

тия неравномерна. Медь, по-видимому, преимущественно растворяется в металлической фазе покрытия, однако отдельные ее включения заполняют поры между частицами. Покрытия, напыленные на оптимальных режимах из композиций с оптимизированными составами, характеризуются несколько более равномерной структурой, меньшей пористостью и меньшим количеством частиц, большим количеством пластифицированных частиц, что свидетельствует о лучшем их проплавлении. По-видимому, наличие на поверхности частиц легкоплавкой меди и ее более поздняя кристаллизация, а также терморреагирующих компонентов в некоторых композициях сопровождается выделением тепла, способствуют некоторому увеличению времени интенсивного протекания диффузионных процессов. Последний подтверждается рентгеноструктурным анализом (рис.5,6) данных покрытий.

Разработанные композиционные материалы по своим износостойким и прочностным свойствам удовлетворяют условиям работы крупногабаритных высоконагруженных валов бумагоделательных машин и были рекомендованы для практического использования на Слонимском картонно-бумажном заводе «Альбертин» при упрочнении-восстановлении таких валов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батищев А.Н. Обоснование рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрофикация сельского хозяйства. – 1992, №9-12. – с. 30-31. 2. ГОСТ 28377-89 «Порошки для газотермического напыления и наплавки. Типы». – Введ 01.01.91. 3. Лабораторные работы по дисциплине «Основы повышения эксплуатационных свойств поверхностей» для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». В 2-х частях. Ч.1 / Н.В.Спиридонов, С.Э.Крайко, А.С.Володько. – Мн.: БНТУ, 2003. – 90 с.

УДК 621.373.826

Спиридонов Н.В., Соколов И.О., Беганский Д.А., Лукашевич О.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА, УПРОЧНЕННОГО ЛАЗЕРНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Обеспечение научно-технического прогресса в машиностроении связано, прежде всего, с созданием новых конструкционных материалов и совершенствованием технологий их упрочнения. Благодаря успехам современного материаловедения создан широкий спектр материалов различного назначения с высокими эксплуатационными свойствами. Наиболее распространенными среди металлических конструкционных материалов являются сплавы на основе железа. Поэтому проблема совершенствования технологических методов их упрочнения остается весьма актуальной.

В настоящее время в связи с тем, что все больше узлов и агрегатов работает в тяжелых эксплуатационных условиях – при постоянно возрастающих скоростях и нагрузках – серьезно ужесточаются требования к качеству продукции машиностроительной отрасли, в частности свойствам рабочих поверхностей деталей. Расширение применения легированных сталей с высокими физико-механическими свойствами, которые для Республики Беларусь являются статьей импорта, малоэффективно из-за их высокой стоимости. Решить проблему можно с помощью нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности деталей.

Развитие инженерии поверхности предполагает разработку технологических процессов нового уровня, позволяющих модифицировать поверхностный слой, радикально менять его структуру и свойства. Для модифицирования поверхности металлов предпочтение отдается методам упрочняющей обработки, использующих в качестве теплового источника концентрированные потоки энергии: лазерные, ультразвуковые, высокочастотные индукционные и другие.

Обработка материала сфокусированным излучением лазера является научным и техническим направлением технологии машиностроения и других областей промышленности, появившимся, когда были созданы мощные импульсные генераторы монохроматического излучения[1].

Термическое упрочнение материалов и сплавов лазерным лучом основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения. При этом количество энергии, вложенное в металл, является достаточным для поверхностного нагрева, а внутренние слои металла остаются холодными. Затем происходит охлаждение этого поверхностного участка со сверхкритической скоростью в результате теплоотвода во внутренние слои металла. При этом время нагрева и время охлаждения незначительны, практически отсутствуют выдержка при температуре нагрева. Эти условия обеспечивают высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностных участков, в результате чего образуется уникальная структура материала, недостижимая другими методами и, как следствие, упрочнение поверхности.

