

# ПАЙКА МЕТАЛЛА

---



# ИСТОРИЯ ПАЙКИ

- При раскопках царских гробниц на территории древнейшего государства Вавилона учеными были найдены изделия из золота, носящие на себе следы пайки.
- Так, в гробнице царицы Шубад, жившей в 3200-х годах до нашей эры, были найдены хорошо сохранившиеся золотые сосуды, ручки к которым были припаяны золотом или сплавом золота с серебром, золотые головные уборы. Найденные при раскопках египетских пирамид многочисленные тщательно выполненные золотые украшения неопровержимо доказывают, что искусство паяния было хорошо известно в древнем Египте во втором тысячелетии до нашей эры.
- Таким образом, раньше всего была осуществлена пайка благородных металлов (золота) твердыми припоями (золотом).



Золотой  
головной убор  
царицы Шубад



Фрагменты  
головного убора  
царицы Шуб-Ад,  
Британский музей

# ИСТОРИЯ ПАЙКИ

- ▣ Превращение древнего ремесла - пайки в один из важнейших технологических процессов современного производства произошло благодаря современной научно-технической революции. Бурное развитие техники в различных отраслях промышленности обусловило широкое ее применение, и в первую очередь в машиностроении и электронике и электротехнической промышленности. Это связано с тем, что пайка, как процесс формирования соединений материалов, осуществляется при температурах ниже температуры начала плавления паяемого материала и характеризуется возможностью автоматического ее регулирования, так как во многих случаях на границе паяемого материала и жидкого припоя устанавливается состояние локального равновесия, являющегося основой такого регулирования. При сварке плавлением и в твердой фазе значительно труднее реализовать локальное равновесие. Вследствие этого технология пайки существенно отличается от технологии сварки плавлением и сварки давлением и требует специальных технологических и вспомогательных материалов и оснащения.

# ПАЙКА В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

- *В настоящее время пайка наряду со сваркой является одним из наиболее распространенных способов получения неразъемных соединений в современном производстве.*



# **МЕТОДЫ ПАЙКИ**

---

## **Пайка легкоплавкими (мягкими) припоями**

- На зачищенную деталь наносят флюс, а затем нагретым и залуженным паяльником — припой.
- После пайки остатки флюса удаляют.

## **Пайка твердыми припоями**

- Спаиваемые детали зачищают, плотно сжимают. Место соединения нагревают, на него наносят флюс, а затем припой.
- После нанесения припоя по всему шву без пропусков спаянные детали охлаждают до температуры 100—120° и опускают в воду.

# ДОСТОИНСТВА ПАЙКИ

- Важнейшее достоинство пайки — формирование паяного шва при температуре ниже температуры автономного плавления соединяемых металлов. Это обстоятельство дает возможность вести процесс в условиях общего нагрева и позволяет:
- осуществлять групповую пайку и широкую ее механизацию и автоматизацию, что обеспечивает высокую производительность процесса в крупносерийном и массовом производстве;
- получать соединения в скрытых и малодоступных местах изделий, изготавливать тонкостенные изделия с большой плотностью паяных соединений и их объемным расположением за один нагрев, повышать коэффициент использования материала и снижать металлоемкость изделий;
- соединять детали не только последовательно по контуру шва, как при сварке плавлением, но и одновременно, в том числе по поверхности, что обуславливает возможность варьирования прочности паяных соединений и конструкции изделий;
- ограничиваться при пайке давлениями на порядок меньшими, чем при сварке давлением;
- соединять разнородные металлические и неметаллические материалы и с большей разностенностью деталей, чем при сварке плавлением;
- выбирать температуру процесса в зависимости от необходимости сохранения механических свойств материалов изделия после пайки, возможности совмещения нагрева под пайку с термообработкой и выполнения ступенчатой пайки;
- обеспечивать плавность галтельных участков шва, а следовательно, высокую прочность и надежность их в условиях вибрационных и знакопеременных нагрузений;
- разъединять детали и сборочные единицы путем распайки при температуре ниже температуры автономного плавления паяемого материала и ремонтировать изделия в полевых условиях.

