

锻前材料状态对 1Cr18Ni9Ti 钢锻造性能的影响

张 涛 徐小敏 赵惠民

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司 哈尔滨 150046)

0 前言

1Cr18Ni9Ti 钢是锅炉产品常用的锻件材料, 该材料具有良好的机械性能及耐蚀性, 但其锻造工艺性能较差, 导热系数低、锻造温度范围窄、过热及裂纹敏感性强、高温下变形抗力大、塑性低等特点, 使材料锻造时经常出现开裂现象。为此, 我们对裂纹产生的原因进行了分析, 从原材料状况、锻造工艺的合理性到生产实际操作, 都进行了详细讨论。我们进行了全面系统的工艺试验, 取固溶与非固溶两种状态的原材料, 分别按不同锻造温度, 不同锻造方式进行锻造试验, 并对锻后组织及锻造裂纹进行了微观分析, 通过分析研究找出了锻件裂纹产生的主要原因, 得出了原材料固溶与否与锻件裂纹产生无关这一结论, 为今后避免该材料再出现同类质量问题提供了试验及理论依据。

1 试验条件和方法

1.1 试验材料: 选用 1Cr18Ni9Ti 圆钢, 规格 $\Phi 100 \times 90$, 数量 15 件, 用作锻造试验, 另选规格: $\Phi 100 \times 15$, 数量 2 件, 作为母材检验用料, 试验用料的化学成份如表 1 所示。

1.2 原材料表面检查: 锻造前, 将试验用料 6 件进行表面加工 (扒皮), 然后作着色检查, 检查结果表面合格。

化学成份 (%) 表 1

编号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Mo	Cu
复验 (#)	0.07	0.75	1.06	0.018	0.014	17.27	10.56	0.32	0.32	0.23
标准 JB472 8-91	≤ 0.12	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.035	≤ 0.030	≤ 17.00 19.00	8.00 11.00	5(c% 0.02)-0.80		

1.3 试验工艺

(1) 热处理工艺: 锻造前, 先将锻造用料 12 件, 母材检验用料 1 件进行固溶处理, 其热处理规范为: 1050~1100℃ 保温 1.5h, 空冷。

(2) 锻造工艺: 对 15 件固溶与非固溶两种状态的原材料, 分别按不同锻造温度, 不同锻造方式进行锻造试验, 在锻造操作上遵循“轻、重、轻”的原则, 同时还按大变形量、小变形量分别进行了试锻, 具体锻造工艺如表 2 所示。

1.4 检验: 将母材检验用料及锻造后的试件加工成: $10 \times 15 \times 15 \text{mm}^3$ 的小试样, 同时对锻件裂纹处也进行了取样, 其微观组织及裂纹通过 S-505 电镜扫描、探针仪来观察。固溶与非固溶两种状态原材料锻造前后的奥氏体晶粒度通过 MN-6 显微镜测得。

2 试验结果

圆孔型，剖开截面呈楔形，外观检查结果如表 3 所示。

2.1 外观检查

对按表 2 锻造工艺进行锻造的 15 件锻件，我们逐件进行了外观检查，其中 13 件端部有裂纹（一端或两端）。其裂纹外表呈

2.2 微观组织检测

对母材及锻后组织在显微镜下测得奥氏体晶粒度如表 4 所示。电镜扫描、探针检测分析结果见图片（图片略）。

锻造工艺

表 2

一、锻件毛坯图 (略)	锻造温度范围(℃)	母材（非固溶）		母材（固溶）	
		平砧拔长 (件数)	棒子拔长 (件数)	平砧拔长 (件数)	棒子拔长 (件数)
二、毛坯尺寸： Φ100×90	始：1000~1100 终：≥850	1(扒皮)	1	1(扒皮)	1
	始：1100~1200 保温 10min 终：≥850	1			
三、加热设备： 煤气加热炉	始：1150~1180 保温 10min 终：≥850	1(扒皮)	1	1(扒皮)	1
		1		1	
四、锻压设备： 1t 自由锻锤	始：1150~1180 保温 40min 终：≥850	1(扒皮)	1	1(扒皮)	1
		1		1	
五、使用模具： 棒子	始：≥1200 终：≥850	1(扒皮)	1	1(扒皮)	1
		1		1	

