**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,**

**методичні вказівки та індивідуальні завдання**

**до вивчення дисципліни**

**«Електротермія неорганічних матеріалів»**

**для студентів технічних спеціальностей**

**Дніпропетровськ НМетАУ 2013**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,**

методичні вказівки та індивідуальні завдання

до вивчення дисципліни

**«Електротермія неорганічних матеріалів»**

для студентів технічних спеціальностей

Затверджено

на методичному засіданні

каф.електрометалургії

Протокол № 1 від 09.09.2013

**Дніпропетровськ НМетАУ 2013**

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Електротермія неорганічних матеріалів» для студентів технічних спеціальностей / Укл. М.І. Гасик, А.В. Гладких, В.Ф. Лисенко, А.М. Овчарук, Є.І. Цибуля – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 22 с.

Викладені робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання з дисципліни «Електротермія неорганічних матеріалів», наведені перелік тем, зміст дисципліни, її основні поняття, опис процедури самостійної роботи студентів, варіанти індивідуальних завдань, перелік літератури.

Призначена для студентів напряму 6.050401 – «Металургія» та 6.010104 – «Професійна освіта» заочної форми навчання.

Укладачі М.І.Гасик, доктор техн. наук, професор.

В.А. Гладких, доктор техн. наук, професор.

В.Ф. Лисенко, канд. техн. наук, доцент.

А.М. Овчарук, доктор техн. наук, професор.

Є.І. Цибуля, канд. техн. наук, доцент.

**Характеристика дисципліни**

Навчальна дисципліна «**Електротермія неорганічних матеріалів**» входить до циклу дисциплін професійної і практичної підготовки

**Мета вивчення дисципліни** – засвоєння теоретичних знань процесів виробництва неорганічних матеріалів, зокрема абразивних та вуглецевих матеріалів.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен

**знати:**

- сучасні способи термодинамічних розрахунків відновнувальних реакцій;

- технологічні особливості виробництва тугоплавких абразивних оксидних, карбідних та нітридних матеріалів електротермічними методами.

**вміти:**

- класифікувати процеси та обладнання призначене для виробництва абразивних та вуглецевих матеріалів;

- аналізувати можливості утворення  простих або складних речовин;

- вибрати доцільні шихтові компоненти для виробництва тих чи інших неорганічних матеріалів;

**Критерії успішності** – отримання позитивної оцінки при складанні заліку.

**Засоби діагностики успішності навчання** – комплект завдань.

**Зв’язок з іншими дисциплінами** – дисципліна пов’язана з попереднім вивченням нормативних дисциплін (фізика, хімія, фізична хімія, вогнетривкі матеріали) і дисциплін професійної і практичної підготовки: «Теорія металургійних процесів», «Кристалографія і мінералогія», «Матеріалознавство».

**1. Загальні методичні вказівки**

Структуру вивчення дисципліни «Електротермія неорганічних матеріалів» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

**Розподіл навчальних годин (заочна форма навчання)**

*Групи МЕ, ПР*

|  | Усього | Чверть VII |
| --- | --- | --- |
| Усього годин за навчальним планом | 36 | 36 |
| у тому числі:  Аудиторні заняття | 8 | 8 |
| з них:  лекції | 8 | 8 |
| лабораторні роботи | - | - |
| практичні заняття | - | - |
| семінарські заняття | - | - |
| Самостійна робота | 28 | 28 |
| Підсумковий контроль | Залік | Залік |

Робоча програма передбачає самостійну роботу, контрольовану викладачем, яка включає:

* підготовку до аудиторних занять;
* самостійне вивчення розділів дисципліни, які не викладаються на лекціях;
* виконання індивідуального завдання;
* підготовку до контрольних заходів (залік).

