

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА НАПЛАВКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Чигарев В. В., Голуб Д. М., Волков Д. А.

Показано, что при многослойной наплавке под флюсом химический состав наплавленного металла зависит от состава электродной проволоки, режимов наплавки и взаимодействия металла и шлака, более слабое влияние оказывает скорость перемещения дуги. Была выполнена многослойная наплавка образцов в медный водоохлаждаемый кокиль диаметром 35 мм и высотой 420 мм. Режимы наплавки (постоянный ток, полярность обратная): сила тока в пределах 250–600 А, напряжение дуги в пределах 24–40 В, скорость перемещения дуги была постоянной и равнялась 20 м/час. При статистической обработке данных были получены уравнения, описывающие влияние технологических режимов наплавки на химический состав наплавленного металла. Определен диапазон режимов, в пределах которого можно получить требуемый химический состав наплавленного металла при наплавке порошковой проволокой марки ПП-К15М15Н5Х3В2 диаметром 3 мм под флюсом АН-60. Он составляет: при $U_d = 25-30$ В, $I_{св} = 200-500$ А; при $U_d = 30-40$ В, $I_{св} = 200-600$ А.

Показано, що при багатошаровому наплавленні під флюсом хімічний склад наплавленого металу залежить від складу електродного дроту, режимів наплавлення та взаємодії металу та шлаку, більш слабкий вплив виявляє швидкість переміщення дуги. Було виконано багатошарове наплавлення зразків в мідний кокиль діаметром 35 мм і висотою 420 мм з водяним охолодженням. Режимми наплавлення (постійний струм зворотної полярності): сила струму в межах 250–600 А, напруга дуги в межах 24–40 В, швидкість переміщення дуги була постійною і дорівнювала 20 м/год. При статистичній обробці даних були отримані рівняння регресії, що описують вплив технологічних режимів наплавлення на хімічний склад наплавленого металу. Визначено діапазон режимів, в межах якого можна отримати необхідний хімічний склад наплавленого металу при наплавленні порошковим дротом марки ПП-К15М15Н5Х3В2 діаметром 3 мм під флюсом АН-60. Він становить: при $U_d = 25-30$ В, $I_{зв} = 200-500$ А; при $U_d = 30-40$ В, $I_{зв} = 200-600$ А.

It is shown, that at multi-layer submerged arc build-up welding chemical composition of built-up metal depending on composition electrode wire, building-up modes and interaction of the metal and slag, more weak effect have arc shift speed. It has been complete building-up welding of samples in copper water-cooled chill mold diameter 35 mm and height 420 mm. building-up modes (direct current, reversed polarity): the welding current 250–600 A, the arc voltage is 24–40 V, the arc movement speed was constant and was equal to 20 m/h. With statistical data processing were obtained regression equation of describing the effect of the technological building-up modes on chemical composition of built-up metal. The range of modes within which to obtain the desired chemical composition of built-up metal at build-up welding with the ПП-К15М15Н5Х3В2 flux-cored wire grade diameter 3 mm under flux АН-60. It compose: at the arc voltage is 25–30 V, the welding current 200–500 A; at the arc voltage is 30–40 V, the welding current 200–600 A.

Чигарев В. В.

д-р техн. наук, проф. ПГТУ,
www.pstu.edu

Голуб Д. М.

ассистент ДГМА,

www.dgma.donetsk.ua

Волков Д. А.

канд. техн. наук, доц. ДГМА

ПГТУ – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь;

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791

Чигарев В. В., Голуб Д. М., Волков Д. А.**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА НАПЛАВКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА**

Упрочнение деталей наплавкой – эффективный и современный способ увеличения износостойкости и работоспособности деталей машин, работающих в условиях трения металла о металл и воздействия ударных нагрузок.

Наибольшее влияние на стойкость штампов оказывает правильный выбор материала для рабочих частей разделительных штампов и режимов их термической обработки. Совершенствование материалов для наплавки износостойкими сплавами рабочей поверхности инструмента деформирования металлов, обеспечивающими существенный резерв повышения ресурса инструмента, является актуальным направлением исследований [1–4].

Исследования показали, что при многослойной наплавке под флюсом химический состав наплавленного металла зависит от состава электродной проволоки, режимов наплавки и взаимодействия металла и шлака, более слабое влияние оказывает скорость перемещения дуги. При изменении режима наплавки состав наплавленного металла изменяется тем в большей степени, чем большей окислительной способностью обладает флюс [5, 6, 7, 8].

На состав наплавленного металла также оказывает влияние диаметр электродной проволоки, наклон электрода и другие факторы, от которых зависит пространственное положение и характер блуждания столба дуги и, следовательно, относительная масса шлака.

