

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего и профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

А.П.ПОСЛАВСКИЙ, В.В.СОРОКИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЧИВАНИЯ И РАСТЕКАНИЯ ЖИДКОГО ПРИПОЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Оренбургского государственного университета

Оренбург 2003

ББК 30.61я7

П 61

УДК 621.791: 629.11 (07)

Рецензент

Профессор, к.т.н. В.П. Апсин

- П12 Пославский А.П., Сорокин В.В.**
Определение характеристик смачивания и растекания жидкого припоя по поверхности металла: Методические указания к лабораторной работе. – Оренбург: ОГУ, 2003. – 15 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Технология восстановления деталей», для студентов специальности 230100 – Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования.

© Пославский А.П., 2003

© Сорокин В.В., 2003

© ОГУ, 2003

1 Цель работы

Изучение физико-химических и металлургических основ пайки. Знакомство с применяемым оборудованием и материалами. Приобретение практических навыков проведения процесса пайки. Определение влияния технологических параметров процесса пайки на характеристики смачивания и растекания.

2 Общие сведения

Пайкой (паянием) называют процесс получения неразъемного соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, при помощи расплавленного вспомогательного (промежуточного) металла или сплава, имеющего температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы.

В ремонтном производстве пайку применяют при восстановлении водяных и масляных радиаторов, топливных баков, топливопроводов, деталей электрооборудования, кабин, оперения и т.д.

Пайка как способ восстановления деталей имеет следующие *преимущества*: простота технологического процесса и применяемого оборудования; высокая производительность процесса; низкий нагрев деталей; возможность соединения деталей из разнородных металлов; достаточно высокая прочность соединения деталей; низкая себестоимость восстановления деталей.

Основной недостаток пайки – некоторое снижение прочности соединения по сравнению со сваркой.

Качество, прочность и эксплуатационная надежность паяного соединения зависят от выбора припоя. По температуре плавления все припои подразделяются на *низкотемпературные* – ниже 450⁰С, и *высокотемпературные* – выше 450⁰С.

Припой в процессе паяния в результате смачивания образует с поверхностью спаиваемой детали зону промежуточного сплава, при чем качество паяния в этом случае при наличии чистых металлических поверхностей будет зависеть от скорости растворения данного металла в припое: чем скорость растворения больше, тем качество пайки выше. Иначе говоря, качество паяния зависит от скорости диффузии. Увеличению степени диффузии способствуют:

- наличие чистых металлических поверхностей спаиваемых деталей. При окисленной поверхности степень диффузии припоя значительно снижается или полностью отсутствует;
- предотвращение окисления расплавленного припоя в процессе пайки, для чего применяют паяльные флюсы;
- паяние при температуре, близкой к температуре плавления спаиваемой детали;
- медленное охлаждение после паяния.

Родственным пайке процессом является лужение, при котором поверхность металлической детали покрывают тонким слоем расплавленного припоя. Лужение применяют как предварительный процесс пайки с целью создания более надежного соединения, а также как защитно-коррозионное покрытие.

