

Модельщик 2000:

системы



сканирования

Письмо к дизайнерам-модельщикам от отдела исследований фирмы CIELLE

Качество ручной работы и способность истинного мастера-модельщика к воплощению самых изощренных идей разработчика-дизайнера непрерывно растут. С течением времени верстак ремесленника превратился в современную лабораторию, в которой создаются уникальные и неповторимые изделия. По своему облику они приближаются к настоящим произведениям искусства, постоянно увеличивая значение модельных прототипов в современном производстве.

В эпоху серийного производства, которое в массовом порядке воспроизводит модельные прототипы, созданные умелыми руками дизайнеров, CIELLE представляет свой проект «Модельщик 2000».

Целью проекта было создание концепции и определение состава конкретных типов систем трехмерной оцифровки (реальных моделей-прототипов для различных уровней детализации и видов снимаемого рельефа. — **Прим. ред.**). Главной чертой проекта является бережное и уважительное отношение к оригинальному образцу как при построении системы 3-D оцифровки, так и при организации самой съемки.

Гибкость решений обеспечивает четкое согласование творческих требований и возможностей производства таким образом, чтобы обеспечить необходимый уровень точности при сопоставимом уровне затрат.

Большое внимание в проекте было уделено созданию ясных и понятных книг-описаний, которые помогают в построении индивидуальных решений для различных профессиональных областей.

Проект «Модельщик 2000» приближает воплощение мечты дизайнеров-модельщиков — иметь возможность создавать копии своих уникальных изделий.

Дизайнер-модельщик, вручную создающий объемную модель, многие годы являлся одной из главных фигур современного промышленного производства. Современные компьютерные системы объемного моделирования и машинной обработки тоже позволяют выполнить подобные изделия. Однако этот метод связан со значительными затратами на приобретение специализированного оборудования и CAD-CAM программ. Кроме того, очень трудно и дорого найти компетентного профессионала, который смог бы эффективно их использовать.

Поэтому в процессе запуска какого-либо изделия в серийное производство нередко возникает вопрос, как лучше изготовить литевые формы и штампы: сохранить ручное производство моделей или перейти на технологию CAD-CAM, даже если это потребует на первом этапе избыточных вложений и длительного времени на обучение?

Фирма CIELLE, известный производитель фрезерно-гравировальных станков, нашла такой ответ на этот вопрос, который сочетает достоинства ручного моделирования и технологических инноваций, сохраняя суммарные затраты на адекватном уровне. Согласно подходу CIELLE, дизайнер-модельщик, как и раньше, вручную создает объемную модель будущего изделия, а затем эта модель оцифровывается с помощью современных средств объемного сканирования. Литейные формы проектируется и изготавливается в CAD-CAM системе на основе ее цифрового образа.

Оцифровка позволяет ввести в компьютерную среду сложный ре-

льеф поверхности модели для выполнения простого копирования или использования ее цифрового образа в качестве исходных данных для проектирования и изготовления технической документации и технологической оснастки.

Последовательное считывание координат трехмерных профилей позволяет реконструировать поле точек, которое может считаться отображением считываемой поверхности с заданной большей или меньшей точностью. После соответствующей обработки цифровой модели она может использоваться в дальнейшем производстве, например, как база для расчета рабочей программы изготовления копии или ее масштабирования.

В системах 3-D оцифровки фирмы CIELLE используются три различных способа. Все они зарекомендовали себя как весьма надежные. Они отличаются между собой скоростью съемки, пространственным разрешением, проработкой деталей с различной морфологией и, естественно, ценой:

- тактильное однонаправленное измерение с помощью механического датчика;
- лазерное измерение с линейной триангуляцией;
- лазерное измерение с круговой триангуляцией.

Выбор типа измерительной системы целиком и полностью определяется требованиями к выполняемым измерениям. Для того чтобы сделать правильный выбор, следует учитывать различия в производительности, уровне точности и возможности построения аналитических формул описания поверхности. Наконец, необходимо получить

данные по экономической эффективности и итоговое значение отношения цена/функциональность.

Все эти типы измерительных систем включают в себя три компонента:

- трехмерный пантограф (фрезерный станок);
- считывающую головку (тактильную или лазерную);
- специальное программное обеспечение.

Благодаря наличию законченных решений весь процесс от измерения до производства протекает не только просто, но и быстро. Более того, соотношение цена/функциональность весьма привлекательно. Так, система считывания и изготовления форм на базе станка ALFA 16/10, тактильной измерительной головки и программного обеспечения Incisat Mode стоит около 15000 долларов США. Это весьма конкурентоспособное значение по сравнению с суммарной стоимостью отдельных компонентов.