**2. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Порада А.Н., Гасик М.И. Электротермия неорганических материалов. – М.: Металлургия, 1990. - 232с.
2. Гасик М.И. Электроды рудовосстановительных электропечей. М.: Металлургия, 1984. – 248с.
3. Чалых Е.Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. М.: Металлургия, 1972, 0- 432с.
4. Производство электродной продукции / Санников А.К., Сомов А.Б., Ключников и др. М.: Металлургия, 1985, - 129с.
5. Фиалков А.С. Углеграфитовые материалы. – М.: Энергия, 1979, - 320с.
6. Кашкуль В.В., Гриншпунт А.Г., Люборец И.И. Передовой опыт эксплуатации рудовосстановительных электропечей. М.: Металлургия, 1988, - 88с.
7. Технология фосфора / под ред. В.А.Ершова, В.Н.Белова. – Л.: Химия. – 1979. – 336с.
8. Ершова В.А., Данцис Я.Б., Жилов Г.М. Теоретические основы химической электротермии. Л.: Химия, 1978. – 184с.
9. Электротермические процессы химической технологии / Под ред. Е.А.Ершова. – Л.: Химия, 1984. – 464с.
10. Ершов В.А., Данцис Я.Б. Производство карбида кальция. Л.: Химия, 1974. – 152с.
11. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.: Металлургия, 1988. – 784с.
12. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов / Гладких В.А.,  Гасик М.И., Овчарук А.Н., Пройдак Ю.С. – Днепропетровск: «Системные технологии». – 2004. – 736с.

**3. Програма і питання для заключного контролю**

Розподіл навчальних годин за темами і видами занять наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ тем | Назва розділу / теми та її зміст | Види занять | | |
| Ауд. | Лекції | Сам. робота |
| 1 | **Неорганічні матеріали та їх класифікація. Обладнання електротермічних виробництв.**  Неорганічні матеріали та їх класифікація. Штучні та природні абразивні матеріали. Вуглеграфітові матеріали, штучні алмази, карбід кальцію. Обладнання електротермічних виробництв. | 2 | 2 | 2 |
| 2 | **Теорія і технологія виробництва електрокорунду нормального та іншіх видів корундів.**  Сировина. Теоретичні основи виробництва. Особливості відновлювальної плавки бокситів. Процеси, які протікають у колошнику і ванні електропечі. Кристалізація розплаву електрокорунду. Плавка на блок. Плавка на випуск. | 2 | 2 | 3 |
| 3 | **Теоретичні основи отримання карбіду кремнію.**  Структура і властивості карбіду кремнію. Сировина і її підготовка. Характеристика пічного агрегату. Електротермічний процес. | 2 | 2 | 3 |
| 4 | **Електротермія карбіду та нітриду бора.**  Якість товарного карбіду бора і галузі його використання. Термодинаміка реакцій отримання В4С. Електроплавка карбіду бора та якість шліфматеріалів. Процес відновлення - азотування. Якість графітоподібного нітриду бору. | 2 | 2 | 3 |
| 5 | **Технологія карбіду кальцію.**  Технологія карбіду кальцію. Фізичні і хімічні властивості карбіду кальцію. Механізм і кінетика реакцій карбідоутворення. Сировина. Плавильний процес. | - | - | 5 |
| 6 | **Індивідуальне завдання** | - | - | 12 |
| **Загалом** | | **8** | **8** | **28** |

**4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

**4.1 Мета і завдання контрольної роботи**

Основна мета контрольної роботи полягає у набутті студентами знань з теорії та технології виробництва неорганічних матеріалів у промислових умовах та вмінь проводити необхідні розрахунки шихти при виробництві абразивних матеріалів.

Для досягнення цієї мети розроблені індивідуальні завдання, виконуючи які студент вивчає теоретичні та технологічні особливості виробництва найбільш поширених абразивних матеріалів і на прикладі виробництва карбіду кремнію набуває навички з розрахунку шихти та матеріального балансу при їх виробництві.

**4.2 Порядок оформлення контрольних робіт**

Контрольна робота оформлюється в окремому зошиті і складається із двох частин:

1. Теоретична частина, яка містить відповіді на питання індивідуального завдання згідно таблиці 4.1.
2. Розрахункова частина, яка містить розрахунок шихти і матеріального балансу виробництва абразивного карбіду кремнію в електропечах опору. Варіанти завдання для розрахунку наведено у таблицях 4.4-4.8.

Номер варіанту для розрахунку призначується викладачем.

*Частина 1*

**4.3 Питання індивідуального завдання**

1. Неорганічні матеріали та їх класифікація.

