© И.Н. Миков, И.Л. Мезенцева, М.Х. Магомедов, А.Е. Громов, 2006

УДК 679.8

И.Н. Миков, И.Л. Мезенцева, М.Х. Магомедов, А.Е. Громов

КОМПЬЮТЕРНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО СТАНОЧНОГО ОБЪЕМНОГО ГРАВИРОВАНИЯ НА ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛАХ

Семинар № 23

Техника мозаики широко применяется при создании современного интерьера для изготовления напольных и настенных панно, бордюров, столешниц, картин, вставок в декоративные изделия. Популярна флорентийская мозаика, состоящая из плоских фрагментов цветного камня. Для автоматизации процесса ее изготовления в камнеобрабатывающей отрасли используются гидроабразивные, а также фрезерные станки с числовым программным управлением.

Растет спрос на эксклюзивные мозаичные изделия, проектирование которых требует новых художественных решений. Это возможно путем усложнения фрагментов мозаики. Применение не только плоских, но и объёмных фрагментов, гравирование на них рисунка расширяет возможности художника-дизайнера и позволяет воплотить уникальный творческий замысел. Появляется огромное количество оригинальных вариантов для создания изделия. Например, при изготовлении мозаичного логотипа можно сочетать объёмные элементы с плоскими, при необходимости, наносить на них надписи или изображения.

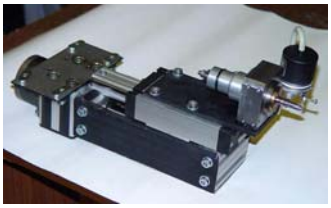
Для изготовления подобного изделия нужно было решить задачу создания новой технологии, совмещающей три метода художественной обработки материала:

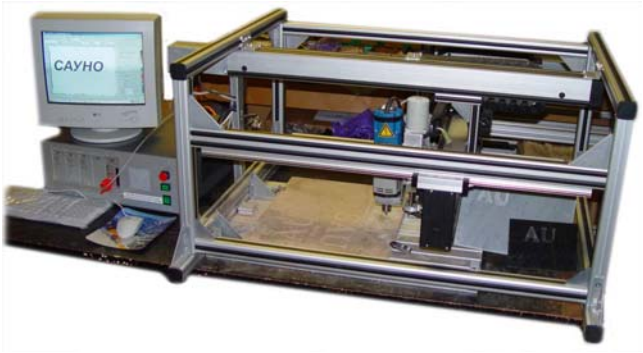
- гравирование методом фрезерования (для получения контурных фрагментов панно и орнаментов с различной глубиной выборки материала; для получения объёмных фрагментов – барельефов);
- гравирование долбёжно-строгальным методом для нанесения плоских надписей и изображений.

Под гравированием здесь мы понимаем станочное нанесение какого-либо художественного изображения на поверхность твёрдого материала посредством удаления части этого материала механическим путём.

В общем случае, при изготовлении деталей, имеющих поверхности сложных художественных форм (например, скульптура), используются 5-ти координатные станки. Наша задача может быть решена с использованием станка, имеющего 3 управляемые координаты. Основная доля фрезерного оборудования, применяемого в камнеобрабатывающей отрасли, - импортного производства (итальянские фирмы HELIOS, INTERMAC, BRETON, BAVELLONI, CIELLE). Изделие, содержащее контурные и барельефные фрагменты, плоские

Долбёжная головка





Фрезерная головка

Рис. 1. Станок - автомат «График 3КМ»

надписи и изображения, было выполнено на оборудовании отечественной разработки – универсальном станке-автомате «График -3КМ» (НПФ «САУНО»), осуществляющем обработку долбёжно-растровым и фрезерно-объёмным методами. Общий вид станка представлен на рис. 1.

Станок позволяет выполнять как плоские, так и объёмные изображения на поверхности камня, дерева, металла, пластика и других материалов. Он оснащен двумя сменными головками – фрезерной и долбёжной (см. рис. 1).

Технические характеристики станка приведены в табл. 1.

Перед тем, как перейти непосредственно к созданию управляющей программы посредством ArtCAM Pro, необходимо разработать эскиз изделия, решив при этом ряд художественных и технологических задач. ArtCAM Pro (Delcam plc, Великобритания) – дизайнерско-технологический пакет, позволяющий комплексно решать задачи технологического проектирования и подготовки производства. Он содержит собственные инструментальные средства для создания и редактирования как растровой, так и векторной графики, но, во

Таблица 1

Технические характеристики станка «График-3КМ» (рабочее поле 600 мм*1200 мм)

