

выбранное значение доверительной вероятности (например, $P = 0,95$).

В раздел, представляющий условия измерений включают перечень влияющих величин (номинальных значений и отклонений или границ диапазонов допустимых значений), а также другие характеристики влияющих величин. К числу влияющих величин относят параметры сред (образцов), напряжение и частоту тока питания средств измерений, внутренние импедансы объектов измерений и другие характеристики. При необходимости указывают предельные скорости изменений или другие характеристики влияющих величин, а также ограничения на продолжительность измерений, число параллельных определений и другие данные.

Раздел, описывающий выполнение обработки и вычислений результатов измерений, может быть ограничен фразой "Обработку результатов измерений не выполняют".

В случае необходимости обработки (вычисления) результатов измерений, например при косвенных измерениях или измерениях с многократными наблюдениями, в раздел включают описания способов обработки и получения результатов измерений. Если способы обработки

результатов измерений установлены в других документах, в разделе приводят ссылки на эти документы, например: "Обработка результатов измерений (далее наименование измеряемой величины) – по ГОСТ 8.207".

Раздел МВИ, устанавливающий нормативы, процедуру и периодичность контроля погрешности результатов выполняемых измерений фактически должен регламентировать метрологическую аттестацию МВИ.

В стандарте также сказано, что аттестация и стандартизация МВИ могут выполняться как самостоятельные работы, в подобном случае можно сослаться на соответствующий документ.

Если ситуация может быть разрешена тривиальными способами, то в МВИ включают раздел "Контроль погрешности результатов измерений", который содержит указания о нормативах, методах, средствах и плане проведения первичного и периодического контроля погрешности результатов измерений, выполняемых по данной МВИ.

Рассмотренные вопросы свидетельствуют о недостаточно корректной проработке нормативного документа и, как следствие, о необходимости привлечения к разработке МВИ высококвалифицированных метрологов.

УДК 531.15-045.08

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Макаревич В.Б., Головчик Н.И.

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»
Минск, Республика Беларусь*

Более двух третей деталей машин и механизмов являются телами вращения, и именно эти детали используются в наиболее ответственных узлах и соединениях, от работы которых решающим образом зависит качество машины в целом.

Точность формы сопряженных поверхностей деталей в сборочных единицах машин определяет условия контакта трущихся тел и контактные силы под действием эксплуатационных нагрузок, интенсивность износа и изменение выходных параметров во времени, а также эксплуатационные показатели - КПД, шум, вибрации и долговечность.

Например, очень жесткие требования предъявляются к отклонениям формы цилиндров двигателей. Уменьшение в два раза отклонений формы шеек коленчатых валов двигателей повышает срок службы вкладышей подшипников в четыре раза.

Отклонение от круглости шариков диаметром 8 мм, равное 0,5 мкм вызывает в подшипнике качения шум на 15-20 дБ больший, чем шум при отклонении от круглости шариков 0,12 мкм.

Основные термины и определения, относящиеся к отклонениям и допускам формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов, устанавливает ГОСТ 24642-81 «Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения».

При анализе точности формы и расположения поверхностей различают:

- реальные профили, поверхности, реальное расположение поверхностей, которые образуются в результате изготовления деталей на станках;
- номинальные профили, поверхности, номинальное расположение поверхностей, заданные на чертеже.

В основу нормирования отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, профилей, плоскостей, поверхностей, прилегающих цилиндра и окружности.

Прилегающей называется прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка

имело минимальное значение. Это понятие относится и к прилегающему профилю, и к прилегающей плоскости.

Прилегающим цилиндром называется цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность. Это понятие относится также и к прилегающей окружности.

В соответствии с ГОСТ 24642-81 к отклонениям формы поверхностей вращения относятся:

- отклонение от прямолинейности оси в пространстве и в заданном направлении;
- отклонение от круглости;
- отклонение от цилиндричности;
- отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности.

К отклонениям расположения относятся:

- отклонение от параллельности;
- отклонение от перпендикулярности;
- отклонение наклона;
- отклонение от соосности;
- отклонение от симметричности;
- позиционное отклонение.

К суммарным допускам формы и расположения относятся:

- радиальное биение и полное радиальное биение;
- торцовое биение и полное торцовое биение.

Приборы для измерения параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения называются кругломерами. Они подразделяются на два вида:

- с вращающимся измерительным щупом;
- с вращающимся столом.

Наиболее эффективными на сегодняшний день приборами для измерения параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения являются кругломеры с вращающимся столом. Они обеспечивают более широкие метрологические возможности (легче сочетать проверку отклонений от круглости с контролем взаимного расположения различных сечений и поверхностей детали), обладают уникальной гибкостью для проведения измерений широкого круга деталей, высокой скоростью и точностью измерения, а также мощным математическим обеспечением.

