

· 工艺技术 ·

## 丝锥用 Nb 微合金化 TGM2A-S 高速钢的开发

雷利军

(江苏天工工具有限公司, 丹阳 212312)

**摘要** TGM2A-S 钢( /% : 0.85C, 0.27Si, 0.24Mn, 0.026P, 0.007S, 3.98Cr, 4.76Mo, 6.09W, 1.83V, 0.12Nb, 0.03RE)是在高速钢 TGM2A 的基础上添加微量铌和稀土开发的新型丝锥用高速钢。TGM2A-S 钢的生产工艺流程为 25 t EAF-30 t LF-VD(微合金化)-铸锭(700 kg)二火锻造(85 mm 方)-连轧(Φ8 mm)-冷拉(Φ6.6 mm)-加工丝锥(M6)。结果表明,原工艺:3 t 中频感应炉-ESR(280 kg 锭)-二火锻造(85 mm 方)-连轧(Φ8 mm)-冷拉(Φ6.6 mm)-加工丝锥(M6)生产的 TGM2A 钢中的 O 和 N 含量分别为  $35.4 \times 10^{-6}$  和  $123.6 \times 10^{-6}$ , 而改进工艺生产的 TGM2A-S 钢的 O 和 N 含量分别为  $15.7 \times 10^{-6}$  和  $87.7 \times 10^{-6}$ 。TGM2A-S 钢的丝锥切削寿命较电渣工艺生产的 TGM2A 钢提高 20%; TGM2A-S 钢的淬火晶粒为 10.5 级, 电渣工艺生产的 TGM2A 钢的晶粒度为 10 级。

**关键词** TGM2A-S 高速钢 Nb 微合金化 丝锥 使用寿命

## Development of Nb Microalloying High Speed Steel TGM2A-S for Taps

Lei Lijun

(Jiangsu Tiangong Tools Co Ltd, Danyang 212312)

**Abstract** Steel TGM2A-S ( /% : 0.85C, 0.27Si, 0.24Mn, 0.026P, 0.007S, 3.98Cr, 4.76Mo, 6.09W, 1.83V, 0.12Nb, 0.03RE) is a new developed high speed steel for taps based on high speed steel TGM2A with adding micro niobium and rare earth elements. The advanced production process flow sheet for steel TGM2A-S is 25 t EAF-30 t LF-VD (microalloying)-cast ingot (700 kg)-double heating forging (85 mm square)-continuous rolling (Φ8 mm)-cold drawing (Φ6.6 mm)-manufacturing taps (M6). Results show that the O and N content in steel TGM2A produced by original process- 3 t medium frequency induction furnace-ESR (280 kg ingot)-double heating forging (85 mm square)-continuous rolling (Φ8 mm)-cold drawing (Φ6.6 mm)-manufacturing taps (M6) are respective  $35.4 \times 10^{-6}$  and  $123.6 \times 10^{-6}$ , while the O and N in steel TGM2A-S produced by advanced process are respectively  $15.7 \times 10^{-6}$  and  $87.7 \times 10^{-6}$ . The cutting service life of taps manufactured by steel TGM2A-S increases by 20% as compared with that by steel TGM2A and the rating of grain size of quenched steel TGM2A-S is 10.5 while that of quenched steel TGM2A produced by ESR flow sheet is 10.

**Material Index** High Speed Steel TGM2A-S, Nb Microalloying, Taps, Service Life

丝锥等螺纹刀具不仅要有较高的硬度,更要有良好韧性和强韧性配合,还要具备高稳定性和可靠性。通过对 M2 高速钢微合金化理论进行优化成分设计,并配合合理的热加工工艺,达到改善该钢综合性能的目的,开发出 TGM2A-S 丝锥用高速钢。

### 1 试验工艺流程

原工艺:3 t 中频炉→浇铸电渣棒→电渣重熔(锭重 280 kg)→5 t 锤开坯 130 mm 方→750 kg 锤二次开坯(85 mm 方)→经连轧成材(Φ8 mm)→冷拉成 Φ6.6 mm→加工丝锥(M6)→检验→切削试验;

新工艺:25 t 电弧炉→30 t LF 精炼→30 t VD 真

空脱气(微合金化)→浇铸 700 kg 八角锭→快锻开坯或 5 t 锤开坯 130 mm 方→750 kg 锤二次开坯(85 mm 方)→连轧成材(Φ8 mm)→冷拉成 Φ6.6 mm→加工丝锥(M6)→检验→切削试验。

分别在精炼和 VD 结束加入铌铁和稀土金属。

### 2 试验结果

#### 2.1 试验钢的化学成分和气体含量

由表 1 可见,除 TGM2A-S 钢含 0.12% Nb 和 0.03% RE 外,其他成分两钢号基本相同,但 EAF-LF-VD 工艺生产的 TGM2A-S 钢中的 O 和 N 含量明显低于中频感应炉-ESR 工艺生产的 TGM2A 钢。

表 1 试验钢材的化学成分和气体含量  
Table 1 Chemical composition and gas content of test steels

工艺	钢号	化学成分/%											气体含量/ $10^{-6}$		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Nb	RE	O	N	H
原工艺	TGM2A	0.85	0.30	0.28	0.027	0.009	4.03	4.78	6.03	1.85	-	-	35.4	123.6	0.2
新工艺	TGM2A-S	0.85	0.27	0.24	0.026	0.007	3.98	4.76	6.09	1.83	0.12	0.03	15.7	87.7	0.4

