

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної роботи №2
з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій» для усіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до практичної роботи №2 з дисципліни
“Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
для усіх форм навчання / Укл.: О.В. Овчинников, О.Є. Капустян. –
Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 38 с.

Укладачі: О.В. Овчинников, д-р техн. наук, проф.;

О.Є. Капустян, старш. викладач.

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 8 від 1.06.2016

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 10 від 21.06.2016

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ	28
4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ	35
5 ЗМІСТ ЗВІТУ	38
6 ЛІТЕРАТУРА.....	38

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ЗНОСОСТІЙКОГО НАПЛАВЛЕННЯ

1 МЕТА РОБОТИ

Придбати практичні прийоми розрахунку електродів для зносостійкого наплавлення, з метою відновлення зношених та виготовлення нових деталей машин і устаткування.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Наплавлення зносостійких сталей і сплавів є найбільш універсальним, економічним і широкозастосованим у народному господарстві засобом відновлення та виготовлення деталей машин і механізмів, придання їх робочій поверхні спеціальних якостей, які сприяють росту строку служби. Наплавлення, є процес нанесення на спеціально підготовлену поверхню розплавленого присадочного металу, який створює з поверхневими шарами деталі сплав із високими механічними й службовими властивостями.

Процес зносостійкого наплавлення може здійснюватися різними засобами: ручного дугового штучними електродами, за допомогою напівавтоматичного або автоматичного зварювання легованим або порошковим дротом під шаром флюсу.

Завдання на цю роботу передбачає розробку електродів для зносостійкого наплавлення заданого складу.

2.1 Електродні покриття для зносостійкого наплавлення

Склад електродного покриття звичайно задається рецептурою, а початкові матеріали регламентуються ДСТУ, ГОСТом або ТУ. Розрахунок шихти покриття зводиться до визначення вагових

кількостей тих або інших матеріалів, забезпечуючи отримання вимогливого хімічного складу наплавленого металу. Кількість рідкого скла визначається за його відсотковим відношенням до маси сухої суміші компонентів покриття (звичайно в межах 28-34 %). При цьому необхідно знати модуль і густину рідкого скла. Густина рідкого скла визначається ареометром або зважуванням у мірному посуду, а модуль - із формули:

$$m = \frac{\%SiO_2}{\%R_2O} * a$$

де R_2O – Na_2O або K_2O ;

a - відношення молекулярних вагів R_2O і SiO_2 ;

- для натрієвого рідкого скла $a = 1,032$;

- для калієвого - $a \sim 1,562$.

2.1.1 Підготовка електродних стержнів

Електродний дріт надходить у бухтах (мотках) і прямує у правильно-відрізне відділення для виправлення й рубання на стержні потрібних розмірів.

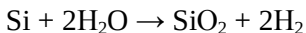
Прутки зачищаються в спеціальних очисних барабанах діаметром не більш 0,7-0,8 довжини стержня, щоб передбачити згин електродних прутків; в барабани завантажуються стержні разом із кварцевим піском. Після обробки в очисному барабані з поверхні стержня необхідно прибрати налипи кварцевого піску.

2.1.2 Підготовка матеріалів електродних покриттів

Підготовка матеріалів електродних покриттів проводиться за схемою відповідно [1].

Окремо слід виділити операцію пасивування феросплавів, необхідність якої витікає з наступного.

Гранули дрібнорозмелених феросплавів при замісі обмазувальної маси вступають у реакцію з розчином рідкого скла по такій схемі:



У лужному розчині плівка оксидів кремнію розчинюється і поверхня гранул розкривається для подальшого окислення.

Внаслідок виділення водню обмазка вспучується, робиться пористою і текучою, сповзаючою зі стержня, що погіршує технологічні властивості електроду. Для передбачення цього проводиться пасивування феросплавів за однією із таких схем:

– пасивування замочуванням водою або для прискорення процесу 0,25-0,50 водним розчином марганцевокислого калія;

– пасивування розжарюванням феросиліцію при температурі 700-800° С і феромарганцю при 300-350° С протягом 1 години.

Розрахунок електродного покриття проводиться у відповідності із прикладом, наданим нижче. Розрахунок може проводитись і на ЕОМ по відпрацьованій студентом програмі.

2.2 Електродний дріт

Як стержень електродів для зносостійкого наплавлення може використовуватися як маловуглецевий дріт марки Св08, так і дріт із легованих сталей, що виготовляються відповідно ГОСТам або галузевим технічним умовам (табл. 2.1).

У виборі марки дроту слід керуватися відомими даними про те, що коефіцієнт переходу легуючих елементів з електроду в наплавлений метал має найбільше значення при використанні легованого дроту. Тому при розрахунку електродів для зносостійкого наплавлення треба вибирати дріт, склад якого найбільш близький до заданого.

Шлакообразуючі і легуючі компоненти електродних покриттів для наплавлення заданого зносостійкого сплаву вибирається з табл.

2.2 і 2.3.

Таблиця 2.1 - Зварювальний дріт по ГОСТ 2246-70

Марка дроту	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P	Інші
								не більш		
СВ-12Х11НМФ	0,08-0,15	0,25-0,55	0,35-0,65	10,50-12,00	0,60-0,90	0,60-0,90	-	0,025	0,030	0,25-0,50 V
СВ-10Х11НВМФ	0,08-0,13	0,30-0,60	0,35-0,65	10,50-12,00	0,80-1,10	1,00-1,30		0,025	0,030	0,25-0,50 V 1,0-1,40 W
СВ-12Х13	0,09-0,14	0,30-0,70	0,30-0,70	12,00-14,00	≤0,60	-	-	0,025	0,030	-
СВ-20Х13	0,16-0,24	≤0,60	≤0,60	12,00-14,00	-		-	0,025	0,030	-
СВ-06Х14	≤0,08	0,30-0,70	0,30-0,70	13,00-15,00	≤0,60	-	-	0,025	0,030	-
СВ-08Х14ГНТ	≤0,10	0,25-0,65	0,90-1,30	12,50-14,50	0,40-0,90	-	0,60-1,00	0,025	0,035	-
СВ-10Х17Т	≤0,12	≤0,80	≤0,70	16,00-18,00	≤0,60	-	0,20-0,50	0,025	0,035	-
СВ-13Х25Т	≤0,15	≤1,00	≤0,80	23,00-27,00	≤0,60	-	0,20-0,50	0,025	0,035	-
СВ-01Х19Н9	≤0,03	0,50-1,00	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	-	-	0,015	0,025	-
СВ-04Х19Н9	≤0,06	0,50-1,00	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	-	-	0,018	0,025	-
СВ-08Х16Н8М2	0,05-0,10	≤0,60	1,50-2,00	15,00-17,00	7,50-9,00	1,50-2,00	-	0,018	0,025	-
СВ-08Х18Н8Г2Б	0,05-0,10	0,30-0,70	1,80-2,30	17,00-19,50	8,00-10,00	-	-	0,018	0,025	1,20-1,50 Nb
СВ-07Х18Н9ТЮ	≤0,09	≤0,80	≤2,00	17,00-19,00	8,00-10,00	-	1,00-1,40	0,015	0,030	0,60-0,95 Al
СВ-06Х19Н9Т	≤0,08	0,40-1,00	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	-	0,50-1,00	0,015	0,030	-
СВ-	≤0,06	2,00-	1,00-	18,00-	8,00-	-	-	0,015	0,030	-

