

国外机械技术参考资料

不銹鋼焊接譯文專集

第 8 期

(总 12 期)

第一机械工业部机械科学研究院

1964年10月

目 录

- 一. 不銹鋼焊条与焊絲的选擇 (英文) 1
- 二. X18H12M2T鋼焊接接头的强度及其抗晶間腐蝕性能 (俄文) 6
- 三. 鎢极惰性气体保护电弧点焊 (德文) 9
- 四. 1X18H9T鋼及其焊接接头的成份对于在500°C加热以后抗晶間腐蝕性能的影响 (俄文)13
- 五. 不銹鋼焊接接头抗晶間腐蝕性能的提高 (俄文)19
- 六. 不銹鋼管对接接头的鎢极氩弧焊 (俄文)22
- 七. 1X18H9T鋼制的化工設備自动焊接 (俄文)25
- 八. 长时間热处理对奥氏体熔敷金属的物理—机械性能影响的研究 (俄文)30
- 九. 高溫高压用不銹鋼鑄件的焊接 (日文)40
- 十. 不銹鋼的选擇及其焊接問題 (日、俄文)47

不銹鋼焊條與焊絲的選擇

—焊接填充金屬的性能和規格—

Helmut Thielsch

大多數商業上大量應用於各種主要焊接方法的不銹鋼焊條與焊絲包括在美國焊接協會—美國材料試驗協會的規格(AWS—ASTM Specifications)內^{1,2}。少數尚未歸入此規格的填充合金也常用作焊條和焊絲。其中有一些可在將來修訂AWS—ASTM規格時增補入內。

各種大量應用的不銹鋼藥皮焊條、熔化極焊絲和填充焊絲的規格簡列於表1中。這種分類法與美國鋼鐵學會(American Iron and Steel Institute)採用的不銹鋼種類分類法相同²。

AWS—ASTM與商用名稱欄中的前綴E(唯一的字母)表示這一類由AWS—ASTM規格規定為藥皮焊條；前綴ER表示這一類由AWS—ASTM規格規定為填充焊絲和熔化極焊絲。此處藥皮焊條用於藥皮保護金屬極電弧焊，這類焊條如E308或E347。填充焊絲或熔化極焊絲作為惰性氣體保護焊的填充金屬或用於埋弧焊接，這類焊絲或焊棒(即為切割了的焊絲)的牌號如ER308或ER347。同樣的焊絲在自動埋弧焊接、手工或自動惰性氣體保護熔化極焊接中可以用作電極；在具有分離的機械化焊絲進給的惰性氣體保護鎢極電弧焊接中可以用作填充焊絲；而在手工惰性氣體保護鎢極電弧焊接中可用作焊棒(切割了的焊絲)。

焊接特性：某些合金元素不容易從焊條或焊絲過渡到焊縫金屬熔池中去。相反，它們可能作為氧化物或其他化合物進入熔渣中，也可能形成金屬蒸氣而損耗掉。合金元素的耗損取決於焊接方法、焊接工藝、焊條直徑和焊條或氣體保護的類型。例如，鈦是容易氧化的元素，由於在藥皮焊條電弧焊時，產生氧化性氣氛，因而大多數的鈦不能過渡到焊縫金屬熔池中去，結果由於鈦的氧化而耗損。這樣，含鈦的焊條(321型)不適於用作藥皮保護金屬極電弧焊。因而，這種焊條商業上不生產。所以321型不銹鋼是用含鈮的E347型焊條焊接的。

由於焊條和焊絲的製造者從實驗和經驗知道，在各種焊接方法、焊接工藝和不銹鋼合金成分下合金的耗損是可以預計的，製造者可用加入一定量的補充合金元素的方法來補償平均預計損耗。此補充的合金元素可應用合金元素含量更高的特殊焊芯或填充焊絲加入，或在焊條藥皮中加入某些合金元素。

因此，對用戶說來，更為重要的是獲得一定成分的焊縫堆焊金屬。為了這一理由，所用的AWS—ASTM與政府法定規格對藥皮焊條化學成分的要求首先針對於焊縫堆焊金屬而不是焊條芯絲的化學成分。另一方面，在AWS—ASTM關於填充焊絲和熔化極焊絲的規格中，化學成分的要求即是屬於填充焊絲的成分，因為它的成分通常與焊縫堆焊金屬的成分是非常相似的。

AWS—ASTM規格對於藥皮焊條、填充焊絲和熔化極焊絲的最低拉力強度的要求與對於各種相應合金的要求相同。強度要求由所謂“本體金屬”(Call-weld-metal)拉伸試驗確定。最低的試驗要求列於表2內。

