

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа №5

«Центр современных индустриальных технологий»

ПРОЕКТ

Разработка технологии неразъёмного соединения габаритных деталей аппаратов из меди при помощи легкоплавких припоев.

Выполнили:

Поздеев Данил Алексеевич,

Зуйков Кирилл Дмитриевич,

обучающийся 10 Б класса.

Руководитель проекта:

Хулина Наталья Юрьевна,

учитель физики МАОУ СОШ №5

«Центр ИнТех».

Рассказово 2023

Оглавление

| | |
|--|----------|
| Введение..... | 2 |
| Актуальность | 3 |
| Гипотеза | 3 |
| Цель проекта | 3 |
| Задачи | 3 |
| Методы исследования | 4 |
| Срок выполнения проекта..... | 4 |
| ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ..... | 4 |
| История создания..... | 4 |
| Процесс пайки медных деталей нагретым воздухом | 5 |
| Преимущества | 5 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ | 6 |
| Выбор флюса | 7 |
| Технология..... | 9 |
| Пайка | 9 |
| Выводы..... | 10 |
| Список используемых источников..... | 10 |

Введение

Изучая на уроках физики и химии строение и свойства металлов, нас заинтересовал вопрос о пайке габаритных деталей с помощью нагретого воздуха. Заинтересовавшись данной темой, узнали, что способ пайки используют в большинстве случаев в небольших деталях и платах.

Пайка известна человеку на протяжении последних 4 тысяч лет. Разные народы в разное время паяли золотые и серебряные изделия, а так же предметы из других металлов. Все паяльники до момента изобретения электрического были рассчитаны на нагревание открытым огнем. Пока мастер работал с одним паяльником, второй нагревался при помощи пламени — так решалась проблема непрерывности работы. Все изменилось после того, как электричество стало привычным, а изобретатели стали создавать устройства, работающие на электрическом токе. Пайка металлов невозможна без флюса и припоя. Флюс противодействует окислению поверхности контакта и одновременно очищает эту поверхность от существующей пленки окислов, так что раскаленный припой активно контактирует с металлом. Разделяют припои на мягкие (температура плавления ниже 300 °С) и твердые (300 °С).

Есть чистые припои — например, олово или свинец, а есть многокомпонентные, которые чаще всего и используют в современной электронике. Все они служат для пайки материалов с разным назначением (пайки деталей, чувствительных к перегреву, пайка обмоток электродвигателей, пайка печатных схем и т.п.). Разновидностей флюсов тоже не мало. Они могут быть органического и неорганического происхождения, но их предназначение чаще всего — удаление оксидов с паяемых поверхностей, снижение поверхностного натяжения и улучшение смачиваемости паяемых поверхностей жидким припоем. В настоящее время для пайки доступен широкий спектр флюсов.

Область применения низкотемпературной пайки:

- Теплообменники
- Водопроводные системы и в системах охлаждения воздуха
- Объёмные резонаторы
- Монтаж и ремонт работ медных деталей и заготовок

Преимущества пайки:

1. Соединение металлов при любом сочетании.
2. Соединение металлов под воздействием любого температурного интервала.

3. Соединение металлических и неметаллических материалов.
4. Получение целостных изделий, избежав внутренних напряжений металла и коробление металла, а также получение точной формы и размера.
5. Получение спаянных соединений, которые можно будет легко разъединить, если возникнет такая необходимость.

Актуальность

Пайка – сложный физико-химический процесс получения неразъёмного соединения материалов, в результате взаимодействия твердого паяемого (деталь) и жидкого присадочного металла (припоя), путём их расплавления при смачивании, растекании и заполнении зазора между ними с последующей его кристаллизацией. Способов пайки множество, начиная от самого простого паяльника, заканчивая атомно-диффузионной пайкой. Отсюда следует новизна этого проекта, которая заключается в том, что мы будем использовать строительный фен, ведь он имеет множество плюсов, а также подходит для достижения целей проекта. С помощью фена можно нагревать заготовку более равномерно и с большей площадью поглощения. Также важным фактором будет подборка качественного флюса, его состава и температуры плавления, а также изготовление нового флюса в нужной пропорции.

Гипотеза

Газ (воздух) с выхода аппарата горячего воздуха может быть использован для низкотемпературной пайки металлов.

