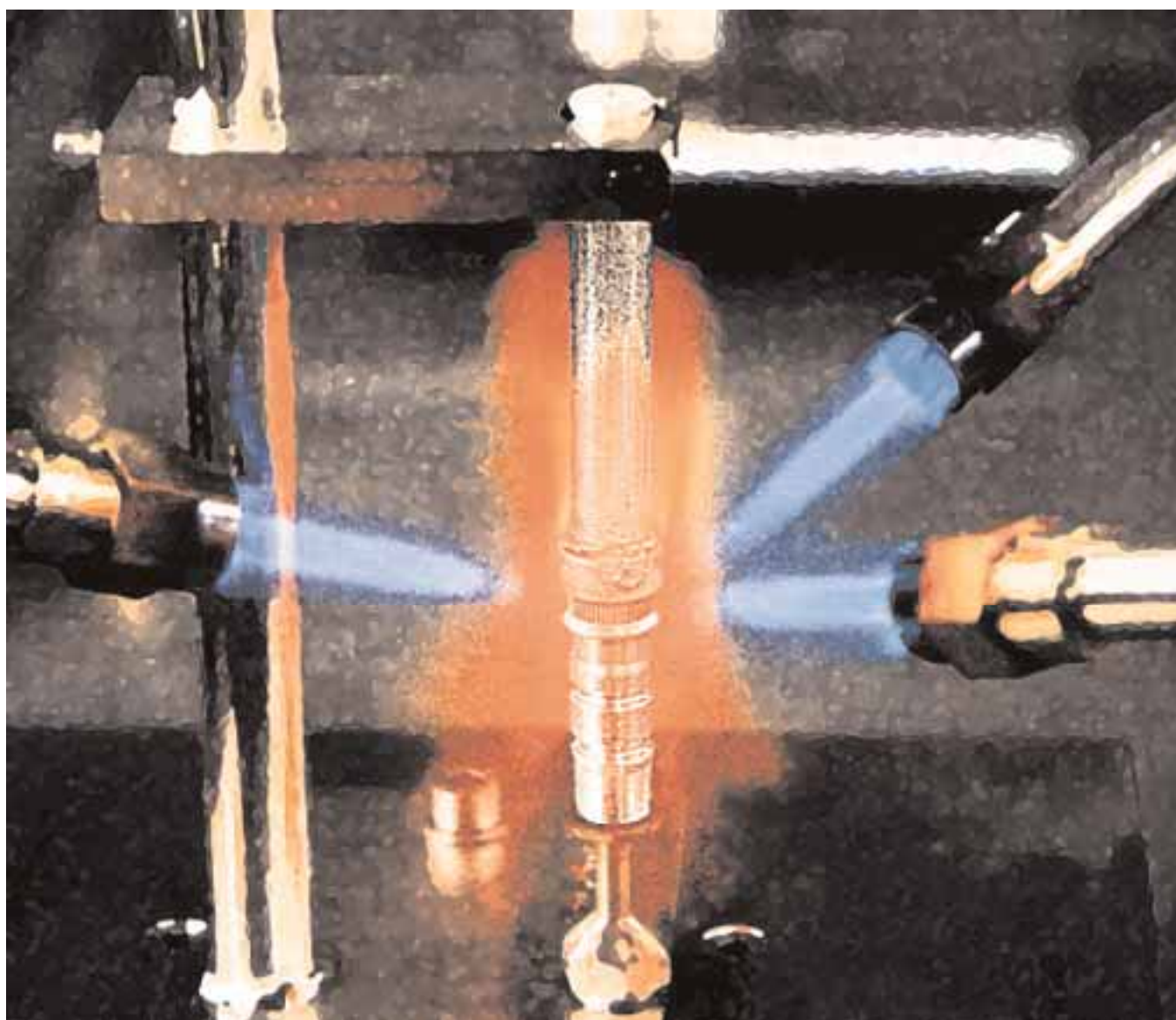


Flame Brazing
with

钎剂火焰
钎焊手册

Пайка в
открытом
пламени с

NOCOLOK® Flux



Solvay
Fluor und Derivate





Introduction

引言

Введение

Flame brazing of aluminum is not new. In fact the very first brazed aluminum assemblies were produced using a chloride based flux and a flame as the heat source.

What has changed over the years is the sophistication of the types of fluxes available and to a certain extent the alloy selection. However, even if one returns to the absolute basics of a flame, filler metal and flux, there remains a great deal to be learned about the fundamentals of flame brazing of aluminum. This becomes especially evident when the brazing engineer applies his techniques and equipment to NOCOLOK® flux flame brazing and years of learned practice seem to fail. This is largely due to the fact that the years of acquired knowledge of flame brazing aluminum has come from corrosive chloride-based flux brazing.

Unfortunately, the same techniques can not be directly applied to NOCOLOK® flux flame brazing. It is therefore the intention of this article to re-familiarize the brazing engineer with the fundamentals of flame brazing aluminum and use those fundamentals to realize all the advantages of NOCOLOK® flux brazing.

铝的火焰钎焊不是一种鲜为人知的工艺。因为早期钎焊铝部件时，就是使用氯化物钎剂，同时以火焰作为热源的。

多年以来所改变的仅仅是使用钎剂类型的改进及所用的合金范围的扩大。但是关于铝钎焊的基本要素，诸如钎焊火焰、钎料和钎剂，仍有许多方面要进行重新探讨。特别是当钎焊人员试图将他们的钎焊技能、设备及多年来积累的经验用于 NOCOLOK® 钎剂火焰钎焊而告失败时，重新探讨就显得更为重要了。这是因为钎焊人员多年以来在铝火焰钎焊方面的经验是从具腐蚀性的氯化物钎剂钎焊中获得的。

但是，用 NOCOLOK® 钎剂进行火焰钎焊，不能直接沿用这一方法。因此，钎焊人员要再次熟悉本手册中铝火焰钎焊的基本要素，从而实现 NOCOLOK® 钎剂钎焊的所有优点。

Пайка алюминия в открытом пламени не представляет собой ничего нового. Ведь уже самые первые спаянные алюминиевые конструкции изготавливались с помощью флюса на хлорной основе и с применением пламени в качестве источника тепла.

С течением времени изменилось только качество применяемых видов флюсов и, в известной степени, также выбор используемых в качестве припоев сплавов. Тем не менее, если обратиться к основам пайки в открытом пламени с использованием припоя и флюсов, следует признать, что при пайке алюминия многие принципы ещё недостаточно изучены. Это становится особенно очевидным, когда инженеры, специализирующиеся в области пайки, пытаются применить свой многолетний опыт в технологии пайки с использованием NOCOLOK Flux и при этом вдруг обнаруживают свою несостоятельность. В первую очередь причиной здесь является то, что их многолетний опыт в пайке алюминия в открытом пламени базируется на применении хлорсодержащих флюсов, вызывающих коррозию. К сожалению, при пайке с помощью NOCOLOK Flux в открытом пламени нельзя прямо применять ту же самую технику пайки. Цель этой статьи – еще раз вернуться к основам пайки алюминия в открытом пламени и при этом признать все преимущества процесса пайки с помощью NOCOLOK Flux.



NOCOLOK® Flux

Right to the point!

NOCOLOK® is a registered trademark of Alcan Aluminium Ltd, Canada

NOCOLOK® 是 Alcan Aluminium Ltd, Canada® (加拿大 Alcan 铝业有限公司) 的注册商标

NOCOLOK® зарегистрированный торговый знак фирмы of Alcan Aluminium Ltd, Canada



According to the American Welding Society, brazing is the joining of metals using a molten filler metal, which on cooling forms a joint. The filler metal melting temperature is above 450°C, but below the melting point of the metals. Flame brazing then implies the use of a flame as the heat source to accomplish what is described above.

Flame brazing lends itself well to joining components with simple configurations such as tube-to-tube, tube-to-fitting and joints having large thermal mass differences. Since much faster heating rates are possible than in furnace brazing, flame brazing is versatile and as will be explained in more detail later, can braze some Mg containing alloys.



