

за механизмов, в составе которых присутствуют группы Ассура третьего класса.

Список литературы

1. **Зиновьев В.А.** Аналитические методы определения положений механизмов высоких классов. – В кн.: Тр. семинара по ТММ. М.: Из-во АН СССР, 1949, с. VI, вып. 22, с. 61-74.
2. **Пейсах Э.Е., Акрамов Б.Н.** Аналитический обзор исследований в области структуры, кинематики и применения плоских рычажных механизмов высоких классов. Тадж. политехн. ин-т. Душанбе, 1983. 101 с. Рукопись деп. в ТаджНИИТИ Госплана ТаджССР, № 52(258), Та-Д83.
3. **Пейсах Э.Е.** Определение положений звеньев трехповодковой и двухповодковой четырехзвенных групп Ассура с вращательными парами. – Машиноведение, 1985, № 5, с. 55-61.
4. **Байгученков Ж.Ж., Джолдасбеков У.А., Казыханов Х.Р.** Опередделение числа сборок групп Ассура высоких классов с неравномерно распределенными поводками с одной ведущей точкой. – В кн.: Тр. Каз. фил. семинара по ТММ. Алма-Ата: Из-во Каз. ун-та, 1977, с. 21-29.
5. **Левитская О.Н. и Левитский Н.И.** Курс теории механизмов и машин. Учебн. для вузов. М., "Высшая школа", 1978.
6. **Мацюк І.М., Шляхов Е.М.** Метод аналітичного дослідження механізмів у програмному продукті Mathcad. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2008». Том 3. Технические науки. - Одесса: Черноморье, 2008.
7. **Мацюк І.М., Шляхов Е.М.** Геометричний аналіз механізмів у програмі Mathcad. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2009». Том 3. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2009. С. 10-14.
8. **Мацюк И.Н., Третьяков В.М., Шляхов Э.М.** Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов с помощью программы Mathcad. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 1. Том 10. - С. 65-70.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.13

УДК 621.791.793

В.Д. КАССОВ, д-р техн. наук, проф., А.В. ИВАНЬК, аспирант,
Донбасская государственная машиностроительная академия,
Н.И. ЦЫВИНДА, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Криворожский национальный университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Определены основные факторы, которые оказывают влияние на качество крупнотоннажных литых заготовок типа вала. Предложен способ создания заготовки вала с использованием электрошлаковых технологий. Рассмотрен процесс изготовления литой заготовки. Произведен выбор сварочных материалов, обеспечивающий химический состав шва близкий составу основного металла. Выполнен анализ макроструктуры металла сварного соединения.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Повышение качества крупных заготовок типа валов и снижение их себестоимости за счет применения ресурсосберегающих технологий, при их изготовлении, позволяет предприятиям тяжелого машиностроения успешно реализовывать свою продукцию на рынке. Это особенно актуально при создании крупногабаритных деталей, производство которых связано с большими энерго- и трудозатратами. Производство таких слитков представляет определенные технические и технологические трудности для большинства как отечественных, так и зарубежных предприятий [1,2]. Таким образом, одним из направлений по совершенствованию технологии изготовления крупногабаритных изделий тяжелого машиностроения, таких как валы, является использование более прочных конструкционных материалов и технологии электрошлаковой сварки. Существенное влияние на качество сварного соединения оказывает выбранный технологический режим электрошлакового процесса [3].

Анализ исследований и публикаций. При создании крупногабаритных деталей типа валов электрошлаковая сварка нашла широкое применение. Весомый вклад в развитие и совершенствование электрошлаковых технологий внесли такие отечественные ученые, как Патон Б.Е., Сузук-Слюсаренко И.И., Семенов В.М., Ерегин Л.П., Мейрамов Г.Г. и др. Исследованием проблемы электрошлаковой сварки валковых сталей активно занимался Семенов В.М.,

которым была разработана технология сварки этих сталей и были предложены некоторые способы устранения остаточных дефектов [1-5]. Однако проблема создания высококачественных крупных сварных деталей из легированных сталей окончательно так и не решена, и приобретает все большую актуальность в современном тяжелом машиностроении.