Более точные системы CIELLE поставляются на базе более солидных станков, прецизионных лазерных измерительных головок и более изощренного программного обеспечения. Несмотря на то, что они удовлетворяют самым различным требованиям, их стоимость также ниже суммарной стоимости компонентов.

Оцифровка с помощью тактильной измерительной головки

Свою первую электронно-механическую измерительную систему фирма CIELLE создала в 1989 году для обеспечения возможности производить прецизионные измерения глубины обработки поверхностей, параллельность которых к основа-

нию не гарантировалась. В частности, она использовалась при обработке перфорированных листов из нержавеющей стали.

Современная тактильная измерительная головка представляет собой электронное устройство, дополняющее рабочий шпиндель. Щуп головки приходит в соприкосновение с поверхностью обрабатываемого изделия в опорных точках построения при перемещении головки вдоль осей X и Y над сканируемой поверхностью. Щуп имеет скользящую посадку по оси Z, поэтому траектория наконечника щупа в опорных точках измерения повторяет сечение профиля поверхности в направлении перемещения головки.

Тактильная измерительная головка оснащена микрометрическим сенсором перемещения щупа с рабочим ходом по вертикали 20–25 мм. *(Положение щупа по оси Z в точках контакта со сканируемой поверхностью преобразуется в значение третьей координаты, что при известных значениях по осям X и Y, которые задаются управляющей программой, однозначно определяет пространственные координаты считываемой точки поверхности. Полное сканирование поверхности позволяет построить пространственную сеть, определяющую цифровую модель сканируемого изделия. — Прим. ред.)*

Связанная с цифровым контроллером и перемещаемая станком по командам программы гравировки, головка автоматически сканирует поверхность только на том участке, где должна производиться гравировка. Эта процедура делает возможным получить точную информацию о рельефе поверхности, подлежащей гравировке. *(В принципе гравировка по криволинейной поверхности возможна с помощью гравировальной насадки и плавающего шпинделя той же фирмы CIELLE. Однако применение такой технологии возможно лишь при гравировке поверхностей с небольшими уклонами и без резких перепадов по высоте. Кроме того, возможно попадание стружки под упорную поверхность насад-*

ки, что, как правило, приводит к ошибкам по глубине гравировки и/или к появлению на обрабатываемой поверхности царапин. — Прим. ред.)

Скорость формирования цифровой модели рельефа сканируемой поверхности связана с двумя базовыми факторами процесса. Это:

- Скорость электронного механического сканирования, которая зависит от заданного шага опорных точек сети. При задании большего шага сканирование происходит быстрее *(в квадратичной зависимости. — Ред.)*.
- Построение профиля поверхности, который может иметь и физические ограничения числа опорных точек.

Необходимо отметить, что и до сих пор, по прошествии десяти лет, тактильные измерительные системы являются наиболее надежными в области 3-D сканирования.

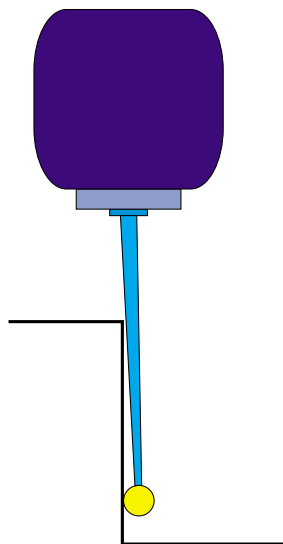
Оцифровка с помощью трехкоординатной тактильной измерительной головки

Трехкоординатная тактильная измерительная головка, так же как и однокоординатная, перемещается вместе с рабочей головкой станка, к которой она крепится, и позволяет сканировать трехмерные объекты с помощью механического щупа. В отличие от однокоординатной тактильной головки, которая измеряет перемещение наконечника щупа вдоль оси Z, эта головка позволяет считать координаты



ты его наконечника также и по осям X и Y.

Получение исчерпывающей информации о положении наконечника по трем осям гарантирует более высокую точность, в частности в случае сканирования вертикальных поверхностей, при измерении которых однокоординатный пробник вообще может быть сломан.



