

полную картину объемного сжатия порции ФАП в рабочем зазоре между зубьями шестерни. Поэтому из-за сравнительно небольших модулей упругости этого материала в данном зазоре возникают заметные деформации сжатия.

Проведенные исследования и полученные экспериментальные данные показывают, что использование данной схемы МАО гарантирует снижение шероховатости рабочей поверхности зубчатого контура колеса с показателя  $R_{a1} = 1,6 - 3,2$  мкм до  $R_{a2} = 0,4 - 0,8$  мкм за 120 с обработки. Модуль  $m$  этих зубчатых колес составляет диапазон 2,5 – 3,5 мм. Величина рабочего зазора варьируется от 1 до 3 мм.

**Выводы.** В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что применение в качестве финишной обработки метода МАО приводит к достижению требуемых показателей шероховатости рабочей поверхности зубчатых колес, обеспечивающих рост эксплуатационных параметров и надежность функционирования механизмов.

### Литература

1. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
2. Ящерицын, П.И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П.И. Ящерицын, А.Г. Зайцев, А.И. Барбоцько. – Минск: Навука і тэхніка, 1976. – 396 с.
3. Hou, Zhen Bing Magnetic field assisted finishing of ceramics / Zhen Bing Hou, R. Komanduri // Journal of Tribology, Transactions of the ASME. – v. 120. – № 4. – 1998. – p. 645 – 651.
4. Сакулевич, Ф.Я. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Я. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1981. – 328 с.
5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / под ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

УДК 621.923

## МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

В.С. Майборода

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»*

**Введение.** Качество твердосплавного режущего инструмента в значительной степени определяется микрогеометрией его рабочих поверхностей, наличием на поверхности микроконцентраторов напряжений в виде

микросколов (особенно на режущих кромках), которые могут быть причиной разрушения инструмента в процессе его эксплуатации, напряженным состоянием тонкого поверхностного слоя, величиной поверхностной твердости. Именно на эти факторы обращают особое внимание на финишных стадиях изготовления инструмента.

**Состояние проблемы.** В современном производстве распространены методами финишной обработки при изготовлении многогранных неперегретаемых твердосплавных пластин (МНТП) являются виброабразивная или струйно-абразивная обработки, которые применяют после их спекания. При этом решаются задачи, связанные с удалением «облоя», остатков засыпки, применяемой при спекании, снижением уровня шероховатости, притуплением режущих кромок МНТП, формированием благоприятных сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое. Распространенной операцией при размерной финишной обработке является шлифование рабочих поверхностей МНТП абразивным инструментом из сверхтвердых материалов. В последнее время широкое применение находят методы комбинированной финишной обработки, которые используют комплексное воздействие различных технологических процессов и физических явлений, способных формировать заданные свойства рабочих поверхностей МНТП, обеспечивая повышение их эксплуатационных характеристик. К одному из таких методов можно отнести метод магнитно-абразивной обработки (МАО) в условиях больших рабочих зазоров. Эффективность данного метода для финишной обработки доказана в [1 – 3]. Показано, что МАО позволяет не только формировать шероховатость рабочих поверхностей на уровне 0,2 мкм, но и обеспечивать существенное повышение поверхностной твердости (в ряде случаев до величины  $HV = 18 - 20$  ГПа, на глубине более 10 – 50 мкм). При этом установлено повышение работоспособности режущего инструмента не менее чем в 1,3 – 1,5 раза. Общим недостатком известных методов, применяемых при МАО МНТП являются ограничения, связанные с существующими схемами обработки, определяемые условиями базирования деталей в зонах обработки – когда ось МНТП расположена вертикально и совпадает с осью преимущественного вращения шпинделя станка. Данные схемы МАО не учитывают специфику процесса обработки, определяемую сложной и разнообразной формой МНТП. Поэтому возникает задача по обеспечению равномерной и эффективной обработки всех рабочих поверхностей твердосплавного инструмента – задней и передней поверхностей, непосредственно режущих кромок, элементов, предназначенных для стружкодробления на передней поверхности, опорных поверхностей.

**Цель работы** – проведение сравнительного анализа эффективности процесса МАО МНТП в различных условиях, реализуемых на оборудовании, которое обеспечивает различную кинематику и динамику процесса обработки.

**Экспериментальные исследования.** МАО МНТП выполняли на установках трех типов, реализующих разную кинематику и динамику процесса перемещения обрабатываемых деталей в рабочих зонах при обработке: на магнитно-абразивном роторном станке MAPC [1, 4], шестипиндельной установке типа кольцевая ванна [3] с вертикальным расположением шпинделей и экспериментальном станке, обеспечивающем возможность позиционирования и последующего перемещения обрабатываемых изделий под различными углами в кольцевой рабочей зоне, возможность вращения деталей вокруг оси оправки, используемой для крепления МНТП, в различных направлениях с регулируемой частотой при регулируемом вращении головки станка с технологической наладкой вокруг оси кольцевой ванны.