В ходе исследований нами решалась задача исследования сварочных материалов для получения биметаллического износостойкого, наплавленного слоя с высокой твердостью, прочностью и пластичной матрицей, что обеспечивает удовлетворительную стойкость штампового инструмента для деформирования металла.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния режима наплавки на химический состав наплавленного металла.

Состав шихты (см. табл. 1) порошковой проволоки марки ПП-К15М15Н5Х3В2, рекомендованной для опытной наплавки под флюсом АН-60, был оптимизирован в ходе ранее проведенных исследований, приведенных в работах [9, 10].

Таблица 1

Химический состав порошковой проволоки ПП-К15М15Н5Х3В2

Химический состав, вес %							
Co	Mo	FeMo	Ni	Cr	FeNb	Al+Mg	Na ₂ SiF ₆
14–16	8–10	10–12	3–5	1,5–3	1,5–4	0,8–1,1	0,8–1,2

Для исследования влияния параметров режима наплавки (силы тока и напряжения дуги в пределах 250–600 А и 24–40 В соответственно, скорость перемещения дуги была постоянной и равнялась 20 м/час, постоянный ток обратной полярности) на химический состав наплавленного металла была произведена многослойная наплавка образцов в медный водоохлаждаемый кокиль диаметром 35 мм и высотой 420 мм порошковой проволокой ПП-К15М15Н5Х3В2 диаметром 3 мм под флюсом АН-60. Химический состав наплавленного металла приведен в табл. 2.

Опытные данные влияния режима сварки на химический состав наплавленного металла приведены в табл. 3, для получения математического описания и сокращения числа экспериментов был принят центрально-композиционный, рототабельный план второго порядка типа 22. При составлении плана-матрицы (табл. 4), построении модели и ее статистической обработке использовали систему Statistica V6.0.437.0 (StatSoft. Inc. 2001) [11].

Таблица 2

Химический состав металла, наплавленного проволокой ПП-К15М15Н5Х3В2

Химический состав, %										
С	Si	Mn	Co	Mo	Ni	Cr	Nb	Al	S	P
									не более	
0,08–0,15	0,35–0,5	0,5–1,3	11–15	11–15	2–3	1–3	0,6–1,8	0,2–0,45	0,032–0,04	0,03

Таблица 3

Химический состав наплавленного металла в зависимости от силы тока и напряжения дуги

Режимы наплавки		Химический состав, %				
Уд	Исв	Co	Mo	Cr	Nb	Ni
25	200	13,2	12	2	0,08	3,7
	400	14,8	14,3	2,6	1,23	4,2
	600	16	15	3,1	1,63	7,5
30	200	11,3	11,2	1,5	0,62	3,2
	400	13,7	13,2	2,2	1,15	3,7
	600	15,2	14,6	2,6	1,41	4
40	200	8,3	8,4	1	0,38	2,5
	400	10,2	11,1	1,3	0,61	3
	600	11	12,2	1,6	0,11	3,3

Таблица 4

Матрица планирования эксперимента

Факторы	Исв	Уд	Отклик		Y		
Размерность	A	B	Размерность		%		
Интервал варьирования	200	10	Экспериментальные значения содержания легирующих элементов в металле, наплавленном проволокой ПП-К15М15Н5Х3В2 под флюсом АН-60				
Звездные точки ($X_i = -1,4141$)	117,15	20,85					
Нижний уровень ($X_i = -1,0$)	200	25					
Нулевой уровень ($X_i = 0$)	400	35					
Верхний уровень ($X_i = +1,0$)	600	45					
Звездные точки ($X_i = +1,4142$)	682,84	49,14	Co	Cr	Mo	Ni	Nb
Кодированное обозначение	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	200	25	13,7	2	12	3,7	0,8
2	200	45	7,2	0,8	7,2	1,9	0,3
3	600	25	16	3,1	15	7,5	1,63
4	600	45	7,8	1,1	11,4	2,8	0,59
5	117,15	35	8,3	1,2	8,6	2,4	0,46
6	682,84	35	13,2	2,08	13,4	3,2	1,18
7	400	20,85	15,4	2,85	14,1	4,8	1,45
8	400	49,14	6,4	0,6	7,9	0,7	0,2
9	400	35	11	1,75	11,8	3,3	0,61
10	400	35	11	1,75	11,8	3,3	0,61

Коэффициенты регрессии моделей и их статистические характеристики представлены в табл. 5–14. Для визуализации результатов были построены трехмерные графики поверхностей отклика рис. 1 а – 5 а. Для более полного представления о составе наплавленного металла

в зависимости от режима наплавки, на рис. 1 б – 5 б представлены диаграммы, построенные в координатах «ток-напряжение дуги». Линии в этих координатах представляют изоконцентраты Co, Mo, Cr, Nb и Ni.

