

УДК 621.791.754

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МИКРОСТРУКТУРЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 12X18H10T, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СХЕМАМ

Ильященко Д.П.*Юргинский технологический институт, филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», Юрга, e-mail: mita8@rambler.ru*

Хромоникелевые аустенитные стали обладают исключительно ценными свойствами и, прежде всего очень высокой химической стойкостью в наиболее агрессивных средах. Они сочетают достаточную прочность и чрезвычайно высокую пластичность в широком диапазоне температур. К сварным швам аустенитных сталей, в зависимости от состава, свойств стали и специфических условий работы конструкций, предъявляются дополнительные требования помимо обычных для сварки требований прочности, пластичности, отсутствия трещин и пор. В работе рассмотрено влияние современных технологий (типа источника питания, защитного покрытия) на химический состав и микроструктуру сварных соединений из стали 12X18H10T. Установлено, что использование современных технологий при ручной дуговой сварке покрытыми электродами увеличивает коэффициент перехода легирующих элементов и снижает протяженность зоны термического влияния сварного шва.

Ключевые слова: дуговая сварка, тип источника питания, защитные покрытия, микроструктура, покрытые электроды, химический состав

INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE OF WELDED JOINTS ON STEEL 12CRNIT18-10, EXECUTED BY VARIOUS TECHNOLOGICAL SCHEMES

D.P. Ilyaschenko*Yurga Technological Institute, branch of The National Research Tomsk Polytechnic University, Yurga,
e-mail: mita8@rambler.ru*

Chromium-Nickel austenitic steels possess valuable properties, and above all, very high chemical durability in the most aggressive environments. They combine sufficient strength and extremely high flexibility in a wide temperature range. To welded joints of austenitic steels, depending on the composition and properties of steel and the particular working conditions of the structures, additional demands, besides the usual welding requirements of strength, ductility, absence of cracks and pores. In this work the influence of modern technology (type of power source, protective coating) on the chemical composition and microstructure of welded joints of steel 12CrNiTi18-10. It is established that the use of modern technology for manual arc welding of pokrytie electrodes: increases the transition rate of the alloying elements and reduces the length of the heat-affected zone of the weld.

Keywords: arc welding, the type of power source, protective coatings, microstructure, covered electrodes, chemical composition

Хромоникелевые аустенитные стали обладают исключительно ценными свойствами и, прежде всего очень высокой химической стойкостью в наиболее агрессивных средах. Они сочетают достаточную прочность и чрезвычайно высокую пластичность в широком диапазоне температур. К сварным швам аустенитных сталей, в зависимости от состава, свойств стали и специфических условий работы конструкций, предъявляются дополнительные требования, помимо обычных для сварки требований прочности, пластичности, отсутствия трещин и пор [1].

В последнее время все более активно на рынок сварочных материалов и оборудования выходят новые технологии, которые воплощаются в виде:

- инверторных источников питания, применение которых позволяет уменьшить тепловложение в сварное соединение [2];

- защитных покрытий, позволяющих снизить набрызгивание на свариваемые поверхности [3].

Для проведения комплексного исследования были заварены образцы пластины (соединение С7 по ГОСТ 5264-80) толщиной 3 мм из стали 12X18H10T, электродами марки ЦЛ 11 типа 08X20H9Г2Б (d = 3 мм), сварочный ток I = 70-80 А.

Схема 1 – источник питания ВД-306.

Схема 2 – источник питания ВД-306 + на поверхность сварного соединения наносили защитное покрытие [4].

Схема 3 – источник питания Nebula 315.

Анализ экспериментальных данных химического состава сварного шва (ГОСТ 18895-97 [3]) показал (таблица), что тип источника питания оказывает влияние на химический состав сварного шва. Это связано с тем, что Nebula 315 ограничивает ток короткого замыкания [5], тем самым происходит меньшее выгорание легирующих элементов [6].

Химический состав сварного шва выполненного из образцов из стали 12X18H10T электродами марки ЦЛ 11 типа 08X20H9Г2Б

Тип источника питания	Химический состав, %							
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Nb
ВД-306 (схема 1)	0,12	0,80	1,04	0,008	0,018	18,08	9,23	0,70
ВД-306 (схема 2)	0,12	0,75	1,04	0,008	0,019	18,86	8,21	0,7
Nebula-315 (схема 3)	0,12	0,82	1,23	0,008	0,018	18,45	10,01	0,70
ВДМ-1601У		0,56	1,54			18,4	7,22	2,24
TIG 160 HF		0,60	1,67			18,46	7,55	2,36

Исследование полученных макро- и микроструктур проводили методом оптической металлографии на микроскопе Neophot-21 с записью изображений при помощи цифровой камеры Genius VileCam. При изготовлении шлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте АСМ 10/7 НВЛ и химическое травление в «царской водке» (40% HCl + 40% HNO₃ + 10% C₂H₅OH).

