

Именно поэтому винтовым компрессорам отдается предпочтение не только при запуске нового производства, но и при переоборудовании уже действующих промышленных предприятий, долгое время использующих поршневые компрессоры.

УДК 621.793

Сяхович П.В.

## **ВАКУУМНАЯ СВАРКА**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Комаровская В.М.*

Сварка в вакууме предназначена для получения неразъемных соединений элементов приборов, деталей (узлов) конструкций машин, используемых в точном машиностроении, микроэлектронике, при создании атомных реакторов и т.д. Различают два вида сварки в вакууме – электроннолучевая сварка (сварка плавлением) и термодиффузионная сварка (сварка давлением).

Вакуумная сварка обеспечивает безокислительный нагрев и применяется для соединения ответственных деталей машин, приборов и т.п.

Электроннолучевая сварка осуществляется в вакууме при давлении остаточных газов  $10^{-1}$ – $10^{-3}$  Па с помощью установки, включающей в себя вакуумную рабочую камеру, вакуумную откачную систему, шкафы и пульт управления, комплект соединительных кабелей и трубопроводов, электроннооптическую систему, формирующую электронный луч, различные приспособления для перемещения свариваемых деталей к электроннооптической системе.

Начиная с 60-х годов, электроннолучевую сварку в вакууме используют в производстве двигательных установок ракетокосмических комплексов. Её применение для получения неразъемных соединений в сочетании с новыми

высокопрочными материалами позволило создать двигатели нового поколения с высокими эксплуатационными характеристиками.

Электроннолучевая сварка широко применяется в технологии микроэлектроники, а также при герметизации металлостеклянных корпусов электронных вакуумных приборов, для сварки тугоплавких, химически активных и разнородных материалов, изделий из стали.

Термодиффузионная сварка выполняется в вакууме при разрежении  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  Па с нагреванием места сварки до 0,4–0,8 от температуры плавления свариваемых материалов; при сварке разнородных материалов температурный нагрев определяется по температуре менее тугоплавкого материала. Таким способом можно сваривать большинство твердых материалов – как однородных, так и разнородных.

Диффузионная сварка обеспечивает вакуумплотные, термостойкие и вибропрочные соединения при сохранении высокой точности, формы и геометрических размеров изделия; широко применяется при сварке термокомпенсаторов кристаллов, катодных ножек, замедляющих систем и других узлов и элементов электронных приборов. Сварочные термодиффузионные установки обычно состоят из следующих основных узлов: вакуумная система для получения вакуума в камере, где происходит сварка; система для создания давления на свариваемые детали, а также для подъема и опускания камеры; электропривод; автоматика.

Одно из основных направлений широкого внедрения термодиффузионной сварки – использование технологических процессов с применением термокомпрессионных устройств (ТКУ), позволяющих осуществлять сварку в вакуумных печах общепромышленного назначения. Принцип действия ТКУ основан на использовании разности коэффициентов термического линейного расширения материалов

свариваемых деталей и элементов оснастки для создания и передачи сжимающего усилия на свариваемые детали.

В МАИ (Московский авиационный институт) разработано ТКУ, которое помещают в камеру печи, подвергнутой вакуумированию. При нагревании устройства возникает сдавливающее усилие, которое и передается на свариваемые детали. По окончании сварки детали совместно с устройством охлаждают, развакуумируют камеру, извлекают устройство с готовыми изделиями, затем производят разборку устройства и удаляют сваренные детали. Разработанное ТКУ применяется для диффузионного соединения в вакууме изделий из магнитных и немагнитных сталей, алюминия, меди, нержавеющей стали, бронзы и пр.

К основным преимуществам диффузионной сварки относятся: нет необходимости применять припой, электроды, флюсы, защитную газовую среду; не происходит коробление деталей и изменение свойств металла в зоне соединения. Диффузионную сварку можно применять для получения конструкций самой разнообразной формы. Можно сваривать детали не только по плоскости, но и по конической (корпуса радиоламп), сферической (подпятники), криволинейной (облицовка труб), сложнорельефной поверхности (слой защитного покрытия мембран) и т.д.

На сегодняшний день вакуумная сварка является высокотехнологичным процессом с широким спектром применения и востребованным во многих областях науки и промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумные уплотнения. – М.: Энергия, 1971. – 125с.
2. Радзиевский, В.Н. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении / В.Н. Радзиевский. – М.: Энергия, 2009. – 455с.

3. Сварка разнородных металлов и сплавов. – М.: Машиностроение, 1984. – 265 с.

УДК 674.047.3

Фёдоров А.С.

## **ВАКУУМНАЯ СУШИЛКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С СВЧ-ЭНЕРГОПОДВОДОМ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Комаровская В.М.*

Данный доклад содержит основную информацию о вакуумной сушке, вакуумных сушилках и их классификации, а также рассматривается вакуумная сушилка непрерывного действия с СВЧ-энергоподводом ее конструкция и принцип работы.

Основы вакуумной сушки.

На границе раздела двух фаз жидкость-пар имеет место равновесное протекание процессов испарения и конденсации. Испарение представляет собой процесс превращения жидкости в пар со скоростью, превышающей скорость обратного явления-конденсации. В обоих случаях происходит теплообмен, связанный с поглощением или выделением теплоты фазового перехода при изменении агрегатного состояния вещества: при испарении тепло поглощается, а при конденсации высвобождается. Конденсация происходит при соприкосновении насыщенного пара с поверхностью, температура которой ниже температуры насыщения. Если температура поверхности превышает температуру насыщения, то никакой конденсации не происходит.

Вакуумные сушилки классифицируются следующим образом:

1. По способу подвода тепла: контактные сушилки; конвективные сушилки; установки для сушки в поле токов высокой частоты; инфракрасные сушилки.