Цель проекта

Разработать и исследовать технологию термовоздушной низкотемпературной пайки тонких медных пластин.

Задачи

1. Создание экспериментальной установки, для исследования взаимодействия потока нагретого воздуха с поверхностью тонкой медной пластины.
2. Исследование поведения различных флюсов на поверхности меди, и выбор наиболее оптимального.
3. Разработка состава активного флюса для низкотемпературной пайки.
4. Исследование взаимодействие нагретого газа с медными пластинами.
5. Разработка технологии низкотемпературной термовоздушной пайки меди и получить экспериментальную установку.

Методы исследования

1. Метод физического эксперимента.
2. Сбор информации по теме исследования пайки медных деталей, книг и сети Интернет.
3. При проведении исследований взаимодействия газа (воздуха) с поверхностью медной пластины использовался тепловизор Fluke T.I.32, для дозирования компонентов флюсов использовались лабораторные весы ВЛ120С, для получения фотографии области взаимодействия флюсов с медными пластинами принимался цветной сканер высокого разрешения Agfa Snapscan.

Срок выполнения проекта

1 год (2022-2023)

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

История создания

Изучив различную литературу, выяснили, что существуют следующие виды пайки, например:

1) Низкотемпературная пайка;

- пайка с применением электрического паяльника;
- пайка волной жидкого припоя;
- пайка погружением в ванну с расплавленным припоем;
- газопламенная пайка;
- пайка в печах.

2) Высокотемпературная пайка:

- пайка нагревом с помощью газовых горелок;
- пайка нагревом токами высокой частоты;
- экзотермическая пайка.

Также изучив литературу, касающуюся пайки габаритных деталей, поняли, что её можно производить несколькими способами, например[3,4]:

- пайка газовой горелкой;
- пайка в ваннах;
- пайка в печах.

Перспективной технологией для пайки крупногабаритных деталей является термовоздушная пайка, однако в настоящее время она применяется только для пайки деталей и изделий радиоэлектроники.

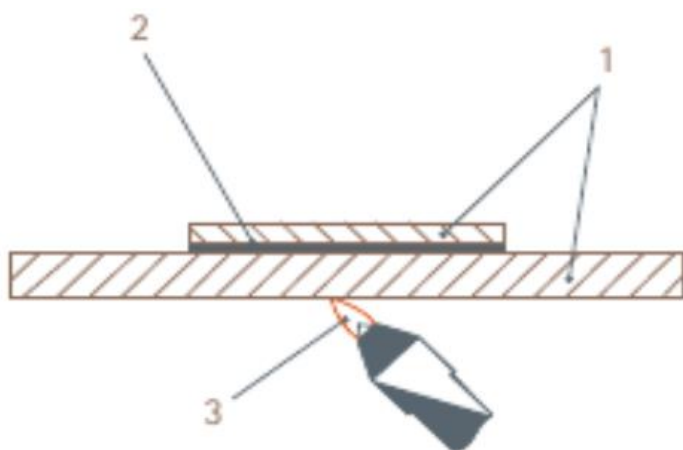
Процесс пайки медных деталей нагретым воздухом

Принцип работы систем пайки горячим воздухом основан на переносе тепловой энергии нагретым воздухом. Для нагрева воздух пропускается через специальный нагревательный элемент с помощью вентиляторов. Нагретый воздух позволяет расплавить припой и произвести пайку [8].

