

Пайка твердыми припоями

Разделение пайки на низкотемпературную и высокотемпературную носит, в некоторой степени, условный характер. По своей физической природе пайка твердыми припоями не отличается от пайки мягкими. Как и последняя она представляет собой процесс образования неразъемного соединения двух металлов с помощью третьего (называемого припоем), температура плавления которого ниже температуры плавления соединяемых металлов.



Пайка твердыми припоями

И все же, несмотря на то, что низкотемпературная и высокотемпературная пайки представляют собой явления одной сущности, их технология, используемые материалы и оборудование, характеристики получаемого соединения существенно различаются. Что, собственно, и явилось основанием для разделения этих способов. За граничную температуру, разделяющую их, приняты 450°C.

Отличия высокотемпературной пайки от низкотемпературной

Что отличает высокотемпературную пайку от низкотемпературной, кроме температуры плавления припоев? Прежде всего - значительно более высокая прочность паяного соединения, обусловленная большей прочностью твердых припоев в сравнении с мягкими.



Спаянная рама велосипеда

Важным отличием высокотемпературной пайки от низкотемпературной является повышенная термоустойчивость соединения. Поскольку температура плавления твердых припоев значительно выше температуры плавления мягких, соединение, выполненное высокотемпературной пайкой, способно работать при более высоких температурах, сохраняя все свои свойства. Во многих случаях при выборе способа пайки, эта особенность является определяющей.

Но есть и то, в чем пайка твердыми припоями уступает пайке мягкими припоями. Относительно высокая температура может вызывать структурные изменения в некоторых металлах. Такое, в частности, наблюдается в чугунах, в которых при пайке могут возникать закалочные структуры, приводящие к повышенной хрупкости металла в зоне шва.

Высокая температура плавления твердых припоев предъявляет свои требования к источникам нагрева. Они должны обеспечивать расплавление припоев, температура плавления которых достигает иногда 1000°C. Это исключает использование при высокотемпературной пайке удобных паяльников, являющихся основным инструментом при пайке мягкими припоями.

Резюмируя вышесказанное, можно подвести итог сравнения высокотемпературной и низкотемпературной пайки. К достоинствам первой относится высокая прочность и термоустойчивость соединения, к недостаткам - сложность технологического процесса, обусловленная необходимостью прогрева паяемых деталей до относительно высоких температур.

Применение пайки твердыми припоями

Область применения пайки твердыми припоями определяется ее промежуточным положением между низкотемпературной пайкой и сваркой. Везде, где требуется получить более прочное соединение, чем это можно сделать с использованием мягких припоев, способное к тому же работать в условиях высоких температур, и в то же время сохранить структуру соединяемых металлов, не допустить их разупрочнения и деформации (как это имеет место при сварке), применяют высокотемпературную пайку.

Пайка твердыми припоями является основным способом при изготовлении металлорежущего инструмента с твердосплавными пластинами. Припаивание последних обеспечивает достаточную прочность соединения и не оказывает отрицательного воздействия на твердость и геометрию режущих пластин.



Резцы

Изготовление всевозможных сосудов из цветных металлов и нержавеющей стали, соединение стальных и медных трубопроводов, работающих под высоким давлением или повышенной температуре в различных системах - холодильных, теплообменных и пр. - также не может обойтись без пайки твердыми припоями.

Широко используется высокотемпературная пайка при ремонте автомобилей - радиаторов, трубопроводных систем двигателя и трансмиссии, кузовов, различных деталей - везде, где нельзя или нежелательно применять сварку.

Целесообразно использование высокотемпературной пайки для соединения между собой тонкостенных деталей, работающих при значительных нагрузках и упругих деформациях.

Для ремонта медных и латунных бытовых изделий, подвергающихся в процессе эксплуатации высоким температурам, высокотемпературная пайка является способом ремонта не имеющим альтернативы. Таких, например, как старинный самовар, растапливаемый дровами. В этом случае мягкие припои не могут применяться из-за неспособности выдерживать высокую температуру нагрева.

Источники нагрева при высокотемпературной пайке

В качестве источников нагрева при высокотемпературной пайке может использоваться любое оборудование, которое позволяет нагревать паяемые детали несколько выше температуры плавления используемых припоев. Эта температура может колебаться в пределах 450-1200°C. При использовании тугоплавких материалов, таких как латунь или технически чистая медь, требуется нагрев, превышающий 1000°C, при использовании среднеплавких припоев требуется температура нагрева в 700-800°C.

