

Проектування прогресивних конструкцій різальних інструментів та технологічного оснащення

УДК 621.762:691:921

В.С. МАЙБОРОДА (д-р техн. наук, проф., maiborodavs@mail.ru)

В.Н. ГЕЙЧУК (канд. техн. наук, доц.)

Е.С. КЛЫШТА (студ.)

Национальный технический университет Украины

“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ РАБОЧИХ ЗАЗОРОВ

2. Формирование заданной шероховатости рабочих поверхностей режущих неперетачиваемых твердосплавных пластин

Исследована кинетика формирования микрорельефа рабочих поверхностей многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин при магнитно-абразивной обработке (МАО) в условиях больших рабочих зазоров при использовании для формирования магнитно-абразивного инструмента добавок в виде алмазной пасты. Показано, что процесс МАО обеспечивает формирование шероховатости рабочих поверхностей до $Ra < 0,5$ мкм за 3 минуты при условии рационального расположения деталей в зонах обработки. Наиболее эффективно процессе МАО реализуется в режиме истирания при углах наклона пластины в диапазоне $20-40^\circ$, когда соотношение V_n/V_r изменяется от 1 до 2.

магнитно-абразивная обработка, многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластины, шероховатость, кинетика, условия базирования

Введение

Работоспособность твердосплавного режущего инструмента в значительной мере определяется и зависит от микрогеометрических показателей рабочих поверхностей режущих инструментов, наличия на них микровыкрашиваний, сколов, и т.п., то есть от факторов, которые могут приводить к разрушению или потере работоспособности инструмента при его эксплуатации. Учитывая, что твердый сплав это материал с повышенной хрупкостью, то особое внимание при изготовлении инструмента уделяют именно указанным выше параметрам.

Существующие методы формирования микрогеометрии рабочих поверхностей многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин (МНТП) на финишных этапах их изготовления – струйно-абразивная, виброабразивная обработка, обработка абразивными щетками, в свободном абразиве имеют свои как недостатки, так и преимущества. Одним из перспективных методов формирования микрогеометрии поверхностей МНТП является метод обработки в подвижно скоординированном магнитном поле абразиве, который во многих случаях объединяет в себе преимущества выше указанных методов обработки и активно развивается. Возможная его модификация – это метод магнитно-абразивной обработки (МАО) в больших магнитных зазорах деталей сложной пространственной конфигурации, к которым относят концевые режущие инструменты, МНТП, лопадки газотурбинных двигателей и другие изделия [1-3]. Разработанный метод МАО позволяет осуществлять полирование рабочих поверхностей МНТП любой формы,

управляемое округление режущих кромок, их упрочнение, обеспечивая формирование в поверхностном слое остаточных сжимающих напряжений, повышение его поверхностной твердости.

Основное содержание работы

Предварительные исследования процесса МАО в больших рабочих зазорах показали, что наиболее эффективная и равномерная обработка реализуется при МАО МНТП с некоторым наклоном оси пластин по отношению к оси кольцевой ванны [4-6]. В [7] показано, что МАО по характеру воздействия на поверхности обрабатываемых деталей, это комплексный процесс, который объединяет в себе одновременно такие механизмы взаимодействия МАИ с поверхностью, которые приводят к:

- пластическому деформированию микронеровностей поверхности и тонкого поверхностного слоя;
- реализации условий взаимодействия магнитно-абразивного инструмента (МАИ), сформированного в рабочих зонах магнитных зазоров, с поверхностью в режиме фрикционного контакта, который приводит к абразивному изнашиванию;
- микрорезанию с удалением микростружки;
- активации адгезионных и диффузионных процессов, физических и химических явления, которые происходят в магнитном поле во время МАО и способствуют формированию особых свойств поверхности и поверхностного слоя деталей, специфического микрорельефа поверхности.