Габаритные размеры:	1860*1050*760 (мм*мм*мм)
Масса:	До 120 кг (включая блок управления)
Напряжение питания:	˜ 220 В/50 Гц, ˜ 127 В/60 Гц
Мощность фрезерной головки:	1.05 кВт
Частота вращения шпинделя:	От 11000 до 25000 об/мин (регулируется ступенчато)
Точность позиционирования:	0.025 мм (фрезерная головка), 0,050 мм (ударная головка)
Требования к персональному компьютеру (минимальная конфигурация):	Intel Pentium 100 МГц, 16Мб ОЗУ, жесткий диск 800 Мб, Windows 95/98/Me/ NT/2000/XP

многих случаях, более удобным представляется подготовка изображения в других графических редакторах и последующее импортирование их в ArtCAM Pro. Подготовка изображения проходит, в общем случае, несколько этапов:

1. Оцифровка изображения – введение исходного изображения в компьютер с помощью сканера или цифрового фотоаппарата для последующего его преобразования либо создания на его основе нового изображения. При этом получаем растровое (точечное) изображение, которое можно обрабатывать в любых программах растровой графики (Adobe Photoshop, Corel PhotoPaint). В нашем случае использовался Adobe Photoshop как наиболее универсальный и широко распространенный.

2. Изображение разбивается на фрагменты, каждый из которых будет изготовлен отдельно. Сложность конфигурации контура такого фрагмента зависит от минимально-возможного диаметра применяемого при его обходе инструмента. Впоследствии, линию контура можно при необходимости откорректировать.

3. На этом этапе важно оценить внешний вид будущего изделия, выбрав для каждого фрагмента свой материал заготовки, исходя из эстетических и физико-механических характеристик, а также доступности. Рекомендуется пользоваться заранее составленной библиотекой текстур поделочного камня.

4. Надписи и различные элементы рисунка, наносимые на плоскую поверхность камня, можно создавать в растровом виде (Adobe Photoshop) с последующей векторизацией в ArtCAM Pro, либо сразу в векторном виде (Corel Draw, инструменты ArtCAM Pro). Использовались оба варианта.

5. При создании объемных фрагментов возможны разные способы: моделирование рельефа средствами 3D-графики (3D Studio Max, Maya, инструменты ArtCAM Pro); либо ретушь монохромного полутонового изображения (Adobe Photoshop), из которого, с учетом уровня градации полутона, программой ArtCAM Pro автоматически создается рельеф. Нами использовался последний способ.

6. Импорт полученных изображений фрагментов в ArtCAM Pro и завершение дизайна с учетом технологических особенностей.

ArtCAM Pro - это программный пакет для пространственного моделирования и механообработки, который позволяет автоматически генерировать трехмерные модели из плоских изображений, представленных стандартными форматами графических пакетов: растровыми - BMP, TIF, PCX, GIF, JPEG и векторными EPS, AI, DXF, DWG, WMF и получать по ним изделия на станках с ЧПУ. ArtCAM Pro содержит инструментальные средства для моделирования сложных форм и редактирования сохраненных рельефов, позволяет импортировать готовые объёмные модели в форматах 3DS, STL, DXF, работать со слоями, наносить объемную текстуру на детали и использовать библиотеку пространственных элементов. ArtCAM Pro содержит набор типовых постпроцессоров и конфигурируемый постпроцессор, что позволяет создавать управляющие программы (УП) для любых станков с ЧПУ.

Изготовление фрагмента мозаики в общем случае производится на станке в три этапа с последовательной сменой инструмента. Для каждого вида обработки составляется управляющая программа. Для этого вводятся

