

УДК 681.7.023.73

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИРОВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПОДЛОЖЕК ЭЛЕМЕНТОВ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ

И. С. Савельев¹*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Представлено описание структуры программного комплекса размерной прецизионной обработки многослойных отражающих элементов рентгеновской оптики малоразмерным инструментом. Описана структура программы, включающая следующие основные компоненты: база данных; модуль задания требуемой формы; модуль задания конкретной заготовки; модуль расчета траектории обработки; генератор G кода для ЧПУ станка. Особенностью представленной работы является использование дешевой материальной части, что в первую очередь относится к средствам измерения. Это обусловило необходимость разработки специализированных программ реконструкции поверхности. Проанализированы особенности реконструкции трехмерной поверхности по результатам измерения отдельных линейных сканов на координатно-измерительной машине. Важным элементом реконструкции является устранение шумов. Произведена классификация шумов. Для каждого вида шума разработан свой специфический алгоритм подавления и осуществлена программная реализация алгоритма.

Ключевые слова: нанотехнологии, оптические технологии, рентгеновская оптика, интерферометр, полирование, малоразмерный инструмент, асферическая поверхность, контактно-измерительная машина, отражающие элементы, диагностическая аппаратура, САМ.

¹e-mail: ivan@x-energo.com

Развитие рынка многослойных отражающих элементов рентгеновской оптики, являющихся одним из важнейших компонентов диагностической аппаратуры, используемой в наноразмерной области, обуславливает разработку новых решений для производства подобных изделий.

Одной из возможностей качественного изменения уровня производства компонентов рентгеновских многослойных отражающих элементов является использование технологии полирования малоразмерным инструментом.

Поскольку процесс полирования малоразмерным инструментом осуществляется в автоматическом режиме, ключевым компонентом данной технологии является программное обеспечение, решающее следующие задачи:

1. Сбор и обработка данных измерения поверхностей заготовок и результирующей поверхности.
2. Определение в широком диапазоне режимов обработки кривой, определяющей величину съема материала.
3. Выбор траектории движения инструмента и расчёт режимов обработки вдоль траектории, обеспечивающих требуемую величину съема.
4. Генерация управляющей программы для ЧПУ.
5. Сервисные функции по поддержанию баз данных, обеспечивающих работу с информацией по выше упомянутым программам.

Особенностью разработанной технологии является ориентация на использование относительно дешёвой материальной части, что в первую очередь относится к средствам измерения. Стоимость современных интерферометров с большим полем зрения 200 мм делает их практически недоступными для современных небольших предприятий. Поэтому задача пункта 1 (контроль обрабатываемой поверхности) решается на основе относительно дешёвых контактно-измерительных машин и интерферометра с малым полем зрения. Это стало возможным за счёт разработки достаточно сложных методов восстановления поверхности по результатам измерения отдельных элементов этой поверхности, выполненных в виде линейных сканов, либо отдельных небольших по площади сегментов поверхности.

Одной из проблем реконструкции поверхности по данным однокоординатной контактной измерительной машины является присутствие значительных помех в результатах измерения. Источниками этих помех являются как особенности работы измерительного устройства, так и неизбежное наличие на обмеряемой поверхности загрязнений и мелких повреждений. Хотя эти помехи, как правило, локальны, их наличие в резуль-

тирующем описании поверхности приводит к существенным возмущениям траектории инструмента при обработке поверхности и создает на результирующей поверхности значительные по высоте и протяженности ошибки формы. Важной задачей является выявление таких помех, имеющих форму, которая может быть удачно описана термином “пик”, и корректировки исходных данных, имеющей задачу устранения этих пиков.

Анализ измерительных данных, поступающих с координатно-измерительной машины показал, что пики можно разделить на три основные группы:

1. Узкие, шириной в 3-6 отсчетов, выбросы, которые могут иметь как положительный, так и отрицательный знак.

2. Широкие, шириной более 10-15 отсчетов.

3. Нерегулярные выбросы, форма которых плохо соответствует термину “пик”. Эти возмущения, как правило, образуются в начале или в конце скана и чаще всего обусловлены повреждениями поверхности в указанных зонах, расположенных, как правило, вне зоны обработки. Ширина этих пиков, как правило, 20-50 отсчетов.

Существенный разброс в характеристиках рассматриваемых объектов заставляет использовать для обработки различных пиков различные алгоритмы. При этом общей особенностью этих алгоритмов является анализ измеренного профиля в окне заданного размера на значительность отклонения от осредненного профиля в данном окне. В качестве оценки существенности отклонения от осредненного профиля используется величина $K \cdot \text{СКО}_i$, где K – коэффициент (2...7), задаваемый пользователем, СКО_i – оценка среднеквадратического отклонения точек профиля от его сглаженного значения. В качестве сглаженного значения профиля используется полиномиальная аппроксимация. Степень аппроксимирующего полинома задается пользователем при настройке программы под конкретный прибор и образцы.

Указанные выше соображения лежат в основе алгоритма удаления пиков 2 и 3 группы. Особенностью алгоритма является итерационный процесс, в ходе которого в качестве усредненной поверхности используются только точки, высота которых не превышает заданного уровня отклонения от среднего профиля.

Для удаления узких пиков первой группы очень успешным является алгоритм полиномиальной оконной фильтрации, известный так же как метод Савицкого–Голея. Однако применение этого алгоритма может создавать заметные искажения данных в зонах высоких градиентов высоты, в том числе и на пиках групп 2 и 3. В связи с этим предпочтительно реализовывать данное преобразование после устранения этих пиков.

Особой обработки, как правило, требуют пики 3 группы. В связи с их значительной протяженностью и расположением на краях данных их автоматическая обработка крайне затруднена. В связи с этим предусмотрена процедура, позволяющая вносить ручные изменения в измеренные профили.

Для реализации описанных выше алгоритмов составлено программное обеспечение, подключенное к блоку программ формирования измеренной поверхности программного комплекса САД полирования малоразмерным инструментом. В настоящее время ведется процесс отработки технологических режимов.

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара "Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики", Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 14 октября 2009 г.