



Заключение

Времена, когда техника и технология ЭШП в Украине (и России) были предметом пристального внимания со стороны зарубежных коллег, не ушли в прошлое полностью. Такие отечественные разработки, как переплав по двухконтурной схеме, дугошлаковый переплав, ЭШП без расходоуемых электродов и получение биметаллов при ЭШП, по-прежнему не имеют аналогов в мире [9]. Вместе с тем в конструкции печей и практике ЭШП намечилось существенное отставание, требующее коренных перемен. Приведенные в данной статье сообщения о направлениях реконструкции печей ЭШП и совершенствовании технологии ЭШП проходят в настоящее время всестороннее обсуждение и планируются к реализации.

1. Moll M. Update on the Markets for Superalloys and Specialty Steels // Proc. of Remelting and Forging Symp. (Shanghai, maj 2010). — Shanghai: Inteco, 2010. — P. 46–72.
2. Печи электрошлакового переплава // www.consarc.com
3. ALD Vacuum technologies High Tech is our business // web.ald-vt.de
4. Xingtai unbekzeichnet FAC // www.inteco.at

5. An advanced pressurized electroslag remelting process approach at laboratory scale / H. Scholz, U. Biebricher, A. Carosi, D. Rossi // Proc. of 7-th Intern. conf. of high nitrogen steels 2004 (Ostend, Belgium, Sept. 19–22, 2004). — Ostend, 2004. — P. 317–322.
6. О новом подходе к конструкции камерных печей ЭШП / Л. Б. Медовар, А. А. Троянский, В. Я. Саенко и др. // Современ. электрометаллургия. — 2005. — № 2. — С. 15–17.
7. Двухконтурная схема электрошлакового переплава расходоуемого электрода / А. К. Цыкуленко, И. А. Ланцман, А. В. Чернец и др. // Там же. — 2000. — № 3. — С. 16–20.
8. Karicha A. Selected Numerical Investigation on ESR Process // Proc. LMPC-2007 (Nancy, France, Dezember, 2007). — Nancy, 2007. — P. 235–244.
9. Zhouhua J., Zhengbang L. The Latest Development Trend of Electroslag Metallurgy Technology National Electroslag Metallurgy Academic conf. Collections (Beijing, 2008). — Beijing, 2008. — P. 7–14.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
 «Элмет-Рол», Киев
 ПАО «Днепроспецсталь», Запорожье
 ГП «ОЗ СЭМ ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины», Киев
 Поступила 08.10.2012

УДК 669.187.526.001.57

КАЧЕСТВО СЛИТКОВ ЭШП, ВЫПЛАВЛЕННЫХ ИЗ ЭЛЕКТРОДОВ, СПРЕССОВАННЫХ ИЗ СТРУЖКИ АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

**В. А. Шаповалов, В. Р. Бурнашев, Ф. К. Биктагиров,
 Г. Ф. Мьяльница, М. А. Брагин, Д. В. Подьячев,
 В. Н. Пудиков, Д. В. Ботвинко**

Исследовано качество слитков ЭШП, выплавленных из расходоуемых электродов, полученных путем прессования стружки аустенитных нержавеющей сталей. Предложены технологические меры для повышения качества полученного металла. Даны рекомендации по его использованию.

Quality of ESR ingots, melted from consumable electrodes, produced by pressing austenitic stainless steel chips, was investigated. Technological measures have been suggested to improve the quality of produced metal. Recommendations are given for its application.

Ключевые слова: ЭШП; прессование; стружка сталей X18N10T и X18N9; расходоуемый электрод; слитки; качество; механические свойства

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан способ компактирования стружки способом полунепрерывного горячего прессования под током и создана опытно-промышленная установка [1–3]. Одним из достоинств

данного способа является угар из стружки остатков смазочно-охлаждающей жидкости при нагреве металла до высоких температур. Это позволяет использовать стружку без предварительной очистки от органических остатков механической обработки и таким образом сократить затраты на ее переработку (расход химических веществ на обезжиривание, площади под промыв и сушку стружки и т. д.).

