

УДК 681.2.084

В.В. Медведев, канд. техн. наук
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3010805; E-mail: vadim.medvedev@ua.fm

КОНТРОЛЬ ПЛОСКОСТНОСТИ ФЛАНЦЕВ ВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ КОРПУСОВ ВО ВРЕМЯ МЕЖОПЕРАЦИОННОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

В статье рассмотрены вопросы измерения плоскостности корпусов взрывозащитной аппаратуры, габаритами до 1000мм. Контроль основан на промышленной фоторегистрации, которая контролирует плоскостность поверхности в несколько раз быстрее лазерных дальномеров и в десятки раз быстрее координатно-измерительных машин. Разработан специальный алгоритм расчёта плоскостности фланцев по отклонению границы яркостного перехода. Отклонение определяется между реальной фотографией и идеальным вариантом, рассчитанным с помощью моделирования отражения света от абсолютно ровной поверхности, имеющей конечную шероховатость. Предложена конструкция целевого осветителя, позволяющая, в частности, проводить сканирование начальной линии.

Ключевые слова: промышленная фоторегистрация, погрешность плоскостности, межоперационное транспортирование, граница яркостного перехода, отражение света, целевая диафрагма.

Введение

В современном производстве взрывозащитной аппаратуры всё чаще применяются фрезерные обрабатывающие центры. Они обладают инструментальными магазинами более 60 позиций и позволяют выполнять максимальное количество переходов с одного станова. Например, при обработке фланцев аппаратуры выполняются обработка плоскостей торцевыми, концевыми фрезами, обработка отверстий свёрлами, зенкерами, метчиками, обработка пазов дисковыми и шпоночными фрезами [1].

Конструкция фланцев шахтной взрывозащитной аппаратуры в некоторых моделях не предусматривает наличие резиновых уплотнений. Герметичность корпуса обеспечивается плоскостностью сопрягаемых фланцев корпуса и крышки. При этом требуется обеспечить плоскостность 0,1мм на поверхностях габаритами более 500мм.

Для получения указанной плоскостности на фрезерных обрабатывающих центрах выполняют чистовое фрезерование торцевой фрезой. Это обуславливается отсутствием на технологическом оборудовании такого класса возможности осуществлять шлифовальные переходы [2]. Во время фрезерования фланцев возникают погрешности плоскостности связанные с износом инструмента, погрешностью установки заготовки и режущих пластин и, самое главное, упругих отжимов заготовки под действием сил резания [3].

Для компенсации погрешностей плоскостности за счёт минимизации зазора между сопрягаемыми фланцами корпусов и крышек предлагается выполнение селективной сборки. Для этого предварительно должны быть построены объёмные профилограммы – то есть графики отклонения поверхностей фланцев от идеальной плоскости. Контроль в гибком автоматизированном производстве обычно выполняется на контрольно-измерительных машинах. Высокая стоимость и небольшая скорость измерения такими машинами требует дополнительного технологического времени, увеличения себестоимости изделия, разработке и создания дополнительных установочных приспособлений.

соблений и т. п. При этом точность измерений координатно-измерительными машинами может значительно превосходить требования чертежа, что является нерациональным решением для контроля качества изделий. Одним из решений задачи является построены объёмные профилограммы с помощью промышленной фоторегистрации [4]. Этот способ позволяет дистанционно контролировать правильность выполнения технологических операций, что положительно влияет на охрану труда предприятия и качество продукции, при этом значительно сокращается время контроля.

Основное содержание и результаты работы

Для построения объёмные профилограммы с помощью промышленной фоторегистрации предлагается выполнять сканирование поверхности источником света с щелевой диафрагмой. А само измерение проводить по замерам отклонениям отраженного света от реальной поверхности детали [5]. Такого вида измерение возможно проводить даже во время транспортирование детали на конвейере. При этом движение конвейера является одним из движений подачи сканирования.

Во время контроля геометрических параметров имеется возможность выявлять плоскостность поверхности по отклонению от правильной геометрической формы пятна отражённого света. Этот эффект основан на том, что участки поверхности, имеющие погрешность формы, имеют отличный от идеальной плоскости угол отражения света в фоторегистратор. Это приводит к искажению на данных участках границ яркостных переходов. Физический процесс контроля плоскостности на основе фоторегистрации представлен на рис 1. Схема учитывается тот факт, что участки 3, имеющие погрешности плоскостности поверхность имеют некоторый угол отклонения $\Delta\alpha$ и свет от источника 1 проходит в фоторегистратор 2 под некоторым углом $\gamma + \Delta\gamma$.

