

稀土对 18Ni (350) 马氏体时效钢韧塑性的影响

Effect of Rare Earth on the Fracture Toughness
and Ductility of 18Ni (350) Maraging Steel

冶金工业部钢铁研究总院 惠卫军 李荣 翁宇庆
Hui Weijun Li Rong Weng Yuqing
(Central Iron & Steel Research Institute, MMI)

[摘要] 通过对钢的光滑轴对称拉伸性能、冲击韧性及平面应变断裂韧性的测定和对钢中夹杂物的定性、定量分析,表明在 18Ni(350) 马氏体时效钢中加入适量的稀土可以改善其韧塑性,但由于受该钢本身成分特点等因素的影响,这种改善作用不如在其它类型超高强度钢(如 AF1410)中显著。

关键词: 稀土 马氏体时效钢 夹杂物 韧塑性

[Abstract] By measuring the conventional mechanical properties and examining qualitatively and quantitatively inclusions of the RE-treated and non-RE-treated 18Ni(350) maraging steel, it was found that the toughness and ductility can be improved by suitable lanthanum addition. Affected by the particular chemical composition of maraging steel and other reasons, the improvement of toughness and ductility of suitable La-treated maraging steel is not significant.

Keywords: rare earth maraging steel inclusion toughness and ductility

1 前言

马氏体时效钢具有很高的强度,如何提高它的韧塑性是一个重要的研究方向。国外近年来采用稀土对 AF1410、HY180 等超高强度钢中的夹杂物进行变性处理以改善其韧性,取得了较好的效果^[1,2]。马氏体时效钢中的夹杂物通常主要是块状、分散分布的 Ti(C, N) 和片、棒等不规则形状、沿轧向分散分布的 Ti₂CS,这种夹杂物组态对钢的韧塑性有很大的影响^[3,4]。尽管有的研究者认为在马氏体时效钢中加入稀土对夹杂物进行变性处理也能提高其韧塑性^[2,5],但目前国内外还没有这方面的报道。本研究工作基于这点,在 18Ni(350) 马氏体时效钢中加入不同量的稀土 La,探讨稀土对其韧性的影响。

2 实验材料及方法

2. 1 材料的冶炼及工艺

实验用料在 25kg 的真空感应炉中冶炼,锭重 21kg。脱氧脱硫良好后于出钢前加入不同量的纯稀土 La。经高温均质化处理(1200℃×6h, AC)后,加热至 1150℃保温 1h 后进行锻造,开锻温度>1100℃,终锻温度≥850℃。先将钢锭锻成荒坯,重新加热至 1150℃保温 1h 后一火锻成 φ15mm 的拉伸坯料,方 15mm 的冲击坯料及 10mm×20mm 的断裂韧性坯料。

