

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ МНОГОСЛОЙНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА*

Чуманов И.В., д.т.н, заведующий кафедрой общей металлургии
Матвеева М.А., аспирант кафедры общей металлургии (26mist26@mail.ru)

Южно-Уральский государственный университет (филиал в г. Златоусте)
(456200, Россия, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16)

Аннотация. Получение многослойной заготовки возможно с помощью применения электрошлаковой технологии, которая весьма вариативна и позволяет различными способами воздействовать на структуру получаемой отливки. По предлагаемой технологии формирование слоев нового состава осуществляли подачей, с заданной периодичностью, в жидкометаллическую ванну углеродосодержащего материала конкретной массы. Проведен ряд механических испытаний, в частности, – определение микротвердости полученного материала. Измерение микротвердости при металлографических исследованиях позволяет получить результаты, недостижимые при макроскопических механических испытаниях. Например, выявить картину изменения значения твердости в многослойной металлической композиции. Микротвердость материала с большим количеством присадки выше, чем с меньшей массой присадки-науглероживателя; на поперечных образцах микротвердость выше, чем на продольных; образцы, подвергнутые более глубокой степени деформации и термической обработке по режимам отжиг и отжиг + закалка, показывают микротвердость почти в 2 раза выше. Глубокая степень деформации приводит к размытию в структуре материала слоев и обозначает максимальную степень деформации материала, при котором сохраняется многослойная структура.

Ключевые слова: электрошлаковый переплав, слоистая структура, микроструктура, макроструктура, микротвердость.

Булат – первый композиционный материал, в основу свойств которого заложен принцип соединения двух разнородных материалов – чистого железа и чугуна, чередование которых и придает композиции уникальные свойства [1–3]. Этот принцип (соединение разнородных материалов жидкофазным способом) и положен в основу получения целого класса металлических композиций.

В настоящей работе многослойный металлический материал был получен с помощью электрошлакового способа формирования заготовки [4]. Электрошлаковый переплав (ЭШП) весьма вариативен и позволяет решить задачу получения многослойного металлического материала с высокой сплошностью соединения слоев для последующего передела [5].

Формирование слоев нового состава осуществляли подачей с заданной периодичностью в жидкометаллическую ванну углеродосодержащего материала конкретной массой (табл. 1). С целью определения изменений, вызванных введением добавок, проведены механические испытания, исследования микро- и макроструктуры (рисунок) [6]. Для более полного выявления свойств материала проведен ряд испытаний для определения микротвердости полученной металлической композиции. Измерение микротвердости при металлографических исследованиях во многих случаях позволяет получить результаты, недостижимые при макроскопических механических испытаниях. Например, выявить картину изменения твердости в многослойной

металлической композиции. Благодаря малым размерам отпечатка можно измерять микротвердость отдельных фаз или даже отдельных зерен. Измерение микротвердости относится к микромеханическим испытаниям, которые были разработаны для металлографических исследований свойств отдельных структурных составляющих сплавов.

Измерение микротвердости осуществляли вдавливанием алмазной пирамидки под нагрузкой менее 2 Н [2]. Выбор участка для испытания микротвердости и определение размеров отпечатка производили под микроскопом, затем по специальным таблицам пересчитывали на так называемое число твердости – отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка. Прибор для определения микротвердости обеспечивает возможность выбора участка микроструктуры, где будет произведено вдавливание.

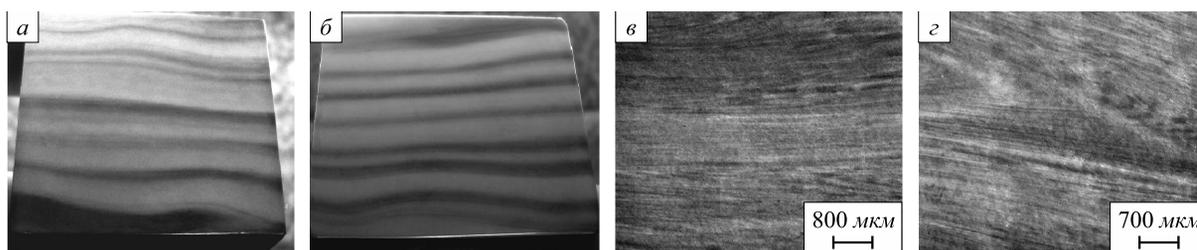
Испытаниям на микротвердость подвергался материал, полученный при ЭШП стали марки 30X13 с введением в плавильное пространство, по ходу переплава, присадки-науглероживателя. Химический состав, % (по массе), полученной многослойной композиции следующий: 0,6 – 1,3 С; 0,5 Si; 10,54 Cr; 0,25 Mn; 0,024 S; 0,039 P. Данные по технологии получения, маркировке образцов и полученным механическим свойствам многослойного металлического материала приведены в табл. 1.