04X19H9C2		2,75	2,00	20,00	10,00					
CB-08X19H9Φ2C2	≤0,10	1,30-1,80	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	-	-	0,025	0,030	1,80-2,40 V
CB-05X19H9Φ3C2	≤0,07	1,30-1,80	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	-	-	0,025	0,030	2,20-2,70 V
CB-07X19H10Б	0,05-0,09	≤0,70	1,50-2,00	18,50-20,00	9,00-10,50	-	-	0,018	0,025	1,20-1,50 Nb
CB-08X19H10Γ2Б	0,05-0,10	0,20-0,45	1,80-2,20	18,50-20,50	9,50-10,50	-	-	0,020	0,030	1,90-1,30 Nb
CB-06X19H10M3T	≤0,08	0,30-0,80	1,00-2,00	18,00-20,00	9,00-11,00	2,00-3,00	0,50-0,80	0,018	0,025	-
CB-08X19H10M3Б	≤0,10	≤0,60	1,00-2,00	18,00-20,00	9,00-11,00	2,00-3,00	-	0,018	0,025	0,90-1,30 Nb
CB-04X19H11M3	≤0,06	≤0,60	1,00-2,00	18,00-20,00	10,0-12,0	2,00-3,00	-	0,018	0,025	-
CB-05X20H9ΦБC	≤0,07	0,90-1,50	1,00-2,00	19,00-21,00	8,00-10,00			0,020	0,030	1,0-1,40 Nb 0,90-1,30 V
CB-06X20H11M3ТБ	≤0,08	0,50-1,00	<0,80	19,00-21,00	10,0-12,0	2,50-3,00	0,60-1,10	0,018	0,030	0,60-0,90 Nb
CB-10X20H15	≤0,12	≤0,80	1,00-2,00	19,00-22,00	14,0-16,0	-	-	0,018	0,025	-
CB-07X25H12Γ2T	≤0,09	0,30-1,00	1,50-2,50	24,00-26,50	11,0-13,0	-	0,60-1,00	0,020	0,035	-
CB-06X25H12TЮ	≤0,08	0,60-1,00	<0,80	24,00-26,50	11,50-13,50	-	0,60-1,00	0,020	0,030	0,40-0,80 Al
CB-	≤0,09	0,50-	1,00-	23,00-	12,0-	-	-	0,018	0,025	-

07X25H13		1,00	2,00	26,00	14,0					
СВ-08X25H13Б ТЮ	≤0,10	0,60- 1,00	<0,55	24,00- 26,00	12,00 - 14,00	-	0,50- 0,90	0,020	0,030	0,70- 1,10 Nb; 0,40- 0,90 Al
СВ-13X25H18	≤0,15	≤0,50	1,00- 2,00	24,00- 26,50	17,0- 20,0	-	-	0,015	0,025	-
СВ-08X20H9Г7 Т	≤0,10	0,50- 1,00	5,00- 8,00	18,50- 22,00	8,00- 10,00	-	0,60- 0,90	0,018	0,035	-
СВ-08X21H10Г 6	≤0,10	0,20- 0,70	5,00- 8,70	20,00- 22,00	9,00- 11,00	-	-	0,018	0,035	-
СВ-30X25H16Г 7	0,25- 0,33	≤0,3 0	6,00- 8,00	24,50- 27,00	15,0- 17,0	-	-	0,018	0,030	-
СВ-10X16H25А М6	0,08- 0,12	≤0,6 0	1,00- 2,00	15,00- 17,00	24,0- 27,0	5,50- 7,00	-	0,018	0,025	0,10- 0,20 N
СВ-09X16H25М 6АФ	0,07- 0,11	≤0,4 0	1,00- 2,00	15,00- 17,00	24,0- 27,0	5,50- 7,00	-	0,018	0,018	0,70- 1,00 V; 0,10- 0,20 N
СВ-01X23H28М 3Д3Т	≤0,03	≤0,55	≤0,55	22,00- 25,00	26,0- 29,0	2,50- 3,00	0,50- 0,90	0,018	0,030	2,50- 3,50 Cu
СВ-30X15H35В 3Б3Т	0,27- 0,33	≤0,60	0,50- 1,00	14,00- 16,00	34,00 - 36,00	-	0,20- 0,70	0,015	0,025	2,50- 3,50W; 2,80- 3,5 Nb
СВ-08H50	≤0,10	≤0,50	0,50	0,30	48,0- 53,0			0,020	0,030	
СВ-06X15H60М 15	≤0,08	≤0,50	1,00- 2,00	14,00- 16,00	Оснo- ва	14,00 16,00		0,015	0,015	≤4,0Fe

Таблиця 2.2 - Компоненти покриттів зварювальних електродів

Компонент, формула	ГОСТ або ТУ	Родовище, Україна	Колір, розмір
1	2	3	4
1 Рутіловий концентрат TiO_2	ТУ 48-4- 172-72 ГОСТ 22938-78	Верхньодні- провське	Темно-сірий або чорний
2 Польовий шпат $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6$ SiO_2	ГОСТ 4422- 73	Ст. Тута,	Білий або рожевий
3 Мармур	ГОСТ 4416- 94	Західно- Балаклав- ське, Крим	Білий або світло-сірий. Шматковий або крихта
4 Плавиковий шпат CaF_2	ГОСТ 4421- 73		Шматковий, гравітаційний, флотаційний
5 Слюда мусковит $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot$ $\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ТУ 21-25- 72-71 ГОСТ 14327-82		Розмельна
6 Графіт	ГОСТ 5279- 74	Запорізь- кий електродн ий завод	
7.Порошок алюмінію (пудра)	ГОСТ 5494- 95		
8.Відходи титанової губки $\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$		ЗТМК	Фракція 150-350 мкм
9.Магнезит MgCO_3	ГОСТ 6419- 78		
10 Гематит Fe_2O_3		Криворізь- ке	
11 Граніт $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{S}$ iO_2		Коростиш- евське, Україна	Світло-сірий з чорними цятками. Червоний з чорними цятками
12 Крохмаль $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	ОСТ НКТП 8661/259		Картопляний, сорт «Екстра», «Прима», або 1

	ДСТУ 4286:2004		
13 Каолін $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ГОСТ 21286-82 ОСТ 2371	Глуховець ке, Україна	Білий. Грудковий або порошкоподібний
14 Пісок кварцевий електродний SiO_2	ГОСТ 4417- 75	Часов Яр, Україна	Білий або прозорий. Грудковий, дрібні зерна
15 Скло натрове рідке $\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$	ГОСТ 13078-81	З-д “Дніпросп ецсталь”, Запоріжжя	Густа рідше жовтого або сірого кольору, без видимих неозброєним оком включень. Силікатний модуль $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ - 2,65...3,40. Густина 1,36...1,50 г/см ³
16 Целюлоза електродна	ТУ13-7303- 0001-343-83 ТУ 81/БВ- 04-171-69		
17 Тальк $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ Марка ТМК	ГОСТ 21234-75		Розмельний
18 Декстрин $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	ДСТУ 44643:2006		Порошок
19 Доломіт $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$ $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	ГОСТ 23672-79		Безкольоровий, білий, іноді сірий, зеленуватий, рожевий
20 Селітра калієва KNO_3	ГОСТ 19790-74		
21 Концентрат ільменітовий $\text{TiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$			
22 Бентоніт $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$			Жовтий або жовтувато- зелений
23 Поташ K_2CO_3	ГОСТ 10690-73 Е		
24 Азбест	ГОСТ		

хризотіловий $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12871-93E		
25 Диметилфталат $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO} \cdot \text{OH}_3)_2$			
26 Муліт $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$			У чистому виді безкольоровий
27 Кріоліт Na_3AlF_6	ГОСТ 10561-80		Безкольоровий до білого, жовтовато-сірий, а також цегляно-червоний, коричневий

Таблиця 2.3 - Феросплави та інші матеріали, що використовують в покриттях зварювальних електродів

