

УДК 621.791.793

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ РЕМОНТНОЙ СВАРКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

В.Д. Кассов, проф., д.т.н., А.В. Иванык, асп.,
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

Аннотация. Выполнен анализ актуальности использования электрошлаковых технологий для ремонта деталей из среднеуглеродистых сталей. Исследована структура сварного шва и околошовной зоны на примере стали 35Л, а также приведены значения изменения твердости шва и прилегающих зон до и после проведения термообработки детали.

Ключевые слова: электрошлаковая сварка, сварной шов, ремонт, термообработка, твердость, структура.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ РЕМОНТНОМУ ЗВАРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

В.Д. Кассов, проф., д.т.н., Г.В. Іваник, асп.,
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Анотація. Виконано аналіз актуальності використання електрошлакових технологій для ремонту деталей із середньовуглецевих сталей. Досліджено структуру зварного шва й пришовної зони на прикладі сталі 35Л, а також наведено значення зміни твердості шва та прилеглих зон до і після проведення термообробки деталі.

Ключові слова: електрошлакове зварювання, зварений шов, ремонт, термообробка, твердість, структура.

IMPROVING THE QUALITY OF WELDS DURING REPAIR WELDING OF MEDIUM CARBON STEEL

V. Kassov, Prof., Dr., Eng. Sc., H. Ivanyk, postgraduate,
Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk

Abstract. The relevance of the use of electroslag technologies for repairing parts from medium carbon steels has been analyzed. The structure of the weld and the adjacent zone with steel 35L taken as an example has been investigated; variations in the weld hardness and adjacent zones prior to and after heat treatment of the details have been given.

Key words: electroslag welding, weld, repair, heat treatment, hardness, structure.

Введение

Развитие промышленного сектора страны, в том числе и отрасли машиностроения, влечет за собой рост требований, которые предъявляются к качеству выпускаемой продукции [1, 2].

В связи с этим возрастают и требования к сварочным технологиям, а именно электрошлаковым, которые являются одними из

наиболее широко распространенных технологических процессов машиностроительного комплекса [3].

В настоящее время электрошлаковая сварка начинает достаточно широко применяться для сложных ремонтных работ при восстановлении стальных деталей (имеющих большую толщину стенки в ремонтируемых участках) с разрушениями, расположенными по прямой линии, позволяющими выполнять

сварку в вертикальном положении шва. Применение электрошлаковой сварки особенно рекомендуют для ремонта и восстановления прямых участков валов приводных механизмов и двигателей и другого оборудования, имеющего круглое или прямоугольное сечение [4–8].

Современные условия ставят перед электрошлаковыми сварочными технологиями цель – выпуск экономичных сварных конструкций, отвечающих по своим конструктивным формам, механическим и физическим свойствам тому эксплуатационному назначению и условиям работы, для которых они создаются [1].

В связи с этим становится актуальным совершенствование всего цикла ремонтного процесса, выполняемого электрошлаковой сваркой, что возможно только при тщательной проработке режима сварки для определенного материала, а также исследование методов получения бездефектного соединения.

Анализ публикаций

Известные способы ремонтной сварки поврежденных деталей в ряде случаев, например, при заварке глухих дефектов, сложны и не обеспечивают качественного сплавления поверхности разделки с присадочным металлом, а также недостаточно приемлемы для их использования в реальных промышленных условиях [1].

Анализ литературных данных показал, что использование электрошлаковых технологий не только с целью создания новых сварных конструкций, но и с целью исправления дефектов и ремонта готовой продукции, представляется актуальным для современного машиностроения [1–4].

Получение качественного сварного соединения является основной задачей электрошлаковой сварки, поэтому совершенствование технологии сварки, оптимизация режимов и рациональный подход к выбору сварочных материалов является актуальным направлением для исследований [5–10].

Исходя из сказанного выше, представляет интерес изучение структуры сварного соединения с целью создания технологии, которая позволила бы получить качественное, безде-

фектное соединение, используя при этом метод термической обработки деталей.

