

內 部

CO₂ 保护焊新焊絲的研究

清华大学冶金系焊接教研組
北 京 重 型 电 机 厂
211 科 技 图 書 館 翻 印

一 九 六 六 年

CO₂ 保护焊新焊丝的研究*

提 要

研究成功两种新焊丝 QH-9 及 QH-10，它与国内外通用的 CO₂ 保护焊用焊丝相比较，最大的特点是：

<1> 抗气孔性能极为优异，能可靠地防止甚至 X 光透视方法也难以检查出的微气孔。

<2> 可以在大电流密度下进行焊接，极少飞溅现象，焊缝成型良好解决了采用细焊丝焊接厚板的问题，试验证明可以用直径 1.2 毫米的焊丝焊接 15 毫米厚板，这是一般通用焊丝所难以达到的。

此外新焊丝可以保证焊接接头具有良好的机械性能。

新焊丝的研究成功对发展与扩大应用 CO₂ 保护焊具有一定的意义。它不仅可用于低碳钢，也可用于低合金高强度钢的焊接；既可以焊接薄板，又可以焊接厚板。

一. 问题的提出

近年来工业中有某些产品对焊接质量要求很高，特别是对焊缝气孔问题，一般工业产品通常只需要经 X 光透视没有发现气孔，即可认为合格；但某些工业产品，往往要求将焊缝抛光到一定光洁度以后进行检查，就连 X 光透视所难以发现的微气孔也不允许存在。这些产品看来应用 CO₂ 保护焊较为合理。但初步试验证明应用通用的焊丝 (H08MnSiA 或 H08Mn2SiA) 不能获得满意的结果，X 光透视虽未发现气孔，然而不能保证在抛光后没有微气孔存在。

其次，应用通用焊丝的 CO₂ 保护焊，只在采用短路过渡的电流和电压范围内，才能获得飞溅小的稳定过程，因而多半用于薄板的焊接⁽¹⁾。焊接厚板时，必须采用大电流密度，但飞溅

※

本工作曾得到一机部八局的大力支持和协助，特此表示谢意。

就因此增加(4)。超过某一电流密度後，虽可减小飞溅，但焊缝成型要变坏(16)。因此提出了新焊线的研究，以期能适用于在大电流密度下进行焊接，而能稳定电弧，改善焊缝成型，保证焊缝质量(2)。但迄今为止，对此问题的研究尚未看到有什么新的进展。

无论从介决微气孔，或从减少飞溅以扩大焊接电流调节范围两方面来看，新焊线的研究都具有较大的实际意义。

二 拟定新焊线成分的依据

目前，关于焊线合金成分的种类及含量的确定，尚无可资借鑑的理论或实际的资料。甚至对焊线中除锰和硅外尚应含何种元素，还存在着不同的观点(3-6)。H. M. НОВОЖИЛОВ 不赞成在焊线中加入钛或铝，认为加锆更不合理(6)。关口春次郎则认为加入钛是有益的(3)。文献(4、5)中列出的实验结果表明，从防止气孔角度看，加入钛或铝均有一定的效果。文献(15)提到焊线中某些元素的含量存在一最佳值，大于或小于此值均将促使产生气孔。

目前，国内外最通用的焊线(6~9, 3)-(其中最典型的为CB08P2C(6)和DS-1(3))主要考虑了脱氧的要求，因为现有的研究资料(4、5、10-12)均认为在二氧化碳保护焊时，一氧化碳是产生气孔的重要原因，因此必须加强脱氧。文献(6、17)曾提到，在充分脱氧的条件下，氮对焊缝气孔形成有很大影响。

我们根据对实际生产情况的调查及初步探索由试验发现，焊缝微气孔最易出现在焊缝头部，并且当电弧电压增高时(即电弧拉长)，微气孔出现的几率也就愈大。

查明气孔产生的原因，是拟定新焊线成分的重要依据之一。为此我们进行了一系列试验。在正常工艺条件下，进行二氧化碳气体保护自动焊堆焊试验。母材为厚6毫米的低碳钢板(0.19% C, 0.54% Mn, 0.25% Si)，採用硅整流电源，焊线为直径1.2毫米的H08Mn2SiA(成分见表2)。焊接规范如表