№	Марка фероспла- ву	ГОСТ	Хімічний склад, %					
			C	Si	Mn	S	P	Легуючі елементи
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Феромарг анець низьковуг лецевий ФМн 0,5	ДСТУ 3547:97	≤0,5	2,0	85-95	≤0,03	≤0,30	
	Середньо- вуглецевий							
	ФМн 1,0А		≤1,0	≤1,5	85-95	≤0,03	≤0,10	
	ФМн 1,0		≤1,0	≤2,0	85-95	≤0,02	≤0,30	
	ФМн 1,5		≤1,5	≤2,5	85-95	≤0,02	≤0,30	
	ФМн 2,0		≤2,0	≤2,0	≤75	≤0,03	≤0,35	
	Високовуг лецевий							
	ФМн 78А		≤7,0	≤2,0	78-82	≤0,03	≤0,05	
	ФМн 78К		≤7,0	≤1,0	78-82	≤0,02	≤0,35	
	ФМн 78		≤7,0	≤2,0	78-82	≤0,03	≤0,35	
	ФМн 75АС6		≤7,0	≤6,0	75-82	≤0,03	≤0,05	
	ФМн75С9		≤6,0	≤9,0	75-82	≤0,03	≤0,45	
	ФМн		≤7,0	≤4,0	75-82	≤0,03	≤0,45	

	75C4							
	ФМн 75		$\leq 7,0$	$\leq 1,0$	75-82	$\leq 0,02$	$\leq 0,45$	
	ФМн 70		$\leq 7,0$	$\leq 2,0$	70-82	$\leq 0,03$	$\leq 0,55$	
2	Феросиліцій ФС 92	ДСТУ 4127:2012	-	≥ 92	$\leq 0,2$	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 2,5\text{Al}$ $\leq 0,5\text{Ca};$ $\leq 0,2\text{Cr}$
	ФС90		-	≥ 89	$\leq 0,2$	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 3,5\text{Al};$ $\leq 0,2\text{Cr}$
	ФС90 А2,5		$\leq 0,1$	≥ 89	$\leq 0,2$	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 2,5\text{Al}$ $\leq 0,2\text{Cr}$
	ФС75		-	74-80	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 0,4\text{Cr}$
	ФС 75 А2,5		-	74-80	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 2,5\text{Al};$ $\leq 0,3\text{Cr}$
	ФС 75 /л/		$\leq 0,1$	74-80	$\leq 0,3$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 1,5\text{Al};$ $\leq 0,3\text{Cr}$
	ФС 75 /ел/		$\leq 0,1$	74-80	$\leq 0,3$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 0,1\text{Al};$ $\leq 0,2\text{Cr}$ $\leq 0,05 \text{Ti};$ $\leq 0,1\text{Ca}$
	ФС 70		-	68-74	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 2,0\text{Al};$ $\leq 0,4\text{Cr}$
	ФС 70 А1 /ел/		$\leq 0,1$	68-74	$\leq 0,3$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 1,0\text{Al};$ $\leq 0,3\text{Cr};$ $\leq 0,1\text{Ti}$
	ФС 70/ел/		$\leq 0,1$	68-74	$\leq 0,3$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 0,1\text{Al};$ $\leq 0,3\text{Cr};$ $\leq 0,4\text{Ti};$ $\leq 0,1\text{Ca}$
	ФС65		-	63-68	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 2,5\text{Al};$ $\leq 0,4\text{Cr}$
	ФС 65 А2		-	63-68	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 2,0\text{Al};$ $\leq 0,4\text{Cr}$
	ФС 65 /л/		$\leq 0,1$	63-68	$\leq 0,4$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 1,6\text{Al};$ $\leq 0,4\text{Cr}$
	ФС 65 /ел/		$\leq 0,1$	63-68	$\leq 0,3$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 1,2\text{Al};$ $\leq 0,3\text{Cr};$ $\leq 0,05\text{Ti};$

							$\leq 0,5\text{Ca}$
	ФС 45		-	41-47	$\leq 0,6$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$ $\leq 2,0\text{A1};$ $\leq 0,5\text{Cr}$
	ФС 45 /л/		$\leq 0,2$	41-47	$\leq 0,6$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$ $\leq 1,5\text{A1};$ $\leq 0,5\text{Cr}$
	ФС 25		$\leq 0,6$	23-27	$\leq 0,8$	$\leq 0,02$	$\leq 0,06$ $\leq 1,0\text{A1};$ $\leq 1,0\text{Cr}$
	ФС 25У 0,8		$\leq 0,8$	23-27	$\leq 0,9$	$\leq 0,02$	$\leq 0,06$ $\leq 1,0\text{A1};$ $\leq 1,0\text{Cr}$
	ФС 20		$\leq 1,0$	20-23	$\leq 1,0$	$\leq 0,02$	$\leq 0,20$ $\leq 1,0\text{A1};$ $\leq 0,3\text{Cr};$
	ФС20/Л/		$\leq 1,0$	19-23	$\leq 1,0$	$\leq 0,02$	$\leq 0,20$ $\leq 1,0\text{A1};$ $\leq 0,3\text{Cr}$
3	Ферохром безуглеце- вий	ДСТУ ГОСТ 4757:20 09					
	ФХ001		$\leq 0,01$	$\leq 0,8$		$\leq 0,02$	$\leq 0,02$ $\geq 68\text{Cr};$
	ФХ002		$\leq 0,02$	$\leq 1,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,02$ $\geq 68\text{Cr};$
	ФХ003		$\leq 0,03$	$\leq 1,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,02$ $\geq 68\text{Cr};$
	ФХ004		$\leq 0,04$	$\leq 1,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,02$ $\geq 68\text{Cr};$
	ФХ005		$\leq 0,05$	$\leq 1,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	ФХ006		$\leq 0,06$	$\leq 1,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	маловугле- цевий						
	ФХ010		$\leq 0,1$	$\leq 1,5$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	ФХ015		$\leq 0,15$	$\leq 1,5$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	ФХ025		$\leq 0,25$	$\leq 2,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	ФХ050		$\leq 0,50$	$\leq 2,0$		$\leq 0,03$	$\leq 0,03$ $\geq 65\text{Cr};$
	середньо- вуглецевий						
	ФХ100		$\leq 1,0$	$\leq 2,0$		$\leq 0,04$	$\leq 0,04$ $\geq 65\text{Cr}$
	ФХ200		$\leq 2,0$	$\leq 2,0$		$\leq 0,04$	$\leq 0,04$ $\geq 65\text{Cr};$
	вуглецевий						
	ФХ650		$\leq 6,5$	$\leq 1,5$		$\leq 0,06$	$\leq 0,04$ $\geq 65\text{Cr};$
	ФХ800		$\leq 8,0$	$\leq 2,0$		$\leq 0,06$	$\leq 0,04$ $\geq 65\text{Cr};$

	високо- вуглецевий							
	ФХ650А		≤6,5	≤2,0		≤0,06	≤0,03	≥65Cr;
	ФХ650Б		≤6,5	≤2,1		≤0,08	≤0,05	≥65Cr;
	ФХ800А		≤8,0	≤2,0		≤0,06	≤0,03	≥65Cr;
	ФХ800Б		≤8,0	≤2,0		≤0,08	≤0,05	≥65Cr;
	ФХ800СА		≤8,0	5,0- 10,0		≤0,03	≤0,03	≥60Cr;
	ФХ800СБ		≤8,0	5,0- 10,0		≤0,5	≤0,05	≥60Cr;
4	Фероволь- фрам ФВ 80а	17293- 82	≤0,10	≤0,8	≤0,2	≤0,2	≤0,03	≥80W; ≤6Mo; ≤0,10Cu; ≤0,04As; ≤0,04Sn; ≤4,0Al;
	ФВ75а		≤0,15	≤1,1	≤0,2	≤0,04	≤0,04	≥75W; ≤6Mo; ≤0,20Cu; ≤0,06As; ≤0,06Sn; ≤5,0Al;
	ФВ70а		≤0,3	≤0,2	≤0,3	≤0,06	≤0,06	≥70W; ≤0,3Cu; ≤0,08As; ≤0,1Sn; ≤6,0Al; ≤7,0Mo;
	ФВ70		≤0,3	≤0,5	≤0,4	≤0,08	≤0,04	≥70W; ≤1,5Mo; ≤0,15Cu; ≤0,04As; ≤0,08Sn; ≤0,03Pb; ≤0,03Bi; ≤0,03Sb;

