

УДК 621.791.05 + 669

ФОРМИРОВАНИЕ СВАРНОГО ШВА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ХН67ВМТЮ-ВД ТОЛЩИНОЙ 6 ММ

С.Л. Исаев

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Подобраны оптимальные параметры электронно-лучевой сварки (ЭЛС) жаропрочного сплава марки ХН67ВМТЮ-ВД толщиной 6 мм, выполненной с технологической подкладкой толщиной 5 мм без предварительного подогрева, и исследовано влияние режимов ЭЛС на образование дефектов. Склонность сплава ХН67ВМТЮ-ВД к образованию дефектов исследовали при скоростях сварки 3 и 5 мм/с. Для оценки качества сварки каждый из образцов подвергался рентгенконтролю, разрезке и металлографическому исследованию с определением параметров сварных швов, микротвердости и наличия дефектов. Полученные значения параметров сварки для стыкового соединения обеспечивают требуемое качество и размеры сварного шва.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, жаропрочный сплав, скорость сварки, микротвердость, оптимальный режим сварки.

При изготовлении таких ответственных высоконагруженных узлов в машиностроении, как проставка газоперекачивающих двигателей, головка камеры сгорания и другие, широко применяются жаропрочные сплавы на хромоникелевой основе.

Электронно-лучевая сварка позволяет изготавливать детали из тугоплавких, химически активных металлов и их сплавов, титановых сплавов и высоколегированных сталей. Металлы и сплавы можно сваривать в однородных и разнородных сочетаниях, со значительной разностью толщин, температур плавления. Минимальная толщина свариваемых заготовок составляет 0,02 мм, максимальная – до 100 мм [5].

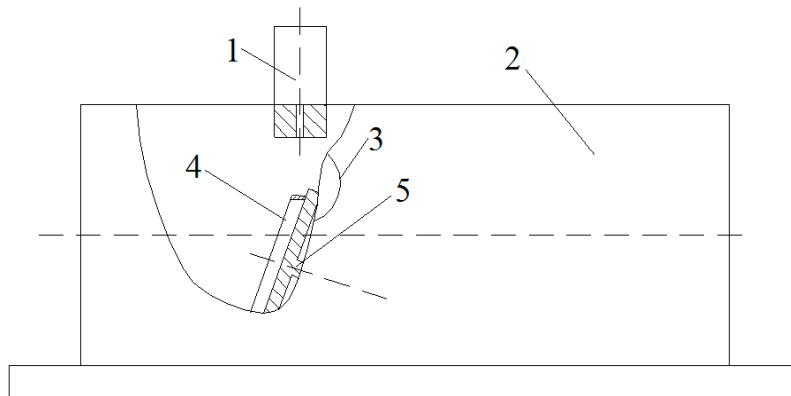
Высокая концентрация энергии в электронном пучке, локальность нагрева металла, минимальные деформации обрабатываемого изделия, вакуумная защита зоны нагрева и низкие эксплуатационные расходы обеспечивают высокую конкурентоспособность электронно-лучевых технологий. ЭЛС занимает прочные позиции в машиностроении [4]. По сравнению с другими видами сварки при ЭЛС уменьшаются размеры околошовной зоны и зоны термического влияния.

Объект и метод исследования

В настоящей работе исследовано влияние режимов ЭЛС жаропрочного сплава ХН67ВМТЮ-ВД толщиной 6 мм без предварительного подогрева на склонность к образованию дефектов [1].

Сергей Леонидович Исаев, аспирант кафедры «Материаловедение, порошковая металлургия, наноматериалы».

Сварку образцов выполняли на установке ЭЛУ-9Б с энергоблоком ЭЛТА-60/15 ДП, в который входит электронная пушка с катодом косвенного подогрева (см. рисунок). Склонность к образованию дефектов проверяли на образцах 200×150 мм толщиной 6 мм. Контроль фокусировки электронного пучка производили на поверхности образца по наибольшей яркости пучка при токе луча 1 мА (I_0). Рабочее расстояние от пушки до образца составило 200 мм.



Принципиальная схема установки для электронно-лучевой сварки:
1 – электронно-лучевая пушка; 2 – камера установки; 3 – смотровое окно;
4 – образец; 5 – манипулятор; 6 – направление сварки

Образцы для устранения остаточной намагниченности подвергали дополнительному размагничиванию, и они поступали на сварку с уровнем намагниченности не более 300 мкТл. Контроль производили микротеслометром МФ-24ФМ [2].

Наличие дефектов в сварных соединениях выявляли рентгенконтролем и последующим металлографическим исследованием.

Для исключения дефектов формирования сварного шва была применена технологическая подкладка из свариваемого материала толщиной 5 мм, установленная под кромки свариваемых деталей. Подкладка служит для формирования и защиты обратной стороны сварного шва. Значение тока луча, тока фокусировки и скорости сварки подбирали таким образом, чтобы в процессе сварки на технологической подкладке получались отдельные точечные проплавления. При сварке с технологической подкладкой лицевой валик на исследуемых сварных швах сформирован на всех образцах без занижений и подрезов, кроме образцов № 6 и 7.

Результаты эксперимента и обсуждение

Склонность сплава ХН67ВМТЮ-ВД к образованию дефектов исследовали при скоростях сварки 3 и 5 мм/с.