1 所示。

实验提出：

堆焊规范 (焊丝直径 1.2 毫米) 表 1

焊接电流 (安)	电弧电压 (伏)	焊接速度 (米/时)	二氧化碳流量 (升/分)	喷嘴与工件 距离(毫米)
140-160	18-20	18	20	7

1. 在二氧化碳气体中配入空气及氮气 (配气管路见图 1), 焊缝经 X 光透视及抛光检查, 所得气孔的结果完全相似。例如配入 8% 空气或配 6% 氮气时, 均在焊缝头部发现少量微气孔 (图 2 及图 3); 配 15% 空气则与配 13% 氮气相似, 焊缝已全部呈现肉眼可见的蜂窝状气孔。可见氮在形成气孔上是十分敏感的因素, 而空气的影响与氮的影响是一致的。因为实验结果基本符合空气中含氮 79% 的比例关系。

2. 在二氧化碳中 (流量为 20 升/分) 配入达 60% 的氧气, 在焊缝中仍未发现气孔。这说明氧的影响是次要的, 因为焊丝已具有一定的脱氧能力。

3. 二氧化碳气瓶预先不经放水处理, 并拆除气路上的气体干燥器同时更将二氧化碳气体额定流量的 60% (12 升/分) 通过水 (使之含水), 甚至在钢板上撒水的情况下, 堆焊后经抛光和 X 光透视检查, 也未发现任何气孔。

此外, 将钢板浸入机油池后取出立即施焊, 经同样检查也未发现气孔。这都说明氢对气孔形成作用不大。

总结以上可知, 在用具有脱氧性能的焊丝焊接的条件下, 氮对形成焊缝气孔有明显的影响。在实验室条件下, 当一切因素控制正常时, 堆焊焊缝不易产生气孔; 可是仅混入 6% 左右的氮就会产生微气孔。实际生产中不能保证一切条件都是正常的, 当焊接过程的某些偶然波动, 以致破坏了气体的保护作用而使电弧气氛中混进了一定量的空气时, 微气孔就随之产生。

由此, 要求焊丝不仅具有良好的脱氧性能, 也必须具有固定氮的能力。从这一考虑出发, 根据热力学的分析 (13), 钛和铝具有强烈的固定氮的作用; 并且从经济性方面看, 钛与铝也

是可以被采用的。

分析了现有的通用焊条可以发现一个特点，即它们的含碳量均远远大于 0.05%，平均为 0.08%。此外，从脱氧角度看还不能认为已经足够充分。根据目前对焊接过程中产生飞溅的认识(14)，这可能就是引起飞溅的原因之一。因此我们认为，在加强脱氧的同时，降低含碳量对减少飞溅也应当有好处。

我们曾经研究了一系列焊条，经初步试验决定着重试验表 2 所列的几种焊条。

除 H08Mn2SiA 为现货外，所有焊条均利用纯原料（硅用硅铁），用电渣炉冶炼；并经电渣重熔精炼，最后轧拔成直径 1.2 毫米的焊条*。

三. 试验结果

经上百次的对接焊试验，已经发现表 2 所列焊条以 No9 及 No10 为最好，这两种焊条的抗气孔能力强，焊接时飞溅小，焊缝成型良好。用其余焊条时均发现个别气孔。且飞溅较大。

为了进一步定量评定焊条的抗气孔性能，我们进行了配气试验仍用焊条成分

表 2

化学成分 编 号 (%)	C	Mn	Si	Al	Ti	Ce	S	P
No 8	0.024	1.86	0.79	0.12	0.20	—	0.005	0.013
No 9	0.030	1.86	1.11	—	0.28	—	0.003	0.010
No 10	0.020	1.40	0.59	0.28	0.62	—	0.003	0.008
No 11	0.024	2.11	0.62	—	—	0.037	0.003	0.010
H08Mn 2SiA	0.050	2.00	0.62	—	—	—	0.018	0.029

