

верхности, которые находятся в фокусе поля зрения человека перед окружающими объектами, в виде дополнительного виртуального изображения. Впервые примененные в сфере военной авиации такие устройства с каждым днем получают все более широкое распространение в повседневной жизни благодаря основному их преимуществу – минимизации отвлекающих факторов. Классификация таких дисплеев происходит по типу используемого источника излучения, в качестве которого могут выступать ЭЛТ (электронно-лучевые трубки – технология, получившая начало в 1940 годах), современные светодиоды и лазеры [6]. Последние используются в устройствах, которые относятся к категории проекционных или голографических систем, и позволяют реализовать визуальный вывод информации непосредственно на сетчатку глаза с целью дополнения сведений об окружающей обстановке и улучшения восприятия информации.

Расширение номенклатуры искусственных углеродных наноматериалов и их аллотропных модификаций позволило качественно улучшить «твердотельную» микроэлектронику внедрением элементов, которые имеют высокую электропроводность и малую массу, таких как транзисторы, логические вентили и нанопровода. Применение углеродных нанотрубок в дисплеях с электронной эмиссией выведет их на принципиально новый уровень эволюции.

На данный момент наиболее важным является развитие и внедрение в производство технологий самоорганизующихся систем или искусственно организованных процессов, происходящих на атомно-молекулярном уровне, которые откроют доступ к синтезу новых наноструктур и получению объектов нанотехнологий в промышленных, а не единичных масштабах. Решающую роль при этом играет, прежде всего, наличие нужного инструментария, в том числе измерительного.

Дальнейшему развитию нанотехнологий способствует динамический анализ сфер и перспектив их применения, а также обеспечение современной метрологической и инструментальной

базами. Соблюдение этих условий создаст гарантии существования устойчивого рынка нанотехнологий.

Между тем оказывается, что уже более десятка лет человечество широко использует вполне реальные достижения нанотехнологий, присутствующие в сфере производства полупроводниковых приборов и микроэлектроники. Дальнейшая концентрация научных исследований в направлениях развития перспективных наноматериалов, таких как углеродные нанотрубки и серебряная нанопроволока, вскоре позволит вывести технологию промышленного создания дисплеев на уровень микроэлектроники и получить новые принципы формирования изображения.

Литература

1. Шірінян А.С. Актуальні проблеми наноматеріалів і нанотехнологій / А.С. Шірінян, В.А. Макара // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, 2010. – № 2. – С. 223–269.
2. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – С. 58–61.
3. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Правда и вымысел / В. И. Балабанов, И.И. Балабанов. – М. : Эксмо, 2010. – С. 58–64.
4. Capelli R. et al. Organic light-emitting transistors with an efficiency that outperforms the equivalent light-emitting diodes // Nature Materials. – 2010. – № 9. – С. 496–503.
5. Морозов М.А. Современная лазерная дальнометрия / М.А. Морозов, А.В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 20–22 апреля. – Минск, Беларусь. – 2016. – 38 с.
6. Tyagur V.M. Passive optical athermalization of an IR three-lens achromat / V.M. Tyagur, O.K. Kucherenko and A.V. Murav'ev // Journal of Optical Technology. – vol. 81 (4). – 2014. – pp. 199–203.

УДК 621.822.71

КИНЕМАТИКА ШАРИКОВ ПРИ ПОЛИРОВАНИИ МЕЖДУ ДВУМЯ ДИСКАМИ И СОСТАВНЫМ КОЛЬЦОМ

Щетникович К.Г., Окопчук Я.В., Судникович К.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

При традиционном процессе полирования стеклянных шариков их размещают между двумя дисками, в каждом из которых нарезана кольцевая канавка радиусного профиля [1]. Один из дисков связан с приводом вращения и при силовом замыкании инструмента шарики под действием сил

сцепления перекатываются по кольцевой дорожке тороидальной формы. Большая длительность процесса полирования связана с низкой скоростью проскальзывания шариков относительно рабочих поверхностей дисков, так как обработка осуществляется в условиях трения качения. Повы-

свить производительность обработки можно, если шарики при перемещении по кольцевой дорожке будут скользить по ее поверхности, а мгновенная ось вращения будет быстро менять свое положение в пространстве.

Инструмент для полирования шариков 4 (рисунок 1) включает три элемента: нижний 1 и верхний 2 приводные диски и кольцо 3 составной конструкции. Кольцевая дорожка для размещения шариков образована коническими фасками приводных дисков и канавкой V-образного профиля на кольце.

