

А.И. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, НТУ «ХПИ»;
И.Н. ПЫЖОВ, д-р техн. наук, профессор, НТУ «ХПИ»;
В.В. РУСАНОВ, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ»

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОТЕНЦИАЛА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПСТМ

Наведені наслідки досліджень які скеровані на вирішення проблеми виготовлення прецизійних і в тому складі маючих складний профіль ріжучих інструментів на заставі полікристалічних надтвердих матеріалів.

Приводятся результаты исследований направленных на решение проблемы изготовления прецизионных и в том числе и имеющих сложный профиль режущих инструментов на основе поликристаллических сверхтвердых материалов.

Results of researches directed on the decision of a problem of manufacturing precision and including cutting tools having a complex structure are resulted on the basis of polycrystalline superfirm materials.

1. Постановка проблемы. На настоящий момент одним из наиболее используемых методов формообразования лезвийных инструментов и др. изделий из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) остается шлифование кругами на основе шлифпорошков алмаза. Этот метод имеет широкие технологические возможности и может быть применен для обработки практически любых конструкционных и инструментальных материалов (от сверхмягких до сверхтвердых [1]). В связи с этим изыскание дополнительных возможностей для повышения эффективности этого процесса является актуальной проблемой.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Как было показано в работе [2], наибольшая эффективность обработки ПСТМ может быть достигнута путем рационального сочетания электроэрозионной обработки профилированным и непрофилированным электродами-инструментами (ЭИ) и последующего алмазного шлифования на базе преимущественного использования токопроводящих шлифовальных кругов на основе микропорошков алмаза в технологически устойчивых комбинированных процессах шлифования. Эта тема требует дальнейшего развития как в плане теоретического обоснования целесообразности использования микропорошков алмаза в токопроводящих кругах, так и разработки рекомендаций по практическому применению методологии реализации потенциала различных методов формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ.

Для обеспечения постоянства во времени показателей качества процесса формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ необходимо в максимальной степени реализовать на практике условия устойчивого

протекания процессов их шлифования. В технической литературе, ориентированной на технологию машиностроения [3], уже имеется сформулированное определение понятия точности и устойчивости технологических процессов и выполнена классификация их по видам устойчивости. При этом устойчивость техпроцесса связывают в первую очередь с точностью механической обработки, которая, как известно, является одним из основных объектов внимания технолога. Глубокий анализ точности технологического процесса возможен только на основе статистического исследования того размера, который формируется данным технологическим процессом.

По устойчивости технологические процессы укрупненно можно разделить [4] на полностью устойчивые, устойчивые по рассеиванию и неустойчивые технологические процессы (рис. 1).

Полностью устойчивые процессы те, в которых за время изготовления изделий (большая выборка) значения числовых характеристик размера детали (среднего арифметического \bar{X} и выборочного среднего квадратического отклонения S) остаются неизменными. Процессы, устойчивые по рассеиванию сохраняют постоянной только характеристике рассеивания S , а среднее арифметическое \bar{X} изменяется. Если S и \bar{X} меняются во времени, то такие процессы называются неустойчивыми.

Приведенная классификация технологических процессов по характеру поведения во времени числовых характеристик размера - это классификация с математической точки зрения.

3. Цель исследования.

Целью настоящей работы является анализ перспектив применения токопроводящих кругов на основе микропорошков алмаза в комбинированных процессах шлифования и разработка возможных и предпочтительных вариантов обработки ПСТМ.

4. Основные материалы исследования.

Применительно к формообразованию лезвийных инструментов из ПСТМ (и особенно на основе алмаза), обладающих уникальными физико-механическими свойствами и в первую очередь самой высокой в природе микротвердостью, говорить о полной устойчивости по точности сложно ввиду аномально высоких значений размерного износа инструмента второго порядка (линейного износа алмазных кругов). Это не позволяет при работе на предварительно настроенных станках [5] выполнить условие $\bar{X} = \text{const}$. Поэтому речь может идти об устойчивости по рассеиванию ($S = \text{const}$). Однако применительно к качеству обработанной поверхности можно говорить и о полной устойчивости.

