

## ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА МЕТАЛЛИЗОВАННОГО СЫРЬЯ\*

*И.В. Чуманов, Е.А. Ворона*

## ABOUT ECONOMIC EFFICIENCY OF ELECTROSLAG REFINING PROCESS OF IRON-RICH RAW MATERIAL

*I.V. Chumanov, E.A. Vorona*

**Проведены расчеты себестоимости электрошлакового металла, полученного по действующей на производстве технологии, и при переплаве комбинированных расходоуемых электродов, сформированных с использованием металлized окатышей и жидкой лигатуры заданного химического состава.**

*Ключевые слова: электрошлаковый переплав, себестоимость, металлized окатыши, лигатура.*

**The calculations of the prime cost of electroslag metal received on technology operating on manufacture are carried out, and at remelting the combined spent electrodes, shaping with using of iron-rich pellets and a liquid ligature of the set chemical compound.**

*Keywords: electroslag refining process, prime cost, iron-rich pellets, ligature.*

Электрошлаковый переплав (ЭШП) позволяет получать высококачественные стали и сплавы, используемые в дальнейшем в различных отраслях промышленности для изготовления наиболее ответственных узлов и механизмов, работающих, как правило, в агрессивных средах, а также при повышенных (знакопеременных) нагрузках. Однако внедрение процесса ЭШП требует дополнительных капитальных затрат в металлургии и сопряженных с ней отраслях. При этом затраты на производство электрошлакового металла возрастают в 1,25...2 раза [1]. Повышение стоимости металла ЭШП, несмотря на очевидное повышение качества по сравнению с металлом обычной выплавки, снижает его конкурентоспособность. В настоящее время себестоимость проката электрошлакового металла превышает себестоимость металла открытой дуговой выплавки на 30...60 % в зависимости от марки стали. Это превышение обусловлено в основном тремя факторами: 1) высокой себестоимостью расходоуемых электродов; 2) расходом электроэнергии и флюса; 3) расходом металла в обрызг при деформации слитков ЭШП.

Высокая себестоимость металла, получаемого в результате электрошлакового переплава, объясняется в первую очередь высокими затратами на изготовление расходоуемых электродов, которые составляют в зависимости от способа изготовления и степени легирования 65...80 % от общей себестоимости

стоимости выплавляемого слитка. В свою очередь, затраты на производство расходоуемых электродов определяются способом их изготовления.

В настоящее время на металлургических заводах нашли применение четыре основных способа производства расходоуемых электродов для ЭШП: прокатка на крупносортовых станах, литье на машинах непрерывного литья заготовки, литье в специальные изложницы и ковка на молотах. Указанные способы существенно отличаются между собой своими техническими возможностями и уровнем экономических показателей. Наименьший удельный расход капитальных затрат требует отливка электродов в специальные изложницы. Это связано с более низкими расходами по переделу, чем при отливке на МНЛЗ. Так как сформированные в специзложницах расходоуемые электроды не подлежат торцовке и приварке хвостовика для увеличения сплавляемой части, последний устанавливается в изложницу и служит своего рода «затравкой».

Наибольшую себестоимость имеют кованные электроды, что объясняется самыми высокими по сравнению с другими методами расходами по переделу в кузнечных цехах [2].

Как показывает практика электроды больших сечений, диаметром 500 мм и более, достаточно сложно изготовлять методом прокатки. Поэтому основным способом изготовления расходоуемых

\* НИР проведена в рамках реализации АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» на 2009–2011 гг. (№ 2.1.2./10934).

электродов большого сечения может быть лишь разливка на МНЛЗ и в специзложницы, а труднодеформируемых марок сталей из-за опасности раскисвания – только в специзложницы.

Авторы работы [2] отмечают, что наиболее эффективным способом изготовления расходных электродов практически для всех марок сталей является разливка в специальные изложницы, что определяется относительно низкой себестоимостью электродов и малыми капиталовложениями в их производство.

Таким образом, с экономической точки зрения, перспективным является дальнейшее развитие способов получения расходных электродов для ЭШП методом литья в специальные изложницы. Использование металлизированных окатышей (МО), с их преимуществами первородного сырья, при формировании расходных электродов еще в большей степени позволит снизить себестоимость конечной металлопродукции.

Одним из вариантов получения расходных электродов для электрошлакового переплава является формирование комбинированных электродов с использованием МО и жидкой лигатуры заданного химического состава методом их одновременной подачи в специальную изложницу [3]. Это исключает из технологической схемы производства металла ЭШП такие трудоемкие операции по изготовлению электродов, как ковка и прокатка [4]. Кроме того, использование комбинированных электродов со значительной долей металлизированных окатышей позволит получить металл после ЭШП с низким процентным содержанием фосфора и примесей цветных металлов [5].

