

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, В.А. Фадеев, д-р техн. наук,
Харьков, Украина

О СИСТЕМАХ МИКРО- И НАНОРЕЗАНИЯ

Розглянуто поняття, структуру і особливості систем мікро- та нанорезання, порівняння їх з конвенційними системами різання, запропоновано класифікувати рівні систем нанорезання по наявності в них кількості нанооб'єктів.

Rozглянуто поняття, структуру і особливості систем мікро- та нанорезання, порівняння їх з конвенційними системами різання, запропоновано класифікувати рівні систем нанорезання по наявності в них кількості нанооб'єктів.

The concept, structure and systems, especially micro-and nanorezaniya, comparing them with the Conventional system Mami cut, asked to classify the levels of systems nanorezaniya in their content of nano-objects.

Развиваясь и познавая окружающую природу, человечество прежде всего обращало внимание на предметы и явления макромира. Когда пришло время, характеризующееся бурным развитием инструментов познания, методов и средств моделирования, всепроникающего значения информационных технологий, ученые и работники различных отраслей производства, медицины, бизнесмены, аграрии и т.д. обращают свои взоры на объекты, различные эффекты и явления в нанометрической области (до 100 нм). Сегодня уже идет речь о практическом использовании нанотехнологий, являющихся междисциплинарным направлением, в комплексе охватывающем различные разделы науки и практики в области физики, механики, химии, биологии, электроники и т.д., для решения глобальных проблем, встающих перед человечеством [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. В соответствии с этим появилось множество новых терминов и понятий с приставкой «нано», используемой в значении «относящейся к нанодиапазону» материального мира: нанообъекты, нанокристалл, нанокластер, наноструктура, наносистема, наноматериалы, наноструктурированный материал, наноаука и др. [9, 10, 11, 12, 13].

Элементарными объектами нанотехнологии (наномасштабными, наноразмерными элементами), позволяющими искусственно конструировать функциональные материалы с заранее заданными свойствами и структурой, являются атомы, молекулы, атомные кластеры и частицы, нанопорошки, нанослойные покрытия, нанотрубки и нанотрубки, квантовые ямы, проволоки, точки и др.

В зависимости от предельно достижимой точности, которая обеспечивается рассматриваемыми процессами резания, их делят на традиционные (конвенциональные) – (с размерами от 100 мкм до 5 мкм), прецизионные (от 10 мкм до 0,5 мкм), ультрапрецизионные (до 0,001 мкм). Следующий диапазон для микро- и нанорезания приближается к предельным теоретическим значениям, ограничением которых являются размеры молекул или атомов вещества (0,2-0,3 нм).

Понятие микрообработки предполагает реализацию различных процессов разделения материала режущим лезвием или модификациями этих процессов в микрометрическом диапазоне (от 1 мкм до 999 мкм), слишком малом для обработки традиционным резанием [14].

В отличие от конвенциональных процессов резания микро- и нанообработка ориентирована на новейшие технологии, которые базируются на изменении структуры молекул или материалов в нанометрическом диапазоне. В ряде случаев реальное удаление (съем) материала ограничивается приповерхностным слоем, толщина которого может составлять всего лишь несколько атомов или атомных слоев.

Таким образом, нанорезание относится к диапазону точности, верхней границей которого является нижняя граница микрорезания, а нижней – параметры кристаллической решетки вещества. При этом в нанометрическом диапазоне измеряются параметры сечения срезаемого слоя, уровень качества поверхности (Ra до 5 нм), размеры изделия (до 1 мкм). Приведенные численные значения диапазонов являются достаточно условными, поэтому рекомендуется воспринимать их как ориентировочные.

