

文章编号:1006-7329(2000)01-0053-05

耐磨堆焊层中化学成分对热裂纹倾向的影响

①
53-57

鲜玉强, 周英俊, 罗伟

(重庆建筑大学 机电工程学院, 重庆 400045)

TG455

TG441.7

摘要: 介绍了耐磨堆焊熔敷层热裂纹的形成机理,并以15#钢为母材,研究了高C合金多层堆焊中化学成分对热裂纹倾向的影响。

关键词: 耐磨堆焊层;化学成分;热裂纹倾向

中图分类号: TG455

文献标识码: A

目前,为了提高零件的耐磨性,通常在以低碳钢或低合金钢制造的机械设备的零部件工作表面堆焊高合金耐磨层已获得越来越广泛的应用。但由于基体和堆焊层之间的成分差异较大,因而很多耐磨合金堆焊层对热裂纹的倾向很大,常常是难以避免裂纹的产生。因此,要获得无裂纹的堆焊层有很大的困难。据有关资料表明:堆焊层的热裂纹倾向与焊接熔池的一次结晶、母材和熔敷层的化学成分、熔渣的性能和成分及在焊缝结晶过程中产生应力和应变有关。这些因素的影响曾在低碳钢、低合金钢及不锈钢上进行过研究,对于含有大量碳化物形成元素的高碳全合金的热裂纹倾向的文献却很少见。本文主要在于通过试验,研究了化学成分对耐磨堆焊层热裂纹倾向的影响。

1 形成热裂纹(结晶裂纹)的本质和机理

在铸造生产中对热裂纹的形成过程已进行了长期的研究,表明热裂纹是在接近于固相线温度时形成,而且具有晶间特性。对于合金的结晶过程来说,一般认为在固-液状态下收缩的困难是产生热裂纹的原因;高于固相线温度的合金具有很小的塑性和强度,所以即使不大的收缩力也能导致开裂。完全凝固后的合金的塑性急剧增加,虽然冷却时应力还在增加,但低于固相线时裂纹不会发生,收缩被已凝固合金的高塑性所抵消。合金形成热裂纹的倾向与结晶数量不多时(在结晶不均匀条件下),它不能在树枝状结晶间自由移动,也就不能“缝合”已生成的裂纹。假如共晶液体数量增加到能在树枝状晶粒之间自由移动的程度,那么,已产生的裂纹就可以被这些共晶液体所“缝合”。

对于高C合金堆焊层来说,其裂纹生成机理和铸造基本相同。在熔敷层金属结晶时,形成裂纹的可能性本质上与晶间液体的性质有关。这些晶间液是在熔敷层金属的每个显微体积凝固末了时析出,硫化物——硅酸盐以凝聚的球状物形式析出时,不会引起热裂纹;而以沿铁晶界边界分布的薄片形式析出时,熔敷层形成热裂纹的倾向增加。

在形成热裂纹的机理中,堆焊和铸造的情况很多是相同的,但由于一系列的堆焊工艺特性和冶金特性的影响,在堆焊耐磨合金时,形成热裂纹倾向比其它热加工方法更为显著。

2 化学成分对堆焊层热裂纹倾向的影响

本文中,主要是通过试验对高合金堆焊层增加C的含量可提高熔敷金属抗热裂纹形成的稳定

收稿日期:1999-03-18

作者简介:鲜玉强(1970-),男,硕士。

性进行了探讨,发现由于化学成分的波动,堆焊层金属形成热裂纹的倾向长度就不一样。众所周知,多层堆焊时,当母材金属堆焊金属的成分差别很大时,成分将逐层发生变化;并且,获得稳定化学成分的那一层的位置与母材金属在焊缝中的稀释率有关。

为此,本文对在低碳钢上的多层堆焊层的化学成分进行了光谱分析(如表 1 所示):

由此可见:堆焊层金属的化学成分在很大范围内波动。考虑到成分可能波动的区间后,对含 C 量从 0.1% 到 0.25% 和含 Cr 量 3% 到 5% 的 Fe-Cr-C 合金的热裂纹倾向进行了试验研究。