Основными источниками нагрева при высокотемпературной пайке являются газовые горелки различных типов, индукторы и печи. Применяется также нагрев электросопротивлением. В быту чаще всего твердыми припоями паяют с помощью горелок.

Припой

Основная заслуга в образовании прочных и термоустойчивых соединений при высокотемпературной пайке принадлежит меди. Она не только входит практически во все твердые припои, но в большинстве из них выполняет главную роль, являясь основой припоев.

Иногда используют в качестве припоя и технически чистую медь. Однако гораздо чаще используют пайку медными припоями, представляющими собой соединения меди с другими металлами - цинком, серебром, кремнием, оловом и пр. Каждый из этих элементов вносит свою лепту в технологические свойства припоев. Почти все они снижают температуру плавления (у чистой меди она составляет 1083°C).

При высокотемпературной пайке используются медно-цинковые, медно-фосфорные, серебряные припои и латуни.



Твердый припой



Твердый припой покрытый флюсом

Медно-цинковые припои. Существует большое количество медно-цинковых припоев (ПМЦ-35, ПМЦ-39, ПМЦ-50, ПМЦ-54, ПМЦ-57 и пр.). Цифры указывают процентное содержание меди. Их используют для пайки бронзы, меди, стали. Недостатком чисто медно-цинковых материалов является плохая работа в условиях ударных, вибрационных и изгибающих нагрузок. Чтобы убрать или снизить этот недостаток используют легирование их другими металлами (например, латуни можно рассматривать как легированные медно-цинковые припои). Легированные медно-цинковые припои используются, в частности, при пайке твердосплавных резцов.

Медно-фосфорные припои. Медно-фосфорные припои (ПМФ-7, ПМФ-9, ПМФОЦр-6-4-0,03) представляют собой сплав меди с фосфором. Следующая за буквами цифра указывает на процентное содержание фосфора. Припой ПМФОЦр-6-4-0,03, кроме меди и фосфора, содержит олово и цирконий.

Медно-фосфорные припои относятся к среднеплавким (700-850°C), обладают высокой текучестью и хорошей коррозионной устойчивостью к агрессивным средам. Используются для пайки меди и ее сплавов (бронзы, латуни, мельхиора). Можно их использовать и в качестве заменителя серебряных припоев при ремонте ювелирных изделий.

Пайка сталей и чугуна медными припоями, содержащими фосфор, не применяется из-за повышенной хрупкости соединения и его неспособности переносить ударные, вибрационные и изгибающие нагрузки. Это вызвано образованием по границе шва пленки фосфитов.

Отличительную особенность медно-фосфорных припоев является то, что они являются самофлюсующимися. При пайке ими медных изделий, применение флюса не обязательно.

Латуни. Широкое распространение в качестве припоев получили латуни, которые являются сплавом меди с цинком. Латуни Л62 и ЛОК-62-06-04 дают прочные паяные соединения. ЛОК-62-06-04 отличается от Л62 наличием олова и кремния, обеспечивающих более высокие технологические свойства припоя. Олово увеличивает жидкотекучесть и снижает температуру плавления, а соединения кремния предохраняют цинк от окисления и испарения. Латуни применяются при пайке меди, стали, чугуна.

Серебряные припой. Серебро является отличным материалом для пайки. Серебряным припоям, которые представляют собой в основном сплав серебра с медью и цинком, принадлежит первое место по растеканию, смачиваемости, прочности и антикоррозионности. Не будь они такими дорогими, можно было бы отказаться от всех остальных припоев, используя только серебряные. Благо они обладают универсальностью и способны паять практически любой металл.

Припои на основе серебра обозначаются буквами ПСр (ПСр-15, ПСр-25, ПСр-45, ПСр-65, ПСр-70). Марки ПСр-15 и ПСр-25 используются для пайки не очень ответственных деталей. Если требуется получить особо качественное соединение, используют припой ПСр-45, имеющий 45% серебра, 30% меди и 25% цинка. ПСр-45 обладает отличными качествами - вязкостью, ковкостью, жидкотекучестью, устойчивостью против коррозии, способностью выдерживать вибрацию и удары. Припой ПСр-65 не уступает ПСр-45, но слишком дорог.