表1 不銹鋼焊條和焊絲的焊接規格

不銹鋼類型	AWS—ASTM 與商用名稱 ¹	通用名稱 ²	化學成分 ³ (%)				電流	藥皮“適用性”	顏色標記 ⁴			應用與附注
			C	Cr	Ni	其他			端部	點	組	
									只適用於藥皮焊條			
奧氏體	307	19—9Mn	0.10 _{max}	19.0 _{min}	9.0 _{min}	4.00 Mn	直 流	-15	無色	黑色	黑色	用於可硬鋼，如裝甲鋼板。
	E, ER308	18—8或 19—9	0.08 _{max}	19.0 _{min}	9.0 _{min}		直 流	-15	黃色	無色	黑色	用於301、302、302E、303、304、305和308型鋼，亦用於在鐵合金或鋼表面上提供保護堆焊層。
							交、直 流	-16	黃色	無無	黃色	
	E, ER308ELC ⁵	18—8ELC	0.03 _{max}	18.0—	9.0—		直 流	-15	褐色	無色	黑色	用於304L型不銹鋼
				20.5	10.5		交、直 流	-16	褐色	無色	黃色	
	E, ER309	25—12	0.15 _{max}	22.0 _{min}	12.0 _{min}		直 流	-15	黑色	無色	黑色	用於309型不銹鋼、復蓋不銹鋼的雙層鋼和不能進行隨後熱處理的可硬鋼
							交、直 流	-16	黑色	無色	黃色	
	E 309Cb	25—12Cb	0.10 _{max}	22.0 _{min}	12.0 _{min}	Cb=10×C _{min} 1.20 _{max}	直 流	-15	黑色	藍色	黑色	用於309Cb型不銹鋼和347型復蓋不銹鋼的雙層鋼
							交、直 流	-16	黑色	藍色	黃色	
	E 309 Mo	25—12Mo	0.10 _{max}	22.0 _{min}	12.0 _{min}	2.00—2.50Mo	直 流	-15	黑色	白色	黑色	用於309Mo型不銹鋼
	E, ER310	25—20	0.20 _{max}	25.0 _{min}	20.0 _{min}		直 流	-15	紅色	無色	黑色	用於310型不銹鋼，復蓋不銹鋼的雙層鋼和不能進行隨後熱處理的可硬鋼。為了減少裂縫敏感性，希望焊縫金屬中的最小含碳量為0.09%
							交、直 流	-16	紅色	無色	黃色	
	E 310Cb	25—20Cb	0.12 _{max}	25.0 _{min}	20.0 _{min}	Cb=10×C _{min} 1.20 _{max}	直 流	-15	紅色	藍色	黑色	用於需要極端耐碳化物析出的310型穩定化不銹鋼和347型復蓋不銹鋼的雙層鋼
E 310Mo	25—20Mo	0.15 _{max}	25.0 _{min}	20.0 _{min}	2.00—2.50Mo	直 流	-15	紅色	白色	黑色	用於310Mo型不銹鋼，用於高溫應用的希望用Mo增加補充強度的316型復蓋不銹鋼的雙層鋼。為了減小裂縫敏感性，希望焊縫金屬中的最小含碳量為0.09%。	
E 312	29—9	0.08—	26.0—	8.5—		直 流	-15	綠色	紅色	黑色	用於可硬的軋制和鑄造的低合金和中合金鋼異種金屬的連接，此時焊縫金屬需要高的屈服強度和高的韌性	
		0.15	31.0	10.5								
E, ER316	18—12Mo	0.08 _{max}	17.0 _{min}	11.0 _{min}	1.75—2.50Mo	直 流	-15	黃色	白色	黑色	用於316型不銹鋼	
						交、直 流	-16	黃色	白色	黃色		
E, ER316ELC ⁵	18—12 Mo ELC	0.03 _{max}	17.0—	12.0—14	1.75—2.50Mo	直 流	-15	褐色	白色	黑色	用於316L型不銹鋼	
			19.0			交、直 流	-16	褐色	白色	黃色		
E, ER317	19—14Mo	0.03 _{max}	18.0 _{min}	12.0 _{min}	3.00—4.00Mo	直 流	-15	黃色	褐色	黑色	用於317型不銹鋼	
						交、直 流	-16	黃色	褐色	黃色		

表1(續)

	E318	18—12 Mo Cb	0.08 _{max}	18.0 _{min}	10.0 _{min}	1.75—2.50 Mo Ce=10×C _{min} 1.20 _{max}	直 流 交、直流	-15 -16	黃色 黃色	綠色 綠色	黑色 黃色	用于316Cb型不銹鋼和用于高溫的要避免晶間碳化物析出的高合金鋼
	329	25—3 Mo	0.20 _{max}	23.0— 28.0	2.5—5.0	1.00—2.00 Mo	直 流	-15	綠色	黃色	黑色	用于329型不銹鋼
	E,ER330	15—35	0.25 _{max}	14.0 _{min}	33.0 _{min}		直 流	-15	綠色	无色	黑色	用于330型不銹鋼和需要耐高溫至1900F°的HT型15—35(Cr—Ni)合金鋼鑄件。为了减小裂縫敏感性,希望焊縫金屬中的最小含碳量为0.18%
	E,ER347	19—9 Cb	0.08 _{max}	18.0 _{min}	9.0 _{min}	Cb—Ta=10×C _{min} 1.2 _{max} 0.08 _{max} Si	直 流 交、直流	-15 -16	黃色 黃色	藍色 藍色	黑色 黃色	用于347型和321型不銹鋼和焊件需要在800和1500F°之間的工作溫度工作时
	348	19—9 Cb LTA	0.08 _{max}	18.0 _{min}	9.0 _{min}	Cb—Ta=10×C _{min} 0.10 _{max} Ta						用于348型不銹鋼
	349	19—9 W Mo	0.07— 0.13	18.0— 21.0	8.0— 9.5	1.25—1.75 W 0.35—0.65 Mo 0.75—1.20 Cb	直 流	-15	黃色	橙色	黑色	用于在高溫具有高的蠕變強度的相同成分的高合金鋼
	不銹鋼W		0.07	17.0	7.0	2.0 Cb	直 流	-15				用于不銹鋼W
	№20	20—29 Mo Cu	0.07 _{max}	19.0— 21.0	28.0— 30.0	2.0—3.0 Mo 3.5—4.5 Cu 0.75—1.1 Cb	直 流	-15	紅色	褐色	黑色	用于含20Cr、29Ni、3Mo、3Cu的不銹鋼
馬氏體	E,ER410	12 Cr	0.10 _{max}	11.0— 13.0	0.5 _{max}		直 流	-15	灰色	褐色	黑色	用于403、410和414型不銹鋼,建議焊前和焊后熱處理
	ER420	12 Cr(C)	0.25~ 0.40	12.0— 14.0	0.6 _{max}		直 流	-15				用于420型馬氏體不銹鋼
珠光體	E,ER430	16 Cr	0.10 _{max}	15.5— 17.0	0.5 _{max}		直 流	-15	灰色	綠色	黑色	用于405、416、430、431和440型不銹鋼。此類不及410型易于空氣硬化。此合金亦可用于表面堆焊閥座。建議采用焊前和焊后熱處理
	442	18 Cr	0.10 _{max}	17.0— 20.0	0.5 _{max}		直 流	-15	灰色	紅色	黑色	用于442型不銹鋼,建議采用焊前和焊后熱處理
	446	28 Cr	0.10 _{max}	25.0— 29.0	0.5 _{max}	0.25 _{max} N ₂	直 流	-15	灰色	黃色	黑色	用于442和446型不銹鋼,通常建議采用焊前和焊后熱處理