Одним из важнейших этапов в процессе нанесения покрытия является выбор материалов. Он производится в зависимости от свойств поверхности (в данном случае микротвердости и износостойкости), которые необходимо получить. Наиболее часто применяют лазерное легирование следующими элементами:

углеродом, азотом, кремнием, бором, в зависимости от этого различают следующие виды легирования: цементация, азотирование, силицирование, борирование соответственно. Для достижения максимальной твердости и износостойкости с минимальными затратами, для упрочнения ВЧ50 в данной работе были выбраны следующие материалы: аморфный бор (В), карбид хрома (Cr_3C) и борид железа (FeВ). Это обусловлено следующими соображениями:

- обеспечивают требуемую износостойкость поверхности;
- данные материалы наносятся на упрочняемую поверхность в твердой фазе (смесь порошков со связующим веществом), что значительно упрощает процесс легирования;
- относительная дешевизна материалов;
- дополнительно не требуют вспомогательного оборудования;
- простота процесса.

Лазерное легирование производилось на установке «Комета-2» при следующих режимах:

- продольная подача – 150 мм/с,
- плотность мощности – 1 кВт/мм²,
- диаметр луча – 1 мм,
- коэффициент перекрытия – 0,25.

Важным физико-механическим свойством упрочненного слоя, определяющим его эксплуатационные характеристики, и в первую очередь износостойкость, является микротвердость. Важно знать, как распределяется микротвердость по глубине покрытия.

Для определения микротвердости покрытий, были изготовлены специальные образцы с поперечным срезом легированной поверхности. После шлифования и полирования поверхности производилось трехминутное травление поверхности в 5% растворе HNO_3 .

Испытания микротвердости производились при помощи микротвердомера ПМТ-3, методом восстановленного отпечатка, по стандартной методике при величине статической нагрузки $P=0,981$ Н (100 г).

Если при испытаниях хрупких покрытий на поверхности отпечатка или на прилегающих к нему участках обнаружены сколы и трещины, то результаты не учитываются.

Значение микротвердости определяется:

$$H_{\mu} = \frac{1854 \cdot P \cdot 10^4}{(k \cdot d)^2}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где P – нагрузка, г;

d – диагональ отпечатка, делений;

k – индивидуальный коэффициент прибора, $k=0,3$.

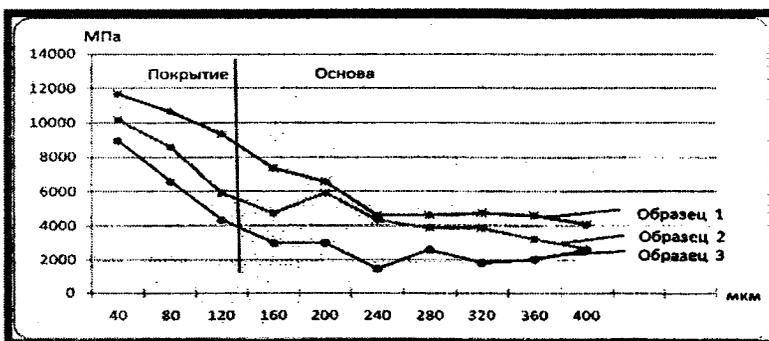
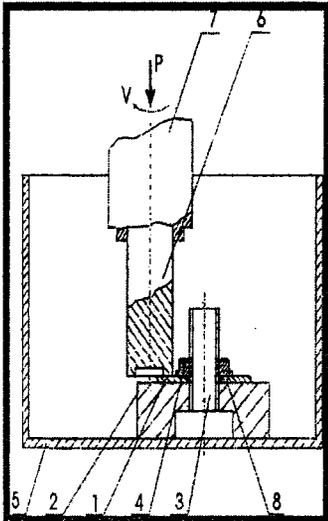


Рисунок 1. Распределения микротвердости по глубине покрытия: образец 1- Cr_3C ; образец 2- В; образец 3- FeВ

Далее строились сравнительные зависимости распределения микротвердости по глубине покрытия - рис. 1.

