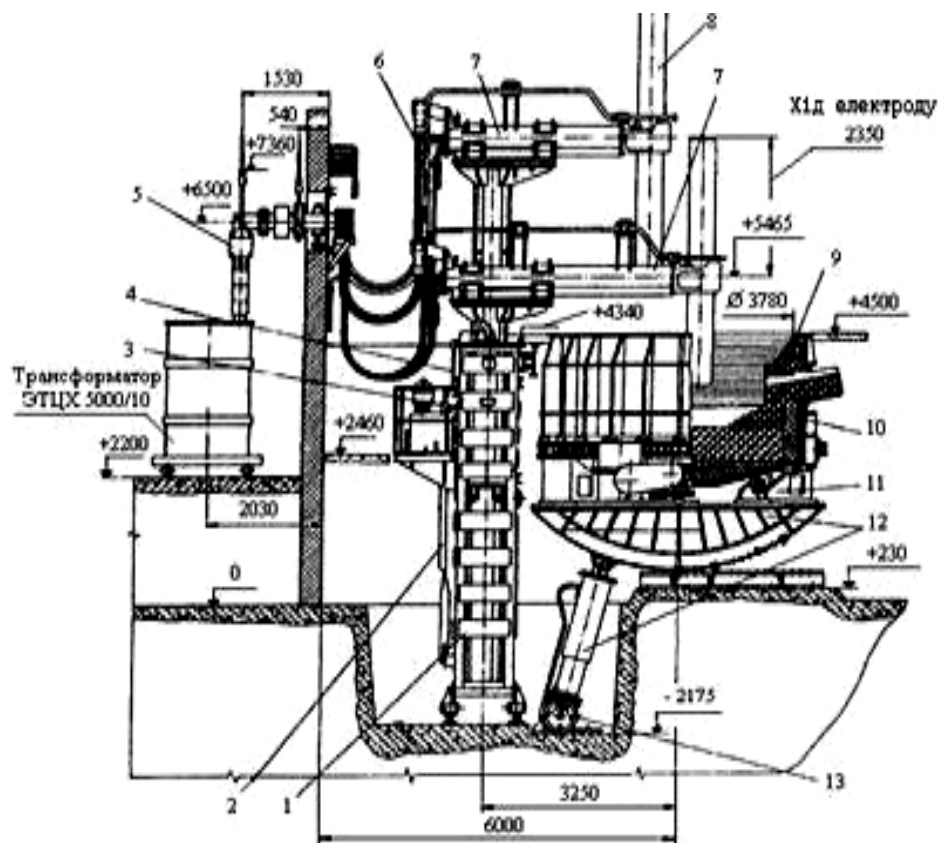
Для зливу металу й шлаків ванну нахиляють за допомогою двох гідравлічних циліндрів, встановлених у напрямку під піччю. Кожух печі монтують на колісці. Піч футерують магнезитом, іноді з магнезитовим наплавленням.

Механізм пересування електродів такий же, як і на дугових сталеплавильних електропечах: електроди кріпляться на **Г-подібних** колонках, що переміщуються на напрямних роликах шахти. Пересування колонок з електродами по вертикалі при регулюванні потужності здійснюється за допомогою електромеханічного привода, системи канатів і противаг.

Електрод затискають в електродотримачі який має пружинно-пневматичний затискач.

Ванна печі відкрита, що має механізм повороту.

Коротка мережа складається з пакетів мідних шин і гірлянд гнучких кабелів. Електропіч одержує живлення від трифазного трансформатора. Потужність регулюється автоматично, регулятором по реле – контакторної схеми.

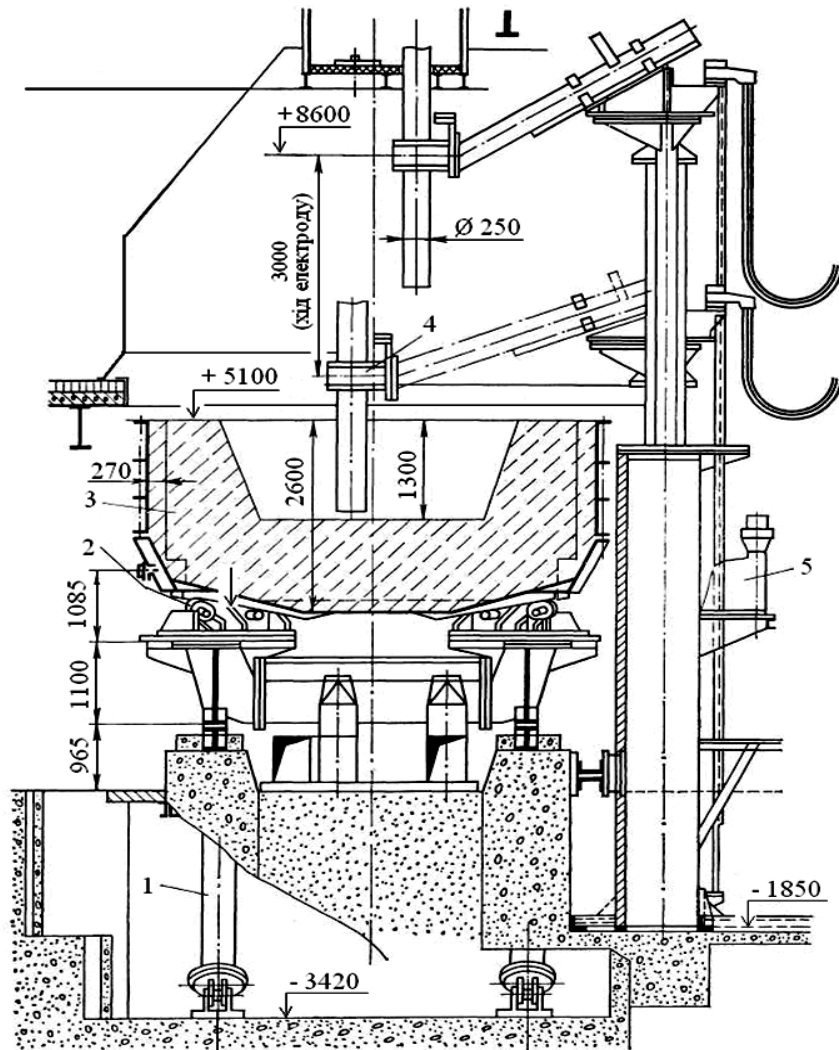


- 1 - шахта; 2 - механізм переміщення електродів; 3 - установка кінцевих вимикачів; 4 - змащення централізована; 5 - коротка мережа; 6 - струмопідвід; 7 - електродотримач; 8 - електрод; 9 - футерівка; 10 - кожух; 11 - механізм обертання ванни; 12 - механізм нахилу; 13 - система гідроприводу; 14 - повітропровід; 15 - система водоохолодження

Рисунок 1.5 - Рафінувальна електропіч РКО - 2,5Н2

1.7 Рафінувальна електропіч типу РКО - 3,5

Рафінувальна електропіч РКО - 3,5 (див. рисунок 1.6) призначена для виплавки безвуглецевого ферохрому.



- 1 - гідропривід нахилу; 2 - механізм обертання; 3 - ванна печі;
4 - електродотримач; 5 - механізм переміщення електродів

Рисунок 1.6 - Рафінувальна піч типу РКО - 3,5

1.8 Кожух ванни рафінувальної печі

Кожух ванни рафінувальної печі (див. рисунок 1.7) виготовляється з листової сталі з горизонтальними й вертикальними ребрами жорсткості.