Как видно из табл. 1, конфигурация сварного шва меняется: ширина усиления уменьшается, поперечное сечение из конического переходит в более цилиндрическое [3].

Рентгенконтролем установлено, что на образцах № 2 и 3 имеются поры. На образцах № 6 и 7 – подрезы сварного шва, что обусловлено завышенным током луча.

Для оценки качества сварки каждый из образцов подвергался разрезке и ме-

таллографическому исследованию (МГИ) с определением параметров сварных швов, микротвердости и наличия дефектов.

Таблица 1

Результаты электронно-лучевой сварки образцов

№ образца	Скорость сварки, мм/с	Ток луча, мА	Ток фокус. I _ф , мА	Параметры сварного шва		Дефект
				Ширина ванны на поверхн. корне, мм	Глубина провара, мм	
1	3	35	752	8,1/2,1	6,0	Отсутствует
2		35	757	9,3/1,9	6,0	Пора
3		35	767	11,8/1,6	6,0	Пора
4	5	41	760	8,5/1,6	6,0	Отсутствует
5		42	757	6,9/1,2	6,0	Отсутствует
6		46	754	6,7/1,5	6,0	Прожог
7		46	757	6,9/1,5	6,0	Прожог

Замер микротвердости производили на основном материале, в околошовной зоне (ОШЗ) и в литой зоне сварного шва. Результаты замеров микротвердости (средние значения) приведены в табл. 2. Замер микротвердости производился на приборе ПМТ-3М при нагрузке Р = 50 г.

Таблица 2

Микротвердость на образцах

№ образца	Микротвердость, кгс/мм ²		
	Сварной шов	Околошовная зона	Основной материал
1	291	287	295
2	293	292	291
3	294	298	296
4	294	292	292
5	294	290	295
6	298	289	292
7	292	289	297

Марки материала образцов были проверены методом спектрального анализа и соответствуют сплаву ХН67ВМТЮ-ВД.

По результатам исследования макрошлифов оптимальным следует признать режим сварки для сплава ХН67ВМТЮ-ВД на образце № 5, на котором дефекты отсутствуют.

Проведено МГИ микроструктуры сварного шва на образце № 5. Литая зона сварного шва ХН67ВМТЮ-ВД + ХН67ВМТЮ-ВД сформирована с неоднородным составом – твердый раствор + упрочняющая фаза по границам зерен. Величина зерна материала образца № 5 соответствует 2-му номеру шкалы ГОСТ 5639.

Заклучение

На основании полученных результатов электронно-лучевой сварки сплава ХН67ВМТЮ-ВД и металлографического исследования установлено следующее:

1. При микроисследовании шлифов сварных швов, полученных электронно-лучевой сваркой, обнаружено, что дефекты сварки (трещины, подрезы, непровары и другие) на образцах № 1, 4 и 5 отсутствуют. Микротвердость сварных швов и основного материала идентичны, величина зерна соответствует 2-му номеру шкалы ГОСТ 5639. Дефектов в микроструктуре не выявлено.

2. Оптимальным режимом сварки сплава ХН67ВМТЮ-ВД толщиной 6 мм является режим, полученный на образце № 5. Выбранные значения параметров сварки для стыкового соединения обеспечивают требуемое качество и размеры сварного шва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гривняк И. Свариваемость сталей / Пер. со словац. Л. С. Гончаренко; под ред. Э. Л. Макарова. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
2. Драгунов В.К., Гончаров А.Л. Современное развитие электронно-лучевой сварки // Ритм. – 2009. – № 8. – С. 28-30.
3. Морочко В.П., Сорокин Л.И., Зорин Н.Я. Влияние режима электронно-лучевой сварки на форму шва и свойства свариваемых соединений жаропрочных сплавов толщиной 10...15 мм // Свароч. пр-во. – 1975. – № 6. – С. 32-36.
4. Касаткин Б.С., Ковбасенко С.Н., Нестеренко В.И. Однопроходная электронно-лучевая сварка конструкционных сталей больших толщин // Автомат. сварка. – 1989. – № 4. – С. 18-27.
5. Клебенец В.К., Кучук-Яценко С.И., Четвертко А.И. и др. Технология сварки, пайки и резки / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Т.Ш. Машиностроение, 2006. – С. 222.

Статья поступила в редакцию 28 мая 2014 г.

WELD FORMATION AT ELECTRON BEAM WELDING OF HEAT-RESISTING ALLOY 20CR67NI5W4MO3TI1AL OF 6 MM THICKNESS

S.L. Isaev

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Optimal parameters of electron beam welding (EBW) of heat resistant alloy 20Cr67Ni5W4Mo3Ti1Al of 6 mm thickness, with a technological lining of 5 mm thickness without preheating were found. The influence of EBW regimes on defect formation was investigated. Propensity of 20Cr67Ni5W4Mo3Ti1Al alloy to the formation of defects was studied at welding speed of 3 and 5 mm/s. To evaluate the welding quality each of the samples was subjected to X-ray inspection, cutting, metallographic study with the definition of the geometric parameters of welds, microhardness and the defects presence. The obtained values of the welding parameters of butt connections provide the required quality and size of the weld.

Keywords: *electron-beam welding, heat-resistant alloy, welding speed, microhardness, optimum welding mode.*

Sergey L. Isaev, Postgraduate student.