

МНЭПУ, 2009. – 500 с.

3. Кудрин В.А. Металлолом: проблема дефицита и рационального использования // Металлург. 2007. № 12.- С. 42-43.
4. Бобович Б.Б. Неметаллические конструкционные материалы: учебное пособие – М.: МГИУ, 2009. – 384 с.
5. Какуевецкий В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с.
6. Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование: учебник для вузов / В.Е. Канарчук, А.Д. Чигринцев, О.Л. Голяк, П.М. Шощкий. – М.: Транспорт, 1995. – 303 с.
7. Петров Р.Л. Системы утилизации легковых автомобилей // Автомобильная промышленность. 2007. № 7. – С. 3–5.
8. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное пособие / Под ред. д.т.н., проф. Б.Б. Бобовича. – М.: «СП Интермет Инжиниринг», 2000. – 496 с.
9. Утилизация автомобильной техники: концепция специального технического регламента // В.А. Звонов, В.Ф. Кутенев, Б.В. Кисуленко, А.В. Козлов, А.С. Теренченко. Стандарты и качество: научно-технический и экономический журнал. 2004. № 8. – с. 31–34.

Высокопроизводительная прецизионная обработка закаленных сталей малоразмерными инструментами из кубического нитрида бора (КНБ)

к.т.н. доц. Боровский Г.В., Негинский Е.А., к.т.н. доц. Пини Б.Е., Хачикян Е.А.
ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ», Университет машиностроения
8 (926) 322-69-85, khachikyan121@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются пути решения проблемы обработки изделий с наноточностью путем использования малоразмерных режущих инструментов с механическим креплением пластинок из кубического нитрида бора.

Ключевые слова: прецизионная обработка, малоразмерные инструменты, сверхтвердые материалы, механическое крепление пластин.

Обеспечение конкурентоспособности промышленности России при производстве машиностроительной продукции и продукции двойного назначения диктует необходимость разработки высокоэффективных технологий механической обработки, в том числе малоразмерных деталей и поверхностей, требуется применение высокоскоростного интегрированного многокоординатного оборудования. При этом в отдельных случаях требуется замена шлифования прецизионной лезвийной обработкой, что предъявляет к режущему инструменту повышенные требования в части производительности, точности, стойкости и надежности.

В этой связи остро встает проблема обеспечения предприятий машино- и приборостроения специальным оборудованием, использующем малогабаритные прецизионные режущие инструменты для нанообработки. При прецизионной обработке труднообрабатываемых конструкционных материалов, в том числе закаленных до высокой твердости (HRC 60-66) сталей и сплавов, таких как жаропрочные, инструментальные и нержавеющие стали и сплавы, даже современные твердые сплавы не могут обеспечить необходимую стойкость инструмента и высокое качество обработки. Для обработки таких материалов эффективен специальный режущий инструмент из наноструктурированных сверхтвердых инструментальных материалов на основе кубического нитрида бора.

Целью работы является разработка и промышленная апробация специальных прецизионных малоразмерных инструментов на основе наноструктурированного кубического нитрида бора с повышенными эксплуатационными характеристиками для увеличения производительности и точности изготовления ответственных деталей новой техники из труднообрабатываемых материалов.

Для достижения поставленных целей должны быть решены следующие задачи:

- разработка принципиальных технических решений, обеспечивающих возможность создания гаммы прецизионного малоразмерного высокопроизводительного инструмента из синтетических сверхтвердых материалов на основе наноструктурированного кубического нитрида бора;
- разработка рабочей конструкторской документации, изготовление и апробация опытных образцов малоразмерного высокопроизводительного инструмента из синтетических сверхтвердых материалов на основе наноструктурированного кубического нитрида бора;
- разработка предложений по серийному производству и использованию малоразмерных инструментов для нанообработки.

Обработка конструкционных материалов резанием является одним из важнейших технологических процессов, в значительной степени определяющих технический и экономический уровень машиностроительного производства. Для финишной обработки ряда труднообрабатываемых материалов обычно использовалась абразивная обработка, однако целый ряд поверхностей, особенно в деталях малых размеров, целесообразно получать с использованием обработки резанием малоразмерными режущими инструментами, в частности отверстия малого диаметра при нанообработке на высоких скоростях.