Постановка задачи. Крупногабаритные валы нашли широкое применение в прокатном, роторном, гидротехническом и многих других видах тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения. Для их изготовления используют специальные легированные стали - валковые. К ним относят такие марки сталей, как 90ХФ, 9Х1, 55Х, 60ХН, 7Х2СМФ, 9Х2МФ и др.

В связи с большой толщиной свариваемого сечения рекомендуется использование электрошлаковой сварки для соединения металла и создания готового изделия. Такие заготовки характеризуются нетрудоемким и энергосберегающим способом изготовления с высоким выходом годного материала [2,3]. Учитывая, что стали, содержащие легирующие элементы при высоком содержании углерода обладают плохой свариваемостью и поэтому в сварных конструкциях, как правило, не применяются, основной задачей является разработка мер, предупреждающих образование горячих трещин в шве и закалочных трещин в околошовной зоне. Кроме этого, необходимо произвести выбор сварочных материалов, обеспечивающий химический состав шва близкий составу основного металла. Рассмотреть технологию изготовления литых заготовок под электрошлаковую сварку и внести предложения по ее совершенствованию, таким образом, весь процесс создания готового изделия подвергнуть абсолютному контролю, что позволит максимально уменьшить вероятность возникновения остаточных деформаций в сварном соединении.

Изложение материала и результаты. Целью настоящей работы стояло разработка технологии электрошлаковой сварки литой заготовки из стали 9Х2МФ, которая применяется для изготовления валов, преимущественно прокатных станов.

Исходный металл (сталь 9Х2МФ) выплавляли в дуговой электропечи на свежей шихте с окислением из расчета получения по расплавлению 1,15-1,30 % С, не более 0,40 % Ст. Часть плавок проводили с микролегированием 30 %-м ферротитаном, который присаживали на струю металла при выпуске из печи; температура металла в ковше составляла 1580-1600 °С.

При изготовлении опытных образцов заготовок конуса дробилки для защиты металла от вторичного окисления использовали теплоизолирующую смесь из портландцемента, нефелинового концентрата, плавикового шпата, силикатной глыбы и аморфного графита. После прекращения подачи металла в кристаллизатор проводили электрошлаковый обогрев головной части заготовки тремя графитизированными электродами в течение 45-50 мин.

При разливке металл в кристаллизаторе продували аргоном через наружную форму, поверхность которой покрывали огнеупорной глиной; для защиты формы от расплавления теплоизолирующей смеси в кристаллизаторе ее дополнительно изолировали графитошамотной трубкой. Продувка проходила устойчиво, нарушений хода разливки не наблюдали. Анализ электрических параметров отлитых заготовок показал, что профиль заготовок, независимо от технологии разливки, правильный, изгиб заготовок отсутствует. Поверхность заготовок была без видимых дефектов (поясов, заворотов корки, плен и шлаковых включений).

В макроструктуре заготовок, отлитых без продувки аргоном, в осевой зоне выявляется несплошность в виде чередующихся пор мелких разориентированных трещин шириной до 90 мм в направлении поперечного сечения заготовки. Протяженность зоны столбчатых кристаллов составляет 85-95 мм. Макроструктура заготовок, отлитых с продувкой аргоном, достаточно плотная, со слабо выраженной пористостью в осевой зоне, рассредоточенной на большой объем заготовки, в направлении поперечного сечения заготовки. Зона столбчатых кристаллов на 20 % меньше, переходит в развитую зону мелких разориентированных и равноосных кристаллов (до оси заготовки). Ликвации серы на серных отпечатках не выявляются.

Микролегирование титаном не оказало существенного влияния на качество макроструктуры и другие характеристики отлитых заготовок.

Отклонение отковшевой пробы по марганцу, кремнию, хрому молибдену и ванадию, независимо от технологии разливки, не превышает 0,06 %, в том числе в осевой зоне заготовок. Ликвация углерода в заготовках, отлитых без продувки металла аргоном, особенно в осевой зоне, достигает 0,14 %; при продувке аргоном она снижается до 0,09 %.

Основным видом неметаллических включений в заготовках, независимо от технологии ли-

тя, являются оксиды размером до 60 мкм; в заготовках, отлитых без продувки аргоном, встречаются включения и более крупных размеров (70-120 мкм) с преобладающим распределением их по поверхности отливой заготовки. Содержание оксидов увеличивается от края заготовки к центру и при отливке заготовок без продувки аргоном и с аргоном не превышает соответственно 0,084 и 0,038 % объема.

