

УДК 669.187.26

Канд. техн. наук Билоник И. М.¹, Давидченко С. В.², Билоник Д. И.¹, канд. техн. наук
Шумикин С. А.¹, Кононенко А. В.¹,¹ Запорожский национальный технический университет² ЧАО «Днепроспецсталь»; г. Запорожье

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВОК ЗАПОРНОГО КЛАПАНА ИЗ СТАЛИ 08X18H10T МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ВЫПЛАВКИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПОДОГРЕВОМ РАСХОДУЕМОГО ЭЛЕКТРОДА (ЭШВ+ДП)

Цель работы. Получить методом электрошлаковой выплавки с дополнительным плазменно-дуговым подогревом расходного электрода (ЭШВ+ДП) заготовку клапана из стали 08X18H10T. Определить параметры процесса и исследовать качество литого металла заготовки клапана.

Методы исследования. Электронная фиксация технологических параметров плавки (ток, напряжение, скорость подачи электрода, расход электроэнергии). Макро- и микроанализ структуры отливки. Металлографический метод определения объемной доли неметаллических включений. Механические испытания.

Полученные результаты. Установлено, что дополнительный плазменно-дуговой подогрев расходного электрода во время электрошлаковой выплавки позволяет увеличить допустимую скорость наплавления слитка до 20 %, снизить при этом удельный расход электроэнергии на 15–17 %. Качество металла полученной заготовки клапана полностью отвечает требованиям ГОСТ 5632-72, ГОСТ 25054-81.

Научная новизна. Впервые показана возможность повышения технико-экономических показателей электрошлакового процесса при сохранении свойств качества металла. Способ ЭШВ+ДП защищен авторским свидетельством.

Практическое значение. На основании приведенных в статье данных можно значительно расширить сферу применения технологии ЭШВ+ДП для получения широкой номенклатуры деталей.

Ключевые слова: электрошлаковая выплавка, плазменно-дуговой нагрев, макроструктура, микроструктура, механические свойства.

Введение

Электрошлаковое литье нашло широкое применение в машиностроении для изготовления ответственных деталей. В частности, литые заготовки коленчатых валов судовых дизелей [1], бандажи цементных печей [2], валки станов горячей и холодной прокатки [3]. Особенно следует отметить применение электрошлакового литья для получения из нержавеющей сталей деталей запорной арматуры для атомных станций [4]. Это свидетельствует о высокой технологичности электрошлакового процесса и высоком качестве литого металла.

Процесс электрошлакового литья или же электрошлаковой выплавки постоянно совершенствуется. Появляются новые технологические решения, обеспечивающие повышение как технико-экономической эффективности данного процесса, так и улучшение качества литого металла. Одним из таких решений является подогрев расходного электрода во время плавки дополнительным источником тепла [5, 6]. Как показано в работе [6], при помощи дополнительного подогрева расходного электрода можно изменять характер

оплавления электродного торца. В частности, формировать зоны дополнительного каплеобразования.

Постановка задачи

Опробовать технологию ЭШВ+ДП для получения заготовок запорного клапана из стали 08X18H10T. Исследовать возможность повышения скорости наплавления слитка и снижения удельного расхода электроэнергии.

Основная часть исследований.

Объектом исследования выбрали заготовку запорного клапана из стали 08X16H10T, представляющую по форме фасонную отливку. Высота заготовки переходника – 290 мм, диаметр верхней части – 150 мм, нижней – 225 мм, высота конусообразной части – 100 мм, масса заготовки – 48 кг. Для выплавки заготовок по опытной технологии электрошлаковую установку ЭШП-0,25 дополнительно оборудовали плазменно-дуговым нагревателем. Мощность подогрева определяли по методике работы [6]. Плавки проводили с использованием флюса АНФ-6. Расходным электродом служили штан-

ги диаметром 10 см из стали 08X18H10T следующего химического состава: углерод – 0,08 %; кремний – 0,70%; марганец – 1,35 %; никель – 10,40 %; хром – 17,66 %; титан – 0,53 %; сера – 0,009 %; фосфор – 0,0028 %.

Параметры плавок ЭШВ с дополнительным плазменно-дуговым подогревом расходоуемого электрода и ЭШВ по серийной технологии приведены в таблице 1. Установлено, что при мощности дополнительного подогрева 16 кВА скорость наплавления отливки увеличилась на (15–17) % по сравнению с серийной технологией.

Таблица 1 – Параметры плавок ЭШВ + ДП по серийной технологии при выплавке заготовок запорного клапана

Вариант технологии	Мощность на шлаковой ванне, кВА	Мощность подогрева, кВА	Скорость наплавления слитка, 10 ⁻² кг/с
ЭШВ + ДП	90	16	1,80
ЭШВ	90	–	1,55

Заготовки, полученные методом ЭШВ + ДП, показаны на рис. 1. Состояние поверхности опытных отливок удовлетворительное. Поверхность достаточно гладкая, пережимы, гофры, наплывы или же какие-либо другие поверхностные дефекты отсутствовали.