Обработка резанием связана с трением режущих элементов об обрабатываемый материал по режущей кромке, передней и задней поверхности резца, однако при нанообработке процессы взаимодействия не известны.

В последние годы выпуск малоразмерных твердосплавных инструментов освоен некоторыми ведущими зарубежными инструментальными фирмами, например, Mitsubishi Materials Corporation (Япония) и Kennametal Inc. (США).

Стоимость комплектов малоразмерного прецизионного твердосплавного инструмента для высокоскоростной обработки достаточно высока, что делает затруднительным полноценное оснащение инструментом этого дорогостоящего оборудования.

Усложняется задача по обработке малоразмерных изделий из материалов со специальными свойствами (нержавеющих, жаропрочных и т.п.). Такие материалы обладают хорошими эксплуатационными характеристиками и являются незаменимыми в машиностроении, определяют уровень развития отраслей, эксплуатирующих технику в экстремальных условиях, таких как авиационно-космическая промышленность и предприятия ОПК, но являются труднообрабатываемыми. Доля труднообрабатываемых материалов в указанных отраслях, которые являются основными потребителями обрабатывающего инструмента, резко возросла. Увеличились требования к качеству и производительности обработки.[1, 2]

Это обуславливает возрастающую необходимость в современном малоразмерном инструменте с улучшенными эксплуатационными характеристиками. С помощью сверхтвердых инструментов с режущим лезвием из кубического нитрида бора, изготовленных на основе нанотехнологий, возможно решение ряда технологических задач.

Существует несколько разновидностей сверхтвердых материалов (СТМ) на основе нитрида бора:

- поликристаллы, синтезируемые из гексагонального нитрида бора (ГНБ) в присутствии растворителя (типичным представителем является композит 01);
- поликристаллы, получаемые в результате прямого перехода гексагональной модификации в кубическую (композит 02);
- поликристаллы, получаемые в результате превращения вюрцитоподобной модификации в кубическую. Поскольку полнота перехода регулируется параметрами спекания, то к этой группе относятся материалы с заметно отличающимися свойствами (композит 10, композит 09);
- поликристаллы, получаемые спеканием порошков кубического нитрида бора (КНБ) с активными добавками (композит 05-ИТ, киборит и др.).

Основные физико-механические характеристики различных марок СТМ на основе плотных модификаций нитрида бора приведены в таблице 1 [3].

Поликристаллы типа композит 01 имеют мелкозернистую структуру, доминирующей

фазой которой являются мелкие зерна КНБ, сросшиеся и взаимно проросшие с образованием прочного агрегата. Примеси равномерно распределены по объему образца. Наряду с основной кубической модификацией в них возможно частичное содержание непрореагировавшего гексагонального нитрида бора [4].

Таблица 1

Основные физико-механические характеристики СТМ на основе плотных модификаций нитрида бора

Материал	Твердость по Виккерсу, ГПа	Прочность, МПа	Коэффициент трещиностойкости K_{IC} , МПа/м ^{1/2}	Модуль Юнга Е, ГПа	Плотность, г/см ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)
Композит 01 (эльбор-Р)	35-37	-	3,9-4,2	840	3,4	60-80 (при 350-360К)
Композит 02 (бельбор)	-	700	-	720	3,5	160-180 (при 900-950 К)
Композит 05-ИТ	-	470	4,6-6,7	620	4,0 4,3	-
Композит 10 (гексанит-Р)	30,5-38,5	1000-1500	3,8-5,9 8,2	715 880	3,28 3,2-3,4	25-30 (при 360 К)
Киборит	38-42	-				40-60 (при 950 К) 100
Боразон	45	-	-	-	3,48	100-135
Амборит	40	570	6,3	680	-	100
Сумиборон	30-35	-	-	-	4,2	37,8
Вюрцин	30-40	800	13,0	-	-	20 (при 673 К)

Размеры зерен и включений сопутствующих фаз примерно равны 30 мкм, пористость равномерная, составляет 10%.

Поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора, незначительно уступая алмазу по твердости, отличаются высокой термостойкостью (до 1573К), стойкостью к циклическому воздействию высоких температур и, что особенно важно, слабым химическим взаимодействием с железом, являющимся основным компонентом большинства обрабатываемых материалов (стали, чугуны, наплавочные материалы).

