

富氩混合气体脉冲弧焊 (GMA—P)

18—8 不锈钢的工艺研究

北京金属结构厂

北京工业大学焊接教研室

一、引言

我校焊接专业 74 届部分师生于一九七七年五月和北京金属结构厂合作, 共同进行了富氩混合气体熔化极脉冲弧焊 (以下简称 GMA—P) 对 18—8 不锈钢焊接中存在某些工艺问题进行试验研究。

该厂于 1974 年试制成功一体式脉冲弧焊机, 并就 $A_r + O_2$, $A_r + CO_2$ 等混合气体对 18—8 不锈钢进行过一些初步的焊接工艺试验, 并采用 $A_r + O_2$ 作为保护气试用于生产, 但由于存在焊缝表面氧化严重、某些焊缝存在氧化夹层或未焊透, 难于进行多层焊, 电弧燃烧不够稳定, 焊缝外观成型较差等, 因而尚未完全投产使用或只用于非工作焊缝部位。国内虽然也有单位进行一些研究, 同样存在上述问题, 均未能得到广泛应用。国外就 GMA—P 焊接 18—8 不锈钢采用混合气作为保护气已有一些报导, 但均未详细论述。因此解决上述问题是本试验工作的主要任务。

我们在试验研究焊接过程发生氧化及各种不同混合气体对电弧及焊缝成型影响的基础上, 确定了较为合理的混气种类和保护方式。同时也初步弄清了某些气体 (氧化性气氛) 对电弧特性的特异影响等。试验结果使问题得到较为满意解决, 焊出了具有美丽金属光泽的优质焊缝。

二、试验设备及条件:

(一) 电源 [1]:

采用该厂自行设计、制造的一体式脉冲弧焊电源, 其工作原理是利用主变压器三相电压的不平衡, 经整流后获得频率为 100 赫的脉冲电压, 焊接时获得 100 赫的脉冲电流。其波形如图—1 所示

电源参数如下:

脉冲频率: 100 赫

空载电压: 58 伏

平均电弧电压 U_p : 15~48 伏

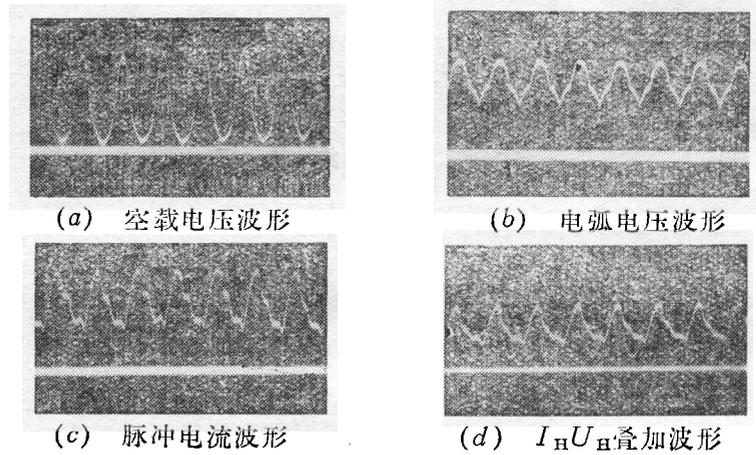
平均焊接电流 I_p : ~ 300 安

峰值电流/基值电流: 3.4 (固定)

外特性: 平硬

(二) 送丝机构与焊枪[1]

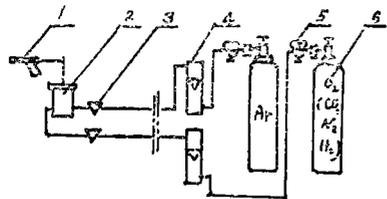
送丝系统为等速送进式, 速度可连续无级调节, 其范围为 ~ 10 米/分。



图一1 脉冲弧焊电源波形图

焊枪为该厂自制专用枪式水冷熔极氩弧焊枪(74—4型)。

本试验配有专用适于 $\phi 1.5$ 毫米焊丝的送丝软管和导电杆, 使送丝平稳、导电可靠, 以保证电弧稳定燃烧。



图一2 气路系统示意图

1—焊枪 2—混气缸 3—气阀
4—流量计 5—减压表 6—气瓶

(三) 气路及气体流量标定

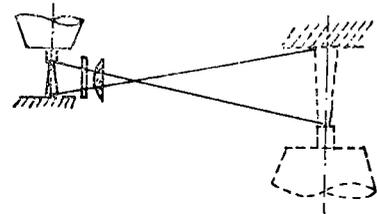
1. 气路: 试验时采用气路系统如图一2所示。利用一混气缸进行气体混合, 且混气缸置于送丝马达旁边, 距焊枪较近。这样, 混气后的气路变得较短, 便于实验时, 需改变气体的混合比或混气种类时, 能很快地得到气体的更换。

2. 流量计

(1) 气体流量计: 采用LZB—4, LZB—10两种流量计。本试验采用 Ar 、 O_2 、 CO_2 、 H_2 、 N_2 等气体时, 其

量测流量数值均已按说明书的重度修整公式进行修正。

(2) 微量气体流量计: 实验采用LZW—11型微量气体流量计是为测定附加的混入气体(O_2 、 H_2 、 N_2)流量。对于不同介质都经仪器制造厂进行校正, 并提供不同气体介质的“关系曲线”图, 试验时则可得该气体的实际流量。



