

12. Разработка и исследования изготовления инструмента из композиционной режущей керамики с функциональным покрытием.

1. Основные особенности применения инструмента оснащенного СМП из режущей керамики.

РК весьма чувствительна к «тепловым ударам» особенно при термоциклическом нагружении, имеет высокую склонность к микро - и макрохрупкому разрушению при контактных напряжениях, превышающих 900-1100 МПа. Указанное предопределяет механизмы изнашивания керамического инструмента, определяемые высокой склонностью к отказам вследствие микро – и макроскалывания режущей кромки. В связи с этим режущие инструменты, оснащенные СМП из стандартной РК, несмотря на достаточно высокую термостабильность при нагреве до температуры 1450 °С (оксидная керамика), а также повышенную окалинстойкость и сопротивляемость окислению при температурах до 1200 – 1350°С, имеют весьма узкую область эффективного технологического применения.

От зависимости условий обработки различают два вида изнашивания керамического инструмента: в виде равномерного (нормального) изнашивания и в виде макро- и микросколов (рис. 1). Лезвийный инструмент из режущей керамики склонен к образованию фронта трещин, что является основной причиной последующего микро- и макроразрушения контактных площадках поверхностей инструмента [6].

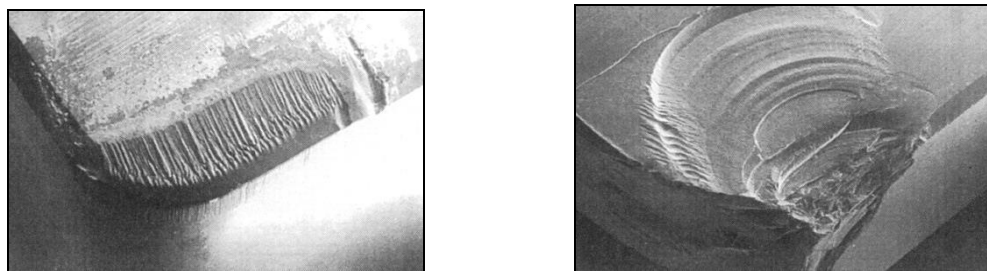


Рис. 1. Механизмы отказа инструмента из РК: в виде равномерного износа (а) и в виде макросколов (справа) на керамической пластине.

Различные виды трещин, формируемые в керамических пластинах, имеют различную природу и могут возникать одновременно или дифференцировано. Возникающие виды трещин зависят от условий обработки, состояния технологической системы резания и её параметров.

Области применения керамического инструмента.

Область применения инструментов оснащенных СМП из РК чрезвычайно ограничена вследствие стохастического характера отказов керамических инструментов, что сдерживает его широкое использование в металлообрабатывающей промышленности .[6].

На рис. 2 представлены области применения инструмента из различных типов РК.

Чугуны			
Чистовая обработка			Получистовая обработка
К 01	К 10	К 20	К 30
оксид.керам.			
смешан.керам.			
нитрид.керам.			
Закаленные стали			
Н 01	Н 10	Н 20	Н 30
смешан.керам.			
нитрид.керам.			
Труднообрабатываемые сплавы			
М 01	М 10	М 20	М 30
нитрид.керам.			
Нелегированные стали			
Р 01	Р 10	Р 20	Р 30
смешан.керам.			

Рис.2 Области применения режущего инструмента из различных типов РК по ISO 513 AMD.

Инструменты из режущей керамики применяют для чистовой обработки серого чугуна, чугуна со сферическим графитом, ковкого чугуна, отбеленного чугуна, конструкционных сталей, улучшенных и закаленных сталей с твердостью до 55-60 HRC, полимерных соединений и сплавов (рис 2). Для лезвийной обработке вышеназванных материалов режущая керамика имеет существенные преимущество перед твердым сплавом. Различные типы режущей керамики имеют свои области применения (см.рис.2).

2. Разработка концепции и технологии изготовления высокопрочного композиционного керамического инструментального материала с наноструктурированным покрытием.

Разработана концепция инструментального материала с повышенными физико-механическими и режущими свойствами на основе композиционно-слоистой системы состоящей из трех основных элементов с градиентом свойств в объеме геометрического тела инструмента. В композите оптимально сочетали свойства твердого сплава (достаточная прочность и вязкость), режущей керамики (высокая твердость теплостойкость и износостойкость) и наноструктурированного покрытия (благоприятная трансформация контактных процессов при резании, «залечивание» поверхностных

дефектов керамики). Подобный композиционный материал получил наименование «высокопрочная композиционная керамика» (ВКК) с покрытием.

На рис.3. показана принципиальная схема архитектуры высокопрочного композиционного керамического трехслойного композита.

Методика формирования ВКК.

Особое внимание было уделено выбору материалов керамического слоя и субстрата (твердого сплава), при этом необходимо соблюдение требований совместимости термомеханических характеристик соединяемых слоев (коэффициенты термического расширения, модули упругости и т.д.). Прочное соединение межфазных границ слоев является одним из важнейших условий нормального функционирования инструмента из ВКК. Для проведения детальных исследований были выбраны следующие сочетание элементов ВКК: субстрат (слой 1) на основе твердого сплава - WC-TaC-Co с ультрадисперсным структурой, керамический слой 2 на основе сложной композиции (Si_3N_4 , TiC, Y_2O_3 , Al_2O_3) и слой 3 в виде наноструктурированного многослойно-композиционного покрытия (см. рис.3) на основе систем Ti-(Ti,Al)N-(Ti,Cr,Al)N, Zr-(Zr,Cr)N-CrN [3,5].

