**Практичне завдання №2**

**Ррозрахунок шихти електроплавлення підшипникової сталі**

Початкові дані для розрахунку

Розрахунок шихти проводиться на 100 кг металевого завалення для визначення її складу, потрібної кількості кисню і руди для окислення домішок, кількості вапна і складу шлаку, а також потрібної кількості феросплавів і розкислювачів.

**Мета розрахунку** - забезпечити заданий склад металу і шлаку для отримання високоякісного металу з необхідними властивостями.

Початкові дані для розрахунку шихти при виплавці сталі на свіжій шихті в дугових печах з основною футерівкою представлені в таблицях 11.1, 11.2, 11.3.

Таблиця 11.1. Склад металу за ГОСТом, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Ti | Cuн.б. |
| не більше |
| ШХ15 | 0,95-1,05 | 0,2-0,4 | 0,17-0,37 | 0,027 | 0,02 | 1,30-1,65 | ≤ 0,30 | - | 0,25 |
| Склад, прийнятий для розрахунку |
| ШХ15 | 1,0 | 0,3 | 0,25 | 0,015 | 0,006 | 1,5 | - | - | - |

Таблиця 11.2. Хімічний склад металевої частини шихти і вуглецювальників, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Ti |
| Лом вуглецевої сталі | 0,20-0,50 | 0,4-0,7 | 0,20-0,30 | 0,04-0,05 | 0,03-0,05 | <0,5 | <0,3 | <0,3 |
| Металізовані окатиші | 0,02-0,50 | - | - | 0,005-0,025 | 0,005-0,025 | Fe-94,0÷97,0% | Порожня порода: 1,5÷3,0 |
| Чавун | 4,0 | 1,0-2,0 | 0,5-0,8 | 0,15 | 0,04-0,05 | - | - | - |
| Бій електродів | 98,5 | - | - | - | 0,5 | Зола -1,0 | - | н.п.п. |
| Кокс (кам’яновугільний) | 80-85 | - | - | - | 1,5 | 10 | - | інше |

 **Розрахунок шихти першого періоду електроплавлення сталі ШХ15**

Плавка ведеться на свіжій шихті.

Таблиця 11.3. Хімічний склад шлакоутворюючих і розкислювачів, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал | CaO | SiO2 | Fe2O3 | S | CaF2 | Al2O3 | MgO | Cr2O3 | CO2 |
| Вапно | 85,00-93,00 | 1,50-2,00 | 0,0-0,60 | 0,05-0,10 | - | 1,00-1,80 | 2,00 | - | - |
| Залізна руда  | 0,30 | 4,00-5,00 | 91,00-93,00 | 0,05 | - | 2,00-3,50 | 0,20 | - | - |
| Плавиковий шпат | - | 3,00 | 1,00 | 0,10-0,20 | 90,00-95,00 | - | - | - | - |
| Шамот | - | 60,0-62,0 | 1,50-2,00 | - | - | 35,00-38,00 | - | - | - |
| Каолін положський обпалений | - | 50,0-52,0 | 1,20-1,50 | - | - | 40,00-43,00 | - | - | - |
| Електрокорунд | 0,20-1,80 | 0,20-1,50 | 0,30-0,50 | 0,04-0,09 | - | 87,00-96,40 | 0,0-0,26 | - | - |
| Відпрацьований флюс АНФ-6 | 6,24 | 4,48 | 0,60 | 0,01 | 60,50 | 20,50 | 0,35 | - | - |
| Магнезитовий порошок | - | 2,00 | 2,30 | - | - | 1,00 | 93,00 | - | - |
| Кульгаво-магнезитова цеглина | - | - | 11,50 | - | - | 4,00 | 66,00 | 10,00 | - |
| Вапняк | 55,00 | 1,00 | 0,20 | 0,03 | - | 1,00 | 2,50 | - | 42,50 |
| Доломітовий порошок | 58,00 | 1,50 | - | - | - | 1,15 | 38,00 | - | - |

***Визначення складу завалення***

Визначаємо склад завалення за вмістом вуглецю в ньому. Вміст вуглецю в кінці кіпа повинен бути на 0,03-0,10% нижче за нижню межу заданої марки сталі:

 [С]к.к. = [С]н.межа ·(0,03-0,10%). (11.1)

Кількість вуглецю, який вигорів на кіпі, приймаємо:

Δ[С]≥ 0,30% для ШХ15, приймаємо Δ[С]=0,3%;

Δ[С]≥ 0,40% для конструкційних сталей, приймаємо Δ[С]=0,40%, тоді для ШХ15: [С]зав.=0,95-0,05+0,30=1,2%

Вуглець до завалення вноситься чавуном (Х) % і ломом (100-Х) %:

  (11.2)

 

 

звідки  чавуну (таблиця 11.4).

По заводській інструкції чавуну можна давати 10 - 30%.

Таблиця 11.4. Склад завалення

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал |  | С | Mn | Si | P | S | Fe |
| I. Склад, прийнятий для розрахунку, % |
| Чавун | - | 4,0000 | 1,0000 | 0,8000 | 0,1500 | 0,0500 |  |
| Лом | - | 0,3500 | 0,6600 | 0,3000 | 0,040 | 0,0400 |  |
| II. Вноситься до завалення, кг |
| Чавуном | 23,4000 | 0,9340 | 0,2340 | 0,0187 | 0,0350 | 0,0117 |  |
| Ломом | 76,6000 | 0,2660 | 0,5060 | 0,2300 | 0,0306 | 0,0306 |  |
| Всього | 100,0000 | 0,2000 | 0,7400 | 0,4170 | 0,0656 | 0,0423 | 97,5350 |

 ***Визначення кількості шлаку***

Визначаємо кількість шлаку, необхідну після розплавлення металу для його успішної дефосфорації.

Приймаємо, що кремній в період плавлення окислюється до слідів, тоді отримуємо кремнезему після окислення 0,417% кремнію:

 .

Задаємося основністю шлаку:  

і вмістом кремнезему в 15%, тоді кількість шлаку И1, складе:

  (11.3)

  від ваги металу.

При розрахунках по дефосфорації металу при вмісті (FеО) в шлаку більше 10% можна прийняти приблизно наступну залежність коефіцієнта розподілу LP від основності шлаку В:

  (11.4)

При заданій основності шлаку (В=3) приймаємо:

 

Визначаємо вміст фосфору в металі після розплавлення:

  (11.5)

 .

Перший шлак викачується на 90%, потім наводиться другий, з метою доведення дефосфорації металу 0,01% Р.

Визначимо потрібну кількість И2 при основності В=3:

 (11.6)

 .

Приймаємо *И2=3,0%* і *Δ[Р]= 0,0656 - 0,010 = 0,0556%*

Загальна кількість шлаку в першому періоді плавки для заданої дефосфорації повинна бути:

  (11.7)

 .

Визначимо вміст марганцю в кінці розплавлення за формулою:

  (11.8)

Чисельне значення константи рівноваги *KMn* знаходиться за рівнянням:

 . (11.9)

Температуру металу визначаємо залежно від вмісту вуглецю в ньому. Із збільшенням вмісту вуглецю на 1% температура початку кристалізації системи Fе-С знижується приблизно на 80°С. Для нормального протікання процесів температура металу повинна бути вище за лінію ліквідусу приблизно на 50-100 0С. За практичними даними, при виплавці сталі ШХ15 в дугових електропечах, це перевищення фактичної температури над температурою ліквідусу складає біля 100°С. Приймаючи температуру плавлення заліза рівної 1539°С, отримаємо температуру сталі в кінці плавлення:

 .

В кінці кіпа:

 .

Відповідно отримуємо при (1816 0К) і (18400К)

  і 

Для сталі ШХ15 приймаємо вміст (FеО) в шлаку:

(FеО)1 =12% (після розплавлення),

(FеО)2=10%(в кінці кіпа).

Для м'яких марок сталі при С≤0,01% за практичними даними можна прийняти:

  і .

Вміст марганцю після розплавлення:

 .

В кінці кіпа:

 .

