

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Варіант 9

4 ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ ПЕРІОД ПЛАВКИ

4.1 Розкислення шлаку феросилікохромом

Після продувки металу киснем і відбирання двох проб металу на хімічний аналіз, в піч вводимо феросилікохром ($\Phi CX40$) або феросиліцій ($\Phi C45$) в кількості (30-35) $кг/т$ розплаву при легуванні сталі феротитаном $Ti70$ або титаном $TT-TV$ і (20-25) $кг/т$ розплаву при легуванні сталі феротитаном $\Phi Ti30$, потім вводимо вапно (15-20) $кг/т$ розплаву, розрахункову кількість ферохрому, обрізу прокату нержавіючої сталі, а також нікель листовий або чушковий в кількості (10-50) $кг/т$, феромолібден, феромарганець. Загальна витрата охолоджуючих метало добавок (без обліку розкислювачів) повинна складати (180-250) $кг/т$ маси розплаву після продувки киснем. Присаджуємо 2 $кг$ $\Phi CX40$ дробленого, 2 $кг$ вапна, 20 $кг$ обрізу прокату, феросплави за розрахунком.

4.1.1 Приймаємо наступні угари елементів, з яких складаються феросплави: хром – 0%, кремній – 50% (20% окислюється киснем повітря, 30% розкислює шлак).

4.1.2 $\Phi CX40$ внесе хрому: $2 \cdot 40/100=0,8$ $кг$

4.1.3 Надійде кремнію із $\Phi CX40$: $2 \cdot 4/100=0,8$ $кг$

В сталь перейде: $0,8 \cdot 0,5=0,4$ $кг$

Окислиться кремнію киснем повітря: $0,8 \cdot 0,2=0,16$ $кг$

Піде на розкислення шлаку: $0,8 \cdot 0,3=0,24$ $кг$

4.1.4 Надійде алюмінію із феросилікохрому: $2 \cdot 0,4/100=0,008$ $кг$

4.1.5 Надійде заліза із феросилікохрому: $2 \cdot 19,8/100=0,396$ $кг$

4.1.6 Сірка і фосфор перейдуть і метал в кількості:

$$2 \cdot 0,02/100=0,0004 \text{ кг}$$

і в подальшому не враховуються.

Вуглець феросилікохрому окислюється повністю.

4.1.7 Вважаємо, що весь алюміній, який надійшов, піде на розкислення сталі.

4.2 Склад шлаку після розкислення феросилікохромом:

Вагова кількість кремнію, що надійшов в шлак 0,4 кг, алюмінію 0,008 кг.

4.2.1 Утвориться оксидів:

$$SiO_2: 0,4 \cdot 60/28=0,857 \text{ кг}$$

$$Al_2O_3: 0,008 \cdot 102/54=0,015 \text{ кг}$$

4.2.3 Відновиться оксидів із шлаку:

По реакції $Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$

$$152 \cdot 0,008 / 2 \cdot 27=0,022 \text{ кг}$$

Приймаємо, що 75% кремнію піде на відновлення Cr_2O_3 , 15% - на FeO , 10% - на MnO , тоді:

по реакції $2Cr_2O_3+3Si=3SiO_2+4Cr$ відновиться Cr_2O_3

$$2 \cdot 152 \cdot 0,24 \cdot 0,75 / 3 \cdot 28 = 0,65 \text{ кг}$$

по реакції $2FeO+Si=SiO_2+2Fe$ відновиться FeO

$$2 \cdot 72 \cdot 0,24 \cdot 0,15 / 28 = 0,185 \text{ кг}$$

по реакції $2MnO+Si=SiO_2+2Mn$ відновиться MnO

$$2 \cdot 71 \cdot 0,24 \cdot 0,1 / 28 = 0,12 \text{ кг}$$

4.2.4 Відновиться елементів із оксидів:

$$Cr = 104 \cdot (0,022+0,65) / 152 = 0,46 \text{ кг}$$

$$Fe = 56 \cdot 0,185 / 72 = 0,144 \text{ кг}$$

$$Mn = 55 \cdot 0,12 / 71 = 0,093 \text{ кг}$$

Баланс металу після розкислення феросилікохромом наведено в табл. 8.

