

Для расчета диаметра кулачка необходимо задаться коэффициентом асимметрии  $\xi$  и числом циклов колебания инструмента за один оборот заготовки  $z$ . Известно, что длина стружки для ее эффективного удаления и транспортирования не должна превышать 150 мм [2]. Длина стружки, образуемой при вибрационном точении, определяется величиной цикла колебаний инструмента  $c$  и диаметром обрабатываемой заготовки  $D$

$$l_{стр} = \frac{c \pi D}{\lambda},$$

где  $\lambda$  - коэффициент продольной усадки стружки. Из выражения следует, что

$$c = \frac{l_{стр} \lambda}{\pi D}.$$

Таким образом, число полных циклов колебаний инструмента за один оборот заготовки  $z$  - есть величина, обратная циклу  $c$ , округленная до целых значений. С увеличением числа циклов движения инструмента уменьшается диаметр кулачка. Коэффициент асимметрии  $\xi$  может иметь различные значения: для мягкого вибрационного точения -  $\xi=2; 3; 4; 5$  и т.д., для жесткого -  $\xi = \frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{1}{4}; \frac{1}{5}$  и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Молочко, В.И. О влиянии структуры цикла вибрационного резания на шероховатость обработанной поверхности / В.И. Молочко // Вести НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. - 2004. - №1. - С. 45-52.

2. Лавров, Н.К. Завивание и дробление стружки в процессе резания / Н.К. Лавров. - М. «Машиностроение», 1971. - 88с.  
УДК 621.723

Царук О.В.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

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

*Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Иващенко С.А.*

Работоспособность деталей с покрытиями в значительной степени зависит от состояния их поверхности перед нанесением покрытия, поэтому

*Секция «Новые материалы и перспективные технологии обработки материалов»*

способ подготовки поверхности детали оказывает существенное влияние на адгезию и качество наносимых покрытий.

В связи с усложнением производства и ужесточением условий эксплуатации деталей машиностроения, созданием новых способов и совершенствованием традиционных технологий формирования покрытий существенно возрастают требования к подготовке поверхности. Интенсификация процессов подготовки поверхности является большим резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости деталей. Поэтому использование более совершенных способов подготовки поверхностей обеспечит повышение качества деталей машиностроения с прочнейшими и защитными покрытиями.

Химическая чистота поверхности детали – одно из основных условий высокого качества наносимого покрытия. Загрязненность поверхности затрудняет взаимодействие материала покрытия с материалом основы, способствует возникновению несплошностей в покрытии и областей с высокими локальными напряжениями. Все это снижает адгезию покрытия с основой и приводит к отслаиванию и растрескиванию покрытия.

Существующие способы подготовки поверхности под покрытие подразделяются на механические, химические и электрохимические и физические. К механическим способам относятся, например, шлифование и полирование, галтовка и виброобразивная обработка. В ряде случаев эта обработка с использованием жидких химических активаторов и, по существу, является химико-механической. Также следует отметить, что наряду с очисткой поверхности механические способы изменяют ее топографию, величину наклепа и остаточные макронапряжения.

Механические способы подготовки поверхности характеризуются простотой оборудования и технологий, обеспечивают требуемую шероховатость поверхности, но имеют ряд существенных недостатков. Основным из них является образование в процессе механической обработки дефектного поверхностного слоя. Этот слой обладает повышенной твердостью и хрупкостью и содержит помимо мелкокристаллической раздробленной смеси оксидов, нитридов и других соединений сильно деформированные зерна металла, инородные включения, скрытые дефекты и микротрещины. Кроме того, механические способы подготовки приводят к направленной анизотропии магнитных свойств, что ухудшает работоспособность самих изделий.

Химическая обработка включает обезжиривание, травление и полирование. Химический способ удаления жировых отложений основан на взаимодействии с ними органических растворителей (тетрахлорэтилена, четыреххлористого углерода, бензина, керосина и др.). Обезжиривание проводят погружением заготовок в жидкий растворитель, а также используют струйную обработку. После обезжиривания обычно проводят травление

поверхности детали, а в тех случаях, когда требуется низкая шероховатость поверхности, – полирование. Под химическим полированием (ХП) понимают процесс обработки поверхности детали в электролите, протекающий без подвода внешнего тока в результате окислительно-восстановительных реакций системы металл – раствор.