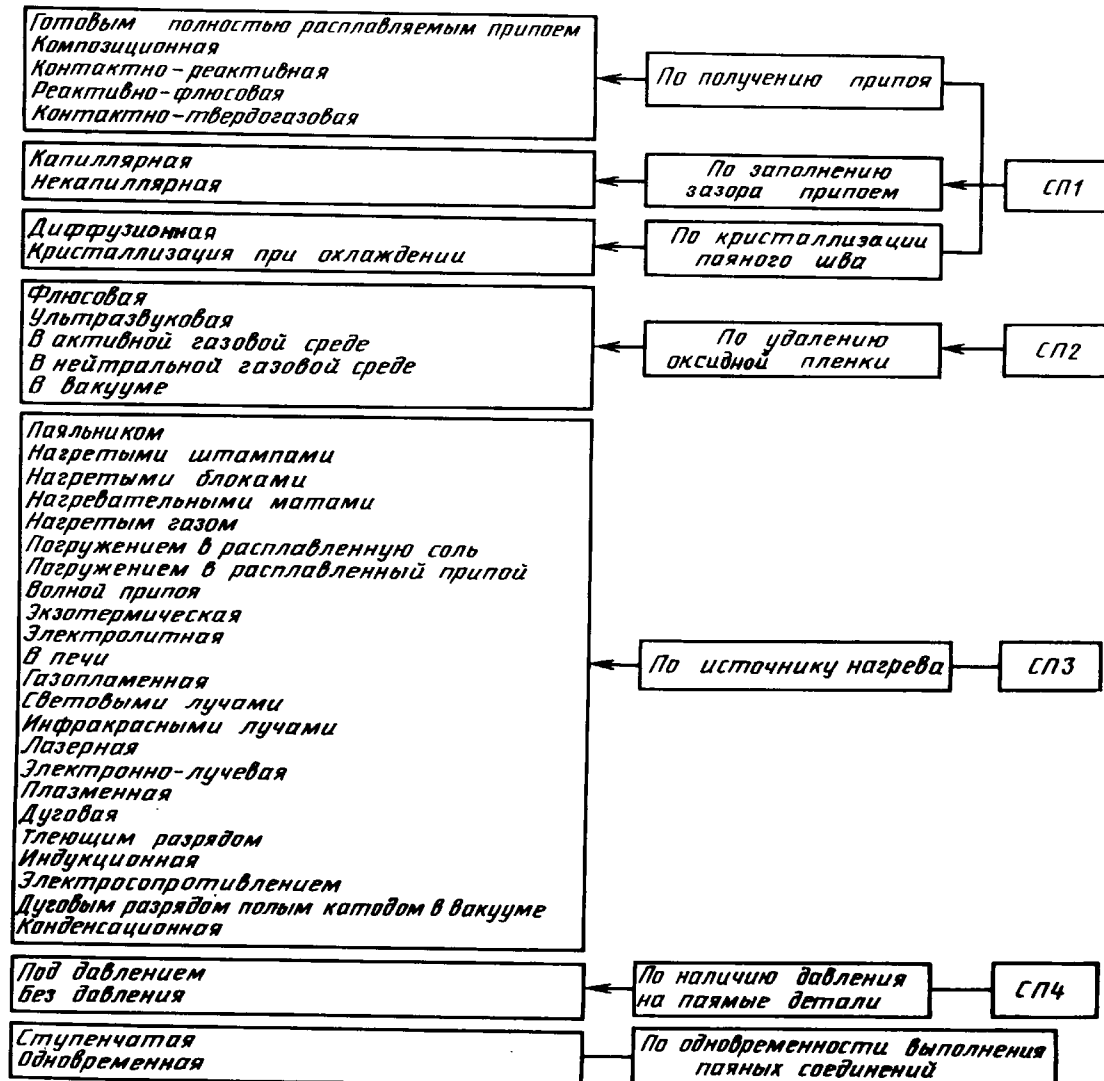


Рис.1 - Общая классификация пайки

2.1 Припой

По ГОСТ 17325-79 припоем называют материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов.

Припои подразделяют на две группы – готовые и образующиеся при работе.

Наиболее широкое применение при восстановлении автомобильных деталей нашли готовые припои. Готовые припои классифицируются по следующим признакам (ГОСТ 19250-73): по температуре плавления; степени расплавления при пайке; основному или наиболее дефицитному компоненту;

способности к самофлюсованию; способу изготовления и виду полуфабрикатов (рисунок 2).

К припоям определяют следующие основные требования:

- температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления паяемых металлов;
- необходимо, чтобы расплавленный припой (в присутствии защитной среды, флюса или в вакууме) хорошо смачивал паяемый материал и легко растекался по его поверхности;
- достаточно высокие прочность, пластичность и герметичность;
- в паре с паяемыми материалами припой не должен образовывать гальванические пары;

коэффициенты термического расширения припоя и паяемого материала не должны резко отличаться;

- высокая электропроводность припоев, применяемых для паяния радиоэлектронных и токопроводящих изделий.

По температуре расплавления припои подразделяются на следующие группы: особолегкоплавкие (до 145°C); легкоплавкие (от 145 до 450°C); среднеплавкие (от 450 до 1100°C); высокоплавкие (от 1100 до 1850°C); тугоплавкие (от 1850°C).

