

不 锈 钢 的 钎 接

庄鴻壽、張克華、黃永烈 等編

國 防 工 業 出 版 社



不 銹 鋼 的 鉗 接

庄鴻壽、張克華、黃永烈 等編

國防工業出版社

1965

13677

內 容 簡 介

随着新技术的发展, 钎接工艺正在逐渐地引起焊接工作者的重视, 本书是应用钎接工艺的經驗总结, 全面地介绍了钎料、钎接前工作表面的准备、火焰钎接、气体保护和真空钎接及炉中钎接的加热设备, 还提供了很多实用的数据。

本书可供从事钎接工艺的工人、技术人员閱讀, 并可供教学单位参考。

不 銹 鋼 的 钎 接

庄鴻寿、張克华、黄永烈 等編

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

850×1168 $1/32$ 印张 $17/8$ 46 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数: 0,001—1,500 册

统一书号: N15034·1053 定价: (科六) 0.32 元

出版者的話

最近，在几个有关部門的主持与配合下，举办了一个焊接技术經驗交流会。在会上，各有关科研、生产单位及院校提供了不少焊接技术的試驗研究及生产实践的報告。这些報告，有的是最近試驗研究成果，有的是长期以来所积累的生产中的宝贵經驗，也有的是工人同志們的技术革新項目。在交流經驗的基础上，一致认为应对这些技术報告予以总结提高，加以整理后，給有关从事焊接工作的广大工人和技术人員参考。为此，在上級及有关部門大力支持下，整理編写了下面九本小冊子：

1. 微型半自动气割机；
2. 鎢极氩弧点焊；
3. 不銹鋼氩弧焊；
4. 二氧化碳气体保护焊焊接設備和工艺；
5. 3~4毫米薄板自动焊接；
6. 船壳板曲綫焊縫的自动焊接；
7. 不銹鋼的釐接；
8. 真空器件的釐接；
9. 陶瓷金屬封接工艺。

編写工作是采取了集体討論与組織部分同志整理相結合的办法。

由于整理編写時間很短，在內容上不尽完善之处，在所难免，敬希讀者指正。

参加整理这本文稿的有：庄鴻寿、張克华、黃永烈、林树培、郭獅、范裕康、关中元、唐介正、刘祚良等同志。

审校文稿的有陶瑞麟、庄鴻寿、翁祖瑜同志。

黃惠泉、宋定延、朱广蓀等同志为本文提供了部分技术数据，在此一并致謝。

目 录

前言	(5)
一 钎料	(7)
(一) 铜基钎料	(8)
(二) 锰基钎料	(11)
(三) 镍基钎料	(13)
二 钎接前工件表面的准备	(17)
(一) 脱脂	(17)
(二) 机械清除	(18)
(三) 酸洗	(19)
(四) 钎接零件表面的镀覆金属	(19)
三 火焰钎接	(20)
(一) 导管的钎接工艺	(20)
(二) 各种参数的变化对钎接头性能的影响	(22)
四 气体保护钎接和真空钎接	(27)
(一) 保护气体介质	(28)
(二) 气态钎剂	(29)
(三) 气体保护钎接的工艺过程	(32)
(四) 气体保护钎接规范	(35)
(五) 钎接接头的间隙选择	(37)
(六) 真空钎接	(39)
(七) 钎接夹具	(41)
(八) 钎接接头的质量检查	(46)
五 炉中钎接的加热设备	(49)
(一) 对加热设备的基本要求	(49)
(二) 各类钎接炉简介	(50)
结束语	(60)

前 言

钎接是依靠液态钎料填满固态金属的间隙而形成牢固结合的一种工艺方法。近十几年来，随着航空工业、电子工业和原子能工业的迅速发展，钎接技术逐渐地受到人们的重视，并得到相应地发展。同焊接工艺相比，钎接具有以下几项主要优点：