2.1 实验原理与方法

本文采用的焊缝隙对热裂纹倾向的试验方法的原理是在堆焊试件时使金属在高温区中处于高应力状态下,合金在堆焊时极易形成裂纹。

如图 1,将尺寸为 $20 \times 15 \times 80$ mm 的低碳钢块并排在专用夹具上,并且螺钉以不变的力压紧,同样用两平板靠螺栓将钢块的上面压紧,焊缝横向堆焊在钢块上。由于焊缝有热裂的倾向,在钢块间的对缝处便会形成裂纹。在这种情况下,热裂纹形成的机理和很多形式的焊缝焊拉时所观察到的相似,如图 2:

当电弧经过钢块时,由于强烈的加热,钢块伸长,并在近缝区中发生应力和塑性变形。这是因为远离电弧的一些钢块阻碍加热开高温的钢块的伸长。经过一定时间,在电弧经过后,钢块逐渐冷却和收缩,在它们之间形成不断增加的空隙。当金属还处于形成树枝状结晶或它们自己生长(液——固态)阶段时,由于可产生无破坏的拉伸变形,热裂纹还不能产生。

假如到了塑性变形的钢块开始收缩和形成空隙时,金属来得及完全结晶,裂纹就不会产生。因为在凝固后堆焊金属塑性及变形能力会急剧提高。但如果金属正处于固——液相状态时,那么增长着的变形只能在柱状晶粒的微小体积中产生,在焊缝中就会产生热裂纹。

由于试验时堆焊工艺参数、钢块的材料、尺寸及表面粗糙度、钢块在夹具中所受压力不变,我们所得到的热应力大致是相同的。只要改变堆焊层金属的化学成分,就可确定其对合金形成热裂纹倾向的影响。

由于裂纹通常布在垂直于焊道纵轴的平面上,为了评价堆焊合金成分对热裂纹倾向的影响,本文利用测量裂纹面积大小的方法进行评价。方法如下:将焊后试件从夹具上取下并沿钢块对缝加以破坏,然后在破坏处用低倍(10 倍左右)放大镜对焊缝金属进行观察。只要在五个检查的对缝中的一个上看出热裂纹,就在低倍(10 倍左右)的金属显微镜的毛玻璃上把所有五个对缝的焊道断面外形描绘出来。同样也把沿兰色断面上清晰可见的热裂纹外形描绘出来(当然焊道和裂纹面积也

表 1 多层堆焊逐层光谱分析结果

层数	化学成分(%)					
	C	Cr	Si	Mn	W	V
1	0.45	2.90	0.32	0.84	1.12	0.12
2	1.02	8.55	0.30	0.70	1.62	0.27
3	1.32	11.00	0.30	0.68	1.71	0.30
4	1.56	11.40	0.28	0.68	1.93	0.32
5	1.55	11.40	0.29	0.67	1.90	0.32

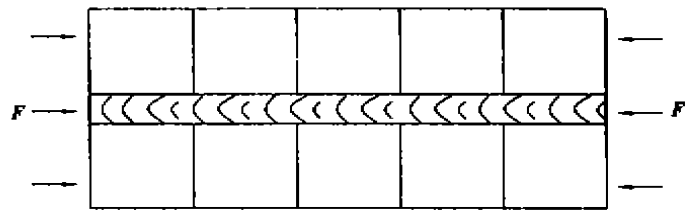


图 1 堆焊热裂纹试验示意图

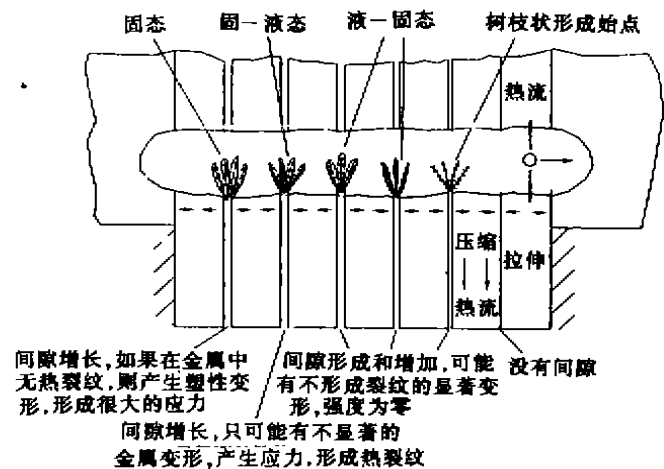


图 2 堆焊时热裂纹形成机理

可以通过拍摄断面而记录下来),并测量热裂纹所占的面积和所有对缝的焊道断面积。热裂纹所占的断口总面积与焊道断面积总和之比就作为堆焊合金成分对热裂纹倾向程度的衡量指标。