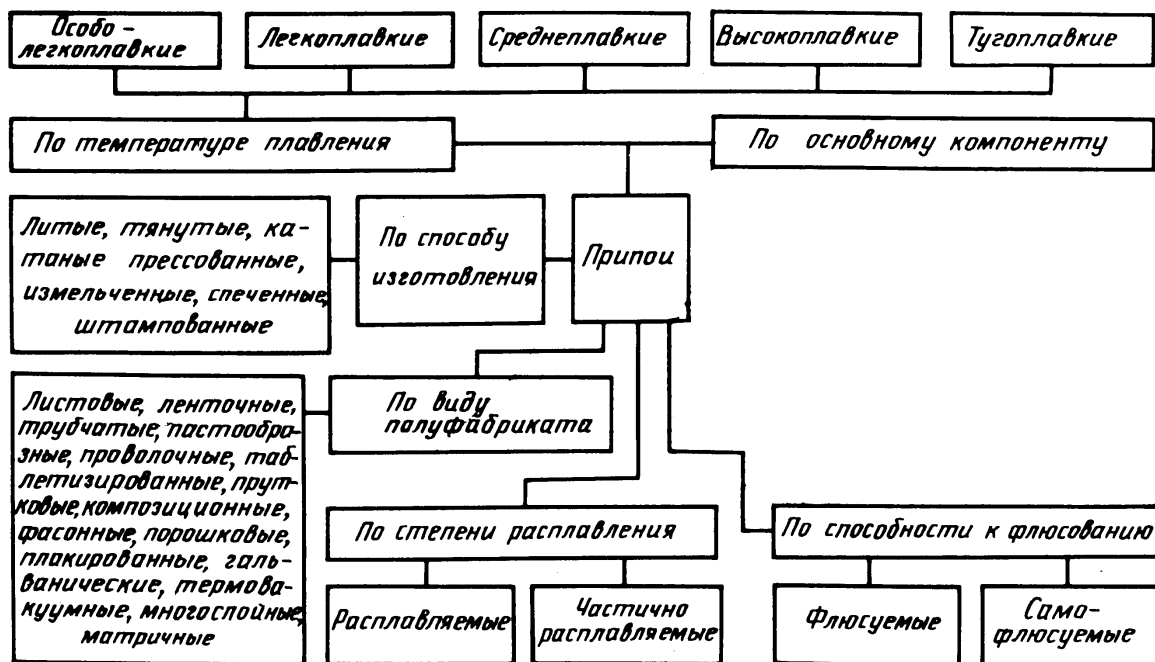


Рисунок 2 - Классификация готовых припоев

При восстановлении автомобильных деталей обычно применяют следующие группы припоев:

оловянно-свинцовые припои (ПОС90, ПОС40, ПОССу25-0,5, ПОССу18-2 и др.), которые применяются при ремонте радиаторов, трубопроводов низкого давления, деталей и узлов электрооборудования;

медно-цинковые припои (ПМЦ-36, ПМЦ-48, Л63, ЛОК62-0,6-04 и др.), которые применяют при пайке стальных и чугунных деталей, а также деталей из меди и ее сплавов;

алюминиевые припои (Силумин, 34А, П590А, П575А и др.), которые применяются для пайки деталей из алюминия и его сплавов. Кроме того, для пайки алюминия применяют низкотемпературные припои на основе олова, цинка и кадмия, их применяют при невысоких требованиях к прочности соединений.

Классификация припоев по температуре плавления представлена на рисунке 3.