2. Штучні та природні абразивні матеріали.

3. Теоретичні основи виробництва нормального електрокорунду.

4. Характеристика бокситів та їх підготовка до електроплавки.

5. Конструкція електропічного агрегату для виробництва нормального електрокорунду.

6. Технологічні особливості виплавки нормального електрокорунду.

7. Теоретичні основи виробництва карбіду кремнію.

8. Характеристика шихтових матеріалів для виробництва карбіду кремнію.

9. Конструкція електропічного агрегату для виробництва карбіду кремнію.

10. Технологічні особливості виробництва карбіду кремнію.

11. Теоретичні основи виробництва карбіду бору.

12. Характеристика шихтових матеріалів для виробництва карбіду бору.

13. Конструкція електропічного агрегату для виробництва карбіду бору.

14. Технологічні особливості виробництва карбіду бору.

Таблиця 4.1

Варіанти індивідуального завдання

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варіанту | Номер питання індивідуального завдання | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1, 11 | 1 | 2 | 3 | 8 | 13 |
| 2, 12 | 1 | 2 | 4 | 9 | 14 |
| 3, 13 | 1 | 2 | 5 | 7 | 12 |
| 4, 14 | 1 | 2 | 6 | 9 | 11 |
| 5, 15 | 1 | 2 | 5 | 10 | 12 |
| 6, 16 | 1 | 2 | 3 | 8 | 14 |
| 7, 17 | 1 | 2 | 4 | 7 | 13 |
| 8, 18 | 1 | 2 | 6 | 7 | 11 |
| 9, 19 | 1 | 2 | 5 | 10 | 11 |
| 10, 20 | 1 | 2 | 4 | 9 | 14 |

*Частина 2*

**4.4 Приклад розв’язання індивідуального завдання**

*Розрахунок шихти і матеріального балансу виробництва абразивного карбіду кремнію в електропечах опору*

Розрахунок виконується відповідно до основної балансової реакції (1) взаємодії кремнезему кварцевого піску з вуглецем нафтового коксу з утворен­ням карбіду кремнію.

Балансова реакція має вигляд

SiО2 + 3С = SiC + 2СО. (1)

В інженерних розрахунках шихти для виробництва карбіду кремнію, у т.ч. і на ВАТ «ЗАК», використовується величина вуглецевого модуля (Мс).

Вуглецевий модуль для балансової реакції називають теоретичним модулем (). Він уявляє відношення маси вуглецю до суми маси цього вуглецю і кремнезему відповідно з реакцією (1)

,

де Мс і МSiO2 - атомна маса вуглецю і молекулярна маса кремнезему.

Модуль Мс може виражатися у відсотках (37,5%) або в долях одиниці (0,375).

В промислових умовах практичне значення вуглецевого модуля завжди вище теоретичного в зв’язку з угаром вуглецю, та витратами його на побічні реакції відновлення других оксидів шихтових матеріалів.

Вихідні дані для розрахунків: склад шихтових матеріалів, зворотніх та побічних продуктів і карбіду кремнію; доля випаровування кремнезему та витрати карбіду кремнію при розбиранні печі; окислення вуглецю киснем повітря та вологою шихти (угар вуглецю); вихід карбідовміщуючих продуктів та інші. Вихідні дані складають різновидність варіантів для індивідуальних розрахунків.

Розрахунок виконується на 100 кг кварцевого піску реакційної шихти при умові використання на першому етапі тільки свіжих шихтових матеріалів.

По прийнятому варіанту розрахунку компоненти вихідних шихтових матеріалів будуть приймати участь як в утворенні прошарку карбіду кремнію, так і формуванні усіх побічних продуктів у печі опору.

Хімічний склад вихідних матеріалів приведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Хімічний склад шихтових матеріалів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріали | Вміст компонентів, мас.% | | | | | | | |
| SiO2 | Fe2O3 | А12O3 | СаО | MgO | До­-  мішки | C | Воло­-  га\* |
| Кварцевий  пісок | 98,8 | 0,30 | 0,38 | 0,1 | 0,1 | 0,32 |  | 5,0 |
| Зола нафтового  коксу | 45,6 | 14,2 | 24,3 | 4,8 | 5,7 | 5,4 |  | - |
| Нафтовий кокс | зола (Ас) = 0,32; Летучі = 4,68; Сірка = 1,0; | | | | | | 94,0 | 3,1 |
| Лушпиння  насіння соняш­ника | Зола (Ас) = 0,25; Летучі = 74,7; | | | | | | 25,0 | 16 |

\* Волога понад 100%.