Химический состав заготовок, полученных методом ЭШВ + ДП, полностью соответствует требованиям ТУ 108-668-77 (табл. 2).

Макроструктуру заготовок изучали на продольных темплатах, вырезанных в плоскости, проходящей через центр отливок. На рис. 2 представлена типичная макроструктура отливки, полученной методом ЭШВ + ДП. Как видно, по всему сечению темплата литой металл плотный и однородный, дефекты ликвационного и усадочного происхождения отсутствуют.

Таблица 2 – Химический состав заготовок запорного клапана из стали 08X18H10T, полученных методом ЭШВ+ДП

Объект исследования	Место отбора проб	Содержание химических элементов, %							
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Ti	S	P
Заготовка клапана	Верх отливки	0,06	0,62	1,32	10,42	17,33	0,44	0,006	0,023
	Середина отливки	0,07	0,60	1,30	10,38	17,28	0,45	0,005	0,023
	Низ отливки	0,07	0,63	1,35	10,40	17,30	0,48	0,005	0,023
Требования ТУ 108-668-77	–	<u>н.б.</u>	<u>н.б.</u>	<u>1,0</u>	<u>9,0</u>	<u>17,0</u>	<u>5·С</u>	<u>н.б.</u>	<u>н.б.</u>
		0,08	0,8	2,0	11,0	19,0	0,60	0,02	0,035

Таблица 3 – Твердость литых заготовок клапанов из стали 08X18H10T, полученных методом ЭШВ + ДП и ЭШВ

Вариант технологии	Твердость (НВ) литой стали		
	Край отливки	Половина радиуса	Центр отливки
ЭШВ + ДП	150	147	141
ЭШВ	150	143	135

Столбчатые кристаллы имеют радиально-осевую направленность с углом наклона (0,61–0,69) рад. В результате сравнительных исследований неоднородности было установлено, что изменение твердости по радиусу опытных заготовок не превышает (4–7) %. В отливках серийной технологии твердость снижается от края к центру более значительно по сравнению с опытным металлом (табл. 3).



Рис. 1. Заготовки запорного клапана из стали 08X18H10T, полученные методом ЭШВ+ДП



Рис. 2. Макроструктура заготовки запорного клапана из стали 08X18H10T, полученного методом ЭШВ + ДП

Величина первичного зерна в опытных отливках на (12–15) % меньше, чем в серийных. Серные отпечатки, снятые с продольных темплетов опытных заготовок, свидетельствуют о низком содержании серы и её равномерном распределении по объёму полученных заготовок запорных клапанов.

Микронеоднородность заготовок клапанов оценивали по количеству и характеру распределения δ -феррита в литой стали. Установлено, что в серийных отливках количество δ -феррита возрастает от края к центру слитка в 2,5–2,6 раза и, соответственно, составляет: на краю отливки – (0,9–1,1) %, на половине радиуса – (1,5–1,7) %, на оси слитка – (2,3–2,9) %. В опытных заготовках в краевой зоне количество δ -феррита было практически таким же. Однако на половине радиуса и в центре заготовки содержание δ -феррита уменьшилось, соответственно, на (12–15) % и (14–18) %.

Таким образом применение дополнительного плазменно-дугового подогрева расходоуемого электрода при ЭШВ заготовок деталей из стали 08X18H10T обеспечивает снижение микронеоднородности литого металла.

Результаты сравнительного исследования загрязнённости неметаллическими включениями заготовок клапанов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание неметаллических включений в заготовках клапанов из стали 08X18H10T, полученных методом ЭШВ + ДП и ЭШВ

Вариант технологии	Содержание неметаллических включений, объёмный процент			
	Оксиды	Сульфиды	Нитриды	Всего
ЭШВ + ДП	0,0050–0,0061	0,0018–0,0023	0,0238–0,0246	0,0306–0,0339
ЭШВ	0,0062–0,0069	0,0018–0,0020	0,0202–0,0219	0,0282–0,0308

Таблица 5 – Механические свойства металла заготовок клапанов из стали 08X18H10T, полученных ЭШВ + ДП и ЭШВ

Вариант технологии	Механические свойства			
	σ_m , МПа	σ_e , МПа	δ , %	ψ , %
ЭШВ + ДП	280–310	490–520	52–60	56–67
ЭШВ	270–290	460–480	54–60	52–65
ТУ 108-668-77	195	450	40	55

Список литературы

1. Электрошлаковое литье в производстве коленчатых валов крупных судовых дизелей / Б. И. Медовар, Г. А. Бойко, Л. В. Попов и др. // Проблемы специальной металлургии. – 1979. – Вып. 11. – С. 41–43.
2. Электрошлаковый металл / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара – К. : Наукова думка, 1981. – 680 с.
3. Электрошлаковая технология в тяжелом и металлургическом машиностроении / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, В. Н. Саенко и др. // Электрошлаковая технология. – К., 1983. – С. 61–69.
4. Рабинович В. И. Электрошлаковая выплавка заготовок энергетической арматуры для АЭС / В. И. Рабинович,

Из представленных данных следует, что в опытных отливках несколько снижается содержание оксидных включений, а объёмная доля сульфидов не превышает уровня серийного металла. Содержание нитридных включений в заготовках клапанов, полученных методом ЭШВ + ДП, было на (15–18) % выше, чем в серийных отливках.