Исследования выполняли на МНТП типа SNMG 120412 и SNMM 120412, изготовленные различными фирмами (MITSUBISHI и Московским комбинатом твердых сплавов, KENNAMETAL и ОАО «Кировоградским заводом твердых сплавов»). Предварительный анализ состояния рабочих элементов МНТП разных изготовителей показал, что шероховатость рабочих поверхностей до МАО для пластин MITSUBISHI и KENNAMETAL составляет 0,7 – 0,9 мкм, рабочие кромки без микросколов со средней величиной радиуса режущей кромки в диапазоне 30 – 38 мкм. Шероховатость рабочих поверхностей (передней и задней) МКТС и кировоградских пластин составляет 0,9 – 1,4 мкм, рабочие кромки имеют радиус округления 40 – 55 мкм, шероховатость  $Ra = 2,5 - 2,8$  мкм и  $Rz = 15 - 16$  мкм, что свидетельствует о наличии на них микросколов.

МАО выполняли магнитно-абразивными порошками Ферромап с размером частиц 400/315 и 200/100 мкм с добавлением алмазной пасты АСМ 3/2. Время обработки составило 120 с. Варьировали скоростью МАО в диапазоне 1,7 – 3,3 м/с, величиной магнитной индукцией в рабочих зонах от 0,15 до 0,35 Тл и углом наклона пластин по отношению к плоскости рабочих зон в диапазоне 0 – 40°.

Результаты обработки оценивали по величине шероховатости, характеру изменения опорной поверхности микропрофиля, изменению радиусов округления режущих кромок и величине поверхностной твердости. Эксплуатационные характеристики МНТП после МАО оценивали по силам

резания при непрерывном точении стали 45 и величине износа по задней поверхности МНТП в процессе эксплуатации на протяжении 90 мин.

Установлено, что наиболее равномерный съем материала обеспечивается при МАО на экспериментальном станке с наклонными по отношению к плоскости магнитной системы типа кольцевой ванны на угол  $20 - 30^\circ$  обрабатываемыми пластинами при обработке с реверсом. Наилучшие результаты по шероховатости – снижение величины  $Ra$  менее  $0,3 \text{ мкм}$ ,  $Rz$  – менее  $2-3 \text{ мкм}$  получены при использовании более крупного магнитно-абразивного порошка (рис. 1, 2). Режущие кромки при этом приобретают правильную форму без микровывривов и сколов.

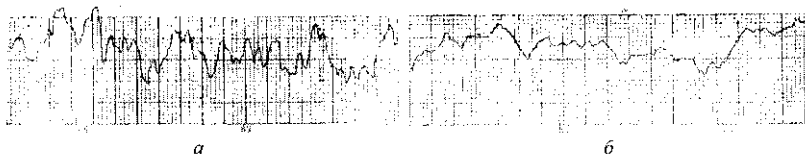


Рис. 1. Профилограммы задней поверхности МНТП до (а) и после (б) МАО, ГУ50000, ВУ 500

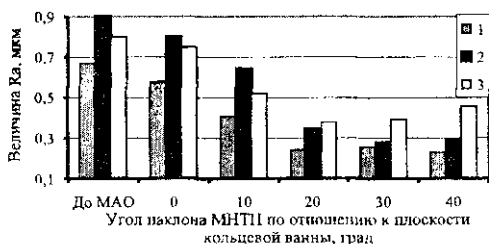


Рис. 2. Изменение величины шероховатости поверхности МНТП от угла ее базирования в рабочей зоне установки; 1 – на задней поверхности, 2 – на опорной поверхности, 3 – на передней поверхности пластины

Происходит их незначительное притупление на  $6 - 8 \text{ мкм}$ . Наилучшие результаты по упрочнению поверхности МНТП (коэффициент упрочнения  $K = 1,35$ ) обеспечиваются при МАО порошком Ферромап с размером частиц  $200/100 \text{ мкм}$  и добавлением алмазной пасты со скоростью вращения вокруг оси кольцевой ванны  $3,3 \text{ м/с}$ , частоте вращения шпинделей  $400 \text{ об/мин}$ , магнитной индукции в рабочих зазорах  $0,23 \text{ Тл}$ . При использовании для МАО порошка Ферромап с размером частиц  $400/315 \text{ мкм}$  с алмазной пастой величина коэффициента упрочнения возрастает до  $1,5 - 1,57$  при аналогичных условиях обработки. Это связано с тем, что более крупные частицы обеспечивают более весомый вклад в силы динамического происхождения при МАО, а сам магнитно-абразивный инструмент выполняет роль эластичного притира. А при одинаковой магнитной индукции

