

除氢处理对 1Cr15Ni4Mo3N 钢锻件疲劳性能的影响

Effect of Dehydrogenation Treatment on Fatigue Property of 1Cr15Ni4Mo3N Steel Forgings

金建军, 苏 斌, 王晓震, 王 丽
JIN Jian-jun, SU Bin, WANG Xiao-zhen, WANG Li
(北京航空材料研究院, 北京 100095)
(Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

摘要: 研究了除氢处理对 1Cr15Ni4Mo3N 钢锻件疲劳性能的影响。1Cr15Ni4Mo3N 钢锻造时可从加热气氛(油炉或天然气炉)中吸入氢, 并导致锻件疲劳性能显著降低。结果表明: 在淬火之前进行 520℃ × 8h 的除氢处理, 可使 1Cr15Ni4Mo3N 钢锻件疲劳性能恢复至正常水平。
关键词: 除氢; 疲劳性能; 沉淀硬化不锈钢; 1Cr15Ni4Mo3N
中图分类号: TG142 文献标识码: A 文章编号: 1001-4381(2008)05-0017-03

Abstract: The effect of dehydrogenation treatment on fatigue property of 1Cr15Ni4Mo3N steel forgings was investigated. 1Cr15Ni4Mo3N steel forgings can absorb hydrogen from the atmosphere of a gas or oil stove, and the fatigue property of 1Cr15Ni4Mo3N steel forgings was deteriorated remarkably. The results showed that the dehydrogenation treatment of 520℃ × 8h performed before quenching enable the fatigue property of 1Cr15Ni4Mo3N steel forgings recover to normal level.

Key words: dehydrogenation; fatigue property; precipitation hardening stainless steel; 1Cr15Ni4Mo3N

1Cr15Ni4Mo3N 钢是国内为某重点型号飞机新研制的沉淀硬化不锈钢, 该钢与俄罗斯的 13 15 4 3 钢和美国的 AM355 钢相当。在对 1Cr15Ni4Mo3N 钢制造的起落架接头锻件进行解剖分析时, 研究了除氢处理对其疲劳性能的影响。结果表明, 在淬火之前进行 520℃ × 8h 的除氢处理, 可显著提高 1Cr15Ni4Mo3N 钢锻件的缺口低周疲劳性能。

1 实验方法和过程
1.1 起落架接头锻件的锻造过程
起落架接头锻件用原材料为抚顺特殊钢有限公司生产的 1Cr15Ni4Mo3N 电渣钢, 炉号为 0D30301, 规格为 φ250mm。钢棒的化学成分示于表 1, 材料标准规定的力学性能示于表 2。

表 1 钢棒的化学成分(质量分数/%)
Table 1 Chemical composition of the bars(mass fraction/%)

Element	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	N
Content	0.14	0.76	0.21	0.002	0.013	14.54	4.53	2.63	0.085
Standard requirement	0.11-0.16	0.5-1.0	≤0.7	≤0.020	≤0.030	14.0-15.5	4.0-5.0	2.3-2.8	0.05-0.10

表 2 材料标准规定的力学性能
Table 2 Mechanical properties of the material standard requirement

Heat treatment	Heat	Size/mm	Orientation	σ _{p0.2} /MPa	σ _b /MPa	δ ₅ /%	ψ/%	A _{KU} /J
1070℃, 1h, oil quench - 70℃, 2h, subzero cool 350℃, 2h, air cool	0D30301	φ250	Longitudinal	1033	1388	19.6	69.1	184.9
Material standard requirement			Longitudinal	≥930	≥1355	≥15	≥55	≥94

起落架接头锻件在德阳二重锻造。锻件打荒在 5t 自由锻锤上进行, 锻造加热温度为 1160℃, 模锻在 16t 模锻锤上进行, 二火锻成, 锻造加热温度为 1150℃, 终锻温度大于 950℃, 锻后冷却采用空冷, 最后一火的变形量控制大于 30%, 锻造加热均在天然气炉中进行。1Cr15Ni4Mo3N 钢起落架接头锻件实物 (轮廓尺寸为 600mm × 550mm × 190mm) 照片示于图 1。