# ***НЕДОСТАТКИ ПАЯННЫХ СОЕДИНЕНИЙ***

- ▣ Особо важное значение имеют вопросы обеспечения равнопрочности паяных соединений. Как известно, препятствиями для достижения равнопрочности паяных соединений в ряде случаев являются более низкая прочность и пластичность большинства припоев по сравнению с паяемым металлом, литая структура в шве, высокое химическое сродство компонентов припоев с основой или компонентами паяемого материала, приводящее к росту прослоек химических соединений, развитие в паяном соединении диффузионной пористости, слабая активность газовых сред и флюсов при температуре пайки, нетехнологичность конструкции паяемых соединений и изделий, развитие остаточных паяльных напряжений в элементах и паяных соединениях и др. Однако потенциальные возможности повышения прочности паяных швов достаточно велики в связи с малым объемом литого металла в паяном соединении, развитием новых способов пайки и в первую очередь диффузионной пайки, достижениями в области интерметаллидного упрочнения сплавов в литом состоянии.

# ПАЙКА И ЕЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

- **Паяние** - процесс соединения твердых металлических тел при помощи промежуточного металла или сплава в расплавленном состоянии с последующей его кристаллизацией.

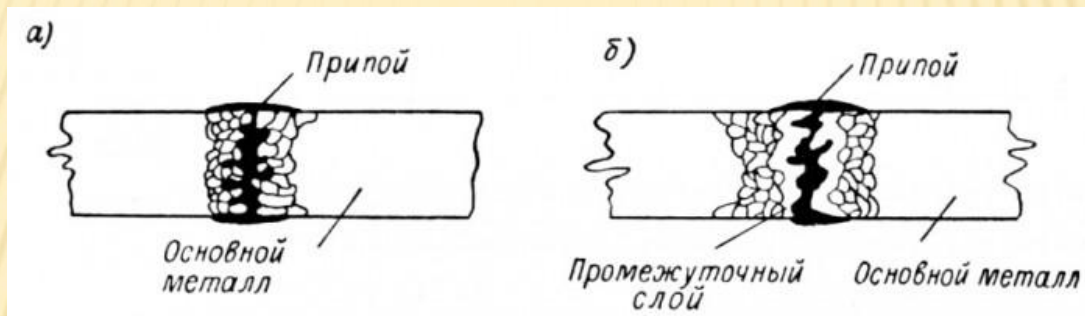


Рисунок 1 - Структура паяных соединений



Пайка золотого



Пайка металла со



- ▣ При пайке автономного плавления паяемого материала не происходит, так как процесс осуществляется при нагреве до температуры ниже температуры его солидуса. Однако паяемый металл контактирует с припоем в ином агрегатном (жидком) состоянии. При этом паяемый металл и припой, имеющие химическое сродство, представляют неравновесную систему, так как на их границе существует градиент концентраций и энергии. Поэтому процессы взаимодействия материалов при пайке связаны с обменом веществом и передачей энергии, происходящими специфическим образом. Такое взаимодействие базируется на взаимодополняющих феноменологических (макроскопических) и микроскопических методах анализа. Важнейшим феноменологическим методом анализа при этом является термодинамика.

- Переход термодинамической системы паяемый материал — припой из неустойчивого состояния в более стабильное или метастабильное состояние происходит необратимо и состоит из двух стадий: активируемой и самопроизвольной неактивируемой. Энергетическим стимулом первой активируемой стадии перехода системы в более стабильное состояние при постоянном давлении  $p_0$  и температуре  $T_0$  служит непрерывное увеличение потенциальной энергии активации на границе двух фаз за счет кинетической энергии, а второй неактивируемой стадии — непрерывное уменьшение термодинамического изобарного потенциала системы (диффузионная стадия).

# ТЕРМИНОЛОГИЯ

- **Припой** - чистый металл или сплав, применяемый для соединения металлических деталей при паянии.
- Припой должен обладать более низкой температурой плавления по сравнению с паяемым металлом.



