



ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ,
СИНТЕТИЧЕСКИХ

АЛМАЗОВ И ИНСТРУМЕНТА» (ОАО «ВНИИАЛМАЗ»)

107996, Москва, И 110, ГСП-6, ул. Гиляровского, 65

(495) факс 688-99-42, т. 681-59-07 e-mail: vnialmaz@list.ru, www.vnialmaz.ru

ОГРН 1057747180248 ИНН 7702566199 КПП 770201001

Радиальная сварка трением

Радиальная сварка трением является разновидностью ротационной сварки и используется в основном для сварки труб. Ее основным достоинством является отсутствие вращения свариваемых компонентов. Соединение формируется за счет тепла, выделяющегося при трении вращающегося кольца, находящегося на стыке свариваемых труб. Кольцо изготавливается из того же материала что и свариваемые детали. Законцовки деталей имеют V-образную разделку, а внутренняя поверхность кольца соответствующей формы выступ (рис. 1.). Кольцо обжимается радиальными силами. Во внутреннюю полость помещается стержень из термостойкого материала, который извлекается после сварки. При необходимости выступающая часть кольца может быть в дальнейшем удалена механической обработкой.

Этим способом сваривают трубопроводы из обычных и нержавеющей сталей. По сравнению с электродуговой и газовой сваркой радиальная сварка трением обеспечивает более высокое качество шва.

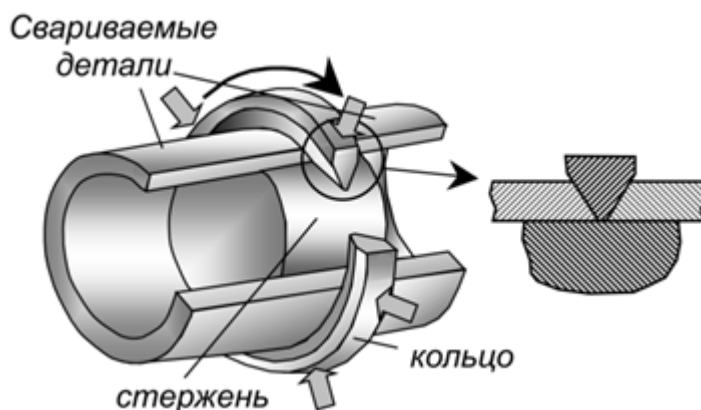


Рис.1. Схема радиальной сварки трением.

Перемешивающая сварка трением

Перемешивающая сварка трением (ПСТ) является одним из новейших способов сварки (запатентована в 1991 году). Она выполняется торцом вращающегося инструмента, перемещающегося в направлении сварки (рис. 2). Диаметр инструмента выбирается несколько меньшим, чем глубина сварки. Рабочая поверхность инструмента имеет специальный профиль (рис. 3, 4). Пластифицированный тепловыделением металл за счет сил трения закручивается относительно оси вращения инструмента. В процессе перемещения инструмента по стыку свариваемых поверхностей происходит перемешивание и перенос металла с формированием сварного шва. ПСТ целесообразно использовать для сварки материалов толщиной 1,6...30мм. Согласно данным компании TWI этот способ сварки трением позволяет за два прохода с разных

сторон сваривать алюминиевый лист толщиной 75 мм. Технология ПСТ наиболее широко используется для сварки алюминиевых сплавов. К другим материалам, свариваемым ПСТ, относятся: медь и ее сплавы, свинец, магниевые сплавы, стали, сплавы на титановой и никелевой основах, термопластичные полимеры.

Инструменты для ПСТ изготавливают из инструментальных сталей (сварка пластиков и легкоплавких металлов), быстрорежущих сталей (сварка алюминиевых и магниевых сплавов), металлокерамических твердых сплавов и минералокерамик, специальных композиционных материалов (сварка алюминиевых сплавов, сталей, сплавов на никелевой и титановой основах). При выборе инструментального материала стремятся избежать намазывания отщесняемого металла на поверхности инструмента. Для этих целей могут быть использованы специальные покрытия.