Запишем полученные уравнения регрессии в следующем виде:

- для содержания Co

$$[Co], \% = 17,88 + 0,0143 \times I_{св} - 0,0000009375 \times I_{св}^2 - 0,284 \times U_{д} + 0,000375 \times U_{д}^2 - 0,0002125 \times I_{св} \times U_{д}$$

Таблица 5

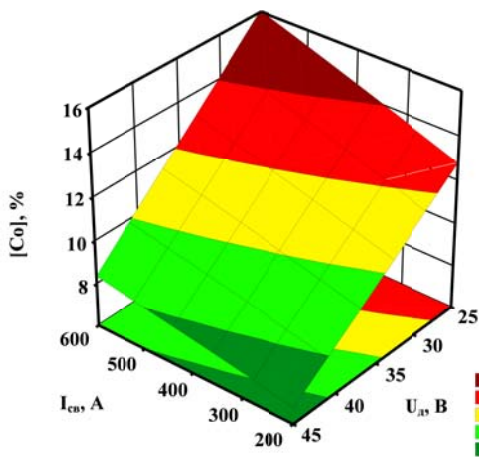
Основные статистики влияния параметров режима на переход Co при наплавке

Effect Estimates; Var.: Co; R-sqr=,97481; Adj:,94333 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,6902232 DV: Co								
Фактор	Эффект	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Коэффиц	Std.Err. Коэффиц
Mean/Interc.	11,00000	0,587462	18,7246	0,000048	9,36894	12,63106	11,00000	0,587462
(1)I _{св} (L)	2,45741	0,587462	4,1831	0,013884	0,82636	4,08847	1,22871	0,293731
I _{св} (Q)	-0,07500	0,777139	-0,0965	0,927759	-2,23268	2,08268	-0,03750	0,388570
(2)U _д (L)	-6,85698	0,587462	-11,6722	0,000308	-8,48804	-5,22592	-3,42849	0,293731
U _д (Q)	0,07500	0,777139	0,0965	0,927759	-2,08268	2,23268	0,03750	0,388570
1L by 2L	-0,85000	0,830797	-1,0231	0,364092	-3,15666	1,45666	-0,42500	0,415398

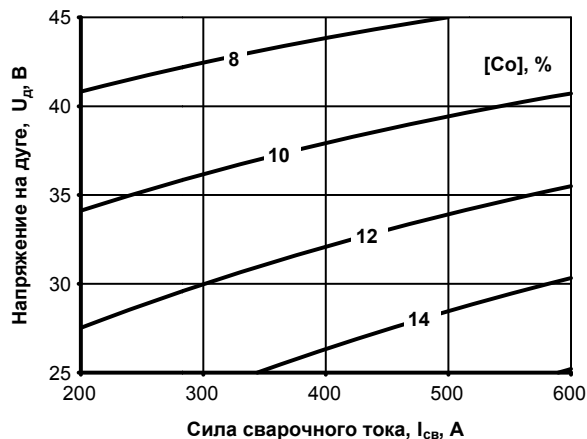
Таблица 6

Коэффициенты регрессии влияния параметров режима на переход Co при наплавке

Regr. Coefficients; Var.: Co; R-sqr=,97481; Adj:,94333 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,6902232 DV: Co									
Фактор	Regressn Коэффиц	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	NewVar	NewVar	NewVar
Mean/Interc.	17,87668	6,000741	2,97908	0,040776	1,21595	34,53741			
(1)I _{св} (L)	0,01433	0,010742	1,33408	0,253066	-0,01549	0,04416			
I _{св} (Q)	-0,00000	0,000010	-0,09651	0,927759	-0,00003	0,00003			
(2)U _д (L)	-0,28410	0,285917	-0,99364	0,376639	-1,07793	0,50973			
U _д (Q)	0,00038	0,003886	0,09651	0,927759	-0,01041	0,01116			
1L by 2L	-0,00021	0,000208	-1,02311	0,364092	-0,00079	0,00036			



а



б

Рис. 1. Влияние режима наплавки на содержание Co в наплавленном металле: а – поверхность отклика; б – линии уровня

- для содержания Cr

$$[Cr], \% = 2,388 + 0,00591 \times I_{св} - 0,000000953 \times I_{св}^2 - 0,0428 \times U_{д} + 0,0000437 \times U_{д}^2 - 0,0001 \times I_{св} \times U_{д}$$

