

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА

Артем Александрович Гисс

Студент 5 курса

кафедра «Инструментальная техника и технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: М.А. Шавва,

инженер – конструктор, ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»

Твердотельный волновой гироскоп (ТВГ) относится к классу вибрационных гироскопов. ТВГ содержит чувствительный элемент в виде полусферического резонатора, в котором возбуждаются изгибные колебания. При вращении основания вокруг оси симметрии полусферической поверхности резонатора стоячая волна, возбужденная в резонаторе, начинает поворачиваться как относительно резонатора, так и относительно инерциального пространства, то есть после поворота резонатора стоячая волна будет располагаться под углом к первоначальной оси возбуждения. Зная угол поворота волны относительно полусферического резонатора, можно рассчитать угол поворота основания. Данный принцип может быть использован в измерителях угловой скорости (датчиках скорости) или угла поворота (датчиках положения) [1, 2].

ТВГ предназначен для применения в системах навигации движущихся объектов, в системах управления наземной, морской, авиационной, ракетно-космической техникой [3].

Получение ТВГ высокой точности возможно, если его чувствительный элемент - полусферический резонатор - имеет высокую добротность и изотропность [4]. Для достижения этих показателей резонатор изготавливают из таких материалов как кварцевое стекло или сапфир [5]. В данной работе рассматривается инструмент и технология обработки полусферического резонатора и основания из кварцевого стекла марки КУ1.

Кварцевое стекло – хрупкий твердый материал, поэтому его механическая обработка сопряжена с рядом трудностей: образование трещин и сколов на обрабатываемой поверхности, необходимость использования специального режущего инструмента, введение дополнительных технологических переходов для достижения оптического качества поверхности (полирование, химическое травление и т.д.).

Для получения необходимого уровня добротности уменьшают все факторы, приводящие к рассеянию энергии упругих колебаний, в том числе и потери в поверхностном слое полусферического резонатора. Для изготовления кварцевого полусферического резонатора используют различные способы механической обработки: алмазное точение, алмазное шлифование, полирование. Метод алмазного точения, широко применяемый на современном производстве, обеспечивает необходимую добротность системы ТВГ, но требует ввода дополнительных операций шлифования, полирования и термообработки, что увеличивает общую трудоемкость [6]. Кроме того, после алмазного точения остается глубокий трещиноватый (поврежденный) слой, влияющий на качество работы ТВГ.

Для изготовления кварцевого полусферического резонатора предлагается использовать алмазное шлифование специальным инструментом со сверхтвёрдым гальваническим покрытием в качестве связки. Гальваническое покрытие обеспечивает повышенную жесткость системы покрытие-зерно. Минимальный размерный износ шлифовального круга достигается за счет прочной адгезии покрытия с материалом основания инструмента на межкристаллитном уровне.

Качество гальванического покрытия, полученного путём создания межслойных электрохимических сплавов, позволяет создать высокую твёрдость, износостойкость,

жаропрочность, коррозионную стойкость и гарантирует эксплуатацию инструмента до полного износа монокристаллов.

Разработана конструкция профильного алмазного шлифовального инструмента для черновой, получистовой и чистовой обработки внутренней и наружной поверхности полусферического резонатора. Параметры инструмента приведены в Таблице 1. Глубина резания, реализуемая для каждого вида обработки, назначается исходя из условия максимального вылета абразивного зерна из связки [7, 8].

За счет использования алмазных кругов различной зернистости и назначения глубины резания по данному условию возможно минимизировать трещиноватый (поврежденный) слой обработанной поверхности [9].

Таблица 1. Соотношение характеристик используемого режущего инструмента и качества обработанной поверхности

№	Вид обработки	Зернистость, мкм	Шероховатость Rz, мкм	Глубина резания t, мкм	Трещиноватый слой, мкм
1	Черновая обработка	125/100	5,0-5,6	22	60
2	Получистовая обработка	50/40	1,0-1,6	9	27
3	Чистовая обработка	2/3	0,12-0,08	0,5	1,5

На данный этап работы разработан режущий инструмент и оснастка, выбрано оборудование для алмазного шлифования полусферического резонатора ТВГ.

На последующем этапе планируется разработать операционную технологию и произвести механообработку кварцевого полусферического резонатора и корпуса ТВГ разработанным инструментом на базе предприятия ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ».

Литература

1. Матвеев В. А., Липатников В. И., Алехин А. В. Проектирование волнового твердотельного гироскопа. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. — 168 с.
2. Меркурьев И.В., Подалков В.В. Динамика микромеханического и волнового твердотельного гироскопов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 228 с.
3. Матвеев В.А., Лунин Б.С., Басараб М.А. Навигационные системы на волновых твердотельных гироскопах / – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 240 с.
4. Астахов С.В., Меркурьев И.В., Подалков В.В. Влияние нелинейных упругих свойств резонатора на динамику волнового твердотельного гироскопа. - Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011, № 4 (2), с. 47–49.
5. Климов Д.М. Механика и новые технологии. – Вестник Российской Академии Наук. Т.69, №12, 1999.
6. Лунин Б.С., Торбин С.Н. Влияние напряжений в кварцевом стекле на внутреннее трение. – Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. - 2003. Т. 44. № 2.
7. Shavva M.A., Lapshin V.V., Grubyy S.V. Processing of brittle materials in the nanometer range of thickness of layers cut. - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 91 (2015) 012062.
8. Боровский Г.В., Шавва М.А., Захаревич Е.М., Грубый С.В., Маслов Р.А. Ультрапрецизионная обработка хрупких оптических материалов. - Научно-технический и производственный журнал «Вестник машиностроения», 2015, №9, с. 6-9.
9. Ioan D. Marinescu, Hans K. Tonshoff, Inasaki I. Handbook of Ceramic Grinding and Polishing. - Library of Congress Catalog Card Number: 98-17520 ISBN: 0-8155-1424-7.