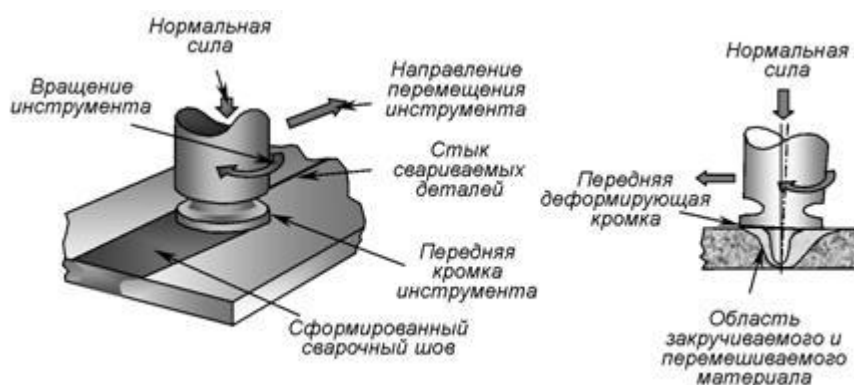


Рис. 2. Схема ПСТ.

Основными преимуществами ПСТ являются:

- высокая прочность сварного шва;
- отсутствие необходимости в присадочной проволоке;
- малый расход энергии;
- отсутствие пористость;
- отсутствие особых требования к процессу сварки;
- отсутствие необходимости в механической обработке после сварки;
- практически полное отсутствие коробления и термических деформаций;
- уменьшение производственного цикла на 50...75% по сравнению с обычными способами сварки;
- не требуется подготовка кромок под сварку и обработки шва после нее.

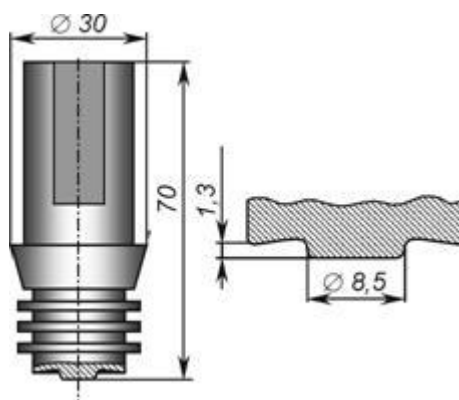


Рис. 3. Конструкция инструмента, применяемого для сварки листов толщиной 8 мм из алюминий-литиевого сплава.



Рис. 4. Рабочие части инструментов используемых при ПСТ: а – традиционная конструкция инструмента; б – инструмент для получения глубоких швов; в – инструмент со специальной формой торца. Показан намазанный на выступ свариваемый металл.

При ПСТ достигается высокое качество сварки (рис. 5). Деформация и перемешивание металла в твердой фазе иногда создает микроструктуры более прочные, чем основной материал. Обычно, прочность на растяжение и усталостная прочность сварного шва составляет 90% от этих характеристик для основного материала. Сварка может выполняться в различных позициях (вертикальной, горизонтальной, под наклоном, снизу вверх и т.д.), поскольку силы гравитации, в данном случае, не играют никакой роли. Перемещение инструмента или детали может производиться в различных направлениях и по программе. По мнению западных специалистов, этот процесс является революционным в области сварки листовых материалов.

Основными параметрами режима ПСТ являются:

- скорость вращения инструмента;
- характер вращения инструмента (вращательный, возвратно-вращательный, направление и скорости вращения наружных и внутренних частей инструмента);
- скорость сварки;
- конструкция, форма и геометрические характеристики рабочей части инструмента;

- угол наклона инструмента к поверхности детали.

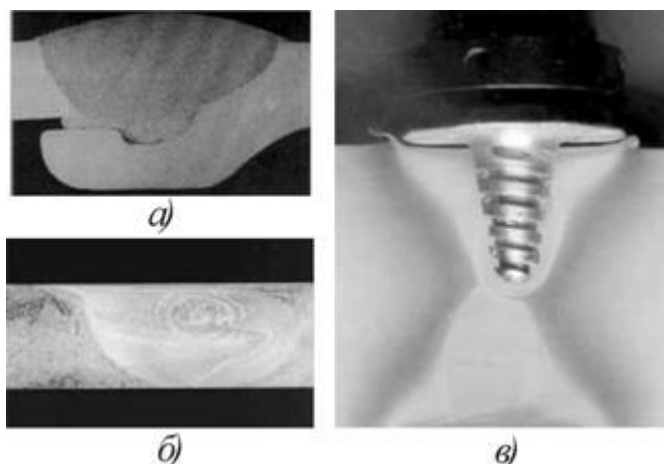


Рис. 5. Макроструктуры швов полученных сваркой плавлением (а), ПСТ (б) и двухсторонняя сварка (в).