表1說明:

1. 前綴E表示由AWS 5.4—55T与ASTMA298—55T規定的藥皮焊條(參考文獻1)。前綴ER表示由AWS 5.9—53T与ASTM A371—53T規定的熔化極焊絲和填充焊絲(參考文獻2)。
2. 18—12、19—9和19—14等類常為許多製造廠商統稱為18—8。
3. 除非另作說明,其他成分限量為: 2.5_{max} Mn, 0.75_{max} Si, 0.030_{max} P与S。
4. 國家電氣製造者協會標準規定用于焊條的鑒別。
5. 稱作“ELC”的超低碳類焊條與由美國鋼鐵協會“AISI”採用的“L”名稱的軋制不銹鋼相同。

药皮焊条：用于低碳钢焊条“例如EXX10”的大多数焊条药皮类型是不适用于不锈钢焊条的，因为焊缝金属有从这种药皮获得碳的倾向。只有不含纤维质的矿物质型药皮才适用于不锈钢焊条。由于此种药皮与用于所谓“低氢”EXX15和EXX16低碳钢和低合金钢焊条的药皮属同一类型，故后二位数字-15和-16也可用于鉴别不锈钢焊条的药皮类型。

-15与-16的分类表示焊条的“适用性”。-15的药皮类型主要用于直流(反极性)焊接，而-16的药皮类型既适用于直流(反极性)，也适用于交流焊接。

表2 拉力强度要求与全焊缝堆焊金属的典型性能

AWS-ASTM 分类	AWS-ASTM 最低强度要求		典型的平均试验值			
	拉力强度 (1000磅/吋 ² _{min})	2吋上的 延伸率 (%, _{min})	屈服强度 (1000磅/吋 ²)	拉力强度 (1000磅/吋 ²)	2吋上的 延伸率 (%)	布氏硬度
E, ER308	80	35	55	85	40—50	140—160
E, ER308 ELC	75	35	52	80	35—45	
E, ER309	80	35	57	88	35—45	150—175
E309Cb	80	30	68	92	30—40	
E309Mo	80	35	63	90	30—40	
E, ER310	80	30	58	88	35—45	150—175
E310Cb	80	25	70	90	50—40	
E310Mo	80	30	60	90	50—40	
E312	95	22	80	110	25—35	
E, ER316	80	30	58	83	35—45	140—160
E, ER316 ELC	75	30	55	80	35—45	
E, ER317	80	30	70	95	35—45	140—160
E318	80	25	67	90	35—45	
E, ER330	75	25	50	85	30—40	165—190
E, ER347	80	30	68	90	35—45	140—160
E, ER410 ²	70	20	45	80	25—35	145—170
E, ER430 ³	70	20	48	78	20—30	140—170

1. 见表1的注脚1。

2. 试件要加热到1500和1600F°之间并保温2小时，炉子以不超过每小时100F°的速度冷却至1100F°，然后空冷。

3. 试件要加热到1400和1450F°之间并保温4小时，炉子以不超过每小时100F°的速度冷却至1100F°，然后空冷。

EXXX-15焊条：此种焊条的药皮通常亦称“氧化钙”型药皮。它含有颇大百分比的钙或其他碱性地层矿物质。钛化合物的含量小于8%。由于形成的渣具有最小的流动性并凝

固迅速；故这类焊条优先用于垂直位置和仰焊位置焊接，虽然大多数商业上应用的焊条对于平焊和水平位置焊接也有满意的结果。

E XXX-16焊条：绝大多数的E XXX-16型焊条具有“二氧化钛”型药皮。此种焊条含有20%以上的含钛矿物质和容易电离的元素，如钾。少数E XXX-16焊条，特别是E308ELC和E316ELC型焊条具有所谓“氧化钙—二氧化钛”型药皮，它所含的氧化钙百分比高于二氧化钛。

二氧化钛药皮的氧化作用使焊接电弧更为平稳，更为柔和。飞溅减至最少，交流电焊接所希望的较大的电弧稳定性是由于存在容易电离的元素而获得的。粘度较低的熔渣迅速流动复盖在一半的熔池上，因而它影响焊接操作的倾向较小并能使焊接速度较快，冷却了的熔渣坚硬而且浓密。

填充焊丝与熔化极焊丝：填充焊丝与熔化极焊丝可呈直的长条状和卷在焊丝盘中，它也可卷在卷轴上。标准尺寸列于表3中。标准切割焊棒(即直焊丝)的长度为36吋。

直焊丝(即焊棒)通常用作手工惰性气体保护钨极电弧焊的填充焊棒。焊丝盘中的焊丝一般用作埋弧焊接的电极。卷状的焊丝通常首先用作惰性气体保护熔化极电弧焊的电极和用作惰性气体保护(非熔化)钨极电弧焊的填充焊丝。

表3 填充焊丝与熔化极焊丝的标准尺寸¹

形 式	直 径 (吋)	公 差 (吋)
切割成一定长度的填充焊丝	$\frac{3}{64}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{5}{64}$, $\frac{3}{32}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{32}$, $\frac{3}{16}$	0.002
焊丝盘中的填充焊丝 ² 和熔化极焊丝	$\frac{1}{16}$, $\frac{5}{64}$, $\frac{3}{32}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{32}$, $\frac{3}{16}$, $\frac{1}{4}$	0.0015—0.002
卷状的填充焊丝 ² 和熔化极焊丝	0.035, 0.045, $\frac{1}{16}$, $\frac{5}{64}$, $\frac{3}{32}$	0.001

1. 引自AWS—ASTM规格，参考文献2
2. 椭圆度(out-of-roundness)不应超过0.001吋

参考文献 2 篇 (略)

附注: 本文为 Helmut Thielsch 关于焊接和焊件的一组同类文章中的一篇。以前发表于“机械设计”(Machine Design)的各篇文章如下:

軋制碳鋼和合金鋼的可焊性.....1955年5月
不銹鋼的可焊性.....1955年6月
鑄鋼的可焊性.....1955年7月
低碳鋼和低合金鋼焊條和焊絲的選擇.....1955年9月