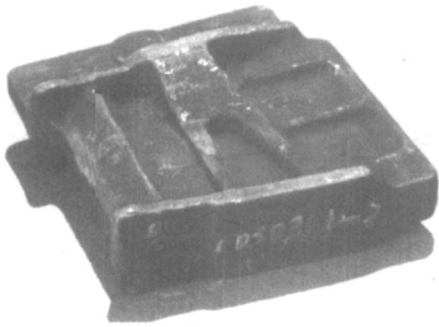


图 1 1Cr15Ni4Mo3N 钢起落架接头锻件实物照片
Fig. 1 Photograph of landing-gear joint forgings made from 1Cr15Ni4Mo3N steel

锻件按技术条件进行四级退火后交货, 退火在天然气炉中进行。实际退火工艺制度为: 780℃ × 8h, 空冷至室温 + 590℃ × 10h, 空冷至室温 + 890℃ × 10h, 空冷至室温 + 660℃ × 7h, 空冷。

1.2 疲劳试样的取样和热处理

疲劳试样的取样部位示于图 2, 试样的形状尺寸示于图 3。

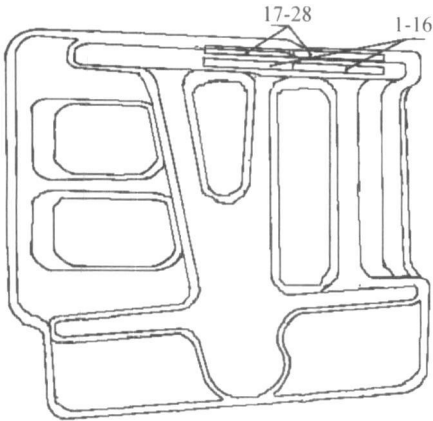


图 2 疲劳试样取样部位
Fig. 2 Sample position of the fatigue specimen

疲劳试样的热处理制度为: 除氢: 520℃ × 8h, 空冷; 最终热处理: 1070℃ × 1h, 油冷 + (-70)℃ × 2h,

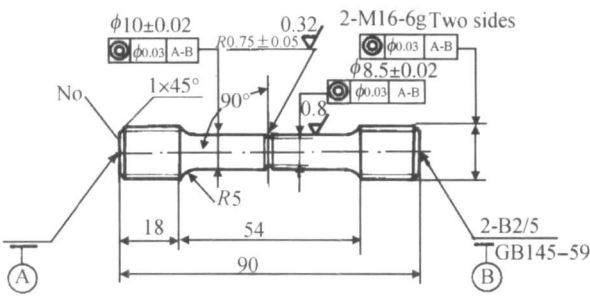


图 3 疲劳试样的形状尺寸 ($K_t = 2.2$)
Fig. 3 geometry of the fatigue specimen ($K_t = 2.2$)

冷处理+ 350℃ × 2h, 空冷。

1.3 疲劳实验

先取两根试样进行一次拉断, 从而获得缺口拉伸强度 σ_{IH} , 最大应力取 $\sigma_{max} = (0.3 \sim 0.6) \sigma_{IH}$, 应力比 R 选定为 0.1。每个加载应力下实验三个试样。加载频率为 8.33Hz。

2 实验结果

1Cr15Ni4Mo3N 钢起落架接头锻件的缺口低周疲劳性能示于表 3 和图 4。作为对比, 表 3 中还给出了 1Cr15Ni4Mo3N 钢 $\phi 20$ mm 棒材的缺口低周疲劳性能。表 3 的实验结果表明, 在淬火之前进行 520℃ × 8h 的除氢处理, 可显著提高 1Cr15Ni4Mo3N 钢锻件的缺口低周疲劳性能。

表 3 1Cr15Ni4Mo3N 钢起落架接头锻件和棒材的缺口低周疲劳性能

Table 3 Low cycle notched fatigue property of 1Cr15Ni4Mo3N steel forgings and bars			
	K	$\sigma_{max} / \text{MPa}$	$N / 10^3 \text{ cycle}$
$K_t = 2.2, R = 0.1$ (forgings, non-dehydrogenation)	0.6	1096	3.4, 3.7, 4.0
	0.5	914	5.9, 8.1, 8.7
	0.4	731	14.2, 18.8, 21.8
	0.3	548	46.5, 63.1, 70.6
$K_t = 2.2, R = 0.1$ (forgings, dehydrogenation)	0.6	1096	4.5, 5.4, 5.6
	0.5	914	11.7, 12.9, 13.4
	0.4	731	24.1, 32.7, 37.9
	0.3	548	107.5, 815.5, > 1000
$K_t = 2.2, R = 0.1$ (bars, non-dehydrogenation)	0.6	1096	4.8, 5.6, 6.1
	0.5	914	10.0, 11.6, 14.9
	0.4	731	18.7, 24.3, 35.5
	0.3	548	75.9, 762.5, > 1000