Аналогично распределены в заготовках и сульфиды, их содержание составляет 0,061 % и 0,042 % объема.

Концентрация кислорода и азота в заготовках, отлитых без продувки аргоном, повышается от края заготовки к центру; их содержание в осевой зоне - 0,0031 % и 0,015 % соответственно. Концентрация кислорода и азота в заготовках, отлитых с продувкой аргоном, от края к центру заготовки практически не изменяется и составляет 0,00235 и 0,0125 %.

Плотность металла заготовок, отлитых без продувки аргоном и с аргоном, составляет 7,778-7,793 и 7,792-7,798 г/см³ соответственно.

Плотность металла заготовок, отлитых без продувки аргоном, снижается от края к центру; при продувке аргоном практически не изменяется. Отлитые по выше описанной технологии заготовки поступали на сварку (рис. 1).

Для получения шва, близкого по химическому составу основному металлу, в качестве электродов применяли пластины из основного металла и нейтральный флюс АНФ-6. Во избежание появления в околошовной зоне закалочных трещин перед и в процессе сварки заготовки подогревали до 150-200 °С.

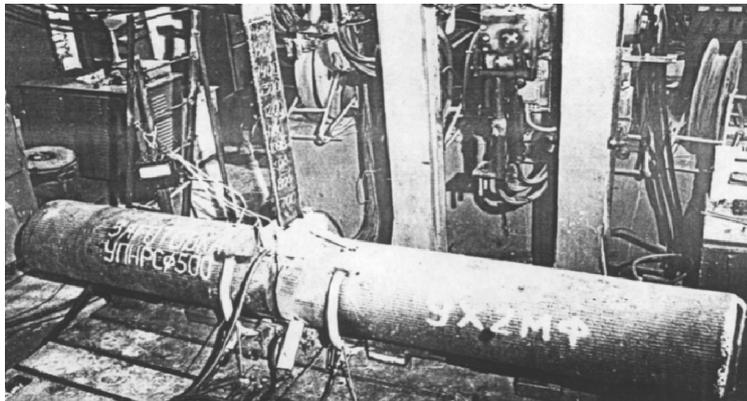


Рис. 1. Заготовка типа вала, собранная под электрошлаковую сварку

После сварки, не охлаждая свариваемый стык, сваренную заготовку подвергали термической обработке – отпуску для снятия напряжений. Макроструктура металла сварного соединения была плотной, без трещин и других дефектов. Металлографические исследования показали, что основной металл, шов и околошовная зона имеют структуру зернистого и пластинчатого перлита с величиной зерна 6, 4 и 3 балла (рис. 2).

Химический состав шва близок к составу свариваемых заготовок; отклонения по химическому составу металла шва и основного металла не превышают 0,40 %, что при небольшом объеме шва не вызывает отклонений химического состава заготовки от

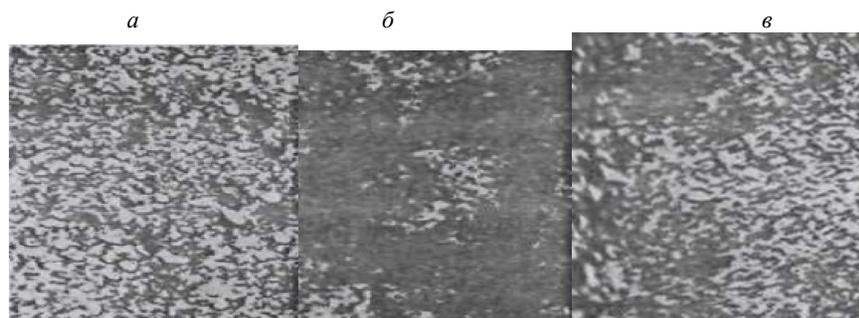


Рис. 2. Микроструктура сварного соединения стали 9X2MФ (x 100): а - основной металл; б - околошовная зона; в - шов

требуемого.