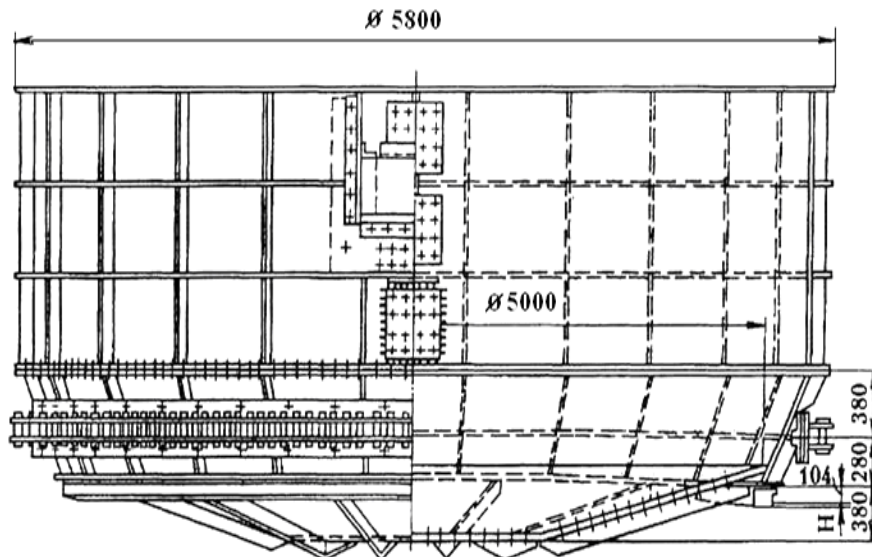


Рисунок 1.7 - Кожух ванни рафінувальної печі

Нижня частина кожуха конічної форми, а верхня - циліндрична. Днище зварене, сферичної форми. У верхній частині кожуха змонтоване корито пісового затвора.

1.9 Механізми обертання ванни рафінувальної печі

Рафінувальні печі можуть бути з нерухомими, обертовими, й ваннами, що нахилиються. Діаметри ванн 3 - 8 м.

Маса ванни рафінувальних печей (з розплавом) звичайно не перевищує 300 - 500 т.

Швидкість обертання залежить від технології плавки того або іншого сплаву.

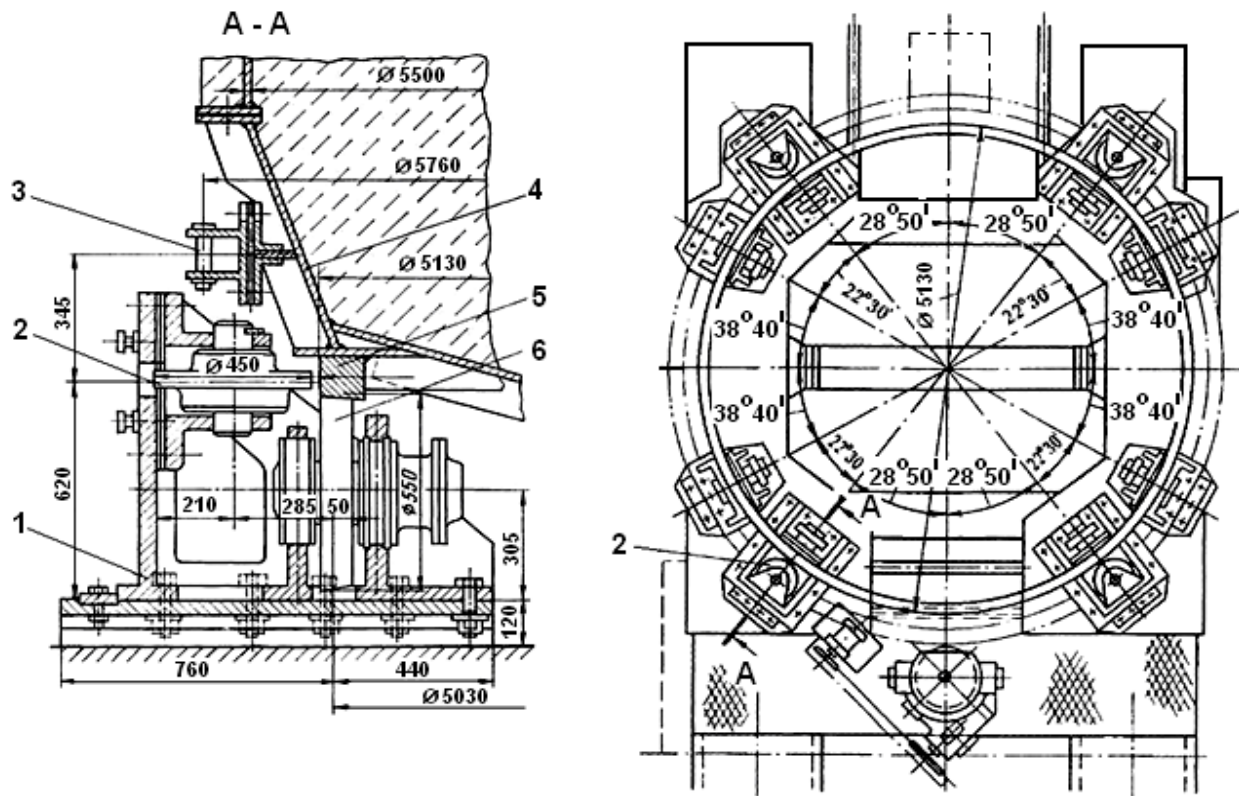
У рафінувальних печах, наприклад, при виробництві феровольфраму обертання ванни сприяє рівномірному прогріву ванни печі й забезпечує механізацію вичерпування сплаву.

Залежно від призначення й технології виробництва, механізми обертання ванн рафінувальних печей підрозділяють по типу опорних пристроїв кожухів на трьох - і чотирьохопорні й центральноопорні, а також по конструкції типу привода - із цівочною передачею й зубчастим зачепленням (шестірня - зубчастий вінець, закріплений на кожусі).

Підвіски ванн рафінувальних печей істотно відрізняються від підвісок ванн рудовідновлювальних печей. Опорні пристрої з котками на трьох

або чотирьох опорах збираються в тумбах, закріплених болтами на фундаментах або на спеціальній каретці механізму нахилу печі.

У чотирьохопорних механізмах застосовується конструкція з конічними котками й рейками (див. рисунок 1.8).



1 - корпус опори; 2 - опорний коток; 3 - цівка; 4 - кожух ванни; 5 – конічна рейка; 6 – коток опорний конічний

Рисунок 1.8 - Опорний пристрій рафінувальної печі на конічних котках

На інтенсивність зношування й довговічність контактної пари коток - рейка істотний вплив робить форма поверхні катання котків.

Котки можуть також мати сферичну, тетроїдальну й циліндричну форми. Циліндричні котки застосовуються рідше, тому що мають більші втрати на перекочування через проковзування по рейці.

Для втримання ванни печі від переміщень у горизонтальній площині, застосовують опорні котки, установлені навколо ванни на рівних відстанях.

Котки втримують ванну опираючись на кругову рейку, закріплену на кожусі, або на оброблену бічну поверхню опорної рейки.

Механізм обертання ванни рафінувальної печі подібний до аналогічного механізму сталеплавильної печі. Кожух ванни печі встановлений на чотирьох роликах 8 (див. рисунок 1.9), розташованих на нерухомих тумбах, і робить реверсивне обертання на 180° .

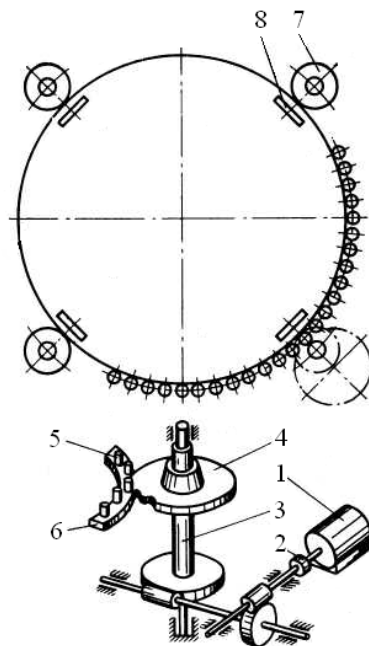


Рисунок 1.9 - Схема механізму обертання ванни рафінувальної печі

Ролики 7 перешкоджають зсуву ванни убік при її нахилі під час зливу сплаву й обертання. Привод механізму складається з електродвигуна 1, з'єднаного із провідним валом двоступінчастого черв'ячного редуктора пружною муфтою 2. На вихідному вертикальному валу 3 редуктори встановлені зірочкою 4, зчеплена із цівками 5, розміщеними в цівочному вінці 6. Передаточне число черв'ячного редуктора близько 1000, цівочної передачі - близько 8.

