

D406A 钢 A - TIG的焊接性试验

胡春炜^{1,2} 董俊明¹ 张立武² 贺永海²

(1 西安交通大学材料科学与工程学院,西安 710049)

(2 西安航天动力机械厂,西安 710025)

文 摘 针对 6.5 mm 厚 D406A 超高强度钢采用活化剂进行 A - TIG 焊接试验研究,对焊缝外观成型、焊缝熔深、接头显微组织以及接头力学性能进行综合分析,研究了活化剂涂敷量和焊接工艺参数(焊接电流、焊接电压、焊接速度)对 A - TIG 焊缝熔深和熔宽的影响。结果表明,在相同焊接参数下,使用活化剂可使焊缝熔深比常规 TIG 焊增加一倍以上,焊缝成型良好。活化剂的涂敷存在最佳的涂敷量,焊接电流、焊接电压和焊接速度等焊接参数的变化,对焊缝熔深和深宽比的变化产生不同影响。

关键词 A - TIG 焊,焊接性,超高强度钢

Weldability of D406A Steel for A - TIG Welding

Hu Chunwei^{1,2} Dong Junming¹ Zhang Liwu² He Yonghai²

(1 School of Materials Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

(2 Xi'an Aerospace Power Machine Factory, Xi'an 710025)

Abstract The welding technology test is conducted by using flux of A - TIG welding for D406A ultra-high strength steel with thickness of 6.5 mm. The overall analysis on the A - TIG welded joints property is conducted in the aspects of joint appearance, penetration, microstructure of weld and mechanical properties. The effect of coating quantity and welding parameters (i.e. welding current, welding voltage and welding speed) on the weld penetration depth and width in A - TIG welding is studied. The results show that under the same welding conditions, the penetration is increased by 1 time compared with the conventional TIG welding and the appearance of weld is fine. Welding parameters, including welding current, welding voltage and welding speed, have different effects on the weld penetration and depth to width ratio.

Key words A - TIG welding, Weldability, Ultra-High strength steel

0 前言

超高强度钢具有优良的综合性能,成为航空、航天等高科技领域如飞机起落架、火箭、导弹壳体等主承力构件首选材料^[1]。目前对于超高强度钢的焊接广泛采用 TIG 焊,但是存在单道焊缝熔深较浅及焊接效率低等问题。近年来活性化钨极氩弧焊(A - TIG)在世界范围内引起了重视^[2],与 TIG 焊相比,可提高生产率,降低生产成本,减小焊接变形,具有广泛的应用前景^[3]。本文对 D406A 钢进行 A - TIG 焊研究。

1 试验

1.1 材料

D406A 钢板为双真空冶炼,试板尺寸为 500 mm × 100 mm × 6.5 mm,其化学成分见表 1。

表 1 D406A 钢的化学成分

Tab 1 Chemical composition of D406A steel

%(质量分数)

C	Si	Mn	Cr	
0.27 ~ 0.32	1.40 ~ 1.70	0.70 ~ 1.00	1.00 ~ 1.30	
Ni	Mo	V	S	P
0.25	0.40 ~ 0.55	0.08 ~ 0.15	0.010	0.010

1.2 方法

选用 A、B 两种氧化物作为活化剂的基本成分。用 JJ2000 电子天平(精度为 0.01 g)按质量分数称取各组元,将称得的各组元置于研钵中经充分研磨均匀。

收稿日期:2007 - 04 - 02;修回日期:2007 - 05 - 24

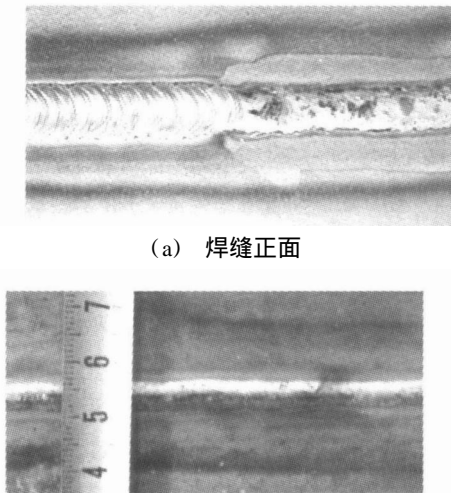
作者简介:胡春炜,1969 年出生,高级工程师,主要从事超高强度钢焊接的研究

后,放于容器中与适量的丙酮混合成糊状物备用。试板采用直边坡口,将两块试板不留间隙对接进行定位焊,焊前将焊道两侧用钢丝轮和酒精仔细清理后,用扁平毛刷将活化剂涂刷于待焊表面。采用活化剂配合自动 TIG焊进行试板堆焊及对焊,弧长自动跟踪系统保证焊接时弧长和焊接电压不变,以保证焊接过程的稳定。焊接完成后,沿垂直焊缝方向切取试样,经研磨、抛光和腐蚀后,在 JXD - 2 读数显微镜下测量焊缝的熔深和熔宽。

