УДК 621.45.038.7

А.Ю. АГАРКОВ ; И.М. БОБРОВНИКОВА

**НАНОПОКРЫТИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

***Аннотация.*** *В статье рассмотрены теоретические основы и технологические приемы реализации уникальных свойств применения нанопокрытий в машиностроении. Применение различных наноматериалов и нанопродуктов в самой масштабной отрасли промышленности.*

***Ключевые слова:*** *машиностроение, нанотехнологии, наноматериалы, нанопокрытия, абразивная обработка, стойкость, износостойкость.*

**Введение**

Одной из важнейших составляющих конкурентоспособности продукции машиностроительного комплекса является качество. Сегодня во всем мире качество - главный критерий оценки продукции, работ и услуг.

Для достижения успешного решения сложных высокотехнологичных задач, связанных с фундаментальными и прикладными исследованиями, конструированием, практическим использованием материалов и устройств внедряют нанотехнологические методы обработки.

Нанотехнология - это совокупность методов и приемов структурирования вещества на атомном и молекулярном уровнях с целью производства конечных продуктов с заранее заданной атомной структурой.

Разработка и внедрение нанотехнологий в процесс изготовления деталей машин позволяет подняться на высшую степень наукоёмких и перспективных разработок. Без сомнения, необходимо обращать внимание на развитие таких прикладных направлений, как наномашиностроение, наноэлектроника, наномеханика, создание наноматериалов и др.[1].

**Основная часть**

Применение нанотехнологий в области машиностроения позволят решить ряд задач, таких как:

1. повышение эффективности производства.
2. переход на создание высокотехнологичной продукции

При внедрении в технологический процесс нанотехнологий для контроля измерений и в методах позиционирования достигается адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента.

Например, для получения супергладких ювенильных поверхностей деталей машин необходима наномеханическая абразивная обработка резанием.

Существующие теории абразивной обработки деталей машин не могут быть использования на практике при обработке зеркальных поверхностей, так как связаны с обеспечением опосредованных параметров поверхностного слоя, например минимальной шероховатости, и не касается вопросов достижения заданных эксплуатационных характеристик [3, 6].

Для успешного решения проблем абразивной обработки необходимо найти взаимосвязь эксплуатационных характеристик деталей с технологическими параметрами процессов обработки. Таким образом, появляется возможность управлять и совершенствовать заданные эксплуатационные характеристики.

Характерной особенностью абразивной обработки является то, что эксплуатационные характеристики обрабатываемой поверхности, на пример, отражательная способность, в основном зависят от технологической среды.

Металлы в отличие от стекла химически активны, анизотропны. Применяя абразивную обработку, возможно в значительной степени изменять физико-химические свойства поверхности и тем самым изменять величину работы выхода электрона.

Рисунок Абразивная обработка металла

При внедрении нанотехнологий для измерений и позиционирования возможно обеспечить так называемое адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента непосредственно в ходе технологического процесса. Такие решения позволяют снизить погрешность обработки на несколько порядков.

Для наномеханической абразивной обработки резанием, которая необходима для получения супергладких поверхностей деталей машин, используют инструменты, состоящие из абразивных зёрен. Абразивные инструменты не имеют сплошной режущей кромки - роль играет зернистая структура материала, где каждое зерно выступает в качестве резца.

Абразивные зёрна, объединённые в инструмент, совокупно преобразуют обрабатываемую поверхность режущими краями. Они способны снять тончайшую (в несколько микрон) стружку, сострогать значительную часть поверхности или перерезать изделие. Для достижения супергладких поверхностей могут использоваться алмазные суспензиис размером частиц менее 100 нм.

Абразивные инструменты (шлифовальные круги, бруски, ленты, наждачная бумага) обычно покрыты слоем абразивного материала. Это покрытие может быть разным в зависимости от вида инструмента

**Технология нанесения покрытий** имеет некоторые особенности: изначально, чтобы подготовить абразивный инструмент, например **токарный резец,**  к нанесению покрытия, этот инструмент должен быть очищен ультразвуком и не содержать следов термической обработки. Материал нужно наносить равномерно и необходимо систематизированное движение материала или использовать применение нескольких источников.

Многие методы происходят в условиях повышенных температур, что может повлиять на свойства подложки и растущей плёнки. Из-за высоких технологических температур некоторые методы нанесения нанопокрытия ограничены использованием подложек, свойства которых не меняются при таком нагреве.

****

Рисунок Пластины токарных резцов с нанопокрытием

**Выполнение нанопокрытия** происходит путём плазменного распыления наносимого вещества на подложку в вакуумной камере. На подложку осаждают наночастицы, полученные при испарении мишени в плазме импульсного сильноточного разряда. Мишень формируют из свободно падающего мелкодисперсного порошка, который подают в зону испарения из резервуара, расположенного вне вакуумной камеры.

**Некоторые способы формирования наноструктур**: добавление в состав сплава твёрдой аморфной фазы, приводящее к уменьшению размеров кристаллитов; нанесение многослойных покрытий с перемежающимися нанослоями; - формирование наноструктур методом высокоскоростного распыления мозаичных катодов; - формирование наноструктур методом ионного ассистирования.