美国焊接学会将钎焊定义为通过熔融钎料使金属部件相连接，钎料冷却后形成牢固的接头。钎料的熔点高于450°C，但低于焊接材料的熔点。火焰钎焊以火焰作为热源来完成上述钎焊操作。

火焰钎焊非常适用于结构简单的部件的连接，如管子与管子及管子与配件的连接；以及有很大热容差别的接头的连接。由于火焰钎焊比炉中钎焊的加热速率要快得多，因而在许多方面可以应用，例如下面所述能钎焊含镁合金。



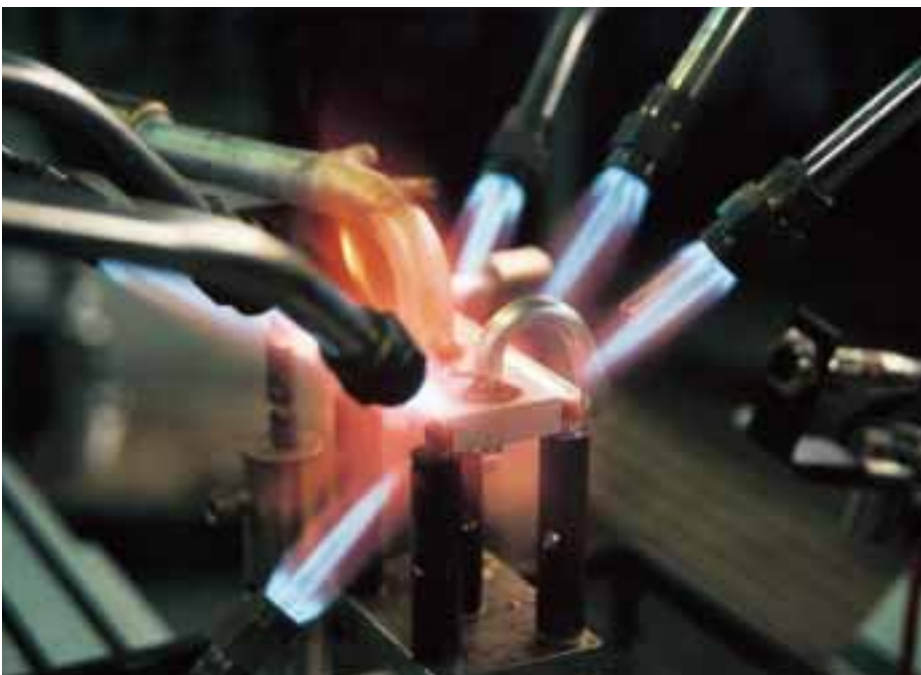
American Welding Society определяет пайку твёрдым припоем, как соединение металлов с помощью расплавленного припоя, который при остывании образует единое целое. Температура плавления припоя составляет свыше 450°C, но ниже, чем температура плавления соединяемых деталей. В данном случае для описанного выше процесса в качестве источника тепла применяется пламя.

Пайка в открытом пламени применима для соединения деталей с несложными конструктивными формами, как, например, труба – труба, труба – патрубок, а также для соединения деталей с сильно отличающейся термически эффективной массой. Поскольку пайка в открытом пламени обеспечивает гораздо более высокую скорость нагрева, чем пайка в печи, она находит многостороннее применение и делает возможной, как описано ниже, пайку магний-содержащих сплавов.

What is Flame Brazing?

什么是火焰钎焊？

Что такое пайка в открытом пламени?



Flame Brazing

火焰钎焊

Пайка в открытом пламени



What is NOCOLOK® Flux?

什么是 NOCOLOK® 钎剂?

Что такое NOCOLOK® Flux?

NOCOLOK flux is a white powder consisting of a mixture of potassium fluoroaluminate salts of the general formula $K_{1-3} AlF_{4-6}$. The flux has a defined melting point range of 565 °C to 572 °C, below the melting point of the Al-Si brazing alloy. The flux is non-corrosive and non-hygroscopic and is only very slightly soluble in water (0.2 % to 0.4 %). The shelf and pot life of the flux is therefore indefinite. The flux does not react with Al at room temperature or at brazing temperature and only becomes reactive when molten.

Role of the Flux

Once molten the flux works by dissolving the oxide film on the Al surfaces to be joined and prevents further oxidation. The flux wets the Al surfaces and allows the filler metal to flow freely into the joints by capillary action. Upon cooling, the flux solidifies and remains on the surfaces as a thin, tightly adherent film, which need not be removed.

Joint Clearances

The recommended gap tolerances for flame brazing range from 0.1 mm to to 0.15 mm. Larger gap clearances can be tolerated, but capillary action is reduced, gravity activity is increased and more filler metal may be required. Friction fits should also be avoided as this will restrict filler metal flow and result in discontinuities in the brazed joint area.



NOCOLOK® 钎剂呈白色粉末状，主要是通用分子式为 $K_{1-3} AlF_{4-6}$ 的氟铝酸钾盐的混合物。钎剂有一确定的熔点范围：560-572°C，低于 Al-Si 合金的熔点。这种钎剂不具腐蚀性，不吸湿，微溶于水 (0.2-0.4%)。因此该钎剂可长期存储和使用。在室温或钎焊温度下，钎剂不与铝发生反应，仅在熔化状态下才具有反应活性。

钎剂的作用

钎剂一旦熔化，会溶解待连接部件的铝表面上的氧化膜，并能防止重新氧化。钎剂湿润铝表面，使得钎料能通过毛细作用自由地流入到焊缝中。冷却后钎剂在部件表面上形成一层紧紧依附的薄膜，此膜无需清除。

焊缝间隙

火焰钎焊中推荐的焊缝间隙为 0.1-0.15 毫米。更大的间隙虽然是允许的，但却会使毛细作用降低，重力作用增加，有可能会消耗更多的钎料。应避免摩擦配合，因为这会阻碍钎料流动，导致钎焊后接头部位不连贯。



NOCOLOK Flux – это белый порошок, состоящий из смеси калийфторалюминиевых солей с общей формулой $K_{1-3} AlF_{4-6}$. Флюс обладает точно определённым диапазоном температуры плавления от 565 °C до 572 °C, лежащим ниже температуры плавления Al-Si-припоя. Флюс является некоррозивным и негигроскопичным и почти не растворим в воде (от 0,2 % до 0,4 %). Поэтому он может храниться в складских условиях неограниченное время. При комнатной температуре или температуре пайки флюс не реагирует с алюминием. Он становится активным только в расплавленном состоянии.

Роль флюса

В расплавленном состоянии флюс растворяет имеющиеся на поверхностях соединяемых алюминиевых деталей окисные пленки и препятствует дальнейшему окислению. Флюс смачивает алюминиевые поверхности таким образом, что припой, вследствие капиллярного эффекта, может свободно течь к местам спайки. После охлаждения флюс затвердевает и остаётся на поверхности в виде тонкой, прочной пленки, не требующей удаления.

Чистота соединения.

Рекомендуемые допуски на зазор при пайке в открытом пламени составляют от 0,1 мм до 0,15 мм. Большая величина хотя и допускается, но препятствует капиллярному эффекту, повышает вес и при этом требует больше припоя. Следует избегать слишком плотного сжатия соединяемых поверхностей, поскольку это препятствует свободному растеканию припоя и ведёт к неравномерной прочности в местах спайки.



Since the principles of flame brazing can be explained using the most basic equipment, only the equipment necessary for manual flame brazing is described. From the basic principles, all other equipment is only a matter of the degree of automation the end user wishes to achieve.

Hardware

Torch

It is critical that the joint area is brought up to temperature uniformly. For this reason a dual headed torch capable of heating the joint from 2 sides is recommended.

Torch Tip

A multi-orifice tip generates a broader flame at the exit of the tip. This feature enhances component temperature uniformity during heat up. Pin-point flames should be avoided as burn-through can easily occur.

