

Разработка макета оптического триангуляционного сканера для контроля геометрии резьбового соединения бурильных труб

Р.Р. Диязитдинов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Самара, Россия

rinat.diyazitdinov@gmail.com

Аннотация—Контроль геометрии резьбового соединения бурильных труб представляет собой актуальную задачу для предприятий, специализирующихся на их выпуске и эксплуатации. Механический способ контроля с использованием калибров является точным, но не является универсальным. Каждый год проводится изменение номенклатуры резьбовых соединений, и существующие механические устройства контроля могут становиться непригодными для использования. Механические измерительные устройства имеют высокую стоимость, и их замена является сложной технической и организационной задачей. По этой причине в данном сегменте промышленного производства стоит проблема разработки универсального устройства контроля геометрии резьбового соединения бурильных труб. В работе представлено описание макета оптического триангуляционного сканера для решения этой задачи.

Ключевые слова— триангуляционный, сканер, геометрия, резьба, оптический, бурильная труба, макет.

1. ВВЕДЕНИЕ

Оценка геометрии резьбового соединения бурильной трубы является специфической задачей, в решении которой заинтересованы промышленные предприятия, выпускающие и эксплуатирующие их. Контроль геометрии интересен в первую очередь с точки зрения оценки прочностных характеристик (прогнозирование времени эксплуатации), а также с точки зрения оценки качества изготовления. В частности, наличие несоответствий в геометрии трубы может свидетельствовать о неверной работе или неполадках в резьбонарезных станках. Данная область производства в течение длительного времени являлась достаточно закрытой в силу своей специфики. Контроль резьбовых соединений производился с помощью соответствующих калибров, которые являются частью соответствующих механических измерительных установок.

Фактически, с помощью калибра проверяется, нет ли заедания резьбового соединения. Измерительные устройства такого типа являются стационарными, характеризуются большими габаритами и высокой ценой. Возрастающий номенклатурный ряд типов резьбовых соединений привел к тому, что промышленность, специализирующаяся на контроле геометрии, «не успевает» разрабатывать и поставлять измерительные устройства, способные проверять «новые» типы резьбовых соединений.

Следует отметить две проблемы, связанные с использованием подобных измерительных устройств:

- высокая стоимость (замена или закупка устройства является нетривиальной задачей);
- стационарность (невозможность использования установки в полевых условиях, вне цеха предприятия).

В связи с этим в последние несколько лет появилась задача разработки универсального устройства оценки геометрии резьбового соединения, которое не будет зависеть от формы резьбового соединения.

2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ НА БАЗЕ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

В настоящее время параллельно ведется два направления:

- использование точечного датчика совместно с устройством шарико-винтовой пары;
- разработка специализированного триангуляционного сканера.

На Рис. 1 показана схема устройства на основе точечного датчика.

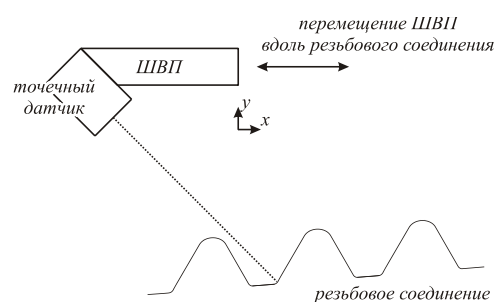


Рис. 1. Схема с точечным датчиком

Вдоль оси перемещения ШВП измеряется координата X. Координата Y определяется расстоянием, измеренным точечным датчиком и углом между системами координат точечного датчика и измерительного устройства.

В настоящий момент такие устройства являются внутренними разработками компаний, и результаты точностных характеристик подобных приборов еще не опубликованы в открытой печати. Однако оценить порядок погрешностей подобных приборов можно косвенным способом.

Точечный оптический датчик имеет разброс измерений в одной точке порядка $\Delta_{ОД} = 2 \dots 5$ мкм [1]. Катаные ШВП имеют класс точности с 7 по ISO DIN, и накопительная погрешность перемещения 52 мкм на длине 300 мм [2]. Средняя длина резьбового соединения составляет 100 мм, т.е. вклад в погрешность от ШВП составляет $\Delta_{ШВП} = 52 \cdot 100 / 300 \approx 17$ мкм. А общая погрешность: $\delta = (\Delta_{ОД}^2 + \Delta_{ШВП}^2)^{1/2} = 17..18$ мкм.