试验，即在二氧化碳气体中配入各种比例的足以引起气孔的气体（主要是空气、氧、氮）对比采用不同焊条时产生气孔的临界气体量。而此同时也进行过配水试验。

* H08Mn2SiA 由一机部机械科学院供给。其余焊条均由天津电焊条厂冶炼，天津市冶金实研厂锻打成坯，天津市冶金材料研究所轧拔成条。

配气气路如图 1 所示。所用的氧与氮为购自北京氧气厂的纯氧与纯氮，空气则由 6 个大气压的压缩空气机供给。

试验所用母材为厚 6 毫米的低碳钢板，采用二氧化碳自动堆焊，焊接规范见表 1。焊后经 X 光透视及抛光检查（焊缝表面抛光到 $\nabla \nabla \nabla 8$ 左右然后用 15% 硝酸水溶液浸蚀，经冲洗干燥后，用 10 倍工具显微镜观察）。必要时

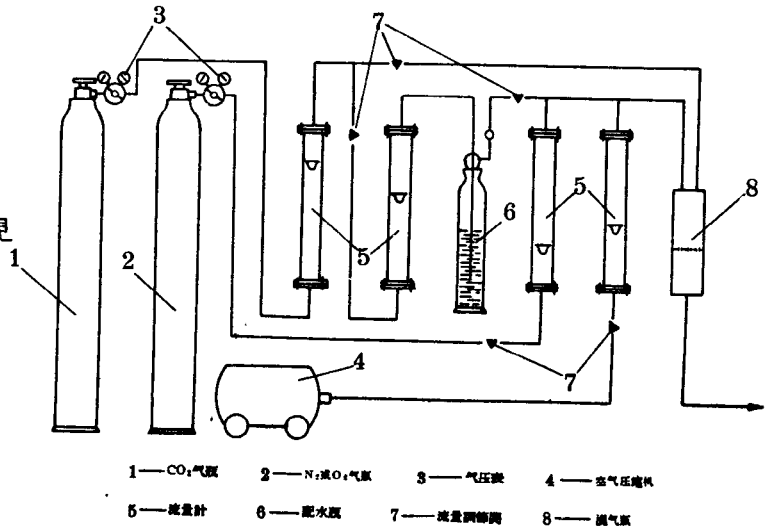


图 1 配气气路示意图

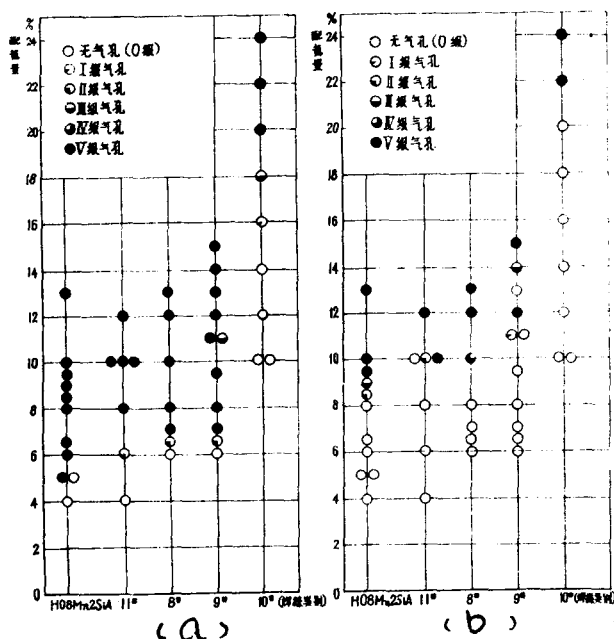
也检查焊缝纵断面及横断面。试验发现，氧与水的影响对各种焊丝来说，无明显差别，当配加数量很大时也未发现气孔。

配空气与氮气的影晌则十分明显，焊缝头部最易出现微气孔。

图 2 及图 3 为配氮及配空气的试验结果。X 光透视照片如图 4 所示。

可以明显看出，N₀10 焊丝与通用焊丝比较，在抗气孔性能上，具有明显的优越性。例如当配进 16% 空气时，用 H08 Mn 2 Si A 焊接的焊缝已全部呈现肉眼可见的蜂窝状气孔（见图 4(a) 及图 5(a)），而用 N₀10 焊丝焊接时，一般均未发现气孔（见图 4(b) 及图 5(b)），我们仅在多次试验中的一个试件的焊缝头部发现一个气孔。用 N₀10 焊丝焊接，当配入空气量达 20% 时，也仅能在焊缝头部发现 内气孔（图 4(c)）。而用焊丝 H08 Mn 2 Si A 时，仅配入 7% 空气。即在焊缝头部发现 内气孔。N₀9 焊丝在抗气孔性能上比 N₀10 焊丝差。