Микротвердость многослойной металлической композиции определяли на платформе ООО «Тиксомет» (г. Санкт-Петербург) на микротвердомере Buehler Micromet 6040 с моторизацией и оснащенным программным обеспечением Thixomet, с использованием четырехгранной

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования № 11.1470.2014/К, а также поддержана Минобрнауки по соглашению № 14.574.21.0122.

Маркировка, режимы деформации и термической обработки образцов (продольных - пр., поперечных - пп.) многослойной металлической композиции

Образца	Деформация	Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	HRC	HB
Плавка 1, присадка 150 г						
1, пр.	Ковка на размер 35×35	Отпуск 250 °С	521	762	50	495
2, пп.						
5, пр.	Ковка с квадрата 35×35 на 15×15	Отжиг 950 °С	738	836	53	524
6, пп.						
7, пр.	Ковка с квадрата 35×35 на 15×15	Отжиг 950 °С, охлаждение с печью; закалка 1050 °С, охлаждение в масле, отпуск при 400 °С	1011	1043	62	625
8, пп.						
Плавка 2, присадка 200 г						
3, пр.	Ковка на размер 35×35	Отпуск 250 °С	1259	1287	65	677
4, пп.						



Макроструктура образцов 1 (а), 3(б), 5 (в), 7 (г)

The microstructure of the samples 1 (a), 3(б), 5(×10) (в), 7(×10) (г)

алмазной пирамидки при нагрузке 2 Н. Исследование вели в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6507-1 – 2007; данные о результатах испытания микротвердости представлены в табл. 2. Измерили микротвердость карбидной фазы – карбида хрома при нагрузке 0,2 Н; она составляет 1278 HV. Структура материала – перлит + карбиды. По литературным данным микротвердость для высокоуглеродистого пластинчатого перлита (для стали марки X12) – в пределах 275 – 365 HV, микротвердость мартенсита в закаленной стали – примерно 800 HV, микротвердость карбидов в закаленной стали – 900 – 1300 HV [7]. Полученные экспериментальные данные вполне соответствуют литературным с той поправкой, что высокие значения микротвердости перлита в образцах 5 – 8 наблюдаются не только в закаленном слое, но и по всему сечению образца.

Анализ полученных данных позволяет констатировать следующие факты. Микротвердость материала с большим количеством присадки выше, чем с меньшей массой присадки-науглероживателя, что логично объясняется большим количеством карбидной фазы. На поперечных образцах микротвердость выше, чем на продольных (причина кроется в особенностях режима деформации), происходила осадка слитка по высоте и, соответственно, большее уплотнение в этом направлении. Образцы, подвергнутые более глубокой степени деформации и термической обработке по режимам отжиг и отжиг + закалка, показывают микротвердость по-

чти в 2 раза выше. Также стоит отметить, что глубокая степень деформации (квадрат 15×15) приводит к размытию в структуре материала слоев (табл. 2). Перепады значений твердости в образцах 5, 6 – примерно 7 %, а в образцах 1 – 4 – около 15 %. Это значит, степень деформации на образцах 5, 6 приводит к «размытию» многослойной структуры и является уже нежелательной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Verhoven J.D. Pattern formation in wootz, damascus steel sword and blades // Indian Journal of History of Science. 2004. № 42 (4). P. 559 – 579.
- Sherby O.D., Damascus Steels and Ancient Black-smiths // Ultrahigh Carbon Steels. 1999. № 39. P. 637 – 648.
- Taleff E.M., Bramtt B.L., Syn C.K., Lesuer D.R., J.Wadsworth, Sherby O.D. Processing, structure and properties of a rolled ultrahigh-carbon-steel plate exhibiting a Damask Pattern // Materials Characterization. 2001. № 46. P. 11 – 18.
- Производство металлических слоистых композиционных материалов / А.Г. Кобелев, В.И. Лысак, В.Н. Чернышев, А.А. Быков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 496 с.
- Патон Б.Е., Медовар Л.Б., Шевченко В.Е., Саенко В.Я. Электрошлаковые технологии в производстве биметаллических заготовок // Современная электрометаллургия. 2003. № 4. С. 8 – 11.
- Чуманов И.В., Чуманов В.И., Матвеева М.А. Особенности жидкофазного получения слоистого материала // Металлургия машиностроения. 2012. № 2. С. 10 – 12.
- Грачёв С.В., Базар В.Р., Богатов А.А. Физическое металловедение. – Екатеринбург: изд. УГТУ, 2001. – 534 с.