因为火焰钎焊的原理可以通过使用基本设备来解释，因此这里仅描述手工火焰钎焊所需的设备。从基本原理来讲，所有其他设备仅与用户所希望达到的自动化程度高低相关。

装备

焊枪

焊缝周围能被均匀加热是非常重要的。因此推荐使用可以从两面加热焊缝的双头焊枪。

枪嘴

一个带有多个喷孔的枪嘴会喷出较宽的火焰带，从而能对部件进行均匀加热。要避免火焰集中一点，因为这样会使部件烧穿。

Так как принципы процесса пайки могут быть объяснены на основе базового оборудования, здесь будет описано только оборудование, необходимое для ручной пайки. В принципе все другие системы отличаются лишь желаемой степенью автоматизации.

Оборудование

Паяльная лампа.

Очень важен равномерный нагрев мест спайки. Для этого рекомендуется применение паяльной лампы с двумя головками, с помощью которой место пайки можно разогреть с двух сторон.

Сопло горелки

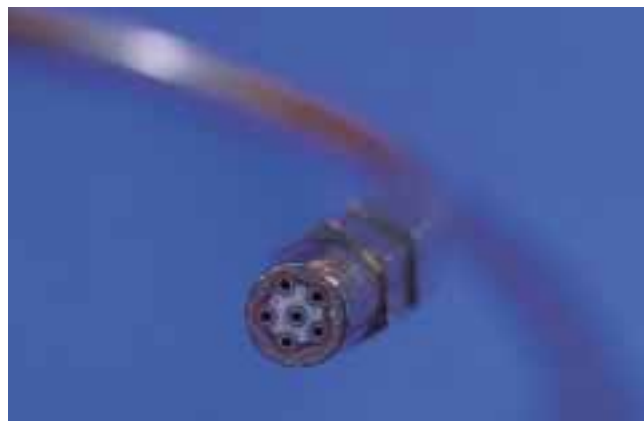
При наличии сопла со многими отверстиями на выходе образуется более широкое пламя. Это позволяет более равномерно разогреть деталь. Следует избегать точечного пламени, так как это может привести к прожиганию детали.

Recommended equipment for flame brazing

火焰钎焊中推荐配置的设备

Рекомендуемое оборудование для пайки в открытом пламени.

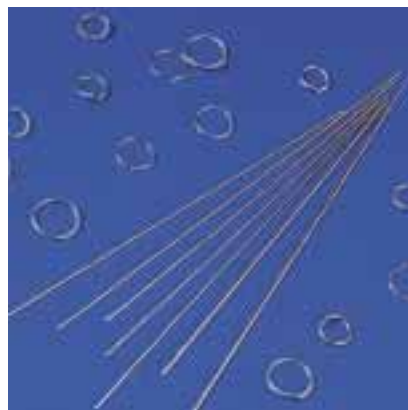
Torch Tip
枪嘴
Сопло горелки



Dual headed torch

双头焊枪

Паяльная лампа с двумя головками



Filler metal

钎料

Припой



Consumables

Gas

Most commercial gas mixtures are acceptable for flame brazing Al:

- oxygen – propane
- oxygen – methane
- oxygen – natural gas
- oxygen – acetylene (oxyacetylene)

Oxyacetylene combination produces the hottest flame and may be used, but with extreme care to avoid overheating and burn-through.

Filler Metal

The filler metal alloy most commonly used for flame brazing Al is AA4047 which contains 11 to 13 % Si. The Al-Si phase diagram shows the eutectic at 577 °C with 12.6 % Si. AA4047 filler alloy therefore has the lowest melting temperature with the highest fluidity, ideal properties for flame brazing Al.

The filler metal is available in a variety of shapes and forms including wire, rings, foil and powder. When used as a powder, it is usually mixed with flux and a carrier to form a paste (more on pastes below). The filler metal wire is also available commercially either cored or coated with flux, precluding the application of flux.

Brazing Paste

Commercially available brazing pastes consist of the flux, powdered filler metal and a binder/carrier to keep everything in uniform suspension. This paste is all inclusive, there is no need to supply flux or filler metal to the joint separately. Brazing pastes can also be applied with automatic dispensers, with syringes or by brush application.



辅助材料

燃气

铝火焰钎焊最常用的气体混合物为:

- 氧气 / 丙烷
- 氧气 / 甲烷
- 氧气 / 天然气
- 氧气 / 乙炔

氧气 / 乙炔火焰产生的温度最高。为了避免部件过热或烧穿，在使用时要特别谨慎。

钎料

铝火焰钎焊最常用的钎料合金是 AA4047，含 Si 量为 11-13%。由 Al-Si 相图可知，Si 含量为 12.6% 的 Al-Si 合金的低共熔点为 557°C。AA4047 钎料合金应用于铝火焰钎焊时具熔点最低，流动性最好的理想性能。

钎料的形状多样，有线材、环状、薄膜和粉末。粉末状钎料，通常与钎剂 / 载体混合成膏剂（多数为膏剂，见下）。市场上普遍应用的钎剂芯焊条及钎剂包覆焊条，因已预涂了钎剂，故在使中不再需要添加钎剂。

钎焊膏

市场上商品化使用的钎焊膏是一种胶体悬浮液，由钎剂、粉末状钎料及使各个成分均匀分布的混合物 / 载体组成。由于它已包含各种成分，因而不需要额外添加钎剂和钎料。钎焊膏可通过自动输送机，注射器或人工手扫的方法进行添加。



Вспомогательные материалы

Газ

Большинство имеющихся в продаже газовых смесей пригодны для пайки алюминия в открытом пламени:

- кислород – пропан
- кислород – метан
- кислород – природный газ
- кислород – ацетилен

Комбинация кислород - ацетилен обеспечивает самую высокую температуру пламени. При её применении рекомендуется крайняя осторожность, чтобы избежать перегрева или прожигания деталей.

Припой

При пайке алюминия в открытом пламени в качестве припоя чаще всего применяется сплав AA4047, содержащий от 11 до 13 % Si самых различных формах, например, в виде проволоки, колец, фольги и порошка. В виде порошка он, как правило, смешивается. На фазовой диаграмме Al – Si эвтектика находится при 12,6 % Si в районе 577 °C. Таким образом, припой AA4047 обладает самой низкой температурой плавления при наивысшей текучести - идеальное свойство для пайки алюминия в открытом пламени.

Припой выпускается с флюсом и связующим веществом до пастообразного состояния (больше о пастах см. ниже). В виде проволоки он может быть полым, а также с нанесенным на поверхность флюсом, что избавляет от последующего нанесения флюса.

Паста для пайки.

Имеющиеся в наличии пасты являются гомогенной суспензией из флюса, припоя в виде порошка и связующего вещества. Поскольку паста содержит все необходимые компоненты, применение дополнительно флюса или припоя не нужно. Паста может наноситься также автоматическими дозирующими устройствами, шприцами или кистью.



Flux Paste

This is very similar to brazing pastes except that there is no powdered filler metal present, meaning that flux pastes requires filler metal in one form or another to be added to the joint separately. The advantage of using a flux paste is that the end user does not have to prepare his own paste.

In-House Paste Preparation

The least expensive and most common is the in-house preparation of flux pastes. The flux is mixed with either water or alcohol and/or water at 40% to 60% solids. Using some alcohol in the paste formulation allows for quicker drying. Using pastes prepared in-house of course requires that the filler metal be supplied to the joint separately. These pastes are not easily dispensable automatically and are most often applied with a brush.

For brazing a tube-to-tube joint, the table below summarizes the complexity level in applying the flux and filler metal in their various forms:

钎剂膏

钎剂膏与钎焊膏相似，但不含粉末状钎料。因而使用钎剂膏时需要在焊缝上以某种形式添加钎料。使用钎剂膏的优点是，用户不需要自己配制钎剂膏。

自制钎剂膏

成本最低、最常用的方法是自制钎剂膏。40-60%的固体钎剂配水或乙醇，或水加乙醇的混合液。加入乙醇可使钎剂膏快速干燥。当然使用自制钎剂膏时需在焊缝上额外添加钎料。自制钎剂膏不易自动输送，通常是以人工手扫的方式添加到焊缝上。

下表列出管子与管子钎焊连接时，钎剂和钎料在多种应用方式时的钎焊步骤：

Флюс-паста.