Визначимо кількість марганцю, що окислюється в першому періоді:

 

***Видалення сірки з металу в шлак***

Коефіцієнт розподілу сірки hS, між шлаком і металом в першому періоді плавки можна прийняти по основності В:

  (11.10)

Для основності *В=3,0* приймаємо *hS=8,0* і кількість шлаку після розплавлення *И1 =6,0%* і в кінці кіпа *И2=3,0%.*

Визначаємо вміст сірки після розплавлення [S]1 і в кінці кіпа [S]2 (при Sпоч. у шлаку =0,05) за формулою:

 . (11.11)

тоді:

 

 .

 Всього переходить сірки з металу до шлаку:

 .

**Розрахунок необхідної кількості кисню і руди для окислення**

**домішок**

Для окислення вуглецю на підставі практичних даних приймаємо відношення СО/СО2 в газовій фазі електропечі рівним: при виплавці високовуглецевих сталей (ШХ) - 4, середньовуглецевих (конструкційних) - 2÷3, низьковуглецевих (трансформаторної, нержавіючої) - 12.

Кількість вуглецю, що окислюється до СО і СО2, при виплавці сталі ШХ15 складе (таблиця 11.5):

 ; .

Таблиця 11.5. Кількість кисню, необхідна для окислення домішок в першому періоді плавки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Вигоріло, кг | Реакція | Необхідне О2, кг | Кількість продуктів реакції, кг | Пере-йшло, кг |
| C | до СО- 0,24до СО2 - 0,06 | С+0,5О2=СОС+О2=СО2 | (0,24·0,16)/12=0,32(0,08·0,32)/12=0,16 | 0,560,22 | у газ0,78 |
| Si | 0,417 | Si+O2=SiO2 | (0,417·0,32)/28=0,451 | 0,868 | до шлаку 1,728 |
| Mn | 0,567 | Mn+0,5О2=MnО | (0,567·0,16)/55=0,165 | 0,732 |
| P | 0,0556 | 2P+2,5O2=P2O5 | (0,566·80)/62=0,072 | 0,1276 |

  

**Кількість кисню, необхідна для утворення|утворення| (FеО|) в шлаку**

  (11.12)

 

  (11.13)

 

  (11.14)

 .

Приймаємо, що відношення у шлаку дорівнює 0,2 (при основності В=3,0).

Тоді:

 

 

 

  (11.15)

 .

Кількість кисню в металу в кінці окислювального періоду може бути визначено за рівнянням:

 , (11.16)

звідки:  (11.17)

 

 .
 Всього необхідно кисню:

  (11.18)

 

або за об’ємом: .

Ця кількість кисню може бути введена у ванну за рахунок технічного кисню, за рахунок кисню повітря та кисню залізної руди.

Кількість кисню, що поступає з повітря, пов'язана з герметичністю печі.

Для розрахунку приймаємо: з повітря поступає О2 - 20%, за рахунок технічного кисню - 30% і за рахунок кисню руди - останні 50%.

 Тоді технічного кисню для продування буде потрібно:

 .

Кількість Fe2O3, потрібна для окислення домішок:

  (11.19)

 .
 Для цього необхідно руди:

  (11.20)

 .

Витрату повітря визначимо за киснем:

Витрата О2 з повітря  або .

Витрата азоту  або .

***Розрахунок потрібної кількості вапна***

Приймаючи вміст СаО у вапні 90% і в шлаку 45%, отримаємо:

А) прихід (СаО) =0,9·Z;

Б) витрата (СаО) = 0,45·В = 0,45·9 = 4,05 кг.

Тоді 0,9·Z= 4,05, і Z=4,05/0,9=4,5кг/100 кг або витрата вапна Z=45 кг/т.

 ***Визначення виходу металу в кінці першого періоду***

При окисленні домішок технічним киснем і киснем повітря вихід металу буде мінімальним та визначиться за рівнянням:

 . (11.21)

Випаровування і вигар заліза коливається від 2,0 до 4,0%, приймаємо 2,0%.

 .

Вихід металу при заміні 50% потрібного кисню рудою.

При витраті Fe2O3=2,44 кг вноситься до ванни Fе:

  (11.22)

 

  (11.23)

 (таблицю 11.6).