1. 钎接时，只有钎料熔化，基体金属不需熔化，因此加热温度较低，对基体金属的机械性能和其它性能不发生影响，或者影响较小；

2. 钎接时，工件的变形较小。尤其在均匀加热（如炉中钎接）的钎接过程中，工件的变形可减少到最小程度，因而容易保证组合件的尺寸；

3. 钎接接头成形好、表面光滑、疲劳强度比较高；

4. 可以连接异类合金或非金属元件。

基于以上一些优点，制造飞机、发动机及其它航空部件时，广泛地采用钎接技术。譬如蜂窝结构，由于它的强重比高、表面光滑、绝热性好，在飞行器上的应用愈来愈广。当飞机飞行速度不是很高时，可以采用胶接的铝合金蜂窝结构。但是，随着飞行速度的提高，胶接的铝合金蜂窝已不能满足要求，必须使用不锈钢、钛合金或耐热合金制成的蜂窝壁板。这时，钎接是最合适的连接方法之一。如美国的 B-58 轰炸机约有 80 平方米的钎接蜂窝壁板；XB-70 轰炸机采用了大量的钎接蜂窝壁板（约 1800 平方米），约占飞机表面积的 75%，其中最大的蜂窝壁板尺寸为 3 × 6 米。发动机上的一些密封结构，如 J-93 发动机的耐热合金壳体及密封圈等都是用钎接方法制造的。

燃气涡轮发动机中的很多部件，如涡轮导向器、压气机静子、

扩散器、涡轮转子以及散热器等都可用钎接方法制造。用焊接方法制造时，工件变形大，并且容易产生裂纹。采用炉中钎接，一次可以钎接成百条钎缝，生产率高，质量好，同时工件的变形也很小。此外，钎接时有可能使钎接和热处理过程同时进行，节省了工时。

飞行器的发动机壳体也是用钎接制造的一种组合件，如美国的一些飞行器中的发动机都是用薄壁铝管或者不锈钢管以钎接方法制成的。

图 1 列出了飞行器中的一些钎接部件。

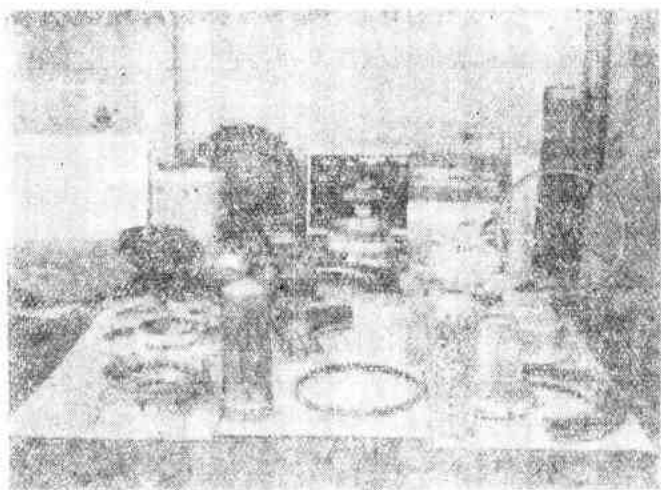


图 1 飞行器中的一些钎接部件

近几年来，钎接技术在国内也得到了迅速的发展，尤其对不锈钢来说，成功地解决了钎接材料、钎接工艺和钎接设备等许多问题，并且已经开始在生产中使用钎接方法制造各种部件，为广泛地使用钎接技术打下了一定的基础。

例如，某厂在制造 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 不锈钢导管时，早先是用氩原子焊焊接的。用氩原子焊焊接 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 不锈钢导管时，经常在焊缝边缘产生裂纹，这些裂纹有的是由于焊接应力造成的，

有的是由于装配不当，而在热影响区发生断裂的。据两年来的统计，共有十二种零件发生过导管断裂事故十三次。当用火焰钎接代替氢原子焊来连接不锈钢导管时，质量大为改善。为了满足接头高温工作的需要，研制成功了BIIp-1耐热钎料，并用该钎料钎接了40多种不锈钢导管。生产和使用经验表明，钎接接头质量优越，完全能满足工作要求，目前在生产中已得到广泛的使用。

同时，保护气体炉中钎接和真空钎接等比较先进的钎接方法，也已在国内的生产实践中取得了应用。例如，用真空钎接制造了波纹夹层结构等工件（见图2），用以氩气和三氟化硼作为保护气体的炉中钎接制造了其它各种结构，钎接质量较好。

