

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

*М.А. Матвеева, А.Н. Аникеев, И.В. Чуманов*

Описаны технологические параметры получения композиционного материала с многослойной структурой методом электрошлакового переплава с введением углеродсодержащего компонента. Приведены данные механических испытаний многослойной литой композиции. Проанализированы механические свойства материала.

*Ключевые слова:* композиционный материал, многослойная структура, электрошлаковый переплав, технология получения, механические свойства.

В ранних работах [1–3] авторами рассматривалась возможность получения слоистого композиционного металлического материала жидкофазным способом и были приведены данные о структурных особенностях полученного экспериментального материала [4]. Дальнейшие исследования велись в направлении изучения механических свойств материала и поиска возможных сфер применения.

Отобранный из опытной партии слиток химического состава: С – 0,4–1,6 %, Si – 0,5 %, Mn – 0,25 %, Cr – 10,5 %, полученный в результате электрошлакового переплава с присадкой науглероживателя, после обдирки и отжига отковали на квадрат 20 мм. После чего проводилась торсировка кованого прутка, затем ковка на круг 16 мм и термическая обработка по режиму отжига (нагрев до температуры 1030–1050 °С, выдержка при этой температуре в течение 2 часов и охлаждение с печью).

Также часть опытных образцов была закалена – нагрев до 1050 °С, охлаждение в масле, нагрев до 400 °С, выдержка при этой температуре в течение 2 часов.

Испытаниям подвергались образцы двух групп: первая – продольные образцы после отжига; вторая – продольные образцы после отжига и закалки.

Опытные образцы были подвергнуты следующим испытаниям: испытание на растяжение производили на разрывной машине типа УТС 110М-5 по ГОСТ 1497–84; испытание на ударную вязкость производили на маятниковом копре типа ИО 5003-0,3; для определения твердости использовался твердомер ТР-5014. Результаты испытаний приведены в таблице.

Анализируя приведенные в таблице данные, можно сделать следующие выводы по свойствам изучаемого экспериментального материала: во-первых, условный предел текучести близок к пределу прочности, из чего следует возможность применения материала в широком диапазоне нагрузок и деформаций без снижения его рабочих характеристик; во-вторых, в материале сочетаются такие характеристики, как высокая твердость и высокая пластичность.

Металлический композиционный материал имеет выраженную слоистую структуру с плавным переходом от структуры одного слоя к структуре другого и достаточно высокие показатели по механическим свойствам. Чередование высоко- и низкоуглеродистых слоев создает так называемое армирование материала. При ударе высокоуглеродистые слои препятствуют проникновению инородного тела вглубь материала, а низкоуглеродистые – гасят инерцию удара. Исходя из этого, можно рекомендовать использование данного материала для производства брони. Основными требованиями, предъявляемыми к броне, являются высокая стойкость (сопротивляемость воздействию пуль и снарядов, что достигается за счет армирования материала высоко- и низкоуглеродистыми слоями) и живучесть (способность не разрушаться при многократных попаданиях снарядов). В целом механические показатели материалов для производства брони должны находиться на высоком уровне.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что полученный композиционный материал обладает явным преимуществом в сравнении с однородным материалом. Это преимущество обусловлено наличием слоистой структуры и

**Механические свойства экспериментального многослойного материала**

Режим термической обработки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	HRC	HB	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>
Отжиг 1030 °С, охлаждение с печью	1011	1043	12	62	625	15
Отжиг 1030 °С, охлаждение с печью; закалка 1050 °С, охлаждение в масле, отпуск при 400 °С	1259	1287	9	65	677	20

проявляется в предотвращении выкрашивания более хрупкой составляющей в процессе эксплуатации готового изделия за счет удержания ее в более пластичной вязкой матрице (явление армирования), а также реализацией преимуществ каждого из составляющих композицию компонентов. Полученный экспериментальный металлический композиционный материал обладает достаточно высокой твердостью, прочностью, износостойкостью и может быть применен для изготовления деталей, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости, режущего инструмента различного назначения, в том числе для изготовления холодного оружия, брони.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 12-08-31129, а также при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.0444.

**Матвеева Мария Андреевна**, аспирант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: 26mist26@mail.ru.

**Аникеев Андрей Николаевич**, аспирант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: anikeev-ml@mail.ru.

**Чуманов Илья Валерьевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: chiv71@susu.ac.ru.

### Литература

1. Чуманов, И.В. О возможности получения слоистого композиционного материала жидкофазным способом / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, М.А. Матвеева // Вест. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер. «Металлургия». – 2012. – Вып. 19, № 39 (298). – С. 28–30.

2. Чуманов, И.В. Особенности жидкофазного получения слоистого материала / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, М.А. Матвеева // Металлургия машиностроения. – 2012. – № 2. – С. 11–14.

3. Чуманов, И.В. Нетрадиционное получение композиционных, слоистых заготовок для режущего инструмента методом ЭШП / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов // Электрометаллургия. – 2009. – № 10. – С. 11–14.

4. Чуманов, И.В. Исследование композиционного материала с многослойной структурой полученного методом электрошлакового переплава / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, М.А. Матвеева // Электрометаллургия. – 2011. – № 9. – С. 35–38.

---

**Bulletin of the South Ural State University  
Series "Metallurgy"  
2013, vol. 13, no. 2, pp. 151–153**

---

## MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A MULTILAYER COMPOSITE MATERIAL

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

**A.N. Anikeev**, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Chelyabinsk region, Russian Federation, anikeev-ml@mail.ru,

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

The technological parameters of production of a composite material with a multilayer structure by electro-slag remelting with the introduction of the carbon component are described. The data of mechanical tests of multilayer cast composition are presented. Mechanical properties of the material are analyzed.

*Keywords: composite material, multilayered structure, electros slag remelt, production technology, mechanical properties.*

#### **References**

1. Chumanov I.V., Chumanov V.I., Matveeva M.A. The Possibility of Obtaining a Layered Composite by Liquid-Phase Method [O vozmozhnosti polucheniya sloistogo kompozitsionnogo materiala zhidkofaznym sposobom]. *Bulletin of the South Ural State University. Series "Metallurgy"*, 2012, no. 39, issue 19, pp. 15–18.
2. Chumanov I.V., Chumanov V.I., Matveeva M.A. Features of the Liquid-Phase Production of a Laminate [Osobennosti zhidkofaznogo polucheniya sloistogo materiala]. *Metallurgiya mashinostroeniya*, 2012, no. 2, pp. 11–14.
3. Chumanov I.V., Chumanov V.I. Unconventional Production of Composite, Laminated Blanks for Cutting Tools by ESR [Netraditsionnoe poluchenie kompozitsionnykh sloistykh zagotovok dlya rezhushchego instrumenta metodom EShP]. *Elektrometallurgiya*, 2009, no. 10, pp. 11–14.
4. Chumanov I.V., Chumanov V.I., Matveeva M.A. Investigation of the Composite Material with a Multilayer Structure Obtained by Electroslag Remelting [Issledovanie kompozitsionnogo materiala s mnogosloynoy strukturoy, poluchennogo metodom elektroshlakovogo pereplava]. *Elektrometallurgiya*, 2011, no. 9, pp. 35–38.

*Поступила в редакцию 12 сентября 2013 г.*