Главным резервом повышения производительности обработки для инструмента на основе кубического нитрида бора является скорость резания (таблица 2), которая может превышать скорость резания твердосплавным инструментом в 5 и более раз.

Таблица 2

Скорости резания различными инструментальными материалами

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/с для инструментального материала	
	ПСТМ	твердый сплав
Сталь HB 150-250	1,66-3,33	2,10-5,00
Сталь HRC, 45-55	1,33-2,66	0,6-1,15
Сталь HRC, 60-70	1,00-2,00	0,15-0,50
Серый чугун HB 120-240	6,66-16,66	1,66-3,33
Высокопрочный чугун HB 160-330	5,00-13,33	0,83-1,66
Отбеленный и закаленный чугун HRC, 40-60	0,83-2,50	0,15-0,31

Из таблицы видно, что наибольшая эффективность применения инструментов на основе кубического нитрида бора имеет место при обработке высокотвердых чугунов и закален-

ных сталей.

При применении ПСТМ с использованием оптимальных режимов резания на станках с ЧПУ производительность обработки повышается в 1,5-3 раза по сравнению с твердосплавным инструментом, улучшается качество обработанных поверхностей, исключается необходимость последующей абразивной обработки, что связано с более высокой жесткостью и точностью этих станков.

По методу крепления резцы делятся на напайные и сборные.

В настоящее время напайная конструкция резцов устарела. За рубежом около 80% резцов имеют сборную конструкцию, а у нас в стране значительно меньше. По сравнению с напайными, сборные резцы имеют такие преимущества, как сокращение расходов на переточку, уменьшение вспомогательного времени на смену и подналадку резцов за счет смены режущих пластин без замены инструмента со станка, многократное использование корпуса инструментов, сокращение затрат на изготовление резцедержателей. Для обеспечения высоких эксплуатационных качеств малоразмерных инструментов представляется целесообразным применение механического крепления пластин. Некоторые примеры конструктивного исполнения крепления пластин на резцах приведены на рисунке 1 [5].

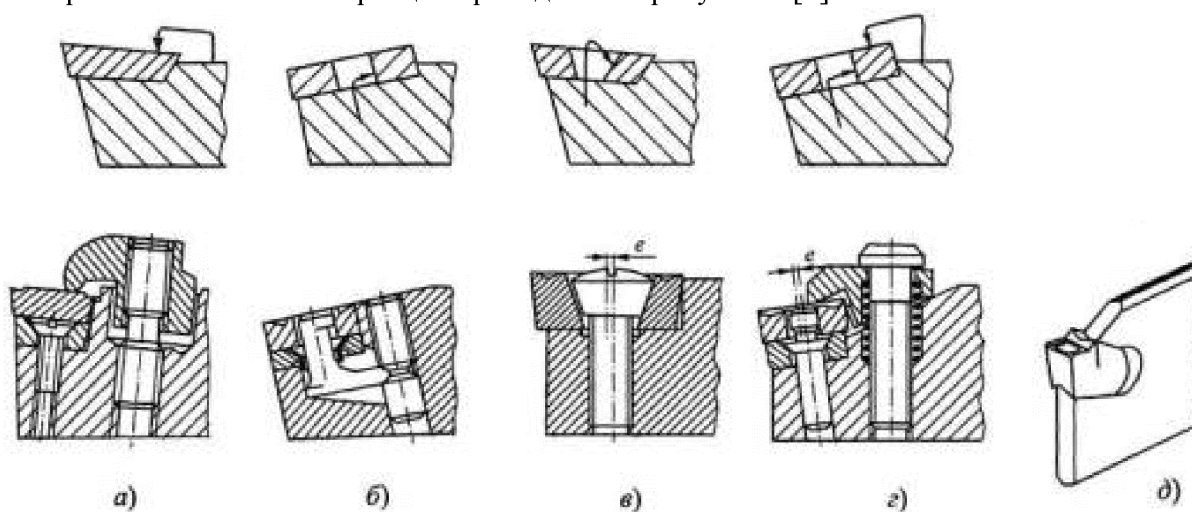


Рисунок 1 – схемы механического крепления режущих пластин: а – прихватом сверху; б – рычагом через отверстие; в – винтом с конической головкой; г – штифтом через отверстие и прихватом сверху; д – за счет упругой деформации стенки паза