Серебряными припоями можно паять практически любой металл - медь и ее сплавы, серебро, стали и пр. Однако в силу их дороговизны пайку серебряными припоями применяют только там, где это экономически целесообразно, в частности, для соединения нержавеющей стали, относящихся к разряду труднопаяемых и требующих припоев, обладающих хорошей смачиваемостью и позволяющих избежать коррозии, которая может возникнуть в спае.

Флюсы

Основным компонентом флюсов для пайки твердыми припоями являются борные соединения - бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), борная кислота (H_3BO_3), борный ангидрид (B_2O_3). Для усиления активности борных флюсов, например при пайке нержавеющей и жаростойких сталей, в них добавляются соединения фтора - фтористый кальций, фтористый калий. Применяются специальные флюсы, регламентированные ГОСТ 23178-78 - под марками ПВ200, ПВ201, ПВ209, ПВ209Х, ПВ284Х. В первые два входят борная кислота, бура и фтористый кальций. Они используются для пайки нержавеющей и конструкционных сталей и жаропрочных сплавов. Флюс ПВ209 состоит из фтористого калия, борного ангидрида, калия тетрафторбората. Флюсы ПВ209Х, ПВ284Х состоят из борной кислоты, гидроксида калия, плавиковой кислоты. Флюсы ПВ209, ПВ209Х, ПВ284Х можно использовать для пайки меди и ее сплавов, нержавеющей и конструкционных сталей.

Пайка меди и ее сплавов может производиться с помощью чистой буры, которая является универсальным флюсом для высокотемпературной пайки.



Используются различные формы выпуска флюсов - жидкости, порошок, кусочки (кристаллы буры, например). Чтобы облегчить их дозирование (избыток флюса так же нежелателен, как и недостаток), используют объединение их с припоем. Делается это разными способами - добавлением в виде порошка в сыпучие формы припоев, обмазкой прутков припоя или помещением внутрь трубочки из припоя, совместным прессованием таблетированных форм.

Технология высокотемпературной пайки

В приведенном примере в качестве паяемых деталей выбраны части гаечного ключа. В качестве припоя - материал, представляющий собой пруток, покрытый флюсом. Необходим также высокоактивный флюс, подходящий для нержавеющей стали. Инструментом нагрева является газовая горелка.



Горелка для пайки

Пайка выполняется в такой последовательности. Механическим путем зачищаются стыковые части деталей. Операция необходима для удаления стойкой окисной пленки, которая покрывает нержавеющие стали.



Зачистка деталей пред пайкой



Фиксирование деталей

Детали зажимаются в тисках в требуемом положении. Зона пайки промазывается флюсом.



Нанесение флюса

Зажигается горелка, и устанавливается необходимый режим горения. Пламя должно быть восстановительным, с небольшой нехваткой кислорода (но не до копоти и желтого огня).

Производится разогрев паяемой зоны до начала изменения цвета детали (при прикосновении, флюс на прутке должен начать плавиться).



Прогрев деталей

Осуществляется офлюсовывание стыка флюсом с прутка - трением последнего по стыку. Если используется неофлюсованный пруток, после прогрева кончика, его нужно окунуть во флюс, чтобы тот покрыл его.



Нанесение флюса прутка припоя

Нагрев зоны пайки доводится до вишневого цвета. Обычно пайка твердыми припоями производится в интервале цветов от темно-вишневого до светло-вишневого.

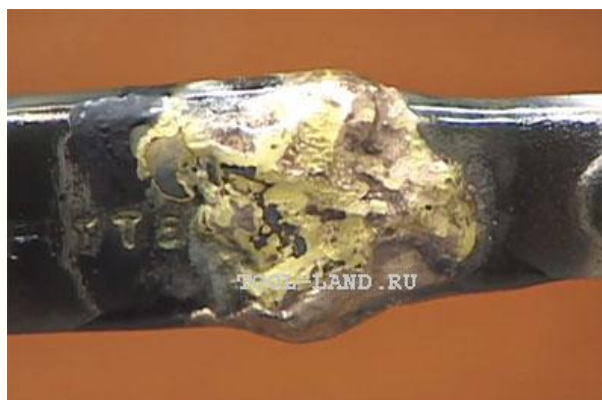


Нагрев деталей до более высокой температуры

Расплавляется припой. При достаточном количестве флюса он легко растекается по зоне пайки, затягивается в стык.



Нанесение припоя



Детали после пайки

После окончания операции производится зачистка спая.



Очистка спаянного гаечного ключа



Ключ спаянный высокотемпературной пайкой



<http://tool-land.ru/payka-tverdymi-pripoyami.php>