в рабочих зазорах силы прижима обрабатываемых элементов с более крупными частичками к поверхности МНТП будут выше по причине их большей намагниченности и инерционности, что обеспечивает более высокую эффективность процесса обработки. Измерения сил резания показали, что имеет место их снижение на 20 – 100 Н, причем наибольшее уменьшение характерно для составляющей  $F_y$ . Стойкостные испытания выполняли при скорости резания 100 м/мин, подаче  $s = 0,34$  мм/об, глубине резания  $t = 1,5$  мм, времени работы 90 мин (рис. 3).

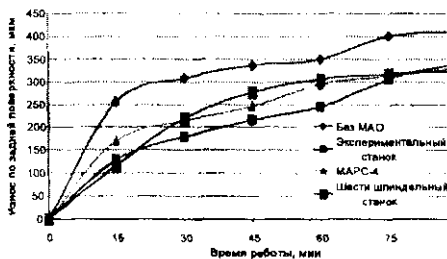


Рис. 3. Износ задней поверхности МНТП при эксплуатационных испытаниях

кольцевой ванны составляет 20 – 30°. При этом формируется микропрофиль рабочих поверхностей пластин с располированными вершинами, а радиус притупления режущих кромок незначителен и не превышает 6-8 мкм. Показано, что в процессе МАО обеспечивается наклеп поверхностного слоя с коэффициентом наклепа  $K = 1,3 - 1,5$ . Работоспособность МНТП возрастает не менее чем в 1,5 раза. Наибольшее влияние на показатели работоспособности оказывают условия перемещения обрабатываемых деталей в зонах обработки и размер частиц магнитно-абразивных порошков.

### Литература

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
2. Кобчиков, В.С. Технология магнитно-абразивного полирования изделий из твердых сплавов: автореф. ... канд. техн. наук / В.С. Кобчиков. – Л.: ЛПИ, 1983 – 16 с.
3. Ульяновко, Н.В. Підвищення працездатності твердосплавного інструменту шляхом застосування магнітно-абразивного оброблення та нанесення зносостійких покриттів: дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Ульяновко. – Київ, 2006. – 160 с.
4. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1981. – 328 с.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ШАРЖИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ

О.Я. Асанова

*Тольяттинский государственный университет, Россия;*

Н.В. Хрипунов

*ОАО «АВТОВАЗ», Тольятти*

**Введение.** Повышение износостойкости деталей, инструмента и оснастки шаржированием алмазными порошками обладает значительным потенциалом. При относительно несложном оборудовании и оснастке, во многом сходных с применяемыми в процессах ППД, обеспечивается присутствие на контактных поверхностях пар трения алмаза – наиболее износостойкого материала.

Известно немало отдельных примеров эффективного внедрения шаржированных деталей инструмента и оснастки в машиностроении, но при всей универсальности и технологической доступности шаржирование нельзя отнести к широко известным и повсеместно применяемым методам упрочнения, таким как ППД или нанесение покрытий.

В настоящей работе исследовано влияние шероховатости поверхности до шаржирования (исходной шероховатости) на характеристики микропрофиля упрочненной поверхности.

**Методы исследований.** Для шаржирования образцов (сталь 19ХГН 180НВ) в качестве индентора использован шар ( $\varnothing 36,45$  мм, 60HRC), нагружаемый нормальной силой с использованием твердомера ТБ-5004. Микропрофиль сферического отпечатка исследован на профилографе TP200.

**Результаты исследований.** Изменение высотных параметров шероховатости  $Rz$ ,  $Rmax$ ,  $Ra$ ,  $Rq$ , с ростом величины зерна  $a$  происходит монотонно – имеет место их резкое возрастание (рис. 1). Точка перегиба графиков  $Rz(a)$  и  $Rmax(a)$  соответствует  $a^* = 24$  мкм, а по графикам  $Ra(a)$  и  $Rq(a)$   $a^* = 34$  мкм. Зависимость шаговых параметров  $S$  и  $Sm$  от размера зерна также имеет перегиб при  $a^* = 34$  мкм.

Изменение кривых относительной опорной длины профиля (рис. 2) показывает, что при вдавливании мелких зерен наполненность профиля снижается. Выпуклая кривая, типичная для плосковершинного профиля отпечатка полученного при вдавливании индентора без микропопшка ( $a = 0$ ) на порошках зернистостью 14/10 и 28/20 трансформируется в пря-