

(3) 14-16

船用锚链钢 30Mn2V 的脆性断裂

TG142-41

李 芊 吴 娇 张明明

(太原钢铁(集团)有限公司钢研所, 太原 030003)

U668.2

摘 要 研究了 30Mn2V 三级锚链钢在调质下的脆性断裂及其脆性转化温度; 实验证明: 30Mn2V 钢的脆性转化温度范围为 $-70 \sim -80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

关键词 锚链钢 30Mn2V 脆性转化温度

脆性断裂

Brittleness Rupture of Anchor-Chain Steel 30Mn2V for Ship

Li Qian, Wu Jiao and Zhang Mingming

(Taiyuan Iron and Steel (Group) Co Ltd, Taiyuan 030003)

Abstract The brittle rupture and the ductile brittle transition temperature of quenched and tempered U3 anchor-chain steel 30Mn2V have been studied. The test results show that the ductile brittle transition temperature zone of steel 30Mn2V is $-70 \text{ }^\circ\text{C} \sim -80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Material Index Anchor-Chain Steel, 30Mn2V, Ductile Brittle Transition Temperature

由于锚链工作状态时常处在较低温度下承受较大的冲击载荷, 因此要求低温韧性良好, 有较低的脆性转化温度。30Mn2V 三级锚链钢的 V 型缺口冲击要求 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 下 $A_{KV} \geq 59\text{J}$ 。

在实际工作中, 为避免锚链钢发生低温脆性断裂, 具有重要的意义。脆性转化温度越低, 越不易出现脆性断裂, 使用起来越安全。近几年来, 脆性转化温度在金属材料脆性断裂研究中得到日益广泛的应用。

本文对 30Mn2V 三级锚链钢脆性转化温度进

行了试验研究, 并结合其化学成分、组织性能对脆性断裂及其脆性转化温度的影响进行了分析。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

本试验采用的材料是 $\Phi 90 \text{ mm}$ 的 30Mn2V 三级锚链钢, 其化学成分见表 1^[1]。

热处理制度: $840 \text{ }^\circ\text{C}$ 淬水 + $640 \text{ }^\circ\text{C}$ 高温回火。

试样的制备: 采用标准的夏氏 V 型缺口冲击试样。

表 1 船用锚链钢 30Mn2V 化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of anchor-chain steel 30Mn2V/%

元素	C	Si	Mn	P	S	V	其它
标准成分含量	0.27-0.34	0.20-0.55	1.20-1.80	≤ 0.040	≤ 0.040	0.03-0.07	-
试样分析结果	0.28	0.34	1.49	0.014	0.023	0.05	≤ 0.02

1.2 试验方法

本试验共测定 10 个温度下的冲击值, 其温度为: 室温、 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-90 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-110 \text{ }^\circ\text{C}$ 。每个温度下做 3 个冲击试样, 共 10 组。

2 试验结果

$\Phi 90\text{mm}$ 的 30Mn2V 三级锚链钢的力学性能试验结果见表 2。10 组低温下的冲击功见表 3。结晶状断口面积百分数见表 4。

表 2 30Mn2V 锚链钢力学性能

Table 2 Mechanical properties of anchor-chain steel 30Mn2V

热处理工艺	$\sigma_b /$ MPa	$\sigma_s /$ MPa	$\delta_5 /$ %	$\psi /$ %
840 °C 淬水 + 650 °C 回火	815	710	20	70
太新 91-01	≥ 690	-	≥ 17	≥ 40

表 3 30Mn2V 锚链钢低温冲击功 A_K

Table 3 Low temperature impact energy of anchor-chain steel 30Mn2V

温度 / °C	室温	0	-20	-40	-60	-70	-80	-90	-100	-110
A_K / J	155	137	170	159	146	138	43	36	25	30
平均值	162	157	153	161	138	146	45	37	22	24

表 4 冲击试样结晶状断口面积百分数

Table 4 Area percentage of crystalline grain at fracture surface of impact sample

温度 / °C	室温	0	-20	-40	-60	-70	-80	-90	-100	-110
面积百分数 / %	0	0	0	25	35	45	90	95	100	100