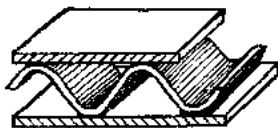


图2 波纹夹层结构示意图

本文将主要介绍不锈钢的高温钎接，其中包括高温钎接不锈钢用的钎料、钎接工艺和钎接设备。

一、钎料

钎接时，工件是依靠熔化的钎料凝固后而连接的。因此，钎接接头的质量在很大程度上取决于钎料的性能。对不锈钢钎接接头来说，往往在较高的温度下工作，因此，对钎料提出了一些比较高的要求，这些要求包括：

1. 钎料应具有合适的熔点，熔点太低，则接头的高温强度差；但熔点太高，如钎接温度超过 1200°C ，则不锈钢将产生晶粒长大现象，使基体金属的机械性能下降；

2. 钎料应具有良好的润湿性，能沿着不锈钢表面漫流，并流入钎缝间隙内；

3. 钎接接头应具有合适的高温强度、抗氧化和耐腐蚀的性能；

4. 钎接时，钎料同不锈钢应发生一定的扩散和溶解，以形成牢固的结合；但是，它们之间的作用程度不宜过大，以免发生溶蚀等缺陷；

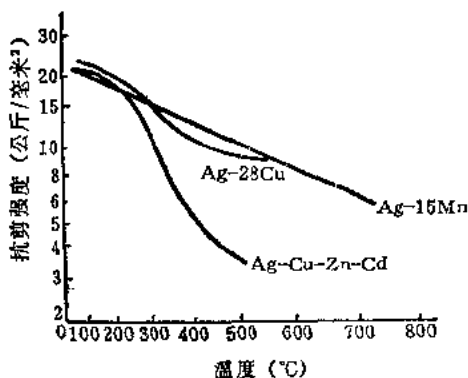


图3 银基钎料钎接的不锈钢接头在不同温度下的强度

5. 钎料本身应具有良好的塑性，可以加工成各种形状，如丝、薄片等，以便于使用。

工业上广泛使用的银基钎料（银-铜-锌和银-铜-锌-镉钎料），虽然具有优良的工艺性能，但是接头的高温性能很差。图3列出了某些银基钎料钎接的不锈钢

接头在不同温度的强度。从图3可以看出：随着温度的升高，钎接接头的强度急剧下降，因此，对在较高温度下工作的不锈钢接头来说，不适宜于采用银基钎料。

(一) 铜基钎料

以铜作为钎料，主要在保护气氛中钎接铜时使用。以铜作为钎料钎接不锈钢时，钎接温度约为1100~1150°C，这时不锈钢的晶粒还不会猛烈长大。同时，铜在不锈钢上的浸流性也相当好。但是，铜在高于400°C温度下的抗氧化性急剧下降，因此，不适宜于钎接在400°C以上工作的零件。

黄铜的熔点比铜低（如H-62黄铜的熔点为905°C），以它作为钎料使用时，也具有良好的工艺性能。但是，黄铜的强度也随着温度的提高而迅速下降（图4），因此也不适宜于钎接在较高温度下工作的不锈钢工件。此外，以黄铜钎接1Cr18Ni9Ti不锈钢时，容易产生晶间裂纹，特别是在火焰钎接和高频钎接时更易