2 试验结果

2.1 焊缝外观形貌

图 1(a)为焊缝正面的宏观形貌。图 1(a)中左边为无活化剂区域,右边为涂活化剂区域。由图可见,焊缝在涂有活化剂的区域明显变窄,表面成型良好,有少量黑色的点状熔渣。图 1(b)为涂活化剂区域焊后焊缝背面的宏观形貌,背面焊缝成型良好,余高在 2 mm 以下;图 1(a)中无活化剂区域焊缝没有焊透。



(a) 焊缝正面

(b) A - TIG 焊缝背面

图 1 焊缝外观形貌

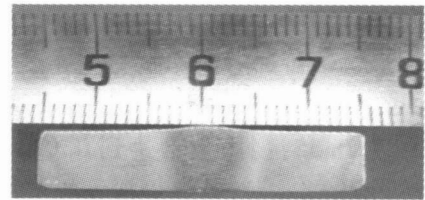
Fig 1 Appearance of weld

2.2 焊接熔深和熔宽

在相同焊接规范下,无活化剂的焊缝熔深小,熔宽大,呈浅 U 型,如图 2(a)所示;涂敷活化剂后焊缝全部焊透,背面焊透量较大,焊缝正面有所塌陷,故对焊缝加丝盖面,焊缝横截面形状如图 2(b)所示。



(a) TIG



(b) A - TIG

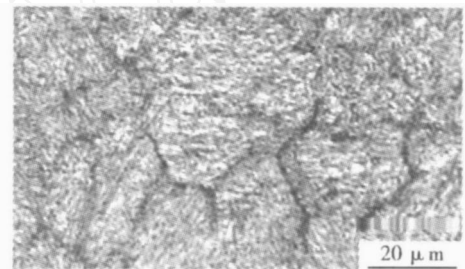
图 2 焊接接头熔深

Fig 2 Penetration of weld

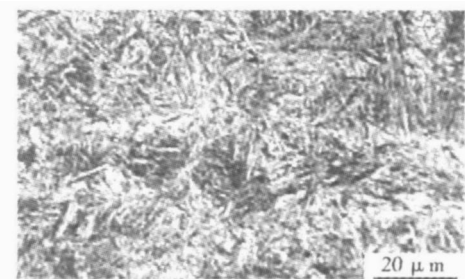
在读数显微镜下测量 TIG 焊缝的熔深约为 3.03 mm, A - TIG 焊缝熔深为 6.63 mm (熔深为板厚实际尺寸),熔深增加了一倍以上。

2.3 接头金相组织

利用 A - TIG 焊得到的焊缝金相组织为典型的板条马氏体,焊缝晶粒大小不均匀,晶粒尺寸明显比退火态母材大,焊缝晶界清晰可见,如图 3(a)所示。经过 930 淬火加 300 低温回火处理后焊缝组织为回火板条马氏体组织,晶界和调质前焊缝相比,模糊不清,说明调质后焊缝的成分不均匀性大大消除了,如图 3(b)所示。



(a) 调质前



(b) 调质后

图 3 焊接接头金相组织

Fig 3 Microstructure of weld

2.4 力学性能

涂敷活化剂后测得焊接接头的力学性能如表 2 所示。可以看出,使用活化剂后接头的拉伸强度有所提高,弯曲角略有下降,满足设计要求。

表 2 焊接接头的力学性能

Tab 2 Mechanical properties of weld		
焊接方法	拉伸强度 /MPa	弯曲角 / (°)
A - TIG	1680	48
TIG	1600	52

3 影响焊缝成型的因素分析

3.1 活化剂涂敷量的影响

活化剂涂敷量对焊缝的影响见图 4。当活化剂涂层较薄时,不能遮盖金属本色,焊缝熔深最小,焊缝的深宽比仅为 0.35;当涂敷量达到 0.020 mg/mm² 时,涂层能遮盖金属本色,焊缝熔深大幅增加而熔宽减小,焊缝深宽比达到 0.96;继续增加活化剂的涂敷量,焊缝熔深和熔宽变化不明显。

