

Акулович Л.М., Миранович А.В., Мисько В.Г.
Белорусский государственный аграрный технический
университет, Минск, Беларусь

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

В ремонтном производстве наиболее востребованы технологии нанесения износостойких покрытий, обеспечивающие восстановление изношенных поверхностей с одновременным упрочнением поверхностных слоев [1]. К их числу относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ), сущность которого состоит в распределении частиц ферромагнитного порошка (ФМП) на поверхности детали с использованием магнитного поля и их расплавлением под действием энергии электрических разрядов [2]. Микроструктура упрочненного слоя, обеспечивающая его физико-механические параметры, определяется химическим составом упрочняющего порошка и материала основы.

Эксперименты проводили на цилиндрических образцах из стали 45 (ГОСТ 1050-88), микроструктура которых после закалки (твердость 240 НВ) представляла собой смесь феррита и сорбитообразного перлита. На поверхность образцов наносили покрытия из двухкомпонентных легированных порошков на основе железа: ферробора ФБ-17 (ГОСТ 14848-69), Fe-2%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), а также сплава ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75).

Микроструктура покрытий изучалась методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» (Австрия) и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital camera». Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 по стандартной методике при величине статической нагрузки на индентор $P \sim 0,49$ Н (50 г). Толщину покрытий определяли по распределению микротвердости в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз.

Общим в структурном строении упрочненного слоя исследованных покрытий является то, что в нем можно выделить три зоны: наплавленную, диффузионную и зону термического влияния (рис. 1). Микроструктура упрочненного слоя, определяющая его физико-

механические параметры, зависит от химического состава упрочняющего порошка и материала основы.

При упрочнении ферробором ФБ-17 основными структурными составляющими являются закалочный мартенсит, сорбит и комплексные бориды на основе FeB и Fe₂B. Наплавленный слой содержит большое количество мелкодисперсных боридов с микротвердостью 16–18 ГПа (рис. 1, а). Диффузионная зона представляет собой α-твердый раствор бора в железе с микротвердостью 8–11 ГПа. На границе наплавленного и диффузионного слоев заметен тонкий боридный слой, а на границе диффузионного слоя и матрицы обнаружено повышенное содержание углерода на глубине около 100 мкм.

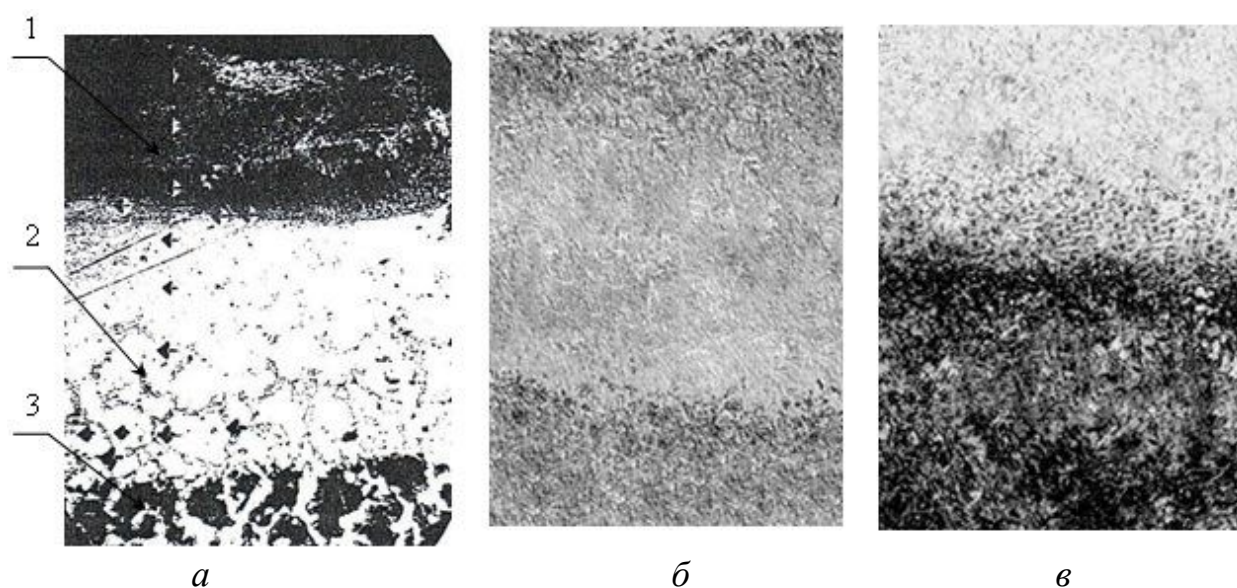


Рисунок 1 – Фотографии микроструктуры покрытий из ФМП после МЭУ:
1 – наплавленная зона; 2 – диффузионная зона; 3 – зона термического влияния; а – ФБ-17 (×200), б – ФБХ-6-2 (×500), в – Fe-Ti (×500)

В покрытии из ФБХ-6-2 наплавленный слой имеет микроструктуру мелкодисперсного строения (рис. 1, б). Поверхностные слои толщиной 100–150 мкм состоят из частиц очень тонкого игольчатого строения размером до 5 мкм, которые вытянуты в сторону основного металла и увеличиваются до 10-15 мкм. Основу покрытия составляет твердый раствор хрома в α-железе, остаточный аустенит, а также карбиды железа (Fe₂C), бориды (FeB, CrB₂, Cr₅B₃) и ферроборида (Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}).

