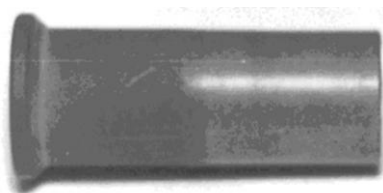


ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ДЕТОНАЦИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Нанесение детонационным напылением (ДН) защитных покрытий на поверхности деталей, работающих в условиях интенсивного износа, является эффективным методом увеличения срока их службы, позволяет снизить металлоемкость изделий, сократить использование дефицитных материалов, одновременно повышая ресурс работы машин и механизмов за счет увеличения стойкости деталей против разрушающих воздействий. Путем изменения технологических параметров ДН удается управлять процессами физико-химических превращений в порошках при нанесении покрытий и регулировать состав и свойства формируемых слоев. Отличительной особенностью метода ДН, является то, что упрочняемые или восстанавливаемые изделия не подвергаются существенному нагреву в процессе нанесения, не изменяя физико-механических свойств их материалов.

Сущность метода ДН весьма проста: в трубу (ствол) заполненной газовой взрывчатой смесью помещаются напыляемые частицы порошка, после чего в газе возбуждается детонация. Взаимодействуя с продуктами детонации, частицы нагреваются и ускоряются в направлении напыляемой поверхности детали, при столкновении с которой они образуют плотное и хорошо сцепленное с ней покрытие. Далее следует релаксация давления, продукты детонации почти полностью выходят из ствола, который продувается не реагирующим газом, вновь наполняется газовой взрывчатой смесью, происходит вбрасывание порции порошка, инициирование детонации и так далее. При каждом выстреле напыляется 1–7 мкм толщины покрытия на площади, приблизительно равной диаметру ствола (20–30 мм). Выход детонационной волны в атмосферу сопровождается интенсивной звуковой волной амплитудой 130 ДБ на расстоянии 2 метров от среза ствола. Наиболее широкое применение в качестве материалов для ДН нашли оксид алюминия (Al_2O_3) и сплавы и композиты на основе никеля. Al_2O_3 имеет достаточно хорошую износостойкость в довольно широком диапазоне скоростей и нагрузок, высокую жаростойкость и коррозионную стойкость. Основным недостатком этих покрытий являются невысокие прочностные свойства и пластичность. Покрытия на основе никеля имеют значительно более высокие механические свойства, но обладают меньшей износостойкостью. Технология ДН позволяет достигать шероховатость Ra получаемых покрытий 1,25–0,32 мкм, что дает возможность не обрабатывать ее в случае, если покрытие наносится с целью защиты от механического износа, эрозии или коррозии. Однако сопрягаемые поверхности деталей, в зависимости от применяемого материала покрытий, проходят механическую обработку до получения требуемой микрогеометрии, что не нашло отражение в ряде монографий и обзорных статей, посвященных применению технологии ДН. В частности, недостаточно внимания уделено рассмотрению обработки финишными методами и процессам, протекающим в поверхностном слое напыленного покрытия во время резания, способам управления этими процессами и эксплуатационными свойствами обработанных покрытий.

Цель данной работы – исследование финишных методов обработки эластичными инструментами керамических покрытий, нанесенных ДН на деталях машин и механизмов.



В качестве образцов использовались тонкостенные втулки (рис. 1) с цилиндрической площадью $S = 20\text{--}30\text{ см}^2$. Перед экспериментами втулки шлифовались с последующим полированием, затем обезжиривались ацетоном. Напыление дисперсного порошка Al_2O_3 (40–60 мкм) производилось на детонационной установке. Толщина покрытия измерялась микрометром МК 1003 (класс точности 2) и равнялась 150–250 мкм. Шероховатость поверхности 0,63–0,32 мкм. Проверка адгезионной прочности покрытия проводилась путем механического соскоба и показала достаточно хорошее сцепление спеченного порошка с

поверхностью втулки. Для более полного определения характеристик покрытий требуются дальнейшие исследования в соответствии с ГОСТ 9.302 и ГОСТ 27953. В табл. 1 приведены характеристики полученного покрытия после ДН порошком Al_2O_3 .