У зв'язку з тим, що в процесі виробництва рафінованих сплавів іноді необхідно міняти швидкість обертання ванни, у приводах обертання застосовують триступінчасту клиноремінну передачу між двигуном і першим редуктором.

Механізм повороту ванни із центральною опорою показаний на рисунку 1.10

Кожух 1 печі жорстко пов'язаний з радіально розташованими вертикальними ребрами 2, до яких кріпляться бандаж 3 і вінцева конічна шестірня 4. Щоб ребра могли розширюватися, бандаж має напрямні переміщувані уздовж нижніх полиць 5 ребер. Бандаж, опирається на систему роликів 6, змонтовану на опорній конструкції 7.

Привод 8 за допомогою малої, конічної шестірні 9 надає руху вінцевій конічній шестірні 4, що обертається разом з ванною печі.

Ванна печі проохолоджується повітрям, що подається по трубопроводу 10 у пустотілу вісь 11 і потім через отвори в її верхній частині в простір між ребрами. Для охолодження ділянок, до яких не підходить основний потік повітря, встановлено чотири додаткових вентилятори 12. Завдяки подвійній системі вентиляції температура деталей механізму обертання не перевищує $\sim 62^{\circ}\text{C}$.

Для додаткового захисту від тепла, випромінюваного днищем печі, встановлюються алюмінієві екрани 13 з полірованою поверхнею.

Вся конструкція печі монтується на зубчастій колісці 14, що опирається на дві зубчасті рейки 15.

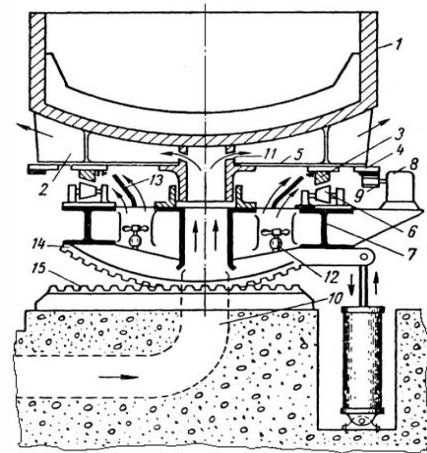


Рисунок 1.10 - Вертикальний розріз печі РКО - 3,5 для виплавки безвуглецевого ферохрому зі змістом вуглецю $< 0,04\%$

1.10 Механізм нахилу ванни рафінувальної печі

Ванни рафінувальних печей виконують із механізмом нахилу, що дозволяє прискорити випуск металу й шлаків, здійснювати нагляд за футерівкою печі й спростити її обслуговування.

На нових печах застосовують в основному, механізми нахилу з гідравлічним приводом (див. рисунок 1.11).

Приводи асинхронним електродвигуном 2 радіально-поршневий насос 3 (продуктивністю 200 л/хв, найбільший тиск 10 Мпа) подає масло з баку 1 через зворотний клапан 4 до реверсивного золотника 7 під тиском, обумовленим настроюванням запобіжного клапана 5. При подачі напруги на котушку 6 (включенням кнопки на пульті керування піччю) золотник 7 зміщується; масло з напірної лінії проходить через зворотний клапан 9 у нижню (поршкову) порожнину гідроциліндра 13, а з верхньої (штокової) порожнини витісняється через дросель із регулятором 12 у золотник 7 на злив. При цьому коліска 14 з піччю нахиляється по годинній стрілці.

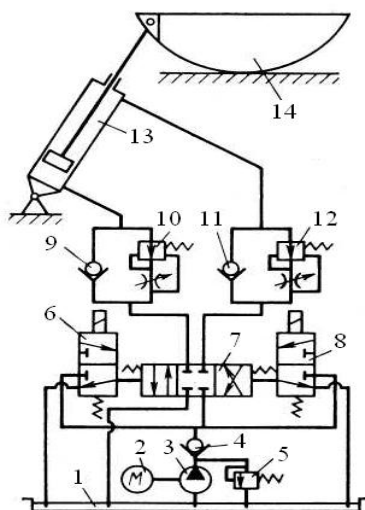


Рисунок 1.11 - Схема механізму нахилу феросплавної рафінувальної печі з гідравлічним приводом

При подачі напруги на котушку пілота 8 у роботу включаються зворотний клапан 11 і дросель із регулятором 10; поршень гідроциліндра й коліска реверсуються. Настроюванням дроселів 10 і 12 можна відрегулювати різну швидкість руху коліски в протилежних напрямках.

1.11 Електродотримачі рафінувальних печей

Механізм пересування електродів рафінувальних печей і конструкція електродотримача аналогічні встановлюваним на дугових сталеплавильних печах. Електроди рафінувальних печей - графітізовані.

Електродотримачі, застосовувані в цей час на сучасних феросплавних рафінувальних печах консольного типу із пружинно-пневматичним затискачем електрода (див. рисунок 1.12).

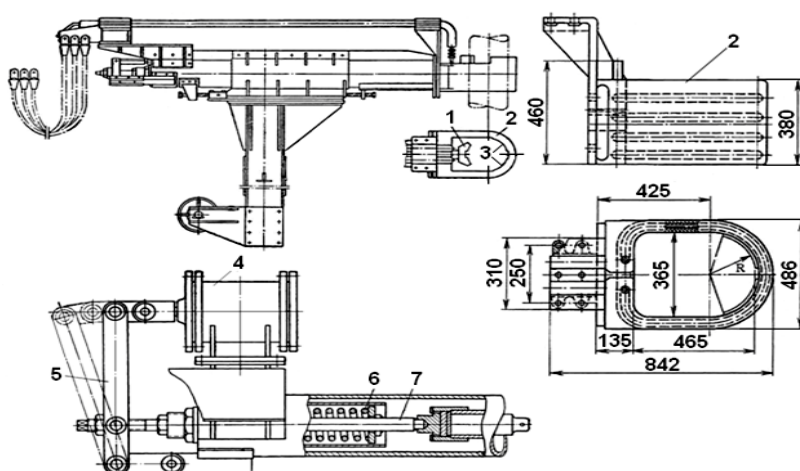
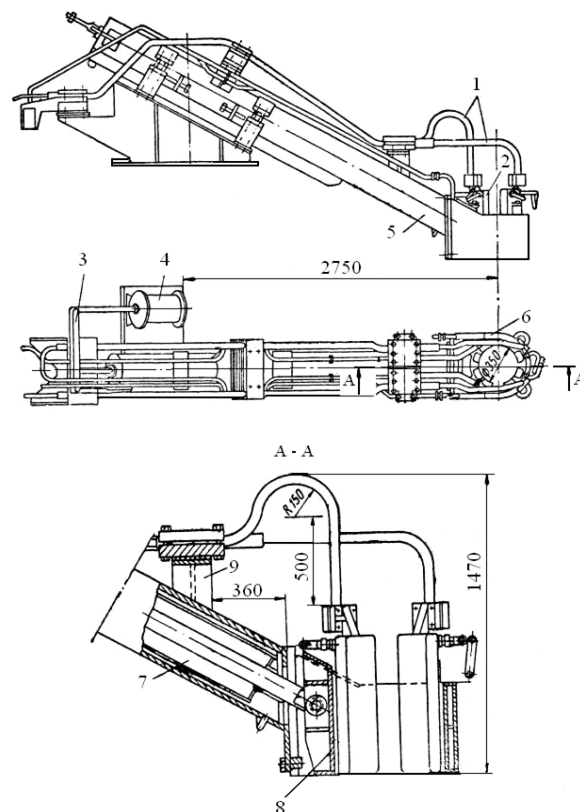


Рисунок 1.12 - Електродотримач рафінувальної печі із пружинно-пневматичним затискачем

Електрод затискається між щоками 3, укріпленими на кільці водоохолоджуємої головки 2, і щокою 1, укріпленої на штоку 7. Натискання здійснюється за допомогою штока 7 і пружини 6, відтиск - за допомогою важеля 5 із пневматичним керуванням. При подачі стисненого повітря в циліндр 4 пневматичні керування, поршень циліндра переміщає шток, у результаті чого важіль, переміщаючись уліво, відтягає шток 7, стискаючи пружину 6 звільняючи електрод.