Припой для пайки



Инструменты для пайки

# ФЛЮСЫ

**Флюс** – химическое вещество, используемое для разрушения окисных пленок, улучшения смачиваемости паянных поверхностей и защиты их от окисления.

## Общие требования к флюсам:

- 1) должны иметь высокую жидкотекучесть;
- 2) должны иметь стабильность химического состава;
- 3) должны иметь высокую активность в широком интервале температур;
- 4) улучшать условия смачивания поверхности паяемого металла расплавленным припоем;
- 5) должны предохранять поверхность паяемого металла и расплавленного припоя от окисления при нагреве в процессе пайки;
- 6) растворять окисные пленки на поверхности паяемого металла и припоя;
- 7) не вызывать сильной коррозии паяного соединения;
- 8) не выделять при нагреве ядовитых газов.



# ТИПЫ ФЛЮСОВ

- 1) **Твердые порошкообразные флюсы** - смеси различных солей, применяются чаще всего при паянии тугоплавкими припоями (бура, борная кислота и их смеси).
- 2) **Жидкие флюсы** - водные растворы хлористых солей (хлористый цинк и хлористый аммония, спирт, глицерин и т. д.)
- 3) **Газообразный флюс** - хлоро-водородный газ, однако широкого распространения этот флюс не имеет.
- 4) **Борорганические вещества** . При сгорании этих веществ образуются окислы бора, выполняющие роль флюса.



# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИПОЕВ

<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИПОЕВ</b>	
1 класс	2 класс
легкоплавкие — имеющие температуру плавления ниже 400—450° (к которым относятся сплавы на оловянной, свинцовой, кадмиевой,	тугоплавкие — имеющие температуру плавления выше 450—500° (сплавы на медной, серебряной, золотой, алюминиевой, магниевой и

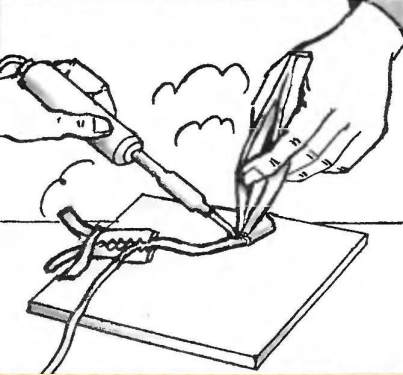


# ЭЛЕМЕНТЫ ПАЯННОГО СОЕДИНЕНИЯ

---

- 1) зазор между соединяемыми поверхностями;
- 2) галтель – валик припоя вокруг паянного соединения, образуемый после пайки;
- 3) паяный шов.





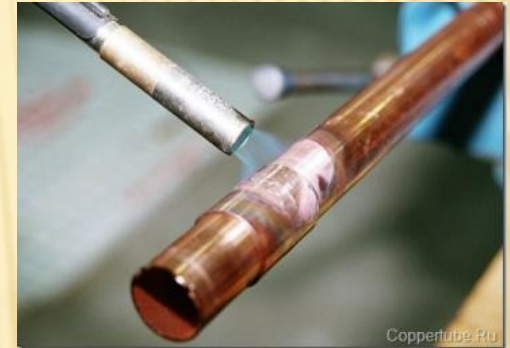
# ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ПАЯНОГО ШВА

## Стадии процесса:

- 1) механическая зачистка поверхности изделия;
- 2) обезжиривание;
- 3) травление кислотами;

Иногда изделия перед паянием предварительно лудятся.

- 4) расплавление припоя;
- 5) растекание жидкого припоя по поверхности твердого металла и заполнение паяемого шва;
- 6) растворение основного металла у шва в жидком припое и взаимная диффузия металлов;
- 7) охлаждение и кристаллизация припоя в паяном шве;
- 8) обработка соединения после пайки (удаление лишнего припоя, флюса);
- 9) сборка.





# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПАЙКЕ

- При пайке шов должен быть обязательно прогрет до температуры начала плавления припоя (температуры солидуса).
- Одновременно с прогревом паяного шва обычно происходит и **расплавление припоя**.



