

20Cr2Ni4A 钢中奥氏体晶界遗传现象

上海交通大学(200030) 郦定强

西北工业大学 胡德林 贾东升

【摘要】对 20Cr2Ni4A 钢经高温预淬处理获得的粗大奥氏体晶粒的晶界在再次加热后的遗传现象进行了研究。研究认为,奥氏体晶界遗传与奥氏体晶粒遗传在产生机理上是有所不同的:奥氏体晶界遗传是由于成分和夹杂物在晶界偏聚,而这种偏聚在随后的加热保温过程中仍大量保留下来并且阻碍晶粒穿越晶界长大或合并而形成的。研究表明,这种奥氏体晶界遗传受热变形的影响,热变形的程度越大,则晶界遗传现象越不明显。

【关键词】奥氏体晶界 遗传

Heredity Phenomenon of Prior Austenite Grain Boundary in 20Cr2Ni4A Steel

Li Dingqiang Hu Delin Jia Dongsheng

【Abstract】 Prior austenite grain boundary heredity of coarse microstructure of 20Cr2Ni4A steel was described. The results shown that the mechanism of prior austenite grain boundary heredity differs from that of austenite grain heredity. The prior austenite grain boundary heredity results from the different distribution of all elements at the prior austenite grain boundary and in austenite grain and segregating of impurities at the prior austenite grain boundary. It is related mainly to the hot deformation of 20Cr2Ni4A steel. The less the ratio of hot deformation will be, the more serious the phenomenon of prior austenite grain boundary heredity will be.

【Key words】 austenite grain boundary heredity

1 引言

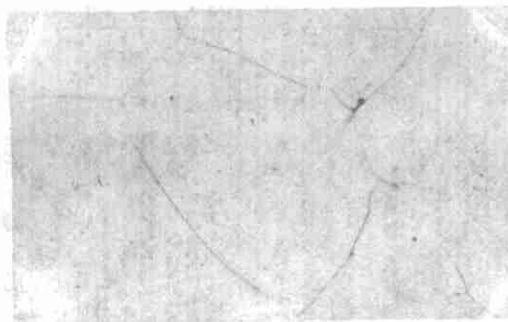
钢的组织遗传现象早已引起国内外研究者的广泛重视^[1]。它是指原始组织为非平衡组织(马氏体、贝氏体、魏氏组织等)在一定加热条件下所形成新的奥氏体晶粒继承和恢复原始粗大晶粒的现象^[2],也称为晶粒遗传。所谓晶界遗传,是指初始组织中的粗大晶粒边界在再次加热过程中仍保留下来的现象。由于晶界遗传往往伴随着晶粒遗传,未引起人们的注意,但在实际生产中,因高温热加工不当而造成的过热就可能形成具有粗大奥氏体晶界的非平衡组织并在随后的热处理过程中呈现较强的晶界遗传性,从而使力学性能降低。因此,研究钢的奥氏体晶粒晶界遗传性具有较大的实际意义。本文拟就大型渗碳件常用钢种 20Cr2Ni4A 的晶界遗传现象进行研究,对其产生原因进行初步的分析和讨论。

2 奥氏体晶界遗传现象

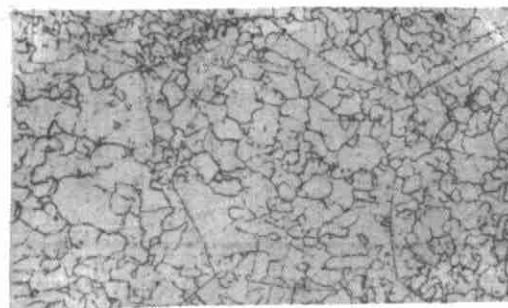
将 20Cr2Ni4A 钢坯料加热至 1250℃保温 1h 后水淬,其晶粒度金相见图 1a,为粗大奥氏体晶粒。把这种试样再加热至 930℃,保温 3h 后水淬,其晶粒度金相见图 1b。可见,奥氏体晶粒虽已细化,但旧奥氏体粗大晶粒的晶界仍清晰可见。这种奥氏体晶界遗传在表现形式上显然与奥氏体晶粒遗传不同。

3 奥氏体晶界遗传产生原因的探讨

奥氏体旧晶界遗传与加热过程中在旧晶界附近的奥氏体形核和长大方式有关,而这种奥氏体形核和长



(a) 1250℃×1h 水淬



(b) 1250℃×1h 水淬+930℃×3h 水淬

图 1 20Cr2Ni4A 钢的晶界遗传现象 100×

大的方式又受旧晶界处合金元素以及杂质的分布和偏聚情况的影响。

3.1 加热时奥氏体旧晶界处奥氏体形核和长大方式

* 男,29岁,上海交通大学材料科学系博士研究生。

《热加工工艺》2/1994

把经过 $1250^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 水淬处理的 20Cr2Ni4A 钢试样再分别加热至 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的 $720, 740$ 和 770°C 三个温度, 保温 30min 后水淬, 用以观察奥氏体形核长大过程。奥氏体晶界用过饱和苦味酸水溶液加少量海鸥洗涤剂来显示, 其金相见图 2。可以看到, 旧奥氏体晶界处首先形成奥氏体晶核, 且奥氏体晶核多为球状。除旧奥氏体晶界处外, 晶内也有球状的奥氏体晶核形成。另外, 晶内还有针状奥氏体形成。这种针状奥氏体是在原始马氏体板条之间形核, 只是在奥氏体化初始阶段的一种过渡性组织形态, 在随后的继续保温或加热过