Note: $K = \sigma_{max} / \sigma_{IH}$

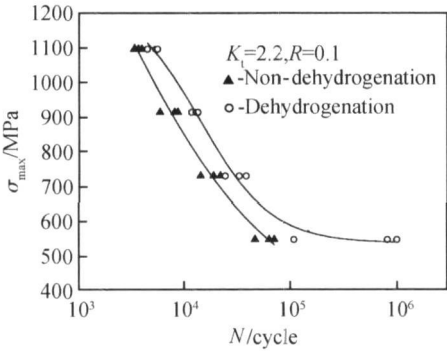


图 4 除氢处理对 1Cr15Ni4M o3N 钢起落架接头锻件疲劳性能的影响

Fig.4 Effect of dehydrogenation treatment on fatigue property for 1Cr15Ni4M o3N steel forgings

3 讨论

3.1 锻件中氢的来源

1Cr15Ni4M o3N 钢起落架接头锻件中氢的来源,

主要有以下三个方面: ①熔炼时从炉料带入或从潮湿大气中吸入; ②锻造时由于使用天然气炉加热坯料, 从燃气气氛中吸入; ③锻件的四级退火由于采用天然气炉加热, 从气氛中吸入。根据表 3 的实验结果, 未进行除氢处理的 1Cr15Ni4M o3N 钢起落架接头锻件, 其疲劳性能明显低于棒材的疲劳性能, 可见 1Cr15Ni4M o3N 钢起落架接头锻件在锻造和随后的退火过程中确实从气氛中吸入了氢。

3.2 除氢处理的重要性

俄罗斯对沉淀硬化不锈钢的除氢处理十分重视, 对 13 15 4 3- , 08 15 5 2 和 07 16 6 等沉淀硬化不锈钢均规定了严格的除氢处理制度, 重要零件淬火前必须进行除氢处理, 俄罗斯几种沉淀硬化不锈钢的除氢处理制度示于表 4^[1]。根据表 3 的实验结果, 国内今后对沉淀硬化不锈钢的除氢处理应予以高度重视, 这对沉淀硬化不锈钢在航空上的可靠应用将大有裨益。

表 4 俄罗斯沉淀硬化不锈钢的除氢处理制度^[1]

Table 4 Dehydrogenation treatment process for precipitation hardening stainless steel in Russia^[1]

Designation	Dehydrogenation treatment process
13 15 4 3- (1Cr15Ni4M o3N)	(520±10) °C, 8-25 h, air cool
08 15 5 2 (0Cr15Ni5Cu2Ti)	(520±10) °C, 8-25 h, air cool
07 16 6(0Cr16Ni6)	(490±10) °C, 10-35 h, air cool

4 结论

- (1) 1Cr15Ni4M o3N 钢锻造时可从加热气氛(油炉或天然气炉)中吸入氢, 并导致锻件疲劳性能显著降低。
- (2) 在淬火之前进行 520 °C × 8h 除氢处理可使 1Cr15Ni4M o3N 钢锻件疲劳性能恢复至正常水平。

参考文献

[1] No. 824-85, 13 15 4 3- 等耐蚀钢的应用和热处理[S].
收稿日期: 2007-05-07; 修订日期: 2008-02-15
作者简介: 金建军(1963-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事高强度结构钢和不锈钢材料研究, 联系地址: 北京 81 信箱 72 分箱。E-mail: jianjun.jin@ biam. ac. cn

拉涨蜂窝结构用于自适应机翼

一种用埋在飞机结构元件中的压电驱动器及其他传感器来实现形状改变的拉涨蜂窝已经问世, 这种蜂窝可实现自适应机翼的轻量化、高效弯曲。这种材料具有负泊松比, 表明在伸长时, 其截面反而变宽。被埋入的传感器可执行健康监控, 蜂格尺寸可以与接收信号的波长匹配, 因而结构可以反射、吸收甚至透过雷达波。此计划有 10 个单位参加, 包括布里斯托尔大学、马耳他大学、埃克塞特大学、Frauenhofer 和 Technion 研究所。该计划始于 2005 年。