При ПСТ формируется шов, в структуре которого можно выделить несколько основных зон: «ядро» сварки, состоящее из термопластически деформированного материала перенесенного выступом инструмента, зону термопластической деформации и зону термического влияния

При традиционной схеме ПСТ наблюдается асимметричная структура «ядра» связанная с однонаправленным перемещением материала (рис. 6 , а). Для того, чтобы избежать такой асимметрии сварку выполняют с возвратно-вращательным движением инструмента (рис. 7). В этом случае реверс производится через один или несколько, например, пять оборотов инструмента.

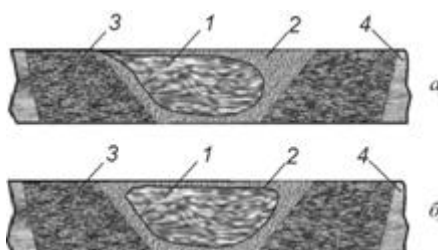


Рис. 6. Структура швов, получаемых при ПСТ с однонаправленным вращением инструмента (а) и возвратно-вращательным (б): 1 – «ядро» сварки, перенесенный инструментом термопластически деформированный материал; 2 – зона термопластической деформации; 3 – зона термического влияния; 4 – исходный материал.

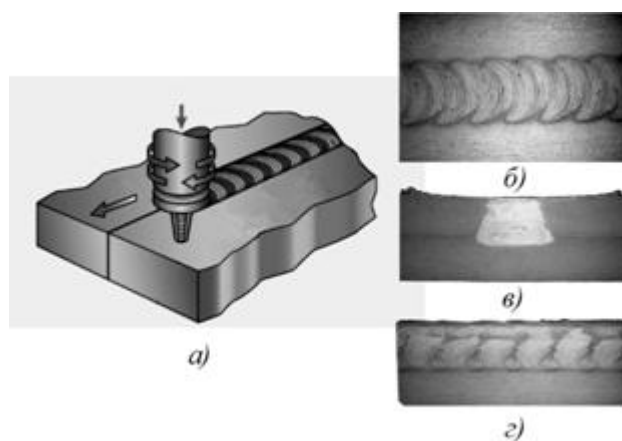


Рис. 7. ПСТ с возвратно-вращательным движением инструмента: а – схема сварки; б – вид сварного шва; в – сечение перпендикулярное направлению шва; г – сечение вдоль шва.

Для управления структурой шва могут использоваться специальные инструменты имеющие наружную и внутреннюю части (рис. 8). Вращение этих частей может выполняться с различными скоростями в одном или противоположных направлениях. Наружная часть может выполняться, например, из материала свариваемых деталей. В этом случае в процессе сварки она играет роль присадочного материала, переносимого на поверхность свариваемого изделия.

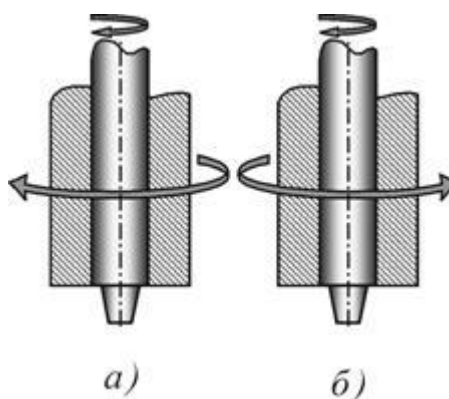


Рис. 8. Инструменты с наружной и внутренней частями, вращающимися в одном (а) и противоположных (б) направлениях.

В последние годы для ПСТ разработаны установки различных типоразмеров и компоновки, позволяющие сваривать как листовый материал, так и пространственные конструкции, цилиндрические детали и трубы (рис. 9).

ПСТ могут быть, в частности получены сварные соединения, показанные на рис. 10.