Применение различных схем МАО МНТП, условий обработки может в той или иной степени активизировать каждый из описанных выше механизмов взаимодействия МАИ с поверхностью деталей за счет изменения кинематики и динамики процесса обработки, использования для формирования МАИ специальных как магнитно-абразивных порошков, так и смазывающе-охлаждающих технологических сред, наполнителей, мелкодисперсных добавок и т.п. В [2,4,8-10] показано, что в процессе МАО твердосплавного режущего инструмента уменьшается шероховатость до $Ra < 0,2$ мкм, имеет место поверхностный наклеп, улучшается микрорельеф как самой поверхности рабочих элементов инструмента, так и режущих кромок, что проявляется в формировании сглаженного микропрофиля без микровырывов, отсутствия заусенцев, изменению в благоприятном направлении таких величин, как Ra , Rz и t_p . Однако в выполненных исследованиях не достаточно внимания уделено изучению кинетики формирования шероховатости поверхности. Поэтому именно эта задача была целью данной работы при МАО МНТП в условиях больших рабочих зазоров.

Исследования выполняли на МНТП типа РНММ 110408 из сплава ВК-8. Указанные пластины в состоянии поставки подвергались окончательной виброабразивной обработке, после чего выполнялась шлифовка опорной поверхности и ленточки на передней поверхности. Исходная шероховатость задних поверхностей была на уровне $Ra = 1 \dots 1,2$ мкм. Аналогичная шероховатость была получена и на шлифованных поверхностях. На режущих кромках в отдельных зонах имели место микросколы, внешний вид которых аналогичен сколам, представленным в [4]. Исследовали влияние условий базирования пластин в рабочих зазорах, времени обработки на характер изменения микрогеометрии рабочих поверхностей деталей. Дополнительно анализировали изменения, происходящие с микропрофилем опорной и одной задней грани пластины, отполированных до $Ra \leq 0,03$ мкм.

МАО выполняли на установке типа кольцевая ванна [4] при скоростях главного движения – вращения вокруг оси кольцевой ванны $V_p = 2$ м/с и $V_p = 3$ м/с и вращением деталей вокруг собственной оси, в направлении, совпадающем с направлением вращения

вокруг оси кольцевой ванны, со скоростью 350 мин^{-1} . Приведенная скорость соответствует скорости точек оси крепежного отверстия пластины (скорости вращения деталей 200 и 300 мин^{-1} вокруг оси кольцевой ванны).

Обработка выполнялась с реверсом вращения МНТП при магнитной индукции в кольцевых рабочих зонах, рекомендованных в [2]. Варьировали угол наклона оси пластины по отношению к оси кольцевой ванны в диапазоне от 10° до 45° . В качестве магнитно-абразивного материала использовали порошок ДЧК с размером частиц $1000/630 \text{ мкм}$ с добавлением в МАИ алмазной пасты АСМ 3/2 в количестве, рекомендованном в [11]. Подобный крупнозернистый магнитно-абразивный материал выбран с целью интенсификации процессов МАО. Обработку выполняли поэтапно (длительность одного этапа – 26 с) в течении 4 минут. После каждого этапа МАО контролировали параметры микрогеометрии обработанных поверхностей. Измерения выполняли на исследуемых поверхностях не менее 10 раз, после чего экспериментальные результаты подвергались статистической обработке.

Характер изменения величины R_a в процессе МАО на предварительно обработанной виброабразивным методом задней поверхности МНТП в зависимости от времени обработки при указанных выше условиях МАО представлен в виде топограмм поверхностей на рис. 1.

