

СТРУКТУРА, МОРФОЛОГИЯ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ ФРИКЦИОННЫМ ПЛАКИРОВАНИЕМ

Максимченко Н.Н. (Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь)

Тел. +375 (17) 2840871; факс +375 (17) 2842910; E-mail: maksnat2001@mail.ru

Abstract: *It is established that at the cladding surface layer under the coating noticeably compacted as a result of shock-friction effects lint brush, which leads to the formation of the undulating topography of the substrate surface. The origin of the plating layer occurs in depressions on the surface, which contributes to strong adhesion of the coating to the substrate and provides high adhesive properties of the coating. The greatest percentage of the components of the starting material of the coating is observed on the outer layer of the coating (90-100 %), with a subsequent decrease as we move towards the basis.*

Key words: *friction cladding, flexible tool, metal brush, coating, material-donor.*

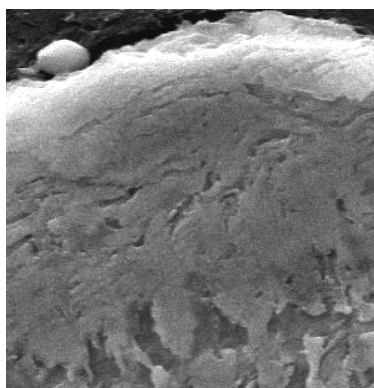
Введение. В настоящее время для модифицирования поверхностных слоев материалов все большее применение находит метод фрикционного плакирования гибким инструментом, основанный на явлении переноса гибкими элементами (ворсом проводочной щетки) микрочастиц материала покрытия (донора) на обрабатываемую поверхность [1–5]. Метод обладает малой энерго- и трудоемкостью, экономичен, может быть реализован на базе стандартных металлообрабатывающих станков. Для формирования композиционных материалов-доноров преимущественно используются технологии порошковой металлургии, которые позволяют создавать композиционный материал с требуемыми свойствами. Триботехнические испытания закаленных стальных и чугуновых образцов с композиционными покрытиями, сформированными фрикционным плакированием, показали, что в условиях возвратно-поступательного перемещения при скоростях скольжения менее 0,1 м/с наблюдается снижение коэффициента трения в 1,2–1,7 раза, интенсивности изнашивания пары трения – в 1,3–9 раз, разности между статическим и динамическим коэффициентами трения – в 2,6–2,9 раза, по сравнению с образцом без покрытия [3]. Учитывая, что эксплуатационные характеристики покрытий во многом определяются структурой, полученной в процессе формирования покрытия, для обоснования улучшения триботехнических характеристик образцов с покрытием проведены исследования структуры, морфологии и элементного состава покрытий, сформированных из композиционных материалов методом фрикционного плакирования.

Методика исследований. В качестве материала-донора для формирования покрытий на образцах из закаленного серого чугуна СЧ20 (HRC 54–56) использовали композиционный материал BrO5C20Gr0,5DM0,5 на основе меди, легированной оловом, свинцом, графитом и дисульфидом молибдена. Для формирования покрытий на образцах из закаленной стали 45 (HRC 54–56) использовали композиционный материал BrO9C8Gr7Ж4 на основе меди, легированной оловом, свинцом, железом и графитом.

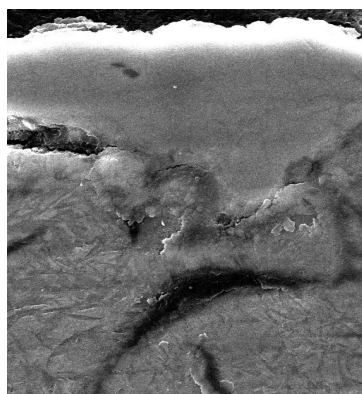
Исследование морфологии и структуры покрытий проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения "Mira" фирмы "Tescan" (Чехия). Для исследования элементного состава покрытий осуществляли съемку в характеристическом рентгеновском излучении с использованием микрорентгеноспектрального анализатора «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия).