(本原文照片因模糊不清故刪除一譯者)

邢培兆 譯自“Machine Design”1955年, Vol.27, №12

吳永保 校

621.791.011

X18H12M2T 鋼焊接接頭的強度 及其抗晶間腐蝕性能

Ю.С.Кузьмичев И.С.Лупаков

在高溫下長期工作的奧氏體鋼的機械性能是根據持久強度或蠕變的試驗結果來評定的。焊接接頭的持久強度往往低於完整試件的持久強度[1]。確定焊接接頭持久強度的基本方法是用帶有橫向焊縫的試樣進行試驗[2]。

在本文中,研究了基本金屬和焊縫在焊後狀態和試樣經過高溫下長時間保溫後的持久強度、瞬時強度、塑性及衝擊韌性。同時,焊縫還進行了晶間腐蝕試驗。研究了直徑40毫米,壁厚為3毫米的鋼管制成的焊接試樣(C 0.06%; Mn 1.26%; Si 0.36%; Cr 16.5%; Ni 12.63%; Mo 2.22%; Ti 0.61%)。用對接焊接的管子製成的試樣帶有橫向焊縫。焊接是在ATB自動管子焊接機上進行的,採用非熔化極氬弧焊。焊縫根部用不加填充焊絲的非熔化極焊接一層,焊縫的坡口部分則用СвХ18Н11М填充焊絲一次焊滿。

用在管子上截取的試樣來確定瞬時強度*,試樣的型式和尺寸如圖1,а所示。已經確定了室溫下,350°C、650°C和750°C溫度下的塑性和強度特性。屈服極限通過用千分表測量試件的變形來確定,千分表的有效刻度值為0.002毫米。得出的瞬時強度值列於表1。

*機械特性是 Н.Я.Николенко 確定的

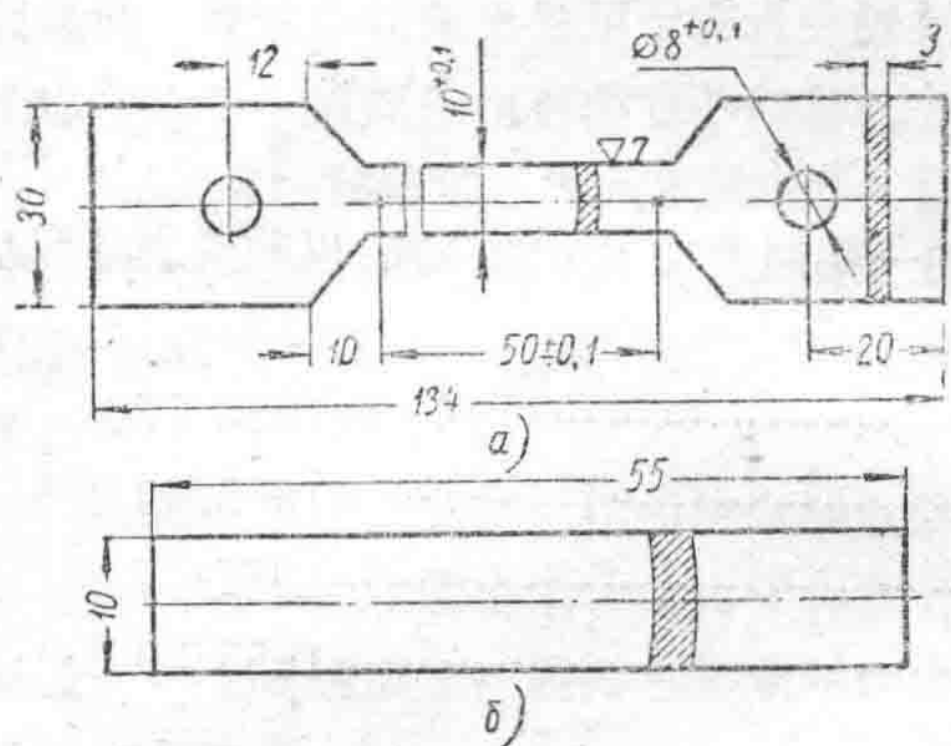


图1 用以测定机械性能的试样
 a—持久强度与瞬时强度试样
 b—冲击与弯曲试样

用确定瞬时强度的试样来确定持久强度。试验在ИП—4 M试验机上进行，试验温度为650°C和750°C；试验时间最长为1800小时。在更长的时间内的持久强度极限要用外推法加以确定，能否使用外推法还要根据试样在长时断裂时的破坏特点来决定。图2.3（原文无此二图——编者）中示出了试样经过650°C和750°C温度下的持久强度试验后断裂处的显微组织。如果破坏是属于晶间性的，那么，为了确定较长时间内的持久强度，与试验数据相比较，可以采用外推法。〔3〕

表1

试验温度 °C	σ_b 公斤/毫米 ²	$\sigma_{0.2}$ 公斤/毫米 ²	ψ %	δ %	试样断裂位置
20	61.8	29.5	55.1	32.3	焊缝以外
350	49.5	22.5	40.2	20.2	同上
650	40.0	20.9	28.0	12.0	有一个试样在焊缝上
750	29.1	16.9	28.5	15.4	有两个试样在焊缝上

注：在各种情况下都试验了三个试件

表2列出了持久强度的试验数据。持久强度在650°C和750°C温度下的变化情况示于图4。

表2

试样编号	试验温度 °C	应力 公斤/厘米 ²	达到破坏的时间 小时	δ %	ψ %	破坏位置
5	650	24	46	—	—	焊缝以外
10	650	22	209	22	7.9	焊缝上
6	650	20	345	17.5	4.4	焊缝以外
22	650	18	500	—	—	同上
41	650	17	1337	—	—	同上
45	650	14	1151	—	—	同上
42	650	12	1800	—	—	同上
3	750	24	21	15	5.6	焊缝上
15	750	20	100	5.9	5.0	焊缝以外
33	750	12	209	36.0	15.7	同上

接下页

試样编号	試驗溫度 °C	应 力 公斤/厘米 ²	达到破坏的时间 小 时	δ %	ψ %	破 坏 位 置
30	750	8	532	—	—	同 上
20	750	7	889	—	—	同 上
37	750	6	970	—	—	同 上
—	750	5	1800	—	—	同 上