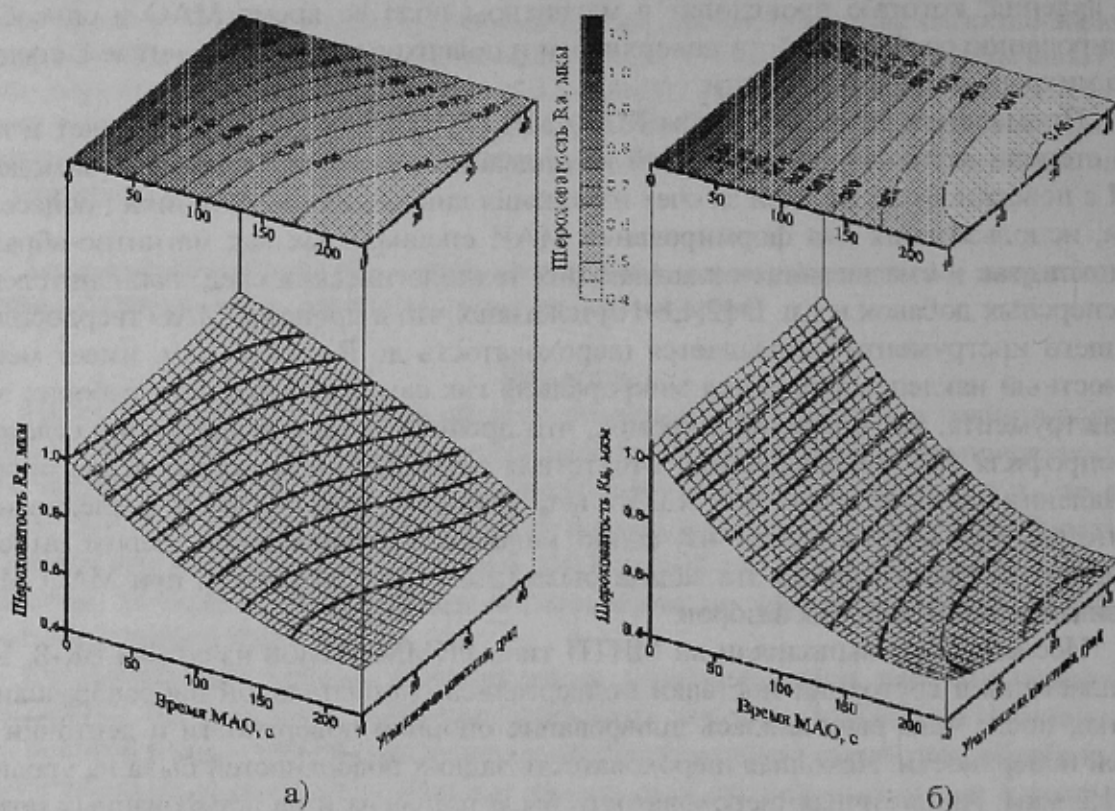


Рис. 1. Зависимости изменения величины R_a от времени МАО и угла наклона пластины при скорости главного движения : а) 2 м/с ; б) 3 м/с

Анализ полученных результатов показал, что при более высоких скоростях МАО процесс полировки, в том числе снижение шероховатости происходит более активно. При этом обеспечивается достижение более низких значений R_a за идентичное время обработки. Отметим, что наиболее явно это выражено при углах наклона оси пластины

$\xi > 20^\circ$. Объяснение установленного факта может быть связано с тем, что за идентичное время МАО при больших скоростях главного движения резания, обрабатываемые детали проходят больший путь в МАИ, при этом совершается большая работа, что и приводит к формированию более низкой шероховатости. Причем увеличение угла наклона пластин способствует изменению условий взаимодействия МАИ с обрабатываемыми поверхностями. В [7] было отмечено, что для обеспечения эффективного процесса МАО необходимо выполнение трех условий, к которым относятся условия достижения определенных значений нормальных и тангенциальных составляющих сил взаимодействия МАИ с обрабатываемой поверхностью. В условиях кольцевой ванны с большими рабочими зазорами обеспечение выполнения указанных условий достигается соответствующими скоростями движения деталей и особенностями их расположения в зонах обработки. Анализ динамики процесса обработки и полученных результатов показывает, что при малых углах наклона ξ преобладающим на задних поверхностях пластин будет ударное взаимодействие элементов МАИ с обрабатываемыми поверхностями, т.е. в уменьшение (изменение) шероховатости наиболее весомый вклад будет вносить нормальная составляющая скорости перемещения каждого участка поверхности МНТТ относительно квазинепо движного МАИ. Увеличение скорости перемещения пластин и получаемое при этом изменение величины R_a является прямым подтверждением данного процесса. Увеличение угла наклона пластины ξ , способствует росту тангенциальной составляющей, обеспечивая формирование шероховатости поверхности путем преобладающего истирания и скобления. Расчеты нормальной и тангенциальной составляющих суммарной скорости перемещения пластины в зонах обработки, выполненные по методике, описанной в [12] подтвердили отмеченное выше (рис. 2, 3). Показано, что с увеличением ξ от 10° до 45° соотношение V_n/V_t снижается от 4.5 до 1, т.е. преобладает процесс истирания при МАО, а ударное взаимодействие элементов МАИ с обрабатываемыми поверхностями уменьшается.