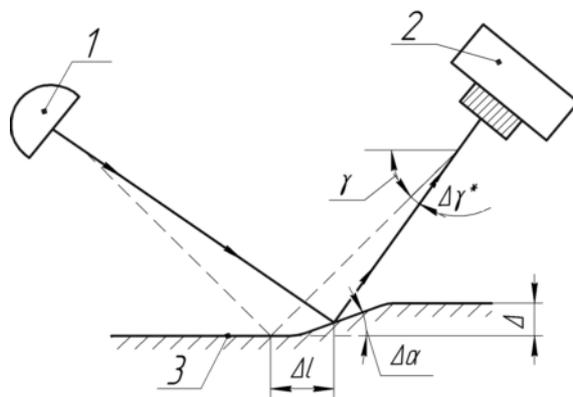


Рис. 1. Отклонения угла фоторегистрации границы перехода яркости в зависимости от погрешности плоскостности: γ – угол прохождения луча света относительно горизонта, Δl – отклонения границы яркостного перехода, $\Delta\gamma^*$ – угол смещения луча света, $\Delta\alpha$ – угол наклона поверхности к горизонту, Δ – погрешность плоскостности

Угол наклона α поверхности к условному горизонту идеальной поверхности детали по геометрическим соображениям равен:

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[90 - \gamma + \Delta\gamma - \arctg \left(2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma - \frac{1}{\operatorname{tg}(\gamma + \Delta\gamma)} \right) \right].$$

Так пример при погрешности плоскостности в 10мкм на базовом участке 100мм при фоторегистрации под углом 30° , угол отклонения границы яркостного перехода

составит $\Delta\gamma=0,44^\circ$, а коэффициент передачи оптической измерительной системы составит почти 80.

Для оценки возможностей фоторегистрации угол наклона плоскости был пересчитан в значения плоскостности поверхности на базовой длине поверхности в 100 мм, в предположении ровного участка базовой длины. Поскольку вывод аналитической зависимости затруднён тем, что искомая величина находится в уравнении как свободный член и составляющая аргумента тангенса, был аналитическим методом. В итоге получена зависимость отклонения угла фоторегистрации от плоскостности поверхности, приведённая на рис. 2.

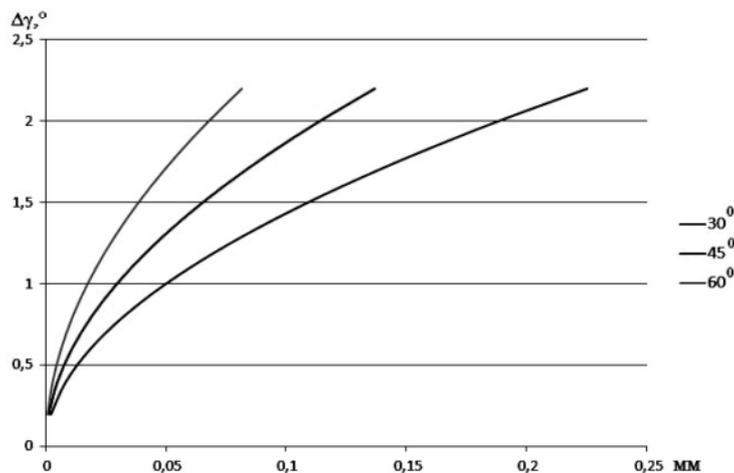


Рис. 2. Зависимость отклонения угла фоторегистрации от плоскостности поверхности под углами фоторегистрации 30° , 45° и 60°

При отражении света, исходящего из источника со щелевой диафрагмой от идеально плоской зеркальной поверхности на изображении будет белая линия, находящаяся на середине отрезка соединяющего объектив фоторегистратора и собственно щель источника света. Вся остальная поверхность на изображении будет чёрная. Для идеально плоской не зеркальной поверхности свет имеет свойство рассеиваться и на изображении получаем снижение яркости отражаемого света по мере удаления от срединной линии отражения. Для получения картины изменения яркостных переходов был проведён анализ протекания физического процесса фоторегистрации в программе SolidWorks, используя фотореалистические возможности модуля PhotoView 360.