Таблиця 11.6. Склад метала в кінці кіпа, %

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | Mn | Si | P | S | Fe | Σ |
| 0,90 | 0,173 | сліди | 0,01 | 0,026 | 96,424 | 97,433 |

Приймаємо вихід метала в кінці першого періоду Х/1=97,433 кг.

**Визначимо склад шлаку в кінці окислювального періоду**

Основними джерелами компонентів шлаку окислювального періоду є:

А) залишок шлаку періоду плавлення;

Б) залізна руда;

В) вапно;

Г) вогнетриви футерівки;

Д) шамотний бій і плавиковий шпат, що досаджується для розрідження.

Приймаємо ступінь скачування шлаку періоду плавлення рівною 90%. Кількість шлаку періоду плавлення була визначена вище і складає И1=6,0 кг.

Тоді залишок шлаку періоду плавлення дорівнює 6,0·0,1=0,6 кг.

Прийнятий склад шлаку в кінці періоду плавлення і дефосфорації приведений у таблиці 11.7.

При розрахунку складу шлаку задавалися основністю , звідки .

Таблиця 11.7. Прийнятий склад шлаку в кінці періоду плавлення і дефосфорації, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CaO | SiO2 | MgO | Al2O3 | FeO | Fe2O3 | MnO | P2O5 | S | Σ |
| 45 | 15 | 10 | 3,7 | 12 | 2,4 | 10 | 1,7 | 0,2 | 100 |

Концентрація (Fe2O3) прийнята рівною 0,2.

(% FеО)=0,2·12=2,4%.

Вміст МgО за практичними даними складає близько 10%. Концентрацію Р2О5 визначаємо виходячи із співвідношення:

  при 

Вміст (МnО) можна визначити, знаючи концентрацію Мn в заваленні [Мn]зав, в кінці плавлення [Мn]1 і кількості шлаку И1:

  (11.24)

 .

Аналогічним чином визначаємо вміст сірки в шлаку:

  (11.25)

 .

Концентрацію А12О3 визначили по різниці між 100% і сумою решти компонентів шлаку:

А) Залишком шлаку періоду плавлення (0,6 кг) буде внесено до шлаку окислювального періоду:

СаО=0,6·0,45=0,27 кг; SiO2=0,6·0,15=0,09 кг; МgО=0,6·0,10=0,06 кг;
Аl2O3=0,6·0,037=0,0222 кг; FеО=0,6·0,12=0,072 кг; Fе2О3=0,6·0,024=0,0144 кг;
МnО=0,6·0,10=0,06 кг; Р2О5=0,6·0,017=0,0102 кг; S=0,6·0,002=0,0012 кг.

Б) Із|із| залізної руди. Всього в першому періоді плавки|плавлення| потрібно присадити 2,62 кг руди. Присадка|добавка| руди в період плавлення, згідно технологічної інструкції, складає 1,5 кг|.

У час кіпа присаджується: 2,62-1,5=1,12 кг.

Цією кількістю руди вноситься:

 SiO2=1,12·0,05=0,056 кг і А12О5=1,12·0,03=0,0336 кг.

З оксидів заліза, які вносяться рудою, частина витрачається на окислення вуглецю та інших домішок, а частина залишається в шлаку у вигляді FеО і Fе2O3. Приблизна кількість FеО в шлаку окислювального періоду була визначена вище і складає 0,3 кг. Вміст Fе2O3 згідно прийнятому вище співвідношенню (Fе2О3)=0,2·(% FеО), дорівнює 0,3·0,2 = 0,06 кг.

В) З вапна. Для отримання основності шлаку періоду плавлення В=3 треба внести в піч вапно: .

Всього в першому періоді плавки|плавлення| присаджується 4,5 кг| вапна. Отже, в час кіпа|купа| присадка| вапна в піч складає: 4,5-3,0=1,5 кг.

Цією кількістю вапна вноситься:

СаО=1,5·0,9=1,35 кг; SiO2=1,5·0,02=0,03 кг;

МgO=1,5·0,02=0,03 кг; А12O3= 1,5·0,01 =0,015 кг.

