РАЗДЕЛ IX. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Казаков И.А., Кульчицкий А.А.

Оценка влияния тепловых потоков на точность определения размеров изделий оптической проекционной системой

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-47

idsp: ljjournal-10-2020-47

Аннотация

В работе рассматривается проблема возникновения дополнительных погрешностей в оптической проекционной системе контроля геометрических параметров при тепловой неоднородности оптической среды в тракте передачи измерительной информации. Предложена методика оценки с использованием тест-объекта в виде массива точек. Исследовано влияния рефракции на точность определения геометрических параметров объекта

Ключевые слова: контроль геометрических параметров; оптический контроль, оптическая система контроля, погрешности от атмосферной рефракции

Abstract

This article considers the problem of the appearance of additional errors in an optical projection system for monitoring geometric parameters in the case of thermal inhomogeneity of the optical medium in the measurement information transmission path. An assessment technique is proposed using a test object in the form of an array of points. The influence of refraction on the accuracy of determining the geometric parameters of the object is investigated.

Keywords: monitoring geometrical parameters, optical control, optical control system, errors from atmospheric refraction

За последние десятилетия число систем с ЧПУ в машиностроительной отрасли выросло в разы. Основным недостатком для этих систем является то, что при программировании режимы резания, как правило, жестко заданы разработчиком программы и занижены исходя из наиболее неблагоприятных условий обработки для уменьшения вероятности выхода из строя инструмента. Такой подход приводит к снижению производительности оборудования [1]. С 70-х годов прошлого века ведется разработка адаптивных систем управления металлорежущим оборудованием, позволяющая повысить производительность. Большинство из предложенных решений базируются на определении косвенных показателей качества обработки [2–6].

Проблема обеспечения надежного контроля изделий в машиностроении все еще актуальна. Традиционно для измерения геометрических параметров используются ручные методы контроля, которые в свою очередь имеют низкую производительность, в отличие от автоматических методов контроля. Одна из главных проблем контроля на токарном оборудовании это невозможность измерять геометрические размеры детали непрерывно, еще не было представлено таких измерительных приборов или станков, которые могли бы предложить решений данной проблемы.

Техническое зрение позволяет контролировать геометрию объектов комплексно, с достаточной точностью и производительностью, позволяя измерять не только линейные размеры, но и форму объекта, шероховатость поверхности.

Использование пассивных систем контроля проекционного типа позволит получить изображение сечения, что является достаточным для контроля основных формообразующих поверхностей при токарной обработке. На рис. 1 показана схема получения измерительной информации одноканальной системой контроля тел вращения. Данная схема позволяет реализовать получение изображения детали как в проходящем, так и отраженном свете. Достоинством данной схемы является выбор шага для получения изображений требуемого количества сечений для описания геометрии и поверхностных дефектов с максимально возможной точностью для выбранной системы регистрации изображений.

Рисунок 1. Одноканальная система контроля проекционного типа

Основные факторы, влияющие на точность определения геометрии объекта одноканальной пассивной системой контроля проекционного типа, рассмотрены в работах [7–8]. Особенностью контроля изделий в процессе обработки на металлорежущих станках является достаточно активный процесс тепловыделения [10–11] (рис. 2), который будет приводить к появлению тепловой неоднородности в тракте передачи оптической информации. На рис. 2 представлены температурные поля в резце и стружке, возникающие в процессе обработки.

Рисунок 2. Расчетное температурное поле: а) в стружке и б) на поверхности резца

Влияние рефракции в передаточном тракте на точность контроля геометрических параметров от источников является практически не исследованной областью. Работы по исследованию влияния тепловых потоков [10–12] посвящены, в основном, атмосферным явлениям наблюдаемых на значительном расстоянии между объектом контроля и приемной аппаратурой.

Для исследования влияние рефракции от тепловых потоков при обработке резаньем была выбрана концепция оценки величины смещения координат точек тест-объекта (рис. 3). Экспериментальный стенд состоит из цифровой камеры с сенсором IMX60 и объективом с $f/2.2$, нагревательной плиты и тест-объекта.

Лаборатория находилась в закрытом помещении без нарушения воздушного потока. Температура исследований $25^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Источник нагрева позволяет варьировать температуру от 350°C до 500°C (рис. 4). Тепловые волны образуются в воздушной области над горячей плитой, за счет этого возникает искажение изображения. Проводились серия экспериментов на маленьком, среднем и большом огне.

При разных температурных значениях нагрева горелки, в ходе эксперимента было получено по 2 серии изображений в 3 температурных режимах, минимального, среднего и максимального нагрева, полученные изображения с нашей камеры поступают в программу для дальнейшего расчета значений рефракции.

Рисунок 3. Изображение тест-объекта

Рисунок 4. Характер распределения температур над газовой горелкой

Программа для оценки величины смещения опорных точек тест-объекта разработана в среде *VisionBuilder AI*.

Изображение имеет размер 4608×3456 пикселей, однако реально захватываемый размер тест-объекта 2240×1880 .