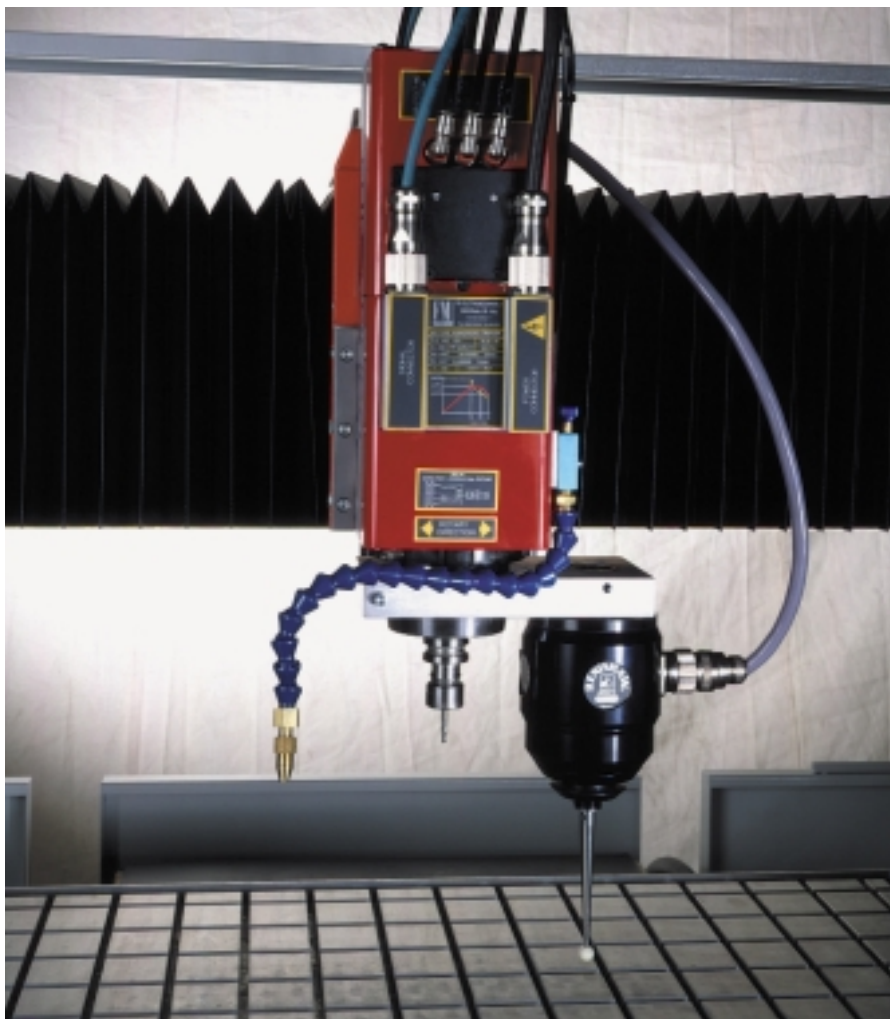
По сравнению с бесконтактными лазерными системами, описываемыми ниже, главным достоинством такой тактильной головки является возможность измерения высоких вертикальных поверхностей. Кроме того, отпадает необходимость в постпроцессоре фильтрации шума считывания, возникающего при лазерных измерениях, а в случае бликующих поверхностей не нужно производить их окрашивание перед измерениями.

Эта головка, как и все другие типы механических измерительных систем, не может применяться для сканирования моделей из пластичных материалов.

Оцифровка с помощью лазерной измерительной головки с линейной триангуляцией

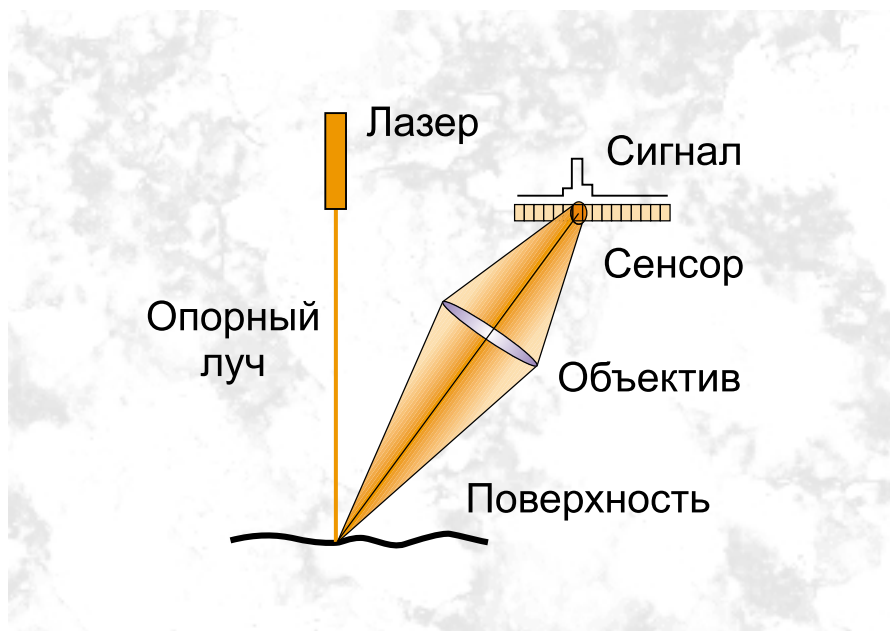
Эта головка представляет собой электронно-оптическое устройство, прикрепляемое к рабочей головке станка (фрезерной или гравировальной). Устройство перемещается по координатам X, Y и Z с помощью механизма станка, и это позволяет считать рельеф сканируемой поверхности модели.