Таблица 7

Основные статистики влияния параметров режима на переход Cr при наплавке

Effect Estimates; Var.: Cr; R-sqr=,99802; Adj:,99554 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0030438 DV: Cr								
Фактор	Эффект	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt	Коэффиц	Std.Err. Коэффиц
Mean/Interc.	1,75000	0,039012	44,8583	0,000001	1,64169	1,85831	1,750000	0,039012
(1)I _{св} (L)	0,66113	0,039012	16,9469	0,000071	0,55281	0,76944	0,330563	0,019506
I _{св} (Q)	-0,07625	0,051608	-1,4775	0,213606	-0,21954	0,06704	-0,038125	0,025804
(2)U _д (L)	-1,59550	0,039012	-40,8978	0,000002	-1,70381	-1,48718	-0,797748	0,019506
U _д (Q)	0,00875	0,051608	0,1695	0,873594	-0,13454	0,15204	0,004375	0,025804
1L by 2L	-0,40000	0,055171	-7,2502	0,001921	-0,55318	-0,24682	-0,200000	0,027585

Таблица 8

Коэффициенты регрессии влияния параметров режима на переход Cr при наплавке

Regr. Coefficients; Var.: Cr; R-sqr=,99802; Adj:,99554 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0030438 DV: Cr								
Фактор	Regressn Коэффиц	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt	NewVar	NewVar
Mean/Interc.	2,382083	0,398492	5,97774	0,003936	1,275691	3,488476		
(1)I _{св} (L)	0,005915	0,000713	8,29213	0,001155	0,003935	0,007896		
I _{св} (Q)	-0,000001	0,000001	-1,47745	0,213606	-0,000003	0,000001		
(2)U _д (L)	-0,042837	0,018987	-2,25614	0,087057	-0,095553	0,009879		
U _д (Q)	0,000044	0,000258	0,16955	0,873594	-0,000673	0,000760		
1L by 2L	-0,000100	0,000014	-7,25020	0,001921	-0,000138	-0,000062		

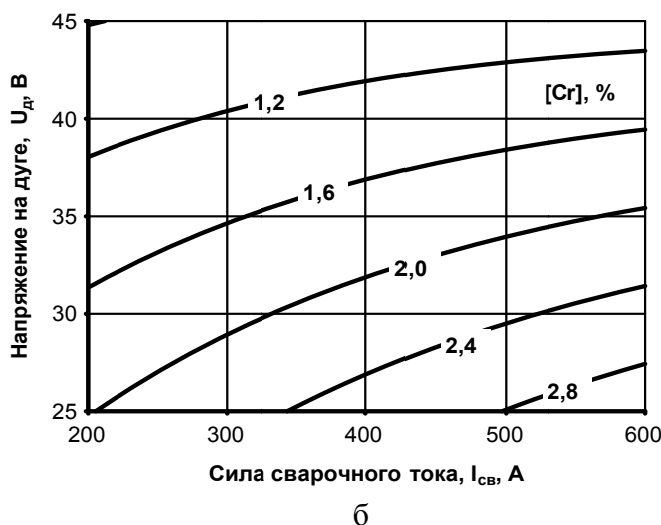
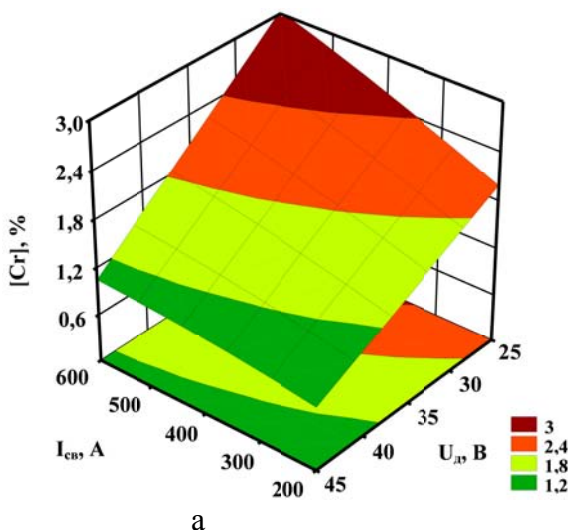


Рис. 2. Влияние режима наплавки на содержание Cr в наплавленном металле: а – поверхность отклика; б – линии уровня

- для содержания Мо

$$[Mo], \% = 13,039 + 0,00949 \times I_{св} - 0,0000075 \times I_{св}^2 - 0,0646 \times U_{д} - 0,003 \times U_{д}^2 - 0,00015 \times I_{св} \times U_{д}$$