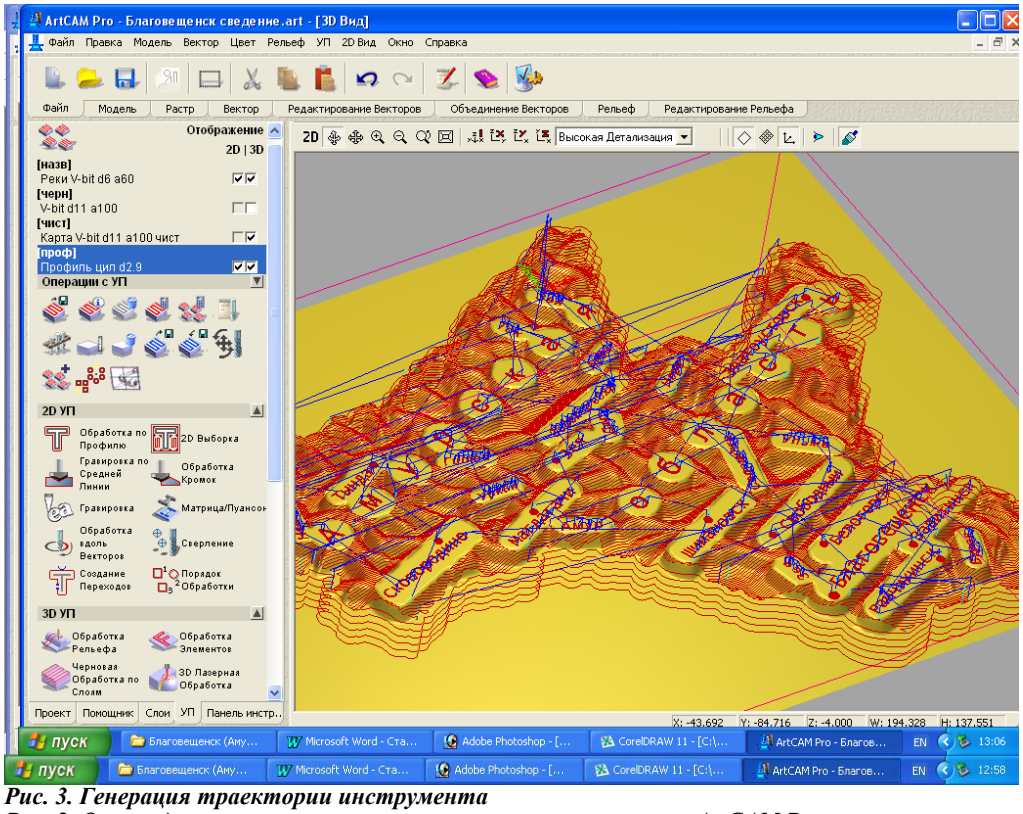


Рис. 3. Генерация траектории инструмента
Рис. 2. Окно задания технологических параметров в программе ArtCAM Pro

следующие технологические параметры (рис. 2):

1) Тип обработки:

-обработка вдоль векторов (используется для нанесения тонких линий, траектория центра инструмента проходит по линиям-векторам рисунка);

-гравировка (используется для выборки материала на постоянную глубину внутри замкнутых контуров рисунка);

-гравировка по средней линии (используется обычно для выборки материала внутри замкнутых контуров за один проход с вариацией глубины);

- обработка рельефа;

- обработка по профилю снаружи.

2) Глубина обработки.

3) Форма и геометрические размеры инструмента.

4) Режимы обработки.

В камнеобработке выбор инструментов и режимов для конкретного материала производится экспериментально. Для повышения эффективности работы с программой оптимальные параметры необходимо заносить в библиотеку инструментов.

Далее программа генерирует траекторию инструмента (рис. 3). Визуализация процесса обработки дает возможность просмотреть на экране результат, максимально соответству-ющий получаемому в материале, что позволяет быстро оценить необходимость корректировки модели и продемонстрировать результат заказчику.

После выбора постпроцессора создается файл с управляющей программой для конкретного станка.

На точность обработки существенно влияет соответствие характеристик применяемого инструмента заданным в программе, а также пог-решность при установке заготовки. Применение инструмента с алмазным напылением, по сравнению с твердосплавным или из быстрорежущей стали, повышает качество обработанной поверхности, снижает риск выкрашивания камня и уровень шума. В качестве СОЖ используется вода, которую рекомендуется подавать непосредственно в зону резания под напором, достаточным для быстрого удаления шлама и охлаждения.

Далее представлен фрагмент управляющей программы для фрезерования элемента барельефа по рассмотренной выше схеме. Расшифровка команд УП приведена в табл. 2.

```
IMF_PBL V1.0 - ARTCAM v5.5
;Material:
;      X Min:-148.730    Y Min:-129.170
Z Min:-4.000
ж     X Max:76.461    Y Max:20.830    Z
Max:0.000
;     X Size:225.191    Y Size:150.000    Z
Size:4.000
;     Thickness:10.000
;
;Home Position: X    0 Y    0 Z2000
;Safe Z: 2.000
SPINDLE CW RPM11000
COOLANT ON
PLANE XY
FASTVEL 8000
FASTABS Z2000
```

```
FASTABS X    0 Y    0
FASTABS X66995 Y-29486 Z2000
VEL 3000
MOVEABS Z500
VEL 300
MOVEABS Z-2000
VEL 3000
MOVEABS X66995 Y-29485 Z-2000
MOVEABS X66988 Y-29633
MOVEABS X66458 Y-29819
MOVEABS X65786 Y-29976
MOVEABS X65500 Y-30028
MOVEABS    Y-27153
MOVEABS    Y-26528 Z-1780
MOVEABS    Y-26028 Z-1697
MOVEABS    Y-25654 Z-1674
MOVEABS    Y-25279 Z-1721
MOVEABS    Y-24904 Z-1831
MOVEABS    Y-24404 Z-1994
MOVEABS    Y-24154 Z-2000
MOVEABS X65414 Y-24145
MOVEABS X65328 Y-24137 Z-1966
MOVEABS X64811 Y-24133 Z-1611
***        ***        ***
MOVEABS    Y-13037 Z-3840
MOVEABS X-126097 Y-13177 Z-4000
MOVEABS X-126444 Y-13436
MOVEABS X-126672 Y-13671
MOVEABS X-126544 Y-13867
MOVEABS X-126461 Y-14098
MOVEABS X-126432 Y-14270 Z-3956
MOVEABS X-126413 Y-14448 Z-3901
MOVEABS X-126413 Y-14818 Z-3822
MOVEABS X-126463 Y-15290 Z-3789
MOVEABS X-126551 Y-15784 Z-3799
MOVEABS X-126671 Y-16154 Z-3876
MOVEABS X-126858 Y-16518 Z-3980
```