Она отличается от пасты только тем, что не содержит порошкообразного припоя. Поэтому применение флюс-пасты предусматривает нанесение на соединяемые поверхности припоя в том или ином виде. Применение флюс-пасты даёт то преимущество, что пользователю не приходится самому изготавливать пасту.

Флюс-паста собственного приготовления.

Приготовление флюс-пасты в домашних условиях является самым экономичным и общепринятым методом. Флюс смешивается с водой или с алкоголем в пропорции 40% к 60% или и с тем, и с другим. Добавление алкоголя ведёт к более быстрому высыханию пасты. При использовании пасты собственного изготовления нужно дополнительно наносить припой на места соединения. Такие пасты тяжело наносить автоматически, поэтому при их использовании чаще всего используется кисть.

В таблице описаны процессы нанесения флюса и припоя в их различных видах при паячном соединении двух труб:

Flux Cored or Coated Wire 在丝材上注或涂敷钎剂 Полая или покрытая флюсом проволока	Brazing Pastes 钎焊膏 Паяльная паста	Flux Pastes 钎剂膏 Флюс-паста	In-House Paste Preparation 自制钎剂膏 Паста собственного изготовления
1. Preplace ring at the joint 在钎焊接头处部位放上钎焊环 Наожить кольцо на место соединения	1. Apply or dispense paste at the joint 在钎焊接头涂敷部位或配以添加或扫上钎焊膏 Нанести пасту на место соединения вручную или дозирующим устройством	1. Preplace ring at the joint 在钎焊接头放上钎焊环 Наложить кольцо на место соединения	1. Prepare paste 配制钎剂膏 Смешать пасту
2. Braze 钎焊 Паять	2. Dry 干燥 Высушить	2. Apply or dispense paste at the joint 在钎焊接头部位添加或扫上钎焊膏 Нанести пасту на место соединения вручную или дозирующим устройством	2. Preplace ring at the joint 在钎焊接头部位放上钎焊环 Наложить кольцо на место соединения
	3. Braze 钎焊 Паять	3. Dry 干燥 Высушить	3. Apply paste at the joint 在钎焊接头部位添加或扫上钎焊膏 Нанести пасту на место соединения
		4. Braze 钎焊 Паять	4. Dry 干燥 Высушить
			5. Löten 钎焊 Паять



Procedure
钎焊工序
Процедура

This section describes the necessary steps and control procedures to ensure a properly brazed joint.

1. Clean the Components

The joint area must be cleaned free of cutting and machining lubricants. Aqueous cleaning, solvent dipping or wiping are acceptable procedures.

2. Assemble the Components

The components are assembled with the filler alloy ring in place. There must be intimate contact between the 2 components to be joined and the alloy ring.

本节叙述了钎焊的必要步骤及控制工艺，以保证焊缝焊接的可靠性。

1. 部件的清洁

钎焊部位要洁净，不能带有切削油或成型油。可以使用的方法是：碱液清洗，溶剂浸渍或擦拭。

2. 部件的装配

连接带有焊环的部件，这时两个待连接的部件要与焊环紧密相连。

Этот раздел посвящён описанию шагов и контрольных процессов, необходимых для обеспечения надёжного паячного соединения.

1. Очистить детали

Соединяемые детали следует очистить от смазочных материалов. Очистка моющими средствами, погружение в специальный раствор или протирка являются допустимыми способами.

2. Соединить детали

Совместить детали с кольцом из припоя. При этом обе детали должны быть плотно соединены с кольцом из припоя.



Clean the Components

清洗部件

Очистить детали

1



Assemble the Components

连接部件

Соединить детали

2



3. Apply the Flux

The flux is then applied with a small brush around the circumference of the joint at a loading of about 25 to 30 g/m².

4. Dry the Flux

The flux should be allowed to dry before the application of intense heat to begin brazing. This can be done by allowing the joint to air dry or alternatively by gently heating the surrounding joint area with the flame, which will heat the metal and dry the flux. Intense heat should be avoided before the flux has dried, otherwise splattering and flux fall-off will occur.



3. 添加钎剂

用小扫把钎剂以大约 25-30 g/m² 的用量绕焊缝部位的圆周进行添加。

4. 干燥钎剂

在使用高温火焰钎焊前，钎剂必须进行干燥。可以采用通风的方法干燥焊缝或用火焰对焊缝部位稍微加热，使金属受热后干燥钎剂。在钎剂干燥前避免使用强火，否则会出现钎剂四处飞溅及剥落的情况。



3. Нанести флюс

Затем на место соединения маленькой кистью наносится флюс в количестве 25 30 г/м².

4. Высушить флюс

Прежде, чем начинать разогрев, флюс следует высушить. Этого можно добиться обдуванием или лёгким подогревом вокруг места соединения, таким образом, чтобы металл разогрелся и флюс высох. Пока флюс не высох, следует избегать интенсивного нагревания, чтобы флюс не растрескался и не отвалился.

Dry the Flux

干燥钎剂

Высушить флюс



Apply the Flux

添加钎剂

Нанести флюс





5. Heating

Once the flux has dried, more intense heat to begin the actual braze sequence can be applied. The braze flame should not be allowed to impinge on any one area very long to avoid overheating and burnthrough. The component with the higher thermal mass should be heated more. The flame should not be allowed to rest on the flux or preform ring to avoid premature melting before the joint area is uniformly heated to braze temperature. The flame should be kept moving at all times, moving back and forth between the components of different mass in such a way as to bring the entire joint to temperature uniformly.

There are 3 temperature indications in NOCOLOK flux flame brazing. The first is the appearance of a yellow flame at the Al surface. This indicates that the surface is starting to overheat/burn, since the aluminum skin always runs hotter than



5. 加热

一旦钎剂干燥后，就可用强火进行真正的钎焊。为了避免部件出现过热和烧穿现象，钎焊火焰不应长时间地对准部件上的某一点。对于有较高热容的部件，加热时间应稍长。火焰直接对准钎剂或钎焊环的时间不宜过长，以免其在焊缝部位被一致加热到钎焊温度前过早地熔化。火焰必须不断地在焊缝前后来回移动，以使整个焊缝部位同步达到钎焊温度。

用 NOCOLOK® 钎剂进行火焰钎焊时，有三个温度显示。第一个温度显示出现在铝表面出现黄色火焰时。这表明铝表面开始过热/过烧，因为铝表面总是比部件中心更快受热。为了防止烧穿，火焰不应频繁接触铝表面。第二温度显示出现在钎剂熔化的第一瞬间。



5. Нагревание.

Как только флюс высохнет, место соединения можно разогревать сильнее, чтобы приступить собственно к процессу пайки. При этом не следует долго направлять пламя на одно и то же место, чтобы избежать перегрева и прожигания материала. Деталь с большей термически эффективной массой должна разогреваться сильнее. Пламя не должно воздействовать на флюс или кольцо припоя, чтобы они не расплавились раньше, чем соединяемые поверхности равномерно прогреются до температуры пайки. Пламя следует постоянно перемещать между деталями различной массы таким образом, чтобы соединяемые поверхности прогрелись равномерно.

При пайке в открытом пламени с NOCOLOK Flux имеются три показателя температуры. Первый – жёлтое пламя на поверхности алюминия, указывает на начинающийся перегрев / прожог поверхности, ведь температура на поверхности всегда выше, чем внутри детали. Чтобы избежать этого, пламя должно не так часто попадать на соответствующую область.



Heating
加热
Нагревание.



Melting point
熔点
Точка плавления



the component center. The flame must visit the area less frequently to avoid burning. The second indicator is the first sign of flux melting, that is the fluxed area turns from white to clear. This indicates that the joint temperature is about 565 °C. At this point the flames can be played directly on the joint and filler metal ring. Very shortly after flux melting, the filler metal ring begins to loose shape (third temperature indicator) and begins to melt at 577 °C. The molten filler metal is quickly drawn into the joint by capillary action. As soon as the full preform ring is molten, the flame should be quickly removed and the brazed joint allowed to cool.