*Розрахунок активного вуглецю у 100 кг відновника*. В якості якого ви­користовується нафтовий кокс.

Необхідно вуглецю на відновлення оксидів золи нафтового коксу:

SіO2 + 3С = SiC + 2СО 100·0,0032·0,456· = 0,0876 кг;

2/3А12O3 + 3С = 1/3Аl4С3 + 2СО 100·0,0032·0,243· = 0,0412 кг;

2FeO + 8/3С = 2/3Fe3C + 2CO 100·0,0032·0,128· = 0,0091 кг;

2СаО + 6С = 2СаС2 + 2СО 100·0,0032·0,048·= 0,0099 кг;

Усього: 0,14 кг

Активний вуглець (замішок вуглецю) в 100 кг нафтового коксу

Сакт.н.к. = Сн.к. - 0,14 = 94 - 0,14 = 93,86 кг,

Сакт.н.к. = 93,86%.

*Кількість вуглецю, яка необхідна дня відновлення кремнезему із 100 кг кварцевого піску*.

В розрахунках прийнято, що кремнезем кварцевого піску в реакційній зоні на 95% відновлюється до SiС, а 5% його відновлюється до летучого SiO. Другі компоненти перерозподіляються поміж побічними продуктами процесу

де SiO2 - доля кремнезему в кварцевому піску, кг;

- кількість вуглецю відповідна для відновлення 1 кг SiO2 до SiC і до SiO.

,

де 0,95 - доля відновлення SiО2 до SiC;

0,05 - доля відновлення SiО2 до SiO.

Треба вуглецю із урахуванням його окислення киснем повітря (угар вуглецю 1,5%)

де 0,985 - доля використання вуглецю на. процеси відновлення.

Необхідно нафтового коксу

Утвориться карбіду кремнію із кварцевого піску

SiCкв = 98,8·0,95·40/60 = 62,57 кг.

Утвориться карбіду кремнію із золи нафтового коксу

SiCн.к. = Кн.к.·Ас·SiO2·0,95·40/60 = 61,5·0,0032·0,506·0,95·40/60 = 0,06 кг.

Усього утворюється карбіду кремнію

SiC = SіСкв + SiCн.к. = 62,57 + 0,06 = 62,63 кг.

Розрахунок кількості кварцевого піску і нафтового коксу (суха вага), необхідних для утворення 1 т карбіду кремнію заданого складу (98,5% SiC)

нафтовий кокс

*Розрахунок кількості кварцевого піску і нафтового коксу, необхідних для утворення зворотньої шихти та побічних продуктів при роботі печі на свіжій (новій) шихті.*

Зворотня шихта - це шихта, котра не прореагувала в печі або прореагувала частково. Вона завжди має нижчий вміст вуглецю, по зрівнянні з новою шихтою, внаслідок його угару (1-2,0%). Кількість зворотньої шихти згідно з практичними даними становить 2,5-3,5 т на 1 т карбіду кремнію. Вміст вуглецю в ній 30-32%, кремнезему - 52-55%.

У печі також утворюються побічні карбідизовані продукти, такі як аморф (80% SіС), зростки (75% SіС), силоксикон (20% SіС) та графіт, вихід яких, відносно куска карбіду кремнію, становить відповідно 40, 7, 2 і 0,3%. При складанні балансу необхідно враховувати, що частина карбіду кремнію (2%) втрачається при розбиранні електропечі опору.

Згідно із вищевідзначеним у печі опору при використанні нових матеріалів утворюється значно більше SiC ніж його вміщує 1 т карбіду кремнію. Розрахунки цієї сумарної кількості карбіду кремнію та потреби кварцевого піску і нафтового коксу приведені нижче.