© В. А. ШАПОВАЛОВ, В. Р. БУРНАШЕВ, Ф. К. БИКТАГИРОВ, Г. Ф. МЯЛЬНИЦА, М. А. БРАГИН, Д. В. ПОДЬЯЧЕВ, В. Н. ПУДИКОВ, Д. В. БОТВИНКО, 2012



Таблица 1. Химический состав выплавленных слитков

Номер слитка	Массовая доля элементов, %								Отклонения от ГОСТ 5632-72
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	
1	0,141	0,65	1,17	0,035	0,005	17,7	10,40	0,187	C, Ti
2	0,137	0,58	1,10	0,028	0,009	17,8	10,50	0,318	C, Ti
3	0,115	0,64	1,20	0,033	0,009	17,7	10,60	0,156	Ti
4	0,130	0,65	1,55	0,020	0,009	17,7	10,52	0,250	Ti
5	0,110	0,61	1,20	0,022	0,006	17,7	10,38	0,280	Ti
6	0,116	0,60	1,20	0,019	0,007	17,5	9,65	0,280	Ti
7	0,113	0,60	1,00	0,019	0,007	17,7	10,23	0,280	Ti
ГОСТ 5632-72	≤0,12 + 0,01	≤0,8	≤2,0	≤0,035	≤0,020	17,0... 19,0	(9,5... 10,5)+0,15	5-C-0,8	-

Таблица 2. Механических свойства металла поковок до и после термической обработки

Нормы	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$s_{0,2}$, МПа	δ , %	φ , %	KCU, МПа	HB, не более
По ГОСТ 25054-81	≥ 510	≥ 196	У 35	≥ 48	-	179
До термической обработки	608	461	34,5	64,5	0,185	187
	662	470	40,0	65,0	0,188	
После термической обработки	598	353	40,3	64,0	0,175	156
	627	363	48,0	68,5	0,175	

Примечание. Направление вырезки образца во всех случаях — продольное.

Проведенные ранее эксперименты по переработке смеси отходов нержавеющей стали 12Х18Н10Т и 12Х18Н9 показали, что при электрошлаковом переплаве (ЭШП) расходуемой заготовки, спрессованной из 100 % такой стружки, возможно получение качественного металла [4]. Выплавленные по предложенной технологии слитки ЭШП были детально исследованы в условиях предприятия НПО «Зоря»-«Машпроект», г. Николаев, где из них изготавливают изделия ответственного назначения.

Данные химического анализа состава металла образцов, отобранных из различных слитков, приведены в табл. 1. Как видно, во всех слитках пониженное, по сравнению с техническими требованиями на сталь 12Х18Н9Т, содержание титана. Это связано как с наличием в перерабатываемом металле безтитановой стали 12Х18Н9, так и с возможностью при ЭШП угара титана. Кроме того, в слитках № 1 и 2 содержалось повышенное количество углерода, что, по-видимому, связано с частичной загрязненностью стружки во время хранения и транспортировки сравнительно крупными неметаллическими включениями.

Из выплавленных слитков путем горячего деформирования по серийным технологиям подготовлены заготовки-поковки различных деталей с последующим их ультразвуковым контролем. При УЗК и механической обработке готовых деталей

(фланцы, кольца и т. д.) каких-либо дефектов не было выявлено.

Для определения механических свойств из поковок вырезали темплеты и изготовили два комплекта образцов (по два ударных и разрывных, вырезанных в продольном направлении). На одном комплекте образцов определили механические свойства без термической обработки, а на втором — после проведения термической обработки для установления соответствия их требованиям ГОСТ 25054-81 «Поковки из коррозионно-стойких сталей и сплавов» (табл. 2). Согласно результатам испытаний, механические свойства выплавленного металла удовлетворяют требованиям технических условий.

Для определения свариваемости выплавленного металла и оценки качества сварных соединений выполнили ручную аргоно-дуговую сварку (АДС) и электронно-лучевую сварку (ЭЛС) вырезанных из слитков пластин размером 195×5×180 мм. Для АДС использовали источник питания Aristotid 250 со сварочной горелкой ВТГ 150F, присадочную проволоку 06Х18Н9Т диаметром 2 мм, ток сварки 170 А. Оборудованием при ЭЛС служила установка УЛС-2 со сварочной аппаратурой ЭЛА-60/60.