Таблиця 8 – Баланс металу після розкислення феросилікохромом

Елементи	Було в металі, кг	Внесено ФСХ40, кг	Відновлено із шлаку, кг	Міститься в металі	
				кг	%
C	0,06	0,004	-	0,064	0,06
Si	сліди	0,4	-	0,4	0,4
Mn	0,709	-	0,093	0,802	0,79
Cr	9,093	0,8	0,46	10,353	10,21
Ni	8,675	-	-	8,675	8,56
S	0,01	-	-	0,01	0,01
P	0,015	-	-	0,015	0,01
Fe	80,548	0,396	0,144	81,088	79,96
Всього	99,11	1,6	0,697	101,407	100

Склад шлаку після розкислення феросилікохромом наведено в табл.9.

Таблиця 9 – Склад шлаку після розкислення феросилікохромом

Оксиди	Джерело надходження					
	шлак	ФСХ	віднов.	вапно	всього, кг	всього, %
SiO ₂	4,047	0,857		0,04	4,944	29,93
CaO	1,906			1,84	3,746	22,68
MnO	1,811		0,12		1,931	11,69
MgO	0,885			0,04	0,925	5,6
FeO	0,452		0,185	0,012	0,649	3,93
Fe ₂ O ₃	0,208				0,208	1,26
Cr ₂ O ₃	2,96		0,672		3,632	21,99
Al ₂ O ₃	0,457	0,015		0,004	0,476	2,88
P ₂ O ₃	0,007				0,007	0,04
Разом, кг	12,733	0,872	0,977	1,936	16,518	100

4.3 Визначаємо вихід металу на кінець плавки X_3 і витрату феросплавів

$$X_3 = X_2 + \sum P \text{ феросплавів}$$

Приймаємо для розрахунку засвоєння нікелю, хрому, марганцю рівним 100%, кремнію – 50%, титану – 60%.

Для легування металу використовуються феросплави: $\Phi X010A$, $\Phi Mn88$, $H2$, $\Phi C75$, $\Phi Ti35C7$. Необхідно:

$$P_{\Phi X010A} = \frac{X_3 \cdot \%[Cr]_{\text{кін.}} - [Cr]_2 \cdot 100}{\%[Cr]_{\Phi X010A}}$$

$$P_{H2} = \frac{X_3 \cdot \%[Ni]_{\text{кін.}} - [Ni]_2 \cdot 100}{\%[Ni]_{H2}}$$

$$P_{\Phi Mn88} = \frac{X_3 \cdot \%[Mn]_{\text{кін.}} - [Mn]_2 \cdot 100}{\%[Mn]_{\Phi Mn88}}$$

$$P_{\Phi C75} = \frac{X_3 \cdot \%[Si]_{\text{кін.}} - [Si]_2 \cdot 100}{\%[Si]_{\Phi C75} \cdot 0,5}$$

$$P_{\Phi Ti35C7} = \frac{X_3 \cdot \%[Ti]_{\text{кін.}}}{\%[Ti]_{\Phi Ti35C7} \cdot 0,6}$$

Підставив в ці рівняння значення $\% [Me]_{\text{кін.}}$ з табл. 1, $[Me]_2$ (в кг) – з табл.8, а значення $\% [Me]_{\text{Fe-сплави}}$ – з таблиці в додатку, одержимо:

$$P_{\Phi X010A} = \frac{X_3 \cdot 17 - 10,353 \cdot 100}{70} = 0,243X_3 - 14,79$$

$$P_{H2} = \frac{X_3 \cdot 9 - 8,675 \cdot 100}{99,5} = 0,09X_3 - 8,719$$

$$X_{\Phi Mn88} = \frac{X_3 \cdot 1,7 - 0,802 \cdot 100}{85,0} = 0,02X_3 - 0,944$$