Таблица 9

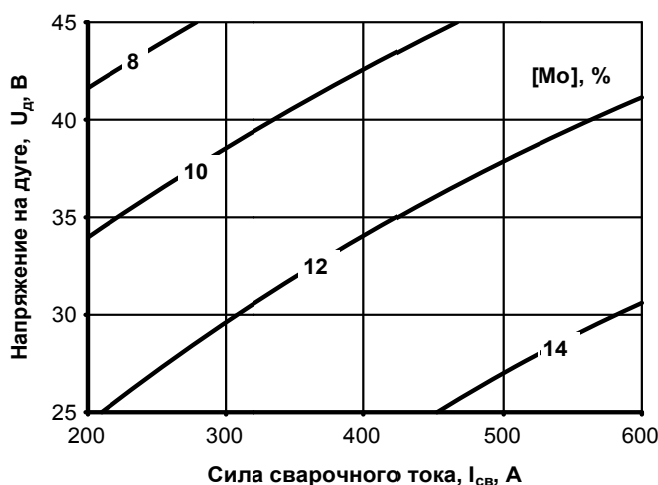
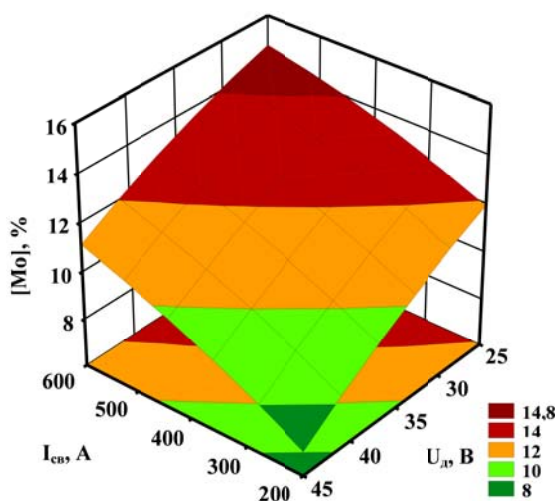
Основные статистики влияния параметров режима на переход Мо при наплавке

Effect Estimates; Var.: Мо; R-sqr=,99428; Adj:,98713 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0895336 DV: Мо								
Фактор	Эффект	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt	Коэффиц	Std.Err. Коэффиц
Mean/Interc.	11,80000	0,211582	55,7704	0,000001	11,21256	12,38744	11,80000	0,211582
(1)Iсв(L)	3,49706	0,211582	16,5282	0,000078	2,90961	4,08450	1,74853	0,105791
Iсв(Q)	-0,60000	0,279896	-2,1437	0,098682	-1,37712	0,17712	-0,30000	0,139948
(2)Uд(L)	-4,29203	0,211582	-20,2855	0,000035	-4,87948	-3,70459	-2,14602	0,105791
Uд(Q)	-0,60000	0,279896	-2,1437	0,098682	-1,37712	0,17712	-0,30000	0,139948
1L by 2L	0,60000	0,299222	2,0052	0,115429	-0,23077	1,43077	0,30000	0,149611

Таблица 10

Коэффициенты регрессии влияния параметров режима на переход Мо при наплавке

Regr. Coefficients; Var.: Мо; R-sqr=,99428; Adj:,98713 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0895336 DV: Мо								
Фактор	Regressn Коэффиц	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt	NewVar	Ne
Mean/Interc.	13,03900	2,161240	6,03311	0,003805	7,038433	19,03956		
(1)Iсв(L)	0,00949	0,003869	2,45353	0,070178	-0,001249	0,02023		
Iсв(Q)	-0,00001	0,000003	-2,14365	0,098682	-0,000017	0,00000		
(2)Uд(L)	-0,06460	0,102976	-0,62734	0,564465	-0,350510	0,22131		
Uд(Q)	-0,00300	0,001399	-2,14365	0,098682	-0,006886	0,00089		
1L by 2L	0,00015	0,000075	2,00520	0,115429	-0,000058	0,00036		



а

б

Рис. 3. Влияние режима наплавки на содержание Мо в наплавленном металле:

а – поверхность отклика; б – линии уровня

- для содержания Ni

$$[Ni], \% = 2,653 + 0,0153 \times I_{св} + 0,00000125 \times I_{св}^2 - 0,0262 \times U_{д} - 0,0025 \times U_{д}^2 - 0,000362 \times I_{св} \times U_{д}$$