Классический подход в технологии машиностроения состоит в том, что в производстве не должно быть неустойчивых технологических процессов.

Однако на практике имеется много технологических процессов устойчивых по рассеиванию, у которых центр группирования смещается в процессе обработки в основном за счет износа режущего инструмента, но характеристика рассеивания остается неизменной.

Известно [3, 4], что довести техпроцесс до устойчивого состояния можно, выдержав следующие требования:

- устранив нестабильность показателей точности станка;
- получив стабильные по точности и физико-механическим свойствам заготовки;
- достигнув стабильности работы инструмента.



Рисунок 1 – Укрупненная классификация технологических процессов обработки по устойчивости

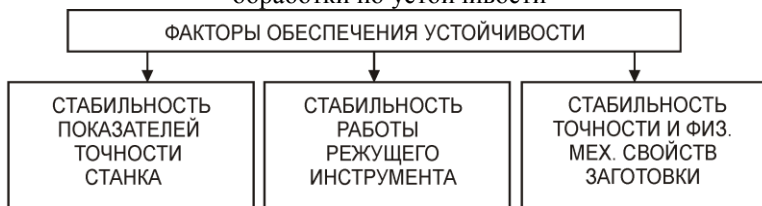


Рисунок 2 – Факторы обеспечения устойчивости технологического процесса

В данной работе рассматривается понятие технологической устойчивости. Речь идет о создании условий для обеспечения устойчивости выходных показателей процессов шлифования, которые являются основой проектируемых технологических процессов изготовления изделий из ПСТМ.

С учетом того, что один из основных факторов, обеспечивающих технологическую устойчивость, связан со стабильностью работы алмазного круга, эти условия сформулированы следующим образом:

- создание условий для обеспечения технологической устойчивости процесса шлифования еще на этапе спекания алмазоносного слоя круга (который сопровождается высокими значениями силовой и тепловой напряженности) путем сохранения его неизменной характеристики;

- обеспечение высокого уровня износостойкости режущего рельефа алмазного круга;
- наличие высокоэффективных способов управления режущим рельефом и профилем алмазных кругов и устройств для их осуществления;
- использование автоматической следящей системы для надежного поддержания постоянства (во времени) параметров, характеризующих состояние РПК.

Учитывая изложенное, можно утверждать, что речь в данном случае должна идти в основном о кругах на прочных металлических связках, обеспечивающих высокую степень алмазодержания [6, 7, 8], а, следовательно, и имеющих серьезные предпосылки для реализации достаточной износостойкости их режущего рельефа. Кроме этого их использование в комбинированных процессах шлифования позволяет весьма эффективно обеспечивать требуемое соответствие скоростей износа режущего рельефа и электрофизикохимического удаления связки круга [6, 9], которое можно считать основополагающим в плане практической реализации условий, обеспечивающих технологическую устойчивость.

Анализ возможной перспективы применения для этих целей токопроводящих кругов на основе микропорошков алмаза показал, что их режущий рельеф имеет большие перспективы для обеспечения технологической устойчивости по сравнению с кругами на основе шлифзерен. Это объясняется, прежде всего, небольшой величиной высоты выступания зерен над уровнем связки (что связано с малыми размерами зерен), благодаря чему режущий рельеф приобретает большую устойчивость и реализует на практике свои следующие положительные качества:

1. Небольшой период приработки круга, что свидетельствует о малой чувствительности режущего рельефа к изменению условий обработки, стремящихся дестабилизировать процесс шлифования.

2. Малая абсолютная величина разновысотности зерен на РПК должна существенно уменьшить или полностью исключить проявление периодичности (скачкообразности) изменения параметров режущего рельефа круга, а, следовательно, и значений выходных показателей обработки.

