

WB-1404/ольха	15,40	13,84	8,42
PRO LAB-75/ольха	12,91	11,47	9,80
Obo-Werke1000/ольха	16,37	12,33	10,55
ольха/ольха	15,55	15,19	10,57

По результатам анализа полученных данных и оптической микроскопии зоны разрушения испытываемых образцов, доказано, что испытанные адгезионные составы в соединениях типа пластик/древесина показывают приемлемые результаты для данного типа соединений. При этом необходимо отметить, что для мягких пород древесины наилучшие результаты были продемонстрированы универсальными клеями типа DP 8005. Однако, окончательный выбор клея должен исходить не только из свойств склеиваемых материалов, но и из условий технического процесса эксплуатации неразъемного соединения и экономической эффективности рассматриваемого соединения.

### Список литературы

1. *Граблев, А.Н.* Машины и технология литейного производства. Введение в специальность: учеб. пособие / А.Н. Граблев, А.Н. Болдин. – М.: МГИУ, 2010 – 228 с.
2. *Калиниченко, М.Л.* Современные способы создания модельных комплектов для литья/М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, С.Л. Ровин, В.А. Кукареко, В.А. Калиниченко//Литье и металлургия. 2018. Т. 91. № 3. С. 125-130.

УДК 621.74; 669.53.01.99; 621.88

**В.А. Калиниченко**

Белорусский национальный технический университет, Минск

### **АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОЙ И ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ**

Состояние структуры поверхностного слоя оказывает существенное влияние на механические и эксплуатационные свойства деталей. Одним из эффективных направлений упрочнения рабочих поверхностей, восстановления и увеличения срока эксплуатации изнашиваемых деталей, наряду с известными методами, является нанесение на них износостойких покрытий различными способами (лазерная наплавка, плазменное напыление, индукционной наплавкой и др.) [1-3]. Исходя из

данных посылок целью работы, являлось создание композиционных покрытий путем совмещения лазерной и индукционной наплавки, сочетающих твердую фазу и относительно мягкую матрицу, что обеспечивает повышение износостойкости. Для реализации этой цели была проведена лазерная наплавка валиков в виде сетки, из железо-никелевого сплава ПГ12Н01, на технологическом комплексе на базе CO<sub>2</sub> – лазера непрерывного действия и координатного стола с системой ЧПУ «РУХ -5,0». Толщина валиков составляла 0,5-0,9 мм, шаг валиков изменялась в интервале 5-20 мм исходя из условия обеспечения возможного износа изделия и припуска на механическую обработку. Затем углубления в сетке заполняли медным сплавом, и проводилось его расплавление с помощью индукционного нагрева и выдержкой при температуре нагрева.

В результате исследований получено покрытие с композиционной структурой толщиной около 600-700 мкм. Исследования выявили хорошую адгезию материала матрицы. При этом зона контакта с бронзовой матрицей практически лишена пористости и отличается высокой сплошностью. Для оценки качества полученного покрытия было проведено картирование в зоне контакта между матрицей и армирующей сеткой. Было выявлено, что на расстоянии 90 мкм от начала линии сканирования наблюдается ярко выраженная граница раздела железо-медь, и в материале валика и на расстоянии 10 мкм наблюдается повышение содержания оксидов. В остальном распределение оксидов по сечению образца было достаточно равномерное.

Далее было проведено изучение микротвердости полученных образцов. Было выявлено, что микротвердость матрицы композиционного покрытия, изготовленного по предлагаемой технологии, выше на 8-10% в сравнении с известными способами [1, 2]. Одновременно наблюдается снижение плотности и повышение пористости покрытия, что может быть объяснено захватыванием воздуха в следствии конвективных потоков при индукционной наплавке. Например, при средней площади валика равной 0,71 мм<sup>2</sup>, их процентное соотношение по сравнению с матрицей имеет следующую картину: при шаге 5,0 мм, площадь армирующей фазы составляет 15,3% от общей площади сечения, при шаге 10,0 мм – 8,3%, а при 20,0 мм всего 4,3%. При этом, необходимо отметить, что нанесение валиков даже с малым шагом не позволит полностью избежать пористости. При снижении доли армирующей фазы с 47,3 % до 11,8 % плотность снижается примерно на 0,4 % вследствие более сильной конвекции, приводящей к захвату воздуха.

В результате работы, исследовано получение композиционных покрытий индукционной наплавкой на железосодержащих сплавах с нанесенными армирующими элементами методом лазерной наплавки. Установлено, что нанесение валиков в виде сетки с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно засыпанного в образованные углубления стенками валиков, позволяет повысить качество покрытия за счет более равномерного и лучшего сцепления с подложкой образца.

### Список литературы

1. *Девойно О.Г, Кардаполова М.А, Лучко Н.И.* Возможности формирования композиционных покрытий армированием газотермических покрытий лазерной наплавкой. // (Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн.2 Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки / редколлегия: С.А. Астапчик (гл.ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2015, - 360 с.
2. *Затуловский С.С., Кезик В.Я., Иванова Р.К.* Литые композиционные материалы. Киев. Техника. 1990 - 240 с.
3. *Калиниченко А.С., Шейнерт В.А., Калиниченко В.А., Слуцкий А.Г.* Особенности изготовления композиционного материала с макронеоднородной структурой с применением магнитных полей. «Литье и металлургия», №1. 2018., с.124-127.

УДК 624.74.01

### П. Б. Калюжний

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

*e-mail: kpb.ptima@gmail.com*

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ ВИЛИВКА З ФОРМОЮ ПРИ АЕРОДИНАМІЧНОМУ ПЕРЕМІЩЕННІ ФОРМУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Продуктивність виробничих процесів одержання чавунних виливків значною мірою залежить від швидкості їх кристалізації й охолодження. Виробничий цикл лиття в піщані форми, зокрема за моделями, що газифікуються, є досить тривалим, ось