Однако анализ существующих методов крепления дает основание полагать, что необходимо разработать новые методы крепления пластин для высокоскоростной обработки, особенно для достижения наноточности. Для этого необходимы проходные резцы, резцы для точения канавок для внутренней и наружной поверхностей, а также расточные резцы для сквозных и глухих отверстий малых размеров. При решении вопроса по созданию малоразмерных инструментов главной задачей является обеспечение достаточной жесткости резцедержавок, исключающих возможность возникновения вибраций при обработке. В настоящее время разработаны варианты новых видов крепления малоразмерных пластин (рисунок 2).

К таким инструментам предъявляются особые конструктивные требования, например, для режущей пластины:

- погрешность размеров рабочих поверхностей инструмента не более 1,0 мкм. В процессе резания рабочая часть режущей пластины изнашивается по передней и задней поверхностям и режущей кромке;
- шероховатость рабочих поверхностей инструмента $Ra \leq 0,04 \text{ мкм}$. Начальная шероховатость рабочих поверхностей режущей пластины формируется при его заточке и обычно меняется во времени;
- радиус округления режущей кромки инструмента не более 0,01 мкм.

Режущий материал на основе наноструктурированного кубического нитрида бора дол-

жен обладать следующими физико-механическими свойствами:

- твердость по Виккерсу, ГПа – не менее 45;
- модуль упругости, ГПа – не менее 700;
- термостойкость, град С – не менее 1300;
- размер зерна, мкм – не более 0,05.

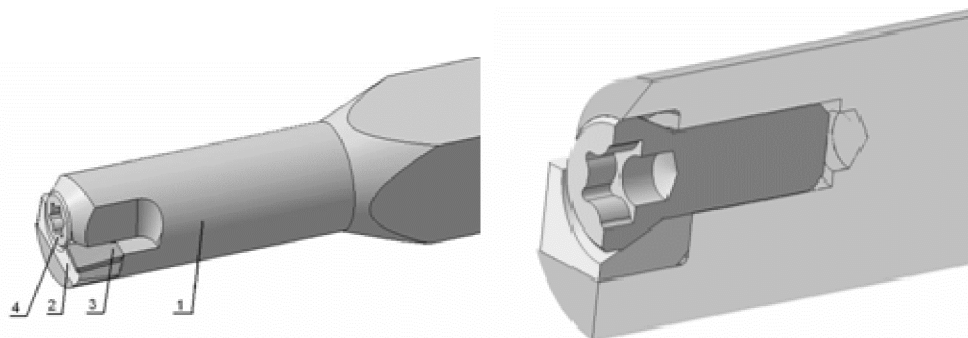


Рисунок 2 – механическое крепление режущих пластин: 1 – державка инструмента; 2 – твердосплавная пластина; 3 – СТМ на основе кубического нитрида бора; 4 – винт

Требования к резцам, входящим в гамму моделей прецизионного малоразмерного высокопроизводительного режущего инструмента из синтетических сверхтвердых материалов на основе наноструктурированного кубического нитрида бора [6]:

- для проходных и канавочных резцов: державка сечением, мм – 8х8...10х10;
- для расточных резцов: диаметры обрабатываемых отверстий, мм – 8...10.

Данные конструктивные требования позволят обеспечить съем металла от 1 до 100 мкм в зависимости от режима резания.

Объектами применения таких инструментов могут быть элементы систем навигации и приборной техники.

Принципиальное значение для режущих инструментов для прецизионной обработки имеет точность и шероховатость рабочих поверхностей. По конструктивным требованиям погрешность размеров рабочих поверхностей должна быть не более 1,0 мкм, а их шероховатость – $Ra \leq 0,04$ мкм. Это очень высокие требования, которые могут быть обеспечены только особо точными станками класса С.

Точность заточных станков достигается за счет конструкции станин, оптических измерительных систем, прямых приводов на шпиндель, максимального приближения плоскости вращения заточного круга к оси вращения шпинделя, системы компенсации износа круга.