6. Post Braze Treatment

After cooling, no further treatment is required. The flux, although visible is non-corrosive and non-hygroscopic. With the brazing conditions optimized, meaning minimal flux residue, the surfaces can be painted with relatively good paint adhesion over the flux residue. If absolutely desired, the flux residue can be removed, but only by mechanical means such as wire brushing and grit blasting. Removing the flux residue is recommended only when joint cleanliness is absolutely imperative.

这时添加钎剂的部位由白色变为透明。这表明钎焊接头的温度约为 565°C。这时火焰可直接对准焊缝和焊环进行加热。在钎剂熔融后短时间内，钎焊环会变形（第三个温度显示），并在 577 °C 时熔化。熔化的钎料通过毛细作用迅速流入焊缝。一旦钎焊环完全熔化，应立即移开火焰使被钎焊的焊缝部位冷却。

6. 焊后处理

冷却后不需进一步的处理。钎剂残余物虽然可见但没有腐蚀性、不吸潮。如果钎焊条件得到优化，钎焊后残余物可减至最少，残余物表面能较好地依附油漆而可以直接喷涂。如果确实需要，也可除去钎剂残余物。这时只能使用机械方法，例如用钢丝刷或砂纸。建议只有当接头的清洁是必不可少时才清除钎剂残余物。

Второй показатель-начало плавления флюса, при этом белая поверхность с нанесённым флюсом становится чистой. Это указывает на то, что температура составляет около 565 °C. Теперь пламя можно направлять прямо на место пайки и на кольцо припоя. Вскоре после расплавления флюса кольцо припоя начинает терять форму (что является третьим показателем температуры) и расплавляется при 577 °C. Расплавленный припой благодаря капиллярному эффекту быстро заполняет зазор между соединяемыми деталями. Как только кольцо полностью расплавится, пламя следует немедленно убрать и охладить деталь.

6. Послепаячная обработка

После охлаждения не требуется дополнительной обработки. Оставшийся флюс некоррозионен и негигроскопичен. Вследствие оптимальных условий пайки на поверхности имеются лишь минимальные остатки флюса и их можно закрасить, при этом краска хорошо ложится на поверхность. При необходимости остатки флюса можно удалить. Для этого рекомендуются только механические средства, как, например, проволочные щётки или пескоструйный аппарат. Удаление остатков флюса рекомендуется только, если очищение места пайки абсолютно необходимо.



Brazed joint

钎焊连接

соединение, паянное твёрдым приплет



Alternatives 其他方式 Альтернативы

Fluxing Prior to Assembly

The procedure described above is the most common and reliable method to ensure good quality brazed joints, but is not the only one. For instance with a tube-to-tube joint, with the filler metal ring in place, the flux can be applied to the lower portion of the straight tube prior to insertion in the expanded tube. In this case, a light flux loading around the circumference of the joint after assembly is still required to cover the filler metal ring.

Feeding the Joint with Filler Metal

Another alternative to using a preform ring is to feed the filler metal into the joint with filler alloy wire or rod during heating, after the flux is molten. This method is frequently adopted by brazers who have had experience with chloride flux flame brazing or who have welding backgrounds. To the novice brazer, this method is very difficult because the window between when the flux becomes molten and when the flux dries out is very small, when brazing in air. The window of opportunity is in the order of a few seconds and skilled brazers are able to work within this window. By placing the preform ring at the joint prior to heating ensures that the flux will not dry out before the filler begins to melt.

装配前添加钎剂

上述的方法是保证高质量的焊接常用的，也是最可靠的方法，但却不是唯一方法。例如需放置焊环的管与管的焊接，钎剂可在插入扩口管之前添加在垂直管的下端。在这种情况下，装配后必须围绕焊缝添加少量钎剂以覆盖焊环。

焊缝中添加钎剂

另一种替代使用焊环的方法是在钎剂熔融后，将钎料（线状或棒状）加到焊缝中。这种方法经常被有氯化物钎剂钎焊或熔焊经验的操作人员所采用。但对于初学者来说该方法比较困难。因为在空气环境中钎焊，钎剂开始熔化到干结的空隙是非常短的。这几秒钟的空隙只有经验丰富的钎焊人员才能掌握。加热前在焊缝部位放置焊环就可保证钎料开始熔化前，钎剂不会完全干结。

Нанесение флюса перед соединением деталей

Вышеописанный процесс является общепринятым и самым надёжным, но не единственным методом для обеспечения высококачественного паячного соединения. При соединении труб с заранее установленным кольцом припоя флюс может быть нанесён, например, на нижнюю часть внутренней трубы, прежде, чем вставить её в более широкую трубу. В этом случае после соединения следует нанести немного флюса вокруг зазора так, чтобы он покрыл кольцо припоя.

Введение припоя в зазор между деталями.

Альтернативой применению колец припоя является также ведение припоя в виде проволоки или стержня во время разогрева в зазор между соединяемыми деталями после расплавления флюса. Этот метод часто применяется специалистами, имеющими достаточный опыт сварки или пайки в открытом пламени с флюсами на основе хлоридов. Для начинающих этот метод очень труден, поскольку временной промежуток между расплавлением и высыханием флюса во время пайки в окружающей воздушной среде очень короток. В основном, он составляет немногие секунды, и только опытный специалист может выполнить свою работу за такое короткое время. Напротив, если кольцо припоя уложено в зазор между деталями перед нагревом, то флюс не может высохнуть прежде, чем начнёт плавиться припой.



NOCOLOK® Flux

Right to the point!



The table below lists the chemical composition and melting point range of common alloys suitable for NOCOLOK flux flame brazing.

As shown in the Table, alloys that are considered difficult or impossible to braze by furnace methods can be flame brazed. In furnace brazing, Mg diffuses to the surface and reacts with the surface oxide to form MgO and spinels of MgO:Al₂O₃, which have reduced solubility in NOCOLOK flux. Furthermore, Mg and/or MgO can react with the flux, rendering it less effective. The rule of thumb for furnace brazing is to limit the total amount to less than 0.5 wt % Mg.

In flame brazing, higher Mg levels can be tolerated since the faster heating rates do not allow the diffusing Mg enough time to appreciably decrease the beneficial effects of the flux. Up to 1 wt% Mg can be brazed with relative ease, while greater than 1wt% Mg may be possible under some circumstances (increased flux loadings, extremely fast heating rates).

下表列出了适用 NOCOLOK[®] 钎剂火焰钎焊的合金类型、化学成份及熔点范围。

如图所示，在炉中钎焊时不能采用或操作有一定困难的合金可用于火焰钎焊。在炉中钎焊时，镁扩散到合金表面并与表面氧化膜反应生成难溶于 NOCOLOK[®] 钎剂的氧化镁及氧化镁与三氧化二硅的尖晶石。此外，镁和（或）氧化镁与钎剂反应，从而降低钎剂效率。炉中钎焊首要的原则是镁的总含量低于 0.5% 重量比。

在火焰钎焊时，较高的含镁量是可接受的，因为加热速率较快，使得扩散的镁没有足够的时间发生作用来显著降低钎剂的钎焊效果。含镁量高达 1% 的材料，可轻易地进行钎焊。含镁量超过 1% 的材料，须通过某些方法（增加钎剂载重量、提高加热速率）进行钎焊。

В таблице, которая приведена ниже, дается химический состав и температуры плавления сплавов, имеющих в продаже и пригодных для пайки в открытом пламени с NOCOLOK Flux.

Как видно из таблицы, сплавы, применение которых для пайки в печи считается тяжёлым или невозможным, пригодны для пайки в открытом пламени. При пайке в печи происходит диффузия магния на поверхность и он реагирует с окислами на поверхности, превращаясь при этом в MgO и кристаллические соединения типа MgO:Al₂O₃, слабо растворяющиеся в NOCOLOK Flux. Как следствие этого, Mg и / или MgO может вступать в реакции с флюсом и ослаблять его действие. При пайке в печи допустимое содержание магния составляет менее 0,5% веса.