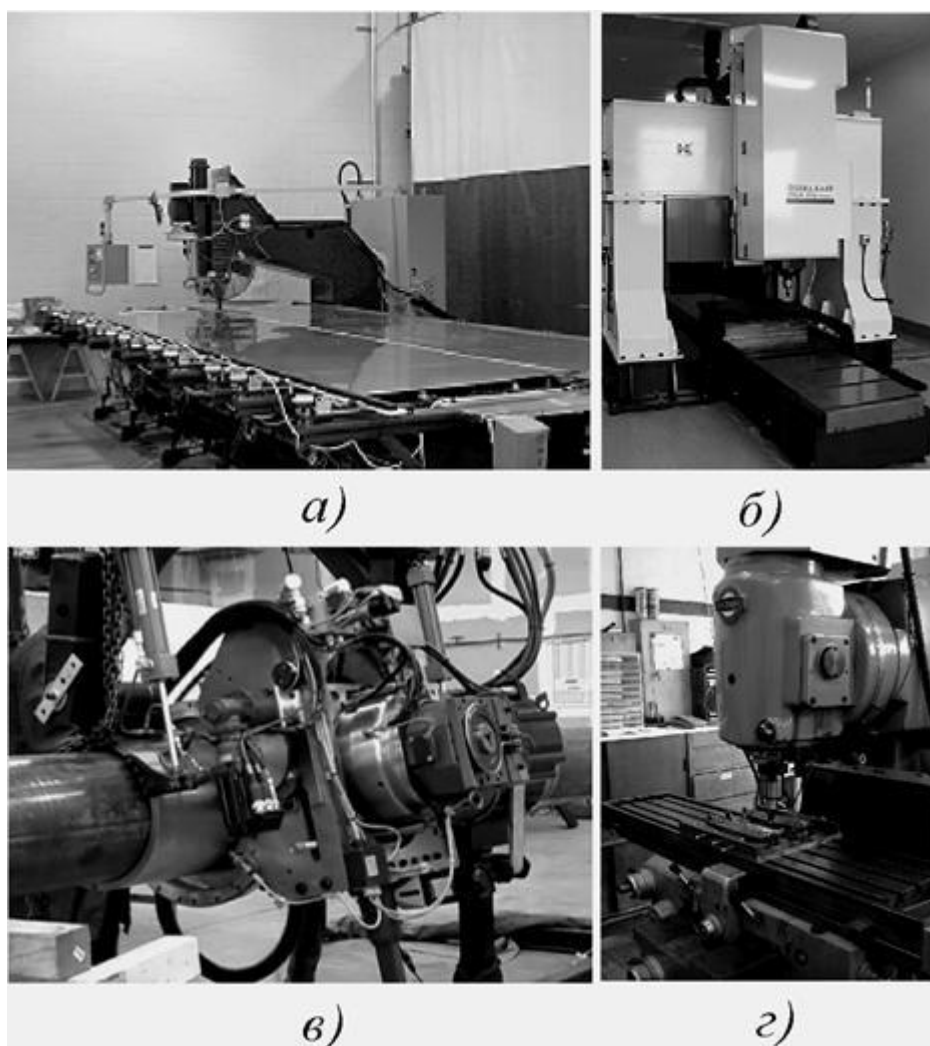


Рис. 9. Оборудование для перемешивающей сварки трением: а – консольного типа; б – портального типа; в – устройство для сварки труб; г – установка на базе модернизированного фрезерного станка.

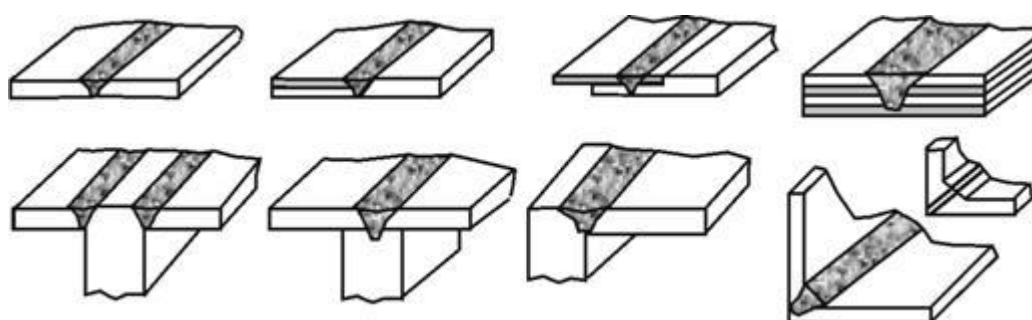


Рис. 10. Технологические возможности сварки методом ПСТ

Примеры некоторых деталей сваренных ПСТ приведены на рис. 11.