图一3 弧长测定示意图

(四) 电弧长度测定

电弧静特性测定时, 如量测电弧长度, 采用一套透

鏡放大系統，直接將電弧經濾光鏡和透鏡放大，把電弧影象投于毛玻璃上，可在毛玻璃上測電弧長度。裝置雖簡陋，但電弧經放大後，直接可用標尺量測，比直觀估量要方便和準確。

(五) 焊接試驗用材料：

焊絲為 $\phi 1.5$ 毫米的 $1C_r, 18N_i, 9T_i$ ，其化學成份列於表—1

表—1

編 號	化 驗 編 號	規 格	化 學 成 份 (%)							
			C	S _i	M _n	C _r	N _i	T _i	S	P
S—1	B ₀ —18	$\phi 1.5$	0.050			19.65	10.42	0.67		
S—2	B ₀ —33	$\phi 1.5$	0.090	0.48	1.45	18.12	9.40	0.63		
S—3	B ₀ —36	$\phi 1.5$	0.070	0.58	1.67	18.85	9.31	0.55	0.004	0.024

試板為 6~20 毫米厚的 $1G_r, 18N_i, 9T_i$ ，其化學成份列於表—2

表—2

編 號	化 驗 編 號	試 樣 編 號	板 厚 (毫米)	化 學 成 份 (%)							
				C	S _i	M _n	S	P	C _r	N _i	T _i
M—1	B ₀ 38	53	6	0.11	0.63	1.43	0.004	0.019	17.06	9.21	0.39
M—2	B ₀ 34	58	6	0.12	0.59	1.42	'	'	17.27	9.40	0.47
M—3	B ₀ 41	63	6	0.11	0.65	1.36	0.004	0.028	18.10	6.31	0.39
M—4	B ₀ 39	56	8	0.11	0.86	1.05	0.005	0.031	17.36	9.40	0.38
M—5	B ₀ 43	64	8	0.07	0.83	1.05	0.005	0.030	17.06	9.21	0.34
M—6	B ₀ 53	67	10	0.09	0.62	1.31	0.006	0.039	17.70	10.40	0.46
M—7	B ₀ 45	66	20	0.09	0.47	1.71	0.010	0.030	17.60	9.30	0.36

三、工藝試驗

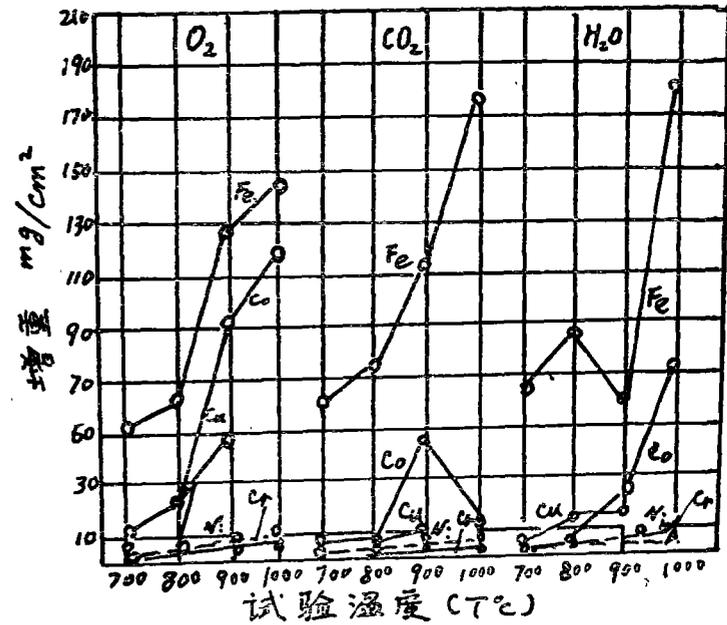
為了解決 $GMA-P$ 焊 18—8 不銹鋼時出現的焊縫表面氧化嚴重，成型不良等問題，分別採取一些工藝措施，獲得試驗結果，分析如下：

(一) 焊縫氧化問題

本試驗所指焊縫表面氧化問題指純氬的 $GMA-P$ 焊時，焊後的焊縫表面敷蓋一層氧化膜，使多層焊難以進行，或焊縫產生未熔合、氧化夾層等缺陷，因而破壞焊接接頭的均勻性，降低焊接質量。分析焊接條件和焊接過程對氧化的影響，並提出解決焊縫氧化的措施是本試驗的主要任務之一。

1. 氧化膜的性质

用18—8钢焊接时,在焊缝表面产生氧化膜层。这种氧化膜层的组成和结构,据[2]、[3]资料分析是属于 $Fe-Cr-Ni$ 系金属的氧化物,膜层组成包括 $\alpha-Fe_2O_3$ 、 Fe_3O_4 、 $FeO \cdot Cr_2O_3$ 、 $NiO \cdot Cr_2O_3$ 、 $\alpha-Cr_2O_3$ 。有从18—8不锈钢在 $900^\circ C$ 氧化膜层取样分析,获得 NiO 化合物。在这些氧化物中,铁的氧化是主要的,这不仅因18—8钢中铁为主要成分,且由图—4 [2]也说明铁、镍、铬分别在不同温度下,铁比铬或镍在氧化介质中,其氧化物增重大十几倍。



Fe 、 Ni 、 Cr 、 Co 在各种介质中, 试验温度与氧化增重的关系

图—4

铁的氧化物 FeO 、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 中 FeO 相是处于介稳定状态。在高温下分解为 Fe 和 Fe_3O_4 。 Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 熔点都比 FeO 高,且 Fe_3O_4 、 $\alpha-Fe_2O_3$ 为尖晶型结构,氧化膜具有保护性。而更复杂的尖晶型 $FeO \cdot M_2O_3$ 或 $Fe_2O_3 \cdot M_2O$ 结构, M_2 具有比铁更小的离子半径,保护性更高。如 Si 、 Cr 、 Ni 、 Ti 等[3]。其中铬、镍还可生成 $NiO \cdot Cr_2O_3$,比较稳定。