На Рис. 2 показана схема измерения с помощью триангуляционного сканера.

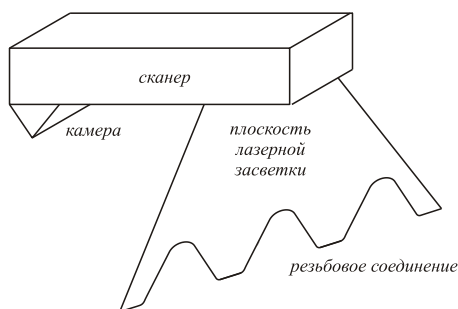


Рис. 2. Схема триангуляционного сканера

В настоящее время не существует готовых промышленных решений для измерения резьбовых соединений на базе триангуляционных сканеров.

Существующие решения [3] ориентированы на измерения достаточно крупных объектов (от нескольких сантиметров до метра) преимущественно с выпуклой формой поверхности. Такие поверхности отражают луч лазера в светочувствительную матрицу, не формируя переотражения.

Резьбовые соединения бурильных труб имеют шаг резьбы 5...10 мм и форма поверхности не является выпуклой. Это приводит к тому, что из-за переотражения помехи искажают профиль резьбы настолько сильно, что полученные данные нельзя использовать для оценки качества изготовления резьбы.

Для решения этой проблемы был разработан макет триангуляционного сканера, предназначенный именно для решения этой задачи.

3. МАКЕТ ТРИАНГУЛЯЦИОННОГО СКАНЕРА

При разработке макета триангуляционного сканера:

- рассматривались различные схемы расположения светочувствительной матрицы относительно лазера;
- выбиралась экспозиция;
- проверялись различные типы лазеров.

Основным результатом проведенных исследований является макет триангуляционного сканера. На Рис. 3 показано резьбовое соединение и лазерный луч на поверхности резьбы.

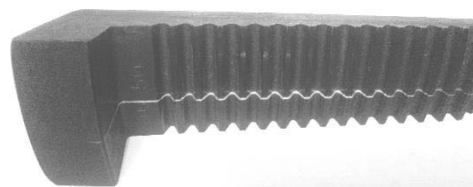


Рис. 3. Резьбовое соединение

На Рис. 4 показан результат совмещения измеренного профиля неизношенного резьбового соединения и эталонного профиля (примечание: для совмещения использовалась методика обработки [4]).

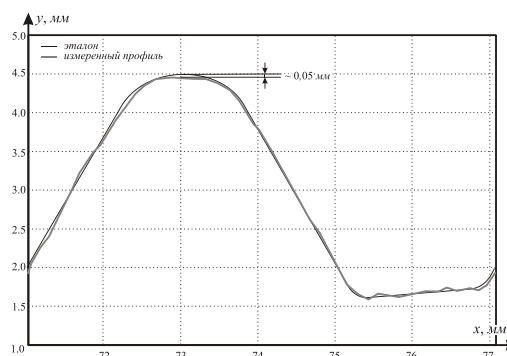


Рис. 4. Результат совмещения эталонного и измеренного профиля

Совмещение измеренного профиля с эталонным профилем показывает, что точность измерения составляет порядка 0,05 мм. Такая точность измерения позволяет проводить оценку качества изготовления резьбы, а макет может быть использован в дальнейшем для разработки устройства автоматического контроля геометрии резьбового соединения бурильных труб.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены материалы, посвященные разработке триангуляционного сканера для контроля геометрии резьбового соединения бурильной трубы. Разработанный макет позволяет проводить измерение с погрешностью порядка 0,05 мм. Исследования и разработанный макет могут быть интересны производителям измерительного оборудования, специализирующимся на данной области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sensors and Measurement Systems with More Precision [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.micro-epsilon.ru/> (28.01.2022).
- [2] International Standard. ISO 3408-3. Second edition 2006-06-15. Ball screws – Part 3: Acceptance conditions and acceptance tests [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://infostore.saiglobal.com/preview/iso/updates2014/wk42/iso_3408-3-2006.pdf?sku=291826 (28.01.2022).
- [3] Photoelectronic Sensors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wenglor.com/en/> (28.01.2022).
- [4] Васин, Н.Н. Обработка данных оптических триангуляционных сканеров для измерения профилей рельсов / Н.Н. Васин, Р.Р. Дязитдинов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 6. – С. 1054-1061. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-6-1054-1061.