Таблица 11

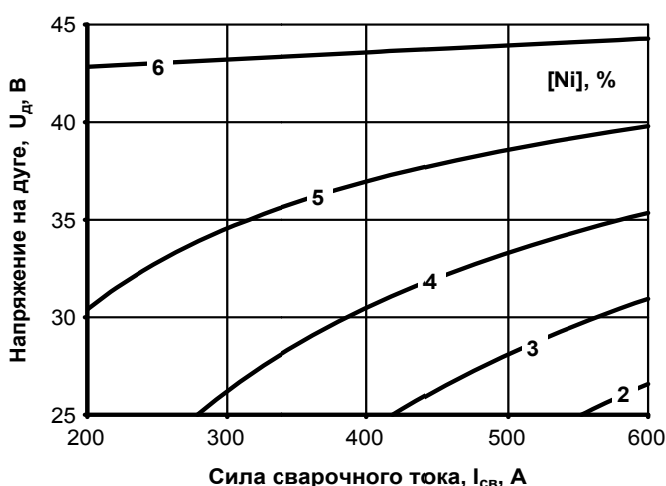
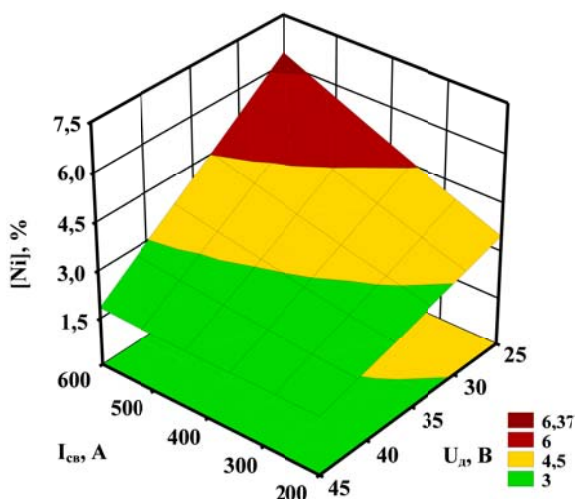
Основные статистики влияния параметров режима на переход Ni при наплавке

Effect Estimates; Var.:Ni; R-sqr=,84789; Adj:,65776 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=1,13336 DV: Ni								
Фактор	Эффект	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Кэффиц	Std.Err. Кэффиц
Mean/Interс.	3,30000	0,752782	4,38374	0,011840	1,20994	5,390057	3,30000	0,752782
(1)Iсв(L)	1,45784	0,752782	1,93661	0,124863	-0,63227	3,547900	0,72892	0,376391
Iсв(Q)	0,10000	0,995836	0,10042	0,924844	-2,66489	2,864885	0,05000	0,497918
(2)Uд(L)	-3,07457	0,752782	-4,08428	0,015046	-5,16463	-0,984512	-1,53728	0,376391
Uд(Q)	0,05000	0,995836	0,05021	0,962363	-2,71489	2,814885	0,02500	0,497918
1L by 2L	-1,45000	1,064594	-1,36202	0,244849	-4,40579	1,505787	-0,72500	0,532297

Таблица 12

Коэффициенты регрессии влияния параметров режима на переход Ni при наплавке

Regr. Coefficients; Var.: Ni; R-sqr=,84789; Adj:,65776 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=1,13336 DV: Ni								
Фактор	Regressn Кэффиц	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	NewVar	N
Mean/Interс.	2,653903	7,689429	0,34514	0,747377	-18,6954	24,00318		
(1)Iсв(L)	0,015332	0,013765	1,11382	0,327768	-0,0229	0,05355		
Iсв(Q)	0,000001	0,000012	0,10042	0,924844	-0,0000	0,00004		
(2)Uд(L)	-0,026228	0,366377	-0,07159	0,946366	-1,0435	0,99100		
Uд(Q)	0,000250	0,004979	0,05021	0,962363	-0,0136	0,01407		
1L by 2L	-0,000362	0,000266	-1,36202	0,244849	-0,0011	0,00038		



а

б

Рис. 4. Влияние режима наплавки на содержание Ni в наплавленном металле:

а – поверхность отклика; б – линии уровня

- для содержания Nb

$$[Nb], \% = 2,344 + 0,00156 \times I_{св} + 0,00000267 \times I_{св}^2 - 0,0909 \times U_{д} + 0,00109 \times U_{д}^2 - 0,0000675 \times I_{св} \times U_{д}$$

Таблица 13

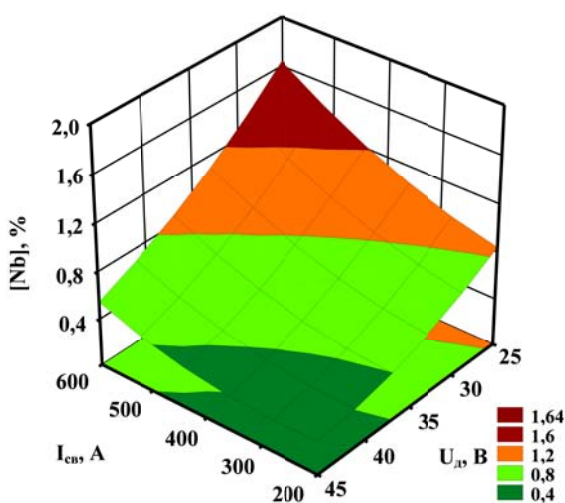
Основные статистики влияния параметров режима на переход Nb при наплавке

