



## ОБРАБОТКА ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

П. ЗАЙФФАРТ, Р. ГЕДЕ («Инжинертекик унд Машиненбау ГмбХ», г. Росток, Германия)

Гибкий способ обработки изображений для сварочных роботов, разработанный компанией ИМГ и используемый судостроительной компанией «ВАДАН ярдс МТВ», позволяет быстро получать систему программирования робота. Она обеспечивает точность установки робота после согласования системы обработки изображений и системы программирования робота до  $\pm 0,5$  мм.

*Ключевые слова:* роботизированная сварка, угловое соединение, обработка изображений, программирование робота, сварка микропанелей, сварка в судостроении

Основными деталями при строительстве судов являются плоские и искривленные панели размером до 20×40 м и более, а также микропанели различных форм и размеров от 2×2 до 4×16 м. В контейнеровозе среднего размера, рассчитанном на 2000 контейнеров, приходится около 2500 или более различных микропанелей. Для изготовления микропанелей, состоящих из пластин и ребер жесткости, используют различные технологии. На судовой верфи для монтажа и сварки микропанелей применяют роботы (рис. 1, 2). Ввиду наличия множества различных типов конструкций микропанелей существует необходимость в программировании многофункциональных роботизированных систем, которые осуществляют перемещение роботов в трехмерных координатах при использовании различных параметров режима сварки. В судостроении при изготовлении каждой микропанели применяют определенную программу сварки. Для всех известных методик программирования робота требуется либо дополнительная информация об изделии в виде данных автома-

тизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), либо работа в интерактивном режиме. Классическое программирование сварочных роботов, используемых при изготовлении микропанелей, выполняется независимо от реально существующего изделия и схемы производства, используя данные АСУ ТП в сочетании со сложными операциями, которые осуществляют в интерактивном режиме. Программирование выполняют задолго до начала производства, при этом требуется наличие точных данных об их конструкции. К сожалению, при производственном потоке невозможно учесть все изменения в конструкции, а следовательно, и в цифровых данных о ней.

Для достижения высокой степени точности при автоматизированном программировании роботов на линии по производству микропанелей (рис. 1, 2) предприятие «Инжинертекик унд Машиненбау ГмбХ» в сотрудничестве с компаниями АвиКОМ и ТСВЕ сконструировало, разработало и внедрило в производство быстродействующую систему обработки трехмерных изображений. На рис. 3 представлена схема системы обработки трехмерных изображений, а на рис. 4 — схема модулей управления этой системой.



Рис. 1. Монтажный портал для ребер жесткости на линии по производству микропанелей

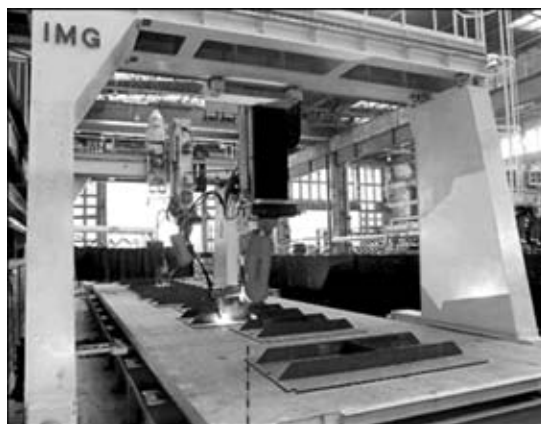


Рис. 2. Сварочный пост на линии по производству микропанелей, использующий два робота (до переоснащения линии)

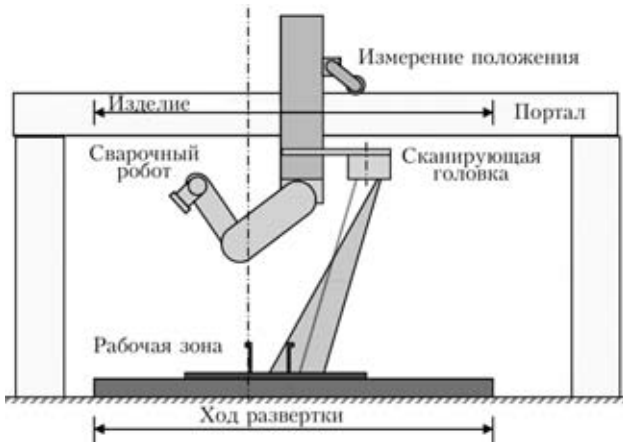


Рис. 3. Схема системы обработки трехмерных изображений при программировании робота