公斤/毫米²

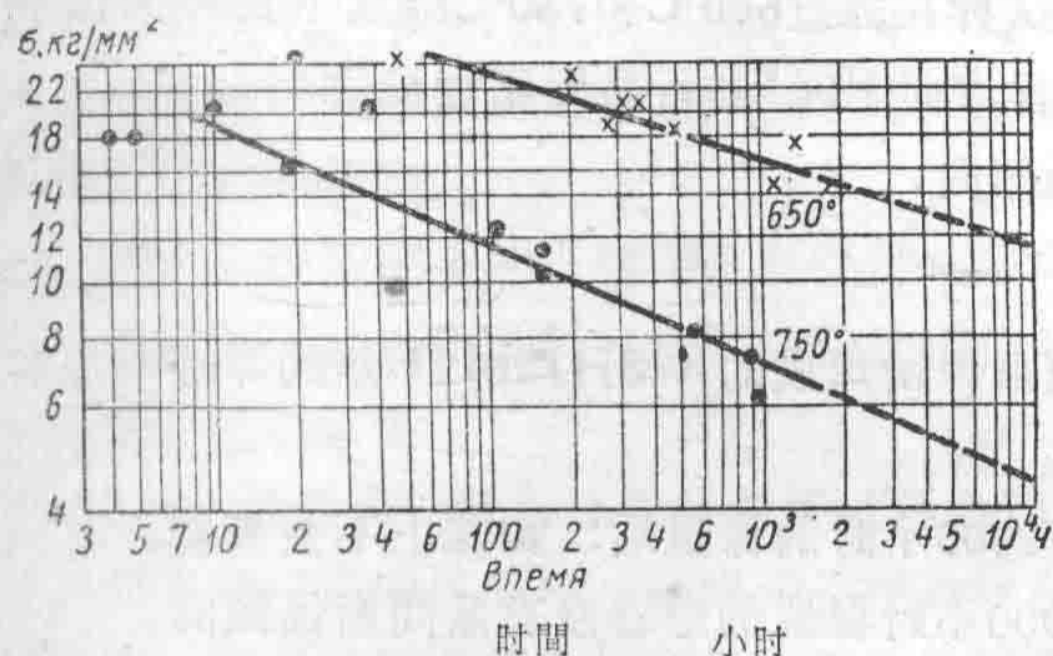


图4 X18H12M2T鋼焊接试样在650°C和750°C溫度下的持久强度

在一定的溫度下，对鋼进行长时间的加热会引起冲击韧性的下降（热脆性）。热脆性的发展程度与組織的稳定性有关，而組織的稳定性又取决于鋼的成份及热处理。有时也发现奥氏体鋼塑性的降低[4]。由此可见，評定在长时间加热影响下焊縫的塑性与冲击韧性下降的程度是很重要的問題。

塑性下降的程度是根据持久强度试验后试样最后的收缩率来确定的[5]。冲击弯曲的比較试验用带有弧形断面的弧状试样进行（图1，6）。

比較韧性的数据列于表3。在确定韧性时发现所有的试样均未破坏，而是通过支点被弯曲和拉长了，在弯曲处沒有裂纹。对于用整体管子制成的试样，焊后状态及在650°C、750°C溫度下保温2000小时的试样，弯曲功及拉伸功相同，仅观察到750°C溫度下保温的试样弯曲功有不明显的降低。但是，这时试样的韧性裕量仍然是相当高的，在弯曲处沒有裂纹便证实了这一点。

为了更准确地測定焊縫金属的脆性，对试样进行了弯曲试验，所用试样与确定韧性时的相同。弯曲是用直径为8毫米的心棒进行，使试样围绕心棒并使试样端面达到平行为止。試驗表明，經過650°C和750°C溫度下长时间保温的完整的与焊接的试样，在弯曲处都沒有产生裂纹。

表3

試样编号	試样的弯曲功 公斤米							
	用整体管子 作的试样	带有横向焊縫的焊接试样						
		未經保温的 焊接试样	650°C溫度下保温			750°C溫度下保温		
			440小时	780小时	2000小时	440小时	780小时	2000小时
1	7.4	7.3	7.0	8.2	7.9	6.2	8.2	6.7
2	8.5	7.8	7.0	7.4	6.3	6.9	6.0	6.3
3	8.9	7.6	8.0	10.0	8.0	6.2	7.4	6.3
4	—	7.8	8.7	8.2	8.5	6.8	6.9	7.7
5	—	10.0	7.0	8.2	7.4	—	5.5	—
平均值	8.3	8.1	7.5	8.4	7.6	6.5	6.8	6.8

試样的压扁试验结果表明：沒經過高溫下長時間保溫的完整的与焊接的試样都沒有裂紋。在650°C和750°C溫度下經440小時保溫以后的焊接試样，由于压扁的结果，焊接区内有个别的裂紋。把保溫時間从440小時增加到2000小時，并不提高試样压扁时裂紋的敏感性。焊接試样进行压扁试验时还观察到，750°C溫度下保溫的試样比在650°C溫度下保溫的試样对于裂紋的敏感性要大一些。

晶間腐蝕傾向的測定是按照AM法进行的，試样曾經過650°C、2小時的敏化处理，其尺寸为3×10×100毫米（ГОСТ6032—53）。对于經過敏化处理与未經敏化处理的两种焊接試样进行了AM法试验。其中未經敏化处理的試样在經過650°C和750°C溫度下長時間保溫后按AM法进行了晶間腐蝕試驗。将煮沸过的試样弯曲至90°进行晶間腐蝕檢驗。

