

УДК 621.791.011

ПЕРЕХОД ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В НАПЛАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ ПРИ СВАРКЕ СТАЛИ 12X18H10T

Кусков В.Н., Мамадалиев Р.А., Обухов А.Г.

*ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: ul.ir@list.ru*

Исследовано влияние силы тока и типа источника питания на содержание хрома, никеля, марганца, титана в наплавленном металле при сварке стали 12X18H10T. Максимальный переход хрома в наплавленный металл наблюдали в случае использования электродов ESAB ОК 61.30 при сварке как с помощью инверторного источника питания, так и при использовании традиционного выпрямителя. Содержание марганца в сварном шве при использовании электродов ОЗЛ – 8 повышено по сравнению с его концентрацией в основном металле, при этом с ростом силы сварочного тока его содержание увеличивается за счёт ускоренного выгорания титана. Никель наиболее полно переходит в сварной шов благодаря слабому взаимодействию с кислородом. Максимальная концентрация титана в наплавленном металле невелика. Эффективность применения инверторного источника питания возрастает в случае повышения силы тока до 140 А.

Ключевые слова: хром, никель, марганец, титан, сталь 12X18H10T, сварочный выпрямитель, инверторный источник питания, сила сварочного тока

THE TRANSITION OF THE ALLOYING ELEMENTS IN THE WELD METAL IN WELDING OF STEEL 12X18H10T

Kuskov V.N., Mamadaliev R.A., Obukhov A.G.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: ul.ir@list.ru

The influence of a current intensity and the type of power source indicated on the content of chromium, nickel, manganese, titanium in a weld metal in welding of steel 12KH18N10T. Maximum transition of chromium in the weld metal is observed in case of the use of electrodes ESAB ОК 61.30 welding as using the inverter power source and the use of traditional rectifier. The content of manganese in the weld when using electrodes OZL – 8 increased in comparison with its concentration in the base metal, with growth of welding current its content grows at the expense of accelerated burnout titanium. Nickel most fully transferred in a welded seam due to weak interaction with oxygen. The maximum concentration of titanium in the weld metal is not great. Efficiency of application of the inverter power source increases in case of increase of force of a current up to 140 A.

Keywords: chromium, nickel, manganese, titanium, steel 12KH18N10T, welding rectifier, inverter power source, current intensity

Сталь 12X18H10T широко используется при изготовлении изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах. Основными трудностями при сварке этой стали является ее склонность к образованию кристаллизационных трещин, повышенный нагрев электрода и возможная потеря коррозионной стойкости сварными швами [2]. Хром, содержание которого в этой стали составляет 17–19%, представляет собой основной элемент, обеспечивающий способность материала к пассивации и, как следствие, его высокую коррозионную стойкость [3]. При сварке стали необходим наиболее полный перевод хрома в наплавленный металл [4]. И совершенствование технологии сварки, источники питания, сварочных материалов способствуют решению этой проблемы.

Цель исследования – оценить влияние силы сварочного тока и типа источника питания на переход легирующих элементов в наплавленный металл.

Материалы и методы исследования

Для эксперимента были подготовлены группы стыковых соединений, выполненных с применением отечественных сварочного выпрямителя ВДМ-1201 и инверторного источника питания ARC 200i. Ин-

верторные источники питания обладают значительно меньшей массой по сравнению с традиционными, существенным снижением потерь мощности и, следовательно, повышенным коэффициентом полезного действия. Сваривали пластины размером 150×100 мм и толщиной от 5 до 10 мм. Использовали три марки электродов диаметром 3,0 мм: ОЗЛ-8 (Россия) [1], ОК-61.30 (Швеция) и Feji ER-308 (Швеция).

Сварку всех соединений выполнял один и тот же рабочий на постоянном токе обратной полярности с величиной: 60, 80, 100 и 140 А (заводами-изготовителями электродов для ручной дуговой сварки рекомендован интервал от 60 до 100 А). После выполнения каждого слоя шва и охлаждения его на воздухе производили его зачистку от шлака до металлического блеска.

Для определения химического состава наплавленного металла и электродных стержня и покрытия (табл. 1–2) использовали рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) зачищенного шва на спектрометре X-MET 5000 с пакетом программ X MET. Перед проведением РФА поверхность исследуемых образцов шлифовали. На рис. 1 и 2 представлены примеры зависимости содержания хрома и марганца от силы сварочного тока.

Результаты исследования и их обсуждение

Во всех случаях содержание легирующих элементов в наплавленном металле слабо зависит (не более 5%) от силы сварочного тока в исследованном интервале. Исключе-

ние составляют марганец и титан. Содержание титана значительно снижается при повышении силы тока (в интервале от 0,34 до 0,05% для электродов ОЗЛ-8, и от 0,22 до 0,04% для электродов Feji).

Исключение составляют электроды ОК 61.30, при сварке которыми содержание титана увеличивается с увеличением сварочного тока, с 0,03 до 0,19%. Правда, максимальная концентрация титана в наплавленном металле невелика.