Effect Estimates; Var.: Nb; R-sqr=,99623; Adj.:99152 (Влияние режима на химсостав) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0019729 DV: Nb								
Фактор	Эффект	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limit	+95, % Cnf.Limit	Коэффиц	Std.Err. Коэффиц
Mean/Interc.	0,610000	0,031408	19,4217	0,000041	0,522797	0,697203	0,610000	0,031408
(1)I _{св} (L)	0,534558	0,031408	17,0197	0,000070	0,447355	0,621761	0,267279	0,015704
I _{св} (Q)	0,213750	0,041549	5,1445	0,006770	0,098391	0,329109	0,106875	0,020775
(2)U _д (L)	-0,826942	0,031408	-26,3289	0,000012	-0,914145	-0,739739	-0,413471	0,015704
U _д (Q)	0,218750	0,041549	5,2649	0,006234	0,103391	0,334109	0,109375	0,020775
1L by 2L	-0,270000	0,044418	-6,0786	0,003701	-0,393324	-0,146676	-0,135000	0,022209

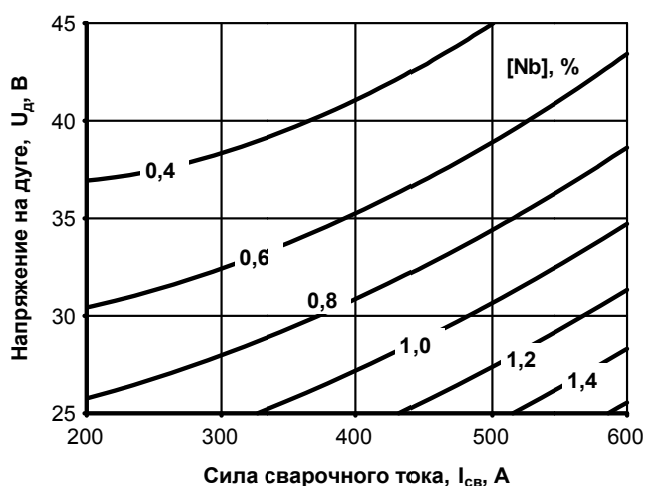
Таблица 14

Коэффициенты регрессии влияния параметров режима на переход Nb при наплавке

Regr. Coefficients; VarNb; R-sqr=,99623; Adj.:99152 (Влияние режима на химсоста) 2 factors, 1 Блоки; MS Residual=,0019729 DV: Nb								
Фактор	Regressn Коэффиц	Std.Err.	t(4)	p	-95, % Cnf.Limit	+95, % Cnf.Limit	NewVar	NewVar
Mean/Interc.	2,34493	0,32082	7,3090	0,00186	1,45418	3,23568		
(1)I _{св} (L)	0,00156	0,00057	2,7186	0,05306	-0,00003	0,00315		
I _{св} (Q)	0,00000	0,00000	5,1445	0,00677	0,00000	0,00000		
(2)U _д (L)	-0,09091	0,01528	-5,9471	0,00401	-0,13335	-0,04846		
U _д (Q)	0,00109	0,00020	5,2648	0,00623	0,00051	0,00167		
1L by 2L	-0,00006	0,00001	-6,0786	0,00370	-0,00009	-0,00003		



а



б

Рис. 5. Влияние режима наплавки на содержание Nb в наплавленном металле: а – поверхность отклика; б – линии уровня

Изоконцентраты С, Si и Mn не приведены, т. к. на содержание углерода режимы наплавки практически не влияют, а Si и Mn несколько восстанавливаются из шлака в металл с увеличением напряжения дуги и снижения силы тока. При составлении диаграммы состава наплавленного металла в зависимости от тока и напряжения дуги пользовались тем обстоятельством, что состав наплавленного металла приближенно линейно зависит от напряжения дуги при данном токе.

Из анализа полученных уравнений, графиков поверхностей отклика и линий уровня видно, что состав наплавленного металла существенно зависит от режима наплавки. Для определения оптимального диапазона режимов наплавки, обеспечивающего получение требуемого химического состава наплавленного металла, необходимо оптимальные режимы наплавки для всех легирующих элементов (Co, Mo, Cr, Ni и Nb) построить в одной системе координат и на их пересечении получить значение параметра оптимизации, характерное для всех легирующих элементов (см. рис. 6).

Как видно из рис. 6 при наплавке под флюсом АН-60, диапазон режимов, в пределах которого можно получить требуемый химический состав наплавленного металла (при наплавке проволокой диаметром 3 мм) составляет: при $U_d = 25\text{--}30$ В, $I_{св} = 200\text{--}500$ А; при $U_d = 30\text{--}40$ В, $I_{св} = 200\text{--}600$ А.