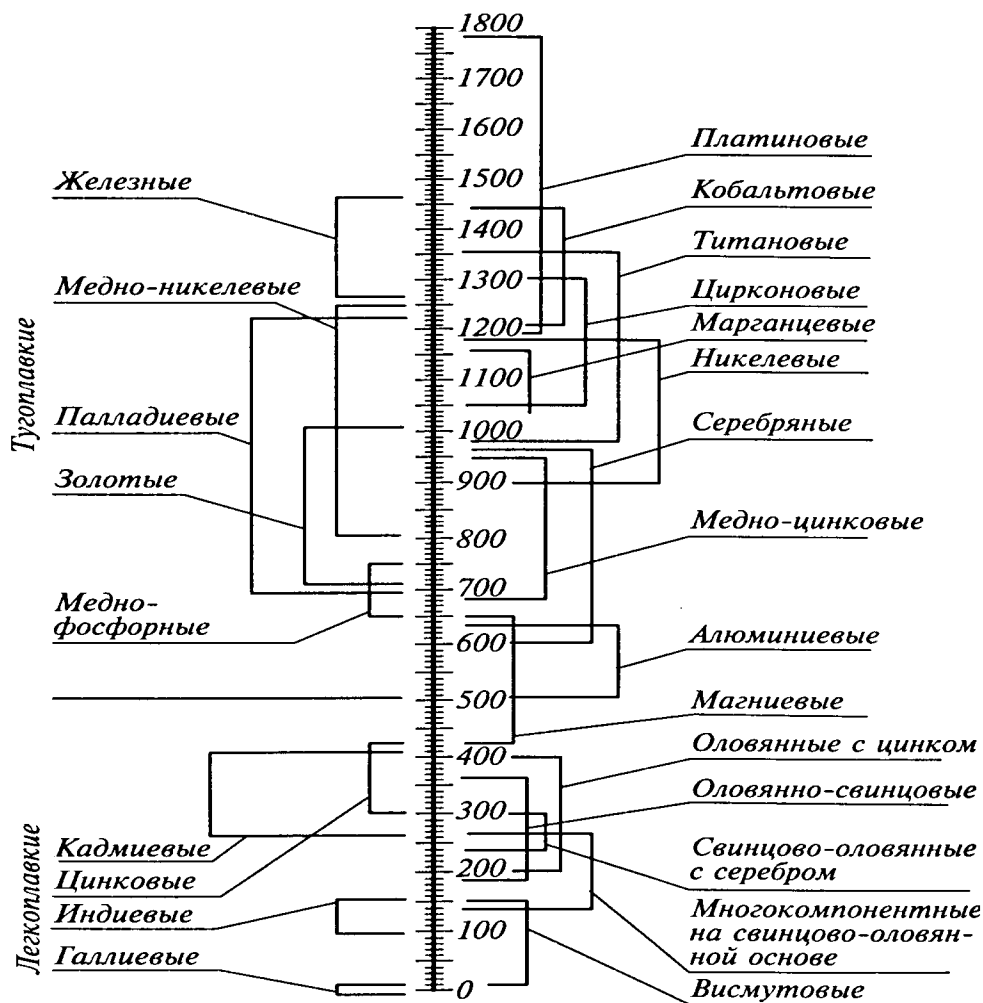


Рисунок 3 - Классификация припоев по температуре плавления

2.2 Вспомогательные материалы при пайке

К вспомогательным материалам при пайке относят флюсы, газовые среды для нанесения стоп-материалов покрытий.

Флюсом называют неметаллическое вещество, предназначенное для удаления адсорбированного кислорода или оксидной пленки с поверхности паяемого металла и припоя и для предотвращения ее образования при пайке на воздухе, для изменения поверхностного натяжения жидкого припоя.

Активность флюса зависит от его состава и температуры пайки. Поэтому важнейшей характеристикой паяльного флюса является его температурный интервал активности.

По мере нагрева состав флюса может изменяться, так как в нем могут развиваться процессы испарения, разложения и окисления его компонентов, химического взаимодействия их между собой.

Активность жидкого флюса и его защитная функция реализуется только при покрытии им поверхности паяемого металла, так как смачивание жидким припоем, растекание и затекание его в капиллярный зазор при пайке происходит только по офлюсованной поверхности. Поэтому равномерное смачивание паяемого металла жидким флюсом является одним из важнейших условий обеспечения высокого качества паяного соединения.

