

поверхностного слоя - эксплуатационные свойства», определило описание сложных взаимосвязей процессов формирования поверхностных слоев деталей в виде функционалов. Разработанные модели технологического наследования на основе системы функционалов, дают возможности предлагать способы и режимы **управления** формированием параметров качества в жизненном цикле изделий.

5. Проведено мультимасштабное изучение технологической цепочки процессов многоуровневого **обеспечения** параметров качества в жизненном цикле изделий: от наноструктур тонких пленок и слоев методами атомно-силовой микроскопии, через микро- и мезо-, физико-механические и геометрические параметры качества материалов и поверхностей деталей, к макрохарактеристикам и свойствам изделий специального назначения. Полученное описание позволило не только проследить закономерности технологического наследования, но и применить их, как для пооперационного контроля с использованием физических методов, так и для проектирования технологий, обеспечивающих высокую долговечность деталей и безотказность машин.

В результате для машиностроительных предприятий разработаны ресурсосберегающие технологии, использующие концентрированные потоки энергии для изготовления и восстановления деталей машин, а также оборудование, средства оснащения и контроля эксплуатационных параметров качества в технологических процессах. Теоретические результаты нашли широкое применение при проектировании, производстве и применении техники различного назначения и активно используются в учебном процессе при подготовке инженерных и научных кадров.

УДК 621.923

ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ КАРБИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Шаройкина А.В., Ярмач Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Одной из причин, снижающих надежность и долговечность деталей машин, и вызывающих преждевременный выход из строя является износ рабочих поверхностей. Данная задача может решаться путём повышения твердости и микротвёрдости поверхностей, особенно у деталей, работающих в условиях абразивного износа. Реальным способом обеспечения необходимых физико-механических свойств поверхностей и повышения их надежности и долговечности, в том числе и износостойкости, является нанесение защитных покрытий из твердых самофлюсующихся сплавов, карбидов, боридов и других тугоплавких материалов.

В данной работе были проведены исследования износостойкости плазменных карбидных покрытий из плакированного карбида титана никель-молибден-фосфорной оболочкой (TiC-Ni-Mo-P) с содержанием TiC 65% и 35% Ni-Mo-P без термической обработки, а также с последующей термической обработкой лазерным и электронным лучами. Покрытие, полученное из плакированного порошка, характеризовалось относительно низкой пористостью (до 15%), высокой прочностью сцепления с подложкой (до 38 МПа), наличием относительно мягкой матрицы (HV_{50} до 17000 МПа), не свойственной покрытиям из никеля, с закрепленными в ней твердыми включениями карбида титана (HV_{50} до 30000 МПа) [1].

Термическая обработка покрытий осуществлялась лазером ($P = 0,8$ кВт) и электронным лучом ($P = 5$ кВт). В результате варьирования параметров лазерной обработки было достигнуто проплавление покрытия с частичным оплавлением подложки. Это приводило к значительному снижению пористости покрытий, повышению прочности сцепления, изменению структурных составляющих покрытия за счет частичного перемешивания покрытия с подложкой и снижению микротвердости покрытия в зоне оплавления. Оплавление осуществлялось в виде «сетки» с чередованием оплавленных и неоплавленных участков с шагом 2 мм. Более широкие технологические возможности электронного луча позволили обеспечить сплошное оплавление покрытия. При оплавлении покрытий электронным лучом наблюдалось значительное сужение интервала разброса микротвердости покрытий [2].

