



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА КОМПОНЕНТИТЕ НА ПОКРИТИЕТО ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО И СТРУКТУРАТА НА ЗАВАРЪЧНИЯ ШЕВ ПРИ ЗАВАРЯВАНЕ ПОД ВОДА

STUDY OF THE INFLUENCE OF COMPONENTS OF THE OVERLAID UNDER THE QUALITY AND THE STRUCTURE IN THE WELDED JOINT UNDERWATER WELDING

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОКРИТИЯ НА КАЧЕСТВА И СТРУКТУРА СВАРОЧНОГО ШВА ПРИ СВАРКЕ ПОД ВОДОЙ.

доц. д-р инж. Ников Н.¹, инж. Ников Д.²
МТФ¹, ЕТ² – Технически Университет- Варна, България
E-mail: nikov_ris@abv.bg

Резюме: Експериментално е изследвано влиянието на компонентите на покритието върху структурата на заваръчното съединение при заваряване с електроди под вода.

Abstract: By experiments was studied the influence of components of the overlaid under the quality and the structure in the welded joint during underwater welding with electrodes.

Ключови думи: подводно заваряване, заваръчен шев, структури

Keywords: underwater welding, welded joint, structure

Обобщеният анализ на поведението на различните елементи по отношение на йонизационната им способност показва, че стабилизация на термоелектронната емисия се постига при тези компоненти които изискват малко работа за емитиране на електрони [1]. Ниските стойности на U_i за съответните елементи предполагат и ниски стойности на пада на анодните и катодни напрежения на окисите [1,2].

При анализа на стабилизиращите свойства на компонентите на избраната шихтова система върху дъгата се установи, че с най-добри показатели е мраморът [1,2].

Анализа на взаимното влияние на трикомпонентната система $\text{CaCO}_3\text{-TiO}_2\text{-CaF}_2$ върху УГД показва, че най-добра проводимост в заваръчното пространство осигурява TiO_2 . Въвеждането на CaF_2 в състава на покритието в количества по-големи от 10 % рязко снижава стабилността на дъгата.

В металургичен аспект, особено значение за протичането на различните химико-термодинамични процеси има CaCO_3 . При дисоциацията му се получава газова фаза, способна да взаимодейства с останалите компоненти от заваръчното пространство.

Рутилът (TiO_2) в металургичен аспект е кисел окис. В присъствието на Ti (FeTi) образува ред окиси: Ti_nO_{2n} ($2 \leq n \leq 10$). Модификациите TiO_2 и Ti_2O_3 са с изразен афинитет към разтваряне на водорода. С основните окиси TiO_2 образува лесно топими подвижни комплекси-титанити. Способства за получаването на къси шлаки с високо газо-проницаемост, което го отличава от SiO_2 , който образува гъсти дълги шлаки, независимо от силно изразения му кисел характер.

Флушпатът (CaF_2) се характеризира с химическа активност към водорода и активни кисели метални окиси. Независимо от химическата си активност CaF_2 притежава дейонизиращи свойства, което води до понижаване на УГД. Ефектът се засилва в присъствието на комплекса FeTi .

Анализът във физико-металургичен аспект на влиянието на компонентите на покритието на електрода за подводно заваряване показва, че най-голямо значение има CaCO_2 .

Основната цел при избора на диапазона на вариране на компонентите на системата е да се изследва поведението на шихтови състави от рутилов, базичен и

рутоловобазичен тип при МПЗ. Наред с това се изследва и влиянието на другите компоненти от покритието върху

свойствата на заваръчните съединения и самия процес на заваряване.

Въвеждането на железен прах в покритието на електрода води към постигането на следните ефекти:

- повишаване на производителността [3];
- повишаване устойчивостта на метала срещу кристализационни пукнатини [2];
- създаване на условия за намаляване количеството на C , Mn и Si с което се намалява количеството на неравновесните структури;
- създаване на условия за протичане на окислителни или възстановителни процеси;
- увеличаване на електропроводимостта и топлопроводността на покритието и подобряване на физико-технологичните свойства.