Цель и постановка задачи

Целью работы является установка характера влияния термообработки на структуру шва и околошовных зон сварнолитых конструкций, выполненных электрошлаковой сваркой из стали 35Л.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- исследовать структуру шва и околошовной зоны и измерить изменение значений твердости вдоль шва сварного соединения, выполненного электрошлаковой сваркой, до и после проведения термообработки детали;
- установить характер влияния термообработки на структурное состояние металла в зоне шва и общее качество сварного соединения.

Материалы и результаты исследования

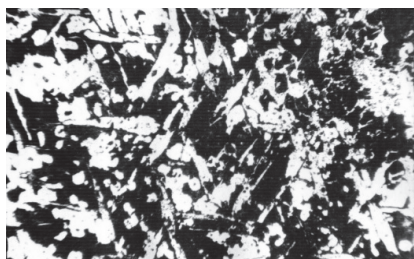
Главная задача, которая поставлена перед любым сварочным процессом, в том числе и перед электрошлаковой сваркой, состоит в получении сварного соединения, которое будет обладать теми же свойствами, что и свариваемый металл, и не иметь дефектов в виде трещин, пор, неметаллических включений и т.п. [1].

В результате происходящих при электрошлаковой сварке физико-химических процессов (образование жидких и далее твердых растворов, совместная кристаллизация, диффузия в твердом состоянии, перекристаллизация) значительно изменяется структура шва и околошовной зоны по сравнению с металлом, не подвергавшимся действию тепла сварки. Естественно, что при оценке прочности соединений приобретает большое значение структурное состояние металла в зоне шва [1, 2].

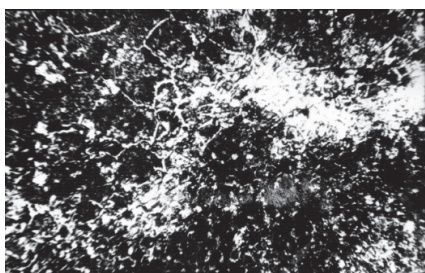
Для проведения исследования брались экспериментальные образцы из стали 35Л с дефектом в виде отверстия диаметром 50 м. В зонах расплавленного металла и термического влияния после сварки могут возникнуть самые разнообразные сочетания структур, характер которых зависит от многих факторов. Структурой металла определяются многие служебные свойства соединений, поэто-

му металлографический анализ шва и околошовных зон представляется очень важным.

На рис. 1 (а) представлена микроструктура основного металла, которая характеризуется наличием зерен перлита различных размеров, располагающихся скоплениями. Пластинки перлита легко дифференцируются под оптическим микроскопом. Феррит располагается по границам зерна в виде грубой сетки, а также отдельными скоплениями. Обнаруживаются игольчатые образования феррита по границам зерна перлита и реже – в виде пластин по зерну перлита.



а



б

Рис. 1. Микроструктура шва и околошовных зон после заварки глухого дефекта без термообработки (х400): а – основной металл; б – металл переходной зоны

В зоне сплавления трещины, микроскопические поры и другие дефекты, нарушающие сплошность, обнаружены не были, металл плотный. Переходная зона (рис. 1, б) обнаруживается по резкому измельчению зерна перлита и исчезновению пластинчатых образований феррита. Непосредственно вблизи сплавления имеется слой обезуглероживания и далее, ближе к наплавленному металлу, зона сплошного перлита шириной до 1,5 мм. Микроструктура наплавленного металла состоит из феррито-перлитной смеси. Феррит имеет форму столбчатых кристаллов, зерна перлита имеют типично дендритную форму. На нетравленных шлифах количество металлических включений не превышает норм существующих стандартов.