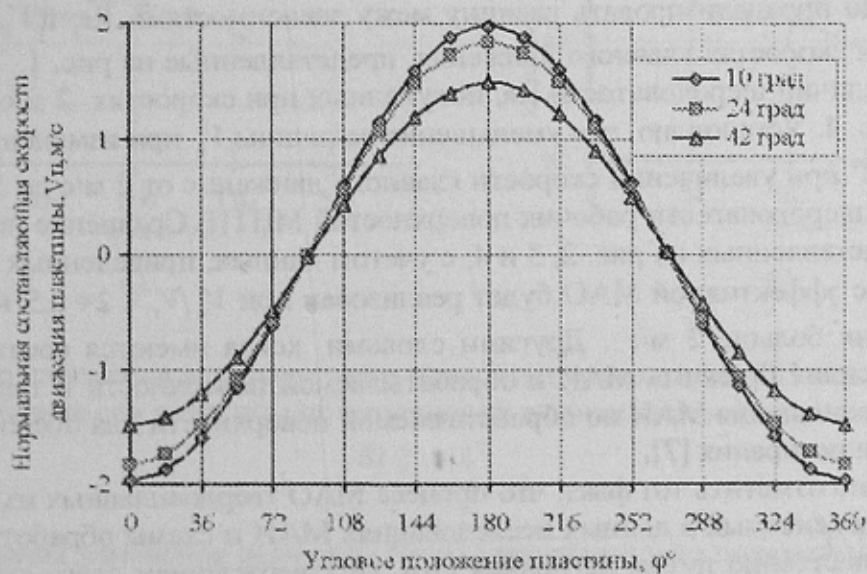


Рис. 2. Изменение величины нормальной составляющей суммарной скорости движения задней поверхности МНТТ в зависимости от углового положения ϕ для разных значений угла наклона ξ при скорости главного движения 2 м/с



Рис. 3. Изменение отношения V_n/V_τ нормальной и тангенциальной составляющих суммарной скорости движения на задней поверхности МНТП в зависимости от углового положения пластины при скорости главного движения 3 м/с для различных значений ξ

Отрицательное значение величины нормальной составляющей скорости перемещения задней поверхности МНТП свидетельствует о том, что при таком положении обрабатываемая поверхность находится в "теневой зоне", т.е. взаимодействие МАИ с обрабатываемой поверхностью недостаточно для реализации активной обработки [2].

Существенное влияние на эффективность MAO оказывает соотношение между нормальной и тангенциальной составляющими скоростей относительного перемещения МАИ и обрабатываемой поверхности. Для оценки влияния указанного соотношения целесообразно проанализировать разницу между зависимостями $Ra=f(V_p, \xi)$, полученными при разных скоростях главного движения, представленные на рис. 1. Топограмма разности ΔRa величин шероховатости Ra , полученных при скоростях 2 м/с и 3 м/с, представлена на рис. 4. Установлено, что уменьшение величины V_n при изменении угла наклона ξ от 10 до 42° при увеличении скорости главного движения от 2 м/с до 3 м/с способствует снижению шероховатости рабочих поверхностей МНТП. Сравнение полученных результатов, представленных на рис. 2, 3 и 4, с учетом данных, приведенных в [13] показывает, что процесс эффективной MAO будет реализован при $V_n/V_\tau < 2 \div 2,5$ и скорости главного движения больше 2 м/с. Другими словами, когда имеются соответствующие нормальные усилия прижима МАИ к обрабатываемой поверхности и тангенциальные усилия для перемещения МАИ по обрабатываемой поверхности для обеспечения актов микрорезания и истирания [7].