Анализ результатов проведенных испытаний показал, что наибольшей микротвердостью обладает образец, модифицированный карбидом хрома (Cr_3C), максимальная микротвердость у него составила 11680 МПа, при изначальной микротвердости чугуна 4590 МПа. Так же у него наблюдается значительно более глубокое проникновение легирующих элементов в основу. Образцы под номером 2 и 3, легированные бором (В) и боридом железа (FeB) соответственно, обладают меньшей микротвердостью и степенью проникновения, что в некоторых случаях ограничивает их применение. У всех образцов структура покрытия близка к гомогенной. После лазерного легирования рекомендуется окончательная механическая обработка – шлифование.



Были произведены испытания образцов на износостойкость экспресс-методом на машине торцевого трения по схеме диск – втулка (рис 2). Изнашивание образца 1 по данной схеме, осуществляется контртелом 6, представляющего собой втулку из твердого сплава ВК8. Нагрузка Р на образец 1 осуществляется набором грузов через шпindelь-рейку. На образце 1 в процессе трения образуется канавка, глубина которой представляет величину износа.

Рисунок 2 - Схема установки для проведения испытаний износостойкости
1 – испытуемый образец;
2 – подставка; 3 – шпилька;
4 – фиксирующая гайка;
5 – емкость; 6 – контртело;
7 – патрон; 8 – опора

Была задана нагрузка на образец 100 Н при скорости скольжения $V_{ск}=1,8$ м/с, длительность испытаний – 200 минут.

Скорость изнашивания определяется как среднее арифметическое пяти замеров по формуле [2]:

$$V = h/t, \quad (2)$$

где h – линейный износ за период испытаний, мкм; t – период испытаний, мин.

Изнашиваемость рассчитывалась как величина, обратная скорости изнашивания [2]:

$$I = 1/V. \quad (3)$$

Далее строилась сравнительная гистограмма износостойкости рис. 3.

Как видно из гистограммы, наибольшей износостойкостью обладает образец №1, легирующим элементом у которого является карбид хрома. Наименьшая износостойкость у образца легированного боридом железа. От части, это обусловлено небольшой глубиной проникновения легирующего элемента в основу.

Вывод: в данной работе были исследованы микротвердость и износостойкость поверхности серого чугуна, модифицированного лазерным легированием различными элементами. Анализ результатов показал, что более высокая износостойкость и микротвердость наблюдаются у поверхности, легированной карбидом хрома. Данный состав можно рекомендовать для упрочнения чугунных деталей типа бандажей и т.п. как наиболее перспективный.

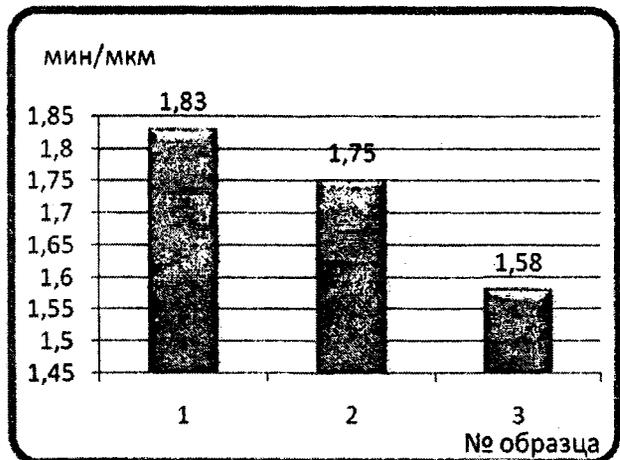


Рисунок 3 – Гистограмма износостойкости различных материалов: образец 1- Cr_3C ; образец 2- В; образец 3- FeB

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. М.: Машиностроение, 1989. 304 с.: ил. 2. Исследование и изобретательство в машиностроении. Практикум / Под общ. Ред. М.М. Кане. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 237 с.