程中, 针状奥氏体会继续变化, 变成球状奥氏体。另外, 还可看到, 在旧奥氏体粗大晶粒晶界附近新形成的奥氏体晶粒明显分属于两个旧奥氏体晶粒, 而不同于平衡组织发生奥氏体转变时在晶界处新形成的奥氏体晶粒不明显属于某一晶粒。晶界处奥氏体以球状方式形核, 说明奥氏体此时晶核的形成是与位向无关的^[3]。由于晶界的形核率较高, 晶粒沿旧晶界方向刚开始长大就相互接触, 且背离晶界方向长大, 不穿越旧晶界。

3.2 奥氏体新旧晶界与晶内成分含量比较

经图 1 中(a)、(b)两种不同工艺处理后, 奥氏体晶



(a) $720^{\circ}\text{C} \times 0.5\text{h}$ 水淬

(b) $740^{\circ}\text{C} \times 0.5\text{h}$ 水淬

(c) $770^{\circ}\text{C} \times 0.5\text{h}$ 水淬

图 2 粗大奥氏体晶粒试样重新加热时奥氏体形成过程 $200\times$

界处合金元素的偏聚量是不会相同的。利用电子探针, 对图 1 中(a)、(b)两种试样进行定点半定量分析, 结果见表 1。可见, 锰在新、旧晶界及晶内浓度相近, 无明显偏析现象, 故对奥氏体旧晶界遗传现象无明显作用。而铬和镍两种元素, 在奥氏体新、旧晶界的偏聚都很明显, 而且重新加热处理后奥氏体旧晶界比新晶界偏聚更明显, 说明这种晶界偏聚有一定的稳定性, 对旧晶界遗传现象有较大作用。

表 1 不同处理状态晶界与晶内的成分分析

处理状态	区 域	合金元素成分(%)		
		Cr	Mn	Ni
$1250^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 水淬	奥氏体晶界	3.24	3.67	1.27
	奥氏体晶内	1.45	3.58	0.40
$1250^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 水淬 + $930^{\circ}\text{C} \times 3\text{h}$ 水淬	奥氏体旧晶界	2.66	3.64	0.83
	奥氏体新晶界	2.43	3.62	0.69
	奥氏体晶内	1.52	3.59	0.42

合金元素在晶界的偏聚还能改变晶界的迁移特性。一方面, 偏聚于晶界的合金元素能降低晶界的活性, 对其迁移阻碍作用^[4], 另一方面, 还可能形成较多的第二相杂质, 如 $\text{AlN}^{[5]}$ 、 $\text{CrC}^{[6]}$ 及 $\text{MnS}^{[4]}$ 等起钉扎晶界、

*《热加工工艺》2/1994

巩固晶界遗传的作用。

4 热变形对奥氏体晶界遗传的影响

将经 $1250^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 水淬处理后具有粗大奥氏体晶粒的试样进行不同条件的热变形, 然后再加热至 930°C 保温 3h 水淬, 其晶粒度照片如图 3。小变形量 (20%) 时, 无论较高温度 (1100°C) 还是较低温度 (950°C) 变形, 都可见到发生弯曲的奥氏体旧晶界, 且晶粒尺寸较大, 大小极不均匀, 见图 3a、b。大变形量 (80%) 时, 无论较高温度还是较低温度变形, 奥氏体旧晶界痕迹不明显, 但较高温度变形时, 晶粒细小, 尺寸均匀, 如图 3f; 较低温度变形时, 混晶现象严重, 如图 3e。中等变形量 (50%) 时, 较高温度变形比较低温度变形的晶粒尺寸均匀细小, 晶界遗传现象也较少, 且比较分散, 如图 3c、d。

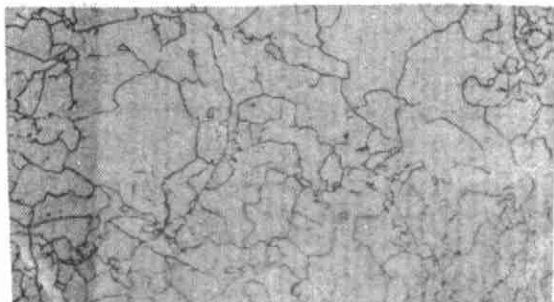
由上述实验结果及分析, 可以认为, 由于形成粗大的奥氏体晶粒, 使晶界面积减少, 晶界上的偏聚物和夹杂物等的浓度相对增高, 在晶粒间形成偏聚物和夹杂物的稳定连结, 这种稳定连结能阻隔晶粒穿越晶界长大。小变形量变形时, 原粗大奥氏体晶粒仅发生小变形, 晶界上偏聚物夹杂物之间的稳定连结基本上没有破坏, 仍发挥其作用, 部分动态再结晶以及晶粒的长大都不能穿越晶界, 使原奥氏体粗大晶粒的晶界仍保留