3 试验结果分析

3.1 用能量准则法 (A_K-T 曲线) 测定 30Mn2V 三级锚链钢的脆性转化温度

如图 1 所示, 曲线分为 3 部分: 高冲击值部分, 其断口为韧性断口 (即有塑性变形的断口); 低冲击值部分, 其断口为脆性断口 (无明显塑性变形的断口); 而冲击值变化极大的中间部分, 其断口一部分为脆性, 一部分为韧性, 这部分温度叫做脆性转变温度范围 (T_K)。

由图 1 可见, 采用 A_K-T 曲线法测定 30Mn2V 三级锚链钢的脆性转化温度范围为 $-70 \sim -80$ °C。

3.2 用断口形貌准则法 (结晶状断口面积百分数-温度曲线) 测定 30Mn2V 三级锚链钢的脆性转化温度

如图 2 所示, 在 -20 °C 下开始形成转化温度, 在这个温度以上的断口均为 100% 的纤维状

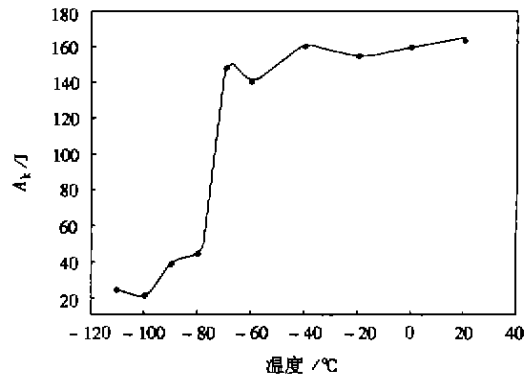


图 1 30Mn2V 锚链钢 A_K-T 曲线

Fig.1 Effect of temperature on impact energy of anchor-chain steel 30Mn2V

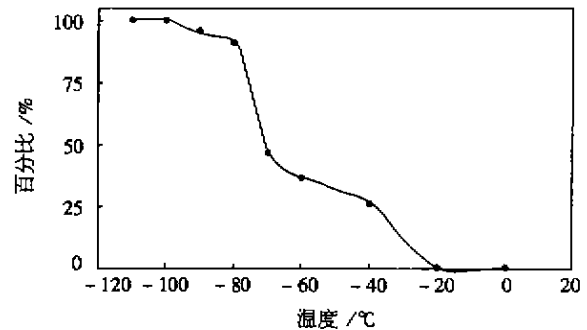


图 2 30Mn2V 锚链钢结晶状断口-温度曲线

Fig.2 Effect of temperature on area percentage of crystalline grain at fracture surface of anchor-chain steel 30Mn2V

断口, 而在这个温度以下由韧性断口开始向脆性转化的温度, 断口为韧窝状。 $-70 \sim -80$ °C 范围中某一温度下断口总面积出现 50% 的结晶状断口, 50% 的纤维状断口。取结晶区面积占总面积 50% 的温度作为脆性转化温度, 记作 50% FATT, 断口为韧窝断口和解理断口的混合断口。 -80 °C 出现 90% 的结晶状断口, 10% 的纤维状断口, 此温度下的断裂为脆性断裂, 即解理断裂。 -100 °C 断口全部为结晶状断口, 此温度下的断裂基本上没有塑性变形。

由图 2 可见, 采用结晶状断口面积百分数和温度法测定 30Mn2V 三级锚链钢的脆性转化温度范围也为 $-70 \sim -80$ °C。

3.3 30Mn2V 三级锚链钢主要化学元素对其脆性转化温度 T_K 的影响

3.3.1 碳对 T_K 的影响

本试验用钢碳含量为 0.28%, 碳是提高脆性

转化温度的元素, 每增加 0.1% 的碳, 脆性转化温度可提高 10 °C。增加碳量对试样断裂吸收的最大能量和转化温度曲线形状都有明显的影响。

3.3.2 锰对 T_k 的影响

锰是降低脆性转化温度的元素, 每增加 0.1% 的锰, 脆性转化温度可降低 5 °C。30Mn2V 三级锚链钢中, 锰含量为 1.20% ~ 1.80%, 利用锰与 0.27% ~ 0.34% 的碳含量有利配合, 既保证了较高的强度, 又获得了较低的脆性转化温度。