Важно отметить тот факт, что процесс MAO твердосплавных изделий при использовании применяемых в данных исследованиях МАИ и схемы обработки, осуществляется преимущественно путем истирания [10]. Подтверждением этого служат зависимости изменения величины Ra от времени MAO (рис. 5).

Например, при угле наклона пластин $\xi = 42^\circ$, они имеют характерные ступеньки, типичные для процессов каскадного износа [14], связанного с накоплением дефектов в

поверхностном слое деталей в процессе МАО, в то время как при угле наклона $\xi=10^\circ$ зависимости гладкие, монотонно убывающие. Длительность процесса накопления повреждений соответствует протяженности одной ступеньки и составляет 30 ... 50 с.

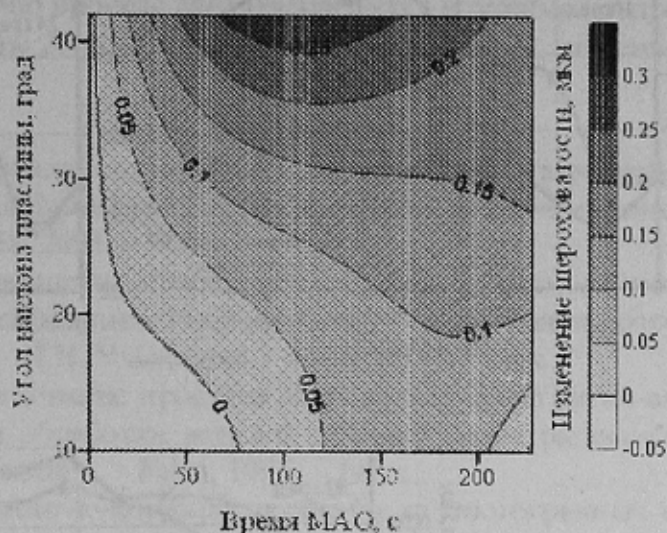


Рис. 4. Разность ΔRa между величинами шероховатости задней поверхности МНТП после обработки при скоростях вращения вокруг оси кольцевой ванны 2 м/с и 3 м/с в зависимости от угла наклона пластин и времени обработки

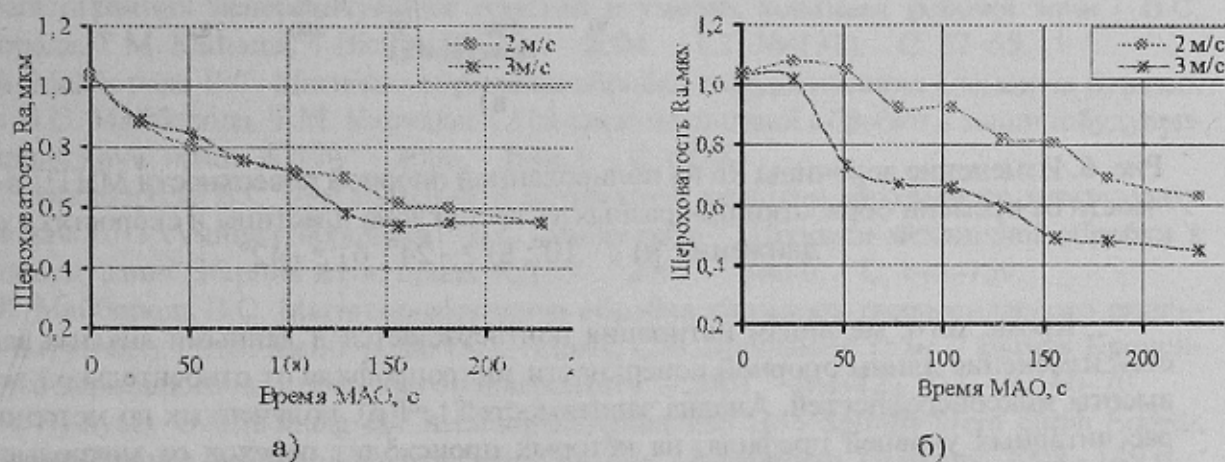


Рис. 5. Характер изменения шероховатости задней поверхности МНТП от времени МАО при угле наклона оси пластины по отношению к оси кольцевой ванны: а) $\xi = 10^\circ$; б) $\xi = 42^\circ$