Усього утворюється карбіду кремнію

ƩSiC = 985·1,02 + 985 (3,1·0,13 + 0,4·0,8 + 0,07·0,75 + 0,02·0,2 +

+ 0,003) = 1004,7 + 770,8 = 1775,5 кг,

де 1,02 - коефіцієнт втрати карбіду кремнію при розбиранні печі;

3,1; 0,4; 0,7; 0,02; 0,003 - доля виходу зворотньої шихти, аморфу, зростків, силоксикону та графіту відповідно;

0,13; 0,8; 0,75; 0,2 - доля вмісту SiC у зворотній шихті, аморфу, зростках, силоксиконі відповідно.

Потрібно кварцевого піску для утворення SiC

де 985 - кількість SiС у 1 т карбіду кремнію, кг.

Кількість кремнезему в зворотній шихті та побічних продуктах

SiO2зв = 985 (3,1·0,54 + 0,4·0,07 + 0,07·0,055 + 0,02·0,505) = 1690,2 кг,

де 0,54; 0,97; 0,055; 0,505 - доля SiО2 в зворотній шихті, аморфі, зростках і силоксикону відповідно.

Необхідно кварцевого піску

де 0,988 - доля SiО2 в кварцевому піску.

Усього кварцевого піску в шихті

ƩQшкв = Qкв.SiC + Qкв.зв = 2837 + 1710,7 = 4547,7 кг.

Масова доля вуглецю в зворотній шихті та побічних продуктах

МСтв. = Мзв · Ств.зв + Мам. · Ств.ам + Мз · Ств.з + Мс · Ств + Мгр =

= 985·3,1·0,31 + 985·3,1·0,31 + 985·0,4·0,115 + 985·0,07·0,06 +

+ 985·0,02·0,25 + 985·0,003 = 1003,8 кг,

де Mзв, Мам, Мз, Мс, Мгр - кількість зворотньої шихти, аморфу, зростків, силоксикону і графіту, кг;

0,31; 0,115; 0,06; 0,25 - доля вуглецю в зворотній шихті, аморфу, зростках і силоксикону відповідно.

Потрібно нафтового коксу на вуглець зворотньої шихти та побічних продуктів.

Усього нафтового коксу

ƩQн.к = Qн.к + Мн.к = 968,2 + 1069,1 = 2.037,8 кг

*Знаходження кількості розпушувача у шихті.*

В реакційну шихту завжди вводять розпушувачі наприклад, лушпиння насіння соняшника, в кількості 12-15% відносно карбіду кремнію

Qлуш = 985 · 0,15 = 147,8 кг

Приймаємо для подальших розрахунків 150 кг.

*Вуглецевий модуль реакційної шихти.*

В промислових умовах використовується, як важлива параметрична характеристика технологічної якості шихтової суміші, вуглецевий модуль шихти (Мшс), котрий підтримується на рівні 38% для карбіду кремнію чорного.

Вуглецевий модуль шихти - це відношення загальної кількості вуглецю в шихті до суми маси вуглецю і кремнезему, внесених шихтовими матеріалами

де Мшс - вуглецевий модуль шихти, %;

- загальна кількість відповідно вуглецю і кремнезему, яку вносять і-компоненти шихти, кг,

Перевірочний розрахунок вуглецевого модуля реакційної шихти.

ƩСіш = Сн.к + Слуш = ƩQн.к · %Сакт.н.к + Qлуш · %Слуш,

ƩSiO2ш = SiO2н.к + SiO2луш + SiO2кв = ƩQн.к·Асн.к·%SiO2нк + Qлуш· Аслуш·%SiO2луш + ƩQкв·%SiO2кв

Таким чином, проведені розрахунки вуглецевого модуля реакційної шихти показали, що по своєму значенню він значно нижче практичного рівня (38,0%). Тому Мшс необхідно скоригувати до рівня 38%.

Скоректована величина вуглецевого модуля за рахунок нафтового коксу

де X (ƩQшн.к) - загальна кількість нафтового коксу в шихті з Мшс=38.

5813,1 · Х = 16841954, X = 2897,2 кг.

Усього нафтового коксу в шихті

ƩQшн.к = 2897,2 кг.