В соответствии с [15,16], система конвенционального резания (рабочий процесс) представляет собой сложный комплекс взаимозависимых и взаимообусловленных явлений и процессов, которые сопровождают отделение от заготовки срезаемого слоя и формирование новой поверхности: относительное движение заготовки и инструмента, упругие и пластические деформации и разрушение; стружкообразование, трение и адгезия на рабочих поверхностях инструмента; теплообразование и теплоотвод; наростообразование; износ инструмента; физико-химико-механические изменения обрабатываемого и инструментального материалов; электрические, химические, диффузионные и др. процессы. Принципиально важными объектами системы резания являются свойства обрабатываемых и инструментальных материалов, геометрические параметры режущего лезвия, радиус округления режущей кромки (r), параметры срезаемого слоя, технологическая среда.

Системы микро- и нанорезания от конвенциональных отличаются тем, что их составляющими являются нанообъекты, размеры которых (или их элементов), принято измерять в нанометрах в пределах до 100 нм. Речь идет, прежде всего, о конструкционных и инструментальных наноматериалах (наноструктурированных, наноструктурных, нанокристаллических, нанофазных). Эти материалы обладают качественно иными физическими, химическими, механическими, биологическими, функциональными и эксплуатационными характеристиками.

Полному содержанию понятия системы нанорезания соответствует такая, у которой все ее составляющие могут быть отнесены к нанообъектам:

- наноструктурированный конструкционный материал;
- наноструктурированный инструментальный материал;
- наноразмерные геометрические параметры режущего лезвия (например, ρ);
- нанометрические параметры срезаемого слоя (например, a);
- технологическая среда, в том числе содержащая твердые наночастицы (например, нанопорошок алмаза).

Реализация процесса резания в размерном нанодиапазоне обеспечивается чрезвычайно высокой прецизионностью и жесткостью станков, инструмента, высокой точностью относительных перемещений в системе, управлением и измерениями. Любая система нанорезания должна располагать чрезвычайно острыми, как правило, алмазными режущими инструментами, шпинделями на воздушных подушках, пневматическими и гидравлическими направляющими, высоким разрешением регулирования точности подачи, нейтрализацией вибраций, контролем температуры и т.д. Станки устанавливаются на гранитном основании, помещенном на пневмоподвеску. Переключающиеся элементы станка приводятся в движение серводвигателями посредством гидростатических винтов или напрямую посредством линейных двигателей. Шпиндель обычно оснащен аэрозастычками или гидростатическими подшипниками. Новейшие ультрапрецизионные станки имеют четырех или пятикоординатное числовое программное управление с разрешающей способностью менее одного нанометра за один шаг.

Такую систему резания можно рассматривать как идеальную систему первого уровня. На практике такого сочетания нанообъектов в системе резания достигнуть достаточно сложно.

В тоже время значимыми могут оказаться и даже такие сочетания, когда в обычную систему резания входит хотя бы один или несколько нанообъектов.

Как системы нанорезания второго уровня можно рассматривать такие, которые содержат хоть и не полный, но все-таки преобладающий состав нанообъектов. Пример системы нанорезания второго уровня: наноструктурированный обрабатываемый материал, наноструктурированный инструментальный материал, нанометрические параметры срезаемого слоя, нанометрический размер радиуса округления режущей кромки ρ .

К системам нанорезания третьего уровня можно отнести такие, в составе которых нанообъекты присутствуют, но не преобладают. Пример наносистемы третьего уровня: только наноструктурированный обрабатываемый материал и СОТС с наноразмерными добавками; второй вариант – только наноструктурированное покрытие на режущем инструменте, а остальные объекты системы резания – традиционные (конвенциональные).

Эти и другие понятия с приставкой «нано» позволяют идентифицировать нанообъект по геометрическому параметру (толщина пленки, размер кластера, диаметр нанотрубки и т.д.).

Но эту приставку «нано» следует воспринимать как обобщенное отражение объектов исследования, прогнозируемых явлений, эффектов и способов их описания, а не только как характеристики протяженности базового структурного элемента.

