

Рисунок 5 – Карта износа плит для формования кирпича 3NFD

Таким образом, результаты выполненных исследований позволили установить, что износ носит абразивный характер, причем наибольшая интенсивность имеет место в примыкающей к подвижному поршню зоне, для которой характерны наибольшие значения осевого и бокового давления.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Skalamowski W., Technologia materiałów budowlanych. – Warszawa: Arkady, 1973. – Т. II.
2. Wolfke S. Technologia wyrobów wapienno-piaskowych. – Warszawa: Arkady, 1986.
3. Fukahori. Y. Criteria for crack initiation during rubber abrasion / Y. Fukahori, H. Liang, J.J.C Busfield. – *Wear*, 2008. – Vol. 265, P. 387–395.
4. Tarasiuk, W. Analiza zużycia płyt formy cegły wapienno piaskowej / W. Tarasiuk, B. Kruicz. – *Tribologia*. – 4/2008/4 (220). – P. 155–163.

УДК 621.791.72

ВЗАИМОСВЯЗЬ СКОРОСТИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОЗИЦИОННОМ ПОЛОСЧАТОМ ПОКРЫТИИ ИЗ СПЛАВА ПГ-12Н-01 И БРОНЗЫ ПГ-19М-01

Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Луцко Н.И., Лапковский А.С.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

В последние годы в связи с резким увеличением потребности промышленности в высокоизносостойких материалах все больше возрастает роль композиционных материалов. В этом смысле большой интерес может представлять лазерная наплавка как инструмент создания композиционных полосчатых покрытий из разнородных металлических материалов. Такие покрытия характеризуются не только высокой износостойкостью, но и анизотропией износостойкости и физико-механических свойств в разных направлениях относительно наплавляемых валиков [1,2].

В данной работе изучалось распределение элементов в композиционном полосчатом покрытии, полученном методом лазерной наплавки чередованием валиков из самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01. Химический состав исходных порошков приведен в таблице 1.

Таблица 1- Химический состав наплавлявшихся порошков

| Марка | Содержание компонентов, % (по массе) | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----|----|-----|---|----------|
| | Cr | B | Si | Fe | C | Ni | Co | Cu | W | Al |
| ПГ-12Н-01 | 8-14 | 1,7-2,5 | 1,2-3,2 | 1,2-3,2 | 0,3-0,6 | Осн | - | - | - | - |
| ПГ-19М-01 | - | - | - | До 4 | - | - | - | Осн | - | 8,5-10,5 |

Покрyтия наносились на технологическом комплексе на базе CO₂-лазера непрерывного действия типа «Комета» и системы числового программного управления на образцы из стали 45, предварительно подвергнутые дробеструйной обработке. Наплавка композиционного полосчатого покрытия велась в четыре этапа. Поперечное сечение полученного композиционного покрытия приведено на рисунке 1. После наплавки образцы разрезались в направлении, перпендикулярном валикам наплавки, и заливались в оправки, после чего шлифовались и полировались. На полученных образцах проводилось исследование содержания элементов в валиках самофлюсующегося сплава и бронзы в композиционном покрытии.



Рисунок 1- Поперечное сечение двухслойного композиционного полосчатого покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 х50

Данные исследования осуществлялись на аттестованном сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Miga» фирмы «Tescan» (Чехия) с микрорентгеноспектральным анализатором «INCA Energy 350» фирмы «Oxford Instruments Analytical» (Великобритания). Погрешность метода составляла 3-5 относительных процентов. Определялось содержание элементов в валиках самофлюсующегося сплава и бронзы в композиционном полосчатом покрытии в зависимости от скорости наплавки сплава/бронзы. Полученные данные представлены на рисунках 2 и 3.

Проведенные исследования показали, что из-за интенсивного перемешивания материалов композиционного покрытия в ванне расплава происходит достаточно большая диффузия элементов фаз композиционного покрытия друг в друга. При этом области самофлюсующегося сплава и бронзы в композиционном покрытии по своему составу сильно отличаются от состава исходных материалов (таблица 1). Так, медь из бронзы интенсивно проникает в самофлюсующийся сплав, в то же время никель и хром из самофлюсующегося сплава интенсивно диффундируют в бронзу.

Содержание меди в фазе самофлюсующегося сплава в композиционном покрытии доходит до 10%, в то время как в порошке сплава ПГ-12Н-01 она отсутствует. Содержание никеля в этой фазе композиционного покрытия составляет 60-78%; хотя в порошке этого сплава содержание никеля составляет 80%, содержание хрома также меньше значений приведенных в таблице 1.