造成裂紋，所以一般是不推荐使用黃銅鈎料鈎接不銹鋼的。

为了使 1Cr18Ni9Ti 不銹鋼鈎接接头具有足够的高温性能，在銅基鈎料中可以采用 BI1p-1 鈎料，其化学成分列于表 1。

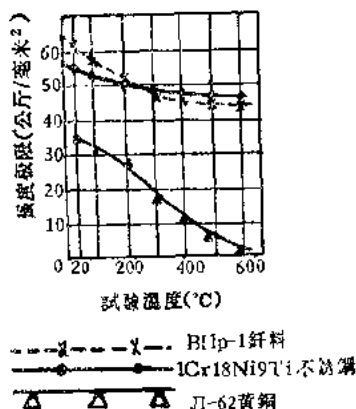


图 4 BI1p-1 鈎料、1Cr18Ni9Ti 不銹鋼和 H-62 黃銅在各种溫度下的强度

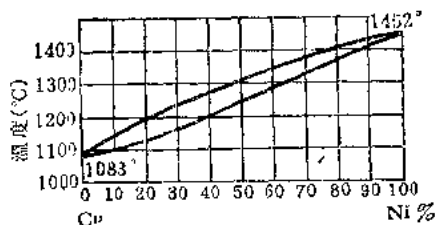


图 5 Cu-Ni 状态图

表 1 BI1p-1 鈎料的化学成分

鈎料牌号	化 学 成 分 (%)						熔化溫度(°C)
	Ni	Si	Fe	B	Al + Be	Cu	
BI1p-1	27~30	1.5~2.0	≤1.5	0.2(計算)	<0.1	余量	1080~1100

这种鈎料以銅为基体，但含有較多的鎳（約 30%）。加入鎳的目的，主要是提高鈎料的高温强度，但是随着鎳含量的增多，鈎料的熔化溫度显著升高。从 Cu-Ni 状态图（图 5）可以看出：当含鎳量为 30% 时，合金的液相綫溫度将提高到 1200°C 以上，这样，鈎接溫度就显得太高了。为了降低鈎料的熔点，在 Cu-Ni 合金中加入适当数量的硅（1.5~2%）。加入适量的硅，一方面可降低鈎料的熔点，另一方面硅和鈎料中的硼都能改善鈎料的潤湿性，从而提高了鈎料在不銹鋼上的漫流能力。但是，鈎料含硅量不能过高，否則可能变脆。BI1p-1 鈎料除具有良好的潤湿性外，尚有以下几項特点：

1. 鈎料在室溫和較高溫度下都具有較高的强度（图 4），它

比黃銅鈎料的強度要高得多，實際上等於 1Cr18Ni9Ti 不銹鋼的強度。用 BIIP-1 鈎料鈎接的 1Cr18Ni9Ti 不銹鋼對接接頭的機械性能列於表 2。從表 2 可看出：低於 200°C 時，接頭均沿不銹鋼基體金屬破壞，這說明接頭的強度是很好的。此外，在 600°C 以下，鈎料的抗氧化性與 1Cr18Ni9Ti 的抗氧化性大致相似。

表 2 用 BIIP-1 鈎料鈎接的 1Cr18Ni9Ti 對接
接頭在不同溫度下的機械性能

20°C		200°C		400°C		500°C		600°C		破壞情況
σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	
57~60	41~49	50~52	29~38	45~48	17~19	42~45	10~19	40~43	10~13	低於 200°C 時，均沿基 體金屬破壞

2. 鈎料在鑄造狀態下具有良好的塑性（圖 6），因此，可加工成各種形狀。

3. 鈎料在液態下與 1Cr18Ni9Ti 不銹鋼接觸時不會使鋼的強度和塑性下降，因而不會在鈎接時形成裂紋。用這種鈎料鈎接不銹鋼時，不會發生鈎料向基體金屬的晶間滲入，或造成溶蝕等現象。所以，既可鈎接薄的工件，又可鈎接厚的不銹鋼工件。

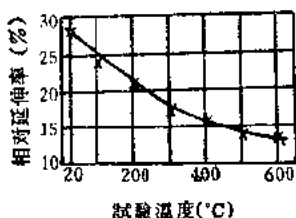


圖 6 BIIP-1 鈎料在
各種溫度下的塑性

以 BIIP-1 鈎料鈎接不銹鋼時，可以採用任何鈎接方法：如火焰鈎接、高頻鈎接、爐中鈎接和鹽浴鈎接等。

BIIP-1 鈎料的最高工作溫度約為 600°C。

(二) 錳基鈎料

当不銹鋼工件的工作溫度高于 600°C 时，銅基鈎料已不能滿足要求，这时可以采用錳基鈎料。錳的熔點約為 1235°C 。為了降低錳的熔點，可在錳中加入鎳。圖 7 是 Mn-Ni 狀態圖。從圖 7 可看出：60% Mn 和 40% Ni 形成一個熔點為 1005°C 的固溶體，這種合金具有相當好的塑性。因此，國外早就採用 68% Mn + 32% Ni 的錳基鈎料鈎接燃氣渦輪發動機的某些零件。用這種鈎料鈎接的接头，在室溫下的強度達到 45公斤/毫米^2 ，在高溫下也具有相當高的強度。為了提高錳基鈎料的抗氧化性，可在錳鎳基體中加入一定量的鉻，如含 54% Mn, 36% Ni, 10% Cr 的錳鎳鉻鈎料，其熔點溫度範圍為 $1086\sim 1170^{\circ}\text{C}$ 。利用這種鈎料，可以鈎接熱交換器、燃氣渦輪發動機的零件和雙層材料等。