$$P_{\Phi C75} = \frac{X_3 \cdot 0,5 - 0,4 \cdot 100}{75 \cdot 0,5} = 0,013X_3 - 1,067$$

$$P_{\Phi Ti35C7} = \frac{X_3 \cdot 0,4}{28 \cdot 0,6} = 0,018X_3$$

$$X_3 = 101,407 + 0,243X_3 - 14,79 + 0,09X_3 - 8,719 + 0,02X_3 - 0,944 + 0,013X_3 - 1,067 + 0,018X_3;$$

$$X_3 = 75,887 + 0,384X_3;$$

$$0,616X_3 = 75,887; \quad X_3 = 75,887 : 0,616 = 123,19 \text{ кг.}$$

Необхідна кількість феросплавів:

$$P_{\Phi X010A} = 0,243 \cdot 123,19 - 14,79 = 15,14 \text{ кг}$$

$$P_{H2} = 0,09 \cdot 123,19 - 8,719 = 2,368 \text{ кг}$$

$$X_{\Phi Mn88} = 0,02 \cdot 123,19 - 0,944 = 1,52 \text{ кг}$$

$$P_{\Phi C75} = 0,013 \cdot 123,19 - 1,067 = 0,534 \text{ кг}$$

$$P_{\Phi Ti35C7} = 0,018 \cdot 123,19 = 2,217 \text{ кг}$$

Феросплави уносять елементів (табл. 10):

Оскільки кожен феросплав уносить кремній, коригуємо кількість $\Phi C75$ виходячи з необхідної кількості уносимого кремнію, що складає:

$$0,534 \cdot 0,75 = 0,4 \text{ кг}$$

Сума вмісту кремнію інших феросплавів складає:

$$0,093 + 0,04 + 0,161 = 0,294 \text{ кг}$$

Треба внести феросиліцієм: $0,4 - 0,294 = 0,106 \text{ кг Si}$

$$\text{або } 0,106 \cdot 100/75 = 0,141 \text{ кг } \Phi C75$$

Таблиця 10 – Кількість елементів, що уносять феросплави

Елемент	Одиниця виміру	Феросплав					Всього, кг
		$\Phi X010A$	$H2$	$\Phi Mn88$	$\Phi C75$	$\Phi Ti35C7^*$	
C	%	0,07		1,0		0,15	
	кг	0,011		0,013		0,003	0,027
Mn	%			85	0,4		
	кг			1,12	0,001		1,121
Si	%	0,5		2,0	75	5,5	
	кг	0,08		0,03	0,11	0,102	0,34
Cr	%	70			0,4		
	кг	10,598			0,001		10,599
Ni	%		99,5				
	кг		2,36				2,36
Ti	%					28	
	кг					0,62	0,62

P	%	0,03		0,3		0,05	
	кг	0,005		0,004		0,003	0,012
S	%	0,03		0,03		0,05	
	кг	0,005		0,004		0,003	0,012
Fe	%	29,37	0,5	11,67	21,2	59,95	
	кг	4,441	0,008	0,349	0,029	1,468	6,295
Разом	кг	15,14	2,368	1,52	0,141	2,217	21,386

* Феротитаном уноситься 6,3% мас. алюмінію, тобто

$$2,92 \cdot 6,3 / 100 = 0,14 \text{ кг}$$

Феросиліцієм уноситься 3% алюмінію, тобто 0,004 кг.

4.4 З урахуванням засвоєння елементів в сталь уноситься, кг: вуглець – 0,027; марганець – 1,121; кремній – 0,34 $0,5 = 0,17$; хром – 10,599; нікель – 2,36; титан – 0,62 $0,6 = 0,372$; фосфор – 0,012; сірка – 0,012; залізо – 6,295; алюміній – $0,144 \cdot 0,5 = 0,072$.