Получение этой информации достигается следующим образом.



На сканируемую поверхность проецируется опорный лазерный луч, а отраженный свет собирается объективом линейного оптического сенсора, расположенного в той же измерительной головке. Простой

триангуляционный расчет дает расстояние между измерительной головкой и сканируемой точкой поверхности, которое легко пересчитывается в значение Z-координаты этой точки поверхности. Следова-

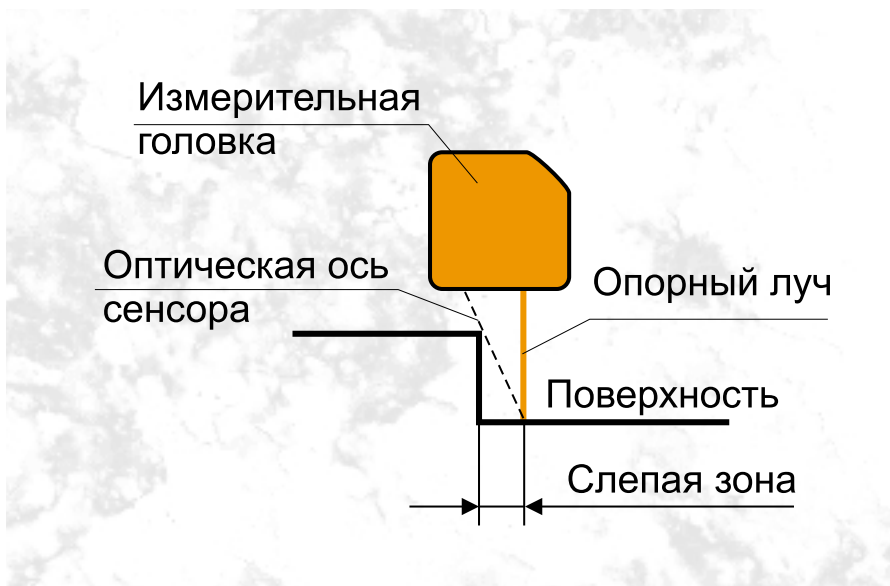


тельно, этот тип лазерного измерения применяет принцип линейной триангуляции, при этом используется только небольшая часть отраженного света, попадающего на единственный оптический сенсор, расположенный на головке. Такой способ обеспечивает высококачественное сканирование большого количества типов поверхностей.

Физические особенности лазерных измерений не требуют контакта измерительной головки со сканируемой поверхностью, позволяют использовать этот метод для сканирования нежестких изделий, изготовленных, например, из пластика или воска. Таким образом бесконтактный лазерный метод сканирования — это неразрушающий метод.

ный от поверхности свет опорного луча лазера может не достичь оптического сенсора, поскольку его оптическая ось перекрывается самой ступенькой сканируемого рельефа.

И наконец, если поверхность сканируемой модели слишком хорошо отражает падающий свет (*например бликует. — Прим. ред.*), то ее перед сканированием потребуются покрыть матовой краской. После сканирования также потребуются произвести (двумерную. — *Прим. ред.*) фильтрацию считанного рельефа специальным программным обеспечением для подавления шума считывания. Шум считывания имеет врожденное для лазеров происхождение и проявляется в виде дополнительной шероховатости. Вместе с лазерной изме-



Тот факт, что сканируемый объект не требует жесткого закрепления на рабочем столе, поскольку во время измерений не смещается от воздействия измерительной головки, гарантирует более высокую скорость сканирования, поскольку уменьшается продолжительность подготовительных операций. Кроме того, и сами измерения могут производиться быстрее, поскольку измерительный инструмент не подвергается риску разрушения благодаря отсутствию механического контакта со сканируемой моделью.

Однако в противоположность тактильному способу этот тип лазерных измерений не позволяет сканировать поверхности с крутыми и глубокими ступеньками. При попытке их сканирования отражен-

ной головкой CIELLE предоставляет программное обеспечение собственной разработки для фильтрации шума считывания, которая обеспечивает отличное качество оцифровки рельефа.