Съдържанието на легиращите елементи в наварения метал определя в голяма степен механичните и технологичните му свойства. Анализът на значимостта на легиращите елементи върху технологичната якост показва, че основно значение в термодинамичен аспект има въглерода. Значение има и Si , но активността му се изразява главно по отношение на разкислителните процеси и активността на шлака. От друга страна е известно, че концентрации на Si в стоманата до 1 % не оказват съществено влияние на технологичните качества"

Както бе показано по-горе FeTi образува както титанити, така и комплекс от окиси, разтварящи водорода. Малка е вероятността за възстановяването на Ti от покритието и шлака, и разтварянето му в шлака.

На базата на анализа на термодинамичните характеристики и работа [3] се предлагат следните съотношения:

$$X_1 = \left[0 \leq \frac{\text{TiO}_2}{\text{CaCO}_2} \leq 2 \right]$$

$$X_2 = \left[0 \leq \frac{\text{CaF}_2}{\text{CaCO}_3} \leq 0,6 \right]$$

$$X_3 = \left[0 \leq \frac{\text{Fe} - \text{npax}}{\text{CaCO}_3} \leq 2 \right]$$

$$X_4 = \left[0 \leq \frac{FeMn}{CaCO_3} \leq 0,4 \right]$$

За планиране на експеримента бе избран наситен план на Хартли, който съдържа седемнадесет различни шихти с вариране на всяка от четирите променливи на 5 нива със звездно рамо $\alpha = 2$

Всички експерименти са проведени на образци от стомана 09Г2.

За определяне на УГД е избрана комплексната сравнителна оценка K_s , което съчетава параметрите на

Таблица 1

№ КОМ%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
TiO ₂	28,4	16,4	39,2	13,0	29,7	17,6	41,5	13,8	40,0	0	23,7	28,1	20,0	36,0	24,3	27,3	25,7
CaCO ₃	19,0	32,7	26,1	26,1	19,7	35,7	27,7	27,7	20,0	36,0	23,7	28,1	20,0	36,0	24,3	27,3	25,7
CaF ₂	8,5	14,7	3,9	3,9	8,9	15,9	4,2	4,2	6,0	10,8	14,2	0	6,0	10,8	7,3	8,1	7,7
Fe _{прах}	28,4	16,4	13,0	39,0	29,7	17,6	13,8	41,5	40,0	36,0	23,7	28,1	40,0	0	24,3	27,3	25,7
FeMn	5,7	9,8	7,8	7,8	2,0	3,5	2,8	2,8	4,0	7,2	4,7	5,7	4,0	7,2	2,1	0	5,1
X ₁	+	-	+	-	+	-	+	-	+2	-2	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	+	+	-	-	+	+	-	-	0	0	+2	-2	0	0	0	0	0
X ₃	+	-	-	+	+	-	-	+	0	0	0	0	+2	-2	0	0	0
X ₄	+	+	+	+	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	+2	-2	0
TiO ₂	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	2	0	1	1	1	1	1	1	1
CaCO ₃																	
CaF ₂	0,45	0,45	0,15	0,15	0,45	0,45	0,15	0,15	0,30	0,30	0,60	0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
CaCO ₃																	
Fe	1,5	0,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	1	1	1	1	2	0	1	1	1
CaCO ₃																	
FeMn	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0	0,2
CaCO ₃																	

В таблица 2 и 3 са дадени технологичните характеристики на процеса получени по планирания експеримент

