

ся абразивными частицами кремния, находящимися в этих материалах. Чередование твердой и мягкой структуры обуславливает неравномерное нагружение инструмента, способствуя его изнашиванию и поломке. Применение при обработке алюминиевых поршней инструментов с ПКА позволяет в 100–300 раз повысить их стойкость по сравнению с твердосплавными резацами и увеличить производительность обработки.

Шероховатость обработанной поверхности  $Ra \leq 0,8$  мкм достигается при износе инструмента  $h_3 \leq 0,05–0,1$  мм после точения 2000–7000 поршней, что соответствует 40–110 м<sup>2</sup> обработанной поверхности или 2500–9000 мин машинного времени.

Обработка деталей из неметаллических материалов. Широкое использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) ограничивается в связи с большими затруднениями, возникающими при их механической обработке. Это связано с их низкой теплопроводностью, а также с тем, что в качестве наполнителей в ПКМ используются полимерные, органические, неорганические твердые и механически прочные наполнители.

В процессе резания ПКМ теплопроводность инструментального материала в значительной мере определяет температуру в зоне резания и качество обработки изделий. ПКА, отличающиеся от других инструментальных материалов максимальной теплопроводностью и высокой стабильностью геометрических параметров режущей кромки, обеспечивают самую низкую температуру в зоне резания, наиболее высокие показатели качества обработанной поверхности, стойкость инструмента и производительность обработки.

Вследствие сильного изнашивающего действия ПКМ, их специфических физико-механических и технологических свойств для оснащения инструмента следует выбирать наиболее износостойкие инструментальные материалы на основе алмаза. При этом необходимо учитывать, что существенно меньшие силы резания, чем при обработке металлов, позволяют использовать инструмент из ПКА при значительных по абсолютной величине подачах (до 1,2 мм/об) и глубинах резания (до 7–8 мм при размере пластины 12,7 мм, то есть до 0,5–0,6 длины режущей кромки). Стойкость инструмента из ПКА при обработке полимерных композиционных материалов достигает 300 мин.

Перспективной областью применения поликристаллического алмаза является обработка трудно поддающихся резанию и вызывающих быстрый износ инструмента таких материалов, как древесностружечные композиты средней плотности с высоким содержанием клея, с покрытиями на основе меламиновой смолы, декоративный бумажно-слоистый пластик, а также другие материалы, структурные составляющие которых обладают абразивным действием. Разрезка таких материалов производится при скорости резания 0,50–1,16 м/с, а инструмент из ПКА имеет стойкость в 200–300 раз превышающую стойкость твердосплавных инструментов.

Инструмент, оснащенный ПКА, перспективен для точения детонационных керамических покрытий на основе  $Al_2O_3$  ( $Al_2O_3$  (100 %) и  $Al_2O_3$  (85 %) +  $Ti_2$  (15 %)), твердостью 80–84 HRA. Анализ экспериментальных зависимостей скорости изнашивания инструментов, оснащенных АКП и АТП, от скорости резания при точении покрытия с  $Al_2O_3$ , показывает, что при скоростях резания до 0,9 м/с оба инструмента ведут себя аналогично. При скорости резания до 1,2 м/с более работоспособным является инструмент, оснащенный АКП.

Инструменты, оснащенные ПКА, показали высокую работоспособность при обработке деталей, изготовленных из силицированного графита. Высокая производительность обработки и стойкость инструмента обеспечиваются при режимах резания  $v = 0,8–1,0$  м/с;  $S = 0,14–0,17$  мм/об;  $t = 0,1–0,25$  мм.

Детали из углеграфита обрабатываются алмазным инструментом со скоростью резания 3,3–5,0 м/с.

Приведенные примеры показывают высокую эффективность и широкие возможности инструментов, разработанных и выпускаемых в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, при точении деталей из широкой гаммы труднообрабатываемых материалов.

### **ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ СТРУКТУРЫ**

*Бабенко Е.А.*

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

Алмазное шлифование по-прежнему активно применяется в обработке сверхтвердых материалов и природного камня, в прецизионной обработке, в заточке твердосплавного инструмента и т.п. К наиболее распространенному типу алмазных шлифовальных кругов можно отнести шлифовальные круги на органической связке, объем использования которых превышает 50 процентов от общей массы алмазного шлифовального инструмента. Преимуществами органических кругов является их сравнительно низкая себестоимость, способность к быстрому самозатачиванию, скорость изготовления, широкий спектр применения.

