

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЛИТКА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭШП

М.А. Матвеева, С.А. Андреева, И.В. Чуманов

Перспективным направлением в материаловедении является создание композиционных материалов с заданными свойствами. Исследуемый в статье опытный материал является биметаллической композицией, полученной с помощью электрошлакового переплава. Электрошлаковый переплав позволяет решить задачу получения биметаллической заготовки с высокой сплошностью соединения слоёв. Но переходная зона представляет собой сплав металлов, образующих слои слитка, и отличный по своим свойствам от сплавляемых металлов. Переходная зона представляет собой ещё один слой в многослойной композиции, при этом химический состав этого слоя непостоянен, то есть изменяется по высоте, и, соответственно, изменяются его свойства. Большая протяжённость переходной зоны часто приводит к образованию в этой зоне неблагоприятных структур, по свойствам резко отличающихся от свойств переплавляемых металлов, образующих составные части электрода. При этом толщина переходной зоны неравномерна по сечению слитка и её границы повторяют форму жидкометаллической ванны. Само по себе наличие переходной зоны затрудняет получение слоя металла с заданными свойствами требуемой толщины.

Представлены результаты химического анализа переходной зоны биметаллического слитка полученного методом электрошлакового переплава. Были определены концентрации основных легирующих элементов с целью изучения их распределения в объёме слитка, в частности в зоне сплавления разнородных материалов. Для уменьшения химической неоднородности и протяженности зоны сплавления предложен ряд мер, направленных на уменьшение глубины жидкометаллической ванны и изменения химического состава переходной зоны. Особое внимание для решения проблемы химической неоднородности и протяженности переходной зоны уделяется технологии электрошлакового переплава с вращением расходоуемого электрода вокруг своей оси в процессе плавки.

Ключевые слова: электрошлаковый переплав, биметаллический слиток, переходная зона, химический состав.

Для многих видов оборудования АЭС, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов применение многослойных металлических композиций является единственным возможным способом достижения сочетания высокой коррозионной стойкости и необходимых механических свойств. Частный случай – биметаллы, с основным слоем из конструкционной стали и плакирующим из коррозионностойкой стали, находят применение в тех случаях, когда одновременно с высокими механическими свойствами требуется надёжная коррозионная стойкость металла [1].

Электрошлаковый переплав (ЭШП) позволяет решить задачу получения биметаллической заготовки с высокой сплошностью соединения слоёв. Но переходная зона представляет собой сплав металлов, образующих слои слитка, и отличный по своим свойствам от сплавляемых металлов. Переходная зона представляет собой ещё один слой в многослойной композиции, при этом химический состав этого слоя непостоянен, то есть изменяется по высоте, и, соответственно, изменяются его свойства. Как показано в работе [2], протяжённость переходной зоны прямо пропорциональна объёму металлической ванны и примерно равна диаметру круглого слитка. Большая протяжённость переходной зоны часто приводит к образованию в этой зоне неблагоприятных структур, по свойствам резко отличающихся от свойств переплавляемых металлов, образующих составные части электрода. При этом толщина переходной зоны

неравномерна по сечению слитка и её границы повторяют форму жидкометаллической ванны. Само по себе наличие переходной зоны затрудняет получение слоя металла с заданными свойствами требуемой толщины.

Непостоянность химического состава переходной зоны по высоте связана с тем, что по окончании сплавления части электрода с одним химическим составом металла в начальную жидкометаллическую ванну (с этим же составом) начинается поступление первых порций металла с другим химическим составом (поскольку начинается плавление второй части электрода).

Работы по получению многослойных композиций методом ЭШП ведутся на кафедре «Общая металлургия» филиала ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г.Златоусте уже давно [3, 4]. Для изучения зоны сплавления биметаллического слитка авторами был проведён экспериментальный переплав на установке А-550 с использованием составного расходоуемого электрода, который по высоте включал в себя три разнородные части: нижняя – сталь 12ХН3А, средняя – сталь 12Х18Н10Т, верхняя – сталь 12ХН3А.

Полученный слиток был распилен по всей длине на 2 части на лентопильном станке Bomag Ergonomic 320.250DG. На рис. 1, а представлен поперечный разрез слитка, протравленный 5 %-ным раствором азотной кислоты в спирте. На данном изображении можно наблюдать ярко выраженную конусообразную ванну.

Краткие сообщения

Для получения данных химического анализа было сделано 10 проб на химическом анализаторе МСА-1 вдоль всего слитка (рис. 1, б). Результаты химического анализа представлены в таблице.