пар N:	U [V]	J [A]	K _s	P _{cr} %	D _s %	D _p %	D _{sp} %	N	G [s]	q _s [kJ/g]	q _n [kJ/g]	a _{ст} [g/Аh]	a _н [g/Аh]
1	30,3	208	0,402	87,8	0,516	0,76	1,28	6,5	6,88	14,72	14,93	7,15	7,09
2	35,2	184	0,079	86,6	1,97	184	381	4,4	5,24	13,65	13,65	9,35	9,73
3	29,9	209	0,808	88,8	0,538	0,15	0,69	1,1	6,99	14,70	15,8	7,23	6,85
4	30,0	209	0,786	87,0	1,053	0,33	1,38	1,2	6,97	14,52	12,73	7,14	8,01
5	29,4	213	0,381	80,5	0,861	0,775	1,64	8,0	7,38	14,31	13,96	7,35	6,72
6	36,6	182	0,297	87,6	1,742	0,75	2,49	8,7	4,97	14,29	15,07	8,71	7,8
7	33,4	192	0,516	88,2	1,495	0,50	1,99	1,5	5,88	14,27	13,9	8,41	6,91
8	31,8	205	0,742	84,8	2,047	0,37	2,42	3,4	6,44	11,93	14,03	7,93	9,64
9	30,2	211	0,521	89,0	0,512	0,40	0,91	1,3	6,99	14,99	15,43	7,17	7,20
10	34,7	191	0,390	89,8	0,984	0,72	1,70	9,3	5,51	13,27	13,84	9,81	10,30
11	32,6	200	0,475	87,3	0,414	0,68	1,09	4,3	6,16	15,41	16,56	7,62	7,41
12	28,3	216	1,000	87,9	0,425	0,69	1,10	1,1	7,62	14,34	14,29	7,41	7,48
13	29,4	215	0,678	84,6	1,206	0,54	1,75	2,2	7,29	14,53	13,96	7,7	9,03
14	33,5	192	0,523	89,7	1,570	0,14	1,71	2,6	5,71	13,33	16,59	9,12	6,22
15	30,2	206	0,415	89,2	1,61	0,21	1,82	9,2	6,82	14,75	13,34	7,5	8,14
16	32,5	196	0,399	86,5	1,614	1,004	2,61	13,4	6,04	1-155	14,47	7,38	7,38
17	33,0	195	0,115	85,3	3,38	0,30	3,64	15,8	5,90	15,20	16,06	7,8	7,62

пок N	C %	Mn %	S _i %	Ceq AWS D3.6	A _v J	ЗТВ, HV	НМ, HV	[H] mJ/100g
1	0,071	1,03	0,195	0,293	47,7	343	242	28,4
2	0,092	1,79	0,096	0,436	39,1	352	264	26,9
3	0,085	0,93	0,130	0,287	47,3	343	217	39,7
4	0,085	1,32	0,098	0,347	45,1	343	239	28,3
5	0,068	0,53	0,130	0,206	48,2	357	217	25,8
6	0,082	0,82	0,114	0,269	61,0	343	231	22,5
7	0,072	0,42	0,090	0,185	54,5	361	207	38,5
8	0,083	0,64	0,200	0,227	54,1	339	204	27,5
9	0,058	0,574	0,144	0,202	73,6	357	206	22,3
10	0,059	0,99	0,020	0,258	66,9	348	209	27,5
11	0,064	0,86	0,110	0,253	48,9	343	227	35,2
12	0,055	0,44	0,070	0,166	71,5	339	196	32,5
13	0,069	0,777	0,146	0,232	62,1	339	215	32,5
14	0,086	0,78	0,080	0,251	64,9	339	242	26,9
15	0,086	1,36	0,140	0,359	52,1	343	222	36,4
16	0,090	1,18	0,390	0,360	73,6	339	202	17,3
17	0,080	0,76	0,120	0,254	61,7	339	231	39,7

режима в безразмерен вид и дава възможност за сравняване и анализиране на различни обекти от изследваната система електрод-дъга-заваръчно съединение [4,3]

В табл.1 са дадени по плана на Хартли шихтовите състави на покритието на електродите в тегловни проценти. Електродите са изработени в ЗЕ "Ихтиманска комуна" по специално разработена технология. Изпълнението е като дебело обмазани електроди в съответствие с БДС5085-75 и DIN 1913 [5].