所以18—8不锈钢焊缝表面氧化膜的性质是属于尖晶石型致密结构,具有高温稳定性,这层氧化膜的敷盖,严重地影响了焊接质量,并且用一般方法是很难除掉的。

2. 焊接过程发生氧化阶段:

在焊接过程中,焊丝和母材的加热熔化和焊接熔池的凝固结晶,在同一时间不同部位是同时进行的。而且在整个阶段中,都存在着氧化的可能性。为便于研究氧化发生的过程,把焊接过程大致分为二个阶段来观察和分析:

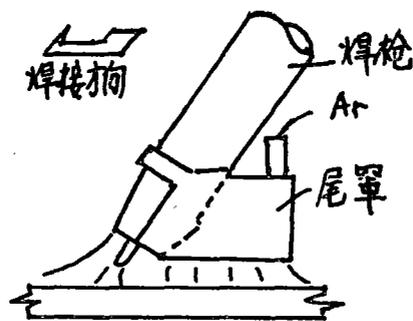
(1) 从熔滴形成到液熔池凝固阶段：在此阶段，熔化金属处于 1300°C 高温状态。众所周知，光焊丝在无保护气下进行焊接，裸露于空气中的金属熔滴和熔池在高温状态下很容易和空气中的氧发生激烈的氧化，焊缝难于成型，焊道表面氧化膜又黑又厚，气孔严重。本试验是使焊枪通以纯氩保护电弧，把空气和熔化金属隔绝，引燃电弧后，焊枪不动，使焊丝熔化，结果熔池凝固表面，不仅没有氧化痕迹，而且光亮银白。

试验证实：液态金属在惰性气氛保护下，是可以避免氧化的。

(2) 熔池结晶开始凝固至焊缝冷却至室温阶段：在这阶段，固态金属从 1300°C 高温自然冷却至室温。

为观察冷却阶段的氧化情况，使通以纯氩的焊枪在焊接过程中不断前移，将处于高温的固态焊缝裸露于大气中，令其自然冷却。试验结果表明，焊缝表面在从 1300°C 高温自然冷却至室温的过程中，逐渐与空气中的氧气化合而产生一层坚硬的黑灰色氧化膜层。这说明，为了保护焊缝，光只在第一阶段通入氩气保护还不够，必须同时保护处于高温状态的固态金属表面。为解决这个问题，我们在紧靠焊枪喷嘴的后部安装一个通有氩气的尾罩。（见图—5）对刚结晶之后的高温焊缝连续进行保护，则焊缝表面的氧化程度大大减轻，呈现出美丽的金黄色，且具光泽。若在其上焊接，雾化作用仍良好，可顺利进行多层焊。

试验证实：焊缝表面的氧化，主要是由于熔池凝固后高温焊缝裸露于空气而产生的。



图—5 焊枪加尾罩示意图

表—3

试验温度 ($^{\circ}\text{C}$)	氧化程度
300	轻微黄色、有光泽
400	浅黄色、有光泽
600	瓦兰色有光泽
800	浅灰色、稍有光泽
900	深灰色、无光泽
1000	黑灰色无光泽
1100	灰白色无光泽
1160	黑色、出炉后爆皮

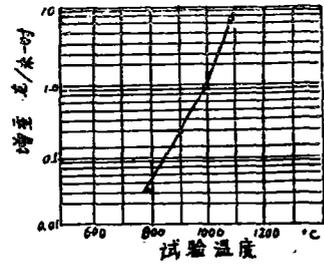
3. 焊缝高温激烈氧化的温度范围：

为确定产生激烈氧化的温度范围，做了如下实验，把不锈钢件置于炉中，在不同温度下加热，保温，当试件均温后，取出裸露于空气中，观察其色泽变化及氧化程度，结果如表—3。

试验证实： 800°C — 1100°C 是焊缝激烈氧化的阶段，属于保护的温区。当然，在冷却过程中的实际氧化过程要复杂的多。不过，了解到激烈氧化的温度范围，为设计具有良好保护效果的尾罩结构及尺寸，提供某些参考依据。经反复研究，尾罩以下列尺寸为宜：长 $47\text{m}\cdot\text{m}$ ，宽 $25\text{m}\cdot\text{m}$ 罩中放置 100 目铜丝网，为使尾罩保护气不产生纹流，提高保护效果。由图—6 可以看出，18—8 钢在 800°C 以上发生激烈的氧化，并且氧化程度的升高而急剧上升。在 1100°C 时，已为 800°C 时氧化增重的 200 倍。

4. 工艺因素对焊缝氧化的影响:

焊接过程中的一些其它工艺因素如焊接规范、接头型式、板厚等都对焊缝表面氧化有较明显的影响。这是因为,这些因素影响了焊缝高温停留的时间,即改变了尾罩可能保护的溫度范围。



图一6 氧化增重与溫度关系曲线

(1) 焊接规范

焊接电流不宜过大,若平均电流 $I_p > 250$ 安,焊缝表面状况严重恶化。此时焊枪上加有尾罩也难以达到理想境地。焊接速度最好是 0.3~0.4 米/分,若焊速小于 0.2 米/分,焊缝表面在焊枪有尾罩时亦有严重氧化。所以焊接线能量要严格控制,一般在 2450~2700

卡/公分为宜(电弧电压通常为 30~34 伏)。

(2) 接头型式:

平板对接比 T 型接头、角接内侧焊的焊缝表面氧化要严重。这是因为, T 型接头和角接内侧焊的气体保护效果好。保护气流是沿着平行于焊缝轴向方向流动散开,使焊缝被保护范围加长。T 型接头的热流方向指数比对接大,散热条件好。所以接头型式决定着散热条件及气流的保护效果,对凝固后的高温氧化有一定的影响。

(3) 板材厚度:

板材厚度越大,散热条件越好,冷却速度加快,氧化程度减轻。板材厚度小于 6 毫米时,散热条件变差,即使加上尾罩保护,其保护区外仍有处于 800°C 以上的高温,致使焊缝氧化,乃至严重氧化。

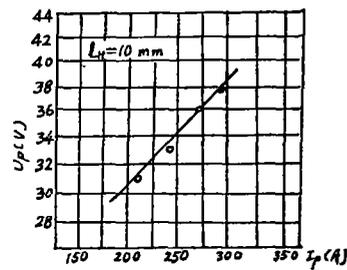
综上所述有关焊缝氧化问题的试验和分析,可以认为采用通常所用的焊枪进行焊接时,焊缝表面因离开焊枪气体保护仍处于 800°C 以上高温而发生了激烈的氧化。因此,在焊枪喷嘴附有尾罩借以加长气体保护范围;采用较小的线能量,减少焊缝高温停留时间;采用富氩混合气 ($N_2 < 8\%$, 以 2~4% 为宜)能可靠地防止 18-8 不锈钢焊缝的表面氧化,且出现美丽的金属光泽,因而亦能顺利地进行多层焊接。

在以前实践中,曾采用纯氩或 $Ar + O_2$ 的 GMA-P 焊接,在焊接接头的机械性能试验过程中,往往发展焊缝有氧化夹层或未熔合现象,它在 x 射线检查时是难于发现的。这是由于焊接时,特别是进行多层焊,因焊缝表面氧化所致。在采用前述措施克服了氧化问题后,这种缺陷也随之消失。当然,不当的操作也会引起未熔合,

(二) 富氩混合气体对电弧及其稳定性、焊缝成型的影响:

1. 纯氩电弧及焊缝成型的一些特点:

采用 GMA-P 焊接时的纯氩电弧,其静特性如图一7所示,由于熔化电极的特点,弧柱的导电性不象非熔化极只靠电离气体来输送电流,而是熔化焊丝的金属蒸汽输送电流,加之氩的压缩作用,较大的电流密度明显地影响电弧的伏安特性。



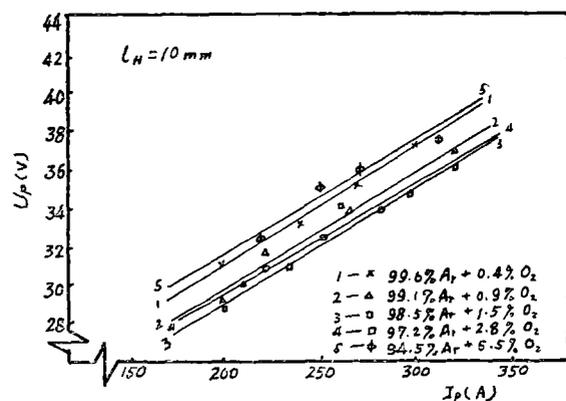
图一7 氩电弧静特性曲线

纯氩电弧形状如一钟罩，明亮的弧芯在钟罩的中心，其直径比焊丝略粗，电弧不是很稳定。这种电弧不稳定不是弧长的激烈跳动、飞溅和暴躁，而是电弧飘荡和熔池形状不规则地向前推进。在焊接向前移动的过程中，熔池前端的阴极雾化区（阴极净化区）一左一右地不规则的产生着，熔池铁水亦随着东一块、西一块地流向雾化区，熔滴过渡也就不能沿弧芯轴向飞渡，导致焊缝两侧不直、不整齐。可以认为，焊缝成型之不佳，特别是边缘不齐与电弧的这种不稳定有着直接的关系，而且采用纯氩焊接时，熔池粘滞，流动性差，焊缝高而鼓，成型很不美观。所以采用富氩混合气体借以改善电弧的稳定性和液度金属的表面张力，是十分必要的。

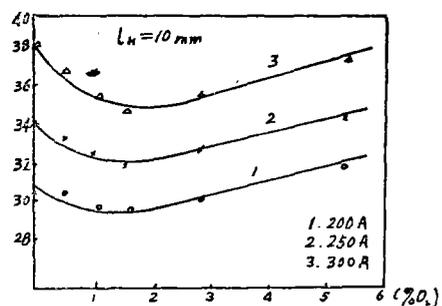
2. 混合气体对电弧及其对焊缝成型的影响：

混合气体的加入，由于其热物理性质不同，对电弧气氛均会产生影响。

(1) $Ar + O_2$ ；加入微量的氧，电弧的电压比纯氩时略有下降。这说明弧柱电阻较纯氩电弧为小。由图—8 可以看出一组混氧的电弧静特性，都具有上升特点。由图—9 所示的 O_2-U_p 关系曲线，可以清楚地看到，在同样的电流、弧长之下，随着 O_2 的增加，电弧电压下降，当 O_2 的含量达到和超过约 2% 时，电弧电压又开始上升。这种变化可能是由于氧的加入，改变了氩弧的物理性质。



图—8 $Ar + O_2$ 电弧静特性曲线



图—9 O_2-U_p 关系曲线

第一，首先从表—4 可以看出，氧的导热系数比氩大十几倍，电弧热损失应有所增加，须要电源更多能量补偿。其次，氧在 $5000^\circ C$ 时分解程度达 97%，也须电弧提供更多能量。所以氧的加入，应使电弧电压上升。

第二，由于氧的加入，在阴极表面上形成均匀的氧化膜，降低了阴极发射电子的逸出功，因而维持电弧稳定燃烧所需能量减少，电弧电压应呈现为下降的特点。上述两因素构成的矛盾互相制约着。因而 $Ar + O_2$ 混合气中，氧的加入量则是促成转化的重要因素。试验证明，微量加入氧到 2%，电压是随着下降的。可以认为，这时氧化阴极表面的第二种作用和影响较大，且在 2% O_2 左右时阴极氧化达饱和状态，电压最低，随着氧加入超过 2% 时，第一种作用逐渐明显，电弧电压变为上升。