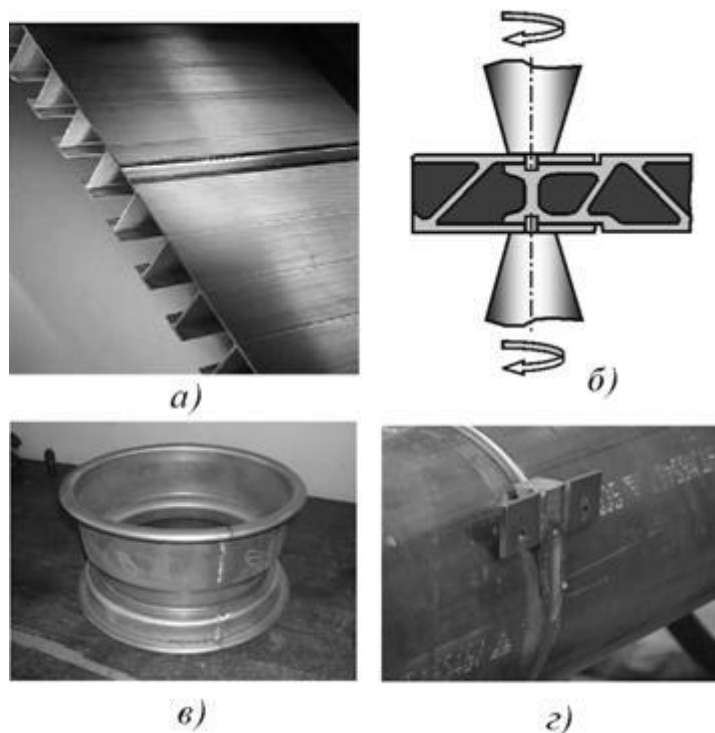


Рис. 11. Изделия, сваренные ПСТ: а – панель; б – схема двухсторонней сварки панели; в – деталь в виде оболочки; г – труба

Основными факторами, ограничивающими применение ПСТ, в настоящее время являются:

- необходимость жесткого закрепления свариваемых деталей;
- возникновение отверстий в начале и конце шва;
- необходимость проектирования и изготовления специальных инструментов;
- невозможность формирования швов требующих нанесения дополнительного металла;
- невозможность сварки материалов имеющих низкую пластичность даже при высоких температурах или теряющих требуемые механические свойства в результате термопластической деформации.

Некоторые из этих ограничений могут быть устранены использованием специальных приемов сварки. Например, образующееся при сварке кольцевого шва отверстие может быть выведено за пределы шва использованием специальной клиновидной вставки (рис. 12). В дальнейшем эта вставка удаляется механической обработкой.

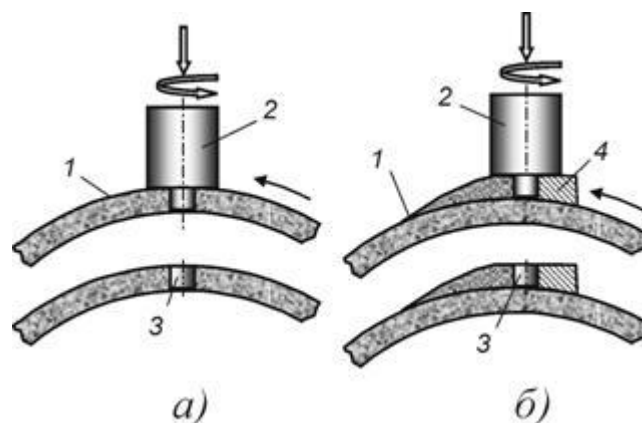


Рис. 12. Получение кольцевого шва без использования клиновидной вставки (а) и с вставкой (б): 1 – кольцевой шов; 2 – инструмент; 3 – отверстие остающееся после отвода инструмента; 4 – клиновидная вставка.

Одной из разновидностей ПСТ является точечная сварка трением (рис. 13, 14). В частности, она получила применение для сварки алюминия взамен дуговой и контактной точечной сварки, при применении которых существуют технологические трудности, обусловленные высокой электро- и теплопроводностью алюминия.

Сварка трением, в отличие от контактной точечной сварки, не требует использования охлаждающей эмульсии и сжатого воздуха. Резко снижается энергопотребление. Капиталовложения в оборудование для сварки трением на 40% ниже, чем на оборудование для контактной сварки. При ее выполнении не требуется предварительной очистки рабочих поверхностей, отсутствует разбрызгивание расплавленного металла.