Выводы и направление дальнейших исследований. Был разработан технологический процесс создания крупных заготовок из валковых сталей (9X2MФ), полученных литьем с применением электрошлаковых технологий. Вместо металлических прокладок «сухарей» предложено вставлять в зазор между кромками стальные трубки, позволяющие уменьшить жесткость сварного соединения и опасность образования трещин. Для уменьшения появления холодных трещин в околошовной зоне рекомендованы тепловые режимы предотвращающие образование закалочных структур.

Направление дальнейших исследований - изучение влияния других факторов (легирующих элементов, режимов сварки, способа создания заготовки, материала электродов) на качество сварного соединения и разработка технологии электрошлаковой сварки крупнотоннажных деталей из валковых сталей с учетом существующих проблем в этой области.

Список литературы

1. **Olson D.I.** Developments in property prediction for weld metal. / D.I. Olson, E. Metzbower, S. Liu and Y. D. Park. // ColoradoschoolofMines. GoldenUSAUSNavalResearchLaboratory. Welding Journal. –Washington. DC. USA, 2003. – November, 2003. – P.31-37.
2. **Semenov V. M.** Manufacture of welded designs from the carbon and alloyed steels in machine building. / V. M. Semenov, Ivanyk A. V., Taric M., Serif V. S. //Metalurgia international. – 2013. –№9 (vol. XVIII). – P. 59-64.
3. **Семенов В. М., Чигарев В. В., Кассов В. Д.** Электрошлаковая технология в тяжелом и транспортном машиностроении: Монография. – Краматорск: ДГМА, 2013. – 223 с.
4. **Иванык А. В.** Анализ эффективности электрошлаковых технологий с учетом современных требований к производственным условиям. / А. В. Иванык, В. М. Семенов. // Материалы 4-й межвузовской научно-технической конференции «Энерго- та ресурсосберегающие технологии при эксплуатации машин и оборудования». – Донецк, 2012. – С. 41–43.
5. **Семенов В. М.** Технология ремонта трещин в станине ножниц слябинга. / В. М. Семенов, А. В. Иванык, В. Д. Кассов, В. К. Заблоцкий. // Сб. научных трудов «Надежность инструмента и оптимизация технологических систем». – Краматорск, 2012. – Вып. №31. – С. 174-179.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 681.5: 681.3 (078.3)

В.П. ХОРОЛЬСКИЙ¹, д-р техн. наук, проф., Т.В. ХОРОЛЬСКАЯ, старший преподаватель ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ФЛОТАЦИЕЙ

Разработана интеллектуальная система диагностики процесса управления флотацией, в состав которой входит экспертная система с алгоритмическим, функциональным и локальным уровнями контроля.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Современные системы управления процессами флотации являются примером сложных распределенных во времени последовательно-параллельных процессов. Они образуют программно-информационную среду, требующую от системы управления решения достаточно большого набора логико-вычислительных задач, связанных со сбором и обработкой большого (до 100 параметров) объема информации, принятия решений с использованием сложноструктурированных данных и планированием производства суперконцентрата в многокомпонентной среде. В этих условиях проблемы управления флотационными процессами обогащения требуют дополнительных исследований с точки зрения построения систем управления как интеллектуальных систем.

Анализ исследований и публикаций. Анализ существующих инновационных разработок АСУТП обогатительных и флотационных фабрик, опубликованных за последние десять лет [1], [2,3] свидетельствуют о том, что при соблюдении экологического стандарта ISO 14000 и производства *n*-сортов концентрата заданного качества с минимизацией дисперсии массовой доли железа в суперконцентрате необходимо:

широко внедрять экспертные системы управления сложными технологическими процессами флотации руд;

создать автоматизированные технологические комплексы управления прибылью (на верхнем концептуальном уровне) и адаптивные системы управления обогатительной фабрикой на базе программно-технических средств широко известных компаний GeneralElectric и GEFanuc, НПП «Буревестник», НПО «Спектрон», ОАО «Союз ЦМА», АОЗТ «Механобр инжиниринг», ЗАО «Технолинк» компании Siemens, Outokumpu[4];

эффективно и комплексно контролировать характеристики хвостов и своевременно реагировать на изменения параметров окружающей среды [4], путем согласованного управления процессом производства концентрата магнитного обогащения и отделения флотации;