Структура покрытия из ФМП Fe-Ti характеризуется мелкодендритным строением (рис. 1, в), основу которого составляет твердый раствор титана в α-железе, а также незначительного количества остаточного аустенита, интерметаллидов (FeTi, Fe₂Ti), карбидов тита-

на (TiC) и железа (FeC). Граница раздела имеет плавный переход, в котором на глубине до 50–90 мкм происходит полная фазовая перекристаллизация материала основы с последовательным образованием структур – однофазной (дислокационный мартенсит) и двухфазной (дислокационный мартенсит и рекристаллизованный феррит).

Покрытие из порошка Fe-2%V также характеризуется мелкодендритным строением, основу которого составляет твердый раствор ванадия в α -железе, остаточный аустенит, карбиды ванадия (V_2C , $V_4C_{2,67}$) и железа (FeC, FeC_8). Диффузионная зона имеет структуру дислокационного мартенсита. Зона термического влияния представляет собой область неполной закалки, структура которой представляет феррит и отдельные участки перлита, превратившегося в троосто-мартенсит. Результаты экспериментальных исследований поверхностного слоя показывают, что микротвердость изменяется по трем четко выраженным участкам – наплавленная зона, диффузионная зона и зона термического влияния. Максимальная микротвердость наблюдается у покрытий из ФМП ФБ-17 (наплавленная зона – до 18 ГПа, диффузионная зона – 8,0–11,4 ГПа) и ФБХ-6-2 (наплавленная зона – 7,3–8,7 ГПа), что обусловлено формированием в результате скоростного охлаждения мелкодисперсной структуры слоев, в которых присутствуют закалочный мартенсит и комплексные бориды хрома CrB_2 , Cr_5B_3 , ферроборид $Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}$, а также бориды на основе железа FeB и FeB_2 .

Характерной особенностью покрытий является высокая однородность наплавленных слоев и, как следствие, незначительные изменения микротвердости по толщине покрытий из порошков Fe-Ti и Fe-2%V (в пределах 4,5–6,2 ГПа).

Толщина наплавленных слоев покрытий, полученных при МЭУ с использованием исследуемых ФМП, находится в пределах 200–300 мкм, а протяженность зоны термического влияния колеблется в пределах 80–110 мкм (рис. 2).

По характеру распределения микротвердости можно судить об изменениях фазового состава и толщины упрочненной зоны.

Структура и микротвердость металла поверхностного слоя являются основным показателем, определяющим износостойкость в условиях абразивного изнашивания. При этом износостойкость борированных слоев на 40-50 % выше, чем цементованных. Поэтому для таких условий предпочтительно использовать покрытия из ФМП ФБ-17 и ФБХ-6-2.

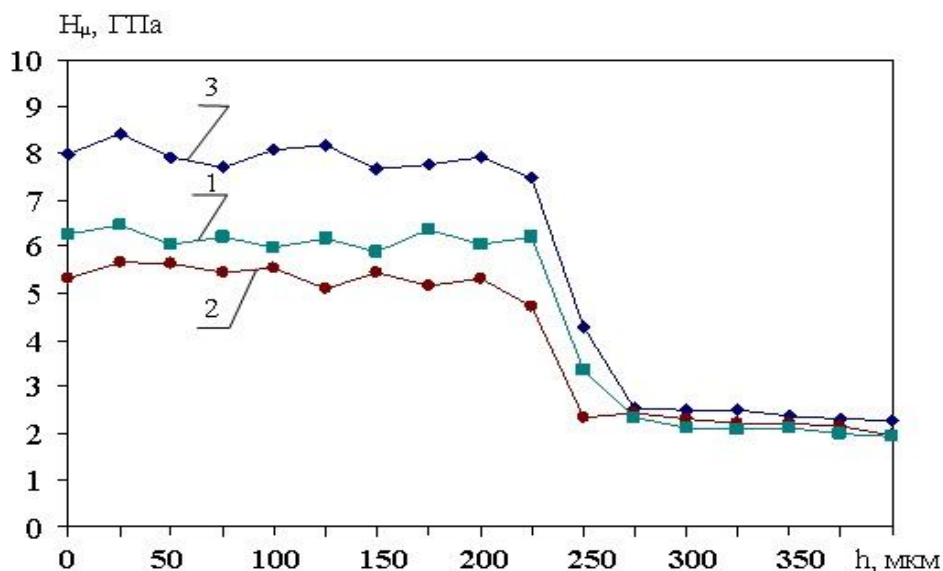


Рисунок 2 – Распределение микротвердости H_{μ} по толщине наплавленного слоя h , полученного при МЭУ.

Покрyтия из ФМП: 1 – Fe-2%V; 2 – Fe-Ti; 3 – ФБХ-6-2

Результаты проведенных исследований структуры и микротвердости покрытий могут быть использованы при разработке технологий восстановления и упрочнения деталей автотракторной и сельскохозяйственной техники.

Литература

1. Технология ремонта машин / Под ред. Е.А. Пучина. – М : УМЦ «Триада», 2006. – ч. I. – 348 с.
2. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Мн.: БГАТУ, 2016. – 236 с.

*Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Сенчуров Е.В.,
Дубновицкий С.К.* Белорусский государственный
аграрный технический университет, Минск, Беларусь

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЗАКАТОЧНЫХ РОЛИКОВ

Общая масса металла, используемого в разнообразных объектах техники и конструкциях, непрерывно возрастает из года в год. Потери металла от коррозии также адекватно увеличиваются, достигая таких масштабов, что становятся сравнимыми с затратами на разви-