在正常焊接规范下，加入微量的氧 (<0.5%) 时，电弧很细且稳定，熔池表面张力减少，

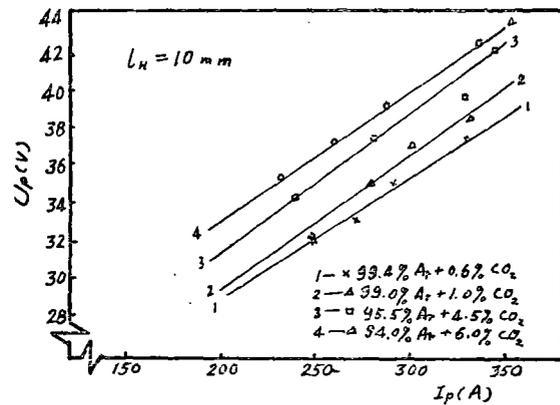
流动性得到改善,雾化区约有2—3毫米宽,熔池前沿很规则,呈圆弧状,焊接过程十分稳

表—4 [6]

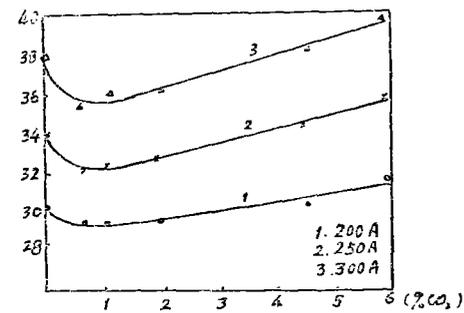
气 体	电 离 势 (伏)	热 容 量		容 积 热 容 C° 卡/厘米³度	导 热 系 数 (0°C) 卡/厘米秒度	5000°K 时 分 解 程 度
		比热容卡/克度				
		0°C	2000°C			
He	24.5	1.250	—	0.223×10^3	3.320×10^{-4}	不 分 解
Ar	15.7	0.125	—	0.223	0.378×10^{-4}	不 分 解
N ₂	14.5	0.248	0.310	0.311	0.58×10^{-4}	0.038
CO ₂	14.3	0.196	0.328	0.328	0.38×10^{-4}	0.99
O ₂	13.6	0.217	—	—	5.90×10^{-4}	0.97
H ₂	13.5	3.400	4.160	0.305	4.72×10^{-4}	0.96

定。可以观察到两侧钢水和母材均匀熔合,由板材到焊道凸部过渡平缓,表面鱼鳞纹细致,光滑平整,两侧整齐,成型是比较理想。含氧超过1%以上,电弧变得软弱,挺度不够,含氧继续增加到2%以上,则焊缝表面氧化严重,熔池前沿及两侧雾化区消失,焊接难于进行。

(2) Ar+CO₂: 在氩中加入CO₂, 一组特电弧静特性曲线如图—10所示, 也具有上升特性。图—11是一组CO₂—U_p的关系曲线。由这两图可知, 加入CO₂和加入O₂有类似的现象。加入CO₂<1%时, 当焊接电流和弧长一定时, 电弧电压随CO₂的增加而下降, 如前所



图—10 Ar+CO₂电弧静特性曲线



图—11 CO₂—U_p关系曲线

释, 这是由于CO₂→CO+ $\frac{1}{2}$ O₂的高温反应产生的O₂起了氧化阴极表面的作用, 降低了逸出功, 使电压下降。当CO₂加入1%以上时, 电弧电压变为上升。这时CO₂的含量虽然较少, 但也是合理的。因为CO₂导热系数比O₂小十几倍, [6]和纯氩差不多。加上在5000°K时CO₂的离解度为99%。需大量吸收能量。由表—5 [4]说明, CO₂完全解离需用能量为O₂的完全解离的三倍。所以电压的上升正是这些因素的综合作用的结果。

当加入CO₂<1%时, 弧芯比纯Ar略粗, 电弧较稳定, 熔滴也细小, 雾化区约2—3毫米, 与加入微量O₂有同样工艺效果, 改善了表面张力、两侧平齐、焊缝形状良好。当加入

$\text{CO}_2 > 1\%$ 时, 由于 CO_2 的高温分解, 体积膨胀, 也消耗较多解离能, 电弧暴躁, 飞溅增加, 甚至雾化区消失, 成型欠佳。

表—5

气体的解离	能量(e.V)
$\text{H}_2 \rightarrow \text{H} + \text{H}$	4.4
$\text{N}_2 \rightarrow \text{N} + \text{N}$	9.1
$\text{O}_2 \rightarrow \text{O} + \text{O}$	5.1
$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$	5.5
$\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{O}$	10.0

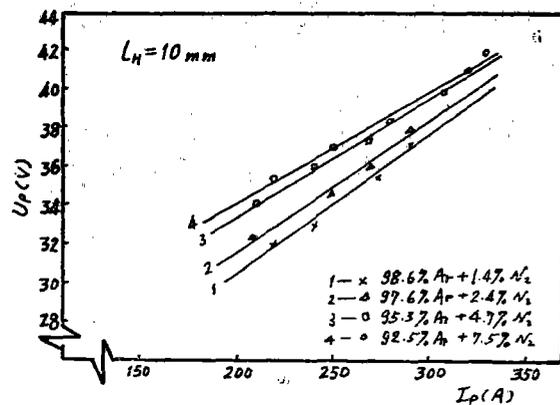


图12 $\text{Ar} + \text{N}_2$ 电弧静特性曲线

(3) $\text{Ar} + \text{N}_2$: 在氩中加入 N_2 , 图12得出一组 $\text{Ar} + \text{N}_2$ 的电弧静特性曲线, 也为上升特性, 电弧电压随着含氮量增加, 直线上升。由于氮的导热系数较纯氩只大 $\frac{1}{3}$, 相差无几, 在 5000K 解离度为 16.8% [表6], 所以 $\text{Ar} + \text{N}_2$ 的电弧特性更接近于纯氩。