Для подготовки поверхности используют также электрохимическое полирование (ЭХП) – обработку поверхности детали в электролите с подводом внешнего тока. При ЭХП процесс очистки протекает очень интенсивно за счет обильно выделяющегося на поверхности детали газа и электрохимического растворения окислов и металлов.

Промывка в воде после полирования позволяет удалить с поверхности детали остатки жидких химических реактивов и продукты предыдущей очистки. После промывки проводят сушку деталей при невысоких температурах.

Основные преимущества ХП и ЭХП:

- производительность этих способов в отличие от производительности обработки резанием, в основном не зависит от механических свойств материала и формы детали, причем в ряде случаев она выше, чем у обработки резанием;
- на поверхности после полирования вследствие особенностей микрорельефа меньше оседает и удерживается загрязнений, а сама поверхность приобретает повышенную коррозионностойкость;
- удаляются дефектные поверхностные слои металла, вследствие чего улучшаются физико-механические характеристики поверхности.

К основным недостаткам этих способов относят: низкую работоспособность растворов, трудность их корректировки и регенерации, высокую рабочую температуру, выделение агрессивных, а иногда и вредных паров и газов, применение концентрированных кислот и вредных веществ, снижение микротвердости поверхности деталей. Кроме того, наличие после ХП хемосорбционных слоев, вязких пленок или пленок другой природы на поверхности, а после ЭХП – оксидных и вязких поверхностных пленок отрицательно сказывается на параметрах качества вакуумно-плазменных покрытий. Разновидностью электрохимического способа является способ электроимпульсного полирования, где в качестве электролита используются нетоксичные бескислотные растворы, что делает его перспективным для подготовки поверхности под нанесение покрытий. Физические способы подготовки поверхности включают воздействие на неё высокоэнергетических частиц (ионов, электронов, фотонов), а также тепловое воздействие, например вакуумный отжиг, при котором выгорают жидкие органические загрязнения.

Для вакуумно-плазменных покрытий критериями выбора способа подготовки являются создание необходимой топографии поверхности с малой высотой микронеровностей ( $R_a$  не выше 1, 25...0,63 мкм) и большими радиусами закругления вершин и впадин, удаление дефектного

*Секция «Новые материалы и перспективные технологии обработки материалов»*

поверхностного слоя, поверхностных пленок и инородных включений, а также тщательная очистка поверхности от всех видов загрязнений.

Для выбора оптимального способа предварительной подготовки поверхности основы под нанесение вакуумно-плазменных электродуговых покрытий были проведены сравнительные испытания способов предварительной подготовки поверхности: механического, химического, электрохимического и электроимпульсного. Эксперименты проводились с использованием образцов из стали 12X18H10T, которые предварительно обрабатывались шлифованием до  $Ra = 0,5$  мкм. Требовалось получить шероховатость поверхности образцов перед нанесением покрытия не выше  $Ra = 0,1 \dots 0,15$  мкм.

Таблица 1 – Способы подготовки поверхности и качественные характеристики покрытий

Способ подготовки поверхности	Общее время подготовки поверхности, мин	Количество переходов подготовки	Использование агрессивных и вредных веществ	Характеристики TiN-покрытия		
				Адгезия, Н/м <sup>2</sup>	Пористость, см <sup>2</sup>	Шероховатость Ra, мкм
Механический	59	6	Есть	2,0	4,8	0,15
Химический	23	7	Есть	3,2	3,3	0,13
Электрохимический	20	7	Есть	3,8	2,7	0,12
Электроимпульсный	14	3	Нет	4,1	2,3	0,12

Анализ результатов показывает, что наилучшим по всем показателям является электроимпульсный способ подготовки поверхности.

УДК 621.5.041

Чернокал Д.В.

## **ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К ТЕОРИИ И РАСЧЕТУ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ**

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

*Научный руководитель: ст. преподаватель Шахрай Л. И.*

В различных отраслях промышленности, особенно в химической, используют сжатие газа до очень высоких давлений. Так, при синтезе аммиака требуется сжатие газа до 32-70 МПа, а при производстве