# ЛУЖЕНИЕ ПОД ПАЙКУ

**Лужение** - нанесение тонкого слоя расплавленного олова на поверхность металлических изделий. Лужение производится для защиты металла от коррозии или для подготовки к пайке (лужёная поверхность лучше смачивается припоем).

Металл, наносимый на поверхность изделия, называется полудой.

Лужение чаще всего выполняется при подготовке деталей к паянию, а также для предохранения изделий от ржавления (коррозии). Иногда лужение производится для специальных целей, например перед заливкой подшипников.

В качестве полуд применяется чистое олово, а для неотвечественных деталей олово иногда заменяют более дешевым сплавом, состоящим из 5 частей олова и 3 частей свинца. Сплавы (оловянно-свинцовые) нельзя применять при лужении посуды для пищи.

Лудят двумя способами: натиранием (большие изделия) и погружением (небольшие изделия) в расплавленную полуду.



# ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ К ЛУЖЕНИЮ

- Поверхность, подлежащая лужению, должна быть тщательно очищена от грязи, окалины, жиров и т. д.
- Очистка поверхности изделия производится до металлического блеска при помощи шабера, напильника, наждачной бумаги, кордовых щеток и т. д. Большие поверхности для облегчения работы травят разбавленной соляной или серной кислотой.

# ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

- **Обезжиривание** - процесс удаления жиров и масла с поверхности металла.

## Обезжиривание в органических растворителях

- Детали погружают в ванну с бензином или керосином и затем волосяной щеткой очищают их поверхность.
- Окончательная очистка производится во второй ванне с более чистым растворителем.
- Затем протирают поверхности паяемого шва волосяными щетками, смоченными разведенной до кашицеобразного состояния венской известью.
- При выполнении травления и нейтрализации следует работать в резиновых перчатках, фартуке и защитных очках во избежание ожогов и порчи одежды.



# **ТРАВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ**

- **Удаление с поверхности металлов окислов, ржавчины и окалины в растворах кислот, солей или щелочей называется **травлением**. Травление осуществляется химическим и электрохимическим способами**



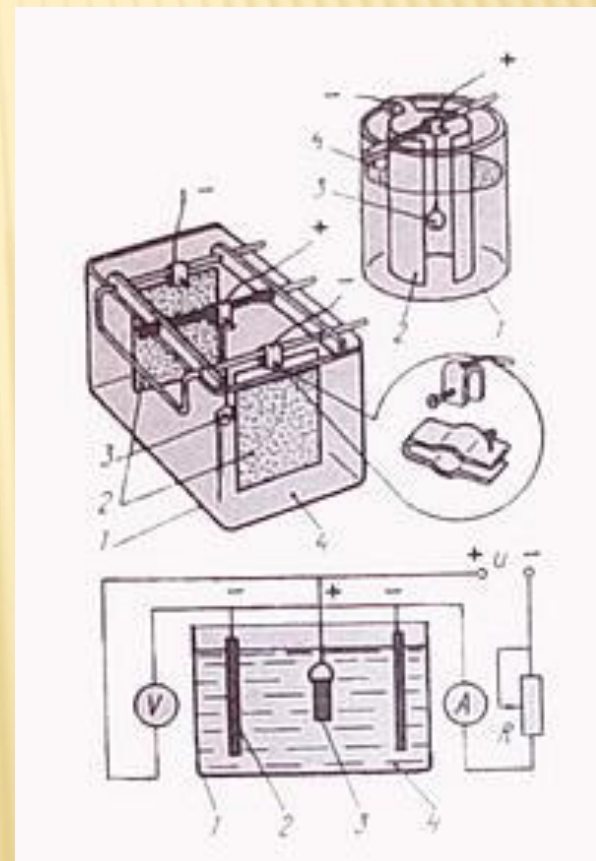
# **ХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ**

- **Химическое травление стальных изделий выполняется путем погружения изделий в раствор серной или соляной кислот. При погружении изделия в растворы кислот во взаимодействие с ними вступают не только имеющиеся на поверхности металла окислы, но и металлически**



# ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ

- Очистка изделий методом погружения в травильную ванну в большинстве случаев требует значительного времени. Для ускорения процесса очистки применяется электролитический способ травления, при котором изделие помещают в качестве анода (анодное травление) или катода (катодное травление) в электролитическую ванну.