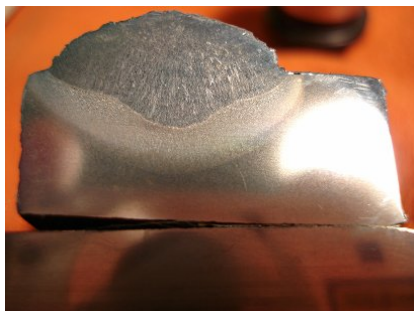
Металографски анализ на заваръчните съединения при МПЗ показва следното :

Формирането на структурата в зоната на стопяване и в зоната на термично влияние има ясно изразен не равновесен характер с висока дисперсност фиг. 1 и фиг. 2 което е установено както микроструктурно така диметрично.

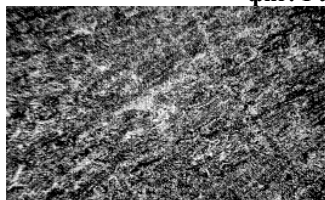
Металът на шева, получен с покритие от рутилов тип N:1,3,5 и 7 се характеризира с това че при съдържание $\frac{Fe_{(прах)}}{CaCO_3} = 1$ и $\frac{FeMn}{CaCO_3} = 2$ възникват микропукнатини в структура с неравновесен характер, получена в наварения метал с електрод N:1.

Структури без микропукнатини са получени с електрод N:3, 5 и 7. Процесът на кристализация в зоната на стопяване протича с образуването на издължена по посока на топлоотвеждането зърнеста структура. При по големи увеличения тя може да се ухарактеризира като периста мартензито-подобна или троостито-подобна бейнитна (фиг. 3, фиг4, фиг. 5, фиг. 6.), което се потвърждава от стойностите на микротвърдостта 290-330 HV в тази зона.

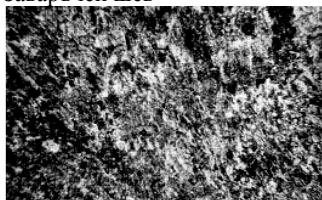
В някой случай фиг. 5 се наблюдават структури с отделяне на ферит с видманщетенора ориентация по границите на зърната, затварящ по тъмни участъци от бейнитни и др. дисперсни неравновесни структури.



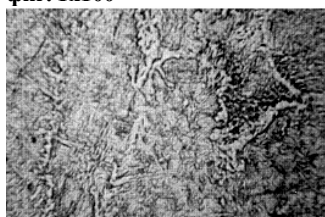
Фиг. 1 а Заваръчен шев



фиг. 1x100



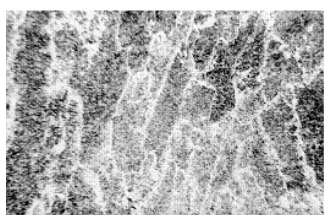
фиг. 2 x100



фиг. 3x1000



фиг. 4x1000



фиг. 5x100

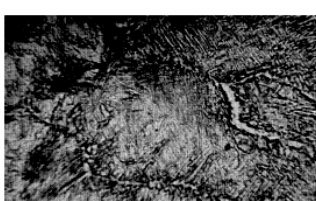


фиг. 6x1000

На границата на сплавяване се създават благоприятни условия за образуване на неравновесни структури. При заваряване на права полярност (фиг. 7 и фиг. 8) границата между основния и наварения метал е рязко изразена като структурата и е груб едър бейнит (HV=290-330). При заваряване на обратна полярност в прясна вода (фиг. 9 и фиг. 10) се вижда сравнително плавен преход между основния и наварения метал, като структурата бейнит+ иглист ферит (HV=290-320) е по-фина в сравнение със заваряване на права полярност.



фиг. 7x100



фиг. 8x1000

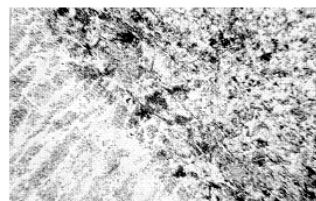


фиг. 9x100



фиг. 10x1000

При заваряване на обратна полярност в морска вода преходът между наварения и основния метал е сравнително плавен (фиг. 11 и фиг. 12), като структурата е аналогична с тази при заваряване в прясна вода на обратна полярност.