随着 N_2 的加入, 电弧形状有较明显的变化, 呈圆锥状, 且有一明亮的中间层, 弧芯比纯氩时略粗, 电弧稳定有挺度。熔池表面张力减少, 流动性有改善, 有 $2 \sim 3$ 毫米宽的合适雾化区。焊枪加上尾罩保护, N_2 的加入可达 8% , 仍在熔池前端有雾化区产生 (以 $1 \sim 4\%$ N_2 为佳)。焊缝两侧齐整, 成型美观, 有金属光泽, 表面鱼鳞纹较细, 比较理想。

表—6

温度 °K	气体分子解离度		
	H_2	N_2	O_2
3000	0.090	0.0003	0.12
4000	0.625	0.016	0.79
5000	0.947	0.168	0.99
10000	0.999	0.990	0.999

*: 本表提供数据和表—4数据, 有些差异, 但作为本文物理现象分析, 不由此发生矛盾, 可视为不同作者量测误差。

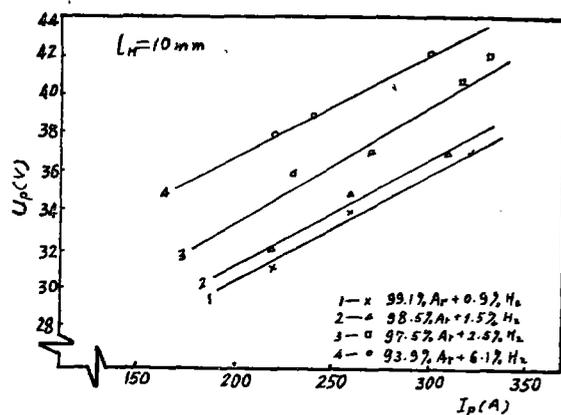


图13 $\text{Ar} + \text{H}_2$ 电弧静特性曲线

(4) $\text{Ar} + \text{H}_2$: 在氩中加氢, 对电弧静特性的影响可见图13给出一组 $\text{Ar} + \text{H}_2$ 电弧静特性曲线, 仍为上升特性。加 H_2 比加 N_2 对电弧电压的提高作用更为显著, 这可由表4、表6提供两者导热系数和离解度的差异得到解释。

在 Ar 中加 H_2 , 对电弧稳定有强烈影响, 弧芯发散, 电弧飘摆。电弧不集中是由于 H_2 导热率为纯 Ar 的十几倍, 在 5000K 解离度为 96% , 消耗较多电弧能量。焊接时, 发现有较大熔滴过渡, 熔池前沿不规则, 成型不良。由于加入 H_2 , 使弧柱气氛具有还原性, 阴极雾化

作用是所试几种气氛中最为强烈，不仅雾化区大（约为5毫米），且其表面近似熔融状态，有如“发汗”现象。从金相观察，近缝区奥氏体晶粒有明显的长大。当 H_2 加入量大于3%时，电弧显得暴躁，飞溅增加，有大熔滴产生，起弧和焊接都有一定困难。

各种混合气焊缝成型见图14。



图14 富氩混合气焊缝成型

(三) 富氩混合气GMA-P焊18-8不锈钢的接头质量：

综上所述，说明富氩混合气GMA-P焊18-8不锈钢需要克服氧化、夹层、未熔合等问题，关键在于防止焊枪移出熔池后裸露于空气中的高温焊缝氧化，加尾罩保护是十分重要措施。本试验就加尾罩的各种混合气体达到满意的工艺性能基础上，进行接头质量的检查和鉴定，试验数据如表7，表8，表9，所示。

焊 缝 化 学 成 份

表—8

化验 编号	试样 编号	使用材料		化 学 成 份 (%)							
		焊丝 编号	母材 编号	C	S_i	M_n	S	P	C_r	N_i	T_i
B ₀ 38	53	S-2	M-1	0.09	0.54	1.55	0.0035	0.017	18.72	9.21	0.47
B ₀ 40	56	S-2	M-4	0.10	0.63	1.49	0.0035	0.025	18.25	9.40	0.49
B ₀ 35	59	S-2	M-2	0.04	0.57	1.64	/	/	17.85	9.40	0.56
B ₀ 42	63	S-3	M-3	0.07	0.60	1.52	0.0035	0.027	18.55	9.31	0.41
B ₀ 44	64	S-3	M-5	0.05	0.69	1.40	0.0035	0.029	18.10	9.21	0.40
B ₀ 51	51	S-2		0.07	0.64	1.53	0.0036	0.031	18.94	9.30	0.47
B ₀ 52	67	S-3	M-6	0.03	0.60	1.56	0.0036	0.030	18.94	9.65	0.52