Проведенные испытания показали, что механические свойства стали 08X16H10T отливок клапанов, полученных методом ЭШВ + ДП, полностью отвечают требованиям ТУ 108-668-77 (табл. 5).

Предел прочности и предел текучести опытных заготовок клапанов увеличился на (20–40) МПа по сравнению с серийным металлом. Характеристики пластичности (δ и ψ) соответствовали уровню серийного металла.

Выводы

Таким образом по сравнению с серийными отливками, заготовки запорных клапанов из стали 08X18H10T, полученные методом ЭШВ + ДП, обладают более высокой однородностью и прочностью, что в конечном итоге способствует повышению надежности и долговечности конкретного изделия. При этом, дополнительный плазменно-дуговой подогрев расходоуемого электрода увеличивает производительность плавки на (14–16) %.

Ю. Н. Кригер, О. С. Карпов // Энергомашиностроение. – 1984. – № 9. – С. 25–26.

5. А. с. № 1028075 СССР, МКИ³ В22Д 15/00. Способ электрошлакового переплава / В. С. Попов, Б. С. Сперанский, В. Н. Гордиенко, И. М. Билоник, Н. В. Стеценко.
6. Билоник И. М. Влияние дополнительного плазменно-дугового подогрева расходоуемого электрода на характер каплеобразования на электродном торце при электрошлаковом переплаве / И. М. Билоник, Н. А. Калинин, П. К. Штанько // Вісник СевНТУ : сб. наук. праць. – Вип. 137/2013. – Серія «Механіка, енергетика, екологія». – Севастополь, 2013.

Одержано 08.02.2019

Білоник І.М., Давидченко С. В., Білоник Д. І., Шумикін С. О., Кононенко А. В. Отримання заготовок запірного клапана зі сталі 08X18H10T методом електрошлакової виплавки з додатковим підігрівом електрода, що витрачається (ЕШВ + ДП)

Мета роботи. Отримати методом електрошлакової виплавки з додатковим плазмово-дуговим підігрівом електрода, що витрачається, (ЕШВ + ДП) заготовку клапана зі сталі 08X18H10T. Визначити параметри процесу і дослідити якість литого металу заготовки клапана.

Методи дослідження. Електронна фіксація технологічних параметрів плавки (струм, напруга, швидкість подачі електрода, витрата електроенергії). Макро- і мікроаналіз структури вилки. Металографічний метод визначення об'ємної частки неметалічних включень. Механічні випробування.

Отримані результати. Встановлено, що додатковий плазмово-дуговий підігрів електрода, що витрачається, під час електрошлакової виплавки дозволяє збільшити допустиму швидкість наплавлення злитка до 20 %, знизити при цьому питому витрату електроенергії на 15–17 %. Якість металу отриманої заготовки клапана повністю відповідає вимогам ГОСТ 5632-72, ГОСТ 25054-81.

Наукова новизна. Вперше показана можливість підвищення техніко-економічних показників електрошлакового процесу при збереженні властивостей якості металу. Спосіб ЕШВ + ДП захищений авторським свідоцтвом.

Практичне значення. На підставі наведених у статті даних можна значно розширити сферу застосування технології ЕШВ + ДП для отримання широкої номенклатури деталей.

Ключові слова: електрошлакова виплавка, плазмово-дуговий нагрів, макроструктура, мікроструктура, механічні властивості.

Bilonik I., Davidchenco S., Bilonik D., Shumikin S., Kononov A. Receiving billets of shut valve from steel 08X18H10T method of electroslag smelting with additional heating of the consumable electrode (ESS + AH)

Purpose. To obtain by the method of electroslag smelting with additional plasma-arc heating of the consumable electrode (ESS + AH) billet of valve from steel 08X18H10T. Determine the process parameters and examine the quality of the cast metal billets of valve.

Research methods. Electronic fixation of melting technological parameters (current, voltage, electrode feed rate, power consumption). Macro and microanalysis of the casting structure. Metallographic method for determining the volume fraction of non-metallic inclusions. Mechanical testing.

Results. It was established that additional plasma-arc heating of the consumable electrode during electroslag smelting can increase the allowable fusion rate of the ingot to 20%, while reducing the specific power consumption by 15–17 %. The quality of the metal obtained billet of valve fully meets the requirements of GOST 5632-72, GOST 25054-81.

Scientific novelty. For the first time, the possibility of improving the technical and economic indicators of the electroslag process while maintaining the quality properties of the metal is shown. The way ESS + AH is protected by copyright certificate.

Practical meaning. Based on the data provided in the article, it is possible significantly expand the scope of application of ESS + AH technology to obtain a wide range of parts.

Key words: electroslag smelting, plasma-arc heating, macrostructure, microstructure, mechanical properties.