3. Закон распределения микропорошков на РПК должен стремиться к равновероятному, что будет способствовать существенному увеличению количества работающих зерен, а, следовательно, увеличению износостойкости рельефа в целом.

4. Малые значения высоты режущего рельефа круга должны позволить эффективно управлять плотностью распределения и статистическими характеристиками глубины залегания вершин зерен путем изменения параметров волнистости продольного профиля поверхности связки.

5. По сравнению со шлифзернами, микропорошки алмаза содержат в себе значительно меньшее количество металлофазы, что должно позитивно

отразиться на сохранении их целостности в высокотемпературных условиях процесса спекания, а, значит, и на стабильности характеристики алмазоносного слоя как одной из важнейших составляющих обеспечения технологической устойчивости процесса шлифования.

6. Большое число зерен микропорошков алмаза на РПК должно способствовать созданию благоприятных условий для использования кругов с пониженными значениями концентрации зерен, что в свою очередь допускает (с точки зрения их размещения в алмазоносном слое) использовать на зернах покрытия которые защищают их от разрушения на этапе спекания алмазоносного слоя, предотвращают агрегатирование зерен в связке при изготовлении круга. Наличие этих благоприятных факторов способствует созданию условий для обеспечения технологической устойчивости процесса шлифования.

7. Наиболее эффективными в данном случае должны быть металлические покрытия. Возможность независимого дозированного электрофизикохимического удаления связки круга и самого покрытия может создать предпосылки для целенаправленного управления механизмом разрушения зерен, а, следовательно, и выходными показателями процесса обработки.

8. Химическая связь зерна с металлическим покрытием, большая удельная поверхность микропорошков алмаза по сравнению со шлифпорошками должны способствовать усилению механической связи покрытия с зернами. В условиях малых значений глубин залегания зерен в связке круга наличие на них покрытий должно существенно увеличить их режущий ресурс при шлифовании, а, значит, увеличить износостойкость режущего рельефа.

9. Малые значения высоты режущего рельефа круга обеспечивают существенно лучшие условия реализации электрофизикохимического воздействия на связку круга в зонах управления и шлифования благодаря возможности обеспечения малых значений межэлектродных зазоров, без чего реализация технологической устойчивости была бы весьма проблематичной. Сочетание таких факторов, как малые размеры зерен микропорошка и возможность использования направленного дозированного управляющего воздействия на РПК, будет способствовать достижению максимально возможной точности ее профилирования и в конечном итоге должно позволить решить проблему высококачественного формообразования прецизионных и особенно сложнопрофильных лезвийных инструментов из ПСТМ.

Для подтверждения высказанных предположений необходимо провести комплексные теоретико-экспериментальные исследования. Кружки на металлических связках на основе микропорошков алмаза промышленностью серийно не выпускаются по причине отсутствия областей эффективного применения. Это в

дальнейшем потребует разработки соответствующих рекомендаций по выбору их оптимальной характеристики и режимов эксплуатации.

Здесь следует добавить и чисто экономический аспект. Микропорошки алмаза дешевле шлифзерен, рынок в настоящее время пересыщен ими. Поэтому расширение областей их применения позволит дать определенный дополнительный экономический эффект.

Диапазон рабочих высот микропорошков алмаза составляет всего лишь одну десятую от диапазона шлифовальных зерен. В связи с этим при формообразовании лезвийных инструментов с повышенными требованиями к их точности и качеству метод интенсивного электрохимического управления РПК не всегда отвечает требованиям. Это объясняется в основном существенным отличием в значениях электрохимических эквивалентов компонентов металлических связок.