*Питома витрата вихідних шихтових матеріалів для виробництва карбіду кремнію чорного.*

Питома витрата нових матеріалів реакційної шихти на 1 т карбіду крем­нію, кг:

- кварцевий пісок - 4547,7;

- нафтовий кокс - 2897,2;

- лушпиння насіння соняшника -150.

*Розрахунок газів, летючих, волога.*

Кількість СО, який утворюється при формуванні кристалів карбіду кремнію

Кількість СО, який утворюється при окисленні вуглецю оксидами золи нафтового коксу і лушпиння насіння соняшника

де 0,14 - вуглець на відновлення оксидів золи 100 кг нафтового коксу;

0,0025 - доля золи в лушпинні насіння соняшника;

0,4 - доля SiО2 в золі лушпиння насіння соняшника.

Утворюється СО

2485,7 + 9,6 = 2495 кг.

Угар вуглецю шихти

(2897,2 · 0,9386 + 150 · 0,25) · 0,015 = 41,4 кг,

де 0,015 - доля угару вуглецю.

Утворюється СО2

Кількість SО2, що утворюється при окисленні сірки

,

де 0,01 - доля сірки в нафтовому коксу.

Необхідно кисню повітря для окислення 41,4 кг вуглецю і сірки (утворення 57,9 кг SО2)

Доля азоту, що сопутня 139,4 кг кисню.

Витрачається повітря

139,4 + 466,7 = 606 кг.

Усього утворюється газів

2495 + 151,6 + 57,9 + 466,7 = 3171,2 кг

Утворюється летучого SiO

Кількість летучих шихтових матеріалів

2897,2·0,0468 + 150·0,744 = 247,2 кг.

Усього летучих

164,7+ 247,2 = 412 кг.

Волога шихтових матеріалів

4547,7·0,05 + 2897·0,031 + 150·0,16 = 341,2 кг,

де 0,05; 0,031; 0,16 - доля вологи відповідно в кварцевому піску, нафтовому коксу, лушпинні насіння соняшника.

*Волога для зволоження шихти.*

Витрати води для зволоження шихти в промислових умовах складають 30- 35% від виходу карбіду кремнію. Приймаємо 30%.

1000·0,3=300 кг.

Усього внесено вологи

341,2+ 300 = 641,2 кг.

*Матеріальний баланс*

Таблиця 4.3

Матеріальний баланс виробництва 1 т карбіду кремнію чорного на свіжій шихті

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Задано | | | Одержано | | |
| Матеріали | кг | % | Продукти | кг | % |
| Кварцевий пісок | 4547,7 | 51,43 | Карбід кремнію | 1000 | 11,31 |
| Нафтовий кокс | 2897,2 | 32,77 | Шихта (зворотня) | 3054 | 34,54 |
| Лушпиння насівай соняшника | 150 | 1,70 | Аморф | 394 | 4,46 |
|  |  |  | Зростки | 69 | 0,78 |
| Повітря, для окислення вуглецю коксу І сірки | 606 | 6,85 | Силоксикон | 20 | 0,23 |
| Волога шихтових матеріалів | 341,2 | 3,86 | Графіт | 3 | 0,03 |
| Вода для  зволоження шихти | 300 | 3,39 | Втрата карбіду кремнію | 20 | 0,23 |
|  |  |  | Гази | 3172 | 35,87 |
|  |  |  | Летучі | 412 | 4,66 |
|  |  |  | Пара | 641 | 7,25 |
|  |  |  | Непогодженість | 57 | 0,64 |
|  | 8842 | 100 |  | 8842 | 100 |

**4.5 Варіанти індивідуального завдання**

Таблиця 4.4

Хімічний склад карбіду кремнію різного функціонального призначення

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Карбід  кремнію | № ва­ріанта зав­дання | Вміст компонентів, мас.% | | | | | | |
| SiC | Cтв | SiO2 | Fe2O3 | Al2O3 | CaO | MgO |
| Абразивний  чорний | 1,6,11,16 | 98,8 | 0,21 | 0,64 | 0,20 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| 2,7,12,17 | 98,6 | 0,26 | 0,72 | 0,24 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| 3,8,13,18 | 98,5 | 0,20 | 0,80 | 0,25 | 0,08 | 0,08 | 0,09 |
| 4,9,14,19 | 98,4 | 0,22 | 0,88 | 0,28 | 0,08 | 0,06 | 0,08 |
| 5,10,15,20 | 98,2 | 0,30 | 0,90 | 0,31 | 0,10 | 0,09 | 0,10 |