按 ASTM E45 A 法评定钢材夹杂物,由表 2 可见两钢号的夹杂物级别基本相同。

## 2.2 试验钢材退火组织

(1)退火工艺:热轧盘条及钢丝用井式电退火炉退火,860~880℃ 2~4 h 后 20~30℃/h 冷却到 600℃ 出炉。

(2)退火组织:直径 6.6 mm 钢丝退火组织为正常的高速钢的退火组织,球状珠光体+细小一次碳化物(图 1),TGM2A 钢最大碳化物颗粒尺寸为 6.5 μm, TGM2A-S 钢最大碳化物颗粒尺寸为 7.5 μm。

## 2.3 丝锥样品的淬火组织及硬度

热处理试验采用盐浴淬火,从表 3 中可见,微量的铌和稀土元素对淬回火硬度没有明显影响,但加入 0.12% Nb 后,使淬火晶粒度细 0.5 级。

表 2 试验钢材夹杂物评级结果/级  
Table 2 Rating of inclusions in test steels /rating

钢号	A(硫化物)		B(氧化物)		C(硅酸盐)		D(点状氧化物)	
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗
TGM2A	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5
TGM2A-S	0.5	0	1.0	0.5	0.5	0	0.5	0.5

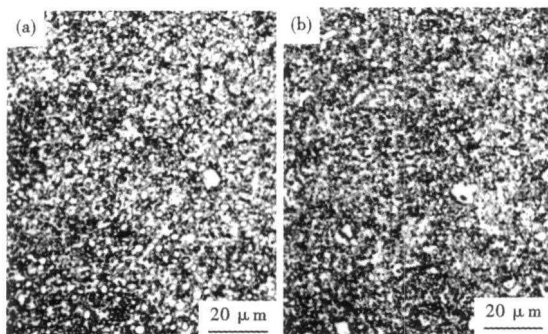


图 1 TGM2A 钢(a)和 TGM2A-S 钢(b)Φ6.6 mm 退火材的组织形貌,×500

Fig.1 Structure morphology of Φ6.6 mm annealed products of steel TGM2A (a) and steel TGM2A-S (b), ×500

表 3 TGM2A 钢和 TGM2A-S 钢淬火晶粒度级别和回火硬度  
Table 3 Rating of quenched grain size and tempered hardness of steel TGM2A and steel TGM2A-S

钢号	淬火温度/℃	晶粒度/级	回火工艺	回火程度	回火硬度(HRC)
TGM2A	1 215	10.0	550℃ × 3	1	65.3
TGM2A-S	1 215	10.5	次 × 1 h	1	65.1

## 3 切削试验

两种工艺加工成的 Φ6.6 mm 钢丝,用同样的冷加工及热处理工艺,加工成 M6 的丝锥。然后在 TK7640 专用机床上做对比试验,试验标准按 JB/T54882-1999 中国机械行业标准。试验结果表明,

用丝锥钢生产的丝锥平均攻丝 648 个,原工艺材料平均攻丝 507 个,切削寿命提高了 22%。相同的对比工艺加工成磨制钻进行切削对比试验,也得到相近的结果。

## 4 分析讨论

稀土元素在钢中有脱氧除气,脱硫,改变夹杂物形态,使晶界净化,细化铸态组织等作用。高速钢中加入微量稀土可以提高钢的热塑性<sup>[1]</sup>。

钢中用铌的基本考虑是它形成非常稳定的碳化物 NbC。NbC 析出的长大有限,不会发生显著的质点粗化<sup>[2]</sup>。因此 NbC 质点将提供类似传统的正火钢或渗碳钢种中的晶界钉扎作用,用来保证细晶显微组织<sup>[3]</sup>。M2 钢中添加 0.1% Nb 可以细化晶粒 0.5 级。在同样的硬度条件下,由于晶粒细故有更好的韧性。同样可以理解为要达到同样的晶粒度,含铌钢可以采用更高的温度淬火。这样就会溶解更多的碳化物,因而使钢材具备更佳的红硬性。

从试验结果还可以看出,铌和稀土进行微合金化处理后对淬回火硬度基本没有影响,可以细化淬火晶粒度 0.5 级。

从炼钢工艺考虑,该工艺与电渣重熔钢相比,钢锭结晶的一致性较好,特别是靠近钢锭表面层凝固速度比电渣钢要快,结晶组织更细。再经过 LF + VD 工艺后,钢种气体含量明显降低,这就有效提高了钢的韧性。而丝锥材料的韧性是衡量该材料最重要的指标之一,也是决定丝锥寿命最重要的指标之一。

## 5 结论

(1)TGM2A-S 丝锥专用高速钢,经电弧炉炼钢,LF + VD 精炼工艺,结合微合金化然后铸锭,经快锻、5 t 锤开坯、连轧成材,工艺先进,质量稳定可靠。与原单纯的电渣钢相比,丝锥的切削寿命明显提高。

(2)加铌及稀土微合金化后,对材料的宏观组织、微观组织没有产生明显影响,对淬回火硬度也没有明显影响,但使淬火晶粒细化,材料的韧性提高。

## 参考文献

- 1 蒋志强,冯锡兰,符寒光,等. 稀土对高碳高速钢组织和性能的影响. 航空材料学报,2007,27(1):6
- 2 付俊岩. Nb 微合金化和含铌钢的发展及技术进步. 钢铁,2005,40(8):1
- 3 张永,马党参,刘建华,等. Nb 含量对 W3Mo2Cr4V(Nb) 高速钢组织和力学性能的影响. 特殊钢,2007,28(3):44

雷利军(1963-),男,硕士,高级工程师,河北工业大学毕业,工模具钢的开发和研究。

收稿日期:2011-05-18