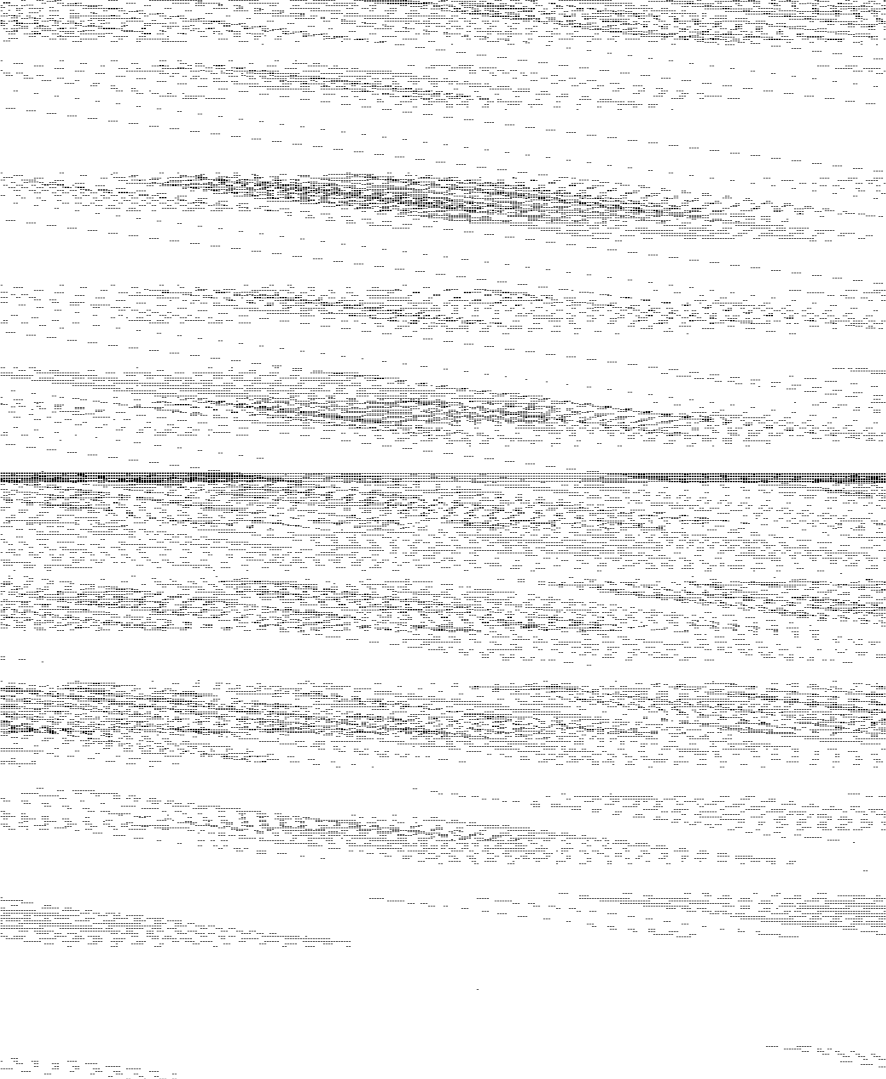
力学性能试样的取样方向是使加载方向与热加工变形方向相同(纵向 L),而裂纹沿横向(T)扩展(L-T 取向)。所有的试样均采用同一制度进行热处理:固溶处理 820℃×1h, AC+时效处理 510℃×3h, AC。

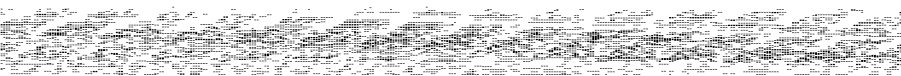
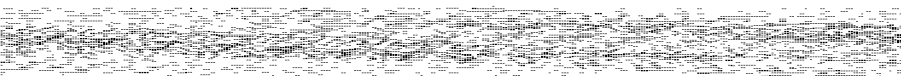
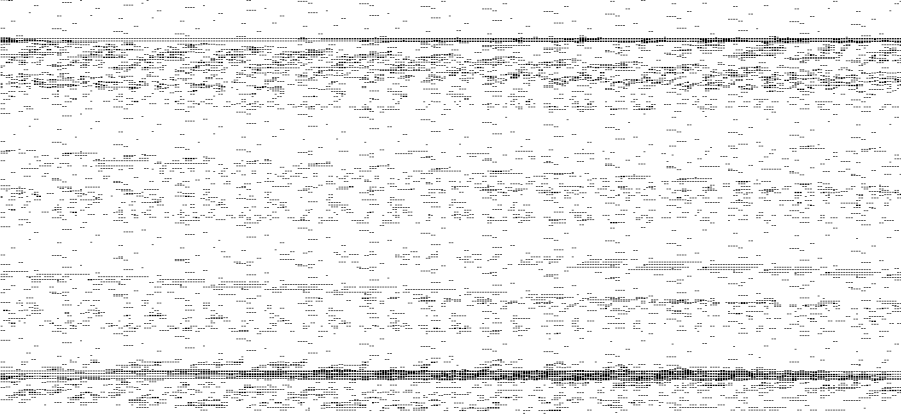
实验料的化学成分分析结果见表 1。

表 1 18Ni(350) 马氏体时效钢的化学成分 (wt%)

序号	Ni	Co	Mo	Ti	Si	Mn	Al	P	C	S	O ₂ [*]	N ₂ [*]	La
1	17.96	11.97	4.71	1.23	0.08	0.005	0.059	0.003	0.002	0.003	20	14	—
2	18.00	12.16	4.69	1.27	0.08	0.005	0.061	0.003	0.005	0.002	19	37	0.017
3	17.05	11.84	4.43	1.40	0.09	0.023	0.094	0.005	0.004	0.003	19	11	0.030