Таблица 1

Химический состав электродной проволоки

№ п/п	Марка электрода	Содержание химических элементов, %										
		Fe	Cr	Ni	Mn	Co	Cu	Mo	W	V	Ti	Nb
1	Feji er-308	68,45	18,95	9,77	2,04	0,06	0,08	0,01	0,01	0,03	0,51	0,01
2	ОК 61.30	67,85	19,55	9,66	2,03	0,19	0,03	–	0,02	0,06	0,64	0,02
3	ОЗЛ-8	71,17	17,58	8,33	1,92	0,04	0,37	–	–	0,04	0,06	0,01

Таблица 2

Химический состав покрытия электродов

№ п/п	Марка электрода	Содержание химических элементов, %										
		Fe	Cr	Ni	Mn	Co	Cu	Mo	W	V	Ti	Nb
1	Feji er-308	27,33	15,95	3,05	4,94	1,22	0,17	0,19	0,32	0,93	21,03	1,37
2	ОК 61.30	41,07	17,16	5,15	4,69	2,06	0,31	0,35	73	1,03	–	1,93
3	ОЗЛ-8	1,86	–	–	2,56	–	0,13	–	–	–	–	–

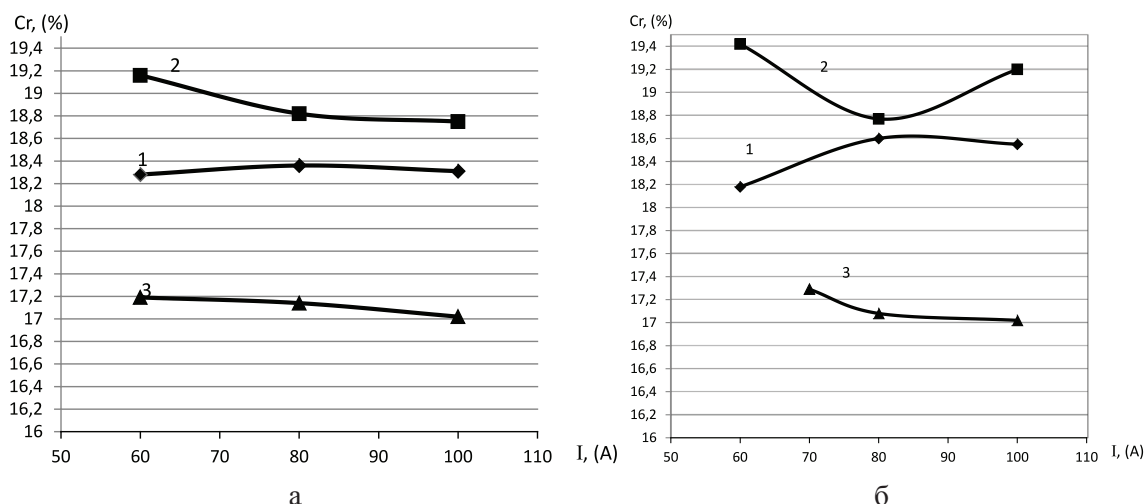


Рис. 1. Содержание хрома в наплавленном металле при сварке электродами Feji ER-308 (1), ОК 61.30 (2) и ОЗЛ-8 (3) с помощью: а – выпрямителя ВДМ – 1201; б – инверторного источника ARC 200i

Содержание марганца в сварном шве при использовании электродов ОЗЛ-8 повышено по сравнению с его концентрацией в основном металле, при этом с ростом силы сварочного тока содержание увеличивается за счёт ускоренного выгорания титана, который обладает повышенным сродством к кислороду [5]. При использовании электродов ОК 61.30 и Feji ER – 308 содержание марганца в пределах нормы и слабо зависит от режимов сварки.

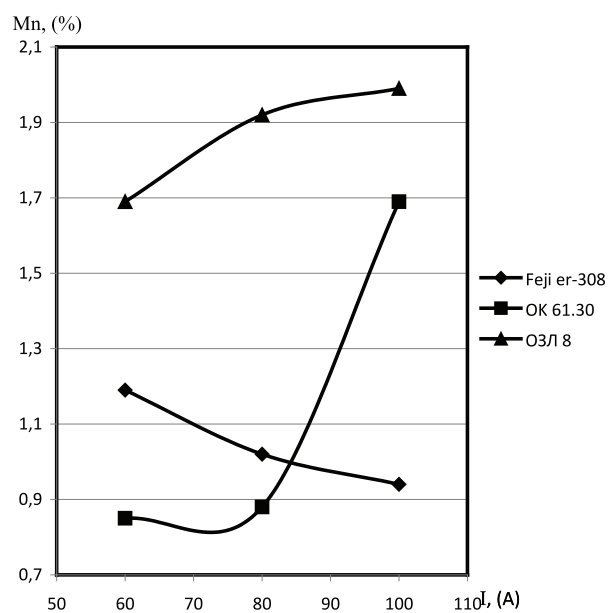
Переход никеля в наплавленный металл практически не зависит от силы сварочного

тока (в пределах 3% от содержания элемента, т.к. он обладает низким сродством к кислороду [5] и слабо окисляется). При сварке электродами ОЗЛ-8 его содержание ниже, чем в основном материале приблизительно на 15%.