2.2 堆焊金属化学成分的影响

堆焊金属形成热裂纹的倾向与其中的含 C 和 Cr 量有关 (Si、Mn 含量在高 Cr 钢的允许范围内)。

1) 母材: 本文采用六块宽为 15 mm 的 15# 钢块。

2) 堆焊材料: 焊剂 AH-30, 成分为 4.14% SiO₂; 43% Al₂O₃; 21.4% CaO; 11.71% MgO; 0.77% MnO; 18.8% CrF₂。焊丝成分随堆焊合金要求而异。

3) 堆焊规范: 在所有试验中采用同一个堆栈焊规范; 电流 350~370 A; 电弧电压 35~36V; 焊接速度 16 m/h; 直流反接; 焊丝直径为 3.5 mm。

试验测定五个对缝的裂纹面积后,对堆焊在六块钢块中的三块上堆焊金属进行了光谱分析,在同一试件同一层各部分的堆焊金属,化学成分实际上是基本相同的,一般采用的是三块成分的平均值。图形表示所得的堆焊金属形成热裂倾向与含 Cr 量的关系。其中平均含 C 量在几个试验中为: 0.1; 0.35; 0.6; 1.1; 1.35; 1.7; 2.0; 2.45%。在图 4 中表示堆焊金属形成热裂纹的倾向与含 C 的关系,其中不变的平均含 Cr 量为 4.9%; 9.1%; 11.6%; 14.4%。

