



УДК 669.187.56.002.2

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭШП НА ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ «ДНЕПРОСПЕЦСТАЛЬ»*

**В. А. Лейбензон, С. С. Казаков, Е. И. Мошкевич,
Ю. Г. Габуев, Л. В. Фролов**

Отражена история развития ЭШП на заводе «Днепропетцсталь». Проведены работы по освоению новой продукции ЭШП в последние годы, в том числе долотных сталей, жаропрочного сплава ЭП915У, инструментальной стали Х12МФ. Освоено производство листовых слитков ЭШП без прокатки слябов-электродов на комбинате «Запорожсталь» путем прокатки слитков массой 4,36 т на блюминге завода на полосы-заготовки сечением 360×170 мм и дальнейшего их переплава методом расщепленного электрода. Проведен ряд работ по снижению себестоимости продукции, в частности, за счет повышения сквозного выхода годного металла, использования отработанных флюсов и др. Описаны направления дальнейших работ по модернизации печей, усовершенствованию технологии, снижению себестоимости продукции.

History of ESR progress at the «Dnepropetsstal Works» is described. The works were carried out on mastering the new ESR production during recent years including bit steels, heat-resistant alloy EP915U, tool steel Kh12MF. Production of slab ingots without rolling of slabs-electrodes was mastered at the «Zaporozhstal» concern by rolling 4.36 t mass ingot in the blooming mill for strips-billets of 360×170 mm and their further remelting using a split electrode method. Some works were carried out for reducing the cost of production, in particular at the expense of increasing the efficient metal output, application of used fluxes, etc. The trends of further works for modification of furnaces, improvement of technology, reduction of production cost are outlined.

Ключевые слова: электрошлаковый переплав; электрошлаковая печь; флюс; шлак; слиток; электрод; кристаллизатор; поковка; сляб

Вводом в эксплуатацию на заводе «Днепропетцсталь» первой промышленной электрошлаковой печи Р-909 в мае 1958 г. был дан старт бурному развитию электрошлакового переплава, а затем и электрошлаковой технологии в СССР и мире. Завод был полигоном для промышленных испытаний, реализации многих новаторских идей. За сравнительно короткий срок были изучены особенности процессов ЭШП, их физико-химические и электротехнические основы, сконструированы и построены различные типы электрошлаковых печей многоцелевого назначения, в которых были выплавлены слитки массой от 1 до 20 т. Глубокие исследования качества электрошлаковой стали показали ее фундаментальные преимущества.

Все это осуществлялось в развитие идей и под руководством академика Бориса Израилевича Медовара и сотрудников Института электросварки им. Е. О. Патона, руководимого академиком Б. Е. Патонем. Эрудиция и энергия Б. И. Медовара, его умение достигать поставленной цели позволили преодолеть косность, консерватизм и добиться быстрого и объемного внедрения ЭШП в металлургическую и машиностроительную промышленность, а металла ЭШП в авиакосмическую, электротехническую и атомную технику, судостроение и другие отрасли народного хозяйства с громадным экономическим эффектом.

На заводе созданы более десятка печей ЭШП различного типа, вплоть до ЭШП-20ВГ, бифилярный токоподвод, подвижный кристаллизатор, жидкий старт, тигель-ковш, дифференцированный режим, первые программаторы, соленоиды, парная комплек-

* Статья опубликована в сборнике докладов «Medovar memorial symposium», May 15–17, 2001, Kyiv, Ukraine.



тация электродов, новые флюсы, в том числе многокомпонентный повышенной основности, технология долегирования и модифицирования стали при ЭШП с помощью дозатора.

К работам по совершенствованию ЭШП, повышению качества металла и расширению марочного и профильного сортамента были привлечены ученые многих институтов: Запорожского машиностроительного, ЦНИИЧМ, ВИАМ, ВНИИЭТО, ЦНИИТМАШ, ЦНИИКМ «Прометей», «УкраинИспецсталь», ВНИИМатериаловедения, ВНИИ неорганических материалов, ЧелябинНИИМ, ВНИПП, ВНИИстали и др.

Были разработаны сквозные технологии: выплавка исходного металла под полуокислым шлаком и ЭШП на флюсе повышенной основности; получение суперрафинированной подшипниковой стали путем дуплекс-процесса ЭШП+ВДП; получение особо чистой листовой высокопрочной конструкционной стали типа 28ХЗСНМФА путем обработки исходной стали известково-глиноземистыми синтетическими шлаками; ЭШП при бифилярном токоподводе и т. д.