Електродотримач прикріплюється до спеціального водоохолоджуемого горизонтального несучого рукаву-каретці (хоботу), що за допомогою спеціального механізму переміщається нагору й униз.

З метою скорочення довжини робочого кінця електродів, сконструйовано похилий рукав-каретка (див. рисунок 1.13). Така конструкція скоротила випадки обломів електродів і їхні витрати.



- 1 - струмопідвідні труби; 2 - контактна щока; 3 - важіль відтиску щік;
 4 - пневматичний циліндр механізму відтиску щік; 5 - рукав;
 6 - корпус; 7 - шток; 8 - повзун; 9 - кронштейн

Рисунок 1.13 - Похилий електродотримач рафінувальної печі потужністю 3,5 МВ·А

Рукави виконуються у вигляді двох концентрично розташованих труб діаметром 325 і 245 мм. Порожнина між трубами служить для проходу холодної води. Внутрішня труба не є несучою й кріпиться до зовнішньої через компенсатор, що компенсує різницю лінійних теплових розширень внутрішньої (холодної) і зовнішньої (нагрітої) труб.

Сучасні конструкції рафінувальних печей обладнані також і пружинно-пневматичними системами перепуску електродів.

Існують два основних типи похилих електродотримачів:

- переміщувана каретка по нерухомій стійці;
- рукав-каретка по кріпленню уявляючи Г-подібну конструкцію, що переміщається нагору й униз усередині нерухомої «телескопічної стійки» спираючись на роликові опори. Каретка й стійки для збільшення жорсткості виготовляють із товстостінних труб. Стійка й рукав-каретка електроізолювані.

Подача струму від пакета короткої мережі здійснюється гнучкими кабелями водоохолоджуємими трубами. Для подачі води на цій ділянці застосовують гумові шланги.

«Телескопічні стійки» мають перед звичайними наступні переваги:

- при тій же величині ходу кареток вони зменшують габарити всієї печі по висоті;
- зменшують металоємність сталевих конструкцій..

Для зниження потужності привода переміщення електродотримача система електродотримач - стійка врівноважується двома противагами.

Механізми переміщення електродів як і в електросталеплавильних печей застосовуються двох типів:

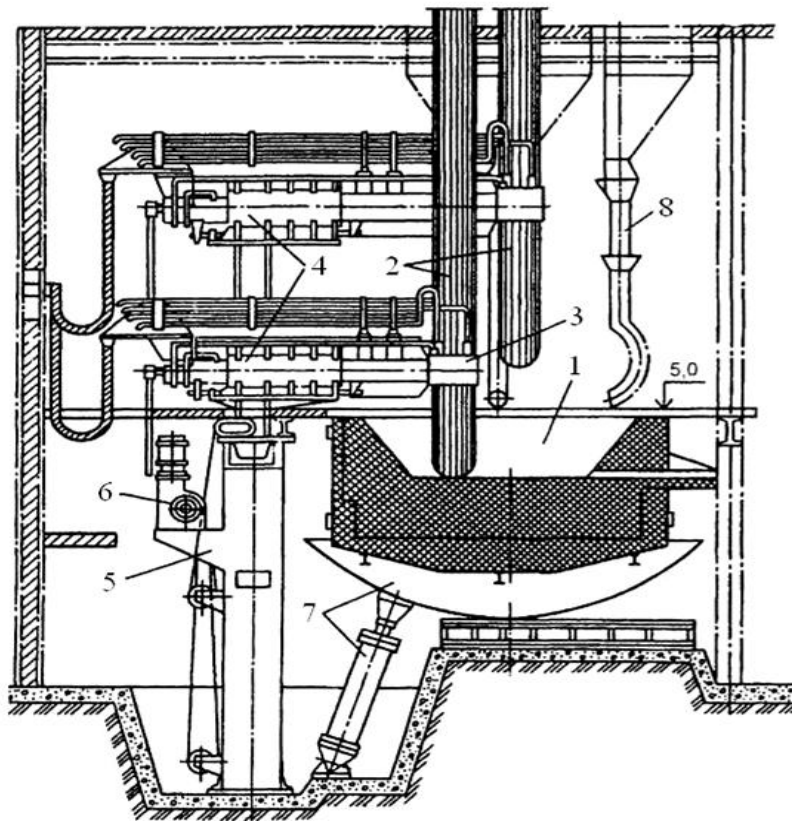
- електромеханічний, у якому підйом і опускання виробляються за допомогою електродвигуна й відповідного механічного приводу (канатний або рейкова зубчаста передача).
- гідравлічний, у якому підйом здійснюється за допомогою гідравлічного підйомника, а опускання під дією власної ваги стійки, каретки й електрода.

Гідравлічні системи механізму пересування електродів мають наступні переваги:

- простота й надійність у роботі;
- мала інерція, тому що тиск через рідину передається практично миттєво, і, отже, підвищена точність регулювання електричного режиму й великий коефіцієнт використання трансформатора;
- швидке гальмування й запобігання науглецевування сплаву завдяки попередженню занурення електродів у шлаки й сплав.

1.12 Завантажувальні пристрої рафінувальних печей

Шихту в рафінувальні печі подають із пічних кишень на лотки із пневматичним приводом. Лотки піднімаються й повертаються пневмоцилиндрами. Керування ручне й з колонок із кранами дистанційного керування (КДУ), установленими на робочій площадці. На деяких печах, що виплавляють безвуглецевий ферохром високих марок, є надсклепінні площадки, на яких установлені вирви трьох завантажувальних труб, що проходять через площадку. Кінці цих труб загнуті убік електродів (див. рисунок 1.14).



- 1 - ванна; 2 - електроди; 3 - контактний вузол; 4 – рукав електродотримача;
5 - телескопічна стійка; 6 - механізм підйому; 7 - колиска й механізм нахилу; 8 - лоток із трубозбігом

Рисунок 1.14 – Загальний вигляд феросплавної рафінувальної печі із завантажувальним лотком

На надсклепінній площадці встановлюється реверсивний механізм, що повертає труби навколо вертикальної осі на кут $\pm (0,70 - 0,79)$ реверсивно, забезпечуючи подачу шихти безпосередньо до електрода. Для забезпечення працездатності цих механізмів їх поміщають у герметичні кожухи, що легко знімаються, і подають стисле або вентиляторне повітря для охолодження механізму й запобігання влучення пилу. Надсклепінні площадки, як правило, водоохолоджуємі. У вирви шихта подається трубами від пічних кишень. Причому при необхідності піднімати надсклепінну площадку (вона піднімається при нахилах ванни) труби повертаються навколо горизонтальної осі, закріпленої на вирвах і піднімається разом з надсклепінною площадкою. Другою опорою (нерухомою) є ролики, прикріплені до пічних бункерів або до перекриття. При опусканні надсклепінної площадки труби повертаються в робоче положення.