	ФВ70Б		$\leq 0,5$	$\leq 0,8$	$\leq 0,5$	$\leq 0,10$	$\leq 0,06$	$\geq 70W$; $\leq 2Mo$; $\leq 0,20Cu$; $\leq 0,05As$; $\leq 0,10Sn$;
	ФВ65		$\leq 0,7$	$\leq 1,2$	$\leq 0,6$	$\leq 0,15$	$\leq 0,10$	$\geq 65W$; $\leq 6,0Mo$; $\leq 0,30Cu$; $\leq 0,08As$; $\leq 0,20Sn$;
5	Ферована дій низьковід сотковий ФВ _д 48у 0,40	ТУ 14- 5-98-84	$\leq 0,4$	$\leq 1,8$	$\leq 2,7$	$\leq 0,02$	$\leq 0,07$	$\geq 48V$; $\leq 0,2Cu$; $\leq 0,01As$; $\leq 0,2Al$;
	ФВ _д 48у 0,50		$\leq 0,5$	≤ 2	≤ 4	$\leq 0,02$	$\leq 0,07$	$\geq 48V$; $\leq 0,3Cu$; $\leq 0,01As$; $\leq 0,1Al$;
	ФВ _д 38у 0,50		$\leq 0,5$	≤ 2	≤ 2	$\leq 0,05$	$\leq 0,08$	$\geq 38V$; $\leq 0,4Cu$; $\leq 0,03As$; $\leq 0,5Al$;
	ФВ _д 38у 0,75		$\leq 0,75$	≤ 2	≤ 3	$\leq 0,05$	$\leq 0,08$	$\geq 38V$; $\leq 0,4Cu$; $\leq 0,03As$; $\leq 0,5Al$;
	ФВ _д 35у 0,75МН2		$\leq 0,75$	≤ 2	≤ 2	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\geq 35V$; $\leq 0,5Cu$; $\leq 0,05As$; $\leq 0,5Al$;
	ФВ _д 35у 0,75		$\leq 0,75$	≤ 2	-	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\geq 35V$; $\leq 0,5Cu$; $\leq 0,05As$; $\leq 0,5Al$;
6	Феромолі	ДСТУ						

	бден	ГОСТ						
	ФМо60	4759:2009	$\leq 0,05$	$\leq 0,8$		$\leq 0,10$	$\leq 0,05$	$\geq 60\text{Mo};$ $\leq 0,3\text{W};$ $\leq 0,5\text{Cu};$ $\leq 0,02\text{As};$ $\leq 0,01\text{Sn};$ $\leq 0,01\text{Sb};$ $\leq 0,01\text{Pb};$ $\leq 0,01\text{Zn};$ $\leq 0,01\text{Bi}$
	ФМо58		$\leq 0,08$	$\leq 1,0$		$\leq 0,12$	$\leq 0,05$	$\geq 58\text{Mo};$ $\leq 0,5\text{W};$ $\leq 0,8\text{Cu};$ $\leq 0,03\text{As};$ $\leq 0,02\text{Sn};$ $\leq 0,02\text{Sb};$ $\leq 0,01\text{Pb};$ $\leq 0,01\text{Zn};$ $\leq 0,01\text{Bi};$
	ФМо 55А		$\leq 0,08$	$\leq 1,0$		$\leq 0,12$	$\leq 0,08$	$\geq 55\text{Mo};$ $\leq 0,8\text{W};$ $\leq 1,0\text{Cu};$ $\leq 0,02\text{Sn};$ $\leq 0,02\text{Sb};$
	ФМо 55Б		$\leq 0,10$	$\leq 1,5$		$\leq 1,5$	$\leq 0,10$	$\geq 55\text{Mo};$ $\leq 0,8\text{W};$ $\leq 1,0\text{Cu};$ $\leq 0,05\text{Sn};$ $\leq 0,05\text{Sb};$
	ФМо 52		$\leq 0,50$	$\leq 5,0$		$\leq 0,20$	$\leq 0,10$	$\geq 52\text{Mo};$ $\leq 1,0\text{W};$ $\leq 1,0\text{Cu};$
7	Феротитан ФТІ68	ДСТУ ГОСТ 4761:2009	$\leq 0,2$	0,5-		$\leq 0,05$	0,05	$\geq 68\text{Ti};$ $\leq 5\text{Al};$ $\leq 0,2\text{Cu};$ $\leq 0,6\text{V};$ $\leq 0,6\text{Mo};$

								≤0,6Zr; ≤0,1Sn;
	ΦTi 65		≤0,4	≤1,0		≤0,05	≤0,05	≥65Ti; ≤5Al; ≤0,4Cu; ≤3,0V; ≤0,6Mo; ≤2,0Zr; ≤0,15Sn;
	ΦTi 40A		≤0,1	≤0,5		≤0,05	≤0,05	≥40Ti; ≤9Al; ≤0,2Cu; ≤0,5Mo; ≤0,3Zr; ≤0,05Sn ≤0,5V;
	ΦTi 40Б		≤0,15	≤6,0		≤0,1	≤0,08	≥40Ti; ≤9Al; ≤0,3Cu;
	ΦTi 35		≤0,1	≤5		≤0,05	≤0,07	≥35Ti; ≤8Al; ≤0,1Cu; ≤0,8V; ≤0,5Mo; ≤0,2Zr; ≤0,05Sn;
	ΦTi 30A		≤0,15	≤5		≤0,04	≤0,04	≥30Ti; ≤8Al; ≤2Cu; ≤0,4V; ≤0,4Mo;
								≤0,2Zr; ≤0,04Sn;
	ΦTi 35Б		≤0,15	≤6		≤0,05	≤0,08	≥30Ti; ≤9Al; ≤2Cu; ≤0,8V;

								$\leq 0,5\text{Mo}$; $\leq 0,2\text{Zr}$; $\leq 0,05\text{Sn}$;
	ФТi30		$\leq 0,2$	≤ 8		$\leq 0,07$	$\leq 0,07$	$\geq 30\text{Ti}$; $\leq 14\text{Al}$; $\leq 3\text{Cu}$; $\leq 1\text{V}$; $\leq 1\text{Mo}$; $\leq 0,7\text{Zr}$; $\leq 0,08\text{Sn}$
	ФТi 25A		$\leq 0,1$	≤ 5		$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\geq 25\text{Ti}$; $\leq 8\text{Al}$; $\leq 0,1\text{Cu}$;
	ФТi 25B		$\leq 0,2$	≤ 7	-	$\leq 0,08$	$\leq 0,08$	$\geq 25\text{Ti}$; $\leq 9\text{Al}$; $\leq 3\text{Cu}$;
	ФТi 20		$\leq 0,2$	≤ 6	-	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\geq 20\text{Ti}$; $\leq 8\text{Al}$; $\leq 3\text{Cu}$;
	ФТi 20A		$\leq 1,0$	15-35	-	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\geq 20\text{Ti}$; $\leq 15\text{-}35\text{Al}$;
8	Графіт ЗУЗ-М	17022-81	$\geq 98,25$			$\leq 0,1$		$\leq 0,5\text{H}_2\text{O}$; $\leq 0,15\text{Fe}$
	ЗУТ-1		$\geq 95,9$	-	-	$\leq 0,2$		$\leq 0,5\text{H}_2\text{O}$; $\leq 0,8\text{Fe}$
9	Порошок залізний АПЖМ-А	9849-86	0,10	0,20	0,5	0,02	0,02	98,5Fe
	ПЖВ1		$\leq 0,02$	$\leq 0,08$	$\leq 0,1$	$\leq 0,015$	$\leq 0,015$	Fe-основа
	ПЖВ2		$\leq 0,02$	$\leq 0,10$	$\leq 0,35$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	Fe-основа
	ПЖВ3		$\leq 0,05$	$\leq 0,15$	$\leq 0,40$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	Fe-основа
	ПЖВ4		$\leq 0,12$	$\leq 0,15$	$\leq 0,45$	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$	Fe-основа
	ПЖВ5		$\leq 0,25$	$\leq 0,25$	$\leq 0,45$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	Fe-основа
	ПЖР2		$\leq 0,02$	$\leq 0,05$	$\leq 0,15$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	Fe-основа
	ПЖР3		$\leq 0,05$	$\leq 0,08$	$\leq 0,20$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	Fe-основа
	ПЖР5		$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$\leq 0,30$	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$	Fe-основа
10	Хром	ДСТУ	0,18					89,3Cr