Г) З|із| вогнетривів футерівки. За практичними даними витрата магнезитохромітової| цеглини склепіння за плавку|плавлення| складає близько 3,5 кг/т або 0,35 кг на 100 кг шихти.

З цієї кількості в шлак переходить: за час розплавлення - 40% або 0,14 кг, в окислювальний період - 25% або 0,0875 кг, у відновний -35% або 0,1225 кг.

Із склепіння поступає в шлак в окислювальному періоді:

 ; .

Витрата магнезитового порошку на заправку|заправляння| печі складає 1% або 1 кг на 100 кг завалення. З|із| цієї кількості 5%| або 0,5 кг переходить в шлак в період плавлення, 20% або 0,2 кг - в окислювальний період, 30% або 0,3 кг - у відновний період.

При цьому поступає в шлак в час кіпа: МgО = 0,2·0,93=0,186 кг.

Решту компонентів, що поступають в шлак з футерівки, можна не враховувати внаслідок їх не високого вмісту у вогнетривах.

Д) З шамоту. Кількість шамоту визначаємо виходячи з того, щоб дотримувалася рівність .

 .

Необхідно мати SiO2 в шлаку (при В=3): .

Вноситься до шлаку SiO2 (за винятком SiO2,який вноситься шамотом):

.

Необхідно внести SiO2 за рахунок шамоту: 

Кількість шамоту, яким вноситься 0,364 кг SiO2, складає: .

Цією кількістю шамоту вноситься: 

Е) З металу. При окисленні Мn з 0,275 до 0,173% утворюється МnО:

 

При окисленні Р з 0,0212% до 0,01% утворюється Р2О5:

.

Перехід сірки з металу в шлак:

  (11.26)

.

Склад шлаку приведений в таблиці 11.8.

Перевірка складу шлаку на рідкорухливість. Для отримання рідкорухливих шлаків при 1550÷1600 0Ссума компонентів, які згущують повинна бути не більше 65% та розраховується за формулою:

 . (11.27)

У нашому розрахунку ця сума складає, %:

 .

Якщо ця сума за розрахунком перевищує 65%, то слід передбачити присадку плавикового шпату (до 0,5 кг).

Таблиця 11.8. Склад шлаку в кінці окислювального періоду, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал | Витрата, кг | CaO | MgO | SiO2 | Al2O3 | FeO | Fe2O3 | MnO | Cr2O3 | P2O5 | S | Всього, кг |
| З металу | - | - | - | - | - | - | - | 0,132 | - | 0,0256 | 0,0046 | 0,1622 |
| З шлаку I плав. | 0,6 | 0,27 | 0,06 | 0,09 | 0,0222 | 0,072 | 0,0144 | 0,06 | - | 0,0102 | 0,0012 | 0,6000 |
| Залізна руда | 1,12 | - | - | 0,056 | 0,0336 | 0,3 | 0,06 | - | - | - | - | 0,4496 |
| Вапно | 1,5 | 1,35 | 0,03 | 0,03 | 0,015 | - | - | - | - | - | - | 1,4250 |
| Магнезітохроміт | 0,0875 | - | 0,0580 | - | - | - | - | - | 0,009 | - | - | 0,0670 |
| Магнезит (заправка) | 0,20 | - | 0,1860 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,1860 |
| Шамот | 0,60 | - | - | 0,3640 | 0,2280 | - | - | - | - | - | - | 0,5920 |
| Склад шлаку | кг | 1,62 | 0,3340 | 0,5400 | 0,2988 | 0,3720 | 0,0744 | 0,192 | 0,009 | 0,0358 | 0,0058 | 3,48118 |
| % | 46,50 | 9,61 | 15,50 | 8,59 | 10,70 | 2,14 | 5,50 | 0,26 | 1,03 | 0,17 | 100 |

**Розрахунок шихти 2-го періоду електроплавлення сталі**

Основним завданням розрахунку шихти другого періоду електроплавлення

сталі є забезпечення достатньо повного розкислювання металу, видалення сірки і доведення металу до заданого складу.