1.13 Флюсоплавильна електропіч СКБ - 6063

Електропіч СКБ-6063 призначена для виплавки різних флюсів, використовуваних при зварюванні й електрошлаковому переплаву.

Виплавка флюсів полягає в сплавці компонентів шихти з наступним нагріванням отриманого рідкого флюсу до температури 1350 -1700° С, залежно від марки флюсу.

Піч СКБ - 6063 є дуговою трифазною електропіччю закритого типу із круглою ванною й розташуванням електродів по вершинах рівностороннього трикутника. Регулювання електричного режиму (автоматична або ручна) виконуються по струму.

Основні технічні дані електропечі СКБ - 6063 наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 1.2 - Основні технічні дані електропечі СКБ - 6063

№№ п/п	Найменування параметрів	Номінальні норми параметрів
1	Установлена потужність печі, кВа	3200
2	Діаметр печі зовнішній, мм	3000
3	Діаметр плавильного простору, мм	2350
4	Глибина ванни, мм	2015
5	Діаметр електродів, мм	350
6	Хід електрода, мм	2000
7	Кут нахилу печі убік зливу, град	40
8	Тип трансформатора	ЭТЦХ – 5000/10

Електропід складається з наступних основних складових частин (див. рисунок 1.15): електродотримач 7, корпус 4 печі, склепіння 5 з механізмом підйому, візок 3, механізм нахилу печі 2.

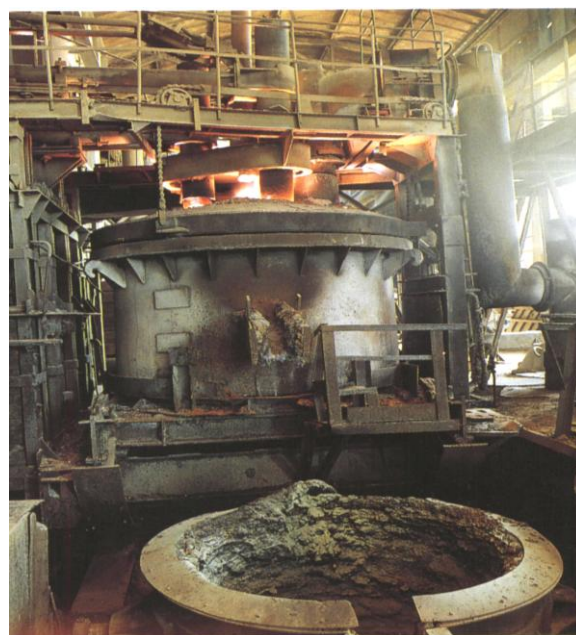
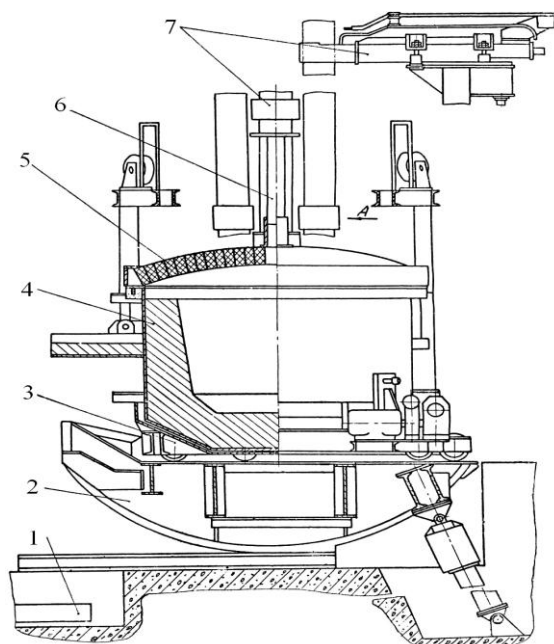


Рисунок 1.15 - Загальний вид електропечі СКБ - 6063

Робота електропечі здійснюється в такий спосіб: шихта із пічних бункерів передається живильниками ПЛ-5, на пересувний стрічковий конвеєр, що подає шихту в завантажувальну трубу 6 печі. Виробляється нарощування електродів, у міру необхідності, і після наповнення ванни шихтою, електроди опускаються. Потім включається електроживлення з попередньою перевіркою наявності циркуляції холодної води в струмопідводі й виконується процес плавлення. Перепуск (опускання) електродів у процесі плавлення виробляється в автоматичному режимі.

Після закінчення процесу електроди піднімаються, піч нахиляється й плавка зливається в грануляційний кошик 1, установлену в грануляційному басейні.

Злив плавки здійснюється способом мокрої або сухої грануляції флюсу. При мокрій грануляції струмінь флюсу гранулюється водою, а при сухий - розпорошується в повітряному струмені. В іншому випадку над грануляційним басейном установлюється спеціальна камера, що вловлює розпилені частки флюсу.

Після наповнення кошика гранульованим флюсом, вона переноситься до сушильного барабана або охолоджувача, а піч вертається у вихідне вертикальне положення. Гази з печі відсмоктуються через телескопічний водоохолоджуємий газохід, пов'язаний з литим газоходом, установленим

над склепінням печі. Відсмоктування газів здійснюється системою газоочистки, що складається з гідрозатвора, скрубера, труби «Вентури», циклона - каплеуловителя, нагнітача й витяжної труби. Керування роботою печі виконується з пульта керування, склепіннями включаються й відключаються всі механізми печі, регулюється електричний режим печі. Аварійне відключення печі виконується без підйому електродів аварійним кінцевим вимикачем або безпосереднім розмиканням ланцюгів керування ключем, або ключ - биркою плавильника.

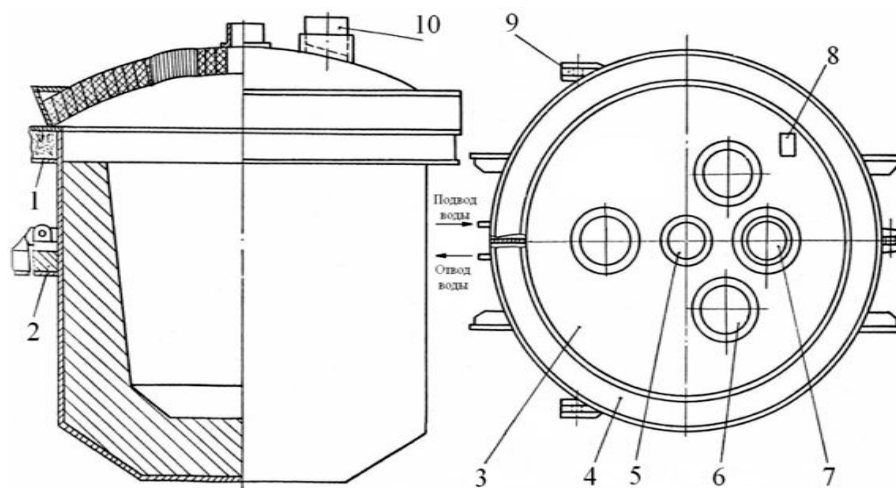


Рисунок 1.16 - Корпус і склепіння печі СКБ 6063

Корпус електропечі (див. рисунок 1.16) служить для формування футеровки ванни й у процесі роботи сприймає навантаження від маси футеровки, тиску розплаву й шихти.

Корпус виготовлений циліндричним, звареним зі сталевих аркушів товщиною 16 мм; днище корпуса - конусне. По верхньому поясі корпуса приварена коробка 1 для пісового затвора, леточний вузол печі постачений жолобчастим лотком 2, виготовленим із секції електрода й установленим у звареному кожусі. Футерується корпус печі набиванням електродної маси.

Склепіння закриває ванну печі й складається зі склепінного кільця 4, звареного зі сталевих аркушів і центральної частини 3, виконаної куполообразною з вогнетривкої цегли.