Полученные в результате исследования погрешности положения опорных точек тест-объекта представлены в табл.

Таблица

Погрешности определения положения опорных точек тест-объекта

Погрешность, px/ %	Нагрев		
	минимальный	средний	максимальный
Максимальная	2,76/ 0,12	3,85/ 0,17	9,97/ 0,45
Средняя	0,93/ 0,04	2,03/ 0,09	4,22/ 0,19

Для изучения влияния высоты над источником тепла на характер искажений изображения была проведена сегментация тест-объекта на 3 части. Расстояние для разных областей от нагревательной плиты – верхняя область находится на расстоянии 19 см, средняя область 16,5 см; нижняя – 14 см. Графики представлены на рис. 5 показывают максимальные и средние значения погрешностей от рефракции в оптическом тракте в зависимости от части изображения

Из данных, представленных на графиках (рис. 5 и 6) и в таблице, можно сделать вывод, что наибольшая погрешность положения опорных точек тест-объекта наблюдается в верхней его части, при максимальном нагреве и значения этих отклонений довольно близки. При этом максимальное значение ошибки может достигать 0,5% при среднем отклонении в 0,2% при высокой интенсивности теплового

потока, что представляется значимой ошибкой для оценки геометрии изделий в машиностроении.

Рисунок 5. Графики средней и максимальной погрешности положения опорных точек тест-объекта

1. Машиностроение [Электронный ресурс]. –<http://www.protown.ru/information/hide/4486.html> (Дата обращения 06.03.20)
2. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В. Г., Тимирязев В.А. и др. Адаптивное управление технологическими процессами на металлорежущих станках. Монография. – М.: Машиностроение, 1980. – 536 с.
3. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью обработки на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1992. 346 с.
4. Ulsoy, A G, Koren, Y. and Rasmussen, F, (1983), Principal Developments in the Adaptive Control of Machine Tools, Journal of Dynamic Systems. Measurement. And Control, 105. pp. J07-112.
5. Mathias, R A. (1980). Adaptive control for the eighties. SME Technical Report M580-242.

6. Centner. R. (1964). Final report on development of adaptive control techniques for a numerically controlled millin machine. Technical Documentary Report ML-TDR-64-279
7. Kulchitskiy A.A., Fedorova E.R. Optical inspection of solids of revolution by means of nontelecentric optics IOP Conference Series: Materials Science and Engineering . 2019. Т. 378. С. 012062.
8. Потапов А.И., Кульчицкий А.А., Смородинский Я.Г., Смирнов А.Г. Оценка погрешности системы контроля геометрии токопроводящих стержней, для электролизеров с самообжигающимся анодом / Дефектоскопия. 2020. № 3. С. 58-64.
9. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов.— М.: Высш. шк., 1985,—304 с.
10. Abukhshim, N.A.; Mativenga, P.T.; Sheikh, M.A. Investigation of heat partition in high speed turning of high strength alloy steel. Int. J. Mach. Tools Manuf. 2005, 45, 1687–1695.
11. Никонов А.В. К вопросу о влиянии вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами// Вестник СГГА. - 2014. - Вып. 1 (25). - С. 12-26.
12. Martin, Jacob A.; Gross, Kevin C. Estimating index of refraction from polarimetric hyperspectral imaging measurements, Optics Express 2016, 24(16) 17928-17940

Коновалов П.Ю.

Повышение сцепных свойств локомотивов на основе непрерывной дозированной подачи песка в зону контакта колеса с рельсом

*Ростовский государственный университет путей сообщения
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-48

idsp: lj-10-2020-48

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, связанные с улучшением работы системы пескоподдачи локомотива на основе внедрения принципа непрерывного дозирования песка.

Ключевые слова: локомотив, сцепные свойства, система пескоподдачи, пневматический вентиль, сервопривод.

Abstract

The article discusses issues related to improving the operation of the locomotive sand feeding system based on the introduction of the principle of continuous sand dosing.

Key words: locomotive, adhesion properties, sand supply system, pneumatic valve, servo drive.

Возникновение сил тяги и торможения, реализуемых железнодорожным подвижным составом, непосредственно связано со сцеплением колес с рельсами, которое обусловлено фрикционным взаимодействием в зоне их контакта и зависит от целого ряда факторов: микро- и макроструктуры рельсовой и бандажной стали, шероховатости опорных поверхностей, динамикой рельсовых экипажей и пути и др.

С целью прогнозирования показателей динамических качеств железнодорожного подвижного состава [1, 2, 3, 4, 5] и его сцепных свойств [6, 7, 8] широко используются методы натурных испытаний [9], математического [10, 11, 12, 13, 14] и физического [15, 16] моделирования.

Неравномерность вертикальных нагрузок на колесные пары обычно оценивают при помощи коэффициента использования сцепного веса [6]

$$\beta_K = \frac{\Pi_{\min}}{\Pi},$$

где Π – расчетная вертикальная нагрузка колесной пары;

$\Pi_{\min}$ – вертикальная нагрузка наиболее разгруженной колесной пары.