4.4.1 Окислиться елементів:

$$Si : 0,34 \cdot 0,5 = 0,17 \text{ кг}$$

$$Ti : 0,62 \cdot 0,4 = 0,248 \text{ кг}$$

$$Al : 0,144 \cdot 0,5 = 0,072 \text{ кг}$$

4.4.2 Кремній, титан і алюміній, що окислилися уносять в шлак:

$$SiO_2 : 0,17 \cdot 60 / 28 = 0,364 \text{ кг}$$

$$TiO_2 : 0,248 \cdot 80 / 48 = 0,413 \text{ кг}$$

$$Al_2O_3 : 0,072 \cdot 102 / 54 = 0,136 \text{ кг}$$

4.4.3 Надійде в шлак із футерівки печі, подіни і откосів, своду, кг:

$$SiO_2 : 0,0024+0,012+0,0564=0,071$$

$$Fe_2O_3 : 0,0018+0,008+0,0007=0,011$$

$$Al_2O_3 : 0,0021+0,004+0,0009=0,007$$

$$MnO : 0,0003+0,004+0,0=0,004$$

$$CaO : 0,019+0,004+0,0015=0,025$$

$$MgO : 0,044+0,368+0,0005=0,413$$

$$\text{всього} \quad \quad \quad 0,531$$

4.4.4 Присаджуємо в якості охолоджуючих метало добавок 200 кг/т відходів сталі 17Х18Н9. Відходи уносять, кг:

$$C = 20 \cdot 0,1 / 100 = 0,02;$$

$$Si = 20 \cdot 0,6 / 100 = 0,12;$$

$$Cr = 20 \cdot 17 / 100 = 3,4;$$

$$Ni = 20 \cdot 12 / 100 = 2,4;$$

$$S = 20 \cdot 0,01 / 100 = 0,002;$$

$$P = 20 \cdot 0,02 / 100 = 0,004;$$

$$Mn = 20 \cdot 1,7 / 100 = 0,34;$$

$$Ti = 20 \cdot 0,3 / 100 = 0,06;$$

$$Fe = 13,654$$

4.4.5 Вносимо вапно в кількості 2 кг, вапно вносить, кг: $CaO - 1,84$; $SiO_2 - 0,04$; $FeO - 0,012$; $MgO - 0,04$; $Al_2O_3 - 0,004$.

4.4.6 Шлак розкислили сумішшю із $\Phi C75$ (0,15 кг) і вапна (0,3 кг).

4.4.7 Приймаємо, що 60% кремнію іде на розкислення шлаку, 40% окислюється киснем повітря.

Уносимо кремнію: $0,15 \cdot 0,68 = 0,102$ кг. Приймаємо, що 75% кремнію витрачається на відновлення Cr_2O_3 , 15% на відновлення FeO , 10% на відновлення MnO .

Утворюється SiO_2 : $0,102 \cdot 60 / 28 = 0,218$ кг.

4.4.8 Відновиться оксидів із шлаку:

$$Cr_2O_3: 2 \cdot 152 \cdot 0,102 \cdot 0,6 \cdot 0,75 / 3 \cdot 28 = 0,166 \text{ кг}$$

$$MnO: 2 \cdot 71 \cdot 0,102 \cdot 0,6 \cdot 0,1 / 28 = 0,031 \text{ кг}$$

$$FeO_3: 2 \cdot 72 \cdot 0,102 \cdot 0,6 \cdot 0,15 / 28 = 0,047 \text{ кг}$$

4.4.9 Відновиться елементів із оксидів шлаку:

$$Cr: 104 \cdot 0,166 / 152 = 0,114 \text{ кг}$$

$$Mn: 55 \cdot 0,031 / 71 = 0,024 \text{ кг}$$

$$Fe: 56 \cdot 0,047 / 72 = 0,037 \text{ кг}$$

4.4.10 Перейде заліза із $\Phi C75$ до металу: $0,15 \cdot 0,3 = 0,045$ кг.

4.5 Вапно уносить (кг): $CaO - 0,276$; $SiO_2 - 0,006$; $FeO - 0,0018$; $MgO - 0,006$; $Al_2O_3 - 0,0006$.

Через 10-15 хвилин після унесення в розплав охолоджуючих метало добавок шлак скачують на 70-90%.