У центральній частині є три отвори 6 для проходу електродів, отвір 5 для завантаження шихти й отвір 7 для відсмоктування газів. На отвір установлюється товстостінний патрубок 10 газоходу, виготовлений з термостійкої сталі й з'єднаний з телескопічним газопроводом. Між поверхнею склепіння й нижнім зрізом патрубку газоходу передбачений зазор, рівний 200 мм, що забезпечує підйом склепіння при викочуванні

корпуса печі. При роботі печі зазначений зазор ущільнений водоохолоджуємим холодильником. У зводі є також отвір 8 для узяття проб з печі. Для підйому склепіння, до склепінного кільця приварені три кронштейни 9.

Механізм **підйому склепіння** (див. рисунок 1.17) включає у свій состав циліндр 1, що переміщає траверсу 2, зв'язану трьома ланцюгами через блоки 3 зі склепінням.

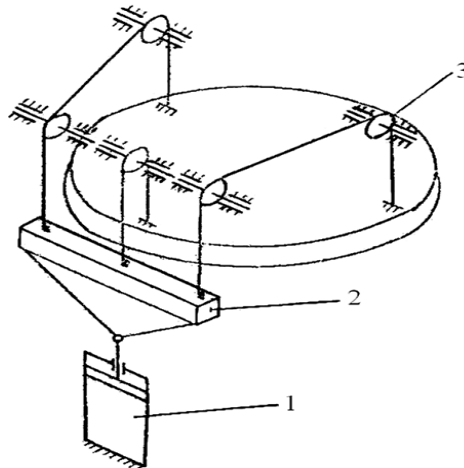


Рисунок 1.17 - Схема механізму підйому склепіння

Електродотримач (див. рисунок 1.18) призначений для підведення електроживлення до електрода й необхідного вертикального переміщення електрода.

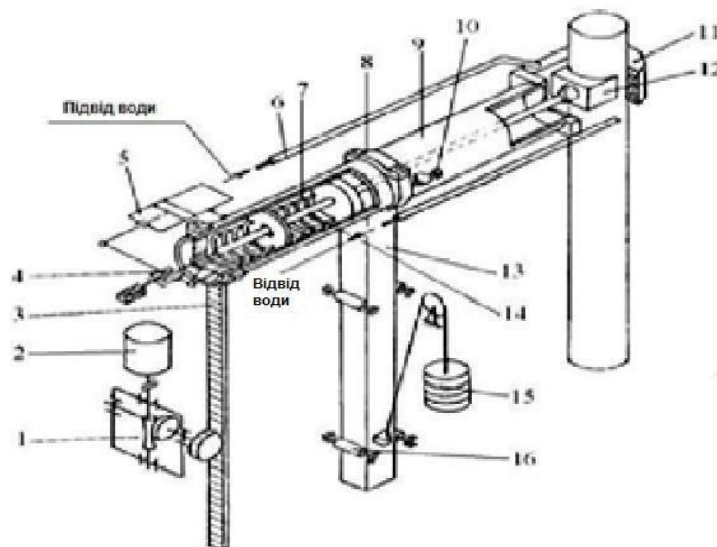


Рисунок 1.18 - Електродотримач

Стойка 13 електродотримача прямокутного перетину телескопічно встановлена в шахті, що представляє собою металоконструкцію, зварену із сортового прокату й закріплену на колісці печі. На стійці двома скобами 8 кріпиться трубчастий рукав; положення його фіксується двома гвинтами

10. Опорна плита рукава прокладкою електроізолювана від стійки. Усередині рукава змонтований пружинний механізм 7 затискача електрода. Пружинний механізм штангою 14 постійно притискає через колодку 12 електрод до контактної поверхні латунного корпусу електродотримача 11, усередині якого залитий мідний змійовик для проходу холодної води. Електроживлення до корпусу 11 передається по водоохолоджуємым мідним трубам 6 від короткої мережі зв'язаної гнучкими кабелями із трансформатором. Віджим пружин при необхідності звільнення електрода виконується за допомогою пневмоцилиндра 5 через важільну систему, а регулювання зусилля пружин здійснюється гвинтом 4. Вертикальне переміщення кожного електрода здійснюється індивідуальним приводом, установленим на шахті печі й вмикаючим двигун постійного струму 2, що передає обертання черв'ячному редуктору 1, зв'язаному шестірнею з рейкою 3, укріпленої на стійці 13. Для полегшення переміщення електродотримача передбачена протизага 15, що пересувається в шахті. Сійка переміщається в напрямних роликах 16, також укріплених на шахті.

Механізм нахилу печі (див. рисунок 1.19) складається з колиски 4, двох гідроциліндрів 10 і балок 16.

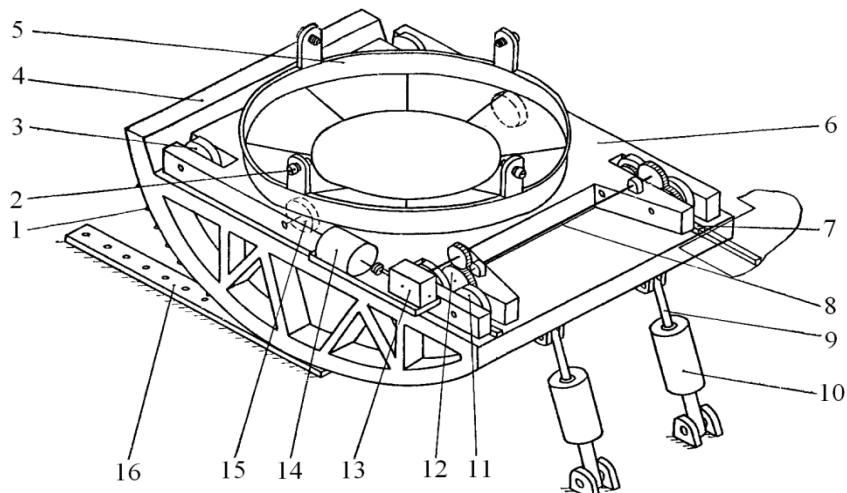


Рисунок 1.19 - Механізм нахилу печі з візком

Колиска представляє зварену металоконструкцію із двома секторами, на хитних підшвах яких передбачені зуби 1, що входять при нахилі печі у відповідні отвори балок, закріплених в фундаменті. Гідроциліндри шарнірно закріплені на фундаменті, штоки 9 їх також шарнірно прикріплено до борта колиски. При подачі масла з маслонапорної установки в гідроциліндри, штоки висуваються й повертають піч до повного зливу плавки. Повернення печі у вертикальне положення відбувається під дією власної маси після відключення подачі масла в

гідроциліндри. На колісці розташовується візок 6, призначений для здійснення відкоту корпусу печі при ремонтах. Приводні здвоєні колеса 11 візка одержують обертання через ряд шестірень 12 і вал 8 від привода, що включає електродвигун 14 і циліндричний редуктор 13. Колеса 3, 15 є неприводними. Переміщається візок по рейках 7, що переходить далі в напільні рейки. На візку розташовується зварений піддон 5, у якому встановлюється корпус печі й положення якого фіксується гвинтами 2.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Технологічні основи проектування феросплавних печей

По виду застосовуваного відновника всі феросплавні процеси підрозділяються на вуглецевотермічні й металотермічні (силікотермічні й алюмотермічні).

При вуглецевотермічному процесі оксиди провідного елемента феросплаву відновлюються з руди твердим вуглецем.