Исследования изменения величины Ra на предварительно полированных задней и опорной поверхностях до $Ra=0,03$ мкм показали, что имеет место увеличение шероховатости до $Ra=0,05 \dots 0,055$ мкм. Причем достижение установившейся в процессе МАО высоты микронеровностей [11] происходит за разное время. Наиболее быстро (за 50 ... 75 с) выход на установившуюся шероховатость происходит, когда преобладает процесс истирания-скобления. Подтверждением этого являются зависимости изменения шерохо-

ватости на опорной поверхности МНТП при разных углах наклона пластины и скоростях главного движения (рис. 6).

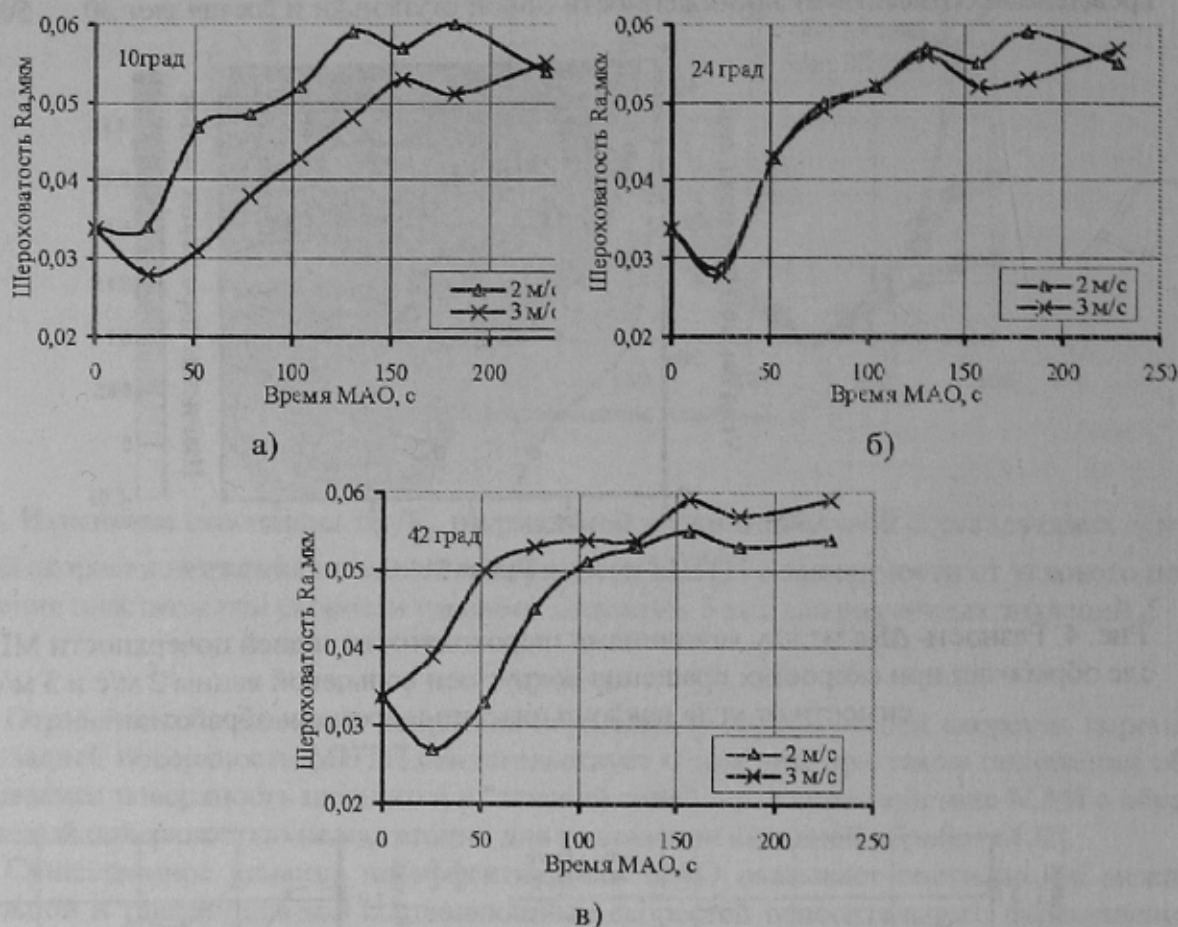


Рис. 6. Изменение величины Ra на полированной опорной поверхности МНТП в зависимости от времени обработки при разных углах наклона пластины и скоростях главного движения: а) $\xi = 10^\circ$; в) $\xi = 24^\circ$; б) $\xi = 42^\circ$

Кроме того, механизм истирания подтверждается и данными анализа зависимостей изменения длины опорной поверхности микропрофиля от относительной величины высоты микронеровностей. Анализ зависимостей $t_p = f(p)$, полученных по методике [2], и рассчитанных уровней профиля, на которых происходит переход от микровыступов к микровпадинам, показал, что наблюдается монотонное снижение высоты микровыступов и располировка микровпадин без резких изменений в микрогеометрии рабочих поверхностей МНТП, связанных с преобладающим удалением связки твердого сплава и выкрашиванием карбидов [2].

Выводы

Исследования кинетики формирования микрорельефа рабочих поверхностей МНТП при МАО в условиях больших рабочих зазоров показали, что:

1. При МАО рабочих поверхностей твердосплавных пластин, которые ранее подвергались виброабразивной обработке, достигается шероховатость $Ra < 0,5$ мкм с располированным микропрофилем.

2. Определено, что уменьшение величины V_n при изменении угла наклона ξ от 10 до 42° при увеличении скорости главного движения от 2 м/с до 3 м/с способствует снижению шероховатости рабочих поверхностей МНТП.

