

И.Н. МИКОВ
В.И. МОРОЗОВ

ТЕХНОЛОГИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ГРАВИРОВАНИЯ
ХУДОЖЕСТВЕННЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



МОСКВА
Издательство
«МИР ГОРНОЙ КНИГИ»
2007

УДК 622:681.3

ББК 32.965

М 59

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *М.С. Островский* (кафедра «Технология машиностроения и ремонт горных машин» Московского государственного горного университета);
- д-р техн. наук *М.П. Козочкин* (ОАО «Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков»)

Миков И.Н., Морозов В.И.

М 59 Технология автоматизированного гравирования художественных изображений. — М.: Издательство «Мир горной книги», 2007. — 346 с.: ил.

ISBN 978-5-91003-018-7 (в пер.)

Рассмотрены факсимильные растровые станки с компьютерным ЧПУ для механического копирования полутонных изображений на плоских поверхностях хрупких материалов. Описана технология получения растрового изображения, обеспечивающая заданную интегральную оптическую плотность за счет амплитудно-частотно промодулированных силовых ударных импульсов, амплитуда и период повторения которых учитывают параметры видеосигнала, физико-механические параметры материала заготовки и частотные характеристики исполнительных механизмов. Предложены иерархическая система управления и методы внутренней диагностики.

Для инженеров, работающих в области конструирования факсимильных станков и использующих технологии механического гравирования. Может быть полезна аспирантам и студентам старших курсов технических вузов, специализирующимся на художественном гравировании изображений.

УДК 622:681.3

ББК 32.965

ISBN 978-5-91003-018-7

© И.Н. Миков, В.И. Морозов, 2007

© Издательство «Мир горной книги», 2007

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автоматическое изготовление художественных изображений механическим способом для камнеобрабатывающих и ювелирных производств в настоящее время возможно только на станках с *CNC* (компьютерном ЧПУ) с использованием, в зависимости от поставленных задач, следующих технологических методов:

1) сканерно-растрового с микродолблением или микрофрезерованием (для плоских или круглых полутоновых изображений размером от ~ 20 до 1000 мм);

2) векторного с микростроганием (для плоских или круглых штриховых, размером от ~ 3 до 100 мм);

3) векторного с фрезерованием, включая барельеф (для плоских, размером от ~ 20 до 1000 мм).

В работе рассматривается только сканерно-растровый способ с микродолблением. При этом другие вышеназванные способы находятся в разных технологических стадиях внедрения: от опытных разработок до серийного применения и требуют отдельного описания.

Одной из новых технологий является компьютерное станочное растровое гравирование полутоновых плоских или круглых художественных изделий на металле, камне, керамике, стекле и т.д.

Применяемые ранее ручные технологии гравировки и чеканки художественных полутоновых изображений на плоских поверхностях не обеспечивали высокой производительности и качества, в том числе факсимильности. В настоящее время гравировка может осуществляться на фрезерных станках с ЧПУ, имеющих традиционное векторное управление. Однако в этом случае производительность гравировального процесса остается крайне низкой, а управляющая программа является сложной и большой по объему.

Одной из новых технологий, которая может обеспечить высокую производительность при резком уменьшении объема управляющей программы, является компьютерное станочное растровое гравирование плоских художественных изделий на металлах, камне, керамике, стекле и т.д. Использование этой технологии целесообразно при внешней отделке сооружений (фасадов зданий, фонтанов, наружных лестниц, покрытий площадей, невысоких крыш и т.д.), а также деталей интерьеров (покрытий стен и полов, витражей, плафонов и т.д.), при этом применяется камень, металл и стекло, на которые наносятся разные изображения. При изготовлении копий рисунков на гравюрах, ювелирных украшениях, орнаментах, матрицах и мемориальных плитах обязательным условием является обеспечение факсимильности изображения, что при ручной технологии сделать практически невозможно.

Ранее во НИИполиграфмаше (г. Москва) проводились работы (получен ряд авторских свидетельств), а «Одесское СКБ полиграфического машиностроения» серийно выпускало устройства ЭГА, которые применялись для производства (гравировки) клише. Это были безкомпьютерные аналоговые устройства, узко направленные, дающие невысокие производительность и качество изображения.

Проведенные экспериментальные работы показали, что художественные образы должны воспроизводиться гравированием заготовки на факсимильно-гравировальных станках, оснащенных компьютерными устройствами числового программного управления (*CNC*). На таких станках возможно осуществление всего технологического цикла: от ввода и редактирования художественного образа методами компьютерной графики до последующего автоматического формирования управляющей программы и механической обработки.

Характерными особенностями этих станков являются высокая производительность и высокое качество (в том числе факсимильность) гравирования.

Если учесть, что потребность строительной индустрии в перечисленных выше изделиях составляет около 4,5 млн дол.

США в год, то становится очевидной экономическая значимость проблемы и, как следствие, актуальность работы, направленной на ее решение.

Таким образом, использование новой технологии компьютерного станочного гравирования может обеспечить:

1) факсимильность отображения, что является непременным условием при гравировке художественных изображений (портретов, рисунков), антиквариата, клише и т.д.;

2) повышение производительности, при том же качестве, в сравнении с ручной гравировкой в 6...7 раз;

3) повышение уровня качества гравировки с минимального (при ручном шаг точек более 100 мкм — обычный класс), до высшего (при станочном шаг точек менее 5 мкм — высокий класс);

4) отсутствие экологического ущерба при гравировании материалов за счет удаления вредной пыли (стекло, «напыленные» горные породы т.д.).

