

приводящее к увеличению количества локально испаренного вещества и улучшению условий его возбуждения в присутствии нанокластеров и плазмы от первого импульса.

Таким образом, выполненные спектроскопические исследования приповерхностной лазерной плазмы, образуемой вблизи поверхности алюминиевой мишени, при воздействии на нее двух последовательных импульсов показали возможность контроля и управления степенью ионизации плазмы. Определены временные интервалы между импульсами (5-15 мкс), параметры расфокусировки, обеспечивающие возможность получения максимальной интенсивности линий одно- или двухкратно ионизированных атомов алюминия.

Работа выполнена при частичной поддержке БРФФИ (грант Ф07-206).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухов, Л.Т. Лазерный спектральный анализ / Л.Т. Сухов. – Новосибирск, 1990.
2. Анисимов, С.И. Избранные задачи теории лазерной абляции / С.И. Анисимов, Б.С. Лукьянчук // УФН. – 2002. – Т. 172, № 3. – С.301–333.
3. Воробьев, В.С. Плазма, возникающая при взаимодействии лазерного излучения с твердыми мишенями / В.С. Воробьев // УФН. – 1993. – Т. 163, № 12. – С. 51–83.
4. В.Е. Кошманов, А.Л. Смирнов, В.Ю. Фоминский // Сборник научных трудов «Научная сессия МИФИ-2003». – Т. 4. – С. 178–179.
5. Зайдель, А.Н. Таблицы спектральных линий / А.Н. Зайдель. – М.: 1962.

УДК 621.7

Федорцев В.А., Бабук В.В., Беденко И.Н.

АНАЛИЗ И ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Работоспособность деталей машин с покрытиями в большой степени зависит от совершенства применяемых методов очистки и подготовки поверхности под нанесение защитных покрытий, включая придание ей соответствующего микрорельефа и определенных физико-механических свойств (характеристик), что в итоге обеспечивает необходимое качество покрытий.

Интенсификация процессов подготовки поверхности является значительным резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости изготовления деталей, так как в ряде случаев такая подготовка составляет до

10% общей трудоемкости всего процесса упрочнения. Поэтому применение более совершенных методов подготовки поверхности является весьма актуальной задачей при упрочнении-восстановлении деталей машин [1].

На практике, благодаря сравнительно высокой производительности и низкой себестоимости, наибольшее распространение получили механические методы подготовки поверхности под нанесение защитных покрытий.

К механическим методам относятся, например, шлифование и полирование, иглофрезерование, струйная и виброабразивная обработка, которые в ряде случаев (при использовании жидких химических активаторов) уже являются химико-механическими методами по своей сущности.

Среди таких методов струйно-абразивная (дробеструйная) обработка является наиболее эффективным методом подготовки поверхностей заготовок (деталей) под покрытия, не требующим предварительного полирования (шлифования) для устранения дефектных слоев заготовки (например, из проката).

Механические методы характеризуются простотой оборудования и технологий, обеспечивают требуемую шероховатость поверхности для нанесения покрытий, но имеют в ряде случаев существенные недостатки: невысокая производительность, невысокие параметры точности и качества изделий из-за дефектов поверхностных слоев [1, 2].

В связи с вышеизложенным рациональный выбор эффективных технологических методов, особенно для подготовки прецизионных поверхностей деталей для нанесения защитных покрытий, приобретает еще более важное значение для повышения качества ответственных деталей в машино- и приборостроении [3].

Традиционно для повышения качества таких деталей широко применяют упрочняюще-финишную обработку методами ППД (обычно это алмазное выглаживание). Однако на практике имеется большое количество нежестких деталей, деталей переменной жесткости и деталей с прецизионными и фасонными поверхностями, форма которых искажается даже при малых силовых нагрузках на инструмент, характерных, например, для алмазного выглаживания и соответствующих значениям 250...300 Н [4].

Поэтому актуальной задачей для металлообработки является применение таких способов упрочняюще-финишной обработки изделий, при которых процесс осуществлялся бы со значительно меньшими статическими нагрузками на инструмент-выглаживатель, желательнее по уровню несколько более 100 Н.

Эффективным методом, гарантирующим снижение величины статических нагрузок при ППД до указанной величины, является сообщение инструменту ультразвуковых колебаний (УЗК), которые приводят к изменению условий течения материала и облегчению пластического деформирования обрабатываемой поверхности [4, 5].

В ходе такой ультразвуковой обработки улучшаются такие характеристики поверхностного слоя, как опорная поверхность, контактная жесткость, коэффициент трения скольжения и количество искажений (дислокаций) в кристаллической решетке.

