

УДК 621.914.2:669

А.Э. Липский

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

В статье рассмотрены исследования повышения эксплуатационных характеристик инструментов из быстрорежущих сталей, модифицированных низкоэнергетическим ионным воздействием.

В Республике Беларусь развито производство машин, оборудования, деталей, станков, технологических комплексов. Для большого числа предприятий машиностроения актуальной темой является повышение надежности и долговечности режущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали. В абсолютном большинстве предприятий срок службы режущего инструмента постоянен. Это существенно влияет на производительность и скорость обработки. Уменьшение объема инструмента позволит существенно повысить производительность объектов, надежность работы оборудования, а в условиях рыночной экономики прибыль напрямую связана с надежной и производительной работой оборудования. Таким образом, долговечность и производительность зависят от свойств режущего инструмента, применяемого на производстве.

Улучшение эксплуатационных характеристик инструментов является важной народнохозяйственной задачей, решение которой обеспечивает рост производительности труда, экономия остродефицитных материалов, энергии и трудовых ресурсов. Пути повышения эксплуатационных характеристик инструмента заключаются в создании новых материалов или упрочнении инструментов из традиционных материалов.

Среди методов нанесения защитных покрытий, основанных на воздействии на поверхность инструмента потоков частиц, большое внимание привлекают вакуумные ионно-плазменные методы.

В настоящее время разработано множество различных методов энергетического воздействия на поверхностные слои инструментальных материалов. Успехи в развитии вакуумной техники осаждения материалов, физики плазмы и материаловедения в области электроники стимулировали широкое использование физических методов улучшения эксплуатационных характеристик инструментов.

Для повышения производственного ресурса изделий используются самые разнообразные методы упрочнения. Существует большое число технических вариантов реализации процессов энергетического воздействия на поверхность в зависимости от типа применяемых источников генерации паровой фазы, методов ионизации, давления, электрических параметров и т.д. Наибольшее распространение получили следующие методы нанесения износостойких покрытий [1]:

- активированное реактивное испарение;
- ионное распыление;
- ионное осаждение;
- плазменное осаждение.

Метод активированного реактивного испарения является модификацией метода термического испарения и конденсации в вакууме. Метод позволил с достаточной производительностью получать тугоплавкие соединения типа карбидов, нитридов, окислов, сульфидов и аналогичных материалов.

Метод ионного распыления заключается в бомбардировке ионами газоразрядной плазмы мишени из наносимого материала и осаждении распыленных частиц на поверх-

ность изделий.

Установка для ионного осаждения совмещает элементы установки для термического испарения и ионного распыления. Метод обеспечивает высокую производительность и повышенную энергию осаждаемых частиц. Испарение металла проводится чаще всего электронным лучом в атмосфере тлеющего разряда, который возбуждается между катодом-подложкой и анодом-испарителем.

В методе ионного осаждения в плазме электродугового разряда плазменный поток генерируется в результате эрозии материала в катодных пятнах, горящих на охлаждаемом катоде, который изготавливают из материала, соответствующего составу материала покрытия. Анодом чаще всего служит камера.

Основным достоинством данных методов является возможность создания весьма высокого уровня физико-механических свойств материалов в тонких поверхностных слоях, нанесение плотных покрытий из тугоплавких химических соединений. Кроме того, эти методы позволяют:

- обеспечивать высокую адгезию покрытия к подложке;
- равномерность покрытия по толщине на большой площади;
- варьировать состав покрытия в широком диапазоне, в пределах одного технологического цикла;
- получить высокую чистоту поверхности покрытия;
- экологическую чистоту производственного цикла.

Процесс вакуумного модифицирования низкоэнергетическим ионным воздействием инструментов из быстрорежущих сталей, разработанный на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты», лишен ряда недостатков, присущих другим электрофизическим методам повышения эксплуатационных характеристик инструментов, и в сравнении с широко используемыми способами упрочняющей обработки, метод низкоэнергетического ионного воздействия имеет следующие основные преимущества:

- отсутствие загрязнения окружающей среды;
- не вызывает изменение формы и размеров инструмента после упрочнения;
- повышаются эксплуатационные качества режущего инструмента;
- отсутствие необходимости сложного технологического спецоборудования;
- простота реализации;
- возможность упрочнения режущего инструмента с острыми режущими кромками;
- низкие температуры процесса низкоэнергетического ионного воздействия позволяют проводить упрочнение инструментов из быстрорежущих сталей, которые были подвергнуты термической обработке.