После сварки была произведена термическая обработка образцов по следующему режиму: отжиг $T = (860 \pm 10)^\circ\text{C}$; время выдержки 2,5 ч, охлаждение на воздухе. Качество образцов после сварки контролировали двумя способами: путем внешнего ос-



Таблица 3. Механические свойства сварных соединений

№ образца (способ сварки)	σ_t	$s_{0,2}$	KCU	$\delta, \%$	$\varphi, \%$	НВ металла				
						основного	ЗТВ	шва	ЗТВ	основного
K2 (АДС)	647	436	0,18	32	72,4	187	196	196	196	187
K4 (ЭЛС)	637	431	0,18	28	51,6	187	196	196	196	187

мотра при увеличении δ и рентгеноконтроля шва. И в том, и другом случаях какие-либо дефекты не обнаружены.

Механические испытания сварных соединений (табл. 3) показали соответствие свойств хромоникелевой стали 12Х18Н10Т (табл. 2) нормам, заложенным для нее.

Выводы

1. На основании результатов исследований металла слитков ЭШП, выплавленных из спрессованной стружки аустенитных нержавеющей сталей, определено, что при указанной схеме переработки металлических отходов возможно получение качественных заготовок деталей основного производства 3–5-й групп контроля по ОСТ 100021.

2. Для обеспечения состава металла, соответствующего требованиям ГОСТ 5632–72, и исключения отклонений химического состава по углероду следует не допускать в стружке присутствия посторонних неметаллических материалов; тара для транспортировки стружки должна быть чистой; с целью исключения отклонений химического состава по титану необходимо строго контролировать сбор

стружки по маркам стали, не допуская их смешивания; скорректировать технологию ЭШП, компенсируя угар титана при переплаве.

3. Получение качественных сварных соединений на поковках из материала 12Х18Н10Т возможно как дуговым, так и лучевым способами сварки.

4. Полученные кованные заготовки деталей могут быть использованы в производстве с оформлением соответствующих документов.

1. *Получение* расходуемых электродов компактированием титановой губки под током / М. Л. Жадкевич, В. А. Шаповалов, В. С. Константинов и др. // Современ. электрометаллургия. — 2005. — № 3. — С. 64–67.
2. *Пат. 7997* Украина, МПК С 22 Вл/248. Спосіб компактування металеві шихти / Б. Є. Патон, М. Л. Жадкевич, В. О. Шаповалов та інші. — Оpubл. 10.08.2007; Бюл. № 2.
3. *Переработка* стружки жаропрочной стали ЭП-609Ш способом компактирования под электрическим током с последующим электрошлаковым переплавом / В. А. Шаповалов, В. Р. Бурнашев, Ф. К. Биктагиров и др. // Современ. электрометаллургия. — 2009. — № 3. — С. 43–45.
4. *ЭШП* электродов, спрессованных из стружки аустенитных нержавеющей сталей / В. А. Шаповалов, В. Р. Бурнашев, Ф. К. Биктагиров и др. // Там же. — 2011. — № 4. — С. 346–48.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 31.05.2012

V специализированная выставка «Металл. Оборудование. Инструмент-2013» (9–11 апреля 2013, г. Львов)

Тематика выставки:

- ☆ Машиностроение, автоматизация, робототехника
- ☆ Промышленность
- ☆ Строительство
- ☆ Металлургия, металлообработка, материаловедение

Тематические разделы: оборудование для обработки металла; металлорежущие станки и оснастка; металлорежущие инструменты; вспомогательное металлообрабатывающее оборудование; ручной инструмент для слесарных и монтажных работ; электроинструмент; метизы, изделия для соединения и крепления; трубы из черных, цветных металлов и сплавов; соединение элементов труб; арматура; провод, обработка провода, изделия из провода

E-mail: expolviv@gmail.com, www.expolviv.ua