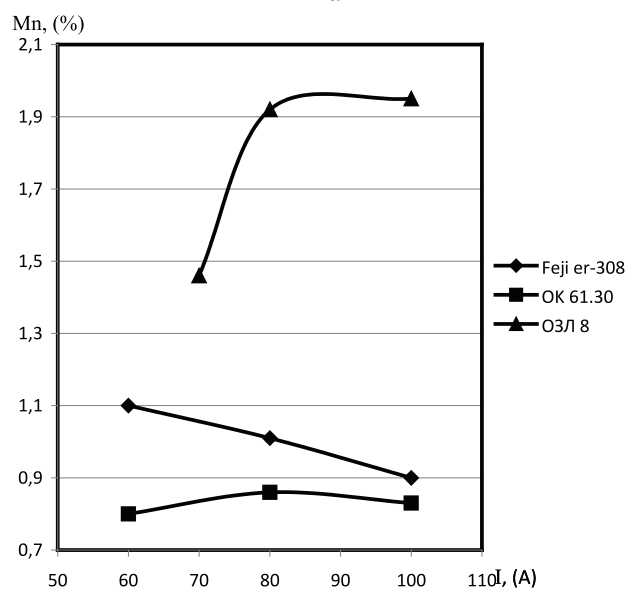
Максимальный переход хрома в наплавленный металл наблюдали в случае использования электродов ESAB ОК 61.30 при сварке с помощью обоих источников питания (до 19,42%). При этом с увеличением силы тока его содержание снижается (с 19,16 до 18,75% с применением выпрямителя, и с 19,42 до 19,2% с применением

инвертора). При сварке электродами ОЗЛ – 8 содержание хрома занижено, но находится в пределах нормы, с увеличением силы тока снижается незначительно.

С использованием электродов Feji содержание хрома в пределах 18%, с увеличением силы тока увеличивается, но незначительно (на 3,7%).



а



б

Рис. 2. Содержание марганца в наплавленном металле при сварке электродами Feji ER-308 (1), ОК 61.30 (2) и ОЗЛ-8 (3) с помощью:
а – выпрямителя ВДМ – 1201; б – инверторного источника ARC 200i

При повышении силы тока до 140 А при использовании инверторного источника питания отмечено существенное снижение расхода электродов и количества проходов для получения требуемых размеров шва. В частности, количество электродов на заполнение стыка снизилось

до 3-х по сравнению с 5-ю при сварке с выпрямителем ВДМ 1201. Кроме того, облицовочный шов приобрел признаки, характерные для автоматической сварки: мелкочешуйчатость, плавный переход металла шва к основному металлу, техническую эстетичность.

Из электродов, использованных в исследовании, для сварки стали 12X18H10T наилучшими являются ОК 61.30 производства компании ESAB. При этом наблюдали максимальный переход хрома и других основных легирующих элементов в наплавленный металл. Электроды Fej ER – 308 также удовлетворяют всем требованиям сварки использованной стали (идентичность химического состава металла сварного шва и основного металла), но являются более дорогостоящими. Электроды ОЗЛ-8 для сварки стали 12X18H10T применять не рекомендуется, так как химический состав наплавленного металла не всегда соответствует составу стали.

Список литературы

1. ГОСТ 10052-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.
2. Куликов В.П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. – Минск: Экоперспектива, 2003. – 415 с.; ил.
3. Марочник сталей и сплавов / под ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.

4. Сварка. Резка. Контроль: справочник. В 2-х т. / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев, Э.А. Гладков; Ред. Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев. – Т.1. – М.: Машиностроение, 2004. – 620 с.
5. Физико-химические свойства окислов / под ред. Г.В. Самсонова. – М.: Metallurgia, 1978. – 472 с.

References

1. Gost 10052-75 Metal covered electrodes for manual arc welding with you- steels with special properties.
2. Kulikov V.P Technology and equipment for fusion welding and thermal cutting. Ekoperspektiv, 2003. pp. 415.
3. Database of steels and alloys / Publ. Zubchenko A.S. Ekoperspektiv, 2003. pp. 784.
4. Welding. Cutting. Control: manual. В 2-х т. / N.P. Aleshin, G.G. Chernishev, G.G. Gladkov; Engineering. 2004, pp. 620.
5. Physico-chemical properties of oxides / Publ Samsonova G.V. Metallurgy, 1978. pp. 472.

Рецензенты:

Ковенский И.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология конструкционных материалов», заслуженный деятель науки Российской Федерации, г. Тюмень;

Гунцов А.В., д.х.н., заведующий кафедрой «Общая и физическая химия», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 17.01.2014.