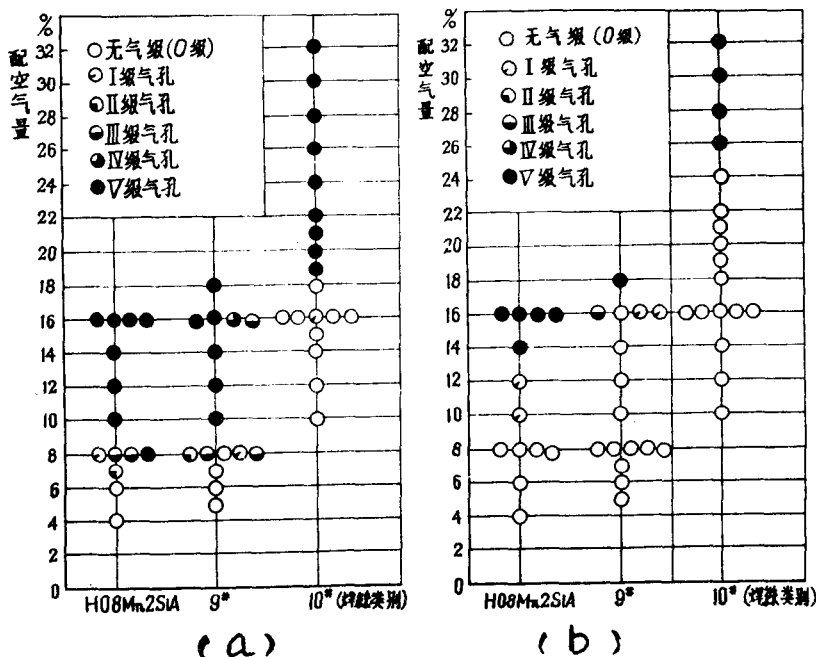
试验未发现稀土元素对抗气孔性能的作用，对此尚须进一步探讨。



(图 2) 氮对气孔的影响

(a) 焊缝头部

(b) 焊缝本体



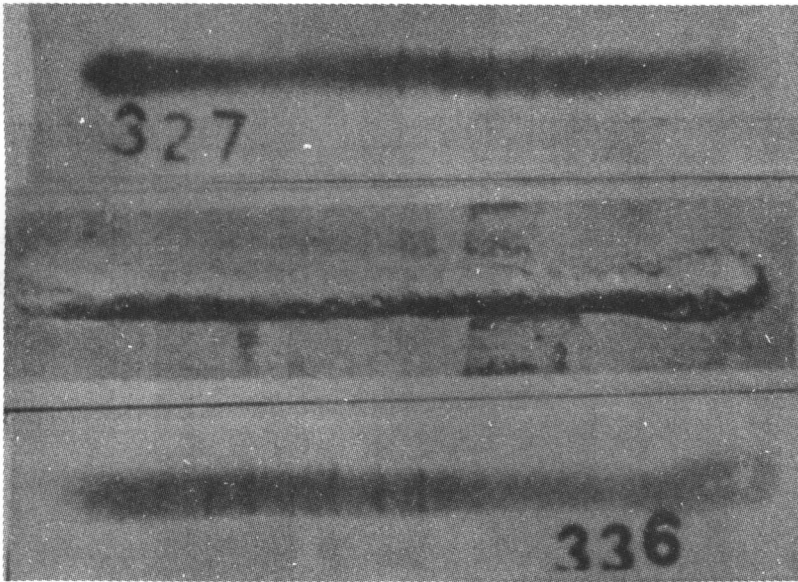
(图 3)