Процесс вакуумного модифицирования низкоэнергетическим ионным воздействием инструментов из быстрорежущих сталей состоит из обработки в вакуумной камере потоком низкоэнергетических ионов поверхностного слоя в определенный промежуток времени. Под воздействием кинетической энергии в материалах происходит коллективная перестройка потенциальных барьеров кристаллической решетки, создавая в твердых телах сильновозбужденное неравновесное состояние, которое является долгоживущим. В результате материалы приобретают новый комплекс свойств. В частности повышается микротвердость, предел текучести при незначительном изменении относительного удлинения (пластичности), изменяется теплоемкость материала, повышается стойкость и износостойкость.

Изменения, происходящие в поверхностном слое при низкоэнергетическом ионном воздействии, приводят, в первую очередь, к повышению микротвердости, износостойкости и стойкости инструментов, изготовленных из быстрорежущей стали. Проводились исследования микротвердости на микротвердомере ПМТ-3 при вдавливании алмазной пирамиды [2]. Образцы для измерений изготавливались из стали Р6М5 и после

соответствующей термообработки шлифовались и затем полировались с помощью алмазных паст. После этого образцы упрочнялись по оптимальным режимам и операции накаливания и измерения отпечатков повторялись в том же месте образца. По данным статической обработки результатов измерения образцов, упрочненных по заданным режимам упрочнения, были построены кривые изменения микротвердости, которые показывают увеличение микротвердости в 1,5 раза (рис. 1).

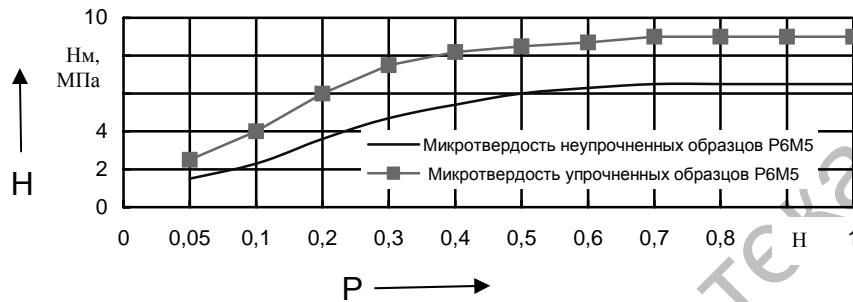


Рис. 1. Микротвердость стали Р6М5: Н – микротвердость, Р - нагрузка

Проведены также исследования зависимости микротвердости образцов из Р6М5 от времени, прошедшего после прекращения упрочнения (рис. 2).

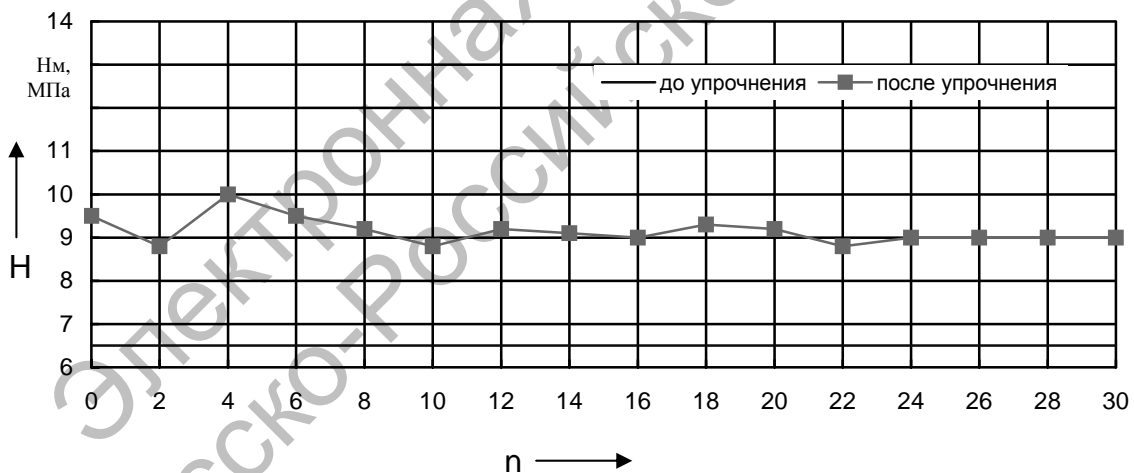


Рис. 2. Микротвердость стали Р6М5 после упрочнения: n - количество суток после упрочнения