В связи с вышеизложенным разработка автоматизированной технологии растрового факсимильного механического копирования изображений и создание гравировальных станков с ЧПУ является актуальной научной проблемой.

Целью работы является автоматизация процесса нанесения полутонового изображения на различные твердые материалы вместо ручных операций, не отвечающих по производительности, качеству и факсимильности современным требованиям, в том числе:

1) разработка технологии получения растрового изображения на поверхности материала, обеспечивающей получение заданной интегральной оптической плотности за счет силовых ударных импульсов, амплитудно-частотно промодулированных параметрами видеосигнала;

2) создание станков факсимильного растрового динамического копирования полутоновых изображений на плоских поверхностях хрупких материалов, позволяющих получать художественные изображения при производительности, в 6—7 раз

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МИКРОШТРИХОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ПЛОСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	11
1.1. Особенности зрительного восприятия полутоновых градаций.....	13
1.2. Электрооптический анализ изображений и воспроизведение полутоновых градаций.	25
1.3. Развитие теории растривания при компьютерной технологии факсимильного копирования	28
1.3.1. Решетчатые функции сканированного изображения... ..	28
1.3.2. Формализация получения полутонового изображения посредством растривания видеосигнала.....	32
1.3.3. Формализация определения и коррекции качества гравированного изображения путем использования амплитудной и частотной характеристик для видеосигнала	40
1.4. Гравировальные машины.....	44
1.4.1. Векторные гравировальные станки	47
1.4.2. Гравировальные растрово-сканерные факсимильные станки.....	49
ГЛАВА 2. КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФАКСИМИЛЬНОГО ГРАВИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ РАСТРИРОВАНИИ ВИДЕОСИГНАЛА....	55
2.1. Компьютерная технология факсимильного гравирования материалов.....	57

2.2. Применение импульсной модуляции при растривании видеосигнала для получения заданной интегральной оптической плотности.....	59
2.3. Амплитудная и частотная импульсная модуляция при растривании видеосигнала. Расчетные соотношения для определения шага точек и глубины проникновения долбежного резца в заготовку.....	64
2.4. Формирование рекомендаций по назначению настроечных технологических параметров при гравировании хрупких материалов (на примере минерала).....	73
2.5. Математическое моделирование при гравировании хрупких материалов (на примере минерала).....	85
2.6. Технология компьютерного растривания видеосигнала при гравировании хрупких материалов (на примере минерала).....	92
2.7. Технологическая подготовка художественного изображения для растрового гравирования	98

ГЛАВА 3. РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ДОЛБЛЕНИЕМ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ КОПИРОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 109

3.1. Обоснование технологического процесса чеканки при нанесении ударом художественных изображений на поверхность пластичных материалов	112
3.2. Разрушение поверхности полированных минералов долблением в технологическом процессе копирования художественных изображений	118
3.3. Технологические этапы станочной растровой механической гравировки хрупкого материала (на примере минерала).....	126
3.4. Энергетические передаточные характеристики при гравировании минерала посредством электромеханического преобразователя	142
3.5. Износ долбежных резцов и образование пыли при гравировании минерала	150
3.6. Формообразования лунки перовой фрезой на поверхности материалов методом динамического микро-фрезерования.....	153

ГЛАВА 4. РАСТРОВЫЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	167
4.1. Расчетные соотношения для определения статических характеристик электромеханического преобразователя.....	171
4.2. Расчетные соотношения для определения динамических характеристик электромеханического преобразователя.....	178
4.3. Реализация одно- и двухкатушечных электромеханических преобразователей	187
4.4. Анализ временных составляющих рабочего и обратного перемещений якоря	191
4.5. Динамическая структурная схема и ее описание для следящей растровой головки факсимильно-копировального станка	196
4.6. Моделирование и анализ динамических характеристик катушки и якоря с подвеской электромеханического преобразователя	200
4.7. Математическая модель для определения динамических характеристик электромеханического преобразователя, работающего в условиях долбления твердых материалов	220

ГЛАВА 5. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ЦИКЛОВЫХ СТРУКТУР И СОЗДАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФКС ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ	233
---	------------

5.1. Теоретическое обоснование синтеза цифровых цикловых систем управления	235
5.2. Методы повышения надежности СУ на базе ПК с применением диагностического ядра	249
5.3. Разработка и создание двухуровневой иерархической системы управления для факсимильно-копировальных станков	262
5.3.1. Анализ теоретических основ построения двухуровневых иерархических систем управления	262
5.3.2. Создание двухуровневой иерархической цифровой системы управления	271

ГЛАВА 6. ГАВИРОВАЛЬНЫЙ СТАНОК С СНС ДЛЯ РАСТРОВОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ УДАРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДОЛБЕЖНОГО РЕЗЦА.....	287
6.1. Анализ видов управляющих импульсных последовательностей, работы (колебания и удар) механической части и формирование рекомендаций для пропорциональных растровых электромеханических преобразователей	289
6.1.1. Виды управляющих импульсных последовательностей.....	289
6.1.2. Функционирование механической части электромеханического преобразователя	295
6.1.3. Конструктивные исполнения однокатушечного и двухкатушечного преобразователей	302
6.2. Выбор структурного построения факсимильно- копировальных станков, содержащих пропорциональный растровый электромеханический преобразователь.....	313
6.2.1. Бескомпьютерные факсимильно-копировальные станки с системой управления, содержащей программируемый контроллер	313
6.2.2. Факсимильно-копировальные станки с системой управления, содержащей компьютер и программируемый контроллер	318
Заключение.....	328
Список литературы	332