На рис. 1 видно, что макроизображения сварных соединений ($\times 40$) мало отличаются друг от друга. На них хорошо выделяются: зоны наплавленного металла и широкие зоны термического влияния. Посредине валиков проплавление на всех трех схемах произошло насквозь. Основной металл между валиками выклинивается. Здесь структура его подверглась термическому преобразованию.

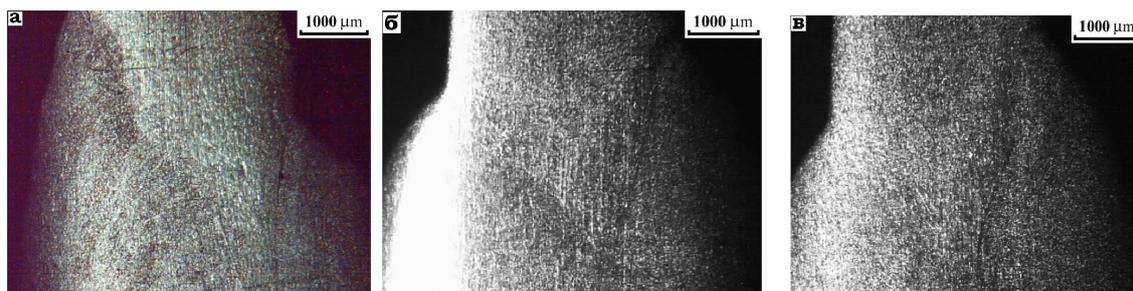


Рис. 1. Общий вид сварных соединений:
а – схема 1; б – схема 2; в – схема 3

Структура основного металла в местах, удаленных от сварного шва на 15...20 мм, соответствует типичной структуре горячекатаной стали 12X18H10T (рис. 2). Схема сварки,

естественно, не оказала на нее влияние. Структура представлена полиэдрическими сдвоенными аустенитными зернами, характерные размеры которых не превышают 25 мкм.

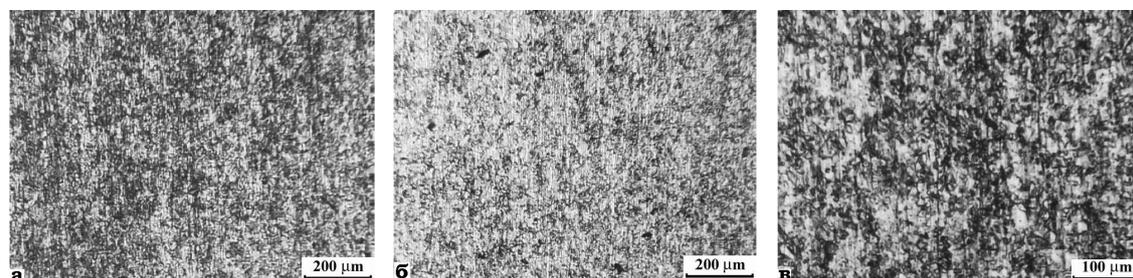


Рис. 2. Микроструктура основного металла:
а – схема 1, б – схема 2, в – схема 3

Структура наплавленного металла также во всех схемах дендритная (рис. 3). Вблизи границы сплавления дендриты ориентированы нормально к ней, а в глубине напла-

вленного металла расположены беспорядочно. Ориентированные дендриты могут достигать в длину 200 мкм (рис. 3в). Неупорядоченные дендриты имеют меньшую

длину, но у них более развитая морфология границ. В целом структура наплавленного металла характерна для литого состояния стали 12Х18Н10Т. Дефекты типов: раковины, несплошности, трещины, крупные поры и крупные неметаллические включения – в наплавленном на всех трех схемах металле не обнаружены.

В зонах термического влияния произошел сильный рост зерен. На рис. 4 видно, что аустенитные зерна в зоне термического влияния полэдрические сдвойникованные. Их размеры могут превышать 150 мкм. Ширина зоны термического влияния зависит от места расположения относительно валиков наплавленного металла.