Основной частью новой промышленной измерительной системы с трехкоординатным сканером является камерная сканирующая головка, созданная по современной технологии, которая измеряет трехмерные данные в соответствии с принципом лазерной триангуляции. Для измерения трехмерной формы используют внешний линейный лазерный источник. Лазерный генератор, установленный на роботе, проецирует лазерную линию на рабочую зону с расстояния около 2 м по высоте. Камера, направленная на эту линию под углом, фиксирует кривую, которая повторяет профиль объекта по высоте. Таким образом, измерив отклонения лазерной линии от воображаемой прямой контрольной линии, можно вычислить высоту объекта.

Сканирующая головка робота перемещается вдоль рабочей зоны, при этом образуются срезы контура объекта. Их совокупность (или трехмерных профилей) дает полное представление о форме объекта. Уникальная технология с использованием камеры позволяет определить положение лазерной линии и получить информацию об изображении объекта в координатах лазерной головки, которые затем передают на персональный компьютер (ПК). Операции по получению трехмерных изображений система выполняет очень быстро и точно.

В камере сканирующей головки применяют несколько различных способов создания трехмерных профилей, которые отличаются скоростью и разрешением по высоте. Гибкость камеры используется для оптимизации результатов конкретной задачи сканирования.

При измерении деталей, скрытых для поля зрения камеры, существуют два типа ограничений: перекрытие камеры, если лазерная линия закрыта от камеры объектом, и перекрытие лазера, если лазер не мо-

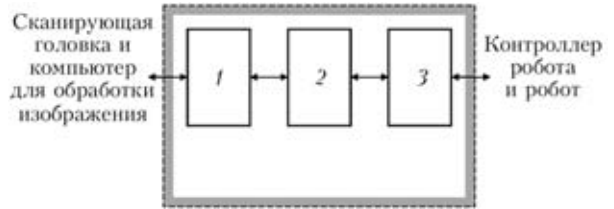


Рис. 4. Схема модулей управления системы обработки изображений при программировании робота: 1 — математическое обеспечение для обработки изображений; 2 — система программирования в неавтономном режиме; 3 — макроуправление сервером управления

жет соответствующим образом осветить части объекта из-за угла его проекции. Путем регулировки углов сканирующей головки и лазера перекрытие можно уменьшить. Кроме того, используются две сканирующие головки с двумя лазерными источниками, освещающими микропанели (и особенно профили) с противоположных сторон.

Трехмерное поле зрения измерительной системы представляет собой трапециевидный участок, на котором лазерная линия пересекает поле зрения камеры. Только на этом участке камера осуществляет трехмерное изображение. Поле обзора камеры задается с помощью выбора параметров линзы и математического обеспечения. Разрешение измерений по высоте зависит от угла между лазером и камерой (по мере его увеличения разрешение возрастает) и выбранного трехмерного способа измерения. Если алгоритм определения профиля имеет высокую точность, то максимальная скорость определения профиля будет ограничена по сравнению с менее точным, но более быстродействующим алгоритмом.

Максимальная скорость определения профиля зависит от сочетания выбранного трехмерного способа измерения, требуемых разрешения и высоты измеренного участка. Скорость определения профиля может быть увеличена путем уменьшения, например, длины участка, используемого для контроля объекта по высоте. Однако следует отметить, что скорость определения профиля зависит также от количества света, отраженного от объекта.

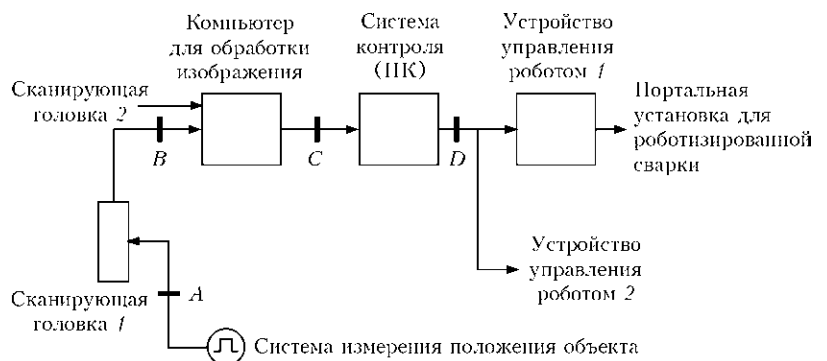


Рис. 5. Схема обработки данных для двух роботов (от сканирующей головки до сварочного робота)