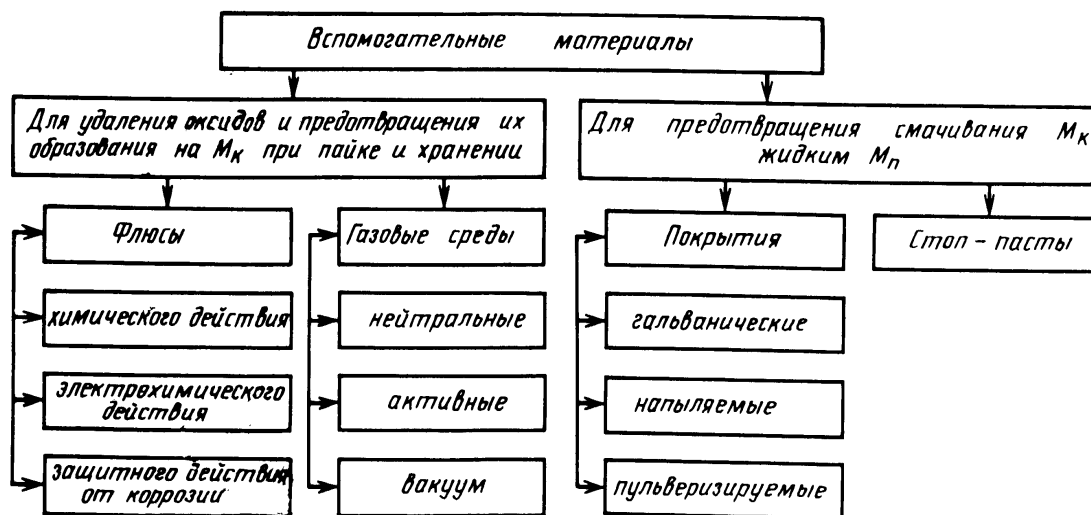


Рисунок 4 - Классификация вспомогательных материалов для пайки:
 M_k – паяемый материал; M_p – припой

Флюсы классифицируются по следующим признакам: 1) температурному интервалу активности; 2) механизму действия на оксидную пленку; 3) агрегатному состоянию при поставке.

По температурному интервалу активности различают флюсы для низко- и высокотемпературной пайки.

По характеру воздействия на оксиды различают флюсы электрохимического, химического, растворо-химического и защитного действия.

Защита паяемого металла и жидкого припоя в месте пайки от контакта их с кислородом воздуха, а также восстановление металлов из оксидов возможны также с помощью инертных газовых сред, активных газовых сред и вакуума.

К вспомогательным материалам для пайки относятся также вещества – стоп-материалы, используемые при подготовке поверхности

конструкционного материала и наносимые на паяемый материал в местах, где нежелательно смачивание паяемого металла жидким припоем. Такие вещества подразделяют на стоп-пасты и покрытия.

3 Формирование паяного соединения

Процесс образования паяного шва состоит из нескольких стадий:

- прогрев металла до температуры пайки;
- расплавление припоя;
- растекание жидкого припоя по поверхности металла;
- охлаждение и кристаллизация припоя в паяемом шве.

Для того чтобы возникло сцепление между частями твердого металла и расплавленным припоем, необходимо, чтобы атомы расплавленного металла вступили в непосредственный контакт с поверхностными атомами твердого металла, т.е. чтобы произошло смачивание.

Для понимания природы смачивания рассмотрим условия равновесия капли расплава на твердой металлической поверхности (рис. 5)

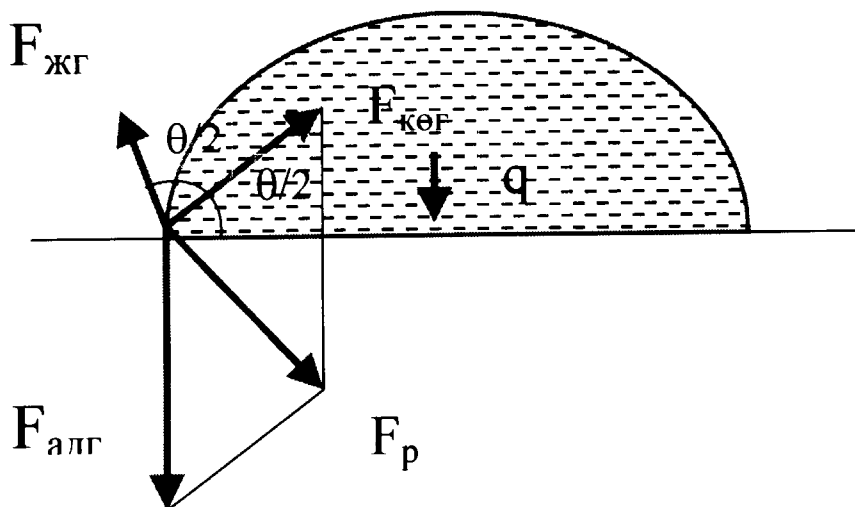


Рисунок 5 – Условия равновесия капли жидкости на поверхности

Если эта капля масла, то под влиянием его веса q можно пренебречь. Тогда частицы расплава в точке О будут находиться под воздействием сил: $F_{адг}$ - обеспечивающей прилипание (адгезию) частиц расплава к твердому металлу; $F_{ког}$ - обеспечивающей сцепление (когезию) частиц жидкости между собой; $F_{жг}$ - притяжения частицы жидкости газообразной средой; эта сила обычно мала, поэтому вектором $F_{жг}$ можно пренебречь.