Кольцо базируется на обрабатываемых шариках по двум внутренним коническим поверхностям и после силового замыкания дисков имеет только одну степень свободы – вращение вокруг вертикальной оси дисков. При включении привода шарики перемещаются по кольцевой дорожке контактируя одновременно с четырьмя поверхностями инструмента. Разные условия скорости дисков и различия давления по поверхностям контакта с инструментом вызывает скольжение шариков при перекачивании по кольцевой дорожке и переориентацию в пространстве.

Кинематику шариков рассмотрим при допущениях точечного контакта с инструментом и отсутствия скольжения в наиболее нагруженных точках. Учитывая вес кольца наиболее нагруженными участками на шарике (рисунок 2) будут поверхности контакта с дисками в окрестности точек A и B , а также поверхность контакта с кольцом в окрестности точки C .

Мгновенная ось вращения шарика пройдет через неподвижную точку C на конце и точку P , являющуюся полюсом скоростей \vec{V}_A и \vec{V}_B дисков.

Кольцо базируется на обрабатываемых шариках по двум внутренним коническим поверхностям и после силового замыкания дисков имеет только одну степень свободы – вращение вокруг вертикальной оси дисков. При включении привода шарики перемещаются по кольцевой дорожке контактируя одновременно с четырьмя поверхностями инструмента. Разные условия скорости дисков и различия давления по поверхностям контакта с инструментом вызывает скольжение шариков при перекачивании по кольцевой дорожке и переориентацию в пространстве.

Кинематику шариков рассмотрим при допущениях точечного контакта с инструментом и отсутствия скольжения в наиболее нагруженных точках. Учитывая вес кольца наиболее нагруженными участками на шарике (рисунок 2) будут поверхности контакта с дисками в окрестности точек A и B , а также поверхность контакта с кольцом в окрестности точки C .

Мгновенная ось вращения шарика пройдет через неподвижную точку C на конце и точку P , являющуюся полюсом скоростей \vec{V}_A и \vec{V}_B дисков.

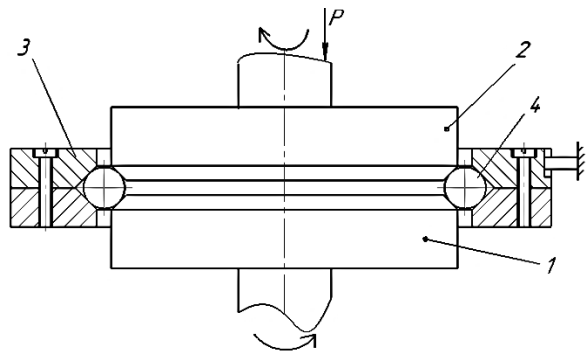


Рисунок 1 – Схема полирования шариков

Вектор $\vec{\omega}$ абсолютной угловой скорости шарика разложим на составляющие вектора переносного движения $\vec{\omega}_e$ и относительного $\vec{\omega}_r$, приходящего через центр шарика O .

При одинаковых углах конических фасок, равных 45° , углом β наклона вектора $\vec{\omega}$ к горизонтالي составит

$$\operatorname{tg} \beta = 1 - \frac{\omega_H}{\omega_H + \omega_B},$$

где ω_H и ω_B – угловые скорости нижнего и верхнего дисков.

Рассмотренная кинематика является доминирующей при движении шарика по кольцевой дорожке. Расчёты показывают, что скорость скольжения шарика в несколько раз превышает величину скорости проскальзывания при обработке в кольцевых канавках радиусного профиля.

Погрешности формы контактирующих поверхностей и вибрации в технологической системе приводят к изменению мгновенного натяга в точках контакта шарика с инструментом.

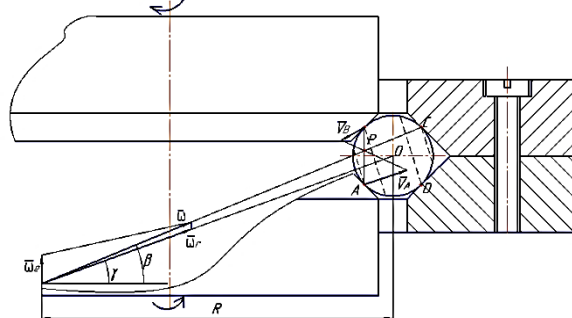


Рисунок 2 – Кинематика шара в зоне обработки

Значение абсолютной угловой скорости шарика находим по известной скорости шарика, например в точке A и расстоянию этой точки до линии действия вектора $\vec{\omega}$:

$$\omega = \frac{\sqrt{2} \cdot R - r}{2r},$$

где R – радиус кольцевой дорожки; r – радиус шарика.