Установлено, что в течение длительного периода (до 1 мес.) после прекращения упрочнения наблюдаются некоторые незначительные колебания значения микротвердости, что может свидетельствовать о сильно возбужденном неравновесном состоянии структуры упрочненных образцов, так же имеется ярко выраженная тенденция к сохранению микротвердости упрочненных поверхностей, что может свидетельствовать о долгоживущем неравновесном состоянии структуры упрочненных образцов, обработка рабочих поверхностей инструментов из быстрорежущей стали приводит к изменению дис-

локационной плотности и типа структур на довольно большой глубине от упрочненной поверхности, эти изменения приводят к изменению физико-механических свойств упрочненных материалов, микротвердость стали Р6М5 повышается после упрочнения в 1,5 раза, причем возрастает при удалении от упрочняемой поверхности немонотонно, проходит максимальное значение в приповерхностном слое, затем понижается и сохраняет свое значение по сравнению с исходным материалом.

Проводилось исследование прочностных характеристик модифицированной быстрорежущей стали. Прочностные характеристики инструментального материала, его поведение в условиях знакопеременных напряжений, возникающих в процессе резания, и способность сопротивляться разрушению в различной степени определяют эксплуатационную надежность инструмента. Проводились следующие виды прочностных испытаний модифицированной быстрорежущей стали Р6М5: изгиб сосредоточенной нагрузкой; чистый изгиб специальных образцов, имеющих геометрическое подобие с реальным инструментом и ударно-циклические испытания. Испытанию подвергались образцы из стандартной и модифицированной стали Р6М5. С целью придания геометрического подобия разрушаемому образцу, а также создания условий, близких к реальным по контактным нагрузкам и температурам, проводили также поверхностные испытания специальных образцов по схеме консольного изгиба при различных температурах. Установлено, что низкоэнергетическое воздействие изменяет предел прочности быстрорежущей стали Р6М5; эффективность низкоэнергетического воздействия зависит от величины энергии: при ее оптимальном значении ($E = 2,5$ кэВ) максимально увеличивается средняя прочность. Исследовалось влияние величины энергии на прочность быстрорежущей стали Р6М5. Зависимость величины энергии – прочность для быстрорежущей стали – носит экстремальный характер. В начале отмечается стабилизирующее влияние процессов низкоэнергетического воздействия на структуру стали Р6М5. Но при увеличении величины энергии возрастает температура образцов, что приводит к структурно-фазовым изменениям стали Р6М5 и к снижению ее прочности.

Проводилось исследование износостойкости инструментов из быстрорежущих сталей после низкоэнергетического ионного воздействия. Анализ полученных результатов показывает, что упрочнение образцов из быстрорежущей стали Р6М5 потоком ионов низкой энергии приводит к увеличению износостойкости в 1,8...2,4 раза.

Процесс вакуумного модифицирования низкоэнергетическим ионным воздействием инструментов из быстрорежущих сталей повышает эксплуатационные характеристики стойкости и может быть рекомендован для упрочнения инструментов из быстрорежущей стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волин, Э. М. Ионно-плазменные методы получения износостойких покрытий / Э. М. Волин // Технология легких сплавов. – 1984. – № 10. – С. 55-74.
2. Кане, М. М. Основы научных исследований в технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / М. М. Кане. – Мн. : Выш. шк., 1987. – 231 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 04.11.2005

A.E. Lipskiy
Raising of high-speed steels wear-resistance
by low-energy influence
Belarusian-Russian University

Work is dedicated to study raising of high-speed steels wear-resistance by low-energy influence.