На заводе было осуществлено производство более 200 марок электрошлаковой стали объемом свыше 100 тыс. т. в год.

За последние годы объемы выплавки стали ЭШП значительно снизились, хотя сейчас с оживлением промышленного производства в странах СНГ отмечается увеличение заказов. Осуществляется и производство металла ЭШП на экспорт в дальнее зарубежье. Остро ощущается необходимость в проведении работ по освоению нового рынка марочного и профильного сортамента, по повышению качественных характеристик металла ЭШП и в особенности снижению его себестоимости, которая из-за больших расходов на электроэнергию, флюсы и др. и в связи со спадом производства превысила себестоимость металла ОДВ почти в 1,5 раза.

За последнее время на заводе было освоено производство сталей 14ХГН и 19ХГН для изготовления прутков для СП «Ивеко-Мотор Сич» (экспорт в Италию). Жесткие требования к прокаливаемости и чистоте по неметаллическим включениям, ограничения по остаточным элементам, в том числе титану и алюминию (для снижения трещиностойкости слитков), вызвали необходимость создания специальной сквозной технологии от выплавки исходного металла, разливки на МПНЛЗ до ЭШП с микролегированием стали.

При изготовлении пяти марок долотной стали методом ЭШП для Дрогобычского долотного завода за счет уточнения пределов химического состава и микролегирования удалось обеспечить требуемые механические свойства и служебные характеристики, оговоренные для ранее выпускаемого металла ВДП.

Оригинально была решена задача получения крупнотоннажных слябов-брам из жаропрочного сплава марки ЭП915У электрошлакового пере-

плава. Для получения 9-тонного слитка на печи ЭШП-16ВГ (У-436) в СПЦ-1 выплавляли сплав, который разливали сифоном с экзосмесью в слитки 3,6 и 4,3 т. Слитки горячим всадом передавали в КЩ, где их проковывали на полосы сечением 140×300... 400 мм, длиной более 4 м. Из полос касетным образом набирали электроды [1], которые приваривали на установке А-550 к инвентарным головкам. Расщепленные электроды переплавляли в кристаллизаторе сечением 640×1100 мм.

Для решения конкретных задач по согласованию новых профилей проката и поковок, улучшения качества поверхности, а также использования имеющихся типоразмеров слитков ОДВ были разработаны новые кристаллизаторы сечением 420×530 мм, диаметрами 460 и 800 мм.

Освоение на заводе новых крупногабаритных поковок из инструментальных сталей типа Х12МФ-Ш с малой карбидной неоднородностью, потребовавшее больших исследований на этапах выплавки и разливки исходного металла, электрошлакового переплава иковки слитков ЭШП, освещено в отдельном докладе завода.

В настоящее время выплавка стали ЭШП 60 марок хромистых и хромоникелевых нержавеющей, подшипниковых, конструкционных и инструментальных легированных, быстрорежущих составляет 1,5 тыс. т в месяц, при этом 20... 25 % металла экспортируется в дальнее зарубежье. Для дальнейшего расширения объема производства на имеющихся мощностях на заводе проводится работа по снижению себестоимости металла ЭШП при сохранении его высокого качества.

Как известно, производство листовых слитков ЭШП массой 9...13 т предусматривалось путем переплава слябов-электродов шириной 880... 1240 мм, прокатанных на слябинге комбината «Запорожсталь» из листовых слитков ОДВ завода «Днепро-спецсталь».

Была разработана новая технологическая схема, при которой сортовые слитки массой 4,36 т прокатывали на блюминге завода на полосы-заготовки шириной 360 мм и толщиной до 170 мм. Сечение полос, их количество и расположение в печи ЭШП выбирали, исходя из массы слитка и обеспечения качества его поверхности.

Полосы по три укладывали встык узкими гранями и приваривали к общей слябовой инвентарной головке, формируя таким образом расщепленный электрод для ЭШП в печах с бифилярным токоподводом. Это позволило улучшить поверхность слитка и снизить количество флюса. Дальнейшая технология ЭШП практически не претерпела изменений. Режим переплава был стабильным. Слитки ЭШП были прокатаны на лист толщиной 40... 100 мм на комбинате «Азовсталь». Все листы по состоянию поверхности, излому, твердости и результатам специспытаний соответствовали требованиям ТУ 14-1-4903-90. Ударная вязкость KCV составила 88,0... 128,2 (в среднем 108,9 Дж/см²), тогда как при прежней технологии 74,2... 95,4



(86,6 Дж/см²) [2]. При сохранении требуемого качества высокопрочной толстолистовой стали было достигнуто снижение себестоимости металла на 15 % и сокращен цикл передела металла на полмесяца, что позволило оперативно выполнить срочный заказ ПО «Азовобщесмаш».