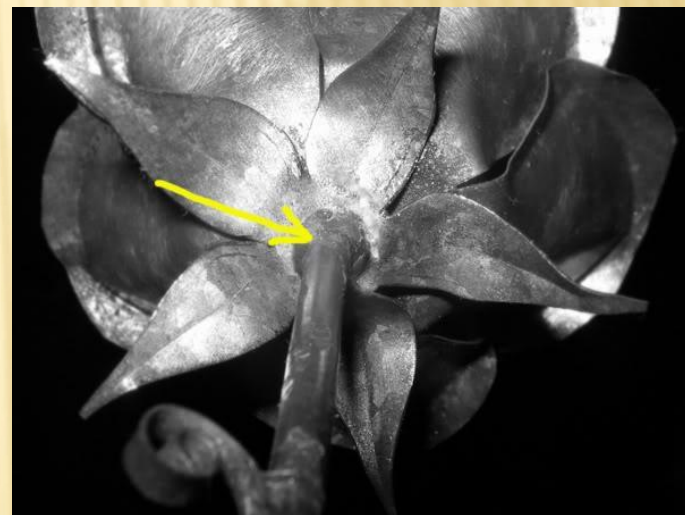


1 - ванна, 2 - катод, 3 - анод, 4 – электролит  
Рисунок 2 –  
Электролитическое

# СБОРКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕД ПАЙКОЙ

- Во избежание смещения и перекосов сборных деталей при транспортировке и пайке они должны быть прочно скреплены друг с другом.

Для скрепления применяются различные вспомогательные жесткие приспособления, поддерживающие устройства, используется точечная сварка, развальцовка, обжимка, клепка, насечка, плотная посадка и т. п.





# ТИПЫ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- соединения  
внахлестку;
- соединения  
встык;
- в ус;
- ступенчатый  
шов;
- тавровые;
- угловые;
- комбинации  
стыкового  
соединения