Следствием таких положительных результатов воздействия УЗК на процесс ППД, например, на образцы из стали 45 в состоянии поставки при исходной шероховатости $Ra=3,2$ мкм, является уменьшение их шероховатости до $Ra=0,2\dots0,1$ мкм, если речь идет о сравнении со значением параметра шероховатости $Ra=0,4\dots0,2$ мкм, достигаемого при обкатывании таких образцов шаром. Причем для этого случая еще более значимые результаты воздействия УЗК в ходе упрочнения указанных образцов отмечены по другим показателям качества поверхности. Так степень упрочнения (наклеп) увеличился при использовании УЗК вместо шара с 20...50% до 120%, величины сжимающих остаточных напряжений 350 Н/мм² до 1000 Н/мм², а относительная износостойкость образцов при трении скольжения со 100% до 200%.

Еще большее внимание требует подготовка прецизионных фасонных поверхностей на нежестких деталях.

Часто известные способы подготовки поверхностей под покрытия не отвечают условиям эксплуатации прецизионных поверхностей. В связи с этим очевидна необходимость применения методов финишной обработки, отличающихся высокой производительностью и обеспечивающих заданное качество формируемых поверхностей.

При подготовке прецизионных поверхностей под нанесение покрытий существенная роль принадлежит обрабатываемому материалу, который непосредственно контактирует с обрабатываемой поверхностью и формирует ее свойства.

При выборе обрабатываемого материала следует учитывать не только вышеупомянутые статические нагрузки на инструмент, которые могут привести к короблению или деформации обрабатываемой детали, но и деформации от воздействия температуры в зоне обработки, а также возможность получения заданного микрорельефа при незначительном изменении ее размеров (в пределах поля допуска).

Таким жестким требованиям вполне удовлетворяет метод магнитно-абразивной обработки, отличительная особенность которого – отсутствие связки в абразивном инструменте. Роль связки выполняет магнитное поле, причем эластичность инструмента-порошка регулируется в широких пределах изменением величины магнитного потока в зоне обработки. Относительно малое давление инструмента-порошка на обрабатываемую поверхность и незначительный нагрев изделия во время обработки способствуют формированию поверхностных слоев с минимальным количеством дефектов структуры [6,7].

Изменением величины магнитного потока можно обеспечить такие условия обработки, при которых преобладают процессы микро- и субмикрорезания или микро- и субмикровыглаживания. После магнитно-абразивной финишной обработки прямолинейность образующей цилиндрических поверхностей, а также отклонения от плоскостности иных поверхностей практически сохраняются на уровне, обеспеченном предшествующей операцией.

Следует отметить, что в настоящей работе при анализе и выборе технологических методов подготовки прецизионных поверхностей деталей были

рассмотрены лишь типовые и наиболее значимые для практического использования методы упрочняющего финишной (малосиловой) обработки, но которые в итоге способны обеспечить требуемые высокие, качественные характеристики поверхности для нанесения защитных покрытий, которые должны гарантировать надежную функциональную работоспособность ответственных деталей современной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иващенко, С.А Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами / С.А. Иващенко, И.С. Фролов, Ж.А. Мрочек. – Минск: УП «Техноиздат», 2001. – 286 с.
2. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Ящерицын, П.И. Тенденции и перспективы развития финишных и упрочняющих технологий в Республике Беларусь / П.И. Ящерицын, Л.М. Кожуро // Вести НАН РБ. Сер. Фіз-тэхн. навук, 1998, № 4. – С. 99–104.
4. Одинцов, Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
5. Применение ультразвука в промышленности (Болгаро-советское издание) / под ред. д-ра техн. наук проф. А.И. Маркова. – М.: Машиностроение, 1975. – 240 с.
6. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка: технология и оборудование / Н.С. Хомич. – Минск: БелНИИТИ, 1991. – 48 с.
7. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов // под ред. Н.И. Подлекарева. – Минск: Наука и техника, 1995. – 232 с.

УДК 621.1

Чеботарев В.П., Барановский И.В., Иванов А.И.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ СУШИЛОК

... РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

The method of heat calculation and design data projected the furnace unit is developed. It is certain, that theoretically the furnace unit should have diameter furnace chambers of 0,71 m, diameter heat-exchanger 1,38 m, length of 2,22 m and to provide thermal productivity up to 500...600 thousand in kcal/φ at combustion of diesel fuel of 60...80 kg/φ.