Оцифровка с помощью лазерной измерительной головки с круговой триангуляцией

Эта головка представляет собой электронно-оптическое устройство, которое так же, как и головка с линейной триангуляцией, прикрепляется к рабочей головке станка. Опорный лазерный луч точно так же проецируется на поверхность сканируемой модели.

Отличие заключается в том, что она оснащена кольцевым оптиче-

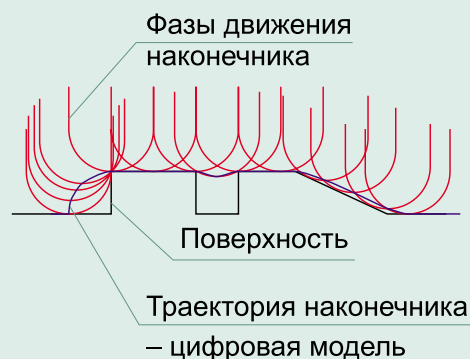
Области применения механического сканирования (Прим. ред.)

Механическое сканирование позволяет весьма точно отсканировать сложные объекты из непластичных материалов, например, модели новых изделий бытовой техники, создаваемые дизайнерами. Полученные цифровые данные о рельефе поверхности этих изделий могут использоваться в САПР.

САПР позволяют произвести зеркальное пространственное отражение рельефа модели относительно любой плоскости, сформировать офсетную поверхность с заданным припуском на толщину формируемого материала, произвести не только простое масштабирование, но и градирование — подгонку по типоразмерному ряду, расчлнить рельеф на сегменты, добавить конструктивные и технологические элементы. Подготовленные таким образом рельефы используются при проектировании сложных литевых форм и штампов.

Другим и весьма интересным аспектом является применение 3-D сканирования для гравировки криволинейных поверхностей, например, для нанесения маркировочных надписей на готовые детали. В этом случае с помощью тактильной головки производится сканирование поверхности только в зоне будущей надписи. Полученные данные используются для коррекции траектории режущего инструмента по оси Z во время выполнения гравировки.

К сожалению, точность измерения рельефа ограничивается размерами наконечника механического щупа тактильной головки, контактирующего с поверхностью измеряемой модели. Рисунок демонстрирует причины возникновения погрешности механических систем измерения. Хорошо видно, как происходит сглаживание ступенчатого рельефа.



Если в последующем считанная поверхность будет воспроизводиться, то ступенчатые перепады в полученной модели необходимо подкорректировать.

ГРАВИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

ким сенсором. Отраженный поверхностью свет собирается на поверхности сенсора в виде окружности, радиус которой увеличивается



при увеличении расстояния до сканируемой поверхности.

Триангуляционный расчет по усредненному радиусу окружности позволяет определить расстояние до измеряемой точки и в конечном

итоге оцифровать сканируемую поверхность.

Достоинства круговой триангуляции по сравнению с линейной заключаются в следующем:

- Обеспечивается более высокая достоверность измерений, поскольку используется информация от множества ячеек сенсора, засвечиваемых окружностью света, отраженного единственной площадкой, освещенной опорным лучом.
- Уменьшается шум считывания, поскольку при измерениях производится усреднение по большому числу значений, формируемых множеством ячеек сенсора.
- Увеличивается диапазон рабочих углов уклона сканируемых поверхностей. Это достигается тем, что всегда засвечивается хотя бы часть сенсора, что позволяет произвести необходимые вычисления.
- Имеется возможность установки дополнительной фокусирующей системы для повышения пространственного разрешения в меньшем рабочем поле.

Достоинства лазерных измерительных систем с круговой триангуляцией, как и у лазерных систем других типов, по сравнению с механическими системами базируются на самом принципе бесконтактных измерений. Они также обеспечивают более высокую скорость сканирования и не по-

вреждают поверхность сканируемых моделей.

В соответствии со своими требованиями пользователь может выбрать любую из нескольких моделей измерительных головок, отличающихся глубиной рабочего поля, лежащей в пределах от 10 до 50 мм, и рабочим отрезком (расстоянием от головки до поверхности) в пределах от 43 до 140 мм.



Тип измерительной головки	Рабочее поле, мм	Рабочий отрезок, мм	Максимальный угол уклона поверхности, град.	Размер рабочего пятна, мм
Головка с линейной триангуляцией	20	40	70	0,09-0,05
Головка с круговой триангуляцией				
ОТМ 310	10	43,5	80	0,1-0,15
ОТМ 320	20	58,5	80	0,15-0,2
ОТМ 350	50	140	80	0,2
ОТМ 350 с линзой	20	140	80	0,2

Андрей Макачев и Александр Чайкин
Фирма "ЛИР"
тел. (095) 795-3990
e-mail: lermc@dol.ru