При пайке в открытом пламени допускается более высокое содержание магния, поскольку диффузный магний при более высокой скорости нагрева не в состоянии более или менее значительно воздействовать на флюс. При содержании магния до 1% веса обработка не представляет сложности, при определённых условиях можно паять и материалы, содержащие магний в количестве более 1% веса (повышенное количество флюса, очень высокая скорость нагрева).

Alloys suitable for flame brazing

适用 NOCOLOK[®] 钎剂火焰钎焊的合金

Сплавы, подходящие для пайки в открытом пламени.

Aluminum association alloy composition

铝合金的化学成份

Состав алюминиевых сплавов

Alloy 合金 Сплав	Composition (% By Weight) 化学成份% (重量百分比) Состав в весовых процентах							Approx. Melting Range 熔点约为 Точки плавлен.	
	Si 硅	Fe 铁	Cu 铜	Mn 锰	Mg 镁	Zn 锌	Ti 钛	Solidus (C°) 固态	Liquidus (C°) 液态
3003	0.6	0.7	0.05 – 0.20	1.0 – 1.5	–	0.10	–	643	654
1145	0.55 Si+Fe		0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	640	655
1070	0.20	0.25	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	640	655
3005	0.60	0.70	0.30	1.0 – 1.5	0.20 – 0.6	0.25	0.10	640	655
3105	0.60	0.70	0.30	0.30 – 0.80	0.20 – 0.80	0.40	0.10	635	655
6951	0.20 – 0.50	0.80	0.15 – 0.40	0.10	0.40 – 0.8	0.20	–	616	654
3102	0.40	0.7	0.10	0.05 – 0.40	–	0.30	0.10	645	655
6063	0.20 – 0.6	0.35	0.10	0.10	0.45 – 0.9	0.10	0.10	616	652
6061	0.40 – 0.8	0.7	0.15 – 0.40	0.15	0.8 – 1.2	0.25	0.15	616	652



Precaution

Mg containing alloys have lower melting points than those alloys containing very low or no Mg (see Table above). The most common high strength machineable alloys for example are AA6061 and AA6063 which typically contain 1 wt % and 0.5 wt %, respectively. Note that both of these alloys have a solidus of 616 °C. This means that these alloys, when overheated are prone to incipient grain boundary melting. The effect of overheating manifests itself as degradation of the microstructure and a roughening of the skin, commonly known as 'orange peel' effect. These effects are illustrated in the photomicrographs below.

注意事项

含镁量高的合金熔点比不含镁或含镁量低的合金熔点要低(见上表)。最普遍使用的高强度可切割合金如AA6061和AA6063,是典型的分别含镁1%和0.5%重量比的合金。这二种合金在616°C时有一固态线。这意味着这些合金在被过度加热时会出现颗粒周围的初溶。这种过热的影响表现为合金的显微组织裂解,表面粗糙。这就是常说的"元素剥落效应"。这种效应可以从下面的显微照片中看到。

Осторожно!

Содержащие магний сплавы обладают более низкими точками плавления, чем сплавы с незначительным количеством магния или вообще без его присутствия (см. таблицу выше). Наиболее часто применяемыми являются, например, высокопрочные сплавы для машинной обработки AA6061 и AA6063 с содержанием магния соответственно 1% и 0,5%. В обоих случаях температура начала плавления составляет 616°C, то есть, при перегреве у этих сплавов начинают плавиться поверхности зёрен. Следствием является разрушение микроструктуры и грубая поверхность, известная, как эффект апельсиновой корки. Этот эффект виден на нижеприведённых снимках под микроскопом.



Cross-Section of As-Extruded and Overheated Machineable Alloys

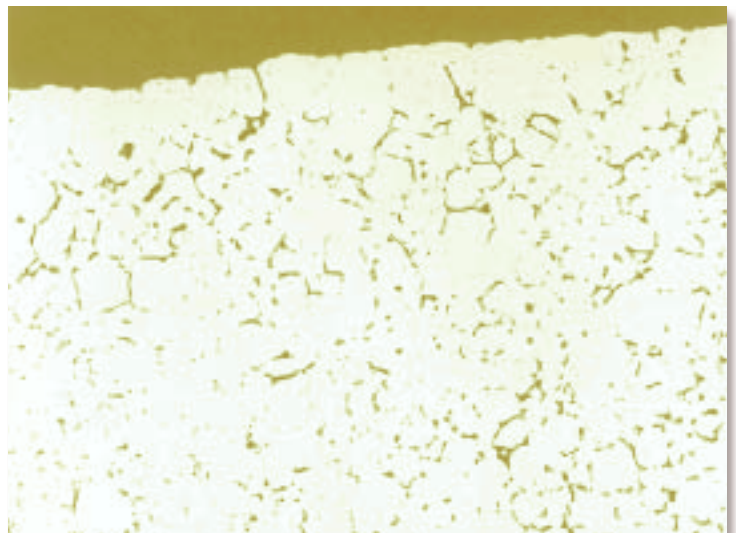
可切割合金AA7004,在伸长和过热状态下,横截面的显微组织照片(表面和内部组织)

Снимок под микроскопом сплава для машинной обработки AA7004 в спрессованном и разогретом состоянии в поперечном разрезе (поверхность и внутренняя структура)

As extruded

已伸长

Спрессованный



Heated to 630 °C

加热到630 °C

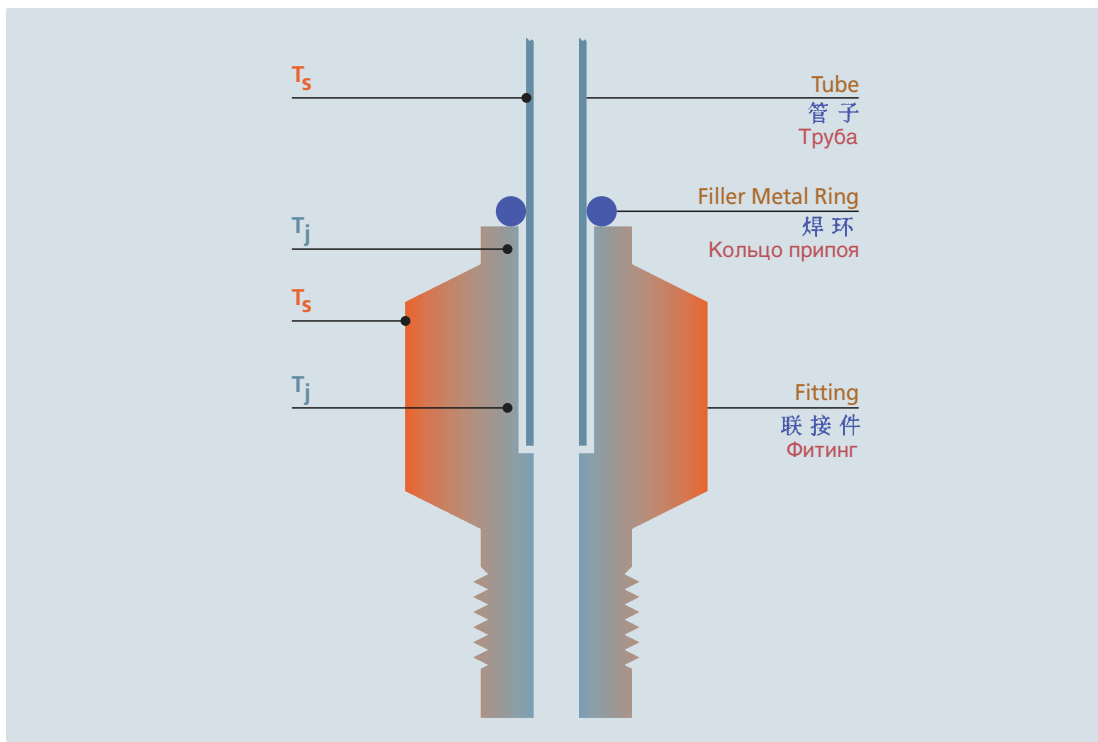
Разогретый до 630°C



This effect is worse in the outer skin since this area sees a higher temperature (T_s surface temperature) than deeper within the component (T_j joint temperature) as illustrated below. Metallurgical degradation of this type can cause problems with the longevity and suitability of machined surfaces such as threads in fittings.