下来,在大变形量的热变形之后,原粗大奥氏体晶粒的晶界受强裂的变形而破坏,晶界上偏聚物以及夹杂物的稳定连结被打破,分离成各自独立的偏聚物和夹杂物点,失去了阻隔晶粒穿越晶界长大的作用。同时,这些细小的偏聚物和夹杂物点还成为新奥氏体相晶核非

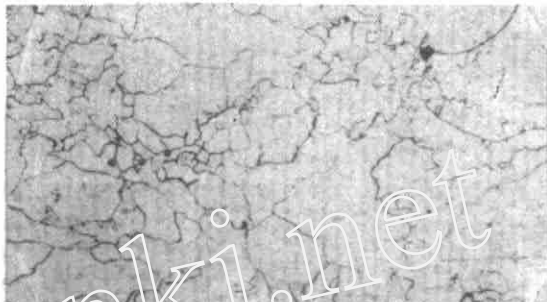
自发形核基地。至于热变形温度和形变量对晶粒度的影响可由热变形温度、形变量以及晶粒度三者之间的“C曲线”关系^[7]得到解释。

5 结论

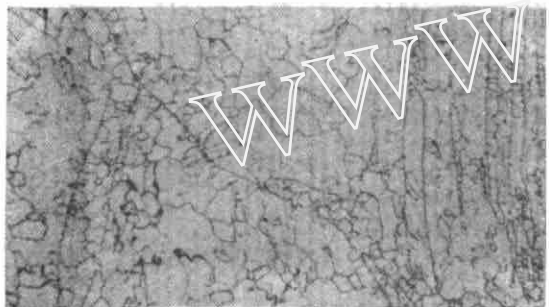
(1)20Cr2Ni4A 钢的粗大晶粒组织在随后加热时



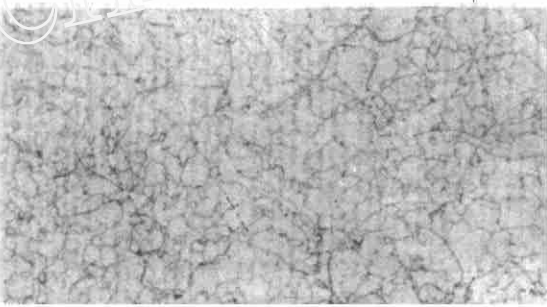
(a) 950℃变形 20%



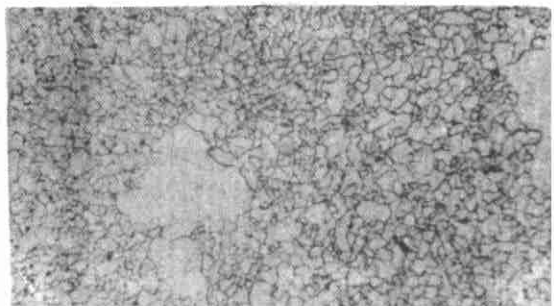
(b) 1100℃变形 20%



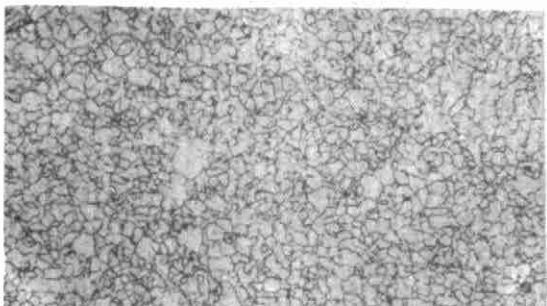
(c) 950℃变形 50%



(d) 1100℃变形 50%



(e) 950℃变形 80%



(f) 1100℃变形 80%

图3 具有粗大晶粒的试样经不同热变形后再经930℃×3h水淬处理的晶粒度金相 100×

会发生一定程度的晶界遗传现象,即粗大晶粒组织细化后仍保留着原粗大晶粒的晶界痕迹。

(2)粗大晶粒晶界上偏聚物和夹杂物具有较稳定的连结,能阻碍晶粒穿越晶界长大或合并。

(3)这种晶界遗传受热变形影响,热变形的变形量愈大,晶界遗传现象愈不明显。

参考文献

- 1 萨道夫斯基著,王罗以译.钢的组织遗传性.北京:机械工业出版社,1980
- 2 周子年.钢的组织遗传现象.金属热处理,1982(1),37

- 3 胡光立等编.钢的热处理.北京:国防工业出版社,1985
- 4 张帆、康淑狂.钢中奥氏体旧晶界遗传现象.钢铁,1988,23(10),42
- 5 江锡堂、张贵玲.试验条件对20Cr2Ni4A钢晶粒长大倾向的影响.理化检验(物理分册),1988(5),3
- 6 周子年等.论钢的加热工艺.金属热处理学报,1981,2(2),28
- 7 罗培令、胡德林等.热加工及预处理对40CrNiMoA钢奥氏体晶粒度的影响.特殊钢,1982(6),75

收稿日期:1993年11月1日