4.6 Приймаємо, що шлак скачали на 90%. Маса залишившегося шлаку $1,744$ кг.

Хімічний склад шлаку наведено у таблиці 11.

Таблиця 11 – Хімічний склад шлаку

Оксид	Джерело надходження						Всього
	шлак	з ферос-плавів	з футеровки	з ФС і вапна	з вапна	відновлено	
SiO_2	4,944	0,364	0,071	0,224	0,04	-	5,643
CaO	3,746	-	0,025	0,276	1,84	-	5,887
MnO	1,931	-	0,004	-	-	0,031	1,966
MgO	0,925	-	0,413	0,006	0,04	-	1,384
FeO	0,649	-	-	0,002	0,012	0,047	0,71
Fe_2O_3	0,208	-	0,011	-	-	-	0,219
Cr_2O_3	3,632	-	-	-	-	0,166	3,798
Al_2O_3	0,476	0,136	0,007	0,001	0,0041	-	0,624
P_2O_3	0,007	-	-	-	-	-	0,007
TiO_2	-	0,413	-	-	-	-	0,413
Всього	16,518	0,913	0,531	0,509	1,936	0,244	20,651

При виплавці сталей, легованих титаном, рафінувальний шлак наводиться із вапна ($8-10$ кг/т) сталі і плавикового шпату ($2,5-3,5$ кг/т) сталі. Для інших сталей – із вапна ($15-20$ кг/т) сталі і плавикового шпату ($4-5$ кг/т) сталі.

4.7 Вводимо шлакоутворюючі: вапно – 1 кг, плавиковий шпат – $0,35$ кг. Шлакоутворювачі вносять, кг: вапно – $CaO - 0,92$; $SiO_2 - 0,02$; $FeO -$

0,006; MgO – 0,02; Al_2O_3 – 0,002; плавиковий шпат – CaF_2 – 0,325; SiO_2 – 0,01; Fe_2O_3 – 0,004.

Після розплавлення шлакоутворюючої суміші в сталь вносимо фероти-
тан. Хімічний склад рафінувального шлаку та готової сталі наведено в табл..
12 і 13.

Таблиця 12 – Хімічний склад рафінувального шлаку

Оксид	Джерело надходження			Всього, кг	Всього, %
	шлак	вапно	пл.шпат		
SiO_2	0,385	0,02	0,01	0,415	13,6
CaO	0,589	0,92	-	1,509	49,46
MnO	0,103	-	-	0,103	3,38
MgO	0,138	0,02	-	0,158	5,18
FeO	0,063	0,006	-	0,069	2,26
Fe_2O_3	0,024	-	0,004	0,028	0,92
Cr_2O_3	0,319	-	-	0,319	10,46
Al_2O_3	0,068	0,002	-	0,07	2,29
TiO_2	0,054	-	-	0,054	1,77
P_2O_3	0,001	-	-	0,001	0,03
CaF_2	-	-	0,325	0,325	10,65
Разом	1,744	0,968	0,339	3,051	100

Таблиця 13 – Склад готової сталі 17Х18Н9

Елемен- ти	Було в ме- талі	Уно- сять ФС65	Уносить метало- добавка	Уносять легуючі	Відн. із шлаку	Вміст в <i>Me</i>	
						кг	%
C	0,064	-	0,02	0,027	-	0,111	0,078
Si	0,4	-	0,12	0,17	-	0,69	0,48
Mn	0,802	-	0,34	1,121	0,024	2,287	1,6

Cr	10,353	-	3,4	10,599	0,114	24,466	17,15
Al	-	-	-	0,072	-	0,072	0,05
Ni	8,675	-	2,4	2,36	-	13,435	9,42
Ti	-	-	0,06	0,372	-	0,432	0,3
S	0,01	-	0,002	0,012	-	0,024	0,017
P	0,015	-	0,004	0,012	-	0,031	0,022
Fe	81,088	0,045	13,654	6,295	0,037	101,119	70,883
Всього	101,40 7	0,045	20	21,04	0,175	142,667	100