

тивных компонентов и условий определения составляла для цинка и кадмия 0,31–0,38 В, между пиками кадмия и свинца – 0,19–0,27 В. Стадия регенерации и очистки РГЭ с окислением ртути происходила при более электроположительных потенциалах и не оказывала влияния на раздельное определение ИТМ.

Проведенные определения микропримесей цинка, свинца, меди и кадмия в водопроводной воде и модельных растворах сточных вод, характеризующихся сложным составом, с использованием разработанного комплекса и режимов измерений, могут свидетельствовать о возможности эффективного инверсионно-вольтамперометрического определения указанных примесей в водах с приемлемой погрешностью.

УДК 528.711

Рябцев Р.Л.

ОСОБЕННОСТИ ФИНИШНОЙ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Федорцев В.А.

Использования в приборостроении традиционных методов финишной обработки высокоточных линз, керамики и полупроводниковых пластин являются очень дорогими и трудоемкими. Основным препятствием в изготовлении высококачественных точных линз является, как правило, то, что они изготовлены из хрупких материалов, таких как стекло, которое может треснуть во время обработки. Даже одна микротрещина может существенно снизить качество объектива и сделать его абсолютно непригодным для дальнейшего использования.

Обработку линз можно разделить на два этапа: шлифование и отделочная обработка. С помощью шлифования осуществляется получение линзы нужного размера, а в

процессе отделочной обработки удаляются трещины и другие мелкие дефекты поверхности. Обычно производители осуществляют шлифование линз вручную, что делает этот процесс достаточно трудоемким. Возможно, основным недостатком ручного шлифования и отделочной обработки является то, что эти процессы не автоматизированы. Для преодоления этих трудностей Центром Производства Оптики (Рочестер, штат Нью-Йорк) была разработана технология для автоматизации отделочной обработки линз, известная как магнитореологическая обработка (МРО).

Процесс МРО опирается на уникальные «умные» жидкости, известные как магнитореологические (МР) жидкости. МР-жидкости – это суспензии микронных размеров намагниченных частиц, таких как карбонильное железо, диспергированные в немагнитных средах, таких как силиконовое масло, минеральные масла, вода. В отсутствие магнитного поля идеальные МР-жидкости находятся в состоянии покоя. С применением внешнего магнитного поля наблюдается феномен, называемый Магнитореологическим эффектом (рисунок 1).

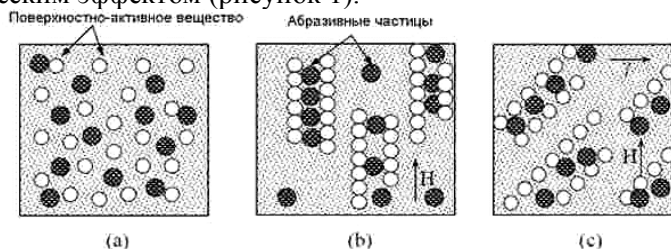


Рисунок 1 – Магнитореологический эффект

На рисунке 1а представлено случайное распределение частиц в отсутствие внешнего магнитного поля; на рисунке 1б под воздействием магнитного поля частицы намагничиваются и выстраиваются в цепочки. Частицы приобретают дипольные моменты, пропорциональные напряженности магнитного поля. И когда дипольное взаимодействие между частицами превышает значение показателя их тепловой

энергии, частицы выравниваются в цепочки диполей, которые ориентированны по направлению действия магнитного поля. На рисунке 1с показано положение, приобретаемое частицами, в следствии действия напряженности магнитного поля и напряжений сдвига γ . Реологически, поведение МР-жидкости под действием магнитного поля описывается пластической моделью Бингмана:

$$\tau = \tau_0 + \eta\dot{\gamma}$$

где τ – напряжения сдвига в жидкости, τ_0 – напряжения сдвига, генерируемые действием магнитного поля; η – динамическая вязкость жидкости и $\dot{\gamma}$ – интенсивность сдвига [s^{-1}].