Высокая производительность станков обеспечивается автоматическим циклом изготовления, наличием системы ЧПУ, правкой круга в процессе изготовления, высокими скоростями резания, применением специальной системы охлаждения, использованием автозагрузчиков шлифовальных кругов и обрабатываемых заготовок, возможностью проведения измерений в процессе изготовления.

Гибкость процесса изготовления и надежность работы достигаются за счет возможности производить и перетачивать инструмент на одном и том же оборудовании, наличия нескольких типов инструмента в одной загрузке, полной графической поддержки процесса изготовления инструмента, встроенного диагностического программного обеспечения, постоянного обновления программного обеспечения, возможности связи через Интернет.

Для заточки прецизионных инструментов, в том числе на основе ПСТМ, практически все ведущие мировые производители используют отвечающие всем перечисленным выше требованиям заточные станки фирмы Ewag (Швейцария):

- универсальные заточные станки типа WS-11 для индивидуального и мелкосерийного производства;
- прецизионные шлифовально-заточные станки RS-09, RS 15 (рисунок 3) для мелкосерийного и серийного производства;
- специализированный заточный центр EWAMATIC LINE с ЧПУ (рисунок 4) для серийного

и крупносерийного производства.



Х-ось, перемещение положения хода, мм	490
А-ось, наклон шпинделя, град	-10...+27
У-ось, перемещение по высоте, мм	-
Мощность привода шпинделя, кВт	2,2
Число оборотов постоянное, мин ⁻¹	3400
Число оборотов регулируемое, мин ⁻¹	1000...8000
Z-ось, подача, мм	0...120
В-ось, угол поворота, макс, град	260
Крестовый суппорт, поверхность крепления детали, мм	155x205
Перемещение, мм	60

Рисунок 3 – Прецизионный шлифовально-заточной станок RS 15 (Швейцария)



Поперечная ось Х	360 мм 0.0001 мм 10 м/мин
Ось Y	240 мм 0.0001 мм 10 м/мин
Ось подачи Z	240 мм 0.0001 мм 10 м/мин
Ось поворота В	+/-135° 0.0001° макс 28 800°/мин
Делительная координата С	0.0001° 90 000°/мин
Режим цилиндрической заточки	800 ϕ 6/мин
Рабочая головка	0.0001 мм 6 000°/мин
Мощность шпинделя	7,5 кВт
скорость	200-6000 ϕ 6/мин, 10000-12 000 ϕ 6/мин

Рисунок 4 – Специализированный заточной центр EWAMATIC LINE с ЧПУ

Режущие пластинки из электропроводных ПСТМ на станке EWAMATIC LINE, как правило, подвергаются многоступенчатой электроэрозионной обработке, после которой, при необходимости, производят финишное, тонкое шлифование.

По сравнению с технологическим процессом на других станках вспомогательное время на станке EWAMATIC LINE уменьшено на 30%, т.к. отсутствуют затраты времени на переустановку детали с эрозионного станка на шлифовально-заточной станок. Кроме того, экономится производственная площадь, так как необходим только один станок.

Во время электроэрозионной обработки поверхность ПСТМ повреждается на глубину до 0,03 мм. Финальное тонкое шлифование поверхностей ПСТМ шлифовальным кругом снимает поврежденный поверхностный слой материала и обеспечивает размерную точность обработки менее 0,0003 мм.

Для предотвращения резкого контакта шлифовального круга с обрабатываемым ПСТМ автоматическая подача и скорость вращения круга регулируются датчиком.

В процессе обработки ПСТМ алмазный круг автоматически правится, что дополнительно увеличивает производительность и точность обработки.

Из шлифовально-заточных станков других фирм, пригодных для прецизионной обработки малоразмерных ПСТМ-инструментов, можно выделить универсальный заточной станок WS54 фирмы «Seile und Bitterling GmbH» (Германия) и станочный центр для микроинструментов HELITRONIC MICRO C6 фирмы Walter Grinders (Германия).

Отечественных заточных станков близкого уровня не выпускается. Российские инструментальные предприятия и производства, в лучшем случае, имеют универсальные станки заточные станки Ewag.