Розрахунок по десульфурації металу проводиться|вироблятимемо| при рафінуванні з|із| обробкою металу в ковші електропічними|пічними| білими вапняно-шамотними| або синтетичними вапняно-глиноземистими шлаками.

При розрахунку шихти визначаємо:

1. Потрібну кількість феросплавів і розкислювачів.
2. Склад готового металу та його вихід.
3. Склад і потрібну кількість шлаку та витрату шлакоутворюючих матеріалів.

***Розрахунок потрібної кількості феросплавів і виходу металу Х2***

Вихід металу в кінці плавки Х2 складе:

 . (11.28)

При роботі під білими вапняно-шамотними шлаками, що розкислюють, приймаємо вигар феросплавів: Cr=0, Mn=0, W=0, V=0.

При виплавці сталей|, не легованих кремнієм (зокрема ШХ15), уся необхідна кількість кремнію поступає|надходить| в метал з|із| порошку феросиліцію ФС65 або ФС75, при цьому вигар кремнію (тобто витрата його на розкислювання шлаку і взаємодію з|із| киснем в газовій фазі) складає 40÷50%, а останні 60÷50% кремнію переходять в метал.

При виплавці сталей|, легованих кремнієм, розкислювання шлаку порошком феросиліцію ведеться до отримання|здобуття| в металі 0,20÷0,25% кремнію (ступінь|міра| засвоєння кремнію з|із| порошку феросиліцію - 50÷60%). Решта кількість

кремнію вводиться|запроваджує| за допомогою присадки|добавки| кускового феросиліцію за 10-20 хв. до випуску або в ківш; ступінь|міра| засвоєння кремнію при цьому складає 90÷100%.

***Витрати феросплавів***

Аналіз сталі ШХ15 приведений у таблиці 11.9.

  (11.29)

  (11.30)

 . (11.31)

Таблиця 11.9. Аналіз сталі марки ШХ15

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент, % | С | Mn | Si | P | S | Cr | Fe | Σ |
| Метал 1-го періоду | 0,900 | 0,173 | сліди | 0,010 | 0,026 | - | 96,484 | 97,433 |
| Готовий метал | 1,000 | 0,300 | 0,250 | 0,015 | 0,006 | 1,50 | - | - |

***Визначаємо вихід металу Х2***

ФХ650: 

ФМн78: 

ФС75: 

.

. Приймаємо .

Тоді: 

 

 .

Визначимо кількість шлаку И3.

Для отримання|здобуття| рідкорухливих| електропічних|пічних| шлаків необхідно мати перед випуском суму компонентів, які згущають:

÷і ;

для синтетичних шлаків:  (див. таблицю 11.10).

На підставі практичних даних\* (Н.М. Чуйко и др. Металлургическая и горно-рудная промышленность, 1968.- №1.- С. 18-21) приймаємо величину:

÷.

Таблиця 11.10. Склад електропічного і синтетичного шлаку в ковші до обробки металу, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шлак | CaO | SiO2 | Al2O3 | MgO | FeO | CaF2 | S |
| Електропічний(вапняно-шамотний) | 50-55 | 18-20 | 10-20 | 10-18 | 0,4-0,6 | 2-5 | 0,04\* |
| Синтетичний | 50-54 | 2,0-2,7 | 41-44 | 1,35 | 0,30 | - | 0,04 |

При виплавці сталей з високим вуглецем більше 0,7% (ШХ та інших)
приймаємо ÷ і для конструкційних сталей ÷.

При обробці сталі ШХ15 в ковші:

А) Електропічними|пічними| шлаками (FеО ≤ 0,5%):

 і .

Б) Синтетичними шлаками (FеО=0,3%):

.

Кількість шлаку И3 визначимо за рівнянням:

  (11.32)

  (11.33)

  (11.34)

Для електропічного шлаку для заданої десульфурації металу отримаємо:

 

 

.

Для синтетичного шлаку при заданому  отримаємо:

 

 

 .

Практично, кількість шлаку|, що витрачається, коливається|вагається| близько 5%. При малій витраті синтетичного шлаку він швидко охолоджується|охолоджує| в ковші і його здатність|здібність| до рафінування зменшується.