Однако наряду с преимуществами круги на органической связке обладают рядом недостатков. Наибольшим недостатком является «чрезмерная» самозатачиваемость, а именно повышенный износ и преждевременное вырывание зерен из связующего. Существует множество исследований отечественных и

зарубежных ученых, посвященных этой проблеме, но они лишь незначительно повлияли на ее актуальность.

В настоящее время отсутствует единая комплексная методология трёхмерного (3D-CAD) моделирования физических процессов изготовления алмазно-композиционных материалов и алмазно-абразивной обработки инструментами из них, однако имеется реальная перспектива её разработки [1]. Создание такой методологии позволит существенно сократить объём экспериментальных исследований для определения рациональных конструктивных параметров алмазно-абразивных инструментов, оптимальных условий их изготовления и использования. Идея состоит в разработке теоретических основ и средств реализации методологии компьютерного 3D моделирования физических процессов для разработки оптимальных ресурсосберегающих технологий абразивной обработки инструментами из алмазных композиционных материалов.

В ходе работы создана концепция исследования полного жизненного цикла алмазного инструмента, как на этапе его изготовления, так и на этапе эксплуатации. На первой стадии исследований изучен процесс производства (спекания) алмазоносного слоя. Использовалась разработанная ранее методология трёхмерного моделирования процесса спекания с использованием системы «связка-алмазное зерно». Создание систем 3D моделирования абразивно-алмазных инструментов позволяет существенно сократить объём экспериментальных исследований для определения рациональных конструктивных параметров и оптимальных условий их изготовления. Создавалась трёхмерная модель системы «связка-алмазное зерно», закладывались физико-механические характеристики элементов модели. После создания модели производилось динамическое и статическое моделирование процесса спекания, с учетом присутствующего реального давления и температуры в рассматриваемой системе. Моделирование процесса позволило изучить напряженно-деформированное состояние системы, учесть превышающие предельные значения нагрузки, влияющие на целостность алмазных зерен. Предложен новый способ повышения физико-механических характеристик органической связки путем добавления в исходную шихту суспензии ультрадисперсного алмаза. Ультрадисперсный алмаз (наноалмаз) приобретает все большую популярность в Украине и за рубежом, имеет уникальные физико-химические свойства, которые позволяют использовать его как химический катализатор либо ультрадисперсный абразив.

На втором этапе работы рассматривался этап эксплуатации алмазных кругов на органической связке. Создана трёхмерная твердотельная модель «связка-алмазное зерно-деталь», которая использовалась для моделирования реального динамического процесса шлифования. Как и при моделировании спекания, в модель закладывались реальные физико-механические характеристики составляющих модели, задавалось движение системы, скорость

шлифования, глубина проникновения зерна в деталь и т.п. В ходе моделирования также выявлены негативные свойства связующего: слабое удержание зерен, низкая адгезионная способность. Эти негативные свойства, присущие органическим связкам приводят к низкому коэффициенту использования дорогостоящих алмазных зерен. Совместно с кафедрой химической технологии неорганических веществ НТУ «ХПИ» разработан способ нанесения алмазно-никелевого покрытия на алмазные зерна, что приводит к большей схватываемости органической связки с покрытым зерном и позволяет больше использовать ресурс зерна.

*Гребченко А.И., Чернышов С.И.*

*НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина*

#### **СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В настоящее время в технически развитых странах используется более 15 интегрированных технологий послойного выращивания изделий (Rapid Prototyping). Основным их достоинством является возможность существенного снижения продолжительности полного цикла изготовления изделий.

Эффективность использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий напрямую зависит от рационального выбора метода материализации и возможности предварительной оценки продолжительности полного цикла изготовления изделия с учетом их достаточно высокого уровня инкапсуляции (неизвестности внутренних свойств и методов).

Поэтому повышение эффективности использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий путем прогнозирования времени их изготовления на базе статистического моделирования представляет актуальную научную и практическую задачу.

На кафедре Интегрированных технологий машиностроения НТУ «ХПИ» (г. Харьков) была разработана система статистического моделирования рабочих процессов интегрированных технологий. Эта система предназначена для исследования статистических механизмов формирования их выходных характеристик (времени полного цикла создания изделий, технологического времени их формообразования и структурных составляющих процесса) с учетом уровня неопределенности исходных параметров (составляющие полного цикла создания изделий, характеристики их 3D геометрии, параметры лазерного луча и формообразования).

Данная система разработана на основе концепции статистического моде-