Если капля расплава находится на плоской горизонтальной поверхности, то сила $F_{адг}$ как равнодействующая сил взаимодействия частицы О расплава с атомами твердого тела будет направлена вертикально вниз. Сила $F_{адг}$ как

результатирующая сил взаимодействия частицы О с расположенными вблизи нее атомами расплава направлена внутрь жидкой капли, при этом вектор $F_{\text{адг}}$ делит пополам угол Θ .

Складывая вектора $F_{\text{адг}}$ и $F_{\text{ког}}$, получим их равнодействующую F_r . В зависимости от величины и направления складываемых векторов равнодействующая F_r может быть направлена или внутрь твердого тела, или внутрь жидкости, или по границе раздела между ними. Легко понять, что поверхность жидкой капли в точке приложения равнодействующей силы F_r будет нормальна (перпендикулярна) к направлению этой силы и что в зависимости от направления силы будет меняться угол Θ , образованный касательной к поверхности жидкой капли в точке О и линией раздела твердое тело жидкость. Этот угол называется обычно краевым углом смачивания, а величина его служит показателем смачивания твердого тела жидкостью; чем меньше угол, тем лучше смачивание.

Твердое тело можно считать полностью смоченным жидкостью, если угол контакта равен нулю, и совершенно несмачиваемым, если этот угол равен 180° . Между значениями угла контакта от нуля до 180° имеется граница смачиваемости.

Смачиваемость можно определить или по величине угла контакта, или по площади растекания припоя.

Растекание припоя и его способность смачивать основной металл тесно связаны с поверхностным натяжением жидких припоев.

Внутри расплавленного припоя каждая молекула окружена со всех сторон другими молекулами, поэтому она подвергается сжатию со всех сторон. На поверхности молекула притягивается соседними молекулами внутрь и в стороны, при этом наружное притяжение, которое уравнивало бы притяжение внутрь, отсутствует. По этой причине молекулы на зеркале расплавленного припоя подвергаются сильному притяжению внутрь, что вызывает сжатие поверхности. Это стремление поверхности сжиматься называют поверхностным натяжением.

Растекание расплава по поверхности твердого металла. В непосредственной связи со смачиванием находится растекание металлического расплава по поверхности твердого металла: чем лучше расплав смачивает твердую поверхность, тем лучше он растекается по ней.

Растекание капли обычно продолжается не бесконечно, а лишь до определенного предела. После прекращения процесса растекания капли условия ее равновесия на металлической поверхности выразятся уравнением

$$\sigma_{\text{тг}} - \sigma_{\text{тж}} - \sigma_{\text{жг}} \cos \Theta = 0$$

где $\sigma_{\text{тг}}$ - поверхностное натяжение на границе раздела твердое тело – газ; $\sigma_{\text{тж}}$ – поверхностное натяжение на границе раздела твердое тело – жидкость; $\sigma_{\text{жг}}$ – поверхностное натяжение на границе раздела жидкость – газ; Θ - краевой угол смачивания, образованный границей раздела твердое тело – жидкость и границей раздела жидкость – газ.

жидкость и касательной к границе раздела жидкости – газ, отсчитанный внутрь жидкой фазы.

Растекаемость – это сложная характеристика, зависящая от очень большого количества факторов. Одним из главных факторов, определяющих растекаемость, является соотношение величин поверхностных натяжений границ раздела твердое тело – газ, твердое тело – жидкость и жидкость – газ.

Скорость растекаемости в значительной мере зависит от вязкости расплава, а в случае, если растекание расплава происходит при температуре ниже точки начала кристаллизации (точки ликвидуса), то также и от жидкотекучести его. Влияние жидкотекучести проявляется лишь при горячем покрытии сплавами, кристаллизующимися в широком интервале температур. Заметное влияние на растекаемость оказывает сила тяжести, стремящаяся уменьшить высоту капли, а также наличие на поверхности расплава прочной окисной пленки.