試驗表明，焊縫与基本金属都沒有晶間腐蝕傾向。

結論：

1. 在自动管子焊接机上，采用非熔化极氩弧焊所焊成的X18H12M2T鋼的焊縫与基本金属等强。

2. 焊接的試样在经过650°C和750°C溫度下2000小時的保溫后，实际上不会变脆。

3. 焊后状态及经过650°C和750°C溫度下2000小時保溫的焊縫沒有晶間腐蝕傾向。

参考文献5篇（略）

何宏智譯自 *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1962, №10

张征权 校

621.791.763.1:546.293

鎢极惰性气体保护电弧点焊

Manfred kiesche

德意志民主共和国中央焊接技术研究所（哈勒）

前 言

目前，CO₂气体保护电弧点焊的应用局限在大量結構鋼的点焊上。而鎢极惰性气体保护电弧点焊除了可以应用来焊接大量結構鋼外，还可以用以点焊合金鋼、有色金属及輕金属。

在进行全部試驗时，采用一种带有鎢极惰性气体保护电弧点焊枪的ZIS—G—101—59型通用鎢极惰性气体保护电弧焊机。其引弧是通过高频振荡器引燃的。

对于电弧燃烧的基本条件是焊机的空载电压最小应为50伏。更高地提高空载电压，在各种情况下，对于电弧稳定燃烧來說是有利的。

1. 在进行鎢极惰性气体保护电弧点焊时必须考虑的一些因素

当金属板需很好結合时，一个工人的手臂力应足以使焊枪压紧工件。

最佳的氬气流量約为 6—7 升/分，因为此时电弧燃烧显得最稳定。

电极間的距离（即弧长——譯者）对焊点的剪切强度有重要的影响。电极間的距离为 2 毫米时可得到最佳的焊点剪切强度。

焊接時間的选择更为重要。焊接時間越长，則焊点的剪切强度越高。当然，电流强度和焊接時間必須相互很好协调。否則，会引起金属板材的损坏，并从而使焊点剪切强度急剧下降。

金属板的表面状况对焊点的剪切强度有更大的影响。一些粗糙的表面，在其本身的軋伤刻痕中有隱藏杂质和污物的危险。由于在这里，两金属板表面沒有較厚的附加涂层，所以在进行鎢极惰性气体保护电弧点焊时，强烈的生锈层和軋制氧化膜是阻碍热量从上板向下金属板很好传递的原因。

相反，輕微细小的点状锈点对焊接是沒有显著影响的。

虽然預先经过用磨料打磨和光蚀处理但焊接接头的机械性能并未获得改善。

2. 試驗結果

2.1 鋼板的鎢极惰性气体保护电弧点焊

在下面叙述的試驗中，着重于带铜垫板和不带铜垫板时，两相同厚度的金属板之間联接的点焊。获得的焊点剪切强度和选择的规范示于表 1 中。

在 St VII 23 板点焊时获得相应适宜的数值（见表 2）。

表 1 对于 MSt 3a 和 MSt 3b 的规范值和强度

板厚[毫米]	电流强度[安培]	电弧电压[伏特]	焊接時間[秒]	剪切强度[千磅/点]
1.0+1.0	190	19	2.5	650 ¹⁾
	120	16	1.5	350 ¹⁾
1.5+1.5	200	21	4.0	1000 ¹⁾
				670 ¹⁾
2.0+2.0	300	25	2.0	690
				400
	300	25	4.0	1200 ¹⁾
	350	26	3.0	800 ¹⁾
			980	
				500

說明：1) 表示在铜垫板上点焊的。

上述几种牌号的鋼有很好的可焊性。而 St III 23 牌号鋼在点焊时，焊点中有强烈地形成气孔的傾向。在 St III 23 鋼与其他鋼种点焊时也出现这种气孔。例如 St III 23 鋼与 MSt 3b 之間了点焊焊点中就出现較多的气孔。（通过宏观組織图可以发现。该图省略——譯者）

表2 对于St VII 23的强度和规范值

板厚[毫米]	电流强度[安培]	电弧电压[伏特]	焊接时间[秒]	剪切强度[千磅/点]
1.0+1.0	160	18	2.5	700 ²⁾
	130	16	2.0	400
1.5+1.5	200	20	3.0	950 ²⁾
	300	25	2.0	650
2.0+2.0	260	22	4.0	950 ²⁾
	300	25	3.0	800

说明： 2) 表示在石墨垫板上点焊的。

表3中给出了铬—镍不锈钢钨极惰性气体保护电弧点焊的规范值和焊点的剪切强度值。在这里可以看出，焊点的剪切强度随着板厚增加至2毫米时而不断提高。当板厚为2.5毫米时，焊点剪切强度下降了。在铬—镍不锈钢点焊时，焊点的拉伸试验表明与其他几种牌号钢相反之处在于焊点基本上断裂在金属板材上。

从宏观金相照片中可以看出，在不锈钢钢点焊时，焊点表面稍稍下凹。而这种下凹现象在非合金钢点焊时是不出现的。

表3 对于Cr—Ni不锈钢的强度值和规范值

(X12CrNi18-8; X10CrNiTi18-9和X10CrNiSi18-8)

板厚[毫米]	电流强度[安培]	电弧电压[伏特]	焊接时间[秒]	剪切强度[千磅/点]
1.0+1.0	180	19	2.0	1050
1.5+1.5	280	24	3.0	1650
2.0+2.0	280	24	3.2	1800
2.5+2.5	320	25	3.0	1250

从这些试验中，我们能够得出结论：应用钨极惰性气体保护电弧点焊方法，在点焊非合金钢时，上金属板的最大厚度达到2毫米时能够获得良好的结果，而在合金钢点焊时，上金属板的最大厚度达到2.5毫米时也还能得到良好的结果。

原则上可以说下金属板的厚度是可以无限的。

不同厚度的金属板相互联接时，必须估计到焊点强度的下降。因为随着厚度的增加，焊点中热量集中，而这是不利的。

当下板为了联接牢，在它上面应该熔化一定熔核尺寸的时候，电流强度不能继续提高，否则，上金属板会被熔穿。

2.2 有色金属和轻金属的钨极惰性气体保护电弧点焊

有色金属和轻金属的试验表明，紫铜虽然有高的导热性，但是每块紫铜板的最大厚度达到1.5毫米时能得到良好的点焊接头。在这种情况下，电流强度和焊接时间要比点焊钢板时更高些。