Неоднородность в свойствах сварного шва, околошовной зоны и основного металла встречается довольно часто и обусловлена различием в структуре, величиной зерна и другими причинами [1]. Сварочный термический цикл в околошовной зоне характеризуется нагревом металла до высоких температур и значительными скоростями охлаждения. При сварке среднеуглеродистых сталей происходит закалка околошовной зоны. Закаленная околошовная зона имеет более высокую твердость и пониженную пластичность по сравнению с основным металлом и сварным швом.

Измерение твердости сварного соединения осуществлялось по методу Виккерса. Сущность этого метода заключается во вдавливании в испытуемый материал правильной четырехгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями. Алмаз продавливает поверхность материала при нагрузках приблизительно 1200 Н, а размер отпечатка (не более 0,5 мм) измеряется на калиброванном микроскопе. Число Виккерса (HV) рассчитывается по формуле

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{D_2},$$

где F – приложенная нагрузка, Н; D_2 – площадь отпечатка, мм^2 .

Анализ графика твердости (рис. 2) показывает, что различие в твердости между наибольшей обнаруженной в зоне сплавления и твердостью основного металла стали 35Л составляет около 48 % (145 HV). Твердость наплавленного металла находится на уровне твердости стали 35Л.

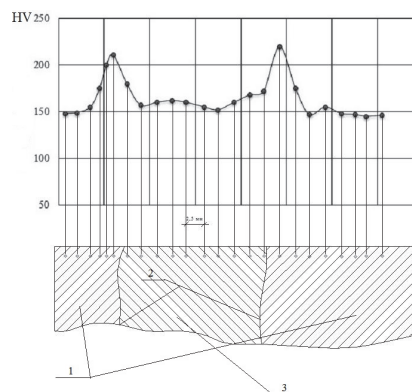


Рис. 2. Изменение твердости по отпечатку пирамиды вдоль диаметра сварного шва, не подвергнутого после сварки термообработке: 1 – основной металл; 2 – переходная зона; 3 – сварной шов

После проведения высокотемпературного отжига существенно изменяется микроструктура шва и наплавленного металла (рис. 3), в переходной зоне исчезает слой сплошного перлита, ослабляется явное дендритное строение наплавленного металла. Преимущественная ориентировка кристаллов заменяется структурой, характеризующейся зернами, которые по форме приближаются к полиэдрической.

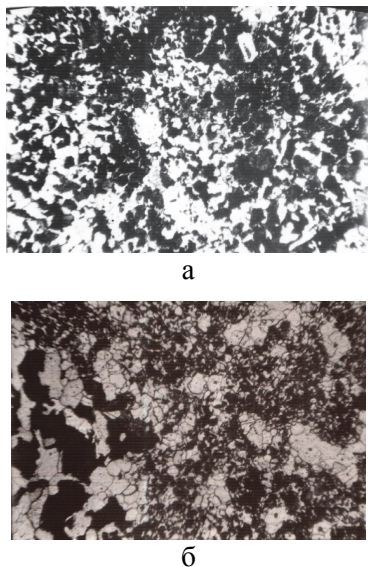


Рис. 3. Микроструктура шва и околошовных зон, подвергнутых после заварки глухого дефекта высокотемпературному отжигу (x400): а – основной металл; б – переходный металл

На рис. 4 приведена кривая изменения твердости шва и прилегающей зоны после высокотемпературного отжига. После термообработки происходит общее понижение твердости, особенно значительно снижается твердость в зоне перехода.

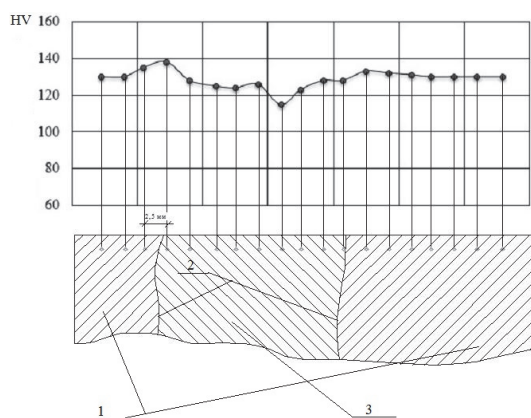


Рис. 4. Изменение твердости по отпечатку пирамиды вдоль диаметра сварного шва, подвергнутого высокотемпературному отжигу: 1 – основной металл; 2 – переходная зона; 3 – сварной шов

В результате отжига твердость шва, переходной зоны и основного металла практически нивелируется. Разница в твердости этих зон не превышает 10–12 %.