металевий	ГОСТ						
X99H1	5905:2005	$\leq 0,01$	$\leq 0,2$		$\leq 0,02$	$\leq 0,005$	$\geq 99,0\text{Cr};$ $\leq 0,5\text{Al};$ $\leq 0,5\text{Fe};$ $\leq 0,005\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{As};$ $\leq 0,0004\text{Bi};$ $\leq 0,002\text{Sb};$ $\leq 0,005\text{Zn};$ $\leq 0,0005\text{Pb};$ $\leq 0,004\text{Sn};$ $\leq 0,01\text{N}$
X99H4		$\leq 0,03$	$\leq 0,2$		$\leq 0,02$	$\leq 0,002$	$\geq 99,0\text{Cr};$ $\leq 0,2\text{Al};$ $\leq 0,5\text{Fe};$ $\leq 0,01\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{As};$ $\leq 0,0005\text{Bi};$ $\leq 0,008\text{Sb};$ $\leq 0,006\text{Zn};$ $\leq 0,0008\text{Pb};$ $\leq 0,004\text{Sn}$ $\leq 0,005\text{Co};$ $\leq 0,04\text{N}$
X99H5		$\leq 0,03$	$\leq 0,2$		$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\geq 99,0\text{Cr};$ $\leq 0,5\text{Al};$ $\leq 0,5\text{Fe};$ $\leq 0,01\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{As};$ $\leq 0,0005\text{Bi};$ $\leq 0,008\text{Sb};$ $\leq 0,006\text{Zn};$ $\leq 0,0008\text{Pb};$ $\leq 0,004\text{Sn};$ $\leq 0,05\text{N}$
X99		$\leq 0,03$	$\leq 0,2$		$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\geq 99,0\text{Cr};$ $\leq 0,5\text{Al};$

								$\leq 0,5\text{Fe};$ $\leq 0,02\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{As};$ $\leq 0,0005\text{Bi};$ $\leq 0,008\text{Sb};$ $\leq 0,01\text{Zn};$ $\leq 0,001\text{Pb};$ $\leq 0,004\text{Sn};$
	X98,5		$\leq 0,03$	$\leq 0,2$		$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\geq 98,5\text{Cr};$ $\leq 0,7\text{Al};$ $\leq 0,6\text{Fe};$ $\leq 0,02\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{As};$ $\leq 0,0005\text{Bi};$ $\leq 0,008\text{Sb};$ $\leq 0,01\text{Zn};$ $\leq 0,001\text{Pb};$ $\leq 0,004\text{Sn}$
	X97,5		$\leq 0,05$	$\leq 0,5$	-	$\leq 0,04$	$\leq 0,03$	$\geq 97,5\text{Cr};$ $\leq 1,5\text{Al};$ $\leq 1,2\text{Fe};$ $\leq 0,05\text{Cu}$
11	Силікокал ьцій	4762-71						
	СК10		$\leq 0,2$	≥ 45			$\leq 0,02$	$10\text{Ca};$ $\leq 1,0\text{Al}$
	СК10P		$\leq 0,5$	≥ 50			$\leq 0,04$	$\geq 10\text{Ca};$ $\leq 1,5\text{Al}$
	СК15		$\leq 0,2$	≥ 45			$\leq 0,02$	$\geq 15\text{Ca};$ $\leq 1,5\text{Al}$
	СК15P		$\leq 0,5$	≥ 50			$\leq 0,004$	$\geq 15\text{Ca};$ $\leq 1,5\text{Al}$
	СК20		$\leq 0,5$	≥ 45			$\leq 0,02$	$\geq 20\text{Ca};$ $\leq 1,0\text{Al}$
	СК20P		$\leq 1,0$	≥ 50			$\leq 0,04$	$\geq 20\text{Ca};$ $\leq 2,0\text{Al}$
	С25/Ч/		$\leq 0,2$	≥ 50			$\leq 0,02$	$\geq 25\text{Ca};$

							$\leq 1,0\text{Al}$
	CK25		$\leq 0,5$	≥ 50		$\leq 0,02$	$\geq 25\text{Ca};$ $\leq 2,0\text{Al}$
	CK25P		$\leq 1,0$	≥ 55		$\leq 0,04$	$\geq 25\text{Ca};$ $\leq 2,0\text{Al}$
	CK30/ч/		$\leq 0,2$	≥ 50		$\leq 0,02$	$\geq 30\text{Ca};$ $\leq 1,0\text{Al}$
	CK30		$\leq 0,5$	≥ 50		$\leq 0,02$	$\geq 30\text{Ca};$ $\leq 2,0\text{Al}$
	CK30P		$\leq 1,0$	≥ 55		$\leq 0,04$	$\geq 30\text{Ca};$ $\leq 2,0\text{Al}$
12	Марганец ь металевий і марганець металевий азотовани й	6008-90					
	Mp000		$\leq 0,02$	-	$\geq 99,9$	$\leq 0,03$	$\leq 0,005$
	Mp00		$\leq 0,04$	-	$\geq 99,85$	$\leq 0,03$	$\leq 0,01$
	Mp0		$\leq 0,10$	-	$\geq 99,7$	$\leq 0,10$	$\leq 0,01$
	Mp1		$\leq 0,10$	$\leq 0,8$	$\geq 96,5$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$ $\leq 2,3\text{Fe};$ $\leq 0,02\text{Ni};$ $\leq 0,03\text{Cu}$ $\leq 0,7/\text{Al}+\text{Ca}$ $+\text{Mg}/$
	Mp2		$\leq 0,20$	$\leq 1,8$	$\geq 95,0$	$\leq 0,05$	$\leq 0,07$ $\leq 2,8\text{Fe};$ $\leq 0,02\text{Ni};$ $\leq 0,03\text{Cu}$ $\leq 0,7/\text{Al}+\text{Ca}$ $+\text{Mg}/$
	Mp1C		$\leq 0,15$	$\leq 1,8-3,0$	$\geq 93,5$	$\leq 0,05$	$\leq 0,07$ $\leq 2,8\text{Fe};$ $\leq 0,02\text{Ni};$ $\leq 0,03\text{Cu};$ $\leq 0,7/\text{Al}+\text{Ca}$ $+\text{Mg}/$

	Мр000Н6		≤0,02	-	≥93,0	≤0,03	≤0,005	≥6,0N;
	Мр00Н6		≤0,04	-	≥92,0	≤0,03	≤0,01	≥6,0N;
	Мр0Н6		≤0,10	-	≥92,0	≤0,10	≤0,01	≥6,0N;
	МрН6А		≤0,10	≤0,8	≥88,5	≤0,05	≤0,05	≤2,3Fe; ≤0,02Ni; ≤0,03Cu; ≤0,7/Al+Ca +Mg/; ≥6,0N
	МрН4А		≤0,10	≤0,8	≥90,5	≤0,05	≤0,05	≤2,3Fe; ≤0,02Ni; ≤0,03Cu; ≤0,7/Al+Ca +Mg/; ≥4,0N;
	МрН6Б		≤0,20	≤1,8	≥87,0	≤0,05	≤0,07	≤2,8Fe; ≤0,02N; 0,03Cu; ≤0,7/Al+Ca +Mg/; ≥6,0N;
	МрН4Б		≤0,20	≤1,8	≥89,0	≤0,05	≤0,07	≤2,8Fe; ≤0,02Ni; ≤0,02Cu; ≤0,7/Al +Ca+Mg/; ≥4,0N;
	МрН2		≤0,20	≤1,8	≥91,0	≤0,05	≤0,07	≤2,8Fe; ≤0,02Ni; ≤0,03Cu; ≤0,7/Al+Ca +Mg/; ≥2,0N
13	Силікомарганець	4756-91						
	СМн26		≤0,2C	≥26,0	≥60	≤0,03	≤0,05	
	СМн20		≤1,0	20-	65	≤0,03	≤0,10	