在图 1 (原文图 2——译者) 中示有一个紫铜点焊接头的微观金相图。从图中能够看清上下紫铜板之间的良好联接。焊点中的金相组织具有十分粗的颗粒度。提高紫铜中的含氧量是不利的, 它会导致形成大量气泡和气孔。



图 1 紫铜焊点的微观金相图 × 30

除了紫铜以外, 也曾研究过黄铜。研究表明Ms58黄铜可焊性比Ms63差。这是由于增加了锌的强烈挥发燃烧而变坏的。点焊后, 我们可以清楚看到在焊点附近的金属表面上有一层较厚的白色氧化物沉淀(原文用宏观相片来说明, 这里将图片省略, 用文字说明——译者)。

黄铜点焊时, 焊接电流强度与点焊紫铜时相反, 将能够应用小的容量, 因为黄铜的导热性是很小的。金相试验表明上下黄铜板之间具有良好的点焊接头(图2, 即原文图4——译者)。

金相组织显示了十分细小的粒度。有色金属与钢的联接点焊同样是可以的。在这种情况下, 有色金属板作为上板来点焊是比较好的。

点焊铝板虽然比较困难些, 但它还是可以进行钨极惰性气体保护电弧点焊的。这里必须提及的是, 点焊铝板象其他金属一样, 用直流电流作为焊接电流, 并且同样允许钨极作为负极来进行点焊。

焊接熔剂是不需要应用的。

为了获得较好的剪切强度, 点焊铝板的表面必须进行清理, 这仍然是极重要的。通过表面清理去除污物和氧化膜部分, 以便获得有利的可焊性。

铝不同于铁质材料, 其导热性比较大, 因而在点焊时, 这点是不利的。它容易引起应力变形和裂缝。

在图 3 (原文图 5——译者) 中示有焊点中的裂缝。据根作者的意见, 提高焊接电流强度, 减少焊接时间是更为不利。

示于图 4 (原文图 6——译者) 的微观相片清楚地显示出上下铝板之间的联接焊点存在着缺陷。



图 2 1毫米厚的Ms63板的焊点微观组织图 × 30

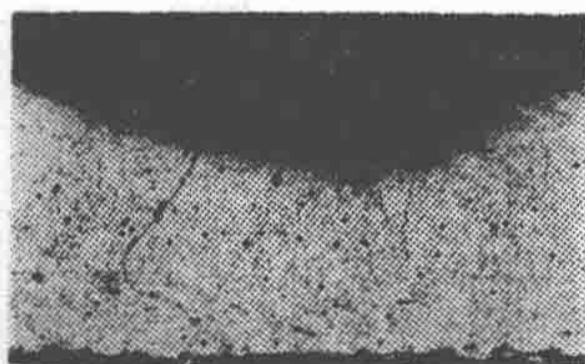


图 3 在铝的点焊接头中的热裂缝 × 50

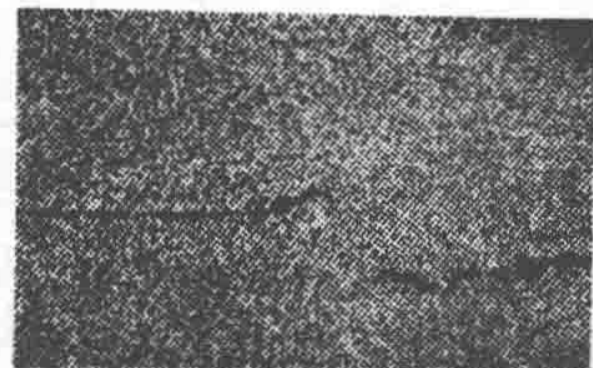


图 4 具有缺陷的铝点焊接头 × 50

点焊的铝板不经过表面清理是不利的。如前所述, 这会使得到的焊点剪切强度很小, 剪切试样大部分剪断在焊点上。图 5 (原文图 7 省略——译者) 示有剪断前的试样。应用已清理过的铝板点焊时, 焊点剪切强度断裂在板材上(图省略——译者)。

对于不同厚度铝板的点焊研究, 到目前为止, 还没有取得成功的结果。

为了达到良好的可焊性，目前仍然去研究用苯来清洗铝板究竟有利到何种程度。

3 经济性

对于钨极惰性气体保护电弧点焊是否比CO₂气体保护电弧点焊更为经济的问题，仅仅对于各种结构钢才有意义。因为上述的其他金属，目前仍然不可能采用CO₂气体保护电弧点焊方法来点焊。

在各种结构钢方面，当每块板的厚度≤2毫米（等厚度板）时，应用钨极惰性气体保护电弧点焊方法点焊是最经济的。当点焊异厚度板时，CO₂气体保护电弧点焊方法则比较优越些。我们知道，这是因为后者的热量过渡比较强烈，下板将熔化较大较深的区域，因而也提高了焊点剪切强度。

超过2毫米厚的板，在各种情况下，应用CO₂气体保护电弧点焊方法是经济的。但这样厚的板点焊时，我们达到的电流强度还隐藏着不是最好的剪切强度值。但应注意，以上划分的界线，它仅仅是作为一个参考。我们无论如何必须考虑当前的企业条件来选择。

钨极惰性气体保护电弧点焊相对于CO₂气体保护电弧点焊方法的一个重要优点在此也不能不加以考虑。尤其在各种空间位置点焊时，钨极惰性气体保护电弧点焊方法具有很好的应用可能性。

例如在国营企业皋塔（Gotha）车辆制造厂中，钨极惰性气体保护电弧点焊用于垂直位置的点焊上，即把电车车辆的侧壁板点焊到车辆架子上去。

在国营企业哈勒（Halle）汽车车辆工厂中，同样是把此种点焊方法应用到将侧壁板点焊到车架上去的垂直位置点焊上。此时焊点的成形情况良好。而目前应用CO₂气体保护电弧点焊方法试验时，熔融的焊缝金属会强烈地从熔池中流出来，并破坏焊点的成形。