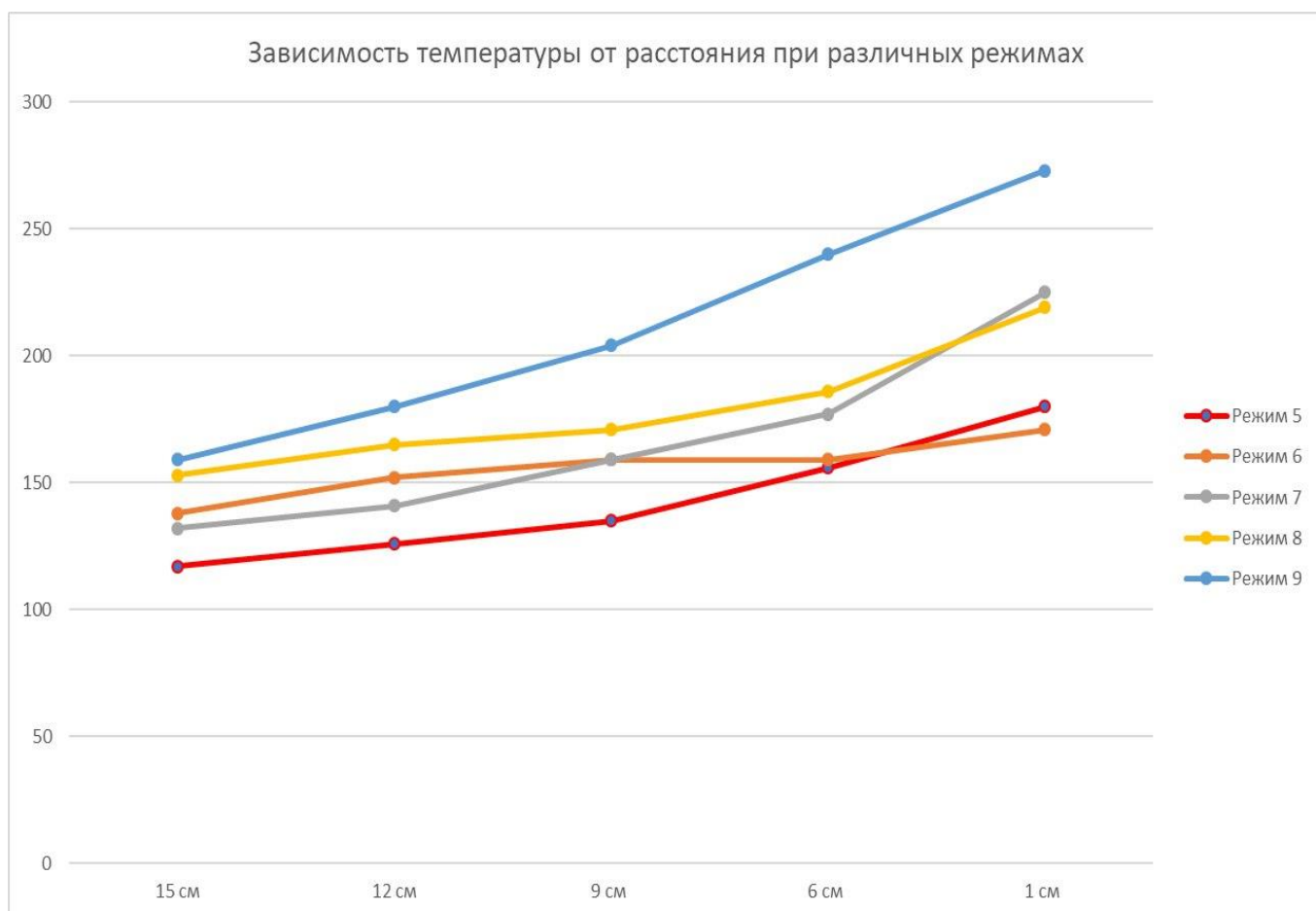
Преимущества

1. Позволяет соединять металлы в любом сочетании.
2. Соединение возможно при любой начальной температуре паяемого металла.
3. Возможно соединение металлов с неметаллами.
4. Дешевизна технологического процесса.
5. Пайка при точной температуре.
6. Высокая производительность.
7. Может быть использован инертных газ в качестве защиты от окисления.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ



Одна из задач, поставленная в проекте, это создание экспериментальной установки, для исследования взаимодействия потока нагретого воздуха с поверхностью тонкой медной пластины. Для этого медную пластину закрепили в тиски, а источник горячего воздуха (фен) зафиксировали на нужном расстоянии. Данный опыт покажет, насколько нагреется медная пластина толщиной 1 миллиметр, если регулировать расстояние и режим фена [2,6].



Исходя из этого графика можно понять, что для низкотемпературной пайки подойдёт режим 8 и 9, а расстоянии приблизительно 5-20 мм.