最近，國外又開始使用一種錳鎳鈷硼鈎料，其成分為：16% Ni、16% Co、< 1% B、余量為 Mn。它特別適合於鈎接飛行器的不銹鋼薄壁結構。鈎料的熔點溫度約為 $1010\sim 1038^{\circ}\text{C}$ ，可以在 1065°C 溫度下鈎接不銹鋼。由於鈎接溫度較低，鈎接後的不銹鋼晶粒不會長大，也不會發生溶蝕等現象，同時鈎料具有優良的潤濕性。

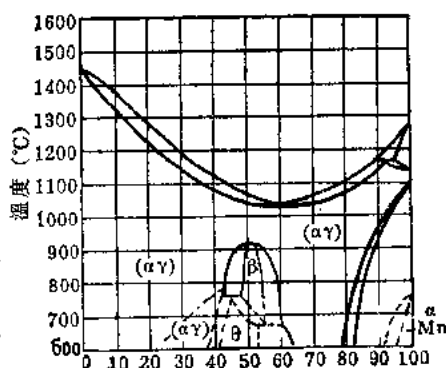


圖 7 Mn-Ni 狀態圖

國內通常使用的有兩種錳基鈎料：一種是含錳量較多的錳鎳鉻鈎料，另外一種是含錳量較少的錳鎳鈷鉻鈎料，它們的熔點約為 $1080\sim 1110^{\circ}\text{C}$ 左右。這兩種錳基鈎料具有以下幾項特點：

1. 鈎料在不銹鋼上的潤濕性和漫流能力較好。曾用錳鎳鉻

鈎料在 $\text{Ar} + \text{BF}_3$ 气体保护下进行了漫流性試驗。試驗时，將 0.05 克的鈎料放在 $40 \times 40 \times 2$ 毫米的 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 不銹鋼片上，然后放在炉中加热，加热时采用 $\text{Ar} + \text{BF}_3$ 气体保护，加热溫度为 1180°C ，保温時間为 20 分钟。鈎料的平均漫流面积达 694 平方毫米。鈎料在真空条件下也具有良好的漫流性。錳基鈎料所以具有良好的潤湿性，是与其成分密切有关的。我們知道，鈎料的潤湿性与液体鈎料的表面張力以及液体鈎料与基体金屬之間的界面張力有关的。液体鈎料的表面張力以及液体鈎料与基体金屬之間的界面張力愈小，則潤湿性愈好。同时，如果鈎料与基体金屬在液态和固态下互不溶解，則它們之間的界面張力很大，潤湿性很差，液态銀在鋼上的情况就是这样。如果液体鈎料能与基体金屬相互溶解或形成化合物，則它們之間的界面張力小，潤湿性好。不銹鋼是以鉄为基体的，鉄和錳在液态和固态下能全部溶解，所以它們之間的結合力很强，界面張力小，潤湿性很好。此外，錳基鈎料的粘度小，因而也有助于鈎料的漫流。

2. 錳基鈎料对不銹鋼沒有劇烈的溶蝕現象，因而不易造成凹坑、咬边等缺陷；同时，錳基鈎料也不易深深地滲入基体金屬，这两点对于薄壁結構的鈎接來說，是比較重要的。

我們知道，凹坑和咬边等缺陷，往往是由于基体金屬被液态鈎料大量溶解的結果。基体金屬向液态鈎料的溶解取决于加热溫度、加热時間和鈎料数量等因素。加热溫度愈高，加热時間愈长，鈎料量愈多，則基体金屬的溶解量愈多。