3. Наиболее эффективно процессе МАО реализуется в режиме истирания при углах наклона пластины в диапазоне 20 ... 40°, когда соотношение V_n/V_c изменяется от 1 до 2.

Список літератури

1. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь: дис. ... д-р. техн. наук / В.С. Майборода. – Київ, 2001. – 404с.

2. Ульяненко Н.В. Підвищення працездатності твердосплавного інструменту шляхом застосування магнітно-абразивного оброблення та нанесення зносостійких покриттів: дис. ... канд. техн. наук. / Н.В. Ульяненко. – Київ, 2006. – 160с.

3. Степанов О.В. Исследование процесса формирования магнитно-абразивного порошкового инструмента для обработки деталей сложной геометрической формы: дисс. ... канд. техн. наук / О.В. Степанов. – Киев, 1997. – 145 с.

4. Майборода В.С. Магнитно-абразивная обработка многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин в условиях больших рабочих зазоров. 1. Влияние условий базирования режущих пластин в рабочих зонах на эффективность процесса обработки / В.С. Майборода, Д.Ю. Джулий, Б.М. Фесюн и др // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. – 2009. – Вип.6(154). – С.157–165.

5. Майборода В.С. Кінематика процесу магнітно-абразивної обробки твердосплавних багатограних непереточуваних пластин в умовах кільцевої робочої зони / В.С. Майборода, Т.М. Капуцак // Вісник ЖДТУ. – 2004. – Т.1. №4(31). – С. 57–65.

6. Майборода В.С. Магнітно-абразивна обробка твердосплавних елементів бурових доліт / В.С. Майборода, Т.М. Капуцак // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Збірник наук. праць ЖДТУ. – 2006. – Вип.3. – С. 62–81.

7. Майборода В.С. Дослідження властивостей магнітно-абразивного інструменту сформованого з сумішшю порошків / В.С. Майборода // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Збірник наук. праць ЖДТУ. – 2009. – Вип.6. – С. 144–159.

