

16Mn钢焊接裂纹的产生及预防

白彩兰

摘要 分析了液压支架结构件中 16Mn 钢在焊接时产生裂纹的原因，并提出了有效的预防措施。

关键词 焊接工艺；16Mn 钢；裂纹；结构件；液压支架

中图分类号 TG457.11

文献标识码 A

文章编号 1000-4866 (2005) 02-0017-02

1 产生焊接裂纹的原因

液压支架结构件底座、顶梁、前梁、掩护梁等由厚度为 12 mm~40 mm 的钢板焊接而成，钢板材料多用 16Mn 钢。16Mn 钢属低合金高强度钢，其化学成分和机械性能见表 1。

表 1 16Mn 钢的化学成分和机械性能

化学成分 /%				机械性能		
C	Mn	Si	P	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%
0.12~0.20	1.20~1.60	0.20~0.60	≤0.045	313.6	470.4	19

根据国际焊接学会推荐的低合金结构钢的碳当量 C_E 的计算公式：

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5} \%$$

16Mn 钢的 $C_E = C + \frac{Mn}{6} = 0.16 + \frac{1.40}{6} = 0.39 \%$

式中各元素含量取平均值。当 $C_E < 0.4 \%$ 时，钢材的塑性良好，通常情况下可焊性较好。但当板厚、焊接应力较大，环境温度较低时，焊接 16Mn 钢易产生裂纹，且通常产生于首道焊缝中心，属结晶裂纹。裂纹的产生有以下几方面的原因：

1.1 焊接应力

焊接过程中焊接接头区域受不均匀加热和冷却的作用，其膨胀和收缩受四周冷金属的约束不能自由进行，因此产生焊接应力和焊接变形；钢板厚度越大，刚性越大，焊后产生的应力就越大，当焊接应力足够大时，导致产生焊接裂纹，甚至造成脆断。

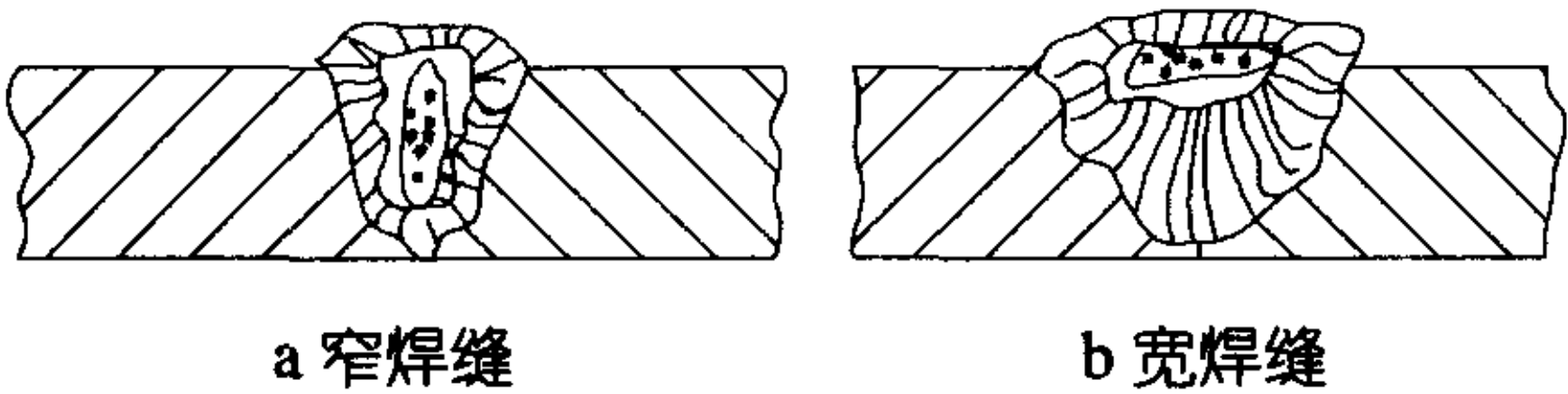


图1 焊缝断面形状对偏析的影响

1.2 焊缝坡口不合理，焊缝形状系数小

窄焊缝时，柱状晶的交界在中心，有较多的杂质聚集在中心线附近，形成中心线偏析（见图 1a），容易产生热裂纹；宽焊缝时，杂质聚集在焊缝的上部（见图 1b），可避免出现中心线裂纹。

1.3 焊接环境温度低

厚大焊件焊缝变形与时间的关系如下：

$$\frac{\partial e(t)}{\partial t} \approx a \frac{2\pi\lambda(T - T_0)^2}{q/V}$$

(1)