Благодаря выполненным исследованиям впервые в практике обработки ПСТМ доказана эффективность равномерно распределенного электроискрового процесса для управления РПК, которое является еще одной важной особенностью процесса шлифования, которая базируется на использовании токопроводящих кругов на основе микропорошков алмаза. Это связано в первую очередь с возможностью реализации малых величин межэлектродных зазоров, поскольку его минимальные значения ограничиваются высотой рельефу круга. На практике это позволяет подводить в зону управления РПК электрические импульсы с малой энергией, а, следовательно, обеспечить высокие значения качества и точности управления РПК, что нашло свое подтверждение на практике. Доказано, что для наиболее эффективного управления РПК следует использовать способ, основанный на комбинации процессов электрохимического и электроискрового воздействия на связку круга. При этом основная часть погрешностей профиля РПК (в том числе и биение круга) удаляется посредством высокопроизводительного электрохимического способа, а окончательное его формообразование - путем равномерного электроискрового действия.

Благодаря использованию микропорошков алмаза с рельефными толстослойными покрытиями удалось обеспечить не только высокие качественные показатели, но и добиться значения удельного расхода алмазов круга на уровне, характерном для кругов с алмазными шлифзернами. Это является свидетельством удачного разрешения существующего противоречия между необходимостью использования зерен алмаза малых размеров и прочностью их удержания в металлической связке.

Учитывая, что большинство ПСТМ благодаря наличию в их составе металлической связки являются проводниками электрического тока, было предложено практически исключить черновое шлифование ПСТМ путем

использования электроэрозионной обработки для предварительного раскроя заготовок из них.

Установлено, что выходные показатели этого метода (для которого чрезвычайно высокая микротвердость обрабатываемого материала не имеет существенного значения) предопределены многими факторами. Основными из них следует считать процентное содержание металлической связки и размер зерен исходного микропорошка сверхтвердого материала в составе поликристалла, а также электроэрозионную стойкость этих составляющих. Это позволяет изготавливать полуфабрикаты, а в некоторых случаях и готовые изделия сложного профиля. В последнем случае используется электроэрозионная обработка с использованием профилированных электродов-инструментов.

После предварительной электроэрозионной обработки заготовки могут быть подвергнуты сразу чистовой обработке токопроводящими алмазными кругами на основе микропорошков алмаза с использованием комбинированных процессов шлифования. Такие круги можно профилировать с высокой точностью, что дает возможность производить окончательную высококачественную обработку сложнопрофильных изделий из ПСТМ с обеспечением необходимой размерной точности.

Технологические возможности различных методов формообразования изделий из ПСТМ представлены на рис. 3.