Данные исследования биметаллического слитка позволили получить реальное процентное распределение элементов по высоте слитка. На рис. 2 проиллюстрировано изменение процентного содержания элементов по высоте переходной зоны, а на рис. 3 – всего слитка.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что переходная зона в биметаллическом слитке ЭШП является довольно протяженной, с резким изменением концентрации элементов по ее длине. Для уменьшения химической неоднородности и протяженности зон необходимо принятие мер, направленных на уменьшение глубины жидкометаллической ванны и изменения химического

состава переходной зоны путем легирования металлической ванны.

Среди технологических приемов, применяемых при реализации электрошлаковых технологий, есть ряд принципиально решающих поставленную выше задачу – введение в плавильное пространство порошков или газопорошковых смесей, вращение кристаллизатора, электромагнитное перемешивание [5–7]. Но на наш взгляд, наиболее эффективного снижения протяженности переходной зоны можно достичь, используя технологию ЭШП с вращением расходуемого электрода вокруг своей оси в процессе плавки [8]. Вращение электрода с определенной скоростью приводит к тому, что сьем капель металла с его торца будет происходить под действием центробежных сил, капли металла будут двигаться по радиальной траектории и доставляться не в центральную, а в перифе-

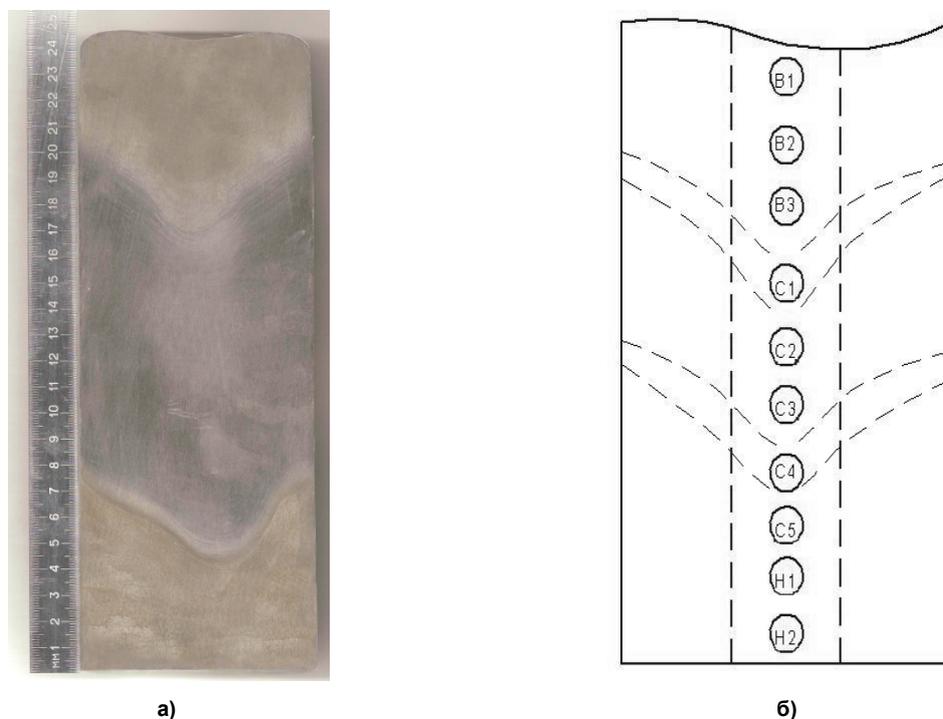


Рис. 1: а – протравленный поперечный разрез слитка; б – схема отбора проб для проведения химического анализа

Массовая доля элементов, распределенных по высоте слитка

Номер пробы	Массовая доля, %								
	C	P	S	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Ti
B1	0,123	0,012	0,012	0,47	0,18	3,29	2,392	0,056	0,017
B2	0,116	0,014	0,010	0,52	0,23	3,62	3,265	0,066	0,022
B3	0,107	0,013	0,008	0,58	0,26	3,92	4,142	0,074	0,025
C1	0,110	0,015	0,011	0,73	0,39	5,04	7,081	0,119	0,038
C2	0,109	0,024	0,008	1,27	0,74	9,09	17,012	0,305	0,073
C3	0,083	0,021	0,008	1,22	0,73	8,54	15,809	0,285	0,075
C4	0,094	0,021	0,008	1,06	0,62	7,49	13,396	0,228	0,072
C5	0,118	0,014	0,009	0,49	0,23	3,39	2,65	0,057	0,014
H1	0,120	0,014	0,008	0,37	0,18	2,64	0,673	0,036	0,003
H2	0,124	0,013	0,008	0,36	0,23	2,58	0,739	0,035	0,003