空气对气孔的影响

(a) 焊缝头部

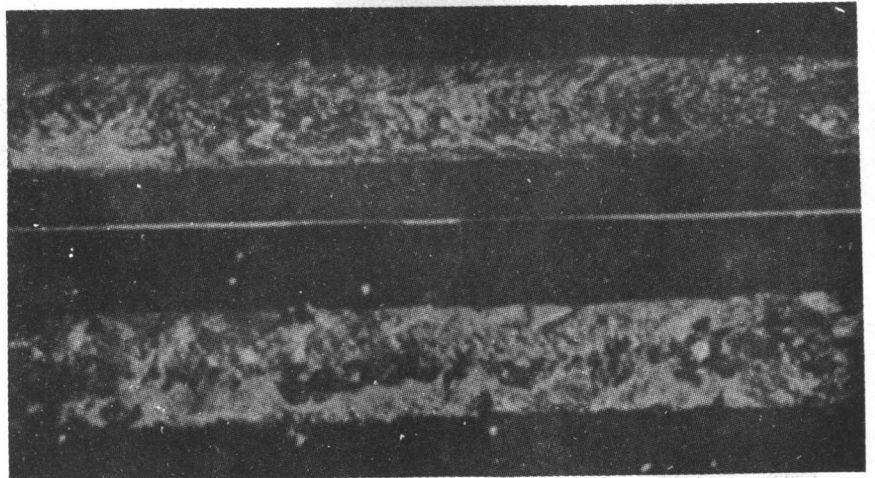
(b) 焊缝本体

为了确定各种焊丝在大电流密度下焊接时的飞溅现象，我们以表 3 所列的强规范进行了自动焊试验，焊丝直径为 1.2 毫米。实验结果表明 N₉ 与 N₁₀ 焊丝均显示了明显的优异性能，与在用小电流密度焊接时（参见表 1）几乎完全相同：飞溅很少，焊缝成型好。而其余几种焊丝，特别是 H08Mn2SiA



〈图4〉在
=氧化碳中配空
气焊接时焊缝
X光透視照片
a. HO_8Mn_2SiA
焊絲·配16%
空气
b. NO_{10} 焊絲·
配16%空气
c. NO_{10} 焊絲·
配20%空气

〈图5〉
焊缝的外形
(CO_2 配16%
空气时)
a. HO_8Mn_2SiA
焊絲
b. NO_{10} 焊絲

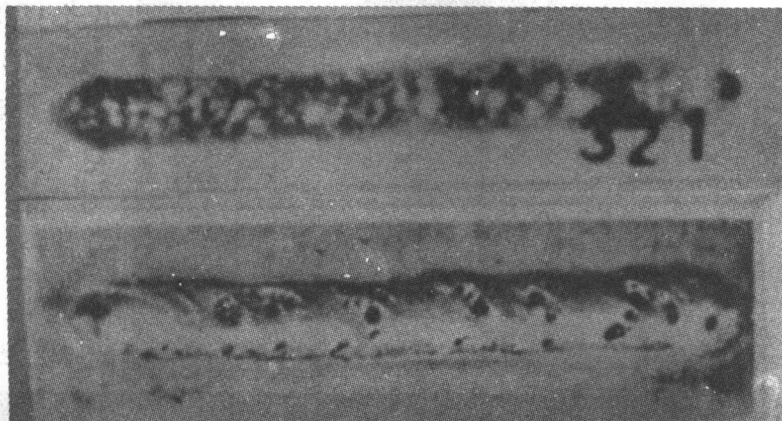


15毫米厚板自动焊用强规范(焊絲直径1.2毫米) 表3

焊接电流 (安)	电弧电压 (伏)	送絲速度 (米/时)	焊接速度 (米/时)	CO_2 气体流量 (升/分)
290-330	30-35	806	16	25

与 NO_{11} ，飞溅多且颗粒粗大，焊咀常被堵塞，而不能正常进行焊接(图6)。

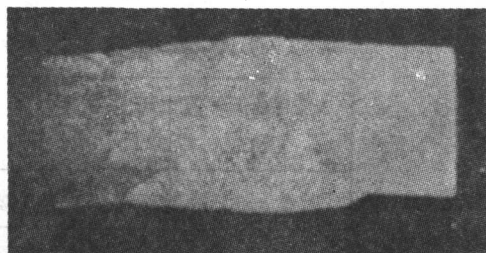
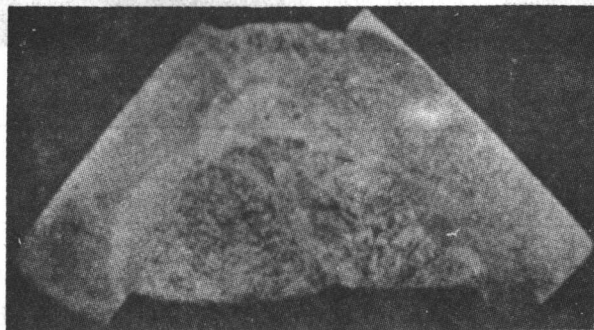
曾多次在各种规范条件下(表1及表3)，不清渣而連續进行多层焊，无论半自动焊或自动焊均未发现任何夹渣缺陷，