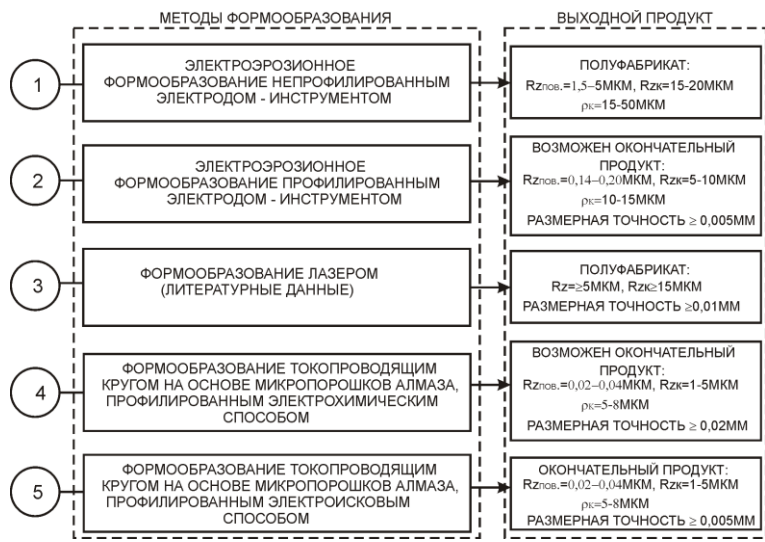


Рисунок 3 – Потенциальные возможности различных методов обработки ПСТМ

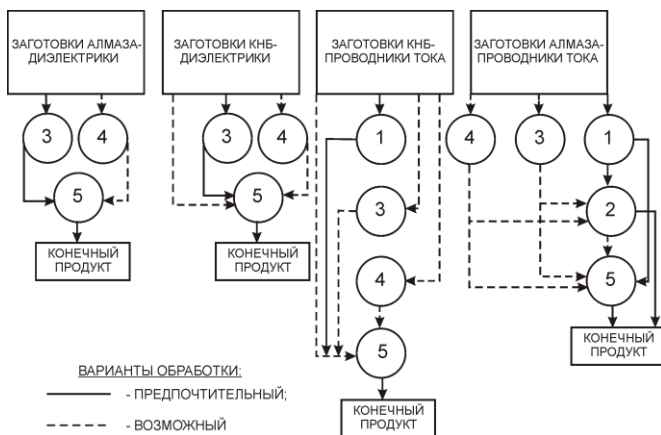


Рисунок 4 – К методологии реализации потенциала различных методов формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ

Выводы и перспективы развития. Таким образом, выполненными теоретико - экспериментальными исследованиями установлено, что:

1. Совокупность отмеченных выше особенностей, связанных с использованием токопроводящих кругов на основе микропорошков алмаза, свидетельствует о существовании всех предпосылок для реализации устойчивых процессов шлифования. Это впервые в практике формообразования ПСТМ дает возможность реализовать высокую размерную точность, без чего решение проблемы изготовления прецизионных лезвийных инструментов на их основе весьма затруднительно.

2. Проблема снижения удельного расхода кругов на основе микропорошков алмаза может быть решена за счет нанесения на них толстостенных рельефных металлических покрытий.

3. Использование методологии реализации потенциала различных методов формообразовании лезвийных инструментов из ПСТМ позволяет решить проблему изготовления сложнопрофильных изделий из ПСТМ.

В дальнейшем представляют интерес исследования направленные на оптимизацию характеристики алмазных токопроводящих кругов на основе микропорошков алмаза.

Список литературы: 1. *Грабченко А.И.* Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / Грабченко А.И. - Харьков: Вища шк., 1985. - 184 с. 2. *Фадеев В.А.* Формообразование высококачественных прецизионных сложнопрофильных лезвийных инструментов из ПСТМ. / [Фадеев В.А., Пыжов И.Н., Федорович В.А.] // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб.-Харьков: 2009.-Вып.76.-С. 225-235. 3. *Гаврилов А.Н.* Точность производства в машиностроении и приборостроении / [Гаврилов А.Н., Бородачев Н.А., Абдрашитов Р.М. и др.]; под ред. А.Н. Гаврилова. - М.: Машиностроение, 1973. - 567с. 4. *Сизый Ю. А.* Основы научных исследований в технологии машиностроения. Учебн. Пособие / Сизый Ю. А., Сталинский Д. В. - Харьков: УкрГНТЦ «Енергосталь», «Издательство САГА». - 2007. -212 с. 5. *Егоров М.Е.* Технология машиностроения / Егоров М.Е., Деметьев В.И., Дмитриев В. Л. - М.: Высшая школа, 1976 - 536с; 6. *Семко М.Ф.* Алмазное шлифование синтетических сверхтвердых материалов / Семко М.Ф., Грабченко А.И., Ходоревский М.Г. - Харьков: Вища школа, 1980. - 192 с. 7. *Захаренко И.П.* Алмазные инструменты и процессы обработки / Захаренко И.П. - К.: Техніка, 1980. - 215с. 8. *Новиков Н.В.* Сопrotивление разрушению сверхтвердых композиционных материалов / Новиков Н.В., Майстренко А.Л., Кулаковский В.Н. - К.: Наук. думка, 1993. - 220 с. 9. *Яцерицын П.И.* Электроэрозионная правка алмазно-абразивных инструментов / Яцерицын П.И., Дорофеев В.Д., Пахалин Ю.А. - Минск: Наука и техника, 1981. - 232с.

Найдена до редакції 24.09.2010