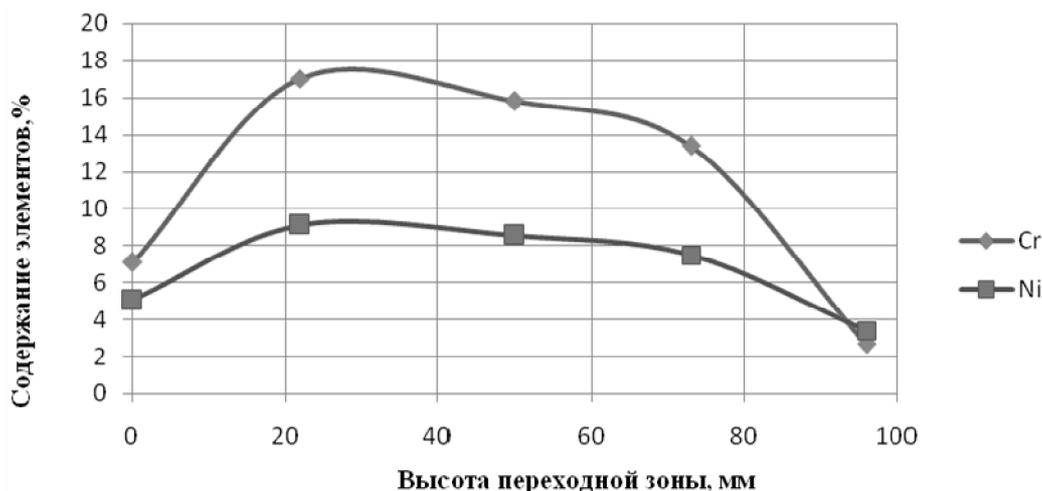


Рис. 2. Изменение процентного содержания элементов по высоте переходной зоны

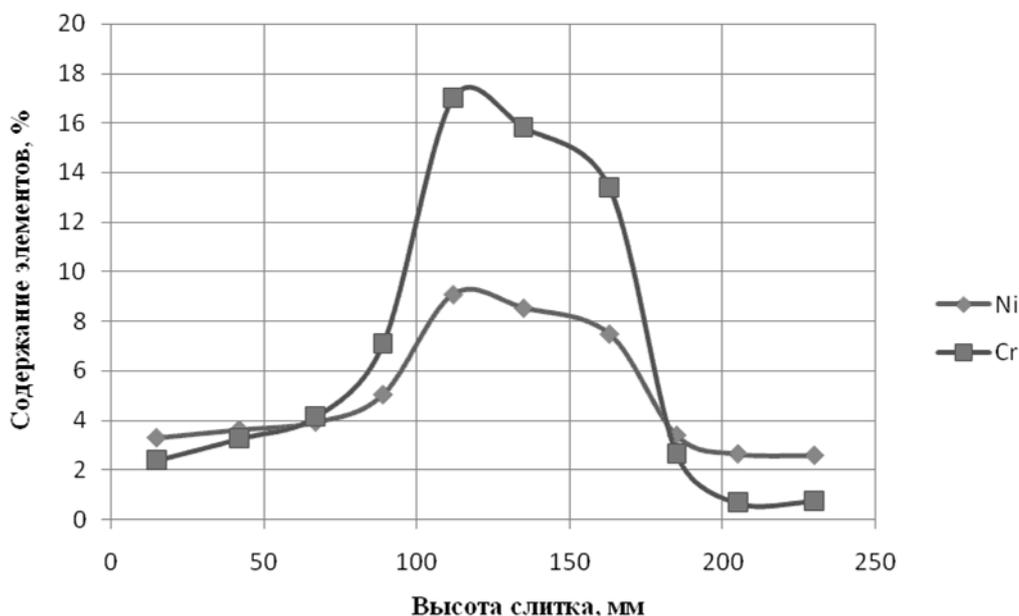


Рис. 3. Изменение процентного содержания элементов по высоте слитка

рийную часть металлической ванны, ближе к стенкам кристаллизатора, тем самым выравнивая фронт кристаллизации.

Литература

1. Производство металлических слоистых композиционных материалов / А.Г. Кобелев, В.И. Лысак, В.Н. Чернышев, А.А. Быков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 496 с.
2. Материаловедение и технология композиционных материалов / А.Г. Кобелев, В.И. Лысак, В.Н. Чернышев, Е.В. Кузнецов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 368 с.
3. Чуманов, И.В. О возможности получения многослойных слитков электрошлаковым переплавом / И.В. Чуманов, М.А. Порсев // *Электрометаллургия*. – 2010. – № 4. – С. 13–17.
4. Чуманов, И.В. Особенности жидкофазного получения слоистого материала / И.В. Чуманов,

В.И. Чуманов, М.А. Матвеева // *Металлургия машиностроения*. – 2012. – № 2. – С. 10–12.

5. Электрошлаковые технологии в производстве биметаллических заготовок / Б.Е. Патон, Л.Б. Медовар, В.Е. Шевченко и др. // *Современная электрометаллургия*. – 2003. – № 4. – С. 8–11.