Результаты исследования использованы для заварки дефектов стального литья из стали 35Л в производственных условиях.

Выводы

Результаты исследования сварного шва и околошовной зоны соединения, выполненного из стали 35Л электрошлаковым способом, свидетельствуют о том, что металл шва и переходной зоны отличаются по составу, структуре и механической прочности, оцениваемой по твердости в сравнении с основным металлом.

Проведение после электрошлаковой сварки высокотемпературного отжига вызывает изменения в строении шва: уменьшается химическая неоднородность, исчезают зоны сплошного перлита и феррита.

Твердость шва и околошовных зон становится достаточно равномерной: различие не превышает 10–12 % и особенно полно нивелируются механические свойства сварнолитого соединения.

Литература

1. Семенов В.М. Изготовление крупных сварных конструкций с применением электрошлаковой сварки: монография / В.М. Семенов. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 228 с.
2. Электрошлаковая сварка и наплавка в ремонтных работах: монография / И.И. Сушук-Слюсаренко, И.И. Лычко, М.Г. Козулин, Семенов В.М. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
3. Семенов В.М. Экспрессные методы оценки и прогнозирования качества сварных соединений при электрошлаковой сварке / В.М. Семенов // Вестник ДГМА: сб. науч. тр. – 2010. – № 1 (18). – С. 279–284.
4. Иванык А. В. Анализ эффективности электрошлаковых технологий с учетом современных требований к производственным условиям / А. В. Иванык, В. М. Семенов. // Энерго- та ресурсосберегающие технологии при эксплуатации

- машин и оборудования: материалы 4-й межвузовской научно-технической конференции. – Донецк, 2012. – С. 41–43.
5. Olson D.I. Developments in property prediction for weld metal / D.I. Olson, E. Metz-bower, S. Liu and Y. D. Park. // Colorado school of Mines. Golden USA US Naval Research Laboratory. Welding Journal. – Washington. DC. USA, 2003. – November, 2003. – P.31–37.
6. Семенов В. М. Влияние легирующих элементов на склонность металла шва к образованию горячих трещин при электрошлаковой сварке / В. М. Семенов, В. Д. Кассов, Г. В. Иванык, С. М. Литвиненко // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – 2013. – №1 (30). – С. 149–152.
7. Semenov V.M. Manufacture of welded designs from the carbon and alloyed steels in machine building // V.M. Semenov, A.V. Ivanyk, M. Taric, V.S. Serif / Metallurgia international. – 2013. – №9, Vol. XVIII. – P. 59-64.
8. Кассов В.Д. Совершенствование электрошлаковых технологий в машиностроении / В.Д. Кассов, В.М. Семенов, А.В. Иванык // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы девятой международной научно-технической конференции. – Вологда, 2014. – С. 101–104.
9. Кассов В.Д. Совершенствование технологии электрошлаковой сварки легированных сталей / В.Д. Кассов, А.В. Иванык, Н.И. Цывинда // Вестник Криворожского национального университета: сб. науч. тр. – 2013. – Вип. 35. – С. 207-210.
10. Иванык А.В. Целесообразность использования электрошлакового процесса в тяжелом машиностроении / А.В. Иванык, В.М. Семенов, В.Д. Кассов // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве: материалы 4-й международной научно-технической конференции. – Краматорск, 2013. – С. 118–120.
- Рецензент: С.А. Лузан, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 3 июня 2014 г.
-