

Результаты самокомпенсации кругломера Mahrform MMQ200

К. Епифанцев, к. т. н.¹

УДК 744.42 | ВАК 2.2.4.

В процессе калибровки измерительных приборов у производителей и у центров стандартизации и метрологии возникает необходимость расширения эталонной базы с целью увеличить количество прямых измерений и уменьшить количество косвенных измерений. Это позволяет более точным образом определить погрешности прибора. В статье рассмотрен вопрос создания эталона осевого биения для кругломера. В качестве испытуемой машины был принят кругломер Mahrform MMQ200, эталоном служила цилиндрическая ступенчатая деталь, на одной из сторон которой с помощью мастики последовательно были зафиксированы увеличивающиеся пригрузки. Данные пригрузки искусственно нарушали баланс детали, создавая биение. При этом были произведены замеры коэффициентов центрирования-выравнивания, чтобы выяснить, влияет ли пригруз детали на компенсацию на столе прибора с противоположной грузу стороне.

Процесс самокалибровки в приборах происходит путем введения коэффициентов компенсации за счет аддитивных или мультипликативных поправок при выявлении отклонения измерений эталонного значения от положенного (эталонного, идеального). При этом поправка может вводиться каждый раз перед началом рабочего процесса, чтобы уменьшить несоответствие по точности. В кругломерах поправка вводится на каждую деталь, процесс введения поправки на каждую деталь занимает значительное время, уменьшая количество контролируемых деталей в смену. На кругломерах даже современного цифрового типа процесс поправок неоправданно продолжителен (до 7 мин на 1 деталь), в отличие от других приборов, где поправка вводится единожды в начале рабочего дня и распространяется на всю партию деталей в течение смены оператора поста контроля качества. При этом метод введения поправки в приборно-математической модели является ноу-хау многих производителей и именно он является особенностью при производстве высокоточных приборов данного типа. Данный вопрос рассмотрен в тезисах.

ГОСТ 53442-2015 [1, 4] является важным документом, позволяющим убедиться, какое разнообразие условно-графических обозначений в настоящее время используется при контроле качества в стандартах ISO, данный стандарт является лидером в области самого большого количества нововведений. Первая часть ГОСТа посвящена дефектам формы, их обозначению и контролю. Дефекты формы могут быть измерены кругломерами, лидерами по производству данных машин являются фирмы Mahr и Mitytojo [3].



Рис. 1. Вид детали на кругломере без пригруза (слева) и с пригрузом (справа)

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, доцент.



Рис. 2. Набор эталонных гирь (слева) и схематичное представление осей кругломера и расположения экспериментальной детали с грузом (справа)

Для выявления введения компенсационных поправок на кругломер Mahrform MMQ200 была установлена ступенчатая цилиндрическая деталь из дюралюминия, которая была отцентрована сначала без пригруза, затем с дополнительным грузом, который искусственно симулировал торцевое биение детали, создавая определенное плечо на верхней ступени исследуемого вала (рис. 1, 2).

Пригрузки являлись эталонными гирьками из набора стандартных мер для весов чашечных, фиксация осуществлялась на промышленную мастику (см. рис. 2).

Процесс центрирования детали (введения поправок) сводился к анализу наклона столика прибора с деталью по четырем осям и включал в себя введение поправок

после прокручивания столика с деталью для достижения оптимального уровня для начала работы (рис. 2). Для контроля эксперимента результаты были зафиксированы на ПК. Рассмотрим, как поменялась круглограмма до и после наклеивания пригруза (рис. 3). Суммарно результаты при установке одного и того же груза весом 27,94 г на разных осях представлены ниже, на рис. 4.

Также в процессе проведения измерения была последовательно увеличена масса пригрузов от самого небольшого до самого большого. Усилие, приложенное оператором при приклеивании мастики, было

одинаковым, подвод осей Z и Y кругломера Mahr был моторизован, что исключало возможность возникновения усилия, которое могло задать дельту относительно первой фиксации детали и последующей, качения, ослабления и люфта относительно первого закрепления в трехкулачковом патроне. Данные представлены ниже, на рис. 5.

Как с математической точки зрения объяснить действие кругломера? В исследовании [2] описывается новый подход к моделированию пространственных допусков, основанный на применении конфигурационных пространств, описываемых с помощью кватернионов. Зависимость измерения на равнопротивоположных осях грузов представлена на рис. 6.