Таблица 2

Расшифровка команд управляющей программы

Пример команды	Значение команды
IMF_PBL V1.0 - ARTCAM v5.5	Начало программы.
; Thickness:10.000	Комментарий: толщина материала заготовки 10 мм.
;Home Position: X 0 Y 0 Z2000	Комментарий: начальные координаты обработки в мм.
;Safe Z: 2.000	Комментарий: безопасная высота подъёма инструмента над поверхностью заготовки в мм.
SPINDLE CW RPM11000	Частота вращения шпинделя фрезерной головки 11000 об/мин.
COOLANT ON	Включение охлаждения.
PLANE XY	Обработка в плоскости XY.
FASTVEL 8000	Скорость быстрого перемещения в мкм/с.
FASTABS X66995 Y-29486 Z2000	Быстрое перемещение (со скоростью FASTVEL) в точку с координатами X66995 Y-29486 Z2000 относительно нуля заготовки. Координаты указа-ны в микронах.
VEL 3000	Скорость подачи в мкм/с.
MOVEABS X66995 Y-29485 Z-2000	Перемещение (со скоростью VEL) в точку с координатами X66995 Y-29485 Z-2000 относительно нуля заготовки. Координаты указа-ны в микронах.
COOLANT OFF	Выключение охлаждения.
SPINDLE OFF	Выключение шпинделя.

Рис. 4. Состыкованные фрагменты мозаики

```
MOVEABS X-126913 Y-16607 Z-4000
MOVEABS X-127178 Y-16934
MOVEABS X-127333 Y-17078 Z-4000
MOVEABS Z2000 ; Retract
FASTABS X    0 Y    0
MOVEABS Z2000
COOLANT OFF
SPINDLE OFF
```

По предложенной технологии экспериментально было изготовлено мраморное мозаичное панно «Политико-административная карта Российской Федерации» (1,0 *1,5 м), часть которого показана на рис. 4.

Рельеф гор в нем представлен объемными фрагментами, названия и другие условные обозначения гравированы на плоских участках. Сборка изделия производилась вручную. Окраска гравюры и полирование барельефа выполнено специальными красками и средствами для химической обработки каменной поверхности.

Заключение

Предложенная технология проектирования и изготовления мозаичного панно из плоских и объёмных фрагментов с гравировкой позволяет:

- повысить художественную ценность изделий,
- улучшить качество гравировальных работ,
- сократить время разработки, технологического проектирования и изготовления эксклюзивной художественной мозаики из камня за счет применения специализированных программных средств и 3-х координатных станков с ЧПУ, обеспечивающих автоматизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Миков И.Н., Морозов В.И., Павлов Ю.А.* Технологические принципы факсимильного механического копирования. - М.: Автоматизация и современные технологии, №5, 2000 г. - с. 18…23.

2. *Гравировально*-фрезерный станок-автомат «График 3К/3КМ». Руководство по эксплуатации. М.: ООО НПФ «САУНО», 2003.

3. *Павлов Ю.А.* Компьютерные системы проектирования и подготовки производства промышленных изделий из камня: Учебное пособие для студентов специальности 121200 (ТХОМ) в трех частях. - М.: МГГУ, 2003.

4. *ArtCAM Pro.* Руководство пользователя.

Коротко об авторах

Миков И.Н. – доктор технических наук, доцент,
Мезенцева И.Л.
кафедра «Технология художественной обработки материалов», Московский государственный горный университет.
Магомедов М.Х., Громов А.Е. – НПФ САУНО.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
СТАСЬ Галина Викторовна	Методика расчета количества воздуха для очистных и подготовительных участков шахт Подмосковного бассейна по радоновыделению	05.26.01	к.т.н.
ФИРСАНОВ Евгений Станиславович	Разработка метода расчета обделок параллельных взаимовлияющих тоннелей произвольного поперечного сечения	25.00.20	к.т.н.