a. 用 No. 10 焊丝 b. 用 H08Mn2SiA 焊丝

图 6 用强规范焊接时的焊缝外形 (15 毫米厚板对接焊缝)

熔合情况良好 (见图 7)。因此 No. 9 与 No. 10 焊丝合金系统的成渣性能是好的。多层焊最后要盖于焊缝表面的渣层显著增厚，并且极易脱落，由此说明在液态时渣渣与金属有良好的分离性能。



a. 二层对接 (板厚 15 毫米) b. 七层角接 (板厚 11 毫米)

图 7 强规范多层焊焊缝断面 (粗视照片)

由图 7 可见，熔透深度是理想的。

总之，所研究之新焊丝在焊接工艺性能上是满意的。

用新焊絲 No 9 及 No 10 进行了焊缝和焊接接头的机械性能试验 (表 4. 5, 图 8), 结果也很理想。

所研究之新焊絲, 我们定名为 QH-9 及 QH-10。

根据各项性能看, 上列二种焊絲, 不仅适用焊接低碳钢, 而且也可能用于低合金高强度钢的焊接上, 对此尚有待于进一步通过可焊性试验来确定。

焊缝化学成分及拉伸性能

表 4

(自动焊, 规范见表 3)

编号	C%	Mn%	Si%	Al%	Ti%	S%	P%	强度极限 (公斤/毫米 ²)	延伸率 (%)
No 9	0.065	1.06	0.67	—	痕迹	0.012	0.012	$\frac{52.3 \sim 54.4}{53.2}$	$\frac{30.7 \sim 34.1}{31.9}$
No 10	0.066	0.88	0.39	<0.1	0.25	0.015	0.011	$\frac{66.5 \sim 68.6}{67.7}$	$\frac{19.0 \sim 20.7}{19.6}$

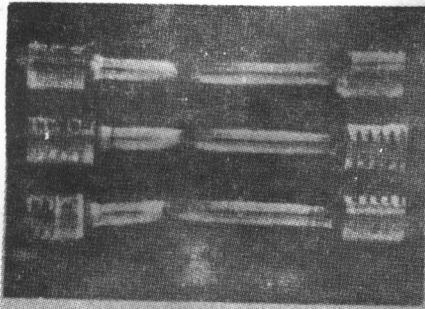
焊接接头机械性能

表 5

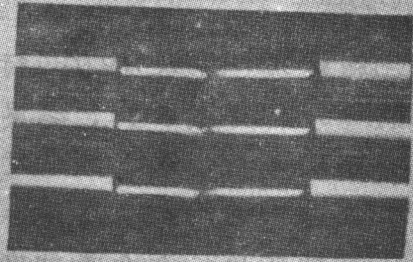
编号	* 强度极限 (公斤/毫米 ²)	延伸率 (%)	冷弯角 (度)	冲击值(13°C) (公斤·米/厘米 ²)
No 9	$\frac{46.3 \sim 46.7}{46.5}$	$\frac{23.5 \sim 24.6}{23.9}$	$\frac{180 \sim 180}{180}$	$\frac{16.8 \sim 24.5}{20.7}$
No 10	$\frac{46.1 \sim 48.3}{46.9}$	$\frac{18.7 \sim 22.1}{20.3}$	$\frac{180 \sim 180}{180}$	$\frac{8.3 \sim 12.8}{11.2}$