* ppm





参数及几种韧性指标。

表4 夹杂物参数对18Ni(350)马氏体时效钢韧塑性的影响

炉号	主要夹杂物	f_v	D_0 (μm)	X_0 (μm)	δ_5 (%)	ψ (%)	a_{KU} (J/mm ²)	K_{IC} (MPa·m ^{1/2})
1	Ti(C, N) + Ti ₂ CS	0.0006	2.36	12.5	8.8	53.4	22.3	53.3
2	La ₂ O ₃ S	0.0008	1.39	6.7	9.4	55.1	23.7	56.7
3	La ₂ O ₃ S	0.0014	1.36	5.4	7.7	48.1	19.7	45.5

钢的韧塑性对夹杂物的含量较为敏感,随着夹杂物含量的递增,钢的韧塑性总是逐渐下降。表4中可以看出,稀土处理的两炉钢(2,3)夹杂物类型一致,均为La₂O₃S,夹杂物的大小、形状及分布亦十分接近,但是炉3由于稀土加入量过多时,导致夹杂物的体积分数过高,达0.0014,从而使得该炉钢的韧塑性明显恶化。炉1、2两炉钢的夹杂物体积分数比较接近,但由于炉1的夹杂物平均尺寸 D_0 大,使得该炉钢的夹杂物平均间距 X_0 (12.5 μm)远大于炉2的 X_0 (6.7 μm),而大的夹杂物间距将会推迟夹杂物处萌生空穴的稳定生长,对材料的韧塑性有利^[6]。从这个角度讲,似乎炉1的 K_{IC} 应较炉2的韧性好,然而事实上却恰恰相反。

前面已经指出,炉1、2两炉钢的显微组织和晶粒度相同,韧塑性的差别只能归因于夹杂物类型的不同以及由此而引起的韧断机理的差异上。对韧性断裂机理的研究^[6]表明,①脆性的Ti(C, N)夹杂其开裂强度与其尺寸 D_0 的1/2次幂成比例,它又呈多棱角的块状,更易产生应力集中,这使得尺寸较大的Ti(C, N)夹杂在较低

的应变($\epsilon=0.12$)下就以解理开裂方式形核产生空穴,而细小球状的La₂O₃S夹杂直到应变为 $\epsilon=0.19$ 时才以粒子/基体界面分离的方式形核产生空穴。这表明球状的La₂O₃S粒子较块状的Ti(C, N)粒子具有较高的空穴形核抗力,而高的空穴形核抗力对材料的韧塑性有利^[1,2]。②未经稀土La处理的炉1钢中在夹杂物处形核产生的空穴主要以空穴片生成机制而连接聚合,使得空穴的稳定生长期相对缩短,提早就进入了空穴的连接聚合阶段,而稀土La处理的炉2钢中在La₂O₃S夹杂处形核的空穴主要以自身长大机制连接聚合,空穴的稳定生长期相对于炉1的空穴和稳定生长期长些(在夹杂物平均间距基本相等的条件下),这也会使钢的韧性得到改善。

和其它类型的超高强度钢(如AF1410等)比较看,稀土La对18Ni(350)马氏体时效钢韧塑性的改善作用不显著,这要与马氏体时效钢自身的成分特点等因素有关。从表5的对比可以看出,由于AF1410、HY180钢中未经稀土La处理时的CrS、MnS夹杂本身比较细小,

表5 几种超高强度钢夹杂物变性处理效果的比较

钢种	主要夹杂物	f_v	D_0 (μm)	X_0 (μm)	K_{IC} (MPa·m ^{1/2})
AF1410*					
未加La	CrS	0.00034	0.36	2.3	130
加La	La ₂ O ₃ S	0.00042	1.28	7.6	197
HY180*					
未加La	MnS	0.00021	0.32	2.4	233
加La	La ₂ O ₃ S	0.00015	0.88	7.5	336
18Ni(350)					
未加La	Ti(C, N) + Ti ₂ CS	0.0006	2.36	12.5	53.3
加La	La ₂ O ₃ S	0.0008	1.39	6.7	56.7

* 数据引自文献[1]

使得夹杂物平均间距 X_0 也很小,经稀土La处理后由于稀土夹杂物平均尺寸要大得多,使得稀土夹杂物平均间距 X_0 明显增大,而这种大的夹杂物平均间距使空穴的稳定生长期延长,从而在夹杂物空穴形核特征基本不变