Для проведения анализа в программе проводилось 3D-моделирование установки фоторегистрации. При этом прямолинейный источник света заменяем пятью точечными источниками, заключенными в корпус со щелевой диафрагмой. Для получения картины отражения света от поверхности внешнее освещение полностью отключалось. В итоге, на рис. 3.а, было смоделировано изображение, которое имело место если бы контролируемая поверхность не имела погрешности плоскостности.

Анализируя данное изображение, не трудно заметить, что имеется изменение, а именно снижение яркости отражения по мере удаления от центра отражения щели источника света. Для получения границ яркостных переходов изображение подверглось обработке в программах Photoshop и Компас-3D. В итоге были получены контрольные границы яркостных переходов, представленные на рис. 3.б.

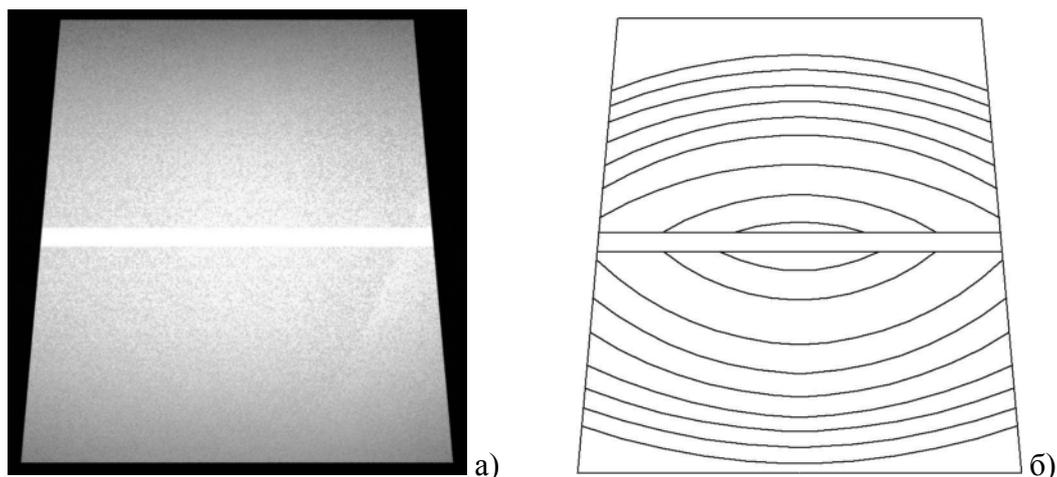


Рис. 3. Фотореалистическое изображение пластины в отраженном свете под углом $\gamma=45^\circ$

При контроле плоскостности поверхности изделия рекомендуется производить фоторегистрацию методом сканирования. Для этого проводится серия фотоснимков в процессе перемещения детали. От расстояния между центрами снимков будет зависеть точность построения модели профиля поверхности. Данный вид контроля желательно осуществлять под большими углами отражения, поскольку при этом наиболее яркая зона будет являться наиболее выраженной, что положительно отразится на точности измерений.

Плоскостность детали вычисляется по разнице расстояний между идеальными границами яркостных переходов (рис.3.б) и границами на реальной детали.

Сама регистрация может быть проведена непосредственно при движении детали на транспортёре. Этим достигается объединение транспортировочных и контрольных составляющих времён производственного цикла. При этом разработанный способ фоторегистрации не критичен к погрешности установки детали относительно сканирующей системы в процессе определения плоскостности фланцев.

Для получения объёмной гистограммы поверхности необходимо сначала произвести сканирование начального участка поверхности. Для этого движение детали на транспортёре приостанавливается и выполняется серия фотоснимков со сдвигом светового пятна в поперечном направлении основному движению. Смещение яркостной зоны на изображении при этом будет производиться при помощи движущихся шторок 2 и 4 диафрагмы источника света 1, показанной на рис. 4. В шторке 4 выполнено отверстие 6, которое и продвигается в поперечном направлении. Движение шторок производится с помощью электродвигателей 3 и 5 через фрикционную передачу. Во втором рабочем положении, во время сканирования плоскости деталей источником света со щелевой диафрагмой шторки 2 и 4 раздвигаются в крайние положения.