Таблица 1 – Характеристики покрытия после ДН порошком Al_2O_3

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Общая пористость $P_{\text{общ.}}$, %	Микро-твердость H_{μ} , ГПа	Предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{вр}}$, МПа	Прочность сцепления покрытия с подложкой $\sigma_{\text{сц}}$, МПа	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·к)
Al_2O_3	3,4–3,5	1,0–2,0	11,0–12,0	147–150	60–120	0,7–2,9

К преимуществам ДН порошком Al_2O_3 относят высокую прочность сцепления и плотность, а также возможность нанесения покрытия на подложки без изменения свойств материала основы. Кроме того, из всех существующих только данный метод позволяет создавать покрытия из металлокерамики: карбидов вольфрама, титана и кобальта, нитридов титана и бора, окиси алюминия. При этом свойства покрытий практически не отличаются от свойств аналогичных сплавов, полученных методами спекания.

Из отечественного и зарубежного опыта известно, что трудоемкость финишных операций в общей трудоемкости восстановления деталей может превышать 20%. Сложность и многообразие форм поверхностей затрудняют создание универсальных методов их финишной обработки. Известные методы обработки лезвийными инструментами, связанным и свободным абразивами, поверхностным пластическим деформированием, а также электрохимические и комбинированные методы, позволяющие обеспечить шероховатость поверхности в широком диапазоне значений (Ra 0,05–0,32), имеют ряд существенных недостатков, к которым относятся многостадийность и большая трудоемкость обработки при повышенных требованиях к качеству поверхности, затруднительность обработки изделий сложной конфигурации при высоких требованиях к точности, формирование в процессе обработки дефектного поверхностного слоя, негативное влияние на физико-механические свойства поверхности и другие.

Основные направления развития обработки резанием связаны с ее интенсификацией за счет новейших и синтеза существующих методов обработки. Смещение технологических показателей в размерной обработке в направлении более высокой степени точности и качества в результате изменения соотношения отдельных видов обработки. Уменьшается объем токарной обработки за счет внедрения абразивной обработки, увеличивается доля прецизионного шлифования и, напротив, внедрение лезвийной обработки сверхтвердыми материалами может вытеснить абразивную обработку.

Качество поверхности и детали в целом формируется в процессе выполнения практически всех технологических операций. Однако окончательные показатели качества поверхностей формируются на чистовых и отделочных операциях, среди которых превалирует шлифование и полирование. Операции абразивной обработки являются финишными в технологических процессах механической обработки, поэтому низкое качество и брак особенно недопустимы, так как они влекут за собой большие потери, обусловленные стоимостью выполнения всех предыдущих операций. Финишная обработка закрепленным абразивом тонкостенных деталей по сравнению с монолитными в связи с интенсивным тепловыделением вызывает изменение исходного состояния поверхностного слоя и коробление формы изделия. Решением данной проблемы может быть использование эластичных инструментов.

Одним из перспективных методов финишной обработки изделий упрочненных или восстановленных детонационными покрытиями из порошков окиси алюминия является полирование лепестковыми кругами из алмазных лент (рис. 2), обеспечивающее снижение шероховатости поверхности, характеризующееся стабильностью процесса, высоким качеством, производительностью и низкой себестоимостью обработки.

Преимущество полирования такими кругами перед другими эластичными инструментами заключается в том, что прерывистый, импульсный характер резания и вентиляционный эффект, возникающий в зоне обработки, способствуют обновлению затупившихся абразивных зерен и быстрому удалению шлама. Высокая эластичность инструмента обеспечивает оптимальный контакт рабочей поверхности режущего элемента с деталью сложного профиля. Они не требуют правки, обладают способностью принимать профиль обрабатываемой поверхности в течение всего времени работы. При этом высокая режущая способность и износостойкость инструмента обеспечивает стабильное качество поверхностного слоя изделия. При полировании этими кругами деталей с детонационными покрытиями на основе Al_2O_3 достигается шероховатость поверхности Ra 0,04–0,16, производительность процесса обработки в 1,3–1,5 раза выше, чем при использовании других эластичных инструментов из алмазных лент, а затраты на инструмент сокращаются на 30–40 %.



Рис. 2. Круг лепестковый из алмазных лент

Применения ДН и финишных методов их обработки предусматривает повысить технический и технологический уровень производства, надежность и долговечность деталей машин и оборудования, снизить металлоемкость и трудоемкость изготовления технологической оснастки, обеспечить экономию конструкционных, быстрорежущих и инструментальных сталей, сократить сроки технологической подготовки производства, создать технологические заделы для разработки техники нового поколения.