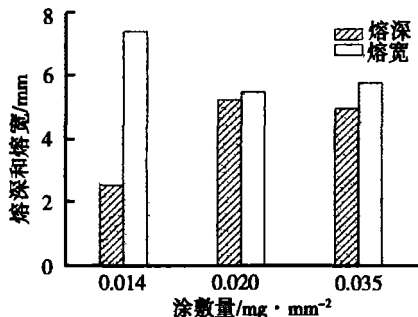


图 4 活化剂涂敷量对焊缝成型的影响

Fig 4 Effect of coating quantity on weld formation

3.2 焊接电流的影响

图 5 为焊接电流和焊缝成型之间的关系,可以看出焊缝熔深随焊接电流的增大而增大。焊接电流在 160 ~ 190 A 时,焊缝熔深随焊接电流呈线性增加,焊缝熔宽增加不明显,焊缝深宽比随之增加;当焊接电流达到 200 A 时,焊缝一次焊透,熔深为板材的实际厚度 6.63 mm,而熔宽仅有 6.20 mm,焊缝深宽比达到 1.07。

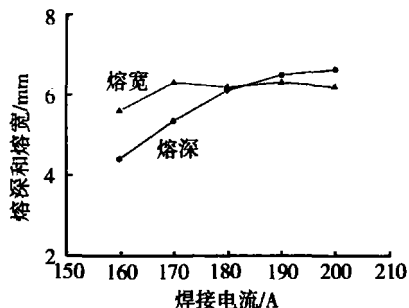


图 5 焊接电流对焊缝成型的影响

Fig 5 Effect of welding current on weld formation

3.3 焊接电压的影响

如图 6 所示,随着焊接电压的升高,焊缝熔深随之下降熔宽增加。焊接电压在 9.0 ~ 10.0 V 变化时,熔深和熔宽的变化量仅有 0.19 和 0.67 mm,焊缝深宽比从 0.99 下降到 0.87;当焊接电压在 10.0 ~ 12.0 V 变化,熔深和熔宽的变化量分别达到了 2.27 和 2.0 mm,深宽比从 0.87 骤降至 0.41。由于活化剂涂敷量的不均匀性和焊接电源输出波动的影响,焊接过程中电压总会发生一定程度(大约 0.1 ~ 0.25 V)的波动,影响焊接质量,因此选取在 9.0 ~ 10.0 V 时可以有效避免焊接电压波动对焊缝质量的影响。

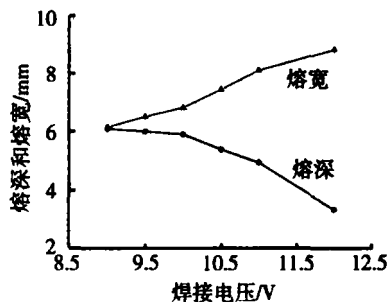


图 6 焊接电压对焊缝成型的影响

Fig 6 Effect of welding voltage on weld formation

3.4 焊接速度的影响

焊接速度对焊缝熔深的影响较大,对熔宽影响不明显,如图 7 所示。当焊接速度为 85 mm/min 时,焊缝完全被焊透,熔深为板材的实际厚度 6.63 mm,焊缝深宽比为 1.05。随着焊接速度的提高,焊缝熔深下降较大,在焊接速度为 130 mm/min 时,熔深仅有 4.71 mm,焊缝深宽比为 0.76。

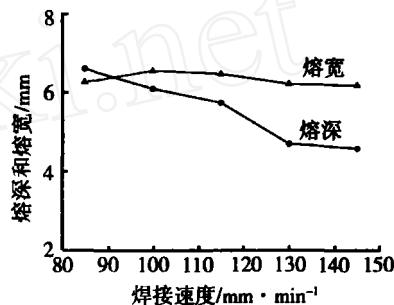


图 7 焊接速度对焊缝成型的影响

Fig 7 Effect of welding speed on weld formation

4 结论

(1) 利用所配置的活化剂可显著增加 D406A 钢焊接熔深,可使焊缝熔深比常规 TIG 焊增加 1 倍以上。对于 6.5 mm 以下的 D406A 钢对接无须开坡口,可以一次焊透。

(2) D406A 钢 A - TIG 焊接时存在一个最佳涂敷量,为 0.020 mg/mm²。

(3) A - TIG 焊接中,焊接电压对焊缝深宽比的影响较大。当焊接电压在 9.0 ~ 10.0 V 变化时,焊缝深宽比变化不明显,可以有效避免焊接电压波动对焊缝质量的影响。

参考文献

- 赵振业,李志,刘天琦等. 探索新强韧化机制开拓超高强度钢新领域. 中国工程科学, 2003; 15(9): 39 ~ 54
- 张京海,鲁晓声,余巍. 304 不锈钢氩弧焊焊剂的研制. 材料开发与应用, 2000; 15(6): 1 ~ 4
- 杨春利,牛尾诚夫,田中学. TIG 电弧活性化焊接现象和机理研究. 焊接, 2005; (5): 15 ~ 18

(编辑 吴坚)