Поступила 25 февраля 2015 г.

Микротвердость многослойного металлического материала

Номер отпечатка	HV (2 Н) образца							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	352	375	357	361	693	751	746	757
2	357	375	362	365	741	745	739	726
3	361	376	357	365	703	727	733	746
4	357	375	359	356	706	722	749	732
5	366	365	355	357	738	745	753	743
6	374	368	354	377	722	729	727	744
7	363	370	371	372	737	756	570	746
8	383	370	363	374	731	730	767	736
...
20	370	377	349	402	–	–	–	–
...
35	381	374	363	366	–	–	–	–
Среднее значение	377	383	356	373	723	734	724	739
Стандартное отклонение	12,4	12,0	7,37	12,7	16,1	17,4	52,8	7,55
Доверительный интервал (95 %)	4,19	4,05	2,49	4,31	9,27	10,1	31,8	4,55
Относительная точность (%)	1,11	1,06	0,7	1,16	1,28	1,37	4,4	0,62

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA – FERROUS METALLURGY. 2015. Vol. 58. No. 4, pp. 284–286.

DETERMINATION OF MICROHARDNESS MULTILAYER METAL MATERIAL OBTAINED BY ELECTROSLAG REMELTING

Chumanov I.V., Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair “General Metallurgy”

Matveeva M.A., Postgraduate of the Chair “General Metallurgy” (26mist26@mail.ru)

South Ural State University (Zlatoust branch) (16, Turgeneva str., Zlatoust, Chelyabinsk region, 456200, Russia)

Abstract. The multilayer preform production is possible with the use of electroslag technology that is highly variable and allows to varyify the influence ways to the structure of the resulting casting. According to the proposed technology the forming of layers with new composition was made by supply of carbonaceous material with specific weight into the liquid-metal bath at specified intervals. In order to determine the changes caused by the introduction of additives, a series of mechanical tests were conducted, in particular – the definition of microhardness of the resulting material. Metallographic studies of microhardness with yield results that are not possible in macroscopic mechanical tests. For example, it can be used to identify the pattern of change of hardness values in a multi-metal composition. Analysis of the data allows to conclude: microhardness of the material, with a lot of additives is higher than with a smaller mass-carburizers additives; on transverse specimens – microhardness is higher than longitudinal; samples were subjected to a deeper degree of deformation and heat treatment and annealing conditions for annealing hardening + microhardness results show values almost two times higher. Also worth mentioning - profound degree of deformation leads to a smearing of the material layers in the structure, and defines the maximum degree of deformation of the material in which the multilayer structure is preserved.

Keywords: electroslag remelting, layered structure, microstructure, macrostructure, microhardness.

REFERENCES

1. Verhoven J.D. Pattern formation in wootz, damascus steel sword and blades. *Indian Journal of History of Science*. 2004, no. 42 (4), pp. 559–579.
2. Sherby O.D. Damascus Steels and Ancient Black-smiths. *Ultrahigh Carbon Steels*. 1999, no. 39, pp. 637–648.
3. Taleff E.M., Bramtt B.L., Syn C.K., Lesuer D.R., J.Wadsworth, Sherby O.D. Processing, structure and properties of a rolled ultrahigh-carbon-steel plate exhibiting a Damask Pattern. *Materials Characterization*. 2001, no. 46, pp. 11–18.
4. Kobelev A.G., Lysak V.I., Chernyshev V.N., Bykov A.A. *Proizvodstvo metallicheskih sloistykh kompozitsionnykh materialov* [Production of metal layered composite materials]. Moscow: Intermet Inzhiniring, 2002. 496 p. (In Russ.).
5. Paton B.E., Medovar L.B., Shevchenko V.E., Saenko B.Ya. Electroslag technology in the production of bimetallic billets. *Sovremennaya elektrometallurgiya*. 2003, no. 4, pp. 8–11. (In Russ.).
6. Chumanov I.V., Chumanov V.I., Matveeva M.A. Features of the liquid-phase production of a laminate. *Metallurgiya mashinostroyeniya*. 2012, no. 2, pp. 10–12. (In Russ.).
7. Grachev S.V., Bazar V.R., Bogatov A.A. *Fizicheskoe metallovedenie* [Physical metallurgy]. Ekaterinburg: UGTU, 2001. 534 p. (In Russ.).

Acknowledgements. The work was performed as part of the state task the Ministry of Education no. 11.1470.2014 / K with the support of the Ministry of Education under the agreement no. 14.574.21.0122.

Received February 25, 2015