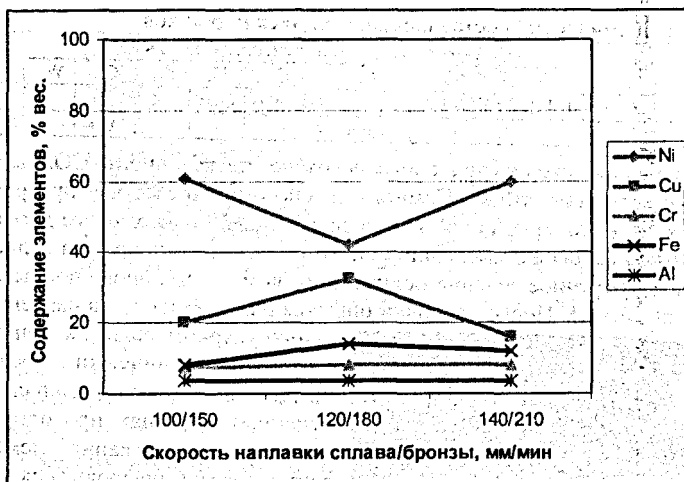


Рисунок 2 - Зависимость содержания элементов в бронзовой составляющей двухслойного композиционного покрытия от скорости наплавки

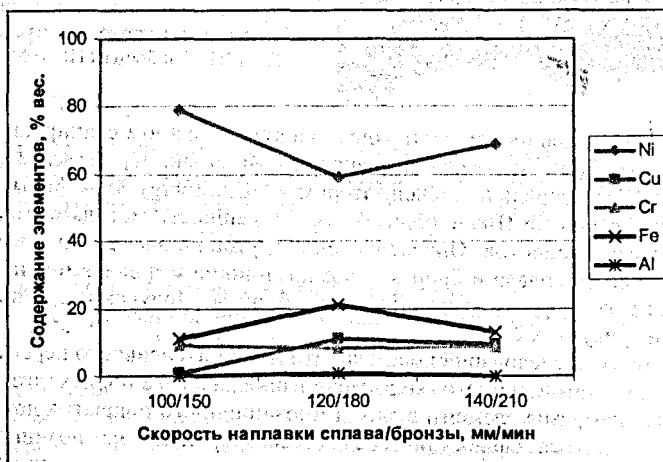


Рисунок 3 - Зависимость содержания элементов в самофлюсующемся сплаве двухслойного композиционного покрытия от скорости наплавки

В фазе самофлюсующегося сплава композиционного покрытия за счет диффузии из основы наблюдается большое содержание железа – 12-21%, против 1,2-3,2% в порошке сплава ПГ-12Н-01. Алюминий из фазы бронзы практически не проникает в фазу самофлюсующегося сплава. В фазе бронзы композиционного покрытия содержание меди составляет всего 18-33%, тогда как в порошке

бронзы меди 90%. В то же время содержание никеля в фазе бронзы доходит до 42-60%, содержание хрома – до 8%, а содержание железа – до 8-15%, хотя в порошке бронзы эти элементы отсутствуют. Содержание алюминия в фазе бронзы соответствует данным таблицы 1.

Сравнивая распределение элементов при разных скоростях лазерной наплавки, можно заметить некоторое влияние скорости наплавки на содержание элементов как в бронзовой составляющей (рисунок 2), так и в фазе самофлюсующегося сплава композиционного покрытия (рисунок 3).

Из рисунка 2 видно, что при увеличении скорости наплавки сплава/бронзы со 100/150 мм/мин. до 120/180 мм/мин. в бронзовой составляющей композиционного покрытия количество никеля уменьшается, но в то же время возрастает количество меди и железа. При дальнейшем увеличении скорости наплавки до 140/210 мм/мин. количество никеля в бронзовой составляющей вновь увеличивается, а количество меди и железа – уменьшается. Содержание хрома и алюминия в бронзовой составляющей практически не зависит от скорости наплавки.

На рисунке 3 можно заметить, что при увеличении скорости наплавки сплава/бронзы со 100/150 мм/мин. до 120/180 мм/мин. в фазе самофлюсующегося сплава композиционного покрытия количество никеля уменьшается, а количество меди и железа увеличивается как и в фазе бронзы. С увеличением скорости наплавки до 140/210 мм/мин. содержание никеля в фазе самофлюсующегося сплава композиционного покрытия возрастает, содержание же железа и меди уменьшается аналогичным образом. Содержание хрома и алюминия в фазе самофлюсующегося сплава композиционного покрытия, как и в предыдущем случае, от скорости наплавки не зависит.

Такой характер зависимостей связан скорее всего со сложными процессами нагрева – охлаждения происходящими с изменением скорости наплавки при нанесении многослойных композиционных покрытий, в том числе при повторных нагревах-охлаждениях при наплавке соседних валиков и слоев. Действующими факторами в данном случае могут являться величина энерговклада в покрытие, величина экранирования излучения лазера аэрозолями наплавляемых металлов, а также соотношение теплоемкостей компонентов многослойного композиционного покрытия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Девойно, О.Г. Формирование однослойных композиционных полосчатых покрытий из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, получаемых лазерной наплавкой / О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова, Н.И. Луцко, О.Н. Кавальчук. – Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. научных трудов: в 3 кн. / редколлегия: С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2013. – Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки – 616 с.: ил., С. 177-184.
2. Девойно, О.Г. – Формирование двухслойных композиционных покрытий из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, полученных лазерной наплавкой / О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова, Н.И. Луцко, А.С. Лапковский, О.Н. Кавальчук. – Инновационные технологии в машиностроении: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти проф. В.Л. Кирпичева и 45-летию ПГУ, Новополоцк, 29-30 окт. 2013 г./ Полоц. гос. ун-т: под общ. ред. А.И. Гордисенко, В.К. Шелега. – Новополоцк, 2013. – С. 126-130.