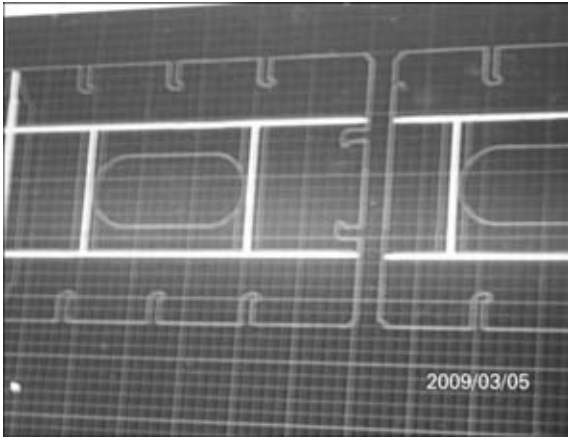


Рис. 6. Микропанель на экране ПК для дальнейшей обработки данных на более высоком уровне

Поток данных о профилях синхронизируют с движением робота с помощью внешнего кодировщика. При этом результаты измерения длины объекта и его масштаб в направлении движения будут правильными даже при изменении скорости движения объекта (рис. 5).

Все параметры оптимизированы для сканирования микропанелей в производственных условиях. Скорость сканирования равна 0,5 м/с и не зависит от условий освещения. Разрешение трехмерных точек составляет около 1 мм по  $x$  и  $y$  и 2 мм по  $z$ . Следует учесть, что разрешение в пределах поля зрения отличается в зависимости от высоты точек. Диапазон измерения по  $z$  составляет 400 мм.

Путем расчета определены общее время сканирования, а также время, необходимое для сканирования и обработки данных. Хотя скорость сканирования могла быть и выше (до 1 м/с), время этого процесса можно сократить за счет обработки данных параллельно со сканированием.

Сканирование осуществляют полосами шириной 1,2 м и длиной 16,0 м в обратном порядке относительно движения вперед и назад. Вся рабочая зона состоит максимально из четырех полос для каждой сканирующей головки.

Flexible image processing for welding robots developed by IMG Company and used by WADAN Yards MTV Shipbuilding Company allows quickly generating the robot programming system. The accuracy of the robot positioning is  $\pm 0,5$  mm after the shake hand process between the image processing system and programming system.

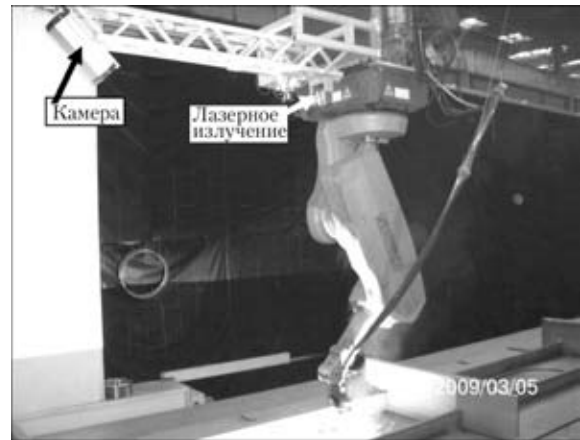


Рис. 7. Внешний вид робота с системой автоматизированного программирования путем обработки изображений, используемого для выполнения работ на судовой верфи

Данные об измеренных трехмерных точках в плоскости лазера обрабатывают с помощью сложных математических алгоритмов для вычисления их реальных координат в основном в ходе процесса сканирования параллельно вводу трехмерных точек. Кроме того, из полученных данных выделяют информацию о форме объекта (плоскостях панели, плоскостях и контурах профиля). Вся рабочая область сканируется приблизительно за 3,5 мин. При этом уже имеется информация о форме объекта для обработки на высоком уровне с целью определения его окончательной геометрической формы (рис. 6).

На рис. 7 показана сканирующая консоль с двумя лазерными источниками и камерой, закрепленной на переоснащенном роботе.

Описанная система позволяет создать быстродействующую и гибкую производственную систему для микропанелей без какой-либо связи с центральной компьютеризированной системой судовой верфи. Эта автономная система является независимой, гибкой и имеет высокую производительность.

Поступила в редакцию 14.01.2010