6. А.с. 129473 СССР. Производство двухслойных листов с применением электрошлаковой сварки / Б.Е. Патон, Б.И. Медовар, А.М. Макара. – 9.11.59.

7. А.с. 340303 СССР, МКИ C21 C5/56 Способ электрошлакового переплава металлов и сплавов / Г.К. Петухов, Р.В. Спектор, П.И. Тирюков, В.А. Тетюев, Л.Ф. Григорьев, К.Н. Попов. – 12.05.69.

8. Чуманов, И.В. Технология электрошлакового переплава с вращением расходующего электрода / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов // *Металлург*. – 2001. – № 3. – С. 17–20.

Матвеева Мария Андреевна, аспирант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); 26mist26@mail.ru.

Андреева Светлана Александровна, магистрант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); aca0207@mail.ru.

Чуманов Илья Валерьевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); chiv71@susu.ac.ru.

Поступила в редакцию 28 августа 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Metallurgy"**

2014, vol. 14, no. 3, pp. 75–79

RESEARCH OF CHEMICAL COMPOSITION OF INTERMEDIATE AREA OF A BIMETALLIC ESR INGOT

M.A. Matveeva, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, 26mist26@mail.ru,

S.A. Andreeva, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, aca0207@mail.ru,

I.V. Chumanov, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, chiv71@susu.ac.ru

A promising trend in materials science is the creation of composite materials with desired properties. The experimental material analyzed in this article is bimetallic composition obtained by electroslag remelting. ESR allows to solve the problem of obtaining bimetallic billets with high continuity of connecting layers. But the transition zone is an alloy of metals forming ingot layers and having properties different from alloyed metals.

The transition zone represents another layer in the multilayer composition, the chemical composition of this layer is not constant, i.e. it changes in height and, consequently, in its properties. A large length of the transition zone often leads to the formation in this zone of adverse structures having properties different from those of remelted metal and forming electrode parts. The thickness of the transition zone is not uniform along the cross section of the ingot and its boundaries repeat the shape of the liquid metal bath. The existence of the transition zone makes it difficult to obtain a metal layer with desired properties and desired thickness.

The article presents the results of the chemical analysis of the transition zone of the bimetallic ingot obtained by electroslag remelting. Concentrations of main alloying elements were determined in order to investigate their distribution in the bulk of the ingot, particularly in the fusion zone of dissimilar materials. To reduce chemical heterogeneity and a fusion zone length a number of measures were proposed aimed at reducing the depth of the liquid metal bath and changing the chemical composition of the transition zone. Particular attention in solving the problem of chemical heterogeneity and the length of the transition zone is given to the technology of electroslag remelting with consumable electrode rotation around its axis during the smelting process.

Keywords: electroslag remelting, bimetallic bar, transition zone, chemical composition.

References

1. Kobelev A.G., Lysak V.I., Chernyshev V.N., Bykov A.A. *Proizvodstvo metallicheskih sloistykh kompozitsionnykh materialov* [Production of Metal Laminated Composite Materials]. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2002. 496 p.
2. Kobelev A.G., Lysak V.I., Chernyshev V.N., Kuznetsov E.V. *Materialovedenie i tekhnologiya kompozitsionnykh materialov* [Materials Science and Technology of Composite Materials]. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2006. 368 p.
3. Chumanov I.V., Porsev M.A. [On the Possibility of Producing a Multilayer Electroslag Remelting Ingots]. *Elektrometallurgiya*, 2010, no. 4, pp. 13–17. (in Russ.)
4. Chumanov I.V., Chumanov V.I., Matveeva M.A. [Features of Liquid-Phase Production of a Laminated Material]. *Metallurgiya mashinostroeniya*, 2012, no. 2, pp. 10–12. (in Russ.)

5. Paton B.E., Medovar V.E., Shevchenko V.E., Saenko V.Ya., Chernets A.V. [Electroslag Technologies in Production of Bimetal Billets]. *Sovremennaya elektrometallurgiya*, 2003, no. 4, pp. 8–11. (in Russ.)

6. Paton B.E. et al. *Proizvodstvo dvukhsloynnykh listov s primeneniem ehlektroshlakovoy svarki* [Production of Two-Layer Sheets Using Electroslag Welding]. Patent USSR, no. 129473, 1959.

7. Petukhov G.K. et al. *Sposob ehlektroshlakovogo pereplava metallov i splavov* [Method of Electroslag Remelting of Metals and Alloys]. Patent USSR no. 340303, 1969.

8. Chumanov I.V., Chumanov V.I. Technology for Electroslag Remelting with Rotation of the Consumable Electrode. *Metallurgist*, 2001, vol. 45, no. 3–4, pp. 125–128. doi: 10.1023/A:1010512426183.

Received 28 August 2014