张征权译自《Schweisstechnik》DDR 1963, №3, 226~228

吳永保 校

621.791.011

1X18H9T鋼及其焊接接头的成分对于在500°C 加热以后抗晶间腐蚀性能的影响

В. А. Нечаев С. В. Юнгер

（伏尔加格勒机械制造工艺科学研究所）

文中列举了在500°C下长期加热，对含有不同的碳和钛比例的1X18H9T钢和在这种钢上用Св—07X18H9TЮ（原ЭИ793）、Св—03X20H9Г7Т（原ЭИ613）、ЭИ649（05X19H9ФСБ）、ЭИ902（X19H10M3Б）、Св—04X19H11M3、Св—04X19H9焊丝于熔剂下焊成的焊缝的晶间腐蚀趋势影响的研究结果。在375°C稳定退火，可以显著地提高1X18H9T钢及其焊接接头的抗晶间腐蚀能力。

1X18H9T耐酸钢广泛地用于动力机械、石油和化工设备制造上。但是，对于这种钢，特别是它的焊接接头在500°C温度下长期工作的耐晶间腐蚀问题，迄今还研究得很不够。

文献[1、2、3]表明, 1X18H9T鋼和该鋼用手工焊成的焊接接头, 在原始状态下可以满足ГОСТ抗晶間腐蚀能力方面的要求, 但是在500°C加热1500小时以后, 則变得易于晶間腐蚀破坏。同时指出[3、4], 从这一点来看, 1X18H9T鋼在500°—550°C长期加热比在650°C长期加热更为危险。

按照巴东电焊研究所的建議, 在ВНИИТмаш曾进行了长期加热对于1X18H9T鋼和该鋼在熔剂下焊成的焊接接头抗晶間腐蚀能力影响的研究。

研究了七炉含有不同碳和鈦比例的1X18H9T鋼軋材和用六种牌号焊絲自动焊焊成的焊接接头。用于研究的1X18H9T鋼和使用指定填充金属的焊縫之化学成分列于表1。金属的稳定化程度在軋材里用 $\frac{\text{Ti}}{\text{C}-0.01}$ 表示, 在焊縫中用 $\frac{\text{Ti}}{4\text{C}} + \frac{\text{Nb}}{8\text{C}}$ 表示。

$\delta=12$ 毫米的B类鋼(表1)焊縫是用不开坡口的双面自动焊焊成的。焊接规范: $I_{\text{CB}}=700-750$ 安培; $V_{\text{д}}=38-40$ 伏特; $V_{\text{CB}}=31$ 米/小时; 直流反极接。

表 1

鋼和焊縫 的种类	焊 絲	化 学 成 分 %								稳定化 程 度	α 相 %
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Nb	其他元素		
1 X 1 8 H 9 T 号 鋼 軋 材											
A		0.07	0.65	0.81	18.7	9.5	0.62	—	—	10.3	3.5
Б		0.07	0.63	0.94	17.6	10.2	0.53	—	—	8.8	1.2
В		0.07	0.65	0.72	17.0	10.4	0.46	—	—	7.7	1.5
Г		0.09	0.65	0.75	19.6	10.4	0.61	—	—	7.6	4.4
Д		0.10	0.63	0.83	17.0	9.7	0.57	—	—	6.3	0.2
Е		0.11	0.83	0.76	17.5	9.4	0.52	—	—	5.2	0.2
Ж		0.10	0.82	0.91	17.8	9.5	0.42	—	—	4.7	0.2
用 自 动 焊 焊 成 的 焊 縫											
З	СВ-07X19H9TЮ	0.09	0.86	1.07	17.7	10.1	0.46	—	0.19Al	1.28	4.6
И	ЭИ649	0.09	1.1	0.78	18.5	10.2	0.22	0.47	0.8V	1.26	9.9
К	ЭИ902	0.09	1.06	1.09	18.6	11.0	0.21	0.37	0.93Mo	1.10	4.5
Л	СВ-08X20H10Г6Т	0.10	0.63	3.12	18.3	10.4	0.35	—	—	0.88	3.5
М	СВ-04X19H9	0.08	0.92	1.20	18.6	10.7	0.19	—	—	0.60	4.6
Н	СВ-06X19H11M	0.09	0.63	1.02	18.4	11.0	0.13	—	1.16Mo	0.36	4.0
О	СВ-06X19H11M	0.10	0.56	0.99	18.1	11.2	0.10	—	1.25Mo	0.25	3.7

注: З、И、К和М类焊縫是在АН-26焊剂下焊成的; Л、Н和О类焊縫是用48-0Ф-6焊剂焊成的。

表 2

鋼和焊縫 的种类	在500°时效(小时)以后的晶間腐蚀									
	原始状态					在875°C稳定退火以后				
	未时效	500	1000	2000	3500	未时效	500	1000	2000	3500
1X18H9T 鋼 軋 材										
А	1	1	1	—	1	1	1	1	—	1
Б	1	1	1	—	2	1	1	1	—	1
В	1	1	2	—	1	1	1	1	—	1
Г	1	1	1	—	1	1	1	1	—	1
Д	1	1	2	—	3	1	1	1	—	1
Е	1	1	2	—	3	1	1	1	—	1
Ж	1	3	3	—	3	1	1	1	—	2
用自动焊焊成的焊縫										
З	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1
И	1	2	3	3	3	1	1	1	1	2
К	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1
Л	1	3	3	3	2	1	1	1	1	1
М	2	3	—	3	3	1	3	—	3	3
Н	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
О	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3

注：1—沒有腐蚀；2—微弱腐蚀；3—强烈的腐蚀。予先在875°C经过3小时退火的И类焊縫，在經受4700小时时效后，沒有显露晶間腐蚀。

对于供应状态（1040°C淬火）和随后在875°C经过2小时退火以后的軋材试样进行了试验，用于试验的焊縫试样是为焊后原始状态和在875°C经过3小时稳定退火状态的。为了晶間腐蚀试验和其他研究用的带有精加工余量的标准试样毛胚，在500°C溫度下經受了500、1000、2000和3500小时长期等温加热。在时效以后，进行了最终的精加工。按照ГОСТ6032—58的AM法（用三个试样）試驗了它們的耐晶間腐蚀性能和进行金相的研究。部分焊縫在时效以后进行了冲击弯曲試驗。

表2中列举了1X18H9T鋼及其接头在500°C下經不同時間时效以后的抗晶間腐蚀性能的