В кругломерах подобного типа реализован метод измерений отклонений радиус-вектора исследуемой поверхности вращения, основанный на использовании прецизионного вращения поворотного стола. Сущность метода заключается в том, что создается независимая от измеряемой поверхности система, имеющая одну степень свободы – вращение. Траектория любой точки вращающегося элемента может быть принята за

эталонную окружность. Для сопоставления профиля измеряемой поверхности с этой окружностью деталь центрируют относительно оси вращения поворотного стола и сканируют контактным методом. Измерительная информация выдается в виде круглограммы в полярной или прямоугольной системе координат или трехмерной модели.

Основным узлом кругломера является вращающийся стол. В современных кругломерах вращающийся стол выполнен на воздушных подшипниках. При применении воздушных подшипников механический контакт частей, определяющий погрешность стола отсутствует, соответственно нет и износа. Воздух для работы подшипников должен быть тщательно высушен и отфильтрован. Максимальный размер частиц не должен превышать 5 мкм.

Для определения радиальной и осевой погрешности служат меры круглости - стеклянная полусфера в металлической оправе.

Индуктивный датчик может перемещаться по координатным осям X и Z. Поверхность колонны служит базой для прямолинейного вертикального перемещения датчика, поверхность радиального рычага – для прямолинейного горизонтального перемещения датчика.

Область применения кругломеров с вращающимся столом ограничена весом измеряемой детали.

Для анализа измеренных данных служит гармонический анализ. Гармонический анализ позволяет представить реальную поверхность в виде наложенных друг на друга геометрических фигур, и тем самым установить какая из них лежит в основе ее образования. Таким образом, может быть определено направление поиска технологических причин, приводящих к образованию отклонений геометрической формы поверхности.

В результате проведенных исследований состава, технического уровня и наилучших метрологических возможностей национальных метрологических институтов в области измерения параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения для создания эталона был выбран кругломер фирмы «Taylor Hobson®» (Англия). Аналогичными кругломерами оснащены метрологические институты Англии, России, Польши, Словакии, Украины, а фирма «Taylor Hobson®» является ведущей в мире по производству приборов для измерений отклонений формы и расположений поверхностей.

Геометрия поверхности детали характеризуется тремя элементами: размером, шероховатостью поверхности и формой.

В настоящее время в БелГИМ создана лаборатория исследований качества поверхности, в состав которой входят исходные эталоны для

метрологического обеспечения всех трех элементов поверхности: **размер** (координатная измерительная машина Prismo ultra – рисунок 1)



Рисунок 1 – Общий вид координатной измерительной машины Prismo ultra

Диапазон измерений по координатным осям, мм
X – 900 мм;
Y – 1300 мм;
Z – 700 мм;
Погрешность при измерении формы 0,6 мкм.
Границы суммарной абсолютной погрешности $\pm (0,6+L/500)$, где L – измеряемая длина, мм.
шероховатость (система измерительная Form Talysurf – рисунок 2)



Рисунок 2 – Общий вид системы измерительной Form Talysurf

Диапазон измерения параметров шероховатости, связанных с высотными свойствами неровностей от 0,01 до 1000 мкм;

УДК 658

АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЙ КАК ПРОЦЕСС НЕПРЕРЫВНОГО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ

Максимович В.В., Петрусенко П.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Важнейшим фактором роста эффективности производства является повышение качества выпускаемой продукции, что является решающим условием её конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Однако среди многочисленных направлений улучшения деятельности, есть одно, развитие которого отстает - это исследование несоответствий, обнаруженных на этапах проектирования и оказания услуг, позволяющее найти и устранить основную причину, исключив тем самым возможность возникновения данного несоответствия в будущем.

В том или ином виде требования и методологии прослеживаемости реализуются на любом производстве. Однако далеко не всем удается

Средняя квадратическая погрешность результатов измерений 0,1%;

Неисключенная систематическая погрешность не превышает 0,4%;

Границы относительной суммарной погрешности $\pm 0,5\%$.

форма (кругломер Talygond 565).



Рисунок 3 – Общий вид кругломера Talygond 565

Радиальная погрешность кругломера 0,015 мкм. Осевая погрешность кругломера 0,02 мкм.

Созданы методика метрологической аттестации и методика калибровки кругломера Talygond 565, методика калибровки мер круглости.

Применение кругломера Talygond 565 позволяет метрологически обеспечить эталонные меры круглости, кругломеры, контрольные цилиндрические оправки, эталонные кольца.

Кругломер Talygond 565 позволяет измерить все параметры нормируемые ГОСТ 24642-81.

Предельные параметры измеряемой детали:

- высота детали – 500 мм;
- диаметр детали – 400 мм;
- вес детали – 75 кг.

этот элемент формального соответствия стандарту менеджмента системы качества превратить в реальный инструмент в конкурентной борьбе.

Система прослеживаемости представляет собой комплекс из трех ключевых компонентов:

- методологии идентификации и прослеживаемости, являющиеся стандартами предприятия в области менеджмента качества;

- программных средств, реализующих сбор, хранение и обработку данных о процессе производства;

- аппаратных средств идентификации и сбора данных.

С помощью системы можно избежать множества затрат, сократить временные и финансо-