Окончательное формирование режущей части прецизионных малоразмерных резцов с заданными параметрами по микро- и макрогеометрии должно производиться с использованием ультрапрецизионной заточки и доводки, так как, несмотря на множество положительных факторов, даже лучшие современные заточные станки имеют недостатки, которые могут не позволить достичь требуемых параметров прецизионного малоразмерного инструмента, так как:

- использование шарикоподшипников в опорах шпинделя шлифовального круга и бабки изделия (поворотный стол) даже при наиболее точном исполнении шарикоподшипников не позволяет достичь биения шпинделя, установленного в них, менее 0,2 мкм;
- при быстром вращении шарики инициируют высокочастотные колебания на станке;
- наличие натяга в подшипниках приводит к их нагреву, что отрицательно сказывается на точности радиуса инструмента;
- ресурс шарикоподшипников при их высокой стоимости невелик и при повышенных требованиях к точности инструмента потребуются их частая замена;
- привод шпинделя осуществляется от обычного асинхронного двигателя через ремень, что ещё более увеличивает биение оси шпинделя и уровень его колебаний, а так же отрицательно влияет на точность из-за колебания подшипников самого приводного двигателя.

Кроме того, использование в линейных направляющих шарико-винтовых пар приводит к погрешностям по непрямолинейности движения, кроме того, направляющие качения имеют невысокий уровень демпфирования колебаний.

Эти конструктивные решения в совокупности с невысокой жесткостью малоразмерного инструмента снижают точность его изготовления.

Разработанный в ОАО «ЦНИТИ» станок-стенд для ультрапрецизионной доводки радиусных резцов по задней поверхности позволяет устранить вышеизложенные недостатки станков фирмы «EWAG» за счёт следующих конструктивных особенностей:

- использование аэростатических опор в основных формообразующих узлах (каретки, шпиндель круга, поворотного стола) и встроенных синхронных моторов в специальном безвибрационном исполнении;
- использование встроенных синхронных безвибрационных моторов в шпиндельном узле шлифовального круга и поворотном столе.
- использование пневмогидравлического усилителя в качестве привода каретки, что исключает деформацию каретки с шагом винта.

Биение шпинделя станка-стенда обеспечено на уровне 0,05 мкм, вибрации основных узлов – не выше 0,05 мкм.

Поэтому окончательную заточку и доводку малоразмерных инструментов из КНБ предполагается производить на ультрапрецизионном станке-стенде. В таблице 3 приведены его основные технические характеристики.

Основные технические характеристики станка-стенда

Наименование параметра	Значение
1. Диаметр шлифовального диска, мм	150,0
2. Скорость резания, м/с	2,5...40
3. Диапазон частот вращения шлифовального диска, мин-1	200...6000
4. Ход продольного суппорта, ось X, мм	100
5. Ход поперечного суппорта, ось Z (суппорт врезания), мм	100
6. Ход вертикального суппорта установка шлифовального круга по высоте, ось Y, мм	100
7. Ход поворотного стола, ось B (установочное движение), град.	20
8. Количество осей, шт.: ось X - продольный суппорт; ось Z - поперечный суппорт (суппорт врезания); ось Y - вертикальный суппорт (установка шлифовального диска по высоте); ось A - неполноповоротный стол (движение закатки); ось B - поворотный стол (установочное движение); ось S - вращение шлифовального круга	1 1 1 1 1 1
9. Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	1
10. Торцевое и радиальное биение шпинделя шлифовального круга, мкм	0,1

В процессе эксплуатации малоразмерных режущих инструментов следует обращать внимание на их работоспособность. В процессе резания выделяется тепло, под действием которого режущий инструмент нагревается, теряет твердость и затупляется. Чтобы предохранить резец от быстрого затупления и, следовательно, увеличить срок его службы, необходимо предохранить режущую кромку от нагрева. Этого можно добиться применением охлаждающих жидкостей, назначение которых заключается в отводе тепла, возникающего в месте образования стружки, но в связи с ужесточением экологических требований при использовании смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) следует применять экологически безопасные составы. Так, в качестве СОТС используется активированный воздушный поток, который, проходя через внутренний воздуховод, подвергается коронному разряду [7].

В результате воздушный поток, получив дополнительную энергию, переходит в метастабильное состояние. Данное состояние характеризуется ослаблением или частичным нарушением внутримолекулярных связей, т.е. стимулирует деструкцию с образованием активных атомов, радикалов и групп, поскольку воздух состоит из азота, кислорода и инертных газов. Именно активные элементы образуют в зоне контакта оксидные пленки, которые, в свою очередь, экранируют адгезионное взаимодействие поверхностей инструмента и обрабатываемого материала.