Динамическая вязкость в основном зависит от типа жидкости. Величина τ_0 зависит от напряженности магнитного поля, H . Силы, действующие в жидкости (например напряжения сдвига), возрастают с увеличением сил магнитного поля. Однако это увеличение не является линейным, так как частицы являются ферромагнитными и значение показателя намагниченности различных частиц может колебаться. Давление, создаваемое МР-жидкостями на поверхности линзы, могут варьироваться в пределах 50..100 кПа, для создания такого давления напряженность магнитного поля должна изменяться в диапазоне 150..250 кА/м (~2-3 кОе). Максимальная напряженность магнитного поля ограничена значением магнитной проницаемости МР-жидкости.

Благодаря возможности управления реологическими свойствами путем изменения силы тока, МР-жидкости получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. МР-жидкости используются в амортизаторах и различных демпфирующих устройствах, муфтах, тормозах, приводах, также данные жидкости применяются при обработке эндопротезов. Параметры обработки могут регулироваться путем изменения силы и направления магнитного поля, действующего на жидкость. Стандартные МР-жидкости эффективны для финишной обработки оптических

стекло, керамики, пластмасс и некоторых немагнитных металлов. Исходя из схемы процесса магнитореологической обработки, приведенной на рисунке 2, выпуклые, вогнутые или плоские заготовки помещаются над опорной поверхностью. Согласно рисунку 3, слой МР-жидкости расположен на внешней части вращающегося диска.

Под воздействием магнитного поля в рабочем зазоре происходит ориентирование абразивных частиц в МР-жидкости и осуществляется формирование зоны обработки. Устранение микронеровностей и дефектов поверхности происходит благодаря повороту линзы в зоне обработки относительно своей оси с постоянной скоростью.

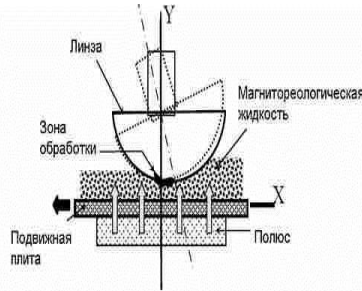


Рисунок 2 – Схема магнитореологической обработки

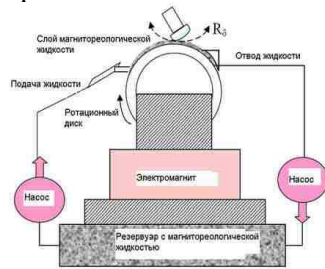


Рисунок 3 – Вертикальная установка для магнитореологической обработки

Удаление материала происходит за счет создания МР-жидкостью напряжений сдвига на обрабатываемой поверхности. Автоматизация отделочной обработки плоских, цилиндрических и шаровых поверхностей может быть осуществлена за счет контроля процесса обработки с помощью ЭВМ.

Отделочная обработка поверхностей с помощью МР-жидкостей имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами финишной обработки, в частности силы резания регулируются с помощью магнитного поля; жидкость удаляет тепло и стружку из зоны обработки; силы, действующие на обрабатываемую поверхность, имеют

значительно меньшие значения, чем при шлифовании кругом; МР-жидкость автоматически приспосабливается к форме обрабатываемой поверхности, копируя ее.

Управляемый с помощью ЭВМ, магнито реологический процесс позволил производить обработку поверхности с точностью 10..100 нм, и снял многие ограничения, присущие обычным видам финишной обработки [1]. Уникальные характеристики данного метода, сделали его наиболее эффективным при отделочной обработке оптики, входящей в состав приборов навигации, медицинского оборудования, военной техники (прибор ночного видения, инфракрасный бинокль и т.п.) и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kordonski, W.I. Magnetorheological finishing / W.I. Kordonski // International Journal of modern physics B, Vol. 10, 1996.
2. Furst, E.M. Micromechanics of Magnetorheological Suspensions . E.M. Furst // Physical Review E. – Vol. 61, № 6. – 2000. – P. 6732–6739.
3. Kordonski, W. Static Yield Stress in Magnetorheological Fluid / W. Kordonski // Int. J. of Modern Physics B, Vol. 15, Nos. 6 & 7, 2001. – P. 1078-1084.

УДК 621.5

Сергеева А.Г.

ВЛИЯНИЕ ИОННОГО АССИСТИРОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Бабук В.В.

Одной из важнейших проблем вакуумной технологии оптических покрытий является повышение эксплуатационных характеристик, в том числе механической прочности получаемых пленок. В последние годы рядом авторов показано, что бомбардировка растущей пленки ионами (или нейтральными молекулами) инертного или реактив-