В данной работе рассмотрены вопросы экономической эффективности электрошлакового переплава комбинированных расходных электродов, сформированных с использованием МО и жидкой лигатуры заданного химического состава.

Произведен сравнительный расчет себестоимости электрошлакового металла, полученного по классической и предлагаемой технологии. Под

классической технологией получения металла ЭШП следует понимать используемую технологию на производстве, включающую выплавку исходного металла в дуговой сталеплавильной печи, разливку в изложницу, получение расходного электрода методом прокатки и его последующий электрошлаковый переплав (рис. 1, а). Предлагаемая технология включает выплавку лигатуры заданного химического состава в дуговой сталеплавильной печи, получение комбинированного расходного электрода с использованием металлизированных окатышей методом литья в специальную изложницу и его последующий электрошлаковый переплав (рис. 1, б).

Расчет полной себестоимости металла ЭШП производили по формуле

$$C = \sum_{i=1}^N Z_i, \quad (1)$$

где  $Z_i$  – затраты по переделам  $i$ -го вида, руб.;  $N$  – число переделов.

Экономии средств за счет изменения технологии рассчитывали по формуле

$$\Delta C = C_B - C_{II}, \quad (2)$$

где  $C_B$  – себестоимость металла, полученного по классической технологии, руб.;  $C_{II}$  – себестоимость металла, полученного по предлагаемой технологии, руб.

Результаты расчетов себестоимости по переделам в пересчете на 1 тонну слитка электрошлакового металла стали марки 5ХНМ-Ш приведены в таблице.

На основе проведенных расчетов себестоимость 1 тонны стали марки 5ХНМ-Ш, произведенной по предлагаемой технологии, составляет 73 693,88 руб., а себестоимость металла, полученного по классической технологии – 76 835,35 руб.

Экономическая эффективность предлагаемого подхода заключается в существенном снижении себестоимости (прежде всего по расходу электроэнергии, затрат на жидкую лигатуру и др.) конеч-



Рис. 1. Технологическая схема производства электрошлакового металла: а – классическая технология; б – предлагаемая технология

Себестоимость 1 тонны стали марки 5ХНМ-Ш по переделам

№ п/п	Наименование передела	Классическая технология, руб.	Предлагаемая технология, руб.	Экономия, руб.	Экономия, %
1	Выплавка в ДСП	43 591,29	41 988,28	1 603,01	3,68
2	Прокатный передел / литье в специзложницу	12 538,42	10 082,14	2 456,28	19,59
3	Электрошлаковый переплав	20 705,64	21 623,46	-917,82	-4,43
	Σ	76 835,35	73 693,88	3 141,47	4,09

ного электрошлакового металла за счет использования первородного сырья и одностадийности его использования.

Таким образом, технико-экономический эффект (снижение себестоимости получаемого металла ЭШП), по сравнению с классическим способом производства, составил более 4 %.

#### Литература

1. Экономическая эффективность электрошлакового переплава металлizedанного сырья / А.Г. Шалимов, Н.В. Соловьева, А.А. Бродов и др. // *Сталь*. – 1987. – № 1. – С. 39–41.

2. Иванов, И.Н. Экономика производства расходных электродов для электрошлакового переплава / И.Н. Иванов, Л.Ф. Воробьева, Г.В. Бергауз // *Проблемы специальной электрометаллургии*. – 1976. – № 4. – С. 69–71.

3. Пат. № 2233895 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С 22 В 9/18, Н 05 В 7/07. Способ получения расходных электродов / В.И. Чуманов, И.В. Чуманов, Д.А. Пятыйгин, В.В. Воинов. – № 2003108193/02; заявл. 24.03.03; опубл. 10.08.04, Бюл. № 22.

4. Ворона, Е.А. О возможности получения расходных электродов для электрошлакового переплава с использованием металлizedанных окатышей. Часть I / Е.А. Ворона, И.В. Чуманов // *Электрометаллургия*. – 2009. – № 9. – С. 15–20.

5. Чуманов, И.В. Анализ способов получения расходных электродов для ЭШП с использованием металлizedанных окатышей и жидкой лигатуры / И.В. Чуманов, Е.А. Ворона // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*. – 2008. – Вып. 11. – № 24 (124). – С. 24–27.

Поступила в редакцию 5 сентября 2011 г.