Из геометрических построений можно определить величину положение составляющих векторов $\vec{\omega}_r$ и $\vec{\omega}_e$.

$$\bar{\omega}_r = \omega \cdot \frac{\cos\beta}{\cos\gamma}; \bar{\omega}_e = \omega \cdot \frac{\sin(\beta - \gamma)}{\cos\gamma},$$

где γ – угол наклона вектора $\bar{\omega}_r$ к горизонтали.

След на поверхности шарика от контакта с инструментом представляет собой окружности, лежащие в плоскостях, перпендикулярных вектору $\bar{\omega}_r$, (на рисунке 2 они показаны пунктирной линией).

Скорость скольжения шарика в точке D зависит от его угловой скорости и расстояния до мгновенной оси вращения

$$V_D = \sqrt{2} \cdot \bar{\omega}_r \cdot \cos\beta.$$

Например, если в данный момент давление инструмента на шарик минимально в точке C, то мгновенная ось вращения шарика пройдет через точки D и P. Это приводит к перемещению следов обработки по поверхности шарика, обес-

печивая равномерность обработки сферы. При интенсивном скольжении шарика происходит быстрое взаимная приработка контактирующей поверхностей. Площадь контакта шариков с инструментом увеличивается, способствуя повышению точности обработки и качества поверхности. В процессе шлифования кольцо самоустанавливается соосно приводным дискам в плоскости перпендикулярной их оси вращения и при этом не требуется каких-либо направляющих элементов, усложняющий конструкцию инструмента. Высокая точность расположения рабочих поверхностей инструмента позволяет достигнуть высокой точности полирования шарика.

Литература

Справочник технолога-оптика / М.А. Окатов и др; под ред. М.А. Окатова – СПб. : Политехника, 2004. – 678 с.

УДК 621.892

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ ЗАКАЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Оцпа М.

Зеленогурский университет, Зелена Гура, Польша

Точение закаленных материалов принципиально отличается от процесса точения материалов в состоянии поставки, прежде всего из-за значительно более высокой твердости (выше 45 HRC). Используемые величины подачи f , как и глубины резания a_p подчиняются значительному ограничению с точки зрения более высоких, чем в случае традиционного точения, сил резания [1]. В отличие от точения «мягких» материалов, обработка материалов в закаленном состоянии характеризуется обычно отрицательным передним углом, изменяющим значения суммарных сил резания и вызывающим в поверхностном слое обрабатываемой детали более значительные сжимающие напряжения.

Точение закаленных материалов чаще всего производят без использования СОЖ, что ведёт к образованию очень высоких температур в зоне резания. В результате могут возникнуть тепловые повреждения обработанных поверхностей, например в виде микротрещин, а также образования в поверхностном слое так называемых «белых слоёв», отрицательно влияющих на эксплуатационные свойства. Белые слои являются зонами высокой твердости (выше 1000 HV), а также очень большой хрупкости [2, 3].

Режущие инструменты, используемые для точения закаленных материалов, с точки зрения особенностей процесса резания, должны характеризоваться прочностью, соответствующей очень большим механическим нагрузкам и высо-

кой температуре. Наибольшее практическое использование нашел поликристаллический кубический нитрид бора (PCBN), который является вторым материалом после алмаза по твердости. Кубический нитрид бора имеет высокую химическую стабильность, согласно [4] даже при температурах, превышающих 1000°C, практически не растворяется в железе. PCBN имеет ударную вязкость и высокую прочность на термический шок. Дополнительно, его высокая твердость при повышенных температурах позволяет на реализацию процесса при высоких скоростях резания, чаще всего в диапазоне 90–300 м/мин [4, 5].

В работе [4] было исследовано влияние микроструктуры материала на износ режущего материала после точения сталей X155CrMoV12, 100Cr6, X38CrMoV5 и 35NiCrMo16, упрочненных до твердости 54 HRC. Результаты исследований зарегистрировали наибольший износ режущих инструментов при обработке сталей, имеющих в своей структуре значительное количество карбидов, вызывающих абразивное изнашивание материала инструмента.

В ряде исследований можно найти также другие выводы. В работе [6] было установлено, что адгезионный износ должен быть рассмотрен как преобладающий в каждом случае точения упрочненных сталей инструментами из PCBN.

Целью данных исследований был сравнительный анализ режущих инструментов из PCBN покрытых нитридом титана TiN при финишном