Результаты исследований. Металлографические исследования микрошлифов, изготовленных из образцов с покрытиями, показали, что поверхностный слой основы под покрытием заметно уплотнен в результате ударно-фрикционного воздействия ворса щетки (рис. 1), которое приводит, кроме того, к формированию волнообразного рельефа поверхности основы, что особенно заметно на микрошлифе образца из чугуна СЧ20

(рис. 1, б). Зарождение плакирующего слоя происходит во впадинах на поверхности, что способствует прочному сцеплению покрытия с основой. Изучение морфологии поверхностного слоя покрытий показало наличие явно выраженных следов взаимодействия ворса щетки с поверхностью, ориентированных в соответствии с положением щетки относительно обрабатываемой поверхности (рис. 2).

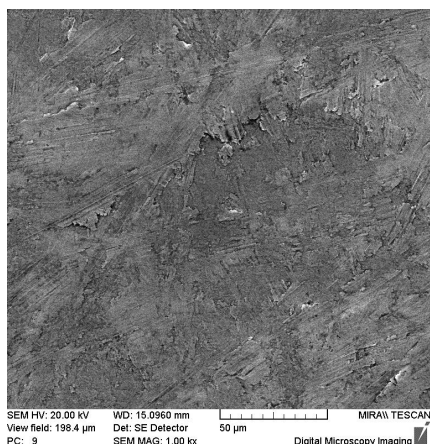


a)

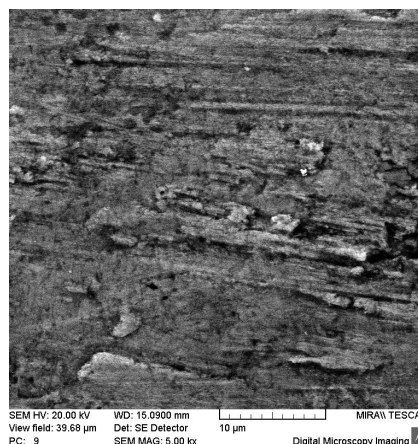


б)

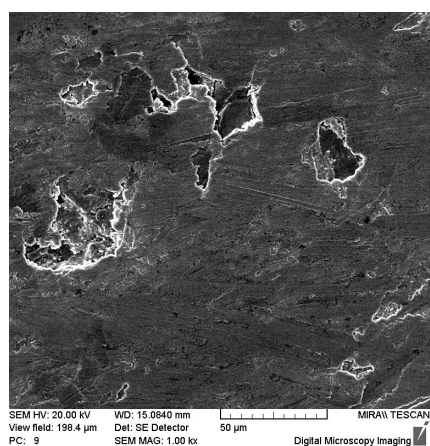
Рис.1. Структура покрытий, сформированных на образцах из закаленной стали 45 (a) и закаленного чугуна СЧ20 (б), $\times 10000$



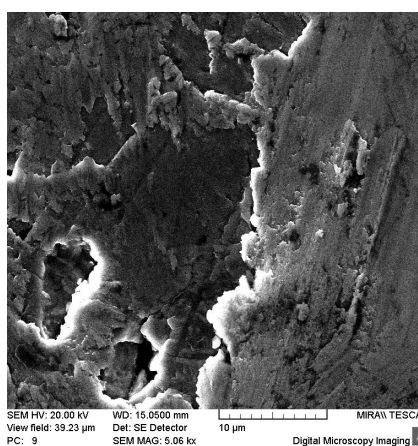
a)



б)



a)



б)

Рис. 2. Морфология поверхности покрытий, сформированных на образцах из закаленной стали 45 (a, б) и закаленного чугуна СЧ20 (в, г); a, в – $\times 1000$; б, г – $\times 5000$

В результате сопоставления химического состава материала-донора и покрытия, сформированного из этого материала, установлено, что наибольшее процентное содержание компонентов материала-донора наблюдается на внешнем слое покрытия, с последующим уменьшением по мере продвижения к основе (рис. 3, 4).