这种效应在表面表现强烈，因为表面温度 (T_s 高于部件内部深层温度 (T_j 焊缝温度)，参见下图。显微组织受到的这种破坏影响，能引发部件使用期及被切割表面适合性的问题 (例如装配螺纹)

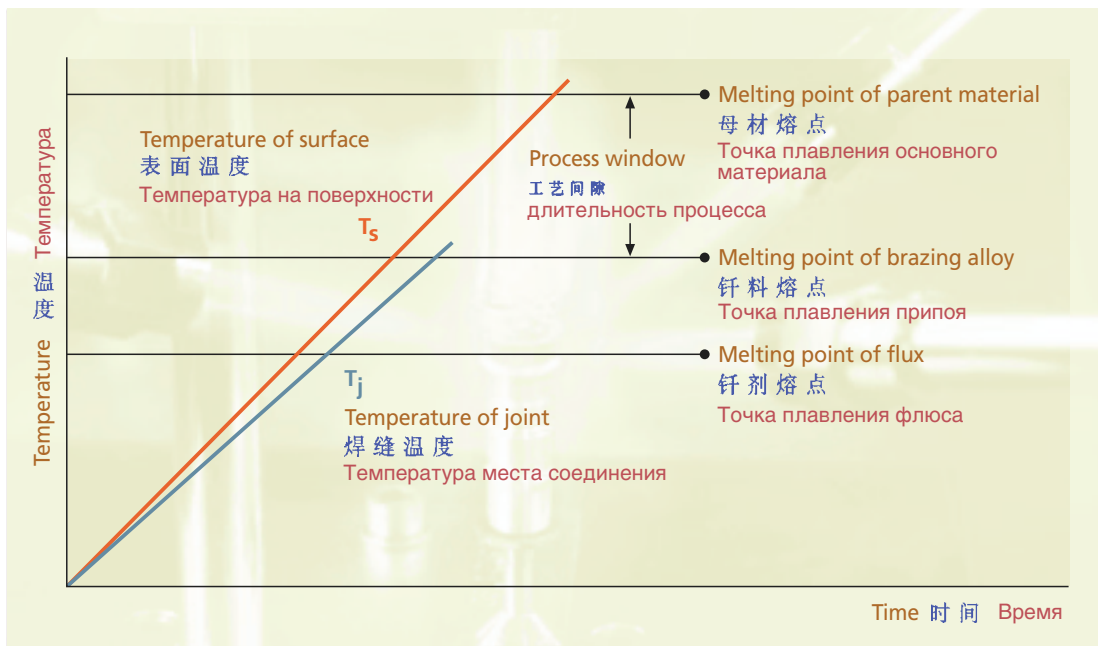
Этот эффект сильнее выражен на поверхности, поскольку температура здесь выше (T_s – температура на поверхности), чем внутри детали (T_j – температура места соединения), см. иллюстрацию внизу. Этот вид повреждений может повлиять на срок службы и функциональную пригодность механически обрабатываемых поверхностей, как, например, резьба фитинга.



Schematic of joint*

焊缝示意图

Схематическое изображение паячного соединения



* Concept courtesy of Burner Flame Technology, Ltd.

* 钎剂火焰钎焊概念由 Burner Flame Technology, Ltd 公司提供并允许使用

* Коцепция Burner Flame Technology, Ltd



Automation

自动化

АВТО-МАТИЗАЦИЯ

The procedure described above is for manual flame brazing using a hand held torch and visual indicators (flux melting) for monitoring process parameters. Flame brazing is easily automated and the level of automation can vary between simple shuttle systems to fully automatic brazing carousels including optical pyrometry temperature measurements. Regardless of the level of automation, the principles of manual flame brazing still apply.

Shuttle Systems

The shuttle system consists of a framework on which 1 or 2 components requiring brazing are mounted where the motor driven framework laterally shuttles the braze joints between 1 or 2 braze stations each equipped with opposing flames (the equivalent of a double headed torch). The shuttle is usually configured such that 1 or 2 new components requiring brazing can be installed on the return of the shuttle to its original position and the brazed units unloaded.

上述方法用于手工火焰钎焊，使用手持焊枪及用视觉判断（钎剂的熔化）以控制焊接工艺参数。火焰钎焊易于自动化，其自动化程度从简单的往复式钎焊系统到全自动钎焊的带光测温计的圆盘式钎焊系统间变化。但是，不管自动化程度如何，其基本的手工火焰钎焊原理仍然是适用的。

往复式钎焊系统

往复式钎焊系统有电动机传动的框架，可以对1个或2个要钎焊的工件实现夹紧和传送。该系统的框架在装备有对向火焰的火焰台间（等效于双头焊枪）横向传送需被钎焊的部件。该系统的布局使得要钎焊部件正好安装到返回原位的穿梭装置，而已钎焊完毕的部件则正好被卸下装置。

Описанный выше процесс относится к ручной пайке с помощью ручной горелки и использования визуальных показателей (расплавление флюса) для наблюдения за параметрами процесса. Пайка в открытом пламени легко поддается автоматизации, от простых челночных устройств до полностью автоматизированных карусельных установок с оптическим пирометрическим устройством для контроля температуры. Независимо от уровня автоматизации, принципы ручной пайки все еще применяются.

Челночные устройства

Челночные устройства – это рамы с моторным приводом для закрепления и транспортировки 1 или 2 деталей, предназначенных для пайки. Они движутся взад и вперед над 1 или 2 паяльными установками с расположенными друг против друга горелками (аналог горелки с двумя головками). Система спроектирована таким образом, что уже обработанные детали с легкостью заменяются на новые.



Shuttle system

往复式钎焊系统
Челночная установка



Carousels

Flame brazing carousels are at the upper level of automation. The carousels move assembled components to be brazed continuously from flame station to flame station arranged in a circular pattern (hence the name carousel). Usually, each flame station consists of 2 stationary and opposing torches between which the joint to be brazed is indexed. As the component moves from station to station, the joint temperature gets progressively hotter. The number of stations depends on the joint configuration and weight. The joint is thus uniformly heated to brazing temperature. The last station where brazing takes place may be equipped with an optical pyrometer to monitor braze joint temperature. After brazing, the joint may be cooled by air or water spray. Other options include automatic application of filler metal and/or dispensing of flux (filler metal ring, flux/brazing paste).



圆盘式钎焊系统

圆盘式火焰钎焊系统的自动化程度更高。它移动装配好的部件在被设置为环型的火焰台之间连续钎焊(故名为圆盘式钎焊系统)。通常每一个火焰台有两个对向固定的,指向被钎焊部件的焊枪,待钎焊的部件在火焰台与火焰台之间移动时,焊缝温度不断提高。火焰台的数量由接头结构及其重量而定,焊缝因而能被同步加热至钎焊温度。钎焊是在最后一个火焰台进行的,可装配光测温计以监控焊缝的温度。钎焊以后,用通风或用水喷洒的方法使其冷却。其他的自动化应用包括钎剂和(或)钎料的自动传送(焊环、钎剂/焊料糊)。



Карусельные установки

Карусельные установки для пайки в открытом пламени представляют собой более высокую ступень автоматизации. Карусельная установка непрерывно продвигает собранные компоненты, предназначенные для пайки, через расположенные по кругу паяльные установки (отсюда название – карусельная установка). Как правило, каждая паяльная установка состоит из двух фиксированных, расположенных друг против друга горелок, между которыми движется деталь. В то время, как деталь продвигается от горелки к горелке, температура места спайки постоянно растёт. Количество паяльных установок определяется конфигурацией паечного соединения и его весом. Это обеспечивает равномерный прогрев. Последняя паяльная установка, где происходит процесс пайки, может быть снабжена оптическим пирометром для контроля температуры пайки. После пайки паечное соединение охлаждается обдувом или обрызгиванием водой. Существуют системы автоматического ведения припоя и /или нанесения флюса (припойные кольца, флюс/паста для пайки).