Сравнительные исследования износостойкости покрытий проводились в условиях сухого трения с использованием пары трения штифт-шайба ($v=1,0$ м/с; $P=0,5 - 2,0$ МПа). В качестве контртела использовалась закаленная шайба из стали 45. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

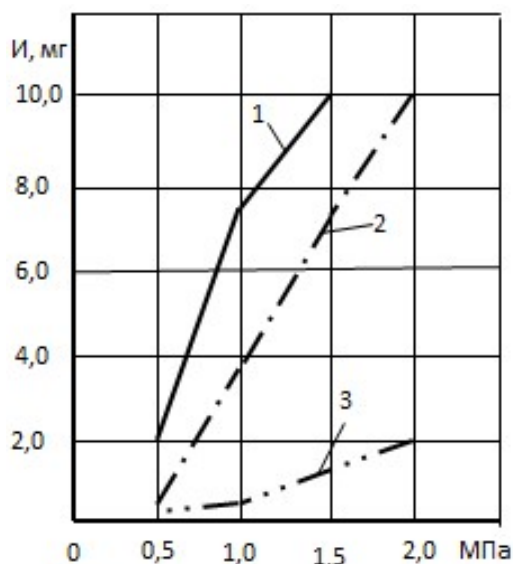


Рисунок 1 – Зависимость износа покрытия от удельного давления:
 1 – без последующей термической обработки; 2 – оплавленное лазером; 3 – оплавленное электронным лучом

Лучшую износостойкость в процессе исследований показали покрытия прошедшие последующую термическую обработку лазером и электронным лучом. Это объясняется существенным изменением физико-механических свойств покрытий в результате оплавления. Состояние поверхностей трения образцов после испытаний на износ представлено на рисунке 2. В процессе исследований было также отмечено значительное снижение коэффициента трения у этих покрытий по сравнению с покрытием без термической обработки.

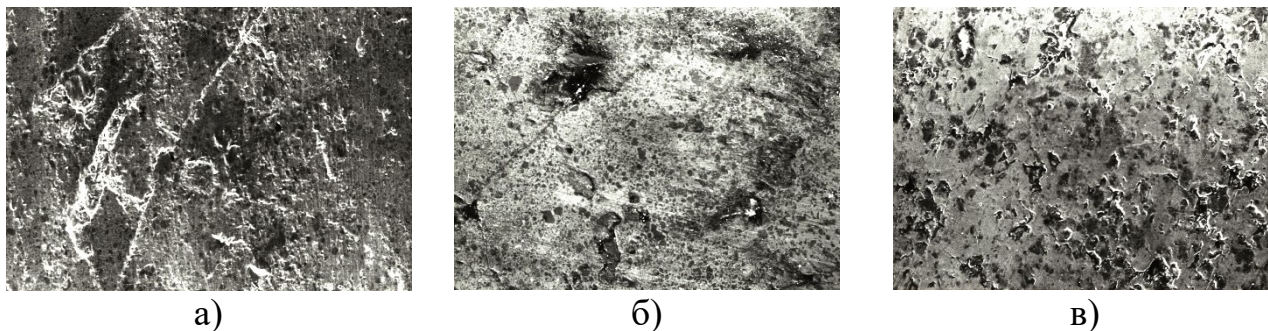


Рисунок 2 – Состояние поверхности трения образцов после испытаний на износ, РЭМ изображение (x 200): а – без последующей термической обработки; б – оплавленное лазером; в - оплавленное электронным лучом

Более высокая износостойкость покрытий после термической обработки электронным лучом объясняется тем, что данный метод позволял оплавливать поверхность и создавать более прочный и твёрдый слой, в то время как лазерная обработка приводила к частичному перемешиванию покрытия с подложкой и снижала твёрдость покрытия. Наличие в металлической матрице легирующих элементов, а именно, фосфора, молибдена и никеля, также положительно влияет на физико-механические свойства плазменных покрытий.

1. Ярмак Ю.Ю. К вопросу термической обработки твёрдосплавных карбидных покрытий. Тезисы докладов 33-ей Международной научно-технической конференции «Технология–Оборудование–Инструмент–Качество», Минск, БНТУ. – 2018, с. 179–181.
2. Ярмак Ю.Ю. Модификация твёрдосплавных карбидных покрытий электронным лучом. Тезисы докладов 33-ей Международной научно-технической конференции «Технология–Оборудование–Инструмент–Качество», Минск, БНТУ. – 2018, с. 182–184.