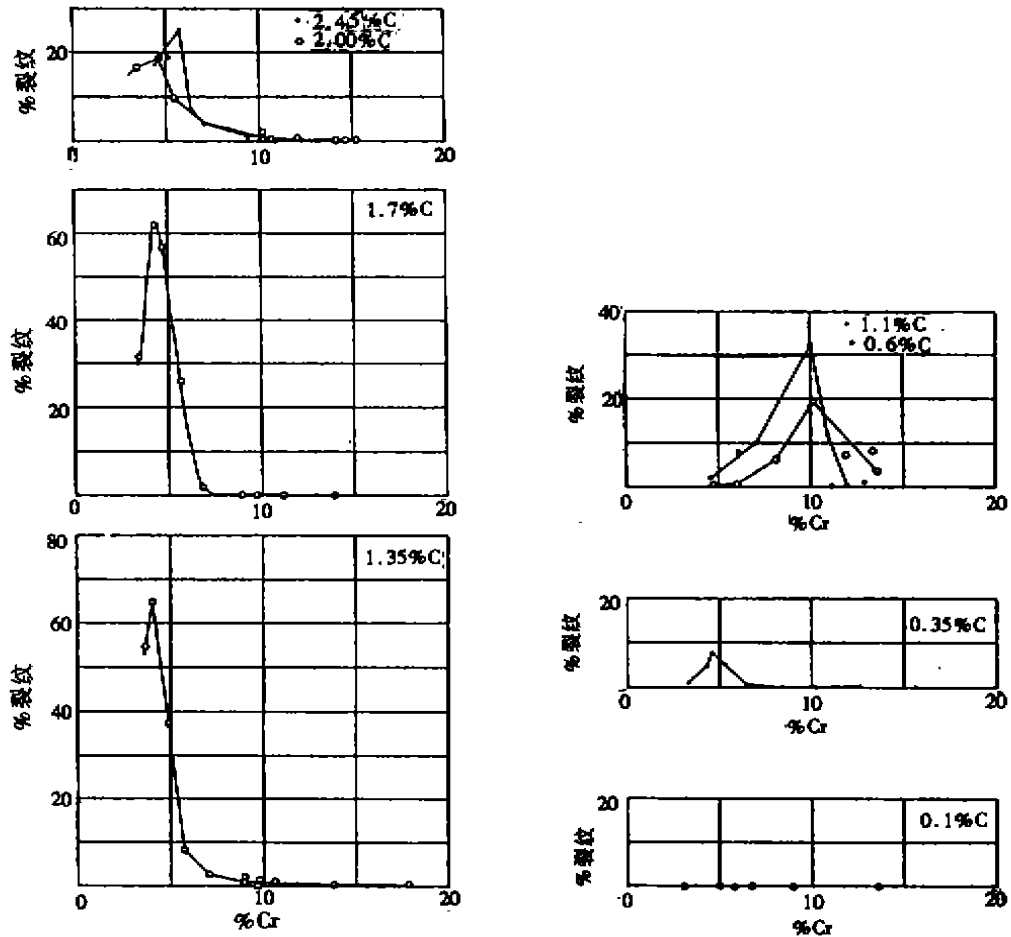


图 3 堆焊金属中含 Cr 量对形成热裂纹倾向的影响(含 C 量不变时)

试验中总的相对误差是由下列因素累计成的: 光谱分析、测量裂纹面积和焊缝断面积、在描图纸上测绘焊缝断面面积、其它的误差。本文试验中的相对误差等于 2.5%, 绝对误差还要考虑选择制图比例尺。估价按试验点多得出曲线的正确性是采用最小平方法进行的。

2.3 实验数据讨论

从 5、图 6 中可以看出：Fe-Cr-C 合金对热裂纹的倾向在很大的程度上与合金成分有关。含 C 较低时(C < 0.1%)，含 Cr 在 3% ~ 14% 范围内变化，在该热应力状态条件下不形成热裂纹。随含 C 量的增加，合金对热裂纹的倾向增大。对所研究的各类合金熔敷层，形成热裂纹的倾向与成分的关系都是含有一最大值的曲线，当增加含 Cr 及含 C 量时，热裂纹倾向逐渐增加到某一定含量时达到了最大值，而继续增加时就开始减少。热裂纹倾向与合金成分关系的这种特征一般说与合金的结晶特性有关。为了说明这一想法，本文对合金的一次组织进行了研究。

选择含 Cr 量基本不变而含 C 量不同的五种堆焊合金（成分如表 2），而裂纹倾向与含 C 量的关系和这些合金的一次组织如图 5 所示：

由图可见：合金的组织是奥氏体和不同数量的 C 化物共晶，当第一批共晶出现时，Fe-Cr-C 合金具有对热裂纹不大的倾向；随着含 C 量的增加，C 化物共晶（照片中的黑色部分）增加，同时合金对形成热裂的倾向也增加。

在这类试验中，裂纹倾向最大的是含 1.0% 左右的合金，它的显微组织如图 5(c)：

C 化物共晶的形成起着重要作用，在裂纹倾向最大的合金中，共晶成分以薄层状分布在晶粒轴间空间。特别不利的是在柱状晶粒的接合处，随着含 C 量的增加，共晶具有越来越多的分枝形式，它的数量也增加了，而对热裂倾向却减少。

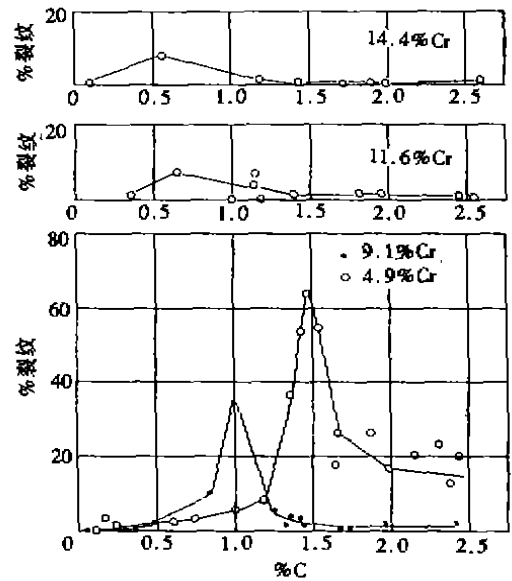


图 4 堆焊金属中含 C 量对形成热裂纹倾向的影响(含 Cr 量不变时)