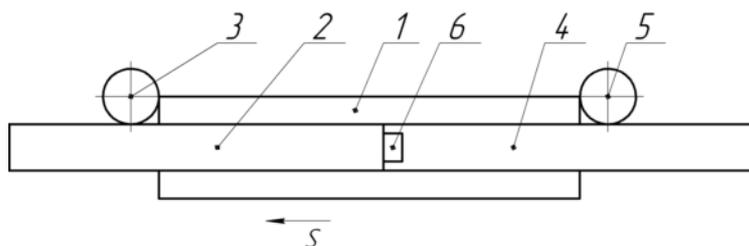


Рис. 4. Схема работы сканирующего источника света со щелевой диафрагмой

Заключення

Контроль плоскостности поверхності фланців взривозахищеної апаратури непосредственно во время его движения на транспортёрах между обрабатывающими центрами в гибком автоматизированном производстве наиболее рационален с помощью промышленной фоторегистрации. Определено, что при условии регистрации смещения границ яркостных переходов в отражённом свете под углами от 30° до 60° передаточное отношение оптической системы превышает 80.

Для построения трёхмерной профилограммы поверхности необходимо произвести сканирование первоначального участка перпендикулярно скорости движения транспортёра, что предложено выполнять с помощью специального источника света с щелевой диафрагмой.

Список литературы:

1. Сентичев К. Современные металлообрабатывающие центры с ЧПУ – будущее машиностроения [Электронный ресурс] / К. Сентичев // Росстан. – 2008. – Режим доступа: <http://rosstan.ru/publishen/metall/2889/>.
2. Tolio T. Design of Flexible Production Systems: Methodologies and Tools / T. Tolio / Politecnico di Milano. – New York: Springer-Verlag New York, LLC, 2010. – 300 p.
3. Соловьёв С.Ю. Анализ погрешностей обработки при фрезеровании корпусных деталей / С.Ю. Соловьёв, В.В. Медведев // Инженер. Студентський науково-технічний журнал. – 2012. – № 13. – С. 59-62.
4. Соловьёв С.Ю. Диагностика технологических процессов на основе фоторегистрации / С.Ю. Соловьёв, В.В. Медведев // Инженер. Студентський науково-технічний журнал. – 2011. – № 12. – С. 40-44.
5. Медведев В.В. Измерение плоскостности поверхностей с помощью фоторегистрации: в 3 т. / В.В. Медведев, С.Ю. Соловьёв, В.С. Медведев // Машиностроение и техносфера XXI века: сборник трудов XIX международной научно-технической конференции (Севастополь, 17-22 сентября 2012 г.) Т. 2. - Донецк: ДонНТУ, 2012. — С. 178-180.
6. Кулагин С.В. Аппаратура для научной фоторегистрации и киносъёмки / Кулагин С.В. – М.: Машиностроение. – 1980. – 165 с.

Надійшла до редакції 04.02.2013.

В.В. Медведев

КОНТРОЛЬ ПЛОЩИННОСТІ ФЛАНЦІВ ВИБУХОЗАХИСНИХ КОРПУСІВ ПІД ЧАС МІЖОПЕРАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ

У статті розглянуті питання вимірювання площинності корпусів вибухозахисної апаратури, габаритами до 1000мм. Контроль заснований на промисловій фотореєстрації. Розроблено спеціальний алгоритм розрахунку площинності фланців по відхиленню границі переходу яскравості. Запропоновано конструкцію щілинного освітлювача, що дозволяє, зокрема, проводити сканування початкової лінії.

Ключові слова: промислова фотореєстрація, погрішність площинності, міжопераційне транспортування, границя переходу яскравості.

V.V. Medvedev

PLANENESS CONTROL OF FLANGES OF FLAMEPROOF CASES DURING INTEROPERATIONAL TRANSPORTATION

The article covers questions of planeness of flameproof apparatus cases with outer dimensions up to 1000 mm. Control is based on industrial photoregistration. A special algorithm is developed for calculation of flanges planeness on the basis of deviation of brightness transition boundary. The construction of the slotted lighter is suggested, which allows, in particular, to carry out incipient line scanning.

Keywords: industrial photoregistration, planeness error, interoperational transportation, brightness transition boundary.