此外，基体金屬向液态鈎料的溶解，还同基体金屬在液态鈎料中的溶解度，以及鈎料在基体金屬中的溶解度有关。例如以 A （鈎料）鈎接 B （基体金屬）， $A-B$ 状态图如图 8 所示。当鈎接溫度为 T_1 、鈎料的液相綫为 EF 曲綫时， B 在 A 中的飽和溶解度为 C ；当液相綫为 EF' 曲綫时， B 在 A 中的飽和溶解度为 C' ，显然，溶解度为 C 时的含 B 量比溶解度为 C' 时的含 B 量高，所以，当液相綫为 EF 曲綫时， B 在 A 中的溶解量大。其次，随着固相綫

位置的不同,溶解量也有所不同。当固相线为 FG 曲线时 (A 在 B 中的溶解度小), 则 B 在 A 中的溶解量大; 当固相线为 FG' 曲线时 (A 在 B 中的溶解量大), 则 B 在 A 中的溶解量小。这就是说, 钎料在基体金属中的溶解度大时, 基体金属的溶解少, 反之, 基体金属的溶解多。这是因为, 当钎料在基体金属中的溶解度大时, 液态钎料同基本金属接触后, 有一段时间是钎料使固体金属饱和的时间, 这时, 基体金属不发生溶解, 或者溶解甚慢。如果钎料在基体金属中的溶解度小, 则基体金属很快被饱和, 溶解量就大。如前所述, 锰在铁中的溶解度是很大的(完全固溶), 因此, 不锈钢在锰基钎料中的溶解速度慢, 溶解量也小。这就是以锰基钎料钎接不锈钢时, 不易产生溶蚀的原因之一。

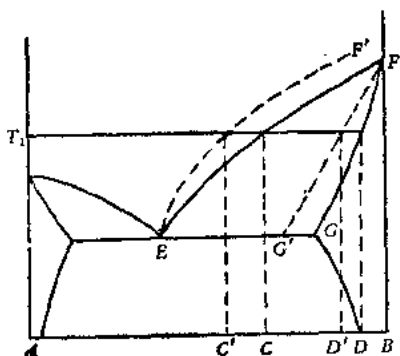


图8 溶解量和状态图的关系

3. 钎料具有良好的塑性, 可以加工成各种形状, 使用方便。

锰的抗氧化能力还是比较差的, 在更高的温度下工作时, 必须采用其它钎料。

(三) 镍基钎料

镍基钎料具有很好的高温性能, 它主要是用来钎接在高温下工作, 并要求有耐腐蚀和抗氧化以及高强度的零件。镍基钎料的种类繁多, 现将国外常用的一些镍基钎料的成分和性能列于表3。

镍基钎料具有以下几点:

1. 镍基钎料很脆, 不能承受压力加工, 这是因为镍基钎料中含有较多的硼、硅或磷等元素, 加入这些元素, 是为了降低钎料的熔点, 但同时却形成了脆性相, 因而使钎料发脆。镍基钎料

表 3 典型镍基钎料

序号	钎料牌号	化 学 成 分 (%)							固相线 温度 (°C)	液相线 温度 (°C)	原建议 的钎接 温度① (°C)
		Cr	Fe	B	C	Si	Ni	其 它			
1	AMS4775	13.5	4.5	3.5	0.8	4.5	余量	—	997	1038	1177
2	AMS4776	13.5	4.5	3.5	最大 0.15	4.5	余量	—	971	1077	1177
3	AMS4777	6.5	2.5	3	最大 0.15	4.5	余量	—	971	999	1038
4	AMS4778			3	最大 0.15	4.5	余量	—	982	1038	1038
5	(大间隙钎料) WG	11.5	3.5	3	最大 0.15	3.5	余量	—	—	1098	1149
6	A				最大 0.15		余量	P=11%	877	877	982
7	B	19			最大 0.15	10	余量		1080	1135	1190
8	C	13			最大 0.15		余量	P=10%	888	888	982
9	D				最大 0.15	8	余量	Mn=17%	1010	1032	1121
10	E	15		3.5	最大 0.15		余量		1054	1054	1177
11	F	10	2.5	2	最大 0.45	2.5	余量		971	1160	1190
12	G②	11.5	3.75	2.5	0.55	3.25	余量	W=16%	977	1104	1177