				25,9				
	СМн20Р		≤1,0	20-25,9	65	≤0,03	≤0,25	
	СМн17		≤1,0	17-19,9	65	≤0,03	≤0,1	
	СМн17Р		≤1,7	17-19,9	65	≤0,03	≤0,35	
	СМн14		≤2,5	14-16,9	65	≤0,03	≤0,25	
	СМн14Р		≤2,5	14-16,9	65	≤0,03	≤0,35	
	СМнЮ		≤3,5	10-13,9	65	≤0,03	≤0,35	
14	Порошок нікелевий	9722-97						
	ПНК-УТ1, ПНК-УТ2, ПНК-УТ3, ПНК-УТ4		≤0,10	≤0,001	≤0,0003	≤0,001	≤0,0003	≥99,90/Ni+Co; ≤0,0015Fe; ≤0,0005Co; ≤0,0003Mg; ≤0,0005As; ≤0,0003Zn; ≤0,0001Cd; ≤0,0001Bi; ≤0,0001Sn; ≤0,0001Pb; ≤0,0002Sb; ≤0,03Ca; ≤0,005N; ≤0,0003Cu
	ПНК-ОТ1, ПНК-ОТ2,		≤0,15	≤0,001	≤0,0005	≤0,001	≤0,001	≥99,90/Ni+Co; ≤0,0015Fe;
	ПНК-ОТ3, ПНК-ОТ4							≤0,001Co; ≤0,001Mg; ≤0,001As; ≤0,001Zn;

								$\leq 0,0003\text{Cd};$ $\leq 0,0003\text{Bi};$ $\leq 0,0003\text{Sn};$ $\leq 0,0002\text{Pb};$ $\leq 0,0003\text{Sb};$ $\leq 0,03\text{Ca};$ $\leq 0,005\text{N};$ $\leq 0,001\text{Cu}$
	ПНК-1Л5, ПНК-1Л6, ПНК-1Л7, ПНК-1Л8		$\leq 0,30$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\geq 99,90/\text{Ni}+$ $\text{Co};$ $\leq 0,002\text{Fe};$ $\leq 0,001\text{Co};$ $\leq 0,001\text{Mg};$ $\leq 0,001\text{As}$ $\leq 0,001\text{Zn};$ $\leq 0,003\text{Ccl}$ $\leq 0,0003\text{Bi};$ $\leq 0,0003\text{Sn};$ $\leq 0,0003\text{Pb};$ $\leq 0,0003\text{Sb};$ $\leq 0,03\text{Ca};$ $\leq 0,005\text{N};$ $\leq 0,001\text{Cu}$
	ПНК-2Л5, ПНК-2Л6, ПНК-2Л7,		$\leq 0,30$	$\leq 0,002$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\geq 99,70-$ $\text{Ni}+\text{Co};$ $\leq 0,01\text{Fe};$ $\leq 0,001\text{Co};$ $\leq 0,001\text{Mg};$
	ПНК-2Л8, ПНК-2К9, ПНК- 2К10							$\leq 0,001\text{As};$ $\leq 0,001\text{Zn}$ $\leq 0,0003\text{Cd};$ $\leq 0,0003\text{Bi};$ $\leq 0,0005\text{Sn};$ $\leq 0,001\text{Pb};$ $\leq 0,001\text{Sb};$ $\leq 0,03\text{Ca};$ $\leq 0,005\text{N};$

								$\leq 0,003\text{Cu}$
15	Нікель, сплави нікелеві і мідно-нікелеві, оброблені тиском. Нікель півфабрикатний НП-1	ДСТУ ГОСТ 492:2007	$\leq 0,01$	$\leq 0,03$	$\leq 0,002$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\geq 99,90/\text{Ni} + \text{Co};$ $\leq 0,04\text{Fe};$ $\leq 0,015\text{Cu};$ $\leq 0,01\text{Mg};$ $\leq 0,001\text{As};$ $\leq 0,005\text{Zn};$ $\leq 0,001\text{Cd}$ $\leq 0,001\text{Bi};$ $\leq 0,001\text{Sn};$ $\leq 0,001\text{Pb};$ $\leq 0,001\text{Sb};$
	НП-2		$\leq 0,10$	$\leq 0,15$	$\leq 0,05$	$\leq 0,005$	$\leq 0,002$	$\geq 99,50/\text{Ni} + \text{Co};$ $\leq 0,01\text{Fe};$ $\leq 0,01\text{Cu};$ $\leq 0,1\text{Mg};$ $\leq 0,002\text{As};$ $\leq 0,007\text{Zn};$ $\leq 0,002\text{Cd}$ $\leq 0,002\text{Bi};$ $\leq 0,002\text{Sn};$ $\leq 0,002\text{Pb};$ $\leq 0,002\text{Sb};$ $\leq 0,03\text{Ca};$ $\leq 0,005\text{N};$
	НП-3		$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,20$	$\leq 0,015$	-	$\geq 99,3/\text{Ni} + \text{Co};$ $\leq 0,15\text{Fe};$
								$\leq 0,10\text{Mg};$ $\leq 0,15\text{Cu};$
	НП-4		$\leq 0,10$	$\leq 0,15$	$\leq 0,20$	$\leq 0,015$		$\geq 99,0/\text{Ni} + \text{Co};$ $\leq 0,30\text{Fe};$ $\leq 0,10\text{Mg};$ $\leq 0,15\text{Cu};$

	Нікель півфабрик атний анодний непасивов аний НПАН		-	$\leq 0,03$	$\leq 0,05$	$0,002-0,01$	-	$\geq 99,4/\text{Ni}+\text{C}$ o/; $0,01-0,10\text{Cu}$; $0,03-0,30\text{O}_2$,
	НПА1		$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,10$	$\leq 0,005$		$\geq 99,7/\text{Ni}+\text{C}$ o/; $\leq 0,10\text{Fe}$; $\leq 0,10\text{Mg}$; $\leq 0,1\text{Cu}$;
	НПА2		$\leq 0,1$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,005$		$\geq 99,0/\text{Ni}+\text{C}$ o/; $\leq 0,25\text{Fe}$; $\leq 0,10\text{Mg}$; $\leq 0,15\text{Cu}$;
16	Пудра алюмінієв а	5494-95						
	ПАП-1		$\leq 0,4$	$\leq 0,01$	-	-	-	Al-основа; $\leq 0,5\text{Fe}$; $\leq 0,05\text{Cu}$;
	ПАГ-1							$\geq 90\text{Al}$
	ПАГ-2							$\geq 88\text{Al}$
	ПАГ-3							$\geq 86\text{Al}$

Коефіцієнти переходу легуючих елементів в наплавлений метал при зношуванні покриттів фтористо-кальцієвого типу вибираються з табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Коефіцієнти переходу в наплавлений метал покриття фтористо-кальцієвого типу

Метал	Коефіцієнт переходу
Нікель	0,96-1,0
Хром	0,85-0,92
Молибден	0,8-0,85
Марганець	0,55-0,7
Ванадій	0,8-0,85
Вуглець (графіт)	0,45-0,5
Титан	0,36
Бор	0,85
Ніобій	0,6-0,7
Силіцій	0,4-0,55
Вольфрам	0,8-0,9

3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Потрібно отримати наплавлений метал марки У30Х28Н4С4 «Сормайт» електродами, металічний стержень яких має довжину $l = 400$ мм при довжині покритої частини $l = 350$ мм.

