

## 冷轧中间辊用半高速钢 16Cr5D 的组织 and 性能

李朝华 王志新 刘英武

(东北特钢集团北满特殊钢有限责任公司, 齐齐哈尔 161041)

**摘要** 试验研究了 20 kg 中频感应炉冶炼的半高速钢 16Cr5D( % : 0.50 ~ 0.56C, 0.36 ~ 0.39Mn, 0.95 ~ 1.03Si, 5.34 ~ 5.68Cr, 0.31 ~ 0.41Ni, 1.00 ~ 1.04Mo, 0.29 ~ 0.30V) 的铸态组织以及 880 ~ 1 060 °C 淬火、200 ~ 750 °C 回火后的锻态组织和机械性能。试验结果表明, 该钢最佳淬火温度为 970 ~ 1 000 °C, 在 500 °C 回火有明显的二次硬化, 淬回火后具有良好的综合机械性能, 是优良的冷轧中间辊材质。

**关键词** 冷轧中间辊 半高速钢 16Cr5D 组织 机械性能

## Structure and Properties of Middle Roll of Semi-High Speed Steel 16Cr5D for Cold Rolling

Li Zhaohua, Wang Zhixin and Liu Yingwu

(Beiman Special Steel Co Ltd, Dongbei Special Steel Group, Qiqihaer 161041)

**Abstract** The as cast structure and forged structure and mechanical properties of semi-high speed steel 16Cr5D - 0.50 ~ 0.56C, 0.36 ~ 0.39Mn, 0.95 ~ 1.03Si, 5.34 ~ 5.68Cr, 0.31 ~ 0.41Ni, 1.00 ~ 1.04Mo, 0.29 ~ 0.30V quenched at 880 ~ 1 060 °C and tempered at 200 ~ 750 °C melted by a 20 kg medium frequency induction furnace has been tested and studied. The test results showed that the optimum quenching temperature was 970 ~ 1 000 °C, the second hardening of the steel was obvious as tempered at 500 °C, and the quenched and tempered steel had excellent comprehensive mechanical properties. Therefore the steel is a nice material for cold middle roll.

**Material Index** Middle Roll for Cold Rolling, Semi-High Speed Steel 16Cr5D, Structure, Mechanical Properties

北满特钢从 1998 年末开始研究冷轧中间辊用半高速钢 16Cr5D, 它与冷轧工作辊<sup>[1]</sup>不同, 要求具有良好的综合机械性能。本文研究了该钢种的组织和性能。

### 1 试料的制备

采用 20 kg 中频感应炉, 冶炼的 3 炉 16Cr5D 钢及与之相对比的 86CrMoV7、MC5 钢化学成分见表 1。

由 28 mm × 60 mm 锻材所取的试料经 870 °C 2 h, ≤ 30 °C/h 的冷速冷却至 740 °C 3 h, ≤ 20 °C/h 的冷速冷却至 300 °C, 再空冷至室温的 16Cr5D 钢 (1) 经球化退火后  $\sigma