***Визначення кількості шлакоутворюючих матеріалів для електропічних шлаків і наближений склад шлаку***

А) Вапно. Задаємося вмістом (СаО) в шлаку =52% і (СаО) в вапні =90%.

Позначивши кількість вапна через Z, складаємо рівняння: 

.

Цією кількістю вапна вноситься:

СаО=2,66·0,9=2,394 кг; SiO2=2,66·0,02=0,0532 кг;

МgО=2,66·0,02=0,0532 кг; А12О3=2,66·0,01=0,0266 кг.

Б) Плавиковий шпат. Згідно інструкції, для наведення шлакової суміші на початку рафінування присаджується плавиковий шпат в кількості 0,25% (одночасно з вапном і шамотом). Крім того, плавиковий шпат додають по ходу рафінування і перед випуском для розрідження шлаку. Загальну кількість досаджуваного у відновному періоді плавикового шпату можна прийняти рівною 0,5 кг на 100 кг металевого завалення. Цією кількістю вноситься СаF2: 0,5·0,9 =0,475 кг.

За практичними даними 40% СаF2, що вноситься, розкладається за реакцією:

 2CaF2+SiO2→2CaO+SiF4(газ) . (11.35)

Кількість CaF2, що розклався: 0,475·0,4=0,19 кг

На розкладання CaF2 витрачається SiO2:

.

При цьому утворюється СаО:

.

Залишається CaF2 в шлаку: 0,475-0,19=0,285 кг.

В) Шамот. Кількість шамоту *у* визначаємо, виходячи з отримання в шлаку 18-20% SiO2 (приймаємо SiO2=19%). Необхідно в шлаку мати SiO2:

4,6·019=0,874 кг.

При окисленні 50% кремнію порошку 75% феросиліцію утворюється SiO2:

Потрібно внести SiO2 шамотом, за вирахуванням 0,423 кг і 0,0532 кг, які вносяться вапном:

0,874 + 0,0732 - 0,423 - 0,0532 = 0,471 кг.

Кількість шамоту| (*у)*|біля|:

 *у*|біля| = 0,471/0,60 = 0,785 кг.

Цією кількістю вноситься А12О3: 0,785·0,38 = 0,298 кг

Г) Надходження|вступ| оксидів в шлак: з|із| магнезитохроміту| (з склепіння|склепіння|):

 Cr2O3=0,1225·0,10=0,0123 кг;

 MgO=0,1225·0,66=0,081 кг.

З магнезиту (заправки): МgО=0,3·0,93 =0,279 кг.

Д) При розкисленні алюмінієм (порошок алюмінію в кількості 0,05 кг присаджується на шлак перед випуском і практично весь окислюється) утворюється Al2O3:

 .
 Кількість сірки, яка перейшла з металу в шлак, було визначено вище і вона складає 0,020 кг.

Прийнявши вміст FеО в шлаку 0,5%, визначимо приблизну кількість FеО:

 FеО = 0,005·4,6 =0,023 кг.

Наближений склад шлаку відновного періоду приведений в таблиці 11.11.

Перевірка складу шлаку на рідкорухливість.

Для отримання рідкорухливих шлаків сума компонентів, які згущують, повинна складати:

 (СаО+МgО)=60÷65%,

а вміст компонентів, які розріджуються:

(SiO2+А12O3+СаF2) >33%.

Таблиця 11.11. Склад шлаку відновного періоду (у ковші), %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал | CaO | MgO | SiO2 | Al2O3 | CaF2 | S | FeO | Всього |
| З металу | - | - | - | - | - | 0,0200 | - | 0,0200 |
| Вапно | 2,3940 | 0,0532 | 0,0532 | 0,0266 | - | - | - | 2,5270 |
| Плавиковий шпат | 0,1363 |  | -0,0732 | - | 0,2850 | - | - | 0,3481 |
| Шамот | - |  | 0,4710 | 0,2980 | - | - | - | 0,7690 |
| Магнезітохроміт (свод) | - | 0,0810 | - | - | - | - | - | 0,0810 |
| Магнезит (заправка) | - | 0,2790 | - | - | - | - | - | 0,2790 |
| Окислення феросиліцію | - | - | 0,4230 | - | - | - | - | 0,4230 |
| Окислення алюмінію | - | - | - | 0,0945 | - | - | - | 0,0945 |
| Закис заліза | - | - | - | - | - | - | 0,0230 | 0,0230 |
| Склад шлаку | кг | 2,5303 | 0,4132 | 0,8740 | 0,4191 | 0,2850 | 0,0200 | 0,0230 | 4,5646 |
| % | 55,470 | 9,0300 | 19,150 | 9,1700 | 6,2400 | 0,4400 | 0,5000 | 100 |