Таблиця 4.5

Хімічний склад кварцового піску

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ва­ріанту | Вміст компонентів, мас.% | | | | | | | |
| SiO2 | Fe2O3 | Al2O3 | CaO | MgO | ТiO2 | Каолін | Волога\* |
| 1 | 99,3 | 0,21 | 0,22 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 5,0 |
| 2 | 99,2 | 0,20 | 0,25 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,17 | 5,0 |
| 3 | 99,1 | 0,26 | 0,32 | 0,08 | 0,10 | 0,04 ПА \J.\Z~r | 0,10 | 4,8 |
| 4 | 99,0 | 0,28 | 0,37 | 0,10 | 0,10 | 0,05 | 0,10 | 4,6 |
| 5  О | 98,8 | 0,31 | 0,39 | 0,10 | 0,11 | 0,05 | 0,24 | 4,2 |
| 6 | 98,6  -г У | 0,32 | 0,40 | 0,11 | 0,13 | 0,04 | 0,40 | 4,3 |
| 7 | 98,5 | 0,33 | 0,40 | 0,12 | 0,15 | 0,05 | 0,45 | 4,5 |
| 8 | 98,4 | 0,34 | 0,41 | 0,13 | 0,16 | 0,05 | 0,51 | 4,4 |
| 9 | 98,2 | 0,35 | 0,42 | 0,14 | 0,18 | 0,06 | 0,65 | 4,1 |
| 10 | 98,0 | 0,36 | 0,42 | 0,15 | 0,20 | 0,07 | 0,80 | 4,2 |
| 11 | 99,0 | 0,27 | 0,38 | 0,11 | 0,09 | 0,06 | 0,09 | 4,5 |
| 12 | 98,8 | 0,31 | 0,38 | 0,10 | 0,12 | 0,05 | 0,24 | 4,2 |
| 13 | 98,7 | 0,33 | 0,41 | 0,10 | 0,13 | 0,04 | 0,40 | 4,8 |
| 14 | 98,5 | 0,32 | 0,41 | 0,12 | 0,14 | 0,06 | 0,45 | 4,6 |
| 15 | 98,4 | 0,33 | 0,42 | 0,13 | 0,17 | 0,05 | 0,50 | 4,3 |
| 16 | 95,9 | 0,46 | 0,75 | 0,32 | 0,41 | 0,07 | 2,09 | 4,8 |
| 17 | 96,8 | 0,39 | 0,56 | 0,28 | 0,39 | 0,06 | 1,50 | 4,1 |
| 18 | 97,1 | 0,35 | 0,48 | 0,30 | 0,32 | 0,06 | 1,39 | 4,4 |
| 19 | 97,4 | 0,31 | 0,39 | 0,24 | 0,28 | 0,08 | 1,30 | 4,5 |
| 20 | 96,5 | 0,43 | 0,58 | 0,30 | 0,42 | 0,07 | 1,70 | 4,0 |

\* Волога понад 100%

Таблиця 4.6

Хімічний склад нафтового коксу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ва­рианта | Вміст компонентів, мас.% | | | | |
| Вуглець,  Ств | Зола,  Ас | Летучі,  Vг | Сірка,  S | Волога,\*  Wp |
| 1,6,11,16 | 94 | 0,2 | 5,5 | 0,3 | 3,1 |
| 2,7,12,17 | 93,7 | 0,2 | 5,7 | 0,4 | 3,0 |
| 3,8,13,18 | 93,4 | 0,3 | 6,0 | 0,3 | 2,6 |
| 4,9,14,19 | 93,3 | 0,5 | 5,6 | 0,6 | 2,8 |
| 5,10,15,20 | 92,2 | 0,7  ***\},і*** | 6,3 | 0,8 | 2,9 |