Выбор флюса

Из открытых источников выявили 12 флюсов, которые, по нашему мнению, должны хорошо вступить в реакцию и сработать. Восемь из них сделаем сами.

| № | Состав | пропорция |
|----|-------------------------------|-----------------|
| 1 | $ZnCl_2-NH_4Cl-H_2O-C_2H_5OH$ | 48:12:40-0,5 мл |
| 2 | $C_3H_8O-NH_4C-ZuCl_2$ | 25:3:72 |
| 3 | $H_3PO_4-C_2H_5OH-H_2O$ | 0,2:1:1 |
| 4 | $CuCl_2-NH_4Cl-C_2H_5OH$ | 3:2-1мл |
| 5 | $FeCl_3- NH_4Cl-C_2H_5OH$ | 65:35-0,5мл |
| 6 | $SnCl_2- NH_4Cl-C_2H_5OH$ | 60:40-1,5мл |
| 7 | $ZnCl_2- NH_4Cl-C_2H_5OH$ | 52:48-0,5мл |
| 8 | $H_3PO_4-C_2H_5OH$ | 0,2-1мл |
| | Название | |
| 9 | Зил-2 | |
| 10 | ЛТИ 120 | |
| 11 | Ф-64 | |
| 12 | L14 | |

Нужный флюс подберём, проведя такие исследования:

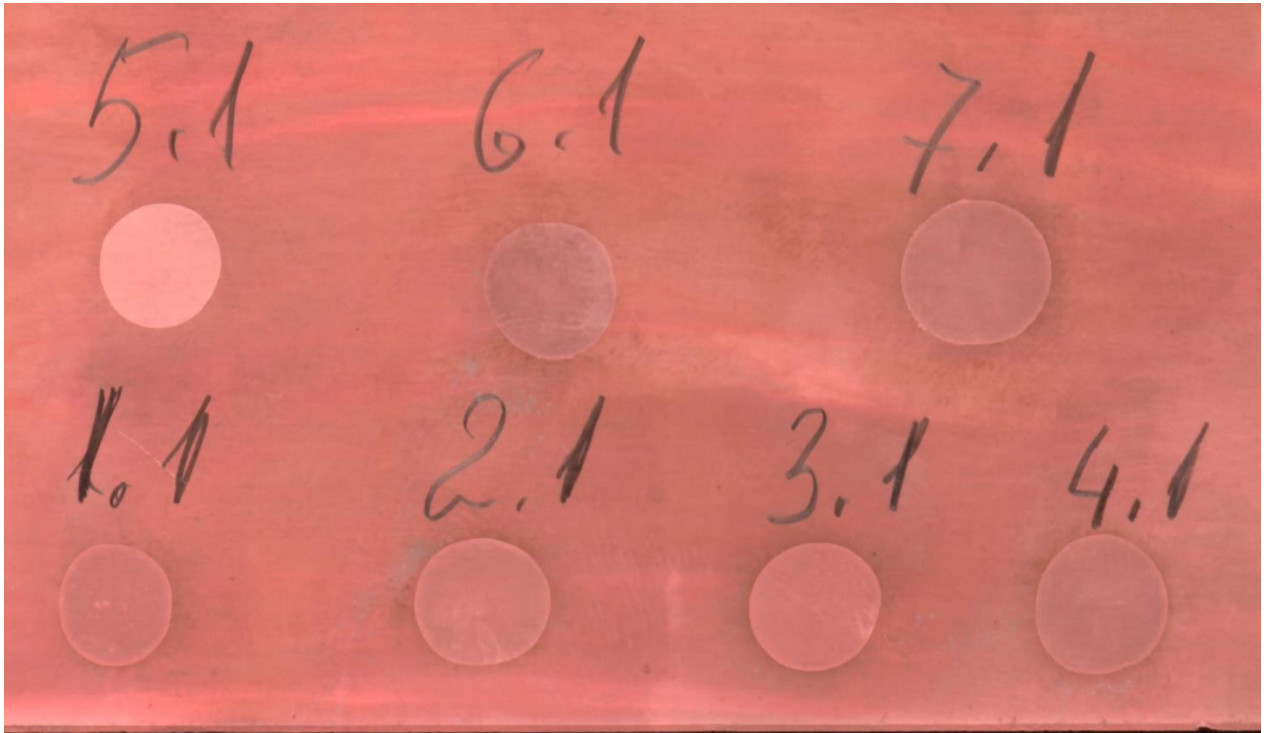
1. Температура кокование.
2. Текучесть.
3. Реакция с медью.
4. Угол смачивания.