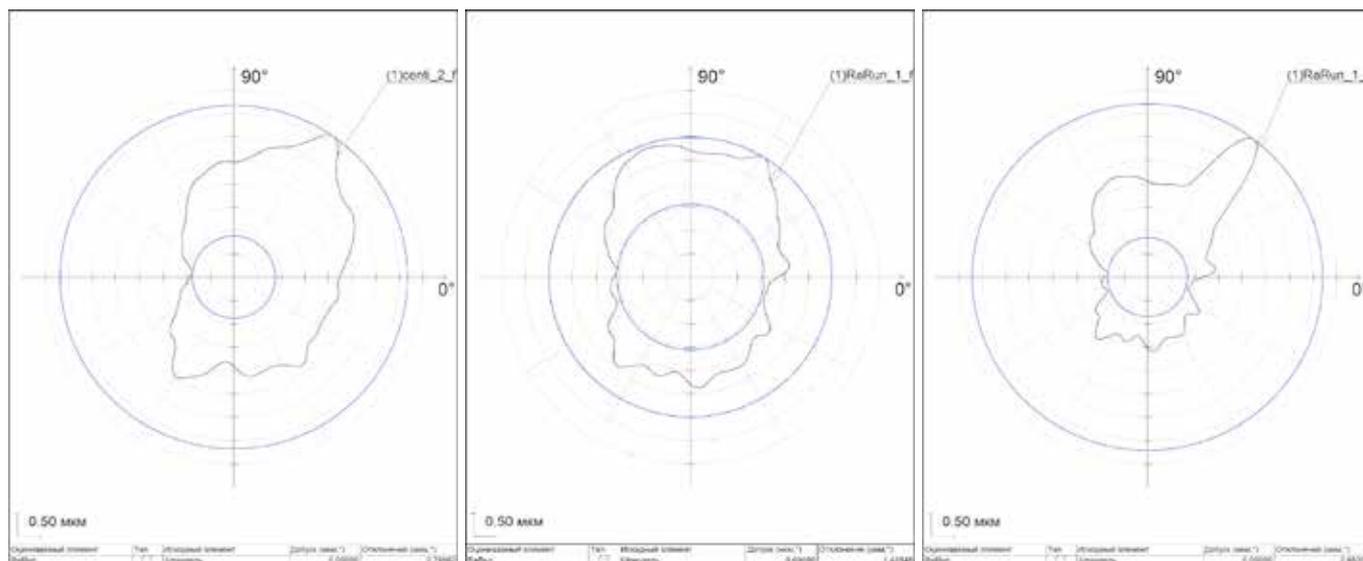


Рис. 3. Круглограмма до прикрепленного груза (слева) и после наклеивания груза в 20 мкг (в центре), справа - после наклеивания груза в 500 мкг

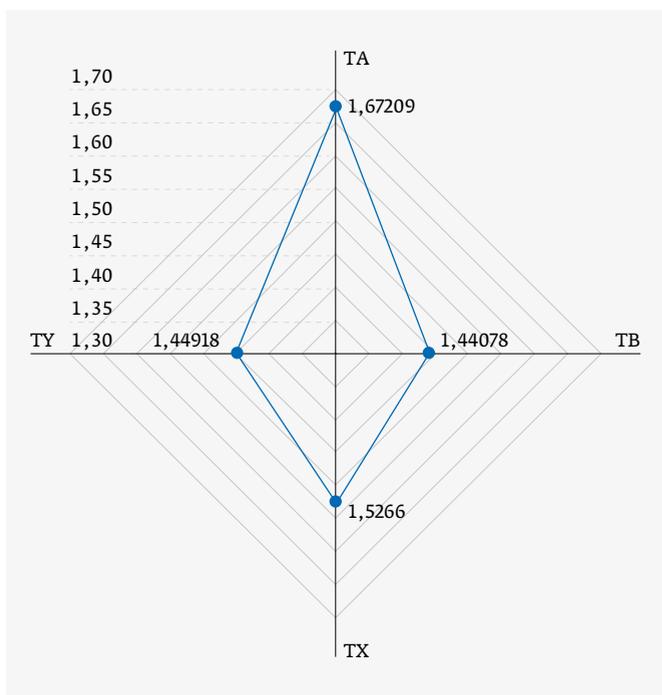


Рис. 4. Графически выведенная зависимость биения от пригруза 27,94 г на осях, мкм

Также в процессе проведения эксперимента суммарно наблюдалось изменение биения – на 54,3% с 1,52 мкм до начала эксперимента и до 2,8 мкм после приклеивания подвеса.