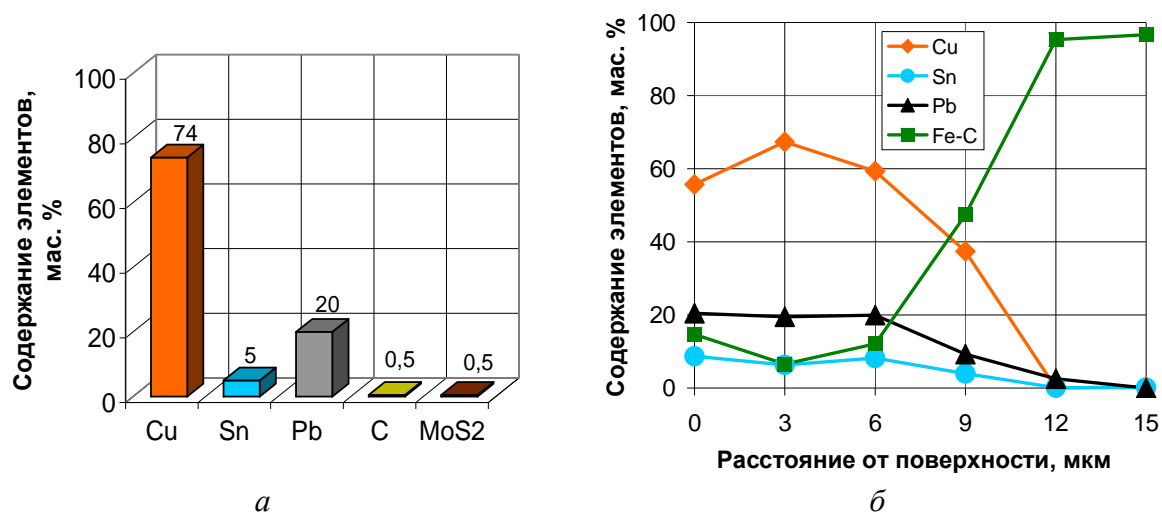


Рис. 3. Распределение элементов в материале-доноре BrO5C20Gr0,5DM0,5 (a) и в плакирующем слое (б), сформированном из этого материала на образце из чугуна СЧ20

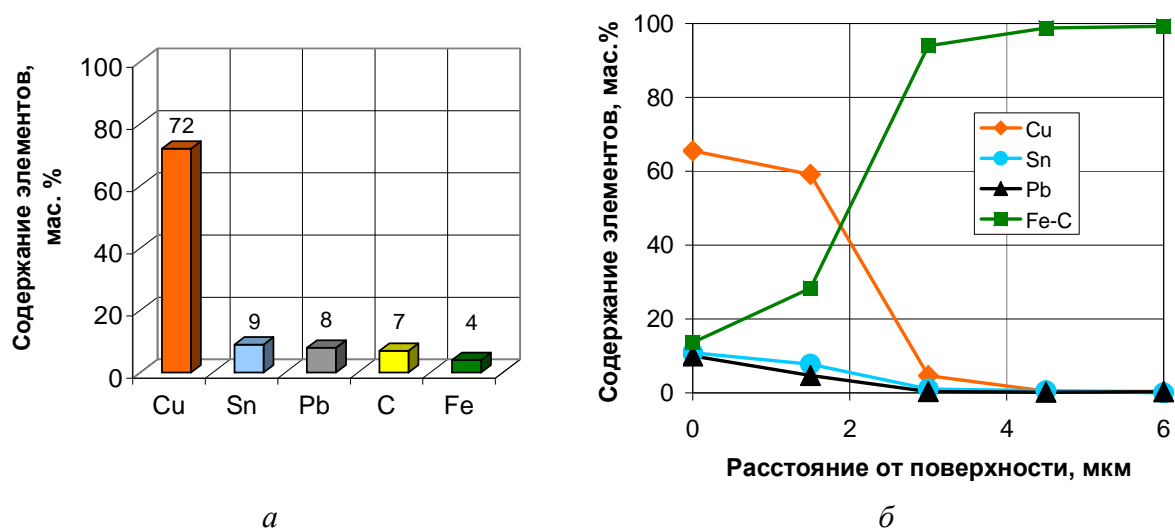


Рис. 4. Распределение элементов в материале-доноре BrO9C8Gr7Ж4 (a) и в плакирующем слое (б), сформированном из этого материала на образце из стали 45

Так, внешний слой покрытия, сформированного из материала-донора BrO5C20Gr0,5DM0,5 на образце из чугуна СЧ20, содержит (в процентах от концентрации элемента в исходном материале-доноре) 50–91 % меди, 79–100 % олова, 46–100 % свинца. В покрытии, сформированном из материала BrO9C8Gr7Ж4 на образце из стали 45, содержание во внешнем слое компонентов материала-донора (в процентах от концентрации элемента в исходном материале-доноре) составляет: 82–91 % меди, 86–100 % олова, 60–100 % свинца.