| № | Темп., °С | Текучес ть, см | Активность, RGB | Угол смачивания, α° |
|----|-----------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1 | 220 | 13 | 164 | 7,6 |
| 2 | 200 | 3 | 140 | 7,4 |
| 3 | >250 | max | 151 | 4 |
| 4 | 210 | 9,5 | 128 | 128,8 |
| 5 | 180 | 14 | 175 | - |
| 6 | 200 | 24 | 116 | 126,7 |
| 7 | >250 | max | 152 | 5 |
| 8 | 230 | 24,5 | 108 | 7 |
| 9 | 220 | 13 | 113 | 32 |
| 10 | 220 | 28,5 | 125 | 7,1 |
| 11 | >250 | 34 | 134 | - |
| 12 | 160 | 0 | 137 | 9,2 |

Исходя из проведенного исследования видно что, флюс под номером 1 самый оптимально подходящий.

Следующим этапом выберем концентрацию флюса, и проверим его на реакцию с медной пластиной.

| Флюс | ZnCl ₂ , гр | NH ₄ Cl, гр | H ₂ O, мл |
|------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 1.1 | 0,15 | 0,005 | 0,85 |
| 2.1 | 0,15 | 0,01 | 0,85 |
| 3.1 | 0,15 | --- | 0,85 |
| 4.1 | 0,15 | 0,02 | 0,85 |
| 5.1 | 0,15 | 0,03 | 0,85 |
| 6.1 | 0,15 | 0,04 | 0,85 |
| 7.1 | 0,15 | 0,05 | 0,85 |



Вывод: флюс под номером 5.1 лучше всех убрал оксидную плёнку, отчистив медь.

Технология

Закрепляем детали в струбцины, проверяя фиксацию. После проводим лужение, распределяя флюс по поверхности, где будет происходить процесс пайки. Прогреваем пластины, затем круговыми движениями распределяем припой в местах стыка. Температура приблизительно 250 - 300 °С.

Пайка

Закрывающим этапом является пайка медных пластин с применением изготовленного нами флюса. Припой используем ПОС-61, так как он является низкотемпературным и доступным для любого рынка [6,8]. Тавровое соединение между пластинами делаем приблизительно 90°. Затем соединение проверили на трёхточечный изгиб, получив результат 45,5 кг. После чего медь начала деформироваться, что говорит о хорошем пайке деталей.



До деформации



После деформации

Выводы

1. Создали экспериментальную установку, для исследования взаимодействия потока нагретого воздуха с поверхностью тонкой медной пластины.
2. Изучили множество различных флюсов и выбрали подходящий, проведя исследования, которые важны в процессе пайки.
3. Исследовали взаимодействие нагретого газа с медными пластинами, выбрав подходящий режим фена.
4. Разработали нужную пропорцию флюса, который наиболее хорошо взаимодействует с медью.
5. Разработали технологию низкотемпературной термовоздушной пайки меди.
6. Разработан оптический метод оценки активности флюсов.

Список используемых источников.

1. Лоцманов С.Н./Петрунин И.Е. "Пайка металлов", 2011. - 280 с.
2. Theresa Kühne/Evelyn Hofmann "Soldering and brazing of copper alloys" - С.7-28. С. 40
3. Вахрушев О. СЕНО. Печи конвекционной пайки для среднесерийного производства / О. Вахрушев // Технологии в электронной промышленности. – 2008. - № 3. – С. 25-29.

4. Сизов А. Конвекционные печи оплавления серии OmniFlex / А. Сизов // Технологии в электронной промышленности. – 2007. - № 6. – С. 28-30.
5. Иванов Н.И. Исследование процесса пайки электросопротивлением медных проводов прямоугольного сечения / Н.И. Иванов, М.Ю. Карамышев // Современные материалы, техника и технологии. - № 6 (39), 2021. - С. 71-77.
6. Федоров А.Л. Технология и оборудование низкотемпературной пайки / А.Л. Федоров. – Тольятти: Изд-во ТГУ. – 2021. – С. 34.С16
7. Мордасов М.Д. Физико-химические основы низкотемпературной пайки стали 12Х18Н10Т с медью / Д.М. Мордасов, Д.А. Черных, М.Д. Мордасов // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2018». Казань, 2018. - С. 344-346.
8. Новиковский Е.А. Пайка металлов / Е.А. Новиковский. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 59 с.