Совместная проектная компания «Микробор Нанотех» запустила и продолжает выпускать партии производства режущих инструментов из сверхтвёрдого материала - нанопорошка кубического нитрида бора.

**Использование нанопокрытий**

В настоящее время нанопокрытия активно используются в области машиностроения для улучшения свойств поверхности материалов, таких как коррозийная стойкость и износостойкость. Эти ультратонкие слои разных материалов имеют толщину от нескольких нанометров до нескольких сотен нанометров.

**Некоторые области применения нанопокрытий в машиностроении:**

* Автомобилестроение- для антикоррозионной защиты кузовных деталей и увеличения износостойкости деталей двигателя. Антифрикционные нанопокрытия на поршнях и других движущихся частях позволяют снизить износ и увеличить ресурс двигателя.
* Производство обгонных муфт - нанопокрытия наносятся на поверхность деталей муфт для улучшения их свойств
* Режущие инструменты и детали узлов трения - благодаря высокой твёрдости и износостойкости в сочетании с теплостойкостью наноструктурные покрытия применяют для этих изделий.

**Некоторые методы нанесения нанопокрытий в машиностроении:**

* Физическое осаждение из газовой фазы (PVD) - материал покрытия испаряется в вакууме и его последующее осаждение на защищаемую поверхность. Этот метод обеспечивает высокую чистоту покрытий и точный контроль их толщины на наноуровне.
* Химическое осаждение из газовой фазы (CVD) - нанопокрытия формируются путём химических реакций газообразных прекурсоров на нагретой подложке. Эта технология особенно эффективна для создания керамических и карбидных покрытий.
* Атомно-слоевое осаждение (ALD) - наиболее точная технология создания нанопокрытий, позволяющая контролировать толщину с точностью до одного атомного слоя. Этот метод особенно важен для создания ультратонких барьерных слоёИзображение выглядит как искусство, дизайн

  Автоматически созданное описание

Рисунок Один из разновидностей нанослоя

**Нанопокрытия для металла** очень часто используют в борьбе с коррозией как ультратонкие защитные слои, состоящие из наночастиц размером менее 100 нанометров. Они образуют молекулярный барьер на поверхности металла, предотвращая контакт с внешними агрессивными средами, такими как влага, кислород, соли и химикаты.

Рассмотрим некоторые типы нанопокрытий для защиты металла от коррозии:

Металлические - создаются на основе коррозионностойких металлов и их сплавов. Наиболее распространённые - покрытия на основе цинка, алюминия, никеля и хрома.

Керамические - состоят из оксидов, нитридов, карбидов и других неметаллических соединений. Обеспечивают химическую стойкость и термостабильность, что делает их незаменимыми в агрессивных средах и при высоких температурах.

Нанокомпозитные – это гибридные системы, сочетающие различные типы наноматериалов.Изображение выглядит как вода, капля, Влага, роса

Автоматически созданное описание

Рисунок Изображение металлической поверхности, покрытой нанопокрытием

Например, разрабатываются покрытия на основе сплавов с памятью формы.

Например, NiTi с наноструктурированной морфологией, которые могут обратимо изменять свои механические свойства при

изменении температуры или под воздействием магнитного поля.

**Преимущества и недостатки нанопокрытий.**

Преимущества нанопокрытий в машиностроении широко известны и их тяжело переоценить. Но также известны и некоторые недостатки данной технологии. Это связано с тем, что некоторые покрытия требуют регулярного обновления, т.к. срок службы некоторых видов наноматериалов от 1 года до 10 лет. Также известно, что стоимость наноматериалов и работ по их нанесению значительно выше, чем у традиционных защитных составов. Еще одна важная деталь – не все покрытия совместимы с другими материалами, например силиконами или акриловыми красками, а также известна несовместимость наноматериалов с некоторыми бытовыми средствами, т.к. агрессивные химикаты могут повредить защитный слой.

Таким образом, применение нанопокрытий в машиностроении позволяет решать сложные задачи, связанные с повышением эффективности и надёжности машин и механизмов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Свириденко Д.С., Попов А.П., Комаров Ю.Ю. Нанотехнологические методы обработки деталей машин: монография. - М.: ООО «Издательский дом Центросоюза»

2. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. М., 2006. С.32-45

3. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологии в технике. М.: МГОУ, 2006г., 137с.

4. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М., 2005. С.10-17

5. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития // Под ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса и П.Аливисатоса: Пер.сангл. М.: Мир, 2002. С.54-63.

6. Назаров Ю.Ф., Иванайский А.В., Свириденко Д.С. Нанотехнология абразивной обработки деталей машин. М.: Технология машиностроения, №9, 2009г.

Сведения об авторах

Фамилия, Имя, Отчество Агарков Андрей Юрьевич

Научный руководитель Бобровникова Ирина Михайловна

Учреждение или организация Ливенский филиал ОГУ им. И.С. Тургенева

Ученая степень, ученое звание, должность Студент 2 курса

Адрес Россия, Орловская область, г.Ливны, ул. Мира, 152А

Телефон +7(910)2633038

Электронная почта andrejagarkov482@gmail.com