Рішення:

Хімічний склад сталі марки У30Х28Н4С4 «Сормайт» наведений в табл. 3.1. для виготовлення стержнів вибираємо найбільш відповідний дріт по табл. 2.1 Св-04Х19Н9 - Є ГОСТ 2246-70 діаметром 4 мм.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад стали марки У30Х28Н4С4 «Сормайт»

Марка	Склад, в %, решта Fe							
	C	Mn	Cr	Ni	Si	Fe	S, не більш	P, не більш
У30Х28Н4С4	2,5-3,5	0,15-1,5	26-30	5-6	3-4	63-45	0,09	0,07
Прийнято в наплавленні	3	1,0	28	5,5	3,5	59	0,09	0,07
Св-04Х19Н9	0,04	1,5	19	9	1,0	70,46	0,025	0,035

1 Визначаємо вагу розплавленої частини електроду

$$G = \frac{\pi d^2}{4} * l \gamma$$

d - діаметр стержня, см

l - довжина покритої частини електроду, см

γ - питома вага заліза, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$

$$G = \frac{3,14 * 0,4^2}{4} * 3,5 * 7,8 = 34,29 \text{ г}$$

2 Хімічний склад матеріалів покриття, необхідних для легування розплавленого металу наведен, у табл. 3.2.

3 Склад окремих елементів в стержні:

залізо $Fe = \frac{34,29 * 70,46}{100} = 24,16 \text{ г}$

вуглець $C = \frac{0,4 * 34,29}{100} = 0,014 \text{ г}$

марганець $Mn = \frac{34,29 * 1,5}{100} = 0,51 \text{ г}$

Таблиця 3.2 - Хімічний склад матеріалів необхідних для легування

Марка	Склад, в %, решта Fe					
	C	Mn	Cr	Ni	Si	Fe
Феромарганець Мп-2	1,5	80	-	-	2,5	16
Ферохром Хр 2	1,6	-	60	-	-	38,4
Феросиліцій Си-75	0,1	0,6	-	-	75	24,3
Графіт	61	-	-	-	-	-

Хром $Cr = \frac{34,29 * 19}{100} = 6,52 \text{ г}$

$$\text{Нікель} \quad Ni = \frac{34,29 \cdot 9}{100} = 3,08 \text{ г}$$

$$\text{Кремній} \quad Si = \frac{34,29 \cdot 1,0}{100} = 0,34 \text{ г}$$

4 Для легування заліза, яке вводить стержень електроду до рівня сталі У30Х28Н4С4, необхідно:

$$\text{вуглецю} \quad C_1 = \frac{24,16 \cdot 3}{59} = 1,23 \text{ г}$$

$$\text{марганцю} \quad Mn_1 = \frac{24,16 \cdot 1,0}{59} = 0,4 \text{ г}$$

$$\text{хрому} \quad Cr_1 = \frac{24,16 \cdot 28}{59} = 11,47 \text{ г}$$

$$\text{нікелю} \quad Ni_1 = \frac{24,16 \cdot 5,5}{59} = 2,25 \text{ г}$$

$$\text{кремнію} \quad Si_1 = \frac{24,16 \cdot 3,5}{59} = 1,43 \text{ г}$$

Кількість легуючих елементів, які вводяться у вигляді феросплавів, таке:

$$\text{вуглецю:} \quad 1,23 - 0,014 = 1,216 \text{ г}$$

$$\text{марганцю:} \quad 0,4 - 0,51 = - 0,11 \text{ г} \quad (\text{надлишок})$$

$$\text{хрому:} \quad 11,47 - 6,52 = 4,97 \text{ г}$$

$$\text{нікелю:} \quad 2,25 - 3,08 = - 0,83 \text{ г} \quad (\text{надлишок})$$

кремнію: $1,43 - 0,34 = 1,09$ г

5 Одночасно з феросплавами буде введено залізо

з ферохромом $Fe_2 = \frac{4,97 * 38,4}{60} = 3,18$ г

з феросиліцієм $Fe_2 = \frac{1,09 * 24,3}{75} = 0,35$ г

$$\sum Fe_{2i} = 3,18 + 0,35 = 3,53 \text{ г}$$

6 Для легування цієї кількості заліза до рівня сталі У30Х28Н4С4 «Сормайт», необхідно:

вуглецю $C_2 = \frac{3,53 * 3}{59} = 0,18$ г

марганцю $Mn_2 = \frac{3,53 * 1,0}{59} = 0,06$ г

хрому $Cr_2 = \frac{3,53 * 28}{59} = 1,68$ г

нікелю $Ni_2 = \frac{3,53 * 5,5}{59} = 0,32$ г

кремнію $Si_2 = \frac{3,53 * 3,5}{59} = 0,21$ г

надлишок нікелю

$$0,83 - 0,32 = 0,51 \text{ г}$$

надлишок марганцю

$$0,11 - 0,06 = 0,05 \text{ г}$$

Отже ці елементи додатково вводять не слід.

7 Легуючі елементи, введені у виді феросплавів внесуть таку кількість заліза:

ферохром: $Fe_3 = \frac{1,68 * 38,4}{60} = 1,08 \text{ г}$

феросиліцій $Fe_3 = \frac{0,21 * 24,3}{75} = 0,07 \text{ г}$

$$\sum Fe_{3i} = 1,08 + 0,07 = 1,15 \text{ г}$$

8 Для легування цієї кількості заліза до рівня сталі У30Х28Н4С4 «Сормайт», необхідно:

вуглецю $C_3 = \frac{1,15 * 3}{59} = 0,06 \text{ г}$

марганцю $Mn_3 = \frac{1,15 * 1,0}{59} = 0,019 \text{ г}$

хрому $Cr_3 = \frac{1,15 * 28}{59} = 0,55 \text{ г}$

нікелю $Ni_3 = \frac{1,15 * 5,5}{59} = 0,11 \text{ г}$

кремнію $Si_3 = \frac{1,15 * 3,5}{59} = 0,07 \text{ г}$

Маючи на увазі малу кількість заліза, яка вноситься з цією кількістю легуючих елементів, подальший облік кількості заліза можна не призводити.

9 Усього легуючих елементів, які вводяться у виді феросплавів потрібно:

$$\text{хрому} \quad Cr = 4,97 + 1,68 + 0,55 = 7,2 \text{ г}$$

$$\text{кремнію} \quad Si = 1,09 + 0,21 + 0,07 = 1,37 \text{ г}$$

10 Визначаємо потрібну кількість феросплавів:

$$FeCr = \frac{7,2 * 100}{60} = 12 \text{ г}$$

$$FeSi = \frac{1,37 * 100}{75} = 1,83 \text{ г}$$

11 З цими феросплавами буде введено додатково вуглецю:

$$\text{з ферохромом} \quad C = \frac{12 * 1,6}{100} = 0,192 \text{ г}$$

$$\text{з ферокремнієм} \quad C = \frac{1,83 * 0,1}{100} = 0,002 \text{ г}$$

12 естача вуглецю:

$$C = 1,216 - 0,192 - 0,002 + 0,18 + 0,06 = 1,262 \text{ г}$$

поповнюємо графітом

$$\frac{1,262 * 100}{61} = 2,07 \text{ г}$$

13 Результати розрахунків зводимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати розрахунків

Компоненти	Хімічний склад, г						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	Усього
Стержень		0,34	0,51	6,52	3,08	24,16	34,62
FeCr	0,192	-	-	7,2	-	4,26	11,65
FeSi	0,002	1,37	0,01	-	-	0,39	1,8
Графіт	1,262	-	-	-	-	-	2,07
Усього	1,47	1,71	0,52	13,72	3,08	28,81	50,11
Сума в % (за розрахунком)	3	3,41	1,03	27,38	6,1	57,5	100
Сума в % (за завданням)	3	3,5	1,0	28	5,5	61,7	100

14 У зв'язку з неминучими збитками легуючих елементів на випарювання і окислення (табл. 3.4) необхідно буде поповнити ці збитки додатковим введенням легуючих елементів.