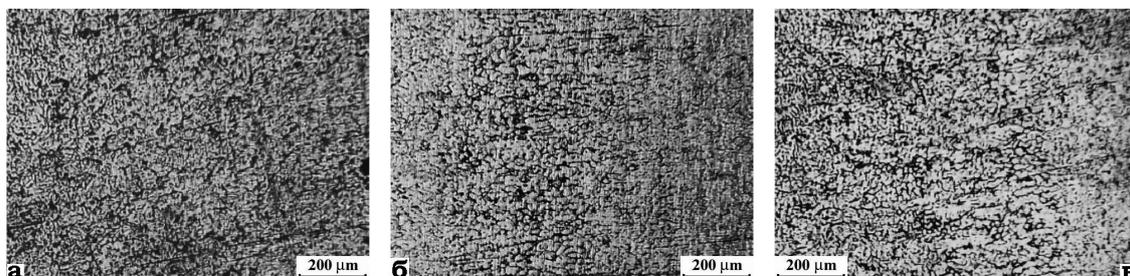


Рис. 3. Структура наплавленного металла:
а – схема 1; б – схема 2; в – схема 3

Если ширина валиков наплавленного металла различна (схема 1), то в месте выклинивания основного металла и под более

широким валиком зона термического влияния охватывает всю толщину свариваемых листов (рис. 5).

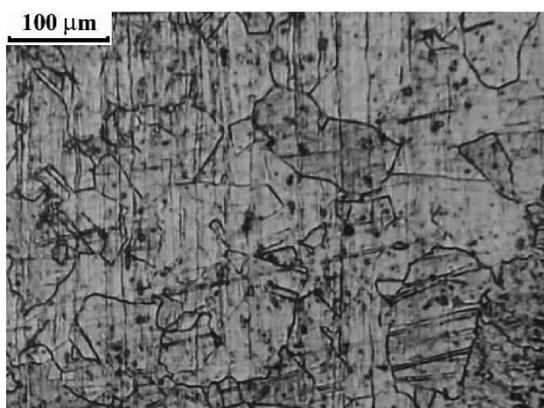


Рис. 4. Микроструктура зон термического влияния

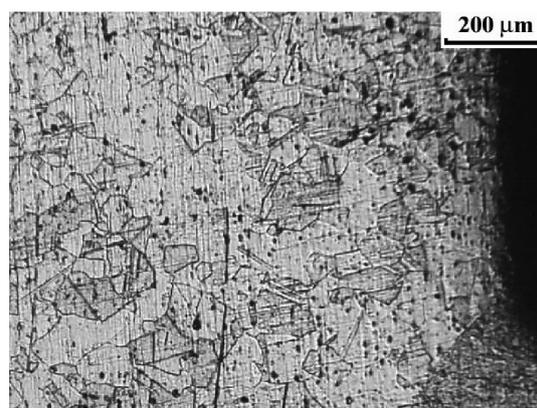


Рис. 5. Зона термического влияния под валиком наплавленного металла (схема 1)

Если валики наложены симметрично с обеих сторон, то зона термического влияния у обеих поверхностей свариваемых листов одинакова. По мере углубления в свариваемый материал она расширяется и достигает максимума на оси. В образце, сваренном по схеме 1, у поверхности вблизи широкого валика она составляет 250 мкм (рис. 6а) и далее расширяется до 3000 мкм, как указано выше (рис. 5).

В образце, сваренном по схеме 2, вблизи поверхности ширина зоны термического

130...180 мкм (рис. 6б). В самой широкой части на оси свариваемого листа она достигает 500...1000 мкм.

Наименьшая ширина зоны термического влияния зафиксирована вблизи поверхности листов, сваренных по схеме 3. Она составляет 75 мкм (рис. 6в). В этом образце и на оси свариваемого листа ширина этой зоны < 1000 мкм (рис. 7).

Во всех соединениях переход от зоны термического влияния к основному металлу происходит плавно без резких границ (см. рис. 6, 7).

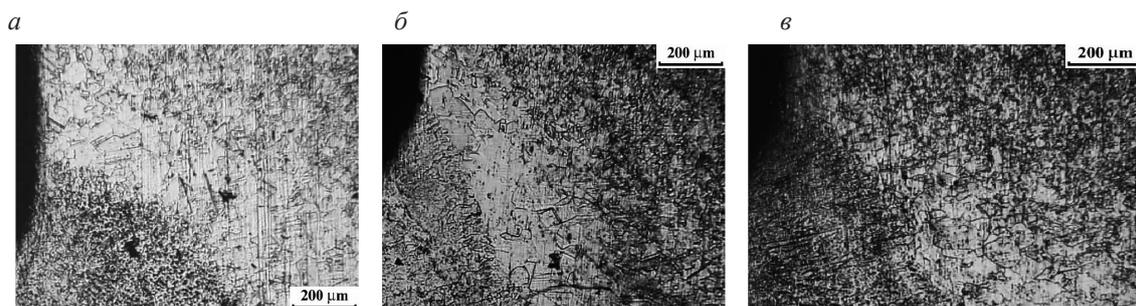


Рис. 6. Минимальная ширина зоны термического влияния в соединении:
а – схема 1; б – схема 2; в – схема 3