У нашому розрахунку:

(СаO+МgО)= 55,47 + 9,03 = 64,50<65%

(SiO2+А12O3+СаF2) = 34,56%.

В тому разі,|у тому випадку| якщо сума (СаO+МgО) знаходиться більше або менше за вказану| межу, слід збільшити або зменшити кількість досаджуваного плавикового шпату (або шамоту|).

**Визначення необхідної кількості розкислювачів**

Витрата меленого коксу від ваги металу складає 0,15÷0,30%.

Чим герметичніше працює піч і коротша тривалість рафінування, тим менша витрата порошку коксу.

За практичними даними, витрата 75%-ного| феросиліцію складає 0,55÷0,65% від ваги металу, що близько|поблизу| до отриманого|одержувати| нами розрахунковому значенню| (0,573 кг).

***Перевірка складу готового металу***

Перевірку складу готового металу проводимо у таблиці 11.12.

**Перевірка результатів розрахунку на ПК за допомогою програми “Електросталеплавільщик”**

Таблиця 11.12. Перевірка складу готового металу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Прихід матеріалів | кг | С | Mn | Сr | Si | S | P | Fe | Всього |
| % | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % | кг |
| 1 | Метал 1-го періоду | 97,433 | 0,900 | 0,880 | 0,173 | 0,169 | - | - | - | - | 0,026 | 0,0254 | 0,010 | 0,010 | 98,890 | 97,600 |  |
| 2 | Ферохром ФХ650 | 2,210 | 5,000 | 0,110 | - | - | 68,000 | 1,500 | 2,000 | 0,044 | 0,040 | 0,00088 | 0,050 | 0,0011 | 24,900 | 0,550 |  |
| 3 | Феромарга-нець ФМн78 | 0,169 | 7,000 | 0,0084 | 78,000 | 0,131 | - | - | 2,000 | 0,0034 | 0,030 | - | 0,350 | 0,0006 | 12,620 | 0,0214 |  |
| 4 | Феросиліцій ФС75 | 0,537 | 0,100 | 0,0005 | 0,500 | 0,0027 | 0,200 | - | 75,000 | 0,402 | 0,020 | 0,0001 | 0,040 | 0,0002 | 24,140 | 0,130 |  |
| 5 | Перейшло з металу в шлак | - | - | - | - | - | - | - | - | -0,200 | - | -0,020 | - | - | - | - |  |
| 6 | Перейшло з шлаку в метал | - | - | 0,020 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |  |
| Всього, кг | 100,359 |  | 1,020 |  | 0,303 |  | 1,501 |  | 0,249 |  | 0,0064 |  | 0,0119 |  | 97,203 | 100,290 |
| % складу металу |  | 1,010 |  | 0,300 |  | 1,500 |  | 0,248 |  | 0,0063 |  | 0,0118 |  | 97,100 |  | 100% |

Перевірка результатів розрахунку здійснюється згідно варіанту завдання|задавання| за узгодженням з викладачем в аудиторії 225. Для чого в ПК запускається програма “Електросталеплавільщик”. Вводяться|запроваджують| початкові|вихідні| дані по марці сталі, складу і співвідношенню шихтових| матеріалів, а також хімічного складу феросплавів. Після|потім| запуску програми, результати зіставляються|співставляють| з|із| розрахунковими і проводиться|виробляє| коректування та аналіз допущених помилок. Висновки |ви узгоджуються з|із| викладачем.