Тем не менее для системы нанорезания принципиальное значение имеет именно размерный диапазон параметров нанообъектов и их составляющих. Так, например, при резании инструментом из монокристалла алмаза радиус округления нанолезвия составляет от 2 до 45 нм, а толщина срезаемого слоя – до 1 нм.

Важнейшей предпосылкой реализации процессов микро- и нанорезания является потенциал такого нанообъекта системы резания, как наноструктурированный инструментальный материал (покрытие) на режущей части лезвийных инструментов, на нанопорошках из сверхтвердых и абразивных материалов.

Нанотехнологии получения инструментальных материалов обеспечивают повышение их прочности, твердости, теплопроводности, износостойкости и, как следствие, увеличения скорости резания, производительности обработки, повышение точности и качества обработанной поверхности, а также экономии обрабатываемых материалов. Немаловажным является возможность минимизации и даже полного отказа от применения СОТС, в первую очередь, токсичных.

Дальнейшее развитие процессов микро- и нанорезания стимулируется в большей мере достижениями миниатюризации сложных изделий и производства в целом, разработкой и реализацией нанотехнологий как межотраслевой

области знаний и научно-производственного опыта. На основе анализа атомистических моделей контактного взаимодействия нанообъектов системы нанорезания, методов молекулярной динамики могут быть установлены закономерности процессов локального удаления обрабатываемого материала (на атомно-молекулярном уровне), износа режущих инструментов и конструирования высококачественной физической поверхности.

Переключение внимания исследователей на изучение нанообъектов, явлений и эффектов в нанодиапазоне взаимодействия режущего клина и обрабатываемого материала открывает новые возможности познания этого уникального по сути и сложного по структуре процесса и создания на этой основе фундамента для выявления путей и средств коренного повышения производительности, качества и высокой экономичности микро- и нанотехнологий изготовления сложных изделий.

Список использованных источников: 1. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. Изво: ЭКСМО, 2009, 131с. 2. *Bharat Bhushan (Ed.) – Handbook of Nanotechnology – Springer-Verlag / Berlin Heidelberg, 2010. – 1919 p.* 3. Весткемпер Э. Введение в организацию производства [текст]: учеб. пособие / Весткемпер Э., Декер М., Ендоуби Л., Грабченко А.И., Доброскок В.Л.: пер. с нем.; под общ. ред. А.И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008 – 376 с. 4. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику / Ю.И. Головин. – М: Машиностр., 2007. – 496 с. 5. Грабченко А.И. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие для студ. выс. учеб. заведений / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок, Л.И. Пувань, В.А. Фадеев; под ред. А.И. Грабченко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 396с. На рус. яз. 6. Кобаяси И. Введение в нанотехнологию / перев. с японского, 2-изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 – 134 с. 7. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологий в технике: Учебное пособие. – М.: Изво МГОУ, 2006. – 240 с. 8. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэне: пер. с англ. – М.: Техносфера, 2005 – 336 с. 9. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: Учебное пособие / Б.М. Белоян, А.Г. Колмаков, М.И. Альмов и др. – М. АгроПресс-Дизайн, 2007. – 102 с. 10. Шевченко В.Я. О терминологии: наночастицы, наносистемы, нанокompозиты, нанотехнологии / Микросистемная техника. № 9, 2004. – с. 2-4. 11. Валеев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. / Р.З. Валеев, И.В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 272 с. 12. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с. 13. Азаренков Н.А. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии. / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев и др. – Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. – 209 с. 14. *Davim J. Paulo, Jackson J. Mark – Nano and Micromachining. – ISTE – Wiley, London, 2009. – 312 p.* 15. Клушин М.П. Оптимизация условий резания на технологической операции / М.П. Клушин // Оптимизация технологических процессов механосборочного производства: Сб. докладов Всесоюзной науч.-техн. конф. – М.: Станкин, 1978. – С. 17-23. 16. Мазур М.П. Основы теорії різання матеріалів: підручник [для виш. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залоза, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура – Львів: Новий Світ – 2000, 2010. – 422 с.