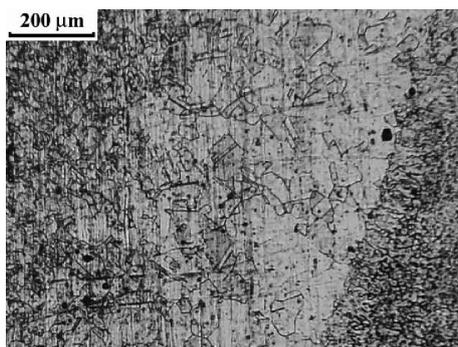


Рис. 7. Максимальная ширина зоны термического влияния в соединении, схема 3

Заключение

Сварные соединения, выполненные по всем исследованным схемам, с точки зрения микро- и макроструктуры являются качественными. В них отсутствуют сварочные дефекты, наплавленный металл имеет сравнительно мелкодисперсную дендритную структуру, а зона термического влияния плавно без резких границ переходит к основному металлу. Наименьшая ширина зоны термического влияния зафиксирована в соединении, выполненном по схеме 3, а наибольшая – в соединении, выполненном по схеме 1.

Список литературы

1. Ильяшенко Д.П. Влияние энергетических характеристик инверторного источника питания на химический состав и микроструктуру сварного шва из стали 12Х18Н10Т // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013 – №. 4. – С. 178–180.
2. Кусков В.Н., Мамадалиев Р.А., Обухов А.Г. Переход легирующих элементов в наплавленный металл при сварке стали 12Х18Н10Т // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1794–1797.
3. Сабиров, И.Р. Применение функциональных покрытий при дуговой сварке плавящимся электродом / И.Р. Сабиров, Е.А. Зернин, Д.П. Ильяшенко // Новые промышленные технологии. – №1. – 2009. – С. 7–8.
4. Пат. 2297311 (РФ). В23К 35/36., Состав покрытия для защиты поверхности свариваемого изделия от налипания брызг расплавленного металла при дуговой сварке плавлением [Текст] / СБ. Сапожков, Е.А. Зернин, Д.П. Ильяшенко; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Томский политехнический университет». Заяв. 09.03.06; опубл. 20.04.2007. Бюл. №11.
5. Ilyashchenko D.P., Chinakhov D.A., Gotovshchik Y.M. Investigating the influence of the power supply type upon the properties of the weld joints under manual arc welding // Advanced Materials Research. – 2014 – Vol. 1040. – p. 837–844.
6. Ilyashchenko D.P. Thermal Imaging Investigations of Temperature Fields on the Surface of parts being Welded Item during Manual Arc Welding with Coated Electrodes / D.P. Ilyashchenko, D.A. Chinakhov // Russian journal of nondestructive testing, 2011, vol. 47, No11, pp.724–729

References

1. Ilyashchenko D.P. Vliyanie energeticheskikh kharakteristik invertornogo istochnika pitaniya na khimicheskiy sostav i mikrostrukturu svarnogo shva iz stali 12Kh18N10T // Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzhya. – 2013 – №. 4. – pp. 178–180.
2. Kuskov V.N., Mamadaliev R.A., Obukhov A.G. Perekhod legiruyushchikh elementov v naplavlenny metall pri svarke stali 12Kh18N10T // Fundamentalnye issledovaniya. – 2013. – № 11 (9). – pp. 1794–1797.
3. Sabirov, I.R. Primenenie funktsionnykh pokrytiy pri dugovoy svarke plavyashchimsya elektrodom / I.R. Sabirov, E.A. Zernin, D.P. Ilyashchenko // Novye promyshlennye tekhnologii. – №1. – 2009. – pp. 7-8.
4. Pat. 2297311 (RF). V23K 35/36., Sostav pokrytiya dlya zashchity poverkhnosti svarivaemogo izdeliya ot nalipaniya bryzg rasplavlenno metalla pri dugovoy svarke plavlenniem / SB. Sapozhkov, E.A. Zernin, D.P. Ilyashchenko; zayavitel i patentoobladatel GOU VPO «Tomskiy politekhnicheskiy universitet». Zayav. 09.03.06; opubl. 20.04.2007. Byul. №11.
5. Ilyashchenko D.P., Chinakhov D.A., Gotovshchik Y.M. Investigating the influence of the power supply type upon the properties of the weld joints under manual arc welding // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040. – pp. 837-844.
6. Ilyashchenko D.P. Thermal Imaging Investigations of Temperature Fields on the Surface of parts being Welded Item during Manual Arc Welding with Coated Electrodes / D.P. Ilyashchenko, D.A. Chinakhov // Russian journal of nondestructive testing. – 2011. – vol. 47, No11. – pp. 724-729.