8. Майборода В.С. Магнітно-абразивна обробка кінцевого твердосплавного різального інструменту / В.С. Майборода, О.А. Плівак, С.В. Майданюк та ін. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2007. – №1(42), Ч. 1. – С. 66–70.

9. Byelyaev O. Erhöhung der Leistungsfähigkeit von HSS-Spiralbohrern durch Einsatz der magnetabrasiven Bearbeitung. Dissertation Dr.-Ing. –Magdeburg, Germany, 2008.- 149 p.

10. Майборода В.С. Магнітно-абразивная обработка многогранных твердосплавных пластин / В.С. Майборода, В.Я. Лебедев, А.Н. Климов // Респ. межвед. сб. науч. тр. под. ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: Машиностроение, 2009. – Вып. 25. – С. 85–89.

11. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий / В.Е. Оликер. – М.: Металлургия, 1990. – 176с.

12. Гейчук В.М. Кінематика магнітно-абразивної обробки багатограних непереточуваних твердосплавних пластин в магнітній системі типу "кільцева ванна" / В.М. Гейчук, В.С. Майборода // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Збірник наук. праць ЖДТУ. – 2010. – Вип.8. – С. 41–76.

13. Майборода В.С. Застосування магнітно-абразивної обробки для зміцнення різального інструменту / В.С. Майборода, Н.В. Ульяненко, Л.Г. Дюбнер та ін. // Вісник ЖДТУ. – 2003. – №3(27). – С. 22–31.

14. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. – М.: Машиностроение. 1977. – 526 с.

В.С. МАЙБОРОДА

В.М. ГЕЙЧУК

О.С. КЛИШТА

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна

МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА БАГАТОГРАННИХ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН, ЩО НЕПЕРЕТОЧУЮТЬСЯ, В УМОВАХ ВЕЛИКИХ РОБОЧИХ ЦІЛИН

2. Формування заданої шорсткості робочих поверхонь ріжучих непереточуваних твердосплавних пластин

Досліджена кінетика формування мікрорельєфу робочих поверхонь багатограних непереточуваних твердосплавних пластин при магнітно-абразивній обробці (МАО) в умовах великих робочих зазорів при використанні для формування магнітно-абразивного інструменту добавок у вигляді алмазної пасті. Показано, що процес МАО забезпечує формування шорсткості робочих поверхонь до $Ra < 0,5$ мкм за 3 хвилини за умови раціонального розташування деталей в зонах обробки. Найефективніше процес МАО реалізується в режимі стирання при кутах нахилу пластини в діапазоні $20-40^\circ$, коли співвідношення V_n/V_r змінюється від 1 до 2.

магнітно-абразивна обробка, багатогранні непереточувані твердосплавні пластини, шорсткість, кінетика, умови базування

V.S. MAIBORODA

V.M. GEICHUK

E.S. KLISHTA

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kiev, Ukraine

MAGNETIC - ABRASIVE PROCESSING OF MANY-SIDED NOT SHARPENED HARD-ALLOY PLATES IN CONDITIONS OF LARGE OPERATING CLEARANCES

2. Formation of a given roughness of working surfaces of cutting not sharpened back hard-alloy plates

The kinetics of formation of a microrelief of working surfaces of many-sided not sharpened back hard-alloy plates is investigated at magnetic - abrasive processing (MAP) in conditions of large operating clearances at usage for formation of a magnetic - abrasive tool of the components by the way of diamond ink. It is shown that the process MAP provides formation of a roughness of working surfaces up to $Ra < 0.5$ microns for 3 minutes under condition of rational arrangement of parts in work-piece ranges. Most effectively process MAO is realized in an attrition regime at a plate slope over the range $20-40^\circ$ when relationship V_n/V_r varies from 1 to 2.

magnetic-abrasive processing, many-sided not sharpened hard-alloy plates, roughness, kinetics, condition of basing

Рецензент: а.т.н., проф. Матиюха П.Г.

Надійшла до редакції 23.03.10