表 2 C 对高 Cr 合金热裂纹倾向的影响

试验号	化学成分 (%)				热裂倾向 (%)
	C	Si	Mn	Cr	
1	0.09	0.09	0.27	9.15	0
2	0.43	0.21	0.31	8.90	0.90
3	0.98	0.21	0.57	9.33	34.0
4	1.4	0.31	0.33	9.52	2.7
5	2.41	0.18	0.50	9.23	0.7

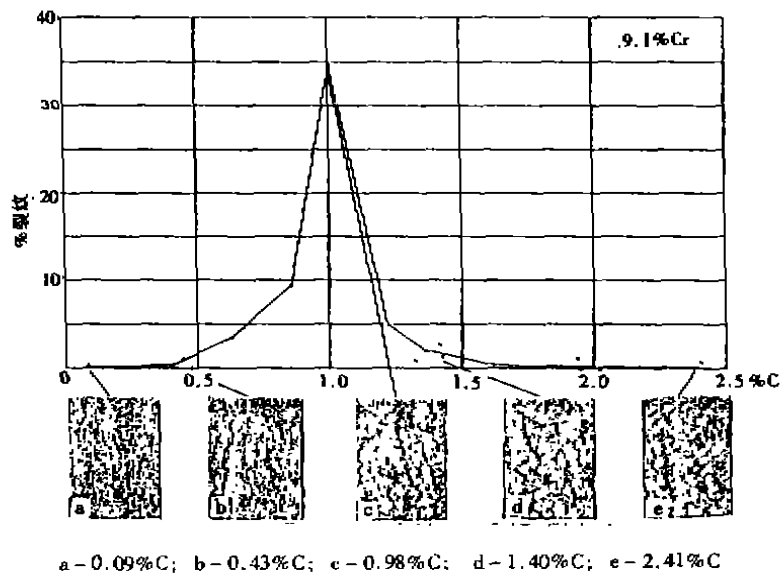


图 5 C 对含 Cr 量为 0.91% 的堆焊合金层的一次结晶和热裂纹倾向的影响 (放大 600 倍, 在 20% 铬酸水溶液中腐蚀)

继续增加含 C 量会减少有效结晶区间和收缩应力, 而共晶液体数已增加到可以在树枝状结晶间自由移动的程度。因为它会渗透到所有的毛细管中, 所以能够“缝合”堆焊金属中在应力作用下产生的显微裂纹。

3 结 论

1) Fe-Cr-C 合金的成分变化对其热裂纹倾向有本质的影响, “热裂纹倾向——成分”曲线有最大值, 含有约 5% Cr 和从 1.0% ~ 2.5% C 的合金与含 9% ~ 10% Cr、0.92% ~ 1.20% C 的合金具有对热裂纹的最大倾向。含 0.1% C 的 Cr 合金在所试验的条件下没有热裂纹倾向。含 Cr 11.5% 或更高的合金而且在含 1.9% ~ 2.5% C 时对热裂纹倾向也不显著。此外, 对热裂纹倾向最大的合金具有奥氏体和存在于柱状晶粒轴间的薄层状共晶组织。

2) 大量共晶的正面作用可以认为是它降低了堆焊金属的凝固温度, 而母液可以自由地在树枝状晶间移动, “缝合”了已发生的裂纹, 同时, 也改变了共晶析出的形式——随含 C 量及含 Cr 量的增加, 组织中的共晶成分变成很多分支。这对防止或减少热裂纹是有利的。

参考文献:

- [1] 陈伯鑫著. 焊接工程缺欠分析与对策[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998. 1
- [2] 印有胜著. 金属焊接缺陷及其防止[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995. 6
- [3] 周敏惠著. 焊接缺陷与对策[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989. 3

Influence of Chemical Ingredient in Hardfacing Weld Deposits on Thermal Cracking Tendency

XIAN Yu-qiang, ZHOU Ying-jun, LO Wei

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract: This paper introduced the formation mechanism of thermal crackle during deposit welding, and made research on the influence of chemical ingredient in hard-facing weld deposits on thermal cracking tendency during multi-layer deposit welding of high-carbon alloy using 15 # steel as matrix.

Keywords: hard-facing weld deposits; chemical ingredient; thermal crackle tendency