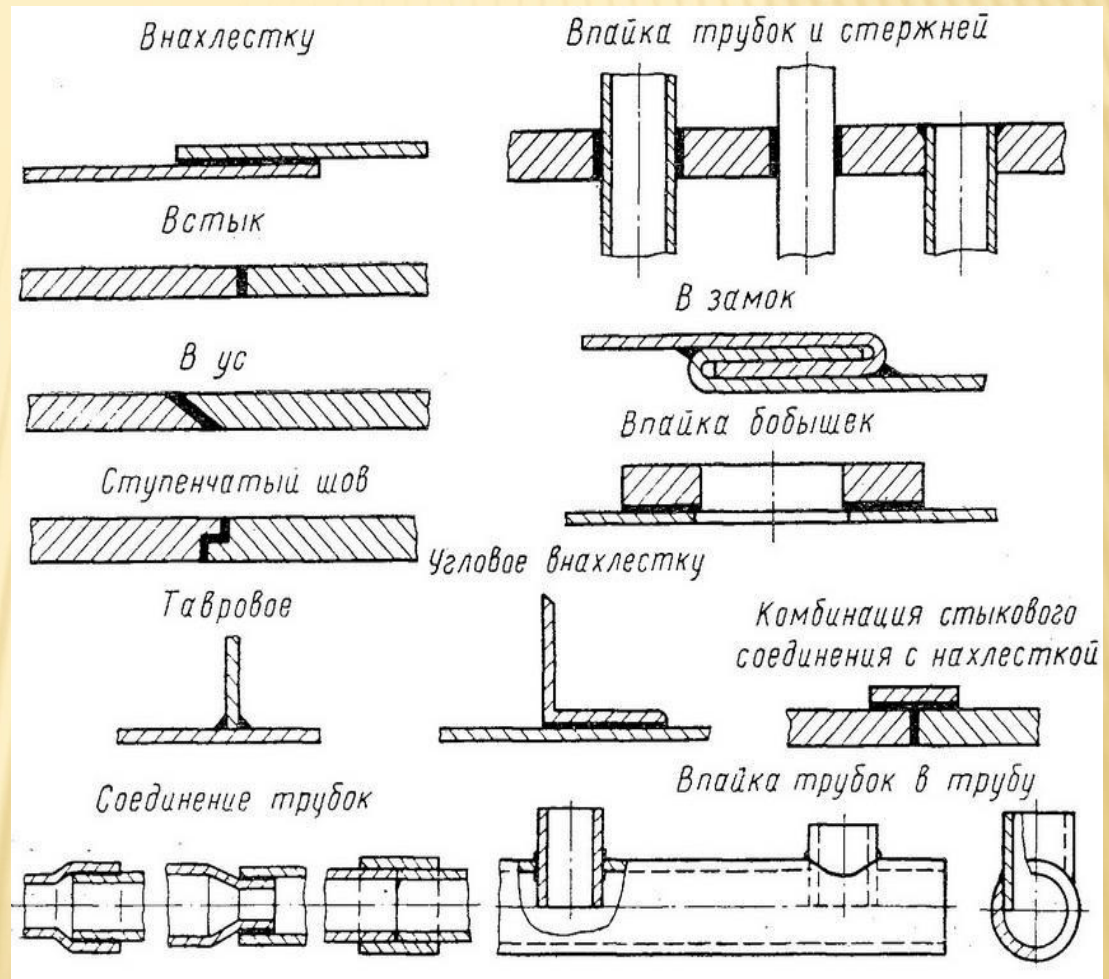
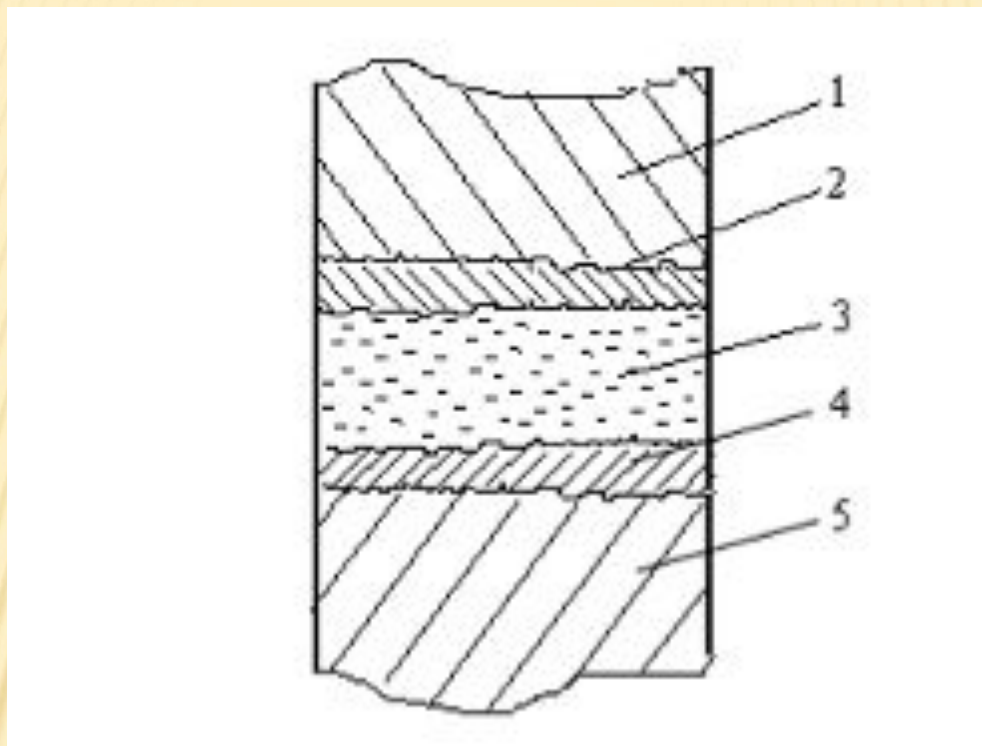