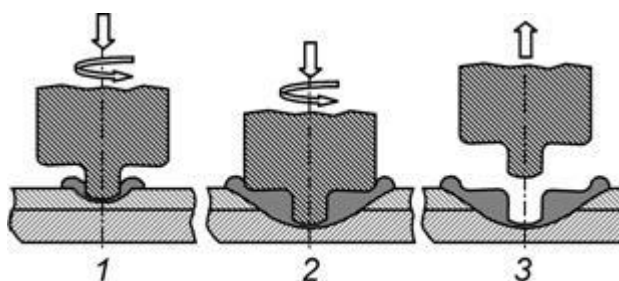


Рис. 13. Стадии формирования сварного соединения при точечной сварке трением.

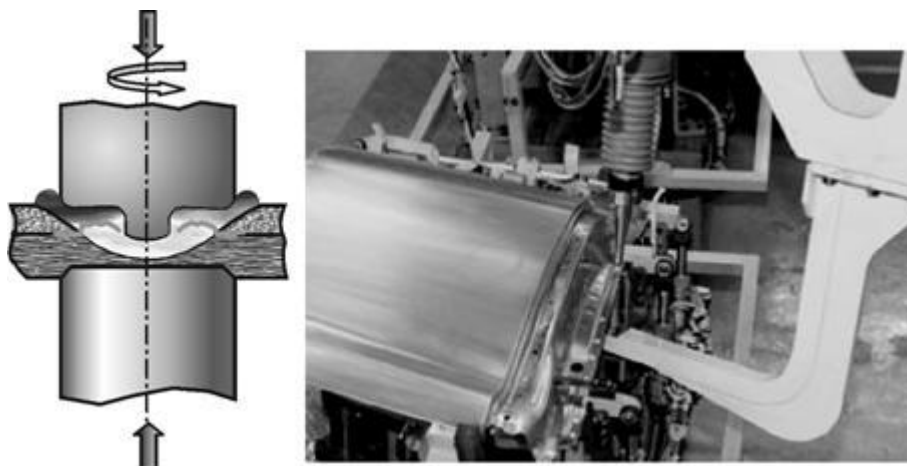


Рис. 14. Схема точечной сварки трением, используемая фирмой MAZDA, и устройство для ее выполнения.

Работы по перемешивающей и другим технологиям сварки трением выполняются и курируются The Welding Institute in UK (TWI) (Великобритания), NASA, Lockheed-Martin Corp., Boeing, Wisconsin Center for Space Automation & Robotics, Oak Ridge National Laboratory MTS Systems Corporation, Thompson Friction Welding (США), Imhof Hartchrom GmbH и Klaus Raiser GmbH (Германия), Hidetoshi Fujii и исследовательским центром JWRI при Osaka University (Япония), Shanghai puda friction welder co., ltd. (Китай) и другими корпорациями и компаниями.

Специализированное оборудование для перемешивающей сварки трением выпускается фирмами Nova-tech Engineering (Рис. 15), Hitachi, Osaka Cast и др.

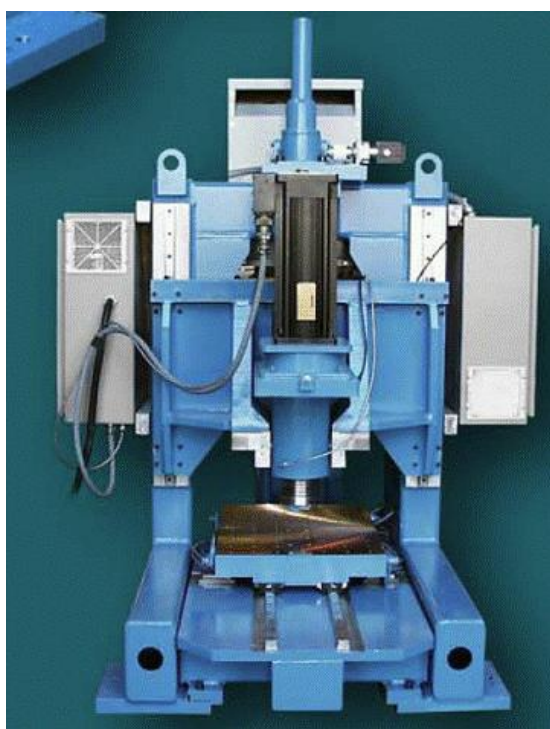


Рис. 15. Станок фирмы Nova-tech engineering inc.