18-8 焊缝机械性能试验

表-7

化验 编号	试样 编号	试样 厚度 (毫米)	焊 接 规 范			混合气体及 流量百分比		强度极限 (公斤/厘米 ²)	断裂 部位	弯曲 角度	报 告 日 期
			U_p (伏)	I_p (安)	V_p (米/分)	Ar (%)	其它 (%)				
焊 024	22	15	38	250	0.3	97.7	H_2 2.3	59.0	母材	>120°	77.7.21.
								59.0	"	>120°	"
焊 035	51	8	29	220	0.35	100	/	65.0	焊缝	"	77.9.25.
				230	0.46			64.5	"	"	"
"	52	6	27	210	0.39	100	/	65.0	"	"	"
				230	0.47			65.5	"	"	"
"	53	8	28	210	0.35	97.6	(N_2) 2.4	65.0	"	"	"
				230	0.42			65.0	"	"	"
"	54	8	29	220	0.31	"	"	64.0	"	"	"
				230	0.46			64.0	"	"	"
"	55	6	30	220	0.34	95.3	(N_2) 4.7	66.5	"	"	"
					0.50			69.5	"	"	"
"	56	8	29	230	0.37	98.4	(N_2) 1.6	65.0	"	"	"
				240	0.44			65.5	"	"	"
"	57 异种钢	6	29	210	0.30	98.9	(N_2) 1.1	36.0	碳钢	>120°	"
				240	0.36			37.0	"	105°	"
"	59	6	29	210	0.36	98.4	(CO_2) 1.6	64.0	焊缝	>120°	"
				240	0.47			64.0	"	"	"
"	60	8	27	200	0.38	99.45	(O_2) 0.55	65.0	"	"	"
				220	0.47			65.0	"	"	"
焊 038	63	6	30	210	0.38	95.3	(N_2) 4.7	65.5	"	"	77.10.14
				230	0.50			65.0	"	"	"
"	64	8	29	210	0.36	96.4	(N_2) 3.8			"	"
				240	0.50					"	"
焊 039	66	20	31	220	0.24	98.1	(N_1) 1.9	61.5	焊缝	"	77.10.22
				240	0.28			61.5	母材	"	"

晶间腐蚀试验及铁素体含量测定结果 表9

试样编号	混合气类别	铁素体含量 (%)	晶间腐蚀试验
53	Ar+N ₂	/	通过 B 法
54	Ar+N ₂	/	
55	Ar+N ₂	/	
56	Ar+N ₂	/	
59	Ar+CO ₂	/	
60	Ar+O ₂	15.4	通过 B 法
63	Ar+N ₂	14.5	
64	Ar+N ₂	14.5	
66	Ar+N ₂	15	
67	Ar+CO ₂	15.4	

[注] 以上焊接试件接头型式气体流量:

Ar: 1000~1500升/时

Ar: 1000~1500升/时 (尾罩保护气)

混入气体: 按规定比例

根据以上接头质量分析, 可得如下结论:

1. 在各种混合气的各组焊接接头试板, 都经X光透视, 均未发现气孔、夹渣、裂缝, 未焊透等缺陷;
2. 各组机械性能均为合格;
3. 对 Ar+O₂、Ar+CO₂、Ar+N₂ 各组进行抗晶间腐蚀试验, 被判通过 B 法;

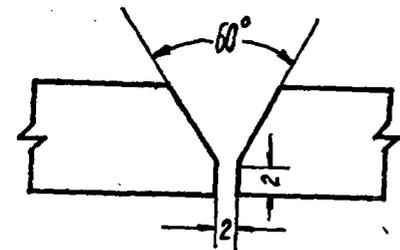


图-15

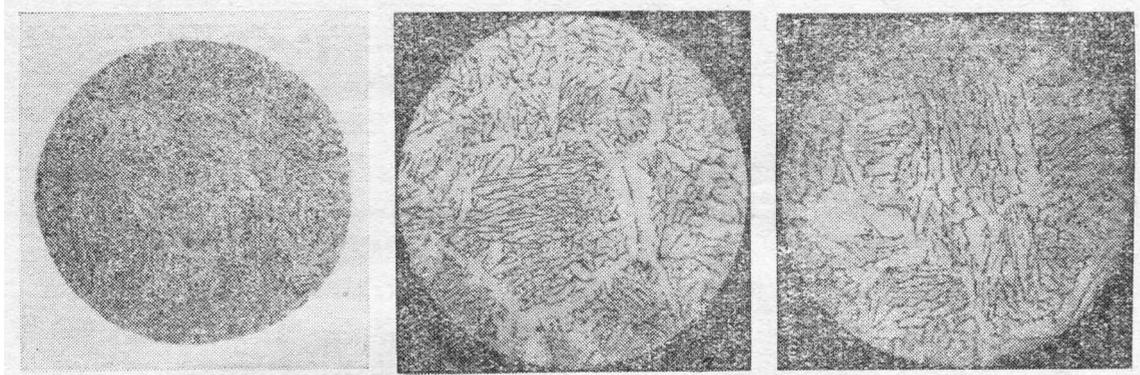
4. 对 Ar+O₂、Ar+CO₂、Ar+N₂ 组进行焊缝中α相含量测定, 均在允许范围之内。由表-9 数据可以看出, 焊缝中α相含量主要由焊丝成分决定, 混合气种类影响不大。

5. 金相组织观察: 在 Ar+O₂、Ar+CO₂、Ar+H₂、Ar+N₂ 的所有焊缝组织中均为奥氏体加少量铁素体。在含有 CO₂ 和含 N₂ 较高混合气焊接的焊缝, 有少量弥散氧化夹渣, 发现这些夹渣和混合气种类及含量的关系没有明显规律性, 而说明和操作因素有关。

焊缝金相图片见图-16, 图-17, 图-18, 图-19, 图-20, 图-21 (250倍)。

含 N₂ 混合气焊接热影响区 (图-21) 未发现奥氏体晶粒长大现象影响区很狭, 熔合线一侧为明显的焊缝树枝状晶粒, 另一侧为轧制板材纤维组织。在 Ar+H₂ 接头的热影响区部位 (图-22) 发现影响区较宽, 奥氏体晶粒明显粗大, 这与工艺上发现雾化区较宽, 表面温度高达熔融状态的现象是一致的。