Таблиця 3.4 - Коефіцієнти засвоювання використаних елементів

Елемент	Cr	Ni	Si	Mn	C
Коефіцієнт подвоєння	0,9	0,95	0,8	0,8	0,75

Потрібно:

$$\text{Хрому } \frac{13,72}{0,9} = 15,24 \text{ г} \quad FeCr = \frac{(15,24 - 6,52) * 100}{60} = 14,5 \text{ г}$$

$$\text{Нікелю } \frac{2,25}{0,95} = 2,36 \text{ г} \quad \text{надлишок: } 0,4 - 0,11 = 0,29 \text{ г;}$$

додатково вводити не потрібно.

$$\text{Кремнію } \frac{1,71}{0,8} = 2,14 \text{ г} \quad FeSi = \frac{(2,14 - 0,34) * 100}{75} = 2,4 \text{ г}$$

$$\text{Марганцю } \frac{0,52}{0,8} = 0,65 \text{ г} \quad FeMn = \frac{(0,65 - 0,52) * 100}{80} = 0,16 \text{ г}$$

$$\text{Вуглецю } \frac{1,46}{0,75} = 1,95 \text{ г}$$

$$\text{Графіту} \frac{(1,95 - 0,194 - 0,014) * 100}{61} = 2,88 \text{ г}$$

15 Найменші витрати будуть у випадку, коли застосовуються розкислювачі FeSi, FeMn, Al у співвідношенні 1:1:1. З практики встановлено, що для вибраного у даному випадку типу покриття (фтористо-кальцієвого) їх необхідно від 1,5 до 2 %. У табл. 3.5 наведен отриманий розрахунковий склад покриття.

Таблиця 3.5 - Розрахунковий склад покриття 34,29

Склад покриття	FeCr	FeMn	FeSi	Графіт	Al	CaF ₂	CaCO ₃	Σ	Рідке скло
Вага компонентів на 1 електрод Ø4 мм при довжині покритої частини 150 мм в грамах	14,5	0,16	4,23	2,88	0,5	8,0	6,0	36,27 (без рідкого скла) 47,15 (з рідким склом)	10,88
Кількість компонентів (без рідкого скла) на 1 електрод Ø4 мм при довжині покритої частини електроду 350 мм в %	39,98	0,44	11,66	8	1,39	22,1	16,5	100	30% від ваги сухої суміші

16 Коефіцієнт маси покриття

$$K_e = \frac{m_1}{m_2}$$

де m_1 - маса покриття, г

m_2 - маса покритої частини стержня, г

$$K_e = \frac{47,15}{34,29} = 1,38$$

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1 Викладач видає варіант розрахункового завдання (табл. 4.1) та діаметр електроду 3...6 мм.

2 Підібрати по ГОСТ 2246-70 електродний дріт відповідного складу, забезпечуючого максимальну зносостійкість заданої деталі і дати його характеристики, включаючи рекомендовані області застосування такого матеріалу для підвищення строку служби деталей і рекомендовану товщину шару наплавлення.

3 Розрахувати склад покриття електродів для ручного дугового наплавлення зносостійкого матеріалу для відновлення розмірів і підвищення строку служби деталей машин. Загальна довжина електроду 400 мм, довжина покритої частини 350 мм.

Таблиця 4.1 - Деякі найбільш поширені марки зносостійких сплавів

№	Марка матеріалу	Хімічний склад, %
1.	500X10Г10С сталініт	8-10 C; 13-17 Mn; 16-20 Cr; ≤ 3 Si
2.	3Х2В8	0,35 C; 0,3 Mn; 0,25 Si; 2,5 Cr; 8,0 W; 0,3 V
3.	X12ВФ	1,9-2,1 C; ≤ 0,5 Si; ≤ 1,0 Mn; 12,0-14,0 Cr; 1,0-1,5 W; 0,2-0,3 V
4.	X12Ф1	1,45-1,70 C; ≤ 0,4 Mn; ≤ 0,4 Si; 11-12,5 Cr; 0,7-0,9V
5.	X12М	1,45-1,70C; ≤0,35Mn; ≤0,4Si; 11-12,5Cr; 0,15-0,30V; 0,35Ni; 0,5-0,8Mo
6.	X12	2,0-2,3C; ≤0,35Mn; ≤0,4Si; 11,5-13,0Cr; 0,35Ni;

7.	X25H40B6	1,4-1,6C; 24,0-27,0Cr; 5,5-7,0W; 22,0-28,0Fe; ~1,0Mn; 0,6Si
8.	X28H45C2	0,8-1,0C; 2,0-2,4Si; 26-30Cr; 21-34Fe; основа-Ni
9.	1X18H9T	0,12C; 0,80Si; 1,0-2,0Mn; 17-19Cr; 8,0-9,5Ni; (C-0,02)·5-0,70Ti
10.	30XГСА	0,28-0,34C; 0,80-1,10Mn; 0,90-1,20Si; 0,025S; 0,025P; 0,80-1,10Cr
11.	У30Х25РС2Г (Т590)	3,4-3,8C; 24-26Cr; 1,2-1,4B; 2,0-2,5Si; 1,0-1,5Mn
12.	30X10Г10	0,26-0,32C; ≤0,35Si; 9,0-11,0Mn; 9,0-11,0Cr; ≤0,5Ni; ≤0,03P;
13.	У30Х23Р2С2ТГ (Т 620)	4,5-5,0C; 1,2-1,5Mn; 19,0-22,0Cr; 0,55-0,60Ti; 1,0-1,2B;
14.	X15H2C2 (Сормайт-2)	1,7-1,9C; 1,7-1,9Si; 0,6-0,8Mn; 14,0-16,0Cr; 1,8-2,0Ni
15.	X13H4	1,8-2,0C; 0,2-0,3Si; 0,7-0,9Mn; 12,0-14,0Cr; 4,5-4,7Ni
16.	P6M5	0,85C; 0,7Si; 0,5Mn; 4,0Cr; 6,0W; 1,7V; 5,0Mo
17.	P9	0,90C; 0,4Si; 0,4Mn; 4,3Cr; 9,0W; 2,3V
18.	7ХФН	0,65-0,75C; 0,15-0,35Si; 0,4-0,45Mn; 0,5-0,7Cr; 1,2-1,8Ni; 0,15-0,30V
19.	5XHCB	0,5-0,6C; 0,6-0,9Si; 0,9-1,0Mn; 1,3-1,6Cr; 1,5-1,7Ni; 0,4-0,7W; 0,2-0,3Ti
20.	У30Х14РТ	3,0-3,2C; ≤1,0Si; <1,5Mn; 13-15Cr; 0,9-1,1 Ti; 0,4-0,5B
21.	У30Х28Г2С	2,5-3,0C; 1,2-1,5 Si; 2,0-2,8Mn; 26-30Cr
22.	X20H10Г6B	0,11-0,13C; 0,50-0,65Si; 5,5-6,5Mn; 19,5-20,5Cr; 8,5-9,5Ni; 1,4-1,6W
23.	4XB2C	0,35-0,40C; 0,6-0,7Si; 0,3-0,4Mn; 1,2-1,4Cr; 2,0-2,5W
24.	14XГ2СР	0,11-0,17C; 0,50-0,80Si; 1,6-2,0Mn; 0,6-0,9Cr; ≤0,40Ni; ≤0,25Cu; 0,0005-0,003B
25.	4X5B2ФC	0,35-0,40C; 0,8-1,0Si; 0,30-0,35Mn; 4,5-5,0Cr; 2,0-2,5W; 0,8-1,0V
26.	У30Х28Н4С4	2,5-3,5C; 0,5-1,5Mn; 26-30Cr; 5-6Ni; 3-4Si; S

	Сормайт	$\leq 0,09$; $P \leq 0,07$
--	---------	-----------------------------

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва та мета роботи
2. Хімічний склад матеріалу, та галузі його можливого використання.
3. Докладний розрахунок складу покриття електроду
4. Висновки по роботі.

6 ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и технические условия. Издательство стандартов. М.:1993
2. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. Издательство стандартов. М.: 1993
- 3 Петров Г.Л. Сварочные материалы. - Л.: Машиностроение. 1972. - 279 с.
4. Тархов Н.А., Сидлин З.А., Рахманов А. Д. Производство металлических электродов. - М: Высшая школа, 1986. - 288 с.