Процессы формирования кватернионов могут быть приняты в основу математического аппарата программного обеспечения приборов для контроля геометрических

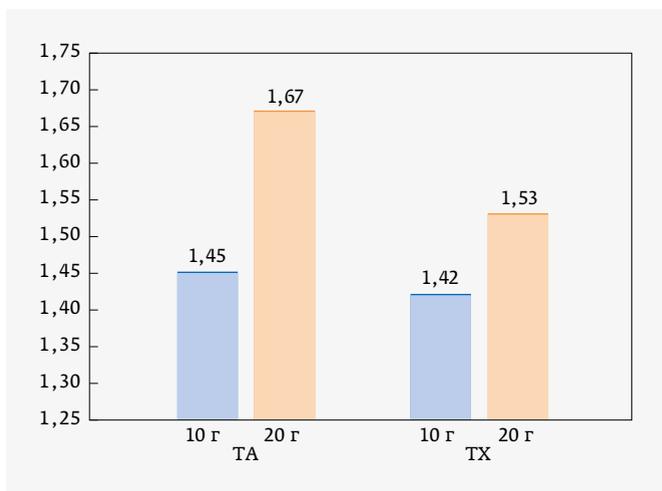


Рис. 6. Зависимость измерения на равнопротивоположных осях грузов

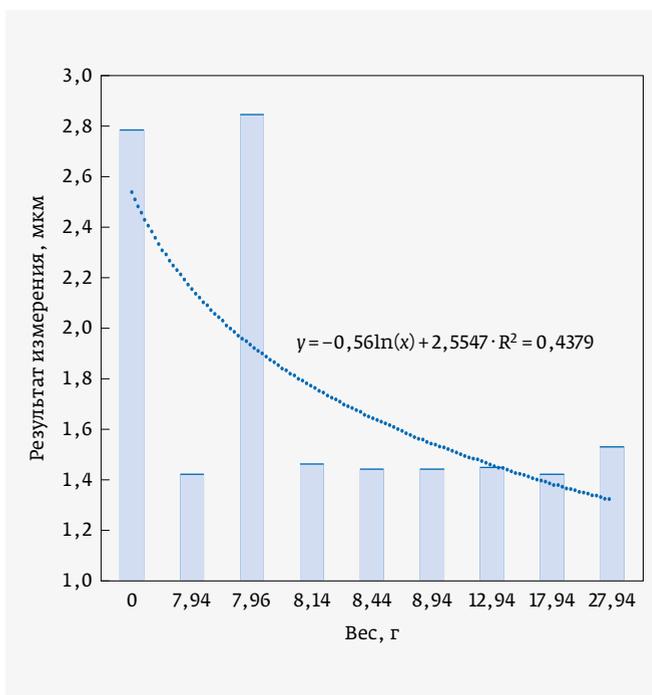


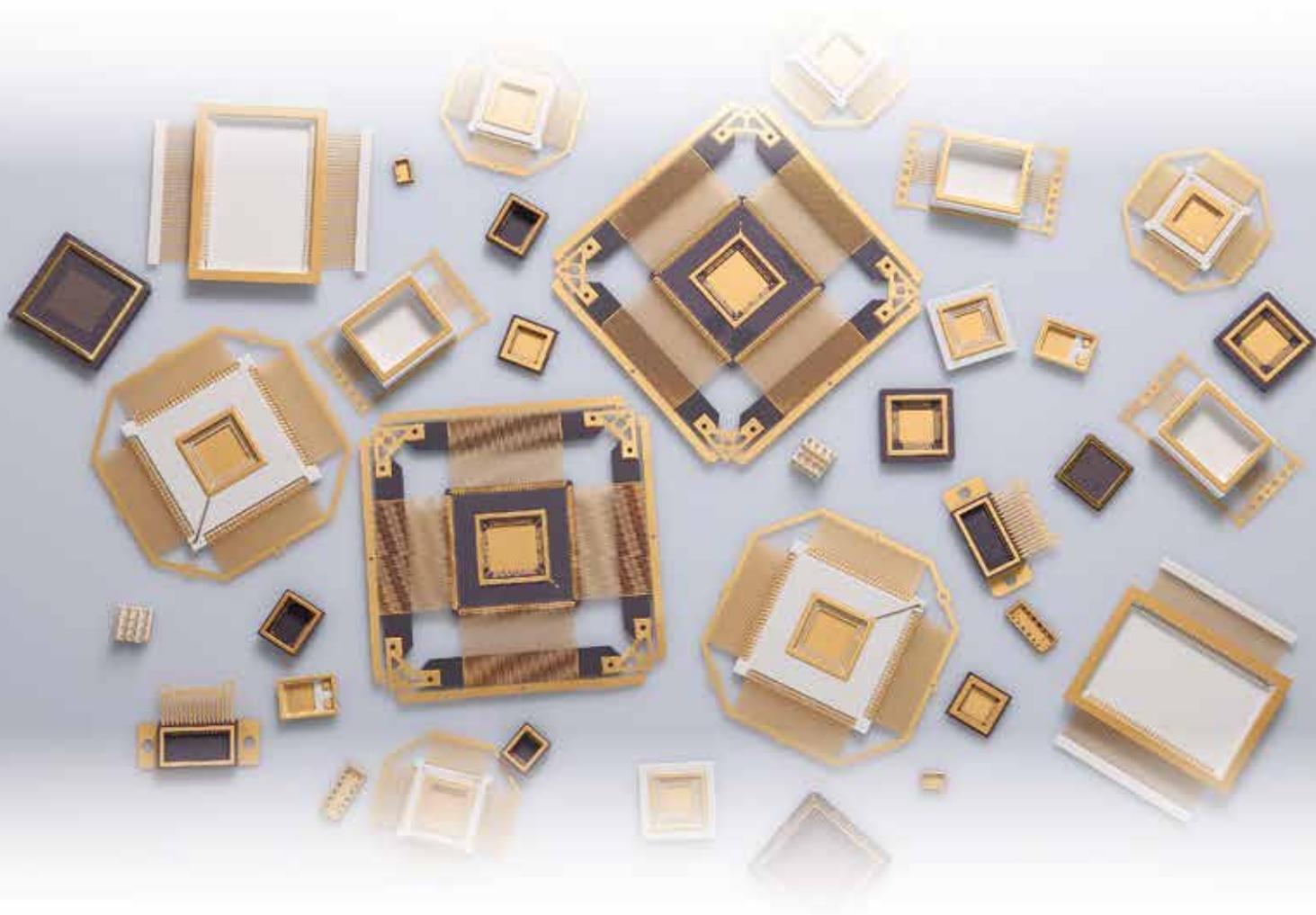
Рис. 5. Зависимость результата биения от увеличения массы грузов

параметров как основные наряду с уже существующими в программном обеспечении фильтрами Гаусса, формированием финального протокола через кардиоиду.

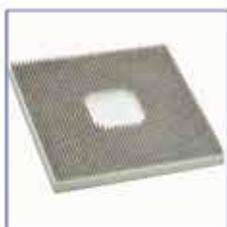
Автор выражает благодарность за оказанную помощь при проведении экспериментов к.т.н., старшему научному сотруднику отдела геометрических измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» Андрею Андреевичу Москалеву.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. М.: Стандартинформ, 2015.
2. Гаер М. А. Разработка и исследование геометрических моделей пространственных допусков сборок с использованием кватернионов. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. Иркутск, 2005.
3. Гущина Е. А., Епифанцев К. В., Ефремов Н. Ю. Цифровая метрология: учеб.-метод. пособие. СПб: ГУАП, 2022. 104 с.
4. Епифанцев К. В. Интерпретации системы координирующих размеров и размерных элементов в конструкторской документации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23. № 6 (104). С. 52–55.



Выводные рамки



Металлокерамические
корпуса



Нагревательные
элементы



Контактные
устройства



Графитовая
оснастка



Оптоэлектронные
корпуса