Растекание расплава зависит от природы твердого металла, но характер этой зависимости, в свою очередь, определяется природой применяемого флюса. Следовательно, смачивание следует рассматривать не как коллективное свойство пары металлов, а как обобщенное свойство каждой конкретной тройной системы твердый металл – расплав – флюс. Такое понимание механизма смачивания открывает широкую возможность разработки технологических процессов соединения любых металлов, смачивание которых в обычных условиях кажется невозможным.

4 Порядок проведения работы

Лабораторная работа проводится на установке для пайки в сухом водяном паре (рис.6).

Имея 40 % водный раствор хлористого цинка для проведения опытов разбавить водой в соотношении: 2,5; 0,08% содержание хлористого цинка в водяном растворе. Образцы из меди М1 размером 40×40×0,1 мм обработать в одном из растворов и выложить в кассету. Сверху установить навеску припоя (Припой марки ПОССу 30 – 0,5) массой 6,4 г.

Образцы с навесками припоя выдержать в камере пайки с газовой средой в течение 5 - 8 мин., при температуре 340 – 360⁰С.

После охлаждения образцов определить площадь растекания припоя и построить график зависимости растекания припоя от концентрации активатора.

Определить краевой угол смачивания γ для заключения о качестве активации поверхности.

5 Лабораторная установка

Для проведения процесса пайки используется нестандартная установка пайки в сухом водяном паре. Установка реализует способ пайки легкоплавкими припоями в активной газовой среде на основе перегретого водяного пара. В качестве активной добавки используется хлористый водород в микродозах (0.001 – 0.1% по объему). Хлористый водород подается в камеру пайки в виде водного раствора (6 – 10 %) соляной кислоты. В случае использования флюсов и их водных растворов подача активной добавки не производится. Общий вид установки представлен на рисунке 6.