① 钎接温度的精确选择,视所要求的接头强度、基体金属和钎接部位的形状而

② 钎料是在 Hastelloy X 合金试验的,其余在因康镍合金。在试验温度下保

③ 钎接气氛: W—表示于氢或惰性气体; X—真空; Y—分解氢 (露点-51°C

一般制成粉末状,使用时,与丙烯酸树脂混合作成糊状涂于工件上,也有制成专门形状供使用的。

2. 以镍基钎料钎接时,必须保持很小的接头间隙,一般都小于 0.1 毫米 (大间隙钎料除外)。当接头间隙增大时,会在钎缝

的性能与选择数据

钎接温度范围 (°C)	最高使用温度 (°C)	气氛 ^①	间隙 (毫米)	AiSi410 接头的抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	AiSi304 接头的抗剪强度 (公斤/毫米 ²)	钎接前钎料的组织	接头在Na、K和高温水中抗腐蚀性	接头塑性(弯曲度)
1066~1204	1204	W、X	0.0~0.13	39.2	33.5	包晶和固溶体	满意	720°以上
1066~1204	1093	W、X	0.05~0.15	40.0	42.5	包晶和固溶体	满意	720°以上
1010~1177	982	W、X	0.025~0.10	39.2	26.0	全部包晶	满意	达720°
1010~1177	982	W、X	0.0~0.05	40.3	23.8	包晶和固溶体	满意	达720°
1149~1204	982	W、X	0.25~0.75	—	—	—	—	根据接头间隙而定
927~1010	760	W、X、Y、Z	0.0~0.025	—	19.4	95~100%共晶	—	270°
1149~1204	1093	W、X、Y、	0.025~0.10	69.0	41.5	包晶和固溶体	满意	达720°
982~1066	857	W、X、Y、	0.0~0.025	—	22.0	95~100%共晶	满意	540°
1038~1149	927	W、X、Y、	0.0~0.05	48.6	24.0	95~100%共晶	—	达720°
1066~1204	982	W、X	0.025~0.10	56.0	24.0	95~100%共晶	满意	720°以上
1149~1204	927	W、X	0.13~0.5	—	—	包晶和固溶体	满意	720°以上
1149~1204	1204	W、X	0.1~0.25	—	—	包晶和固溶体	满意	720°以上

定;

持 500 小时, 接头性能没有变坏;

或更低); Z—放热气体。

中出现脆性化合物相, 导致钎接接头机械性能的下降。只有当接头间隙很小, 并且在钎接时保温一定时间的情况下, 钎料中的硅、硼等元素向基体金属扩散, 从而使钎缝成为均一的固溶体组织, 钎接接头的塑性大大提高。同时, 钎缝的再熔化温度也可提高到

表 4 典型镍基高温钎料的应用范围

应用与性能	钎料牌号	含 硼 的 钎 料						含 硅 的 钎 料			含 磷 的 钎 料		
		AMS 4775	AMS 4776	AMS 4777	AMS 4778	WC	E	F	G	H	D	A	C
应 用 范 围	1 要求高温高强度的动力装置部件	1	1	2	2	3	1	3	1	1	3	3	3
	2 重型受静力的结构	1	1	1	2	1	1	1	1	2	3	3	3
	3 铸面结构和其它薄壁结构	3	3	2	2	3	2	3	3	1	1	1	1
	4 原子反应堆组合件	不用	不用	不用	不用	不用	不用	不用	不用	1	1	2	1
图	5 同Na、K、Hg接触的工件	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	3	1
	6 用于密封面或深接头	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	1	1
	7 火焰钎接的部件	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	1 接头强度	1	1	1	2	3	1	3	1	1	3	4	2
性 能	2 向基体金属中的扩散	1	1	2	2	1	2	3	3	4	4	4	5
	3 流动性	3	4	2	2	5	2	4	4	2	1	1	1
	4 接头抗氧化性	1	2	3	3	3		4	1	2	2	6	5

注：表中数字 1 表示选择恰当，2 表示稍差一些，其余类推。