的情况下,使稀土处理钢的韧性 K_{IC} 得到显著提高。而对马氏体时效钢来讲,由于强化元素Ti与N、C、S等杂质元素的结合力很强,所形成的夹杂物Ti(C, N)和Ti₂CS本身尺寸较大,平均间距亦较大,尽管稀土La处

理后夹杂物处空穴形核抗力及空穴连接聚合方式对韧性有利,但由于炉2的夹杂物平均尺寸较炉1的小,导致炉2的夹杂物平均间距较炉1的小,从而使上述La变性处理的有益作用得到减弱。此外,AF1410、HY180靠C脱氮,使O、N、S等杂质元素的含量很低,往往达几个ppm,而马氏体时效钢主要靠Al脱氧,其内的O、N、S、C等杂质元素含量较高,多达二十几个ppm,而许多研究者^[1]指出,增加夹杂物的平均间距同时减少夹杂物的体积分数才能有效地提高钢的韧性。

5 结论

(1) 未经稀土La处理钢中的夹杂物主要为块状、分散分布的Ti(C,N)和条、棒等不规则形状、成串分布的Ti₂CS;稀土La处理钢中的夹杂物主要为球状、分散分布的La₂O₂S夹杂。

(2) 马氏体时效钢中加入适量的稀土能够提高其韧性,但由于受马氏体时效钢本身的成分特点等因素的影响,稀土处理对其韧性的提高不如其它类型的超高强度钢(如AF1410等)显著。

(3) 一般而言,当钢中夹杂物的平均尺寸、平均间距比较小,则在夹杂物的含量及其空穴形核特征基本不变的情况下,用稀土对其中的夹杂物进行变性处理而获得较大的夹杂物平均间距时将会比较显著地提高其韧性。

参考文献

1. W. M. Garrison Jr. AD/A226056
2. W. M. Garrison, Jr., JOM, 1990, (5): 20

* * * * *

日本发现5种新氧化物超导体

日本科学技术厅、无机材质研究所的项目研究小组,最新发现多种氧化物超导体。这些超导体在50~60亿Pa的超高压环境下,超导临界温度超过100K(-173℃)。这一系列的发现涉及到碳酸盐系、硫酸盐系、钡系、铝系、镓系等5个种类的系列。碳酸盐系氧化物超导体中,有显示117K临界温度的性质,它作为氧化物超导体研究的新开端而受到关注。

新发现的超导体,都是在50~60亿Pa的超高压环境下,在超过1200~1300℃熔点的条件下合成的。各系列的超导温度分别为:碳酸盐系117K,硫酸盐系60~100K,钡系110K,铝系110K,镓系107K。

3. H. J. Rack and David Kalish. Metall. Trans., 1971, 2: 3011
4. T. J. Baker JISI, 1972, 210: 793
5. 何崇智,万成绪,佟玉昆.钢铁,1987,22(9):12

* * * * *

(上接第15页)

5 结论

(1) 在直流电弧等离子体法中,金属超微粉的粒径大小取决于金属蒸气原子的浓度大小和温度场中高温生长区的大小。

(2) 通过改变电弧电流,总气压,氢气含量和冷却水流速等参数可以间接改变金属蒸气原子浓度和高温生长区的大小,从而达到改变金属超微颗粒粒径的目的。

(3) 金属超微粉的粒径随着电弧电流、总气压和氢气含量的增大而增大,随着冷却水流速的增大而减小。

参考文献

1. (日) 山ノ瀬升等著,赵修建等译,超微颗粒导论,武汉:武汉工业大学出版社,1991
2. 过增元等,电弧和热等离子体,北京:北京科学出版社,1986
3. 姜焕中,焊接方法及设备,北京:北京机械工业出版社,1981
4. 宇田雅广,日本金属学会会报,1983,22(5):412

* * * * *

热稳定性良好的触点材料

日本京都大学工学部的村上正纪教授等,发现可以利用热稳定性优越的镍·锗触点材料作为镓·砷半导体的电极材料。以前,如果在高温下处理元件,则会损坏元件性能,如今如果使用镍·锗材料,即使达到400℃的温度也无变化,可以延长元件的使用寿命,作为一种新原料提高了使用的机会。

这种新的触点材料,熔点高达850℃,经过400℃的热处理,界面非常光滑,将该材料适度浅焊到镓·砷基板上,发现导电性能很好。进而,用10个原子层开成的金属与镓·砷基板反应,形成空孔,使杂质容易进入,电流容易流动。

(杨变英)