3.3.3 钒对 T_k 的影响

钢经调质处理后, 钒主要分布于碳化物中, 少量溶于铁素体, 含钒碳化物的弥散分布, 有利于提高钢的强度和细化晶粒, 降低钢的脆性转化温度, 改善钢的低温冲击韧性。30Mn2V 三级锚链钢中含钒量为 0.03% ~ 0.07%, 钒在钢中是先提高后降低脆性转化温度的。

3.3.4 晶粒度对 T_k 的影响

由于晶界上夹杂物的偏析, 使材料塑性下降。因此, 当晶界总表面积增加时, 晶界上杂质偏析的浓度将会降低, 有害影响将会减少, 脆性转化温度就可能降低。由于晶粒大小与晶界总表面积成反比, 故细化晶粒可降低脆性转化温度。

晶粒大小对脆性转化温度有强烈的影响。30Mn2V 三级锚链钢的奥氏体晶粒度为 9 级, 因晶粒细小, 从而脆性转化温度较低。

3.3.5 金相组织对 T_k 的影响

在硬度和强度相同的条件下, 一般具有高温回火组织(索氏体)的钢, 冲击性能最好, 即韧性切变断裂冲击值最高, 脆性转化温度最低, 具有贝氏体组织的钢, 冲击性能较差, 具有珠光体组织的钢, 冲击性能最差。

所有的宏观缺陷、偏析、夹杂、残余应力、冷加工、形变时效、回火脆性等都会提高脆性转化温度, 降低低温冲击韧性。

30Mn2V 三级锚链钢的热处理工艺为 840 °C 淬水, 640 °C 高温回火, 即调质处理后来制造三级锚链, 其金相组织为回火索氏体, 可见此钢具有较低的脆性转化温度。

从 1991 年至今, 太钢共生产 30Mn2V 三级锚链钢 4 000 多吨, 各项低倍组织均小于 1 级, 保证了该钢有较低的脆性转化温度。

3.3.6 其它

促进材料脆化的主要因素是温度, 温度降低,

材料脆性断裂倾向增加。此外, 形变速度、试样大小、应力状态等因素也有一定的影响(图 3)。

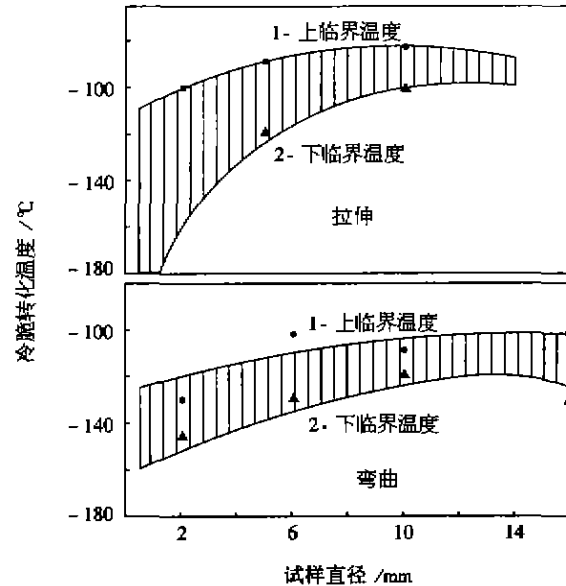


图 3 试样(无缺口)尺寸及应力状态对冷脆性转化温度的影响

Fig.3 Effect of non notch impact sample size and stress condition on cold brittleness transition temperature of steel 30Mn2V

1- up-critical temperature; 2- down-critical temperature

4 结论

(1) 30Mn2V 三级锚链钢脆性转化温度范围在 -70 ~ -80 °C。

(2) 试验结果表明, 30Mn2V 三级锚链钢的化学成分稳定, 组织致密, 热处理制度合理, 具有良好的综合机械性能及低温冲击韧性, 获得了较低的脆性转化温度。

(3) 30Mn2V 三级锚链钢脆性转化温度与其化学成分、晶粒度、金相组织以及试样尺寸等多种因素有关。要获得较低的脆性转化温度, 必须进一步改善钢材质量。

参考文献

1 锚链钢技术条件, YB897-77, 1977

李 芊, 女, 30 岁, 工程师。1990 年毕业于北京科技大学轧钢专业。从事金属材料及工艺研究。

收稿日期: 2000-03-20