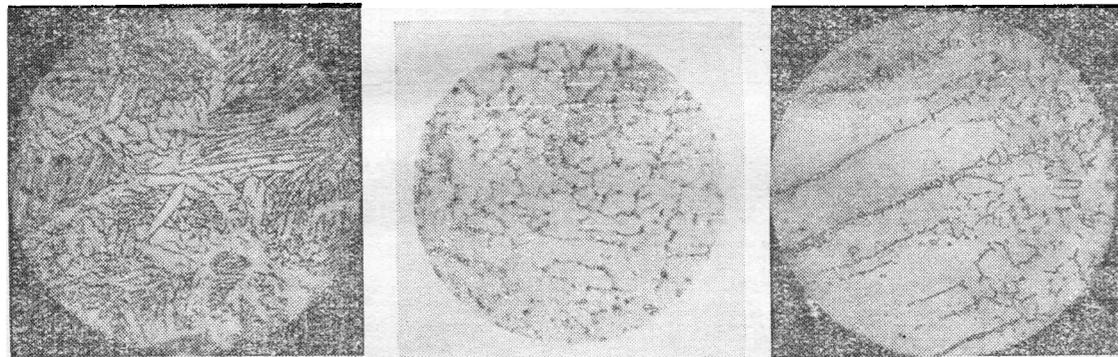
6. 异种钢焊接:



图—16 纯 A_r

图—17 $A_r + O_2$

图—18 $A_r + CO_2$

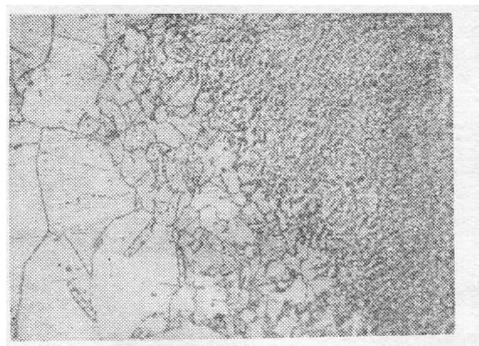


图—19 $A_r + N_2$

图—20 $A_r + H_2$

图—21 $A_r + N_2$ 热影响区金相
(250X)

采用 $GMA-P$ 焊接异钢时，最大优点是热输入量少，焊缝组织在采用 $18-8T_2$ 焊丝时，就可获得满意 $\gamma + \alpha$ 双相组织，避免了碳钢部分熔化过多而形成马氏体组织。 $A_r + H_2$ 不宜焊接异种钢。图—23 为 $A_r + N_2$ 焊接异种钢接头的金相组织，左上角碳钢母材组织珠光体加铁素体。右下角为焊缝 $\gamma + \alpha$ 双相组织，过渡层非常狭小。体现了 $GMA-P$ 焊异种钢的优越性，可代替用手工焊时采用的高铬镍焊条节省贵重金属，具有很大经济意义。



图—22 $A_r + H_2$ 热影响区金相(250X)



图—23 $A_r + N_2$ 异种钢接头金相(250X)

四、结论：

1. 采用 $GMA-P$ 焊接 $18-8$ 不锈钢焊缝表面氧化经试验证实是在 $800 \sim 900^\circ C$ 以上激

烈氧化造成的。因此，焊接时必须对焊枪移过后的高温焊缝进行保护。采用尾罩保护是有效的措施。

2. 随着氧化问题的解决，焊缝的未熔合、夹层等缺陷基本上随之消失。

3. 在七种混合气体中对焊缝表面氧化的影响以 $Ar+H_2$ 最轻， $Ar+CO_2$ 、 ArO_2 弧柱区氧化性强，加重焊缝氧化程度， $Ar+N_2$ 为非氧化性气氛，焊缝的氧化较前者为轻。三元混合气效果较差。特别是有 O_2 、 CO_2 与 H_2 混合时，还会造成大气孔。

4. 在氩中加入第二元气体，均可减少熔池表面张力，改善焊缝成型。

5. 电弧的静特性曲线，均为上升态。具有氧化性的混合气体，随第二气体混入量的增加，特性曲线具有先下降后上升的特点；非氧化性混合气体，随着第二元气体混入量的增加，特性曲线往上移。

6. 混入氩中的第二气体的选择，应以既能改善工艺性能而又不恶化焊缝表面状态为宜。因为，在焊枪有尾罩保护的条件下，用 $Ar+N_2$ (N_2 为 2—4%) 做为保护气体进行焊接，综合的工艺性能最佳，电弧稳定，成型美观，焊缝表面有金属光泽，并允许 N_2 有较大的调节范围 (1—4%)，实际使用方便可靠，价格低廉。接头质量满意，焊缝组织符合要求，没有发现 TiN 化合物异常存在。说明氮未明显地溶入 18—8 钢中。德朗研究成果 [7]、[8] 也证实这点。这是因为 N_2 混入量少于 6%，且 N_2 在高温时解离度很低，所以不足以在金相和性能上对 18—8 钢有明显的影响。所以用 $GMA-P$ 焊接 18—8 不锈钢，在焊枪上加尾罩采用 $Ar+N_2$ 富氩混合气最为适宜，质量最佳，最为经济，推荐采用。

参 考 文 献

1. 熔化极脉冲氩弧焊 北京金属结构厂编
2. “Непержавеющие стали” Ф.Ф.Химуцни
3. “金属腐蚀及其保护的理論” Н.Д.托马晓夫著
4. “熔接ア一夕現象” 安藤弘平，长谷川光雄共著
5. “气体保护焊译文集之五” 哈尔滨焊接研究所
6. “二氧化碳气体保护焊工艺设备” 北工大焊接教研组编讲义
7. Welding Journal Vol,53 No7 1974
8. Weldip Journal Vol,57 No7 1973