\* Волога понад 100%

Таблиця 4.7

Хімічний склад золи нафтового коксу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Вміст компонентів, мас.% | | | | |
| SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | CaO | MgO |
| 1,6,11,16 | 52,2 | 22,4 | 15,1 | 6,2 | 4,1 |
| 2,7,12,17 | 51,7 | 26,0 | 11,4 | 5,0 | 5,9 |
| 3,8,13,18 | 51,3 | 20,4 | 16,8 | 7,6 | 3,9 |
| 4,9,14,19 | 50,4 | 25,7 | 13,8 | 5,5 | 4,6 |
| 5,10,15,20 | 51 | 24,5 | 14,2 | 4,8 | 5,7 |

Таблиця 4.8

Значення параметрів згідно даних промислової практики, які використовуються при індивідуальних розрахунках варіантів шихти

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Варіанти | | | | | | | | | |
| 1,11 | 2,12 | 3,13 | 4,14 | 5,15 | 6,16 | 7,17 | 8,18 | 9,19 | 10,20 |
| Доля віднов­лення кремнію із кремнезе­му,%:  - до SіС  - до SіО | 94,0  6,0 | 94,2  5,8 | 94,4  5,6 | 94,6  5,4 | 94,8  5,2 | 95,0  5,0 | 95,2  4,8 | 95,4  4,6 | 95,6  4,4 | 95,8  4,2 |
| Угар вуглецю шихти, % | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 |
| Вихід зворотної шихти | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 |
| Вихід побічних продуктів на 1т карбіду крем­нію, %:  - аморф | 39,0 | 39,2 | 39,4 | 39,6 | 39,8 | 40,0 | 40,2 | 40,4 | 40,6 | 40,8 |
| - силоксикон | 1,84 | 1,88 | 1,92 | 1,96 | 2,0 | 2,04 | 2,08 | 2,12 | 2,16 | 2,2 |
| -зростки | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 7,8 |
| - графіт | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,38 |
| Кількість лушпиння соняш­ника в шихті | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 |
| Вуглецевий модуль зворот­ньої шихти  (Мзвс) | 37,8 | 37,9 | 38,0 | 38,1 | 38,2 | 38,1 | 38,0 | 37,9 | 37,8 | 37,9 |
| Волога для  зволоження  шихти | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 |
| Втрати карбіду кремнію при розбиранні печі | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,5 |

Таблиця 4.8

Хімічний склад шихти (зворотної) та побічних продуктів виробництва карбіду кремнію

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продукти  виробництва | №  варіанта | Вміст компонентів, мас.% | | | | | | |
| SіС | Cтв | SiO2 | Fe2O3 | Al2O3 | CaO | MgO |
| ІШхта  (зворотня) | 1-10 | 12 | 30 | 54,5 | 0,8 | 0,9 | 1,2 | 0,6 |
| 11-20 | 13 | 31 | 53,5 | 0,6 | 0,7 | 3,0 | 0,2 |
| Аморф | 1-10 | 78 | 11 | 8 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,6 |
| 11-20 | 79 | 12 | 6 | 1,2 | 0,6 | 0,7 | 0,5 |
| Зростки | 1-10 | 76 | 7 | 6 | 0,9 | 5,2 | 4,4 | 0,5 |
| 11-20 | 77 | 6 | 5 | 0,8 | 5,6 | 5,2 | 0,4 |
| Силоксикон | 1-10 | 18 | 26 | 52 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | 0,4 |
| 11-20 | 20 | 25 | 51 | 0,7 | 1,0 | 2,0 | 0,3 |
| Старий керн | 1-10 | 29 | 68 | 0,4 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| 11-20 | 31 | 66 | 0,3 | 1,3 | 0,5 | 0,6 | 0,3 |

**ЗМІСТ**

**стр.**

|  |  |
| --- | --- |
| ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 1. Загальні методичні вказівки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 |
| 2. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5 |
| 3. Програма і питання для заключного контролю . . . . . | 6 |
| 4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 |
| 4.1 Мета і завдання контрольної роботи . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  4.2 Порядок оформлення контрольних робіт . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  4.3 Питання індивідуального завдання . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  4.4 Приклад розв’язання індивідуального завдання . . . . . . . . . . . . .  4.5 Варіанти індивідуального завдання . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8  8  8  9  18 |