Carousel

圆盘式钎焊系统

Карусельная установка

* Fotos von Everwand & Fell

* 图片来源: Everwand & Fell

* Фото Everwand & Fell



Optical Pyrometry Measurements

Automatic flame brazing carousels are often equipped with infra-red pyrometers to measure the temperature of the braze joint area. The information is fed to a computer and the computer 'tells' the torches to flip away from the joint when the proper temperature is reached. The pyrometer however cannot determine an absolute accurate temperature. As aluminum heats up, the oxide layer changes and therefore the emissivity of the surface changes and it becomes difficult to modify the pyrometer to track these changes dynamically. It is possible to get reproducible accurate relative temperatures of the heat affected zone, but not of the joint itself. In other words, optical pyrometry measurements can be used to monitor the consistency of the brazing process from part to part (for the same given part), but the information by itself for a single part would not be that useful.



光测温仪

自动火焰钎焊圆盘式钎焊系统通常装有红外线测量计以测量焊缝温度。相关信息被输送到计算机内。一旦焊缝达到恰当的温度，计算机就发出指令，使焊枪迅速从焊缝上移开。可是光测温仪测量的绝对温度不可能是百分之百精确的。铝加热时，表面辐射率也随氧化层发生变化，光测温仪几乎不可能进行动态调整以跟踪其变化。光测温仪指示的是被加热区域的相对温度，而不是焊缝本身的温度。但是被加热区域的相对温度是可比的，也就是说用光测温仪可以监控从一个部件到另外一个部件（相同规格）的钎焊工序的一致性，但对于单个部件是没有意义的。



Пирометры для оптического измерения температуры

Автоматические карусельные установки для пайки в открытом пламени часто оснащаются инфракрасными пирометрами для измерения температуры места пайки. Информация направляется в компьютер, который обеспечивает удаление горелки от места пайки, как только достигнута нужная температура. Однако, пирометр не может абсолютно точно определить температуру. При нагревании алюминия вместе с окисной плёнкой изменяется также эмиссионная характеристика поверхности, и отрегулировать пирометр так, чтобы он улавливал эти изменения в динамике, очень трудно. Пирометр может выдавать точную относительную температуру нагреваемого участка, но не детали в целом. Таким образом, с помощью оптических пирометрических измерений можно отслеживать равномерность процесса пайки от детали к детали (для одной и той же данной детали), хотя информация по какой-то конкретной детали не представляет особой пользы.

Bimetallic Joining

双金属接头

Биметаллическое соединение.

Flame brazing aluminum to another metal such as bronze, copper, steel and stainless steel is possible, but requires special care and attention. Dealing with all Al-metal combinations in detail is beyond the scope of this brochure, but a few comments on Al-Cu joining is noteworthy, since this combination is common in the refrigeration industry (copper tube to aluminum roll-bond panel, for example).

There is a eutectic between Cu and Al at 548 °C. When the flux melts and the surface oxides are removed, inter-diffusion of Al and Cu is rapid and unavoidable. This means that at braze temperature, the Al and Cu materials are quickly consumed to form the eutectic metal. Management of time and tempera-

可用其它金属例如黄铜、青铜、钢或不锈钢与铝进行钎焊连接，但需特别谨慎和小心。有关铝与其他金属焊接的操作细节不属于本文讨论的范围。但一些有关铜-铝的焊接是值得提及的，因其在制冷工业中是经常使用的（例如铜管与铝质卷压板的焊接）。

Пайка алюминия с другими металлами, как, например, медь, сталь или нержавеющая сталь, возможна, но требует особой тщательности и внимательности. Конечно, эта брошюра не может охватить все возможные комбинации алюминия с другими металлами. Мы рассмотрим здесь некоторые рекомендации по пайке алюминия и меди, так как эта комбинация часто применяется в холодильной промышленности (например, медные трубы на алюминиевом испарителе). Эвтектический эффект между медью и алюминием происходит при 548 °C. Когда флюс плавится и поверхностная окисная плёнка удаляется, быстрая взаимная диффузия алюминия и меди неизбежна, то есть, при температуре пайки оба рабочих вещества - медь и алюминий -



ture is critical to minimize the interdiffusion and metal consumption. There is an advantage however. Since filler metal is created in-situ, there is no need to supply filler metal to the joint. The only requirement is that the design of the joint allows metal consumption without sacrificing joint integrity.



铜 - 铝合金的低共熔点为 548°C。当钎剂熔化，表面氧化膜被清除，铜和铝的相互扩散迅速及不可避免，这意味着在达到钎焊温度时，铜和铝迅速消耗并形成低共熔点金属。为减少相互扩散和金属消耗，应严格掌握时间和温度。但是金属结合也有一个优点：钎焊过程中钎料是即时形成的，故不需向焊缝提供钎料。唯一的要求是钎焊接头形成时金属消耗不会影响接头的完整性。



быстро образуют эвтектическую смесь. Время и температура при этом являются крайне важными факторами, если мы хотим минимизировать эту взаимную диффузию и потребление металла. Однако, здесь имеется и преимущество: поскольку припой создается как бы сам по себе, то при пайке не требуется дополнительного припоя. Нужно иметь ввиду, что этот дополнительный расход металла не должен влиять на качество паечного соединения.



From left to right: Al-Cu, Al-stainless, Al-brass and Cu-Al

从左至右：铝铜、铝不锈钢、铝黄铜和铜铝

Al-Cu, Al-легированная сталь, Al-латунь, и Cu-Al

From the preceding discussions, it is evident that NOCOLOK flux flame brazing is not a complicated process and that if the fundamentals of manual brazing are followed, any level of automation can be achieved. The most important aspects of the discussion are as follows:

- NOCOLOK flux melts just before the filler metal temperature
- Once molten, the flux remains active only for a short period before drying out
- Preplacing the filler metal in the joint is preferred, but with some skill may be fed into the joint after the flux melts
- Temperature uniformity is critical and excessively high surfaces temperatures must be avoided

综上所述，用 NOCOLOK® 钎剂火焰钎焊不是一种复杂的工艺。只要遵循手工钎焊的原则，任何程度的自动化都可以达到。本文所讨论的最重要的观点如下：

- NOCOLOK® 钎剂熔点略低于钎料熔点。
- 一旦熔化，钎剂仅在干结前短时间内具有反应活性。
- 建议在焊接前先将钎料添加到焊缝中；但对于有足够经验的钎焊操作人员，也可在钎剂熔化后才添加钎料。
- 均匀加热非常重要，必须避免焊缝表面温度过高。

Как видно из всего вышесказанного, процесс пайки в открытом пламени с использованием NOCOLOK Flux не является сложным процессом. Если следовать основам ручной пайки, можно достичь любой степени автоматизации.

Важнейшими аспектами этого процесса являются следующие:

- NOCOLOK Flux плавится непосредственно перед расплавлением припоя
- Расплавленный флюс остаётся активным лишь короткое время до высыхания
- Рекомендуется предварительное нанесение припоя на место пайки, но при наличии достаточного опыта можно и подавать его после расплавления флюса
- Весьма важен равномерный разогрев; следует избегать чрезмерного разогревания поверхности

Conclusions

结论

Выводы

**Your contact to
NOCOLOK Flux:**

NOCOLOK® 钎剂咨询:

**По вопросам, связанным с
NOCOLOK Flux,
обращайтесь по адресу:**

Marketing:

市场部:

Отдел маркетинга:

Telefon +49-(0)511-857-0

Telefax +49-(0)511-857-2146

Technical Service:

技术服务

Технические вопросы:

Telefon +49-(0)511-857-0

Telefax +49-(0)511-857-2166

Solvay Fluor und Derivate GmbH

Hans-Böckler-Allee 20

D-30173 Hannover

Telefon +49-(0)511-857-0

Telefax +49-(0)511-857-2146

Internet: <http://www.solvay.com>



a Passion for Progress®