Важной задачей разработки архитектуры и технологии производства ВКК являлось установление оптимального соотношению толщины керамического и твердосплавного слоев. Эксперименты проводили при изменении соотношения слоев в диапазоне от 10/90 до 50/50. Критерием оценки оптимальности соотношения служило значение предела прочности при поперечном изгибе.

При разработке требований к покрытию для нанесения на ВКК, учитывали необходимость «залечивания» поверхностных дефектов и положительной трансформации контактных процессов. Разработанные покрытия для осаждения на ВКК имело трёхслойную архитектуру, в частности, покрытие на основе системы Ti-(Ti,Al)N-(Ti,Cr,Al)N включало [5].



Рис.3. Концептуальная схема архитектуры высокопрочной композиционной керамики (ВВК) с наноструктурированным многослойно-композиционным покрытием.

Для получения наноструктурированных покрытий использовали процессы фильтруемого вакуумно-дугового осаждения (*ФВДО*), которые реализовывали на установке ВИТ-2 конструкции СТАНКИН-ЭКОТЕК, оснащенной устройствами для фильтрации паро-ионного потока, гашения микродуг, динамического смешивания газов, получения высокоэнергетических ионов [3,5]. Формирование наноструктуры многослойных покрытий для использования в технологиях сухой обработки осуществляли

3. Постановка задач и методики исследования

Система сухого резания с компенсацией физических функций СОТС.

Анализ исследования основных аспектов сухого резания с повышенной термической напряженностью практически всех элементов системы резания, позволил разработать рабочие гипотезы и сформулировать научные задачи создания инновационной технологии сухого резания, в которой повышенная термическая напряженность системы снижается за счет применения элементов, компенсирующих основные физические эффекты СОТС.

Разрабатываемая технология сухого резания характеризуется следующими особенностями[1-4]:

- интенсификацией конвекционных процессов отвода тепла из области обработки (компенсация охлаждающей функции жидких СОТС);
- уменьшением мощности фрикционных источников тепла (компенсация смазочной функции жидких СОТС);
- снижением поверхностной энергии локальных поверхностных объемов формируемой стружки (компенсация пластифицирующих эффектов жидких СОТС).

4. Исследования и анализ результатов

Проведены широкие исследования различных свойств ВКК с наноструктурированным покрытием, результаты которых показаны ниже.

Исследование физико-механических и режущих свойств ВКК. Результаты исследований различных свойств СМП из разрабатываемой ВКК с покрытием и без покрытия в сравнении со свойствами СМП из стандартных твердых сплавов и РК, представлены в таблице 1.

Сравнительные результаты оценки свойств различных типов инструментальных материалов и ВКК.

Таблица 1.

Инструментальный материал	ρ $\times 10^3$, ГПа	H ₅₀ , МПа	H _{из} , МПа	K _{ст} [*]	Фазовый состав
Стандартная РК (Si ₃ N ₄ , TiC, Y ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃)	3,76	300	250	0,5	β - Si ₃ N ₄ , TiC, Y ₂ O ₃ , SiO ₂ , Y ₅ Si ₃ Al ₇ , Y ₅ Si ₃ , Ti ₂ NC, AlY
ВК6-М	1,52	600	350	0,6	WC-TaC- Co
<i>ВКК**</i>	-	-	230	0,7***	-
ВОК-200	4,25	450	200	0,2	Al ₂ O ₃
ВОКС-300 (слоистый композит)	-	-	50	0,2	-

K_{ст}^{*} - коэффициент стойкости инструмента при точении стали 45 (HRC 45) с v = 270 м/мин; S = 0,2 мм/об; t = 0,5 мм определяли как отношение стойкости СМП из стандартной (нитридной) керамики к стойкости СМП из ВКК и других типов инструментальных материалов. ** фазовый состав керамического слоя 2 ВКК и состав

наноструктурированного покрытия указаны выше.^{***} - данные по стойкости СМП с покрытием получены при использовании технологии ЭЧР.

Анализ данных таблицы 1 позволяет отметить следующее:

Экспериментальные данные по оценке физико-механических свойств показали, что прочность разработанного ВКК значительно выше прочности стандартной

Инструменты, оснащенные СМП из ВКК с наноструктурированным покрытием обеспечивали существенное повышение стойкости (более 2-х раз) по отношению к стойкости СМП из ВКК без покрытия не только при использовании системы с компенсацией физических функций СОТС (ЭЧР), но и при сухом резании (см. табл.2).

Список литературы:

1. **Верещака А.С., Хаустова О.Ю. Дюбнер Л.Г.** Исследование характеристик качества поверхностного слоя при использовании экологически дружелюбной технологии сухой обработки. В кн: Современные технологии в машиностроении. Сборник научных трудов по редакции А.И. Грабченко. – Том 2. Харьков:НТУ «ХПИ», 2006. С. 306-319.

2. **Кириллов А.К.** Создание системы сухого резания с компенсацией эффектов смазочно-охлаждающих технологических сред при точении конструкционных материалов //Автоматизация и современные технологии.-2006.- №1.-С.9-16.

3. **Верещака А.С.** Некоторые методологические принципы создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Сб. научн. статей к юбилею Ф. Якубова. ISBN 978-966-593-535-3. - НТУ «ХПИ», 2007. С.210-232.

4. **Кириллов А.К., Верещака А.С., Козлов А.А., Робакидзе З.Ю.** Разработка и исследование технологии сухого резания труднообрабатываемых материалов с компенсацией физических функций СОТС // СТИН.- 2009. -№1. С.35-40.

5.**Верещака А.С., Верещака А.А.** Методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии машиностроения: Сб. научн. статей. ISBN 978-966-384-059-8. - НТУ «ХПИ», 2007. С.192-235.

6. **Верещака А.С.** Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями - М.: Машиностроение , 1993. 336 с.