Реакція відновлення вуглецем ставиться до числа сильно ендотермічних, тобто вимагає підведення тепла ззовні. Тому вуглецевотермічні процеси здійснюються в потужних рудовідновлювальних дугових печах, як правило із самоспівливими електродами. Вуглець є універсальним відновником, оскільки на відміну від інших оксидів, міцність оксиду вуглецю зростає з підвищенням температури. Це забезпечує ступінь витягу провідного елемента близьку до 100% і малу кратність шлаків. Газ СО, що утворився, постійно видаляється із зони реакції, що обумовлює безперервний характер процесу. Безперервний характер процесу забезпечує його високу продуктивність, а порівняльна дешевина вуглецевих відновників - високі техніко-економічні показники процесу. Тому при виборі типу процесу варто віддавати перевагу вуглецевотермічним процесам орієнтуючись на виборі печей високої потужності.

Важливою особливістю вуглецевотермічного процесу є підвищений зміст вуглецю в готовому сплаві, викликане утворенням карбідів провідного елемента. Лише при одержанні кременистих сплавів карбіди руйнуються більш міцними силіцидами, що забезпечує відносно низький зміст вуглецю в зазначених сплавах.

Тому область застосування УТП обмежена виробництвом високовуглецевих і кременистих сплавів.

При проектуванні рудовідновлювальних печей варто враховувати кількість шлаків, що утвориться, а також конструктивні особливості печі: стаціонарна або обертова ванна, відкрита або закрита, сходячи з особливостей.

При необхідності виплавки сплавів зі зниженим вмістом вуглецю використовується силікотермічний спосіб виробництва, що здійснюється в рафінувальних електропечах, для відомості до мінімуму науглецевування металу за рахунок вуглецю електродів, конструкцією передбачається використання графітизованих електродів, а робоча напруга значно вище ніж у рудовідновлювальних печей.

2.2 Розрахунок основних параметрів робочого простору й електричних параметрів рафінувальної печі.

Вихідні дані :

Марка сплаву: Металічний марганець

Продуктивність печі т/доб: $G=57$;

Питома витрата електроенергії, кВт·год / т: $A=1253$;

k - коефіцієнт, враховуючий простій печі: $k=0.95$;

Значення: $\cos\varphi=0.82$;

Електричний К.К.Д. : $\eta_{\text{ел}}=0.96$;

Значення: $\cos\varphi \cdot \eta_{\text{ел}}=0.83$;

Електроди графітизовані.

Призначення печі:

Піч призначена для виплавки металічного марганцю.

Коефіцієнт напруги: $K_{\text{н}}=12.4$; $K_{\text{в}}=18.8$

Рафінувальні печі призначені для виробництва низько та середнєвуглецевих феросплавів силікотермічним способом . У них виплавляють металічний марганець ,середнєвуглецевих феромарганець й особо низьковуглецевий ферохром.

2.2.1 Знаходимо установлену потужність трансформатора:

Розрахунок виконується у такій послідовності:

Знаходиться установленна потужність трансформатора за формулою

$$W = \frac{G \cdot A}{24 \cdot k \cdot \cos\varphi}$$

де G - задана продуктивність печі, т/доб;

24 - кількість годин в добі, г;

k - коефіцієнт, враховуючий простій печі (капітальний, середній, планово-попереджувачий ремонт) і коливання електричного режиму. Береться в межах $0,93 \div 0,95$;

A - питома витрата електроенергії, кВт·год / т (див. табл. 1.3)

Для попереднього розрахунку потужності трансформатора значення $\cos\varphi$ береться в межах $0,82 \div 0,85$. Потім з табл.1. в залежності від марки

сплаву, що виплавляється, вибирається значення величини $\cos\varphi \cdot \eta_{ел}$. При цьому в залежності від величини W , отриманої з (2.2.1) в межах від 10 до 75 МВ. А, для більш великої потужності трансформатора береться більш мале значення величини $\cos\varphi \cdot \eta_{ел}$. Після цього, знов-таки, виходячи з попереднього значення W , обирається величина $\eta_{ел}$, яка завжди розташовується в межах 0,84 ÷ 0,90 (чим більше W , тим менше $\eta_{ел}$). Вибравши розмір величини добутку $\cos\varphi \cdot \eta_{ел}$ і значення $\eta_{ел}$, визначаємо $\cos\varphi$ установки із співвідношення:

$$\cos\varphi = \frac{\cos\varphi \cdot \eta_{ел}}{\eta_{ел}}$$

Таблиця 1.3 - Значення необхідні для розрахунку величин в залежності від марки сплаву, що виплавляється

Марка сплаву	$\cos\varphi \cdot \eta_{ел}$	Щільність струму (j) А/см ³	Відношення відстані від електроду до футерівки до діаметру електрода	Потужність, віднесена до площі кола розпаду електродів, кВА/м ²	Відкрита (о) Закрита (з)	$\cos\varphi$
Феровольфрам	0,92-0,94	4,4	3,3	3117	О	0,965
Безвуглецевий ферохром	0,96-0,97	7,3	2,6	3117	О	0,96
Маловуглецевий ферохром	0,96-0,97	9,4	3,0	4452	О	0,96
Металічний марганець	0,82-0,84	7,2	0,6	3205	О	0,90

а потім по отриманому значенню $\cos\varphi$ - остаточну шукану (номінальну) потужність трансформатора за формулою.

$$W = \frac{G \cdot A}{24 \cdot k \cdot \cos\varphi} = \frac{57 \cdot 1253}{24 \cdot 0.95 \cdot 0.82} = 3820.1 \text{ Вт}$$

$$\cos\varphi = \frac{\cos\varphi \cdot \eta_{ел}}{\eta_{ел}} = 0.865$$

$$W = \frac{G \cdot A}{24 \cdot k \cdot \cos\varphi} = \frac{57 \cdot 1253}{24 \cdot 0.95 \cdot 0.865} = 3623.13 \text{ Вт}$$

2.2.2 Визначаємо корисну потужність, яка виділяється у ванні:

де W - отримана залишкове номінальна потужність трансформатора;
 $\cos\varphi \cdot \eta_{ел}$ - величина, яка обрана з табл. 1.3

$$P_{кор} = w \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{ел} = 3623.13 \cdot 0.83 = 3007.2 \text{ кВт}$$

2.2.3. Визначення робочих ступеней напруження:

$$U_{\text{л}} = K \cdot \sqrt[3]{P_{\text{кор}}}$$

Вища ступінь напруги: $U_{\text{лв}} = K_{\text{в}} \cdot \sqrt[3]{P_{\text{кор}}} = 18.8 \cdot \sqrt[3]{3007.2} = 271.36 \text{ В}$

беремо 271 В

Нижча ступінь напруги: $U_{\text{лн}} = K_{\text{н}} \cdot \sqrt[3]{P_{\text{кор}}} = 12.4 \cdot \sqrt[3]{3007.2} = 178.98 \text{ В}$

беремо 178 В

Робоча ступінь напруги: $U_{\text{р}} = \frac{U_{\text{лв}} + U_{\text{лн}}}{2} = \frac{271 + 178}{2} = 225.2 \text{ В}$

2.2.4 Розрахунок сили струму при нижній ступені напруги:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{кор}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{лн}}} = \frac{3007.2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 178} = 9700 \text{ А}$$

2.2.4.1 Робоча сила струму:

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{кор}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{р}}} = \frac{3007.2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 225.2} = 7711 \text{ А}$$

2.2.5 Розрахунок діаметру електроду:

$$\frac{4 \cdot I_{\text{р}} \cdot K_{\text{н}}}{\pi \cdot d_{\text{ел}}^2} \leq j \text{ звідки } d_{\text{ел}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100 \cdot I_{\text{р}} \cdot K_{\text{н}}}{\pi \cdot j}}$$

$$d_{\text{ел}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100 \cdot I_{\text{р}} \cdot K_{\text{н}}}{\pi \cdot j}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100 \cdot 7711 \cdot 1.05}{3.14 \cdot 7.2}} = 378 \text{ мм}$$

де 100 - перевідний коефіцієнт розмірності з А/см² в А/мм²

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт збільшення активного опору електроду внаслідок поверхневого ефекту(для електродів діаметром 300, 500 та 750 мм відповідно рівнем 1,04; 1,10 та 1,25)

За ТУ 14-10-024-95 вибираємо електрод діаметром 350 мм.