母材为 6 毫米低碳钢板, (0.19% C, 0.54% Mn, 0.25% Si)
半自动焊, 焊接规范与表 1 所列同。

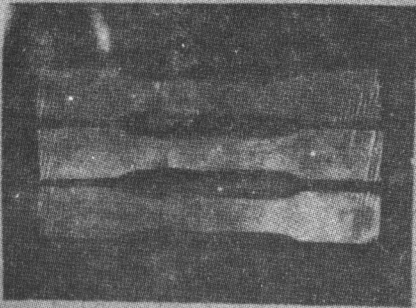
* No 9 与 No 10 拉伸试验结果, 全部在母材上破坏。



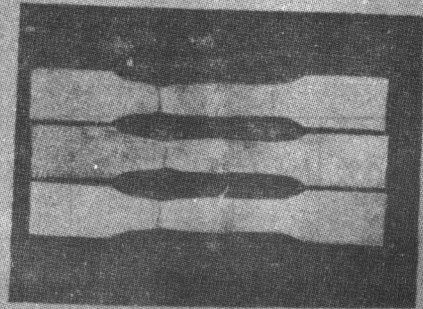
a. N°10 焊丝 焊缝拉伸试件



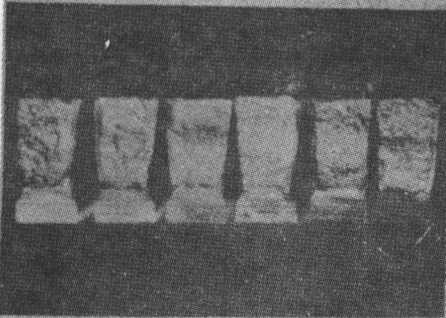
e. N°9 焊丝 焊缝拉伸试件



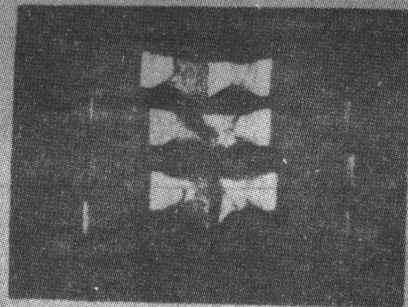
b. N°10 焊丝 焊接接头拉伸试件



f. N°9 焊丝 焊接接头拉伸试件



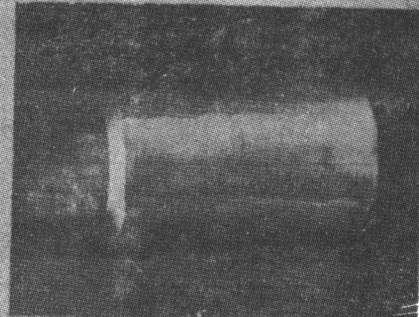
c. N°10 焊丝 焊接接头冲击试件



g. N°9 焊丝 焊接接头冲击试件



d. N°10 焊丝 焊接接头冷弯试件



h. N°9 焊丝 焊接接头冷弯试件

图8. 一组机械性能试件

结 论

1. 二氧化碳气体保护焊时，在较充分的脱氧条件下，氮是焊缝金属产生气孔（特别微气孔）的重要原因。

2. 与通用焊丝比较，新焊丝QH-10具有很大优点。它不仅抗气孔性能强，而且可在较宽广的焊接规范范围内进行焊接，尤其在强规范下焊接，仍具有飞溅小，成型好的优点解决了采用细焊丝焊接厚板的问题。小批生产试验结果，也证明质量是优异的，未发现任何缺陷。

3. 新焊丝QH-10的焊接接头机械性能是满意的。焊缝金属的强度极限可达67公斤/毫米²，接头冲击值（在13℃时）为11.2公斤-米/厘米²。

4. QH-9焊丝抗气孔性能略差于QH-10，但其焊接接头机械性能较QH-10优异，屈服强度大于40公斤/毫米²，冲击值（13℃）达20.7公斤-米/厘米²。在大电流密度下焊接厚板时，飞溅小，成型好，同样未发现任何缺陷。

5. 新焊丝QH-9、QH-10其化学成分应控制在下列范围：

牌号	C %	Mn %	Si %	Al %	Ti %	S %	P %
QH-10	≤0.04	1.4~1.8	0.4~0.8	0.20~0.40	0.35~0.65	≤0.025	≤0.025
QH-9	≤0.04	1.8~2.2	0.7~1.1	—	0.20~0.40	≤0.025	≤0.025

6. 无论在抗气孔性能上，或在稳弧性及对飞溅影响上，还未发现稀土元素的良好作用。对此尚须作进一步探讨。