Для получения активированного воздуха была разработана установка и технология, которые позволили решить задачу повышения износостойкости режущего инструмента. Данное устройство позволяет изменять количество заряженных частиц за счет управляемого датчика напряжения и давления воздуха.

При механической обработке активированный воздух позволяет существенно повысить стойкость режущего инструмента, уменьшить шероховатость обработанной поверхности и, соответственно, уменьшить энергетические затраты на сам процесс обработки. Таким образом, использование активированного воздушного потока при нанорезании может оказаться эффективным способом повышения режущих свойств инструментов.

В настоящее время в России практически нет опыта использования малоразмерных инструментов для нанобработки различных сталей, так как нет промышленного выпуска инструментов и нет соответствующего оборудования. Для обеспечения потребностей российских машиностроительных предприятий в специальном прецизионном малоразмерном инструменте на основе наноструктурированного кубического нитрида бора с повышенными экс-

плутационными характеристиками для увеличения производительности и точности изготовления ответственных деталей новой техники из труднообрабатываемых материалов ОАО "ВНИИИНСТРУМЕНТ" осваивает серийное производство гаммы режущих инструментов.

Литература

1. Мерзликин В.Г., Сидоров О.В., Сутугин В.Г. Интеллектуальные материалы на основе керамических композитов. Известия МГТУ «МАМИ» № 1(9), М., 2010, с. 119-126
2. Анкин А.В., Ветрова Е.А. Влияние колебаний формы поперечного сечения нежестких деталей типа полый цилиндр на силу резания в процессе комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием. Известия МГТУ «МАМИ». М., № 1(9), 2010, с. 158-162
3. Коломиец В.В. Новые инструментальные материалы и области их применения. Учебн. пособие.; УМК ВО, 1990. – 64 с.
4. Инструменты из сверхтвердых материалов. Справочник под редакцией: Новиков Н.В. Издательство: М., Машиностроение, 2005 - 560 с.
5. Сменные пластины и инструмент САНДВИК-МКТС, технические материалы. – М. – 2000. – 169 с.
6. Маринин Г.В., Захаревич Е.М., Малышев С.Н. Технология нанорезания закаленной стали, М., «Технология машиностроения», 2009
7. Чекалова Е.А., Власов В.И. Повышение эффективности быстрорежущего инструмента путем применения ионизированного воздуха. Сборник трудов Международной конференции "Производство, технология, экология 2003". М. МГТУ "Станкин". 2003, с. 666-667.

Формирование шероховатости поверхностного слоя нежестких деталей типа полый цилиндр в процессе комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием

Ветрова Е.А.

Университет машиностроения

8(495)223-05-23, доб. 1353, eavetrova@mail.ru

Аннотация. Формирование шероховатости поверхности нежестких деталей типа полый цилиндр в процессе комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием происходит в три этапа. Величина шероховатости зависит от таких факторов, как форма и размер деформирующих элементов, величина осевой подачи, радиальное усилие, число циклов нагружения, физико-механические свойства обрабатываемого материала и т.д.

Ключевые слова: комбинированная обработка, шероховатость, деформирующий элемент, нежесткие детали типа полый цилиндр, очаг деформации, микрогеометрия, пластическая деформация.

Как известно, каждый технологический метод обработки создает конкретные количественные и качественные параметры поверхностного слоя материала, такие как высота и форма неровностей, их направление, величина и знак остаточных напряжений, глубина и степень наклепа и т.д.. При разработке технологического процесса обработки деталей режущедоформирующим методом требуется знать влияние как технологических, так и конструктивных факторов инструмента на параметры качества обработанной поверхности и точность обработки детали. Качество обработанной поверхности характеризуется двумя основными признаками: физико-механическими свойствами поверхностного слоя материала и степенью шероховатости поверхности. Качество поверхностного слоя материала обуславливается свойствами материала и методами механической обработки.

На основании ряда проведенных исследований [1, 2, 3] было выдвинуто утверждение, что метод комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием нежестких деталей типа полый цилиндр обеспечивает выигрыш в производитель-