2.2.6 Визначення геометричних розмірів робочого простору .

2.2.6.1 Діаметр розпаду електродів:

$$d_p = (3 \dots 3.25)d_{ел} = 3.15 \cdot 350 = 1094 \text{ мм}$$

2.2.6.2 Відстань від стінки до електроду:

$$a = 1.8 \cdot d_{ел} = 1.8 \cdot 350 = 630 \text{ мм}$$

2.2.6.3 Діаметр ванни нижньої:

$$d_{вн} = d_p + d_e + 2a = 1094 + 350 + 2 \cdot 630 = 2704 \text{ мм}$$

2.2.6.4 Глибина ванни:

$$h_b = 2.5 \cdot d_{ел} = 2.5 \cdot 350 = 875 \text{ мм}$$

2.2.6.5 Ухил стін при нахилі 35°:

$$b_c = h_b \cdot \operatorname{tg} 35 = 875 \cdot 0.707 = 618.6 \text{ мм}$$

2.2.4.6 Діаметр ванни верхньої:

$$D_k = d_{вв} + 2\delta_{ст}$$

При товщині стінки рівної $\delta_{ст} = 230 + 115 + 55 = 400 \text{ мм}$

$$D_k = 3942 + 2 \cdot 400 = 4742 \text{ мм}$$

2.2.6.7 Товщина подини печі:

$$\delta_{под} = 100 + 2 \cdot 65 + 115 + 4 \cdot 300 = 1545 \text{ мм}$$

2.2.6.8 Висота кожуху печі: $H_k = h_\delta + \delta_{под}$

$$H_k = 875 + 1545 = 2420 \text{ мм}$$

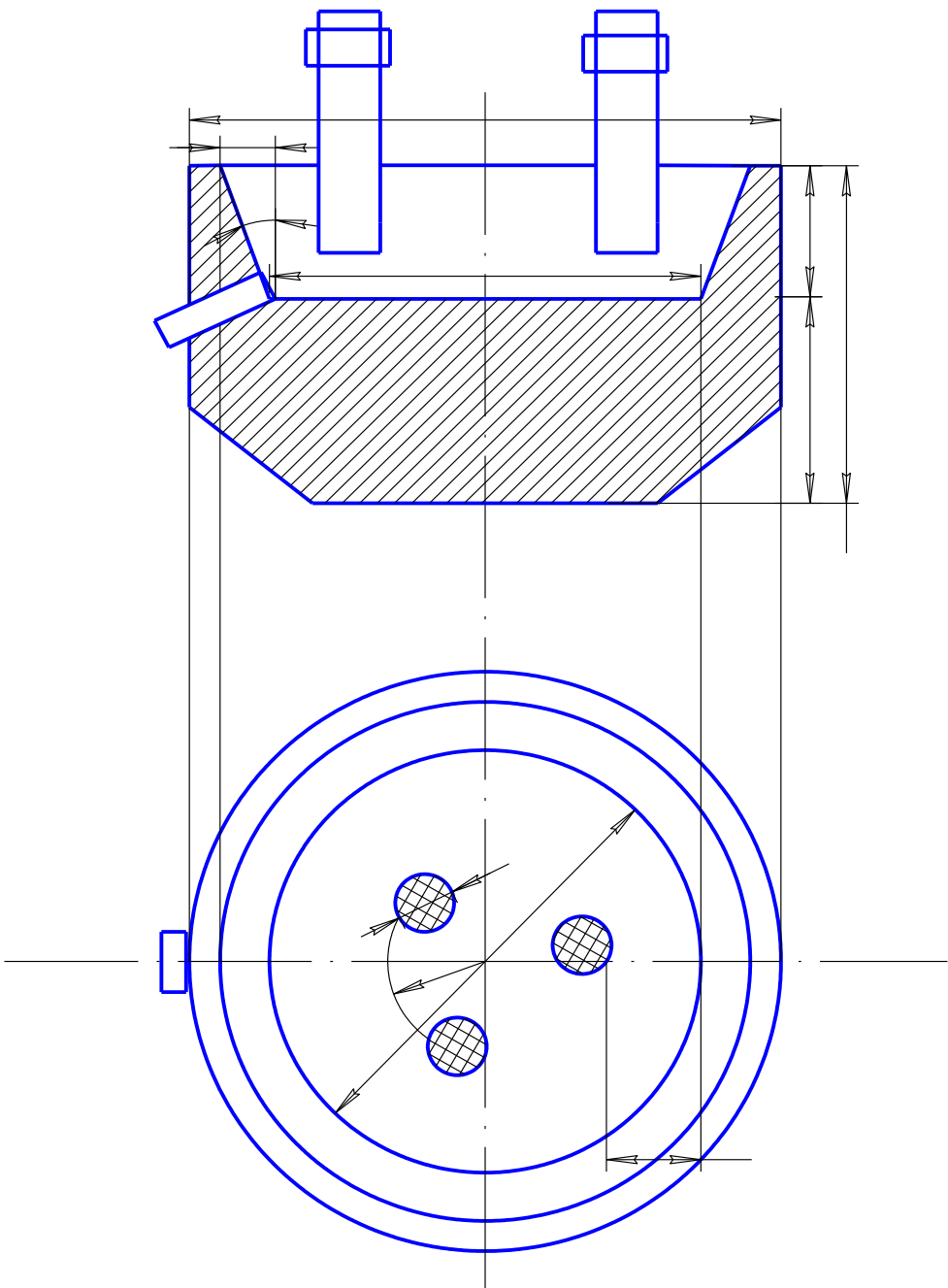
ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНОК НА ПОЕМ В СЕРЕДОВИЩІ MATHCAD 13

Для виконання розрахунку необхідно виконати такі дії:

1. У початку розрахунку у пункті «Вихідні дані» ввести марку виплавляемого сплаву.
2. Ввести вихідні дані для свого розрахунку ,тобто навпроти текстових вставок я кі виділено червоним кольором необхідно присвоїти відповідні значення G , A , k , $\cos\varphi_{\text{ел}}$, $\cos\varphi \cdot \eta_{\text{ел}}$.
3. Значення вибираються з таблиці та пояснювальних вставок приведених у правій частині вікна програми.
4. Дуже уважно читати пояснення приведені у правій частині розрахунку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Егоров А.В., Моржин А.Ф. Электрические печи (для производства сталей). М., «Металлургия», 1975.
2. Д.Я. Поволодцкий, В.Є. Рошин, М.А. Рысс и др.: под редакцией Поволоцкого Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов. М., Metallurgy, 1984.
3. Егоров А.В. Электроплавильные печи чёрной металлургии. М., Metallurgy, 1985.
4. А.Д. Свечанский, И.Т. Жердев, А.М. Кручинин и др., под ред. Свечанского А.Д. Электрические промышленные печи. Ч.2. Дуговые печи и установки специального нагрева. М. Энергия, 1981.
Крамаров А.Д., Соколов А.Н. Электрометаллургия стали и ферросплавов. М. Metallurgy, 1976.
5. А.И. Строганов, М.А. Рысс. Производство стали и ферросплавов. М. Metallurgy, 1974.
6. Борнацкий И.И., Михневич В.Ф., Яргин С.А. Производство стали. М. Metallurgy, 1991.

Перв. примен.																																																																										
Справ. №																																																																										
Подп. и дата	Инв. № дудл	Взам. инв. №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>												Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						Разраб.										Пров.										Т.контр.										Н.контр.										Утв.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																																																						
Разраб.																																																																										
Пров.																																																																										
Т.контр.																																																																										
Н.контр.																																																																										
Утв.																																																																										
Инв. № подл.																																																																										

Копировал

Формат А4