式中： a ——自由线胀系数；
 λ ——导热系数；
 T_0 ——预热温度；
 q/V ——线能量；
 T ——层间温度；
 V ——焊接速度；
 q ——区间焊接功率。

由式（1）可知，预热温度 T_0 低，焊缝金属变形率 $\partial e(t)/\partial t$ 大，产生结晶裂纹的倾向大。

1.4 焊接电流大，焊接速度快

线能量 E 与焊接电流 I 、电弧电压 U 、焊接速度 V 有如下关系：

$$E = \eta \frac{IU}{V}$$

(2)

式中： η ——有效系数。

从式（2）可看出，增加电流能增加线能量，可降低产生结晶裂纹的可能（见式（1）），但增加电流会增加熔深，使焊缝成形不利，而且还会使焊缝区晶粒长大，因此焊接电流不能大；焊接速度 V 大，线能量 E 减少，焊接变形就增大，产生结晶裂纹的倾向也大。

1.5 焊接工艺不当

焊接材料、焊前准备、焊接顺序均会影响焊缝质

量，不严格控制会造成焊接裂纹。

2 防止产生焊接裂纹的措施

2.1 选择合适的焊接材料

母材的含碳量较高，且含少量的磷。磷对焊缝产生结晶裂纹的危害性较大，应严格控制焊缝中磷的含量，并减少焊缝金属中氢的含量，因此应选择抗裂性好的低氢焊条（E5016）和碱性焊剂（431），焊丝选择 H08MnA，H10MnSi，H10Mn₂Si 等。

2.2 坡口的加工

坡口采用气割加工。对焊缝有要求的受力焊缝应选择 X 型坡口双面焊，不能采用双面焊的可采用单面焊双面成形技术，提高焊缝形状系数；坡口角度应大些，以降低结晶裂纹的产生倾向。

2.3 从工艺方面减少焊接应力

（1）选择合理的焊接顺序。焊接顺序应尽量使焊缝的纵向收缩和横向收缩比较自由，不受较大拘束。拼板时，先焊错开的短焊缝，后焊直通的长焊缝。

（2）锤击焊缝。每一道焊缝焊后应迅速锤击焊缝金属，使之延伸，降低残余应力。

2.4 认真做好焊前准备工作

（1）焊条和焊剂在使用前要严格烘干，以去除药皮和焊剂中的水分。此外，应清除焊丝和坡口及两侧母材的锈、油和水，减少氢的来源。

（2）焊前预热，焊后缓冷。板厚大或低温下焊接

时，应采取焊前预热。对不同温度的 16Mn 钢焊件，可按表 2 规范进行预热，以减少焊件各部分的温差，降低焊后冷却速度，减少残余应力造成的焊接裂纹。

表 2 不同环境温度下焊接 16Mn 钢焊件的预热温度

工件厚度 /mm	<16	16~24	25~40	>40
环境温度	低于 -10℃	低于 -5℃	低于 0℃	均预热
预热温度 /℃	100~150	100~150	100~150	100~150

2.5 选择合适的焊接工艺参数

（1）在保证焊透的前提下，应选择较小的电流值， $I = 500\text{ A} \sim 650\text{ A}$ 。

（2）电弧电压影响焊道的熔宽。为增大焊缝形状系数，改善熔池金属的结晶方向，电压值宜偏大， $U = 34\text{ V} \sim 37\text{ V}$ 。

（3）焊接速度影响熔池的高温停留时间和冷却速度。为了充分排除熔池杂质并降低冷却速度，采用慢速焊接， $V = 380\text{ mm/min}$ 。

除以上几方面，为了使焊接过程顺利进行，还应注意防止弧坑，否则易产生弧坑裂纹，故手工点固应将弧坑填满。

作者简介

白彩兰，女，1963 年出生，1989 年山西省广播电视大学（机械制造专业）毕业，现在大同煤矿集团力泰有限责任公司工作，助理工程师。邮编：037036。电话：(0352)7038007。

收稿日期：2005-04-04

修回日期：2005-04-21

Creating and Prevention of Crack for 16Mn Steel

Bai Cailan

Abstract: The paper analyses reasons of creating cracks in welding steel 16Mn used for hydrlic supports and puts forward some valid solutions.

Key words: welding technology; 16Mn steel; crack; construction member; hydraulic support

(上接第 2 页)

Technology of Reverse Drilling Machine Construcion in Bulker

Ma Sheng

Abstract: The paper introduces bunker construction by reverse drilling machines based on application of LM-120 reverse drilling machines in the bulker-drilling in Nanshan main shaft of Jinghuagong Mine, explains that the reverse drilling machine is rational, efficient, stable and safe in the construction and with great value of wide use.

Key words: shaft and roadway engineering; bunker in coal-extracting area; reverse drilling machine; construction