Ввиду небольшой концентрации графита и дисульфида молибдена в исходном материале-доноре определить массовую долю их содержания в покрытии не представ-

ляется возможным, однако результаты исследования микрошлифа образца с покрытием в характеристическом излучении углерода подтверждают его наличие в покрытии (рис. 5, в).

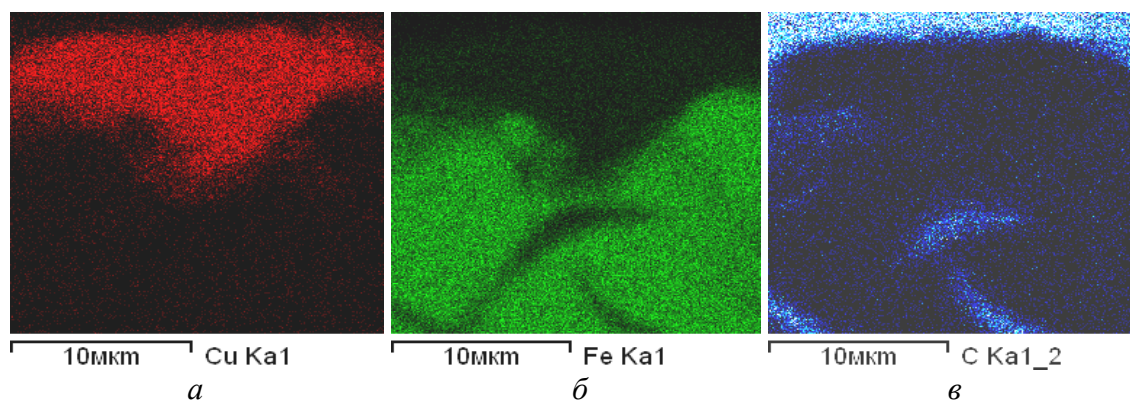


Рис. 5. Изображение поверхности микрошлифа образца из чугуна СЧ20 с покрытием в характеристических излучениях меди (а), железа (б) и углерода (в), $\times 5000$

Микрорентгеноспектральным анализом выявлено различие в содержании меди и железа по толщине покрытия от внешнего слоя до внутреннего слоя, примыкающего к основе. Содержание компонентов основы (железографита) в покрытии составляет от 6–13,6 % во внешнем слое до 29–47 % в прилегающем к основе слое. Исследование спектрограмм точечного анализа показало, что для покрытия, сформированного из материала БрО5С20Гр0,5ДМ0,5 на образце из закаленного чугуна СЧ20, отношение меди и железа на участках, расположенных на внешнем слое покрытия, в середине покрытия и на примыкающем к основе слое, составляет соответственно 10,3:1; 5:1; 0,8:1. Для покрытия, сформированного из материала Бр09С8Гр7Ж4 на образце из закаленной стали 45, указанные соотношения составляют соответственно 4,8:1; 2:1; 0,5:1.

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что при плакировании поверхностный слой основы под покрытием заметно уплотняется в результате ударно-фрикционного воздействия ворса щетки, которое приводит к формированию волнообразного рельефа поверхности основы. Зарождение плакирующего слоя происходит во впадинах на поверхности, что способствует прочному сцеплению покрытия с основой и обеспечивает высокие адгезионные свойства покрытия. Наибольшее процентное содержание компонентов исходного материала покрытия наблюдается на внешнем слое покрытия (90–100 %), с последующим уменьшением по мере продвижения к основе.

Список литературы: 1. Анцупов, В. П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом / В.П. Анцупов. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 1999. – 241 с. 2. Фрикционное плакирование металлом по металлу. Ч.1. Термопластическая деформация и процессы взаимодействия плакируемой поверхности и плакирующего слоя / Л.С. Белевский [и др.] // *Металлург.* – 2006. – № 10. – С. 33-38. 3. Леванцевич, М.А. Исследование влияния покрытий на антискачковые свойства направляющих скольжения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.Н. Калач // *СТИН.* – 2012. – № 9. – С. 4–8. 4. Максимченко, Н.Н. Исследование фрикционного плакирования гибким инструментом с использованием некомпозиционных планов второго порядка / Н.Н. Максимченко // *Вестник машиностроения.* – 2013. – № 9. – С. 38–42. 5. Леванцевич М.А. Технологические возможности покрытий, нанесенных металлическими щетками // *Вестник ПГУ.* – 2003. – Т. 2, № 4. – С. 53–55.