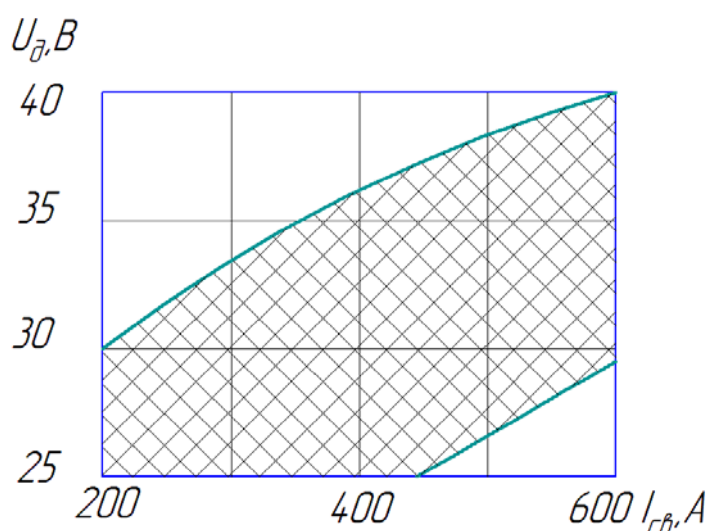


Рис. 6. Диапазон оптимальных режимов наплавки проволокой ПП-К15М15Н5Х3В2

На основании полученных данных можно рекомендовать рассмотренный состав порошкового сердечника: 15 % Co; 15 % Mo; 9 % Ni; 4 % FeNb; 1,0 % Al+Mg; остальное Fe взять за основу при исследованиях сварочно-технологических свойств для наплавки сталей типа Н8М11К10СТ, Н12М8К8С2Т и др.

ВЫВОДЫ

В ходе экспериментальных исследований получены опытные данные влияния режима сварки на химический состав наплавленного металла.

В процессе статистической обработки данных были получены уравнения регрессии, описывающие влияние технологических режимов наплавки на химический состав наплавленного металла.

Определен диапазон режимов, в пределах которого можно получить требуемый химический состав наплавленного металла (при наплавке проволокой марки марки ПП-К15М15Н5Х3В2 диаметром 3 мм под флюсом АН-60). Он составляет: при $U_d = 25\text{--}30$ В, $I_{св} = 200\text{--}500$ А; при $U_d = 30\text{--}40$ В, $I_{св} = 200\text{--}600$ А.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геров В. В. Влияние модификации поверхности на статические и циклические характеристики мартенситно-старееющей стали: дис. канд. техн. наук : 05.16.01 / Владимир Владимирович Геров.–М. : Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, Москва, 2003. – 183 с. : ил.
2. Алехин В. П. К вопросу об аномальности механических свойств поверхностных слоев / В. П. Алехин, О. В. Гусев, М. Х. Шоршоров – В кн. : Усталость металлов и сплавов. – М. : Наука, 1971. – С. 48–53.
3. Соколов Г. Н. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей: научная монография / Г. Н. Соколов, В. И. Лысак. – Волгоград : ВолгГТУ“РПК”Политехник”, 2005. – 284 с. – ISBN – 5-230-04625-2.
4. Гордань Г. Н. Характер разупрочнения наплавленного металла при импульсном термосиловом воздействии / Г. Н. Гордань, Г. Н. Соколов, Ф. Д. Каценко – Автоматическая сварка. – 1988. –№ 10.–С. 59–62.
5. Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. / И. И. Фрумин – М. : 1961. – 422 с.
6. Фрумин И. И. Легирование наплавленного металла при износостойкой наплавке / И. И. Фрумин. – К. Изд-во АН УССР, 1957.
7. Макаренко Н. А. Повышение эффективности работы деталей машин металлургического и прессового производства применением плазменно-порошковой наплавки на разнополярном токе / Н. А. Макаренко, А. А. Богуцкий, Н. А. Грановская – Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. – 2011. – № 1 (22). – С. 108–114.
8. Исков Б. В. Переход марганца, кремния, фосфора и серы из флюса металл шва при автоматической и полуавтоматической шланговой сварке электродной проволокой диаметром 2 мм / Б. В. Исков, М. Р. Шраерман, Е. Ф. Петров – «Автогенное дело». – 1950. – № 10.
9. Разработка и оптимизация состава порошковой проволоки и выбор флюса для наплавки железо-кобальт-молибденовых сплавов / Д. А. Волков, А. Д. Кошевой, В. К. Заблоцкий, Д. М. Голуб, В. К. Землякова – Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии: сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. – 2012. – № 3 (28). – С. 94–99.
10. Исследование и разработка сварочных материалов и технологии для получения биметаллического слоя с заранее известными свойствами : отчет о НИР (промежуточ.) : / Донбасская государственная машиностроительная академия ; рук. Макаренко Н. А. ; исполн. : Гринь А. Г. [и др.] – К., 2013. – 61 с. – № ГР 0109U007793. – Инв. № 0213U005786.
11. Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA : методология и технология современного анализа данных : учеб. пособие / В. П. Боровиков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – ISBN 978-5-9912-0326-5.