фиг. 11x100



фиг. 12x1000

Характерно за тези електроди е, че ЗТВ независимо от полярността е сравнително постоянна по ширина, микротвърдостта се променя в границите HV=330-146, а ширината и варира в границите на 2,0-2,5 mm.

При концентрация $\frac{TiO_2}{CaCO_3} \geq 1,5$ се наблюдава

тенденция към увеличаване на пукнатинообразуването.

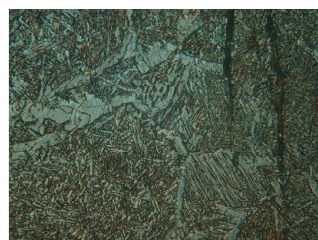
Металът на шева, получен с електроди с базичен тип покритие (електрод N:2 и 4) с максимално съдържание на $\left(\frac{FeMn}{CaCO_3}\right)$, се характеризира с фино-

дисперсна структура. Повишаването на съдържанието на FeMn в покритието води към получаване на дендритни структури. Зоната на термично влияние се характеризира с неравновесни структури и микropукнатини, успоредни на границата на сплавяване (HV=370-380) фиг. 13

Металът на шева, получен с електроди с покритие рутило-базичен тип, е със структура с дендритен характер. Нарастването на FeMn до максимални значения води до образуване на пукнатини в наварения метал. ЗТВ се характеризира с типично неравновесна структура и наличие на пукнатини успоредни на границата на сплавяване фиг.14.



фиг. 13x500



фиг. 14x500

Склонността на ЗТВ към образуване на пукнатини няма ясно изразена зависимост от типа на покритието.

На базата на направеното изследване бяха разработени и изработени електроди условно обозначени ЕПЗ-12С [152], чиито състав не е възможно да бъде даден по определени съображения. Изпитанията на електродите проведени в лабораторни и натурни условия показват (виж протоколите), че те удовлетворяват всички изисквания за заваряване в подводни условия.

В табл.2 са дадени сравнителните резултати от изследването на различни марки електроди производство на Германия - G98, на фирма Тейлор - САЩ - Англия - E 6013 и електрод на ИЭС "Патон" ЗПС-55

Както се вижда от сравнителните данни, ЕПЗ-12С има най-добри характеристики.

Таблица .2

N:	марка на електрода	UI [kW]	K _c	P _{cr} %	HV _{зТВ}	HV _{нм}	Δ _v [J]
1	G 98	6 328	0,808	84,44	343	222	52,1
2	E 6013	6 310	1,00	84,80	339	196	54,1
3	ЗПС-55	6,280	0,853	82,30	328	217	47,3
4	ЕПЗ-12с	6,290	0,786	87,90	339	196	71,5

Изводи:

1. Изследвано е влиянието на компонентите на покритието върху механичните характеристики и структурата на заваръчното съединение и технологическите свойства на дъгата при заваряване под вода с електроди
2. Анализа на получените резултати показва че основния фактор влияещ на структурата на заваръчното съединение получено под вода е топлоотдаването в околната среда.
3. Състава на покритието съществено влияе на механичните свойства на заваръчното съединение и на технологическите характеристики на дъгата при заваряване под вода
4. На базата на направеното изследване е разработен електрод за подводно заваряване чиито параметри не отстъпват на известните марки електроди за заваряване под вода.

Литература:

1. Лесков Г., електрическа сварочна дуга, "Машиностроение, М., 1969г.
2. Мазель А., Технологическия свойства сварочной дуги, "Машиностроение", М., 1969
3. Georgiev K., Nikov N., Tomov P., A study on the effect of coat composition of electrodes for "Wet" underwater welding on some technological characteristics of welding and welded joints. INTEROCEANTECHNOLOGY'90, 29May-June, 1990, Szczecin, Poland
4. Tomov P., Nikov N., Georgiev K., Development of new welding materials for underwater arc welding, IV congress "ИМАЕМ" 25-30 May, 1987, Varna
5. Ников Н., Томов П. Подводно заваряване с обмазани електроди, НС, ВВМУ-Варна, 1983