Рисунок 3 – Типы паяных соединений

# СТРУКТУРА ПАЯНОГО СОЕДИНЕНИЯ



1, 5 – соединяемые детали;  
2, 4 – зоны диффузии; 3 – припой  
Рисунок 4 – Структура паяного соединения

# ПАЯЛЬНИКИ

- Основным инструментом при пайке легкоплавкими припоями служит паяльник. Простейший паяльник представляет собой медный брусок, заостренный с одной стороны и насаженный на стальной стержень с ручкой. Такой паяльник нагревают паяльной лампой, на газовой плите, примусе
- Электрический паяльник и которого подогрев



Рисунок 5 -  
Паяльник



Рисунок 6 – Паяльник  
импульсный  
для ручного монтажа  
радиосхем



Рисунок 7 - Портативный плазменный  
аппарат Мультиплаз-2500М предназначен  
для ручной плазменной разделительной  
резки, сварки, пайки



# ГАЗОВАЯ ГОРЕЛКА ДЛЯ ПАЙКИ МЕТАЛЛОВ

- Горелка (рисунок 8) состоит из двух трубок, вставленных одна в другую. Диаметр внутренней трубки 1 — 1 — 5 мм с толщиной стенок 1 мм; трубка на конце завальцовывается до отверстия 1 — 1,5 мм и затачивается на конус. Внешняя трубка 2 тоже завальцовывается на конце до отверстия 3—4 мм (ее внутренний диаметр 10—12 мм). Внутренняя трубка, в которую подается бытовой газ, передвигается в заднем торце 3 и специальной звездочкой 4, которая плотно посажена в середине внешней трубки. Воздух подается во внешнюю трубку через отросток 5. Передвижением внутренней трубки и

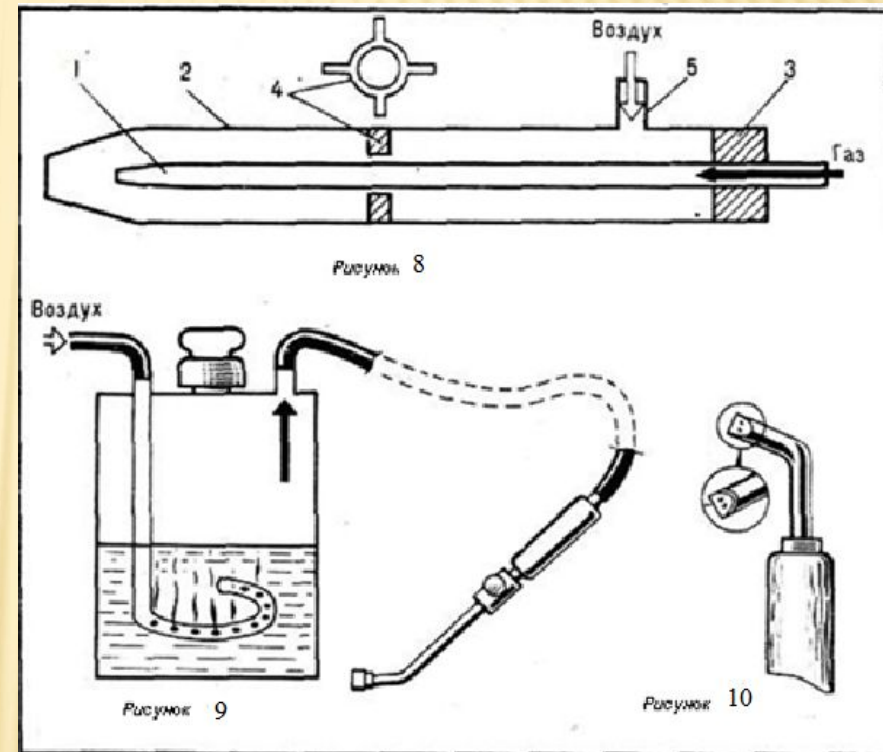


Рисунок 8 – Газовая горелка для пайки металлов