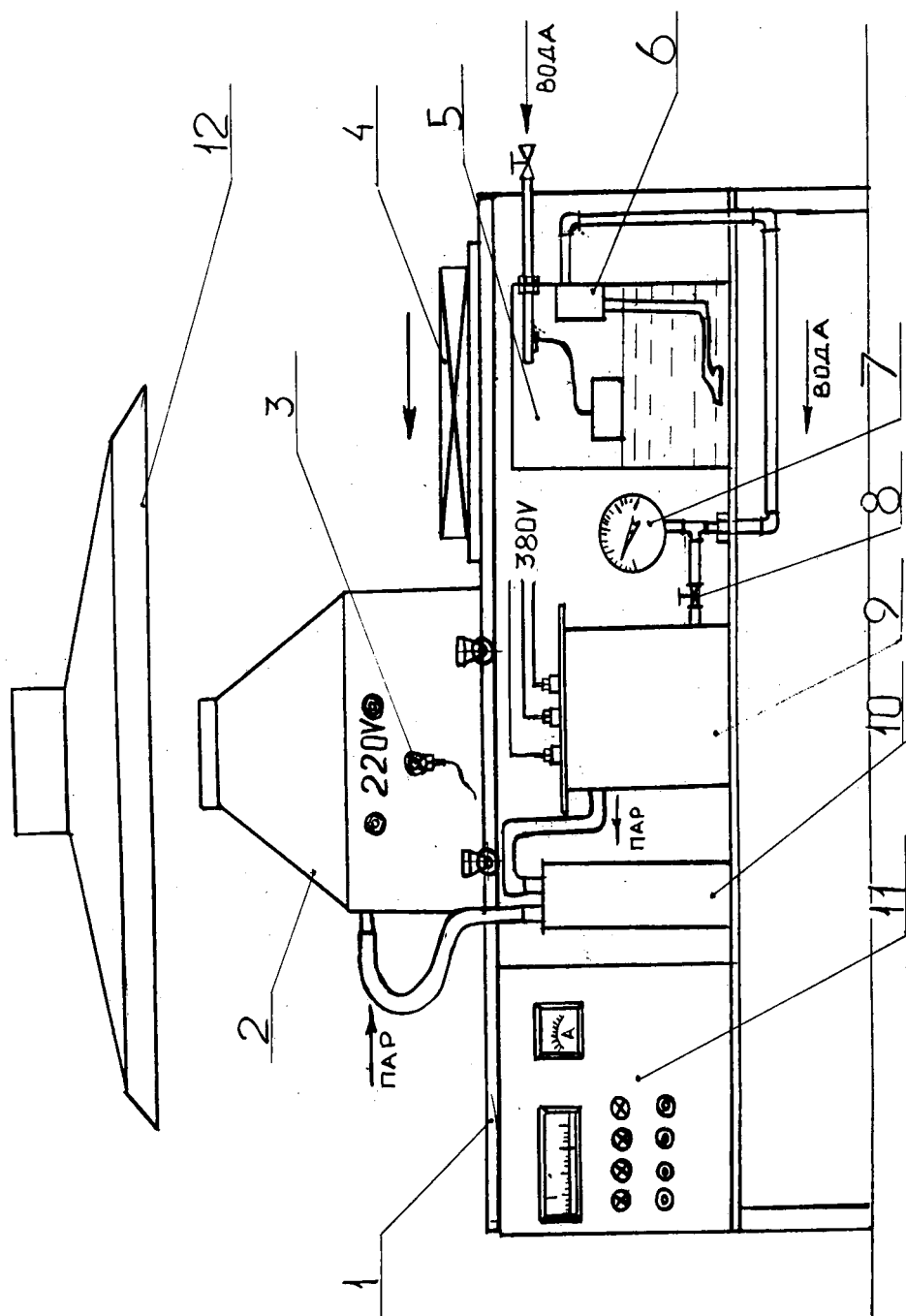


Рисунок 6 – Лабораторная установка для пайки

Здесь позициями обозначены: 1 – рама, 2 – камера пайки, 3 – термopapa, 4 – кассета для образцов, 5 – емкость, 6 – насос, 7 – манометр, 8 – вентиль, 9 – электропарогенератор, 10 – конденсатоотводчик, 11 – Шкаф управления, 12 – вытяжной зонт.

6 Порядок выполнения работы.

1. Включить питание установки (рис.6).
2. Запустить насос, наполнить парогенератор водой.
3. Включить парогенератор, пароперегреватель.
4. Вывести установку на рабочий режим.
5. Подобрать образцы, навески припоя, приготовить раствор активатора.
6. Взять по три образца на каждый раствор, подписать их и обработав в активаторе, выложить на стол установив на них навески припоя.
7. Все это поместить в газовую среду. (на 5 – 8 мин.).
8. Замерить площадь растекания припоя каждого образца и результаты занести в таблицу.
9. Построить график зависимости площади смачивания S от концентрации активатора c .

7 Содержание отчета.

Отчет о проведении лабораторной работы должен содержать краткий конспект по следующим разделам:

1. Цель работы.
2. Теория вопроса.
3. Описание работы.
4. Таблица основных результатов, график зависимости S от c .
5. Выводы.

	Концентрация раствора, c , %	Площадь растекания припоя, мм^2			
		S_1	S_2	S_3	S_4
1					
2					
3					

8 Контрольные вопросы.

- 5.1 Сущность процесса пайки
- 5.2 Что такое адгезия, когезия?
- 5.3 Чем определяется смачиваемость?
- 5.4 Что такое поверхностное натяжение?
- 5.5 Свойства, требования предъявляемые к припою
- 5.6 Назначение флюса. Достоинства и недостатки флюсового процесса
- 5.7 Достоинства и недостатки использования газовых сред для активации
- 5.8 Чем определяется краевой угол смачивания?
- 5.9 Факторы, влияющие на структуру и свойства паяных соединений
- 5.10 Дефекты паяного соединения

Список использованных источников

- 1 Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование: Учеб. для вузов/В.Е.Канарчук, А.Д.Чигринец, О.Л.Голяк, М.Шоцкий. –М.: Транспорт, 1995. – 303 с.
- 2 Капитальный ремонт автомобилей: Справочник/Л.В.Дехтеринский, Р.Е.Есенберлин, К.Х.Акмаев и др.; Под ред. Р.Е.Есенберлина. - М.: Транспорт, 1989. – 335 с.
- 3 Ремонт автомобилей: Учебник/Румянцев С.И., Борщев В.Ф., Боднев А.Г. и др.: Под ред. С.И.Румянцева. М.: Транспорт, 1981. -462 с.
- 4 Справочник по пайке: Справочник/Под ред. И.Е.Петрунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. 400 с.
- 5 Метод определения смачиваемости материалов припоями. ГОСТ 23904-79