Важной работой является снижение расхода исходного металла при получении слитков ЭШП. В дополнение к ранее освоенной операции дробе-метной обработки поверхности электродов был освоен переплав электродов без удаления поверхностной окалины. Для сплавления части прибыли слитка при разливке исключили утепление люнкеритом, загрязняющим металл.

При отливке расходуемых электродов сечением 370×370 мм на машинах полунепрерывной разливки на последнем этапе разливки исключили присадку шлаковой смеси в кристаллизатор и внедрили после образования усадочной раковины в электроде доливку жидкого металла. Если раньше на печах ЭШП типа ОКБ1065 при сплавлении 9-метрового электрода массой около 9 т и выплавке двух слитков ЭШП по 3,9... 4,0 т получали почти метровый огарок, служивший инвентарной головкой, то теперь к данному электроду приваривали инвентарную головку, что позволило выплавить из одного 9-метрового электрода два слитка ЭШП по 4,3 т. Расходный коэффициент металла при этом снизился с 1,15 до 1,05. Поскольку обрезь слитков ЭШП при прокатке не зависит от высоты (массы) слитка при одном сечении, то расходный коэффициент на обрезь при прокатке слитков снизился еще на 13 кг/т. Сквозной выход годного приведен в таблице. Снизился с увеличением массы слитка ЭШП и удельный расход электроэнергии и флюса.

Полученная экономия существенно превысила дополнительные затраты на внепечную приварку половины электродов. Аналогичным образом был снижен сквозной расходный коэффициент и при производстве 1 т слитков ЭШП.

Снижение себестоимости металла ЭШП получено и за счет внедрения технологии, исключающей отжиг литых электродов многих марок стали, а также отжиг слитков ЭШП, и передачи их в передел без охлаждения (в термосах).

Проведенные работы позволили снизить расход флюса на 10... 15 % от принятого ранее, использовать 40 % отработанного флюса. Однако следует признать, что имеется еще немало резервов в сокращении затрат на производство металла электрошлакового переплава.

Прежде всего необходимо произвести модернизацию печей, снизив потери в короткой сети

Выход годных заготовок при изменении технологии разливки на МПНЛЗ [3]

Параметр	Обычная технология	Новая технология	
		3 электрода с доливкой	4 электрода с доливкой
Масса жидкого металла исходной плавки, т	29	29	31
Число плавов	10	29	3
Масса слитков ЭШП, т	24,7	26,4	27,8
Масса катаных заготовок, т	19,6	21,3	22,5
Сквозной выход годных заготовок, %	67,7	73,5	72,6

и внедрив современные устройства автоматического регулирования процесса. Это позволит существенно снизить расход флюса, особенно свежего, и расход электроэнергии, составляющий по затратам до 40 % стоимости передела.

Немалый эффект может быть получен при расширении использования отработанного флюса с учетом его регенерации и совершенствования состава и методов изготовления флюса.

Наконец, имеется возможность сокращения головной и донной обрезки слитков ЭШП при их переделе за счет корректировки режима переплава, подогрева электродов.

Все эти направления, а также увеличение объемов производства мы будем использовать для повышения конкурентоспособности металла и осуществления в дальнейшем коренной модернизации оборудования с участием ИЭС им. Е. О. Патона и других организаций.

Жизнеспособность электрошлакового переплава, его развитие видны по мировой практике и наша задача постоянно совершенствовать этот процесс.

1. *Технология* производства электродов для ЭШП на заводе «Днепропецсталь» // Ю. Г. Габуев, С. С. Казаков, Л. Н. Король и др. // Бюллетень «Черметинформация». — 1999. — № 11–12. — С. 37.
2. *Разработка* и освоение технологии получения листовых слитков ЭШП из электродов собственного производства // Ю. Г. Габуев, С. С. Казаков, В. Н. Кренделев, Е. И. Мошквич // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1998. — № 3. — С. 3–5.
3. *Габуев Ю. Г., Казаков С. С.* Повышение выхода годного при ЭШП литого расходуемого электрода // Сталь. — 1998. — № 8. — С. 27–28.

ОАО «Днепропецсталь», Запорожье
Поступила 19.06.2001