外观检查结果

表 3

	非固溶			固溶		
	编号	锻造温度℃	裂纹	编号	锻造温度℃	裂纹
平砧拔长	* A ₁₀	始：1080 终：970	无	* G10	始：1080 终：960	有 (两端)
	A ₁₂	始：1100 终：1000	无	G12	始：1100 终：970	有 (一端)
	# B ₁	始：1120 终：910,保温 30min	有 (一端)			
	* A ₄₀	始：1200 终：1020	有 (一端)	* G40	始：1200 终：990	有 (两端)
	A ₄₂	始：1200 终：1000	有 (一端)	G42	始：1200 终：1000	有 (一端)
棒子拔长	A ₁₁	始：1100 终：930	无	G11	始：1060 终：960	有 (两端)
	A ₁₂	始：1180 终：930 保温 10min	无	G21	始：1160 终：1050 保温 10min	有 (一端)
	@ A ₃₁	始：1160 终：980 保温 40min	有 (一端)	G31	始：1160 终：970 保温 40min	有 (一端)
	A ₄₁	始：1200 终：970	有 (两端)	# G41	始：1200 终：950	有 (两端)

注：*表示原材料经扒皮处理；#表示小变形量锻造；@表示大变形量锻造。

晶粒度测试结果 表 4

非固溶		固溶	
试样号	级别	试样号	级别
0'	5~6	1'	6
A ₂	7.5	G ₂	7

3 结果讨论:

3.1 原材料固溶与否对锻造性能及锻后组织的影响

从表 3 外观检查结果看, 锻造的 15 件试件, 其中有 13 件在拔长锻造过程中一端或两端出现圆形孔状裂纹, 其中固溶后的 8 件原材料, 按同样工艺进行锻造拔长, 其结果 100% 出现裂纹。因此锻件裂纹的产生与原材料是否固溶没有关系。众所周知, 一般钢材的锻造温度均选择钢材变形抗力最小、组织均匀、晶粒不过分粗大的温度, 所以, 钢材的锻造温度均高于其热处理温度。而 1Cr18Ni9Ti 的锻造温度为 1180℃, 远高于其固溶处理温度, 因此, 原材料是否经过固溶处理, 对于锻造温度下的结果是毫无影响的。从表 4 可以看出, 两种状态的原材料, 经过锻造后, 晶粒都得到了细化, 其组织没有明显差别。

3.2 锻造温度, 锻造方法对锻件质量的影响

从表 3 结果分析, 采用平砧, 摔子拔长, 按始锻温度 1060~1200℃, 终锻温度 ≥ 850℃, 不同保温时间进行锻造的试件中, 原材料固溶后锻造的试件 100% 出现裂纹, 而非固溶状态原材料锻后有 5 件无裂纹, 从表面看, 它们的始锻温度都在 1080~1180℃ 之间, 加热保温时间基本上都是较短的, 而按正常保温时间加热, 操作上采用小变形量, 大变形量分别进行锻造的试件, 全部都有裂纹产生。当加热温度达到 1200℃, 即使操作上也采用小变形量, 同样也全部出现裂纹。对该

材料而言, 如果原材料合格, 锻造时, 始锻温度应控制在 1130~1180℃, 终锻温度 ≥ 850℃, 保温时间应尽量短, 保证获得均匀的固溶体, 要达到这一点, 保温时间应为 1.5h (按 1min/mm 计算) 如果高温加热时间过长, 会引起晶粒粗大, 使材料塑性降低, 锻造时会引起裂纹的产生。

另外, 采用摔子拔长, 可改善材料的受力状态, 减少裂纹的产生。

3.3 原材料化学成分及组织状态对锻件质量的影响

从表 1 化学成份复验结果看, 其主要成份都符合标准要求, 但是基体中还含有 0.32% 的钼和 0.23% 的铜。从电镜扫描分析结果来看, 除同样含有钼元素外, 钛的含量测得为 0.18%, 低于标准要求, 这说明, 该材料化学成分不均匀。

对原材料及锻后组织进行的电镜扫描、探针分析结果表明, 原材料中除含有夹杂物硫外, 还含有大量的方块状纯钛夹杂物。由于钛的熔点高达 1677℃, 在基体中由于大小不等的块状存在, 所以它和基体具有不同的抗变形能力, 在材料加热冷却过程中, 会产生应力致使材料心部产生裂纹。经过对材料锻造前后产生的裂纹组织分析, 裂纹周围都存在大量的块状夹杂物纯钛。

原材料非固溶状态的锻件基体组织中存在块状纯钛夹杂物, 由于在拔长锻造中, 材料承受拉伸载荷, 当应力超过材料的屈服强度时, 发生塑性变形, 产生颈缩形成三向应力状态。中心轴向应力随着颈缩的进展不断增大, 在三向应力作用下, 块状夹杂物纯钛与金属界面产生分离, 形成孔洞, 同时夹杂物本身也在外力作用下产生破碎, 形成裂纹或分割成小块状夹杂物。

该材料组织中块状夹杂物纯钛的存在, 与该材料在冶炼时钛元素加入剂有关, 由于

(下转 3 页)

如图 7 所示,从图 7 中可以看到:对于相同的屈服强度。5Cr8Si2 和 4Cr10Si2Mo 具有基本相同的抗拉强度,且比 4Cr9Si2 抗拉强

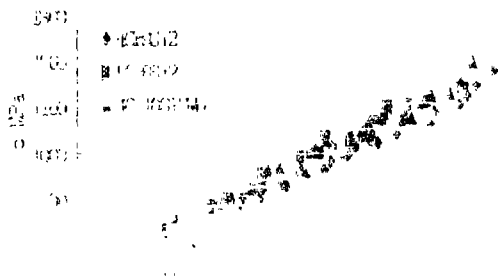


图 7 抗拉强度与屈服强度之间的关系

度高,这说明 5Cr8Si2 和 4Cr10Si2Mo 钢从开始塑性变形到产生断裂这一过程所需的强度跨度比 4Cr9Si2 钢这一过程的强度跨度大,即从 $\sigma_b/\sigma_{0.2}$ 比值的角度看,5Cr8Si2 和 4Cr10Si2Mo 比 4Cr9Si2 具有较优良的加工性能,由此可以推知:在电锻制阀过程中,

5Cr8Si2, 4Cr10Si2Mo 将比 4Cr9Si2 不易产生裂纹,5Cr8Si2 和 4Cr10Si2Mo 制阀成材率将比 4Cr9Si2 高。

3 结论

3.1 5Cr8Si2 钢与 4Cr9Si2、4Cr10Si2Mo 相比在相同的调质热处理制度下,强度低,塑韧性好,若想提高强度值应采用较低的温度回火。

3.2 5Cr8Si2 的调质综合力学性能较 4Cr9Si2、4Cr10Si2Mo 好,并有较好的加工性能,可以取代后者。

参考文献

- [1] 程世长等. 我国内燃机气阀钢系列发展战略, 冶金工业部钢铁研究总院, 1996.7
- [2] 李立新. 新型阀门钢 5Cr8Si2 的组织与性能的试验研究 硕士论文, 1999 年

(上接 6 页)

钛的熔点高,通常在加入前应将其制成粉末,这样才能将其充分固于基体,形成均一固溶体。

综上所述,原材料块状夹杂物纯钛的存在是锻件产生裂纹的主要原因。

4 结论

(1) 在原材料合格的情况下,其固溶

与否对锻造性能及锻后组织没有影响。

(2) 原材料中块状纯钛夹杂物的存在是锻件产生裂纹的主要原因。

参考文献

- [1] 崔约贤,王长利编著《金属断口分析》,哈尔滨工业大学出版社,1998
- [2] A.A.巴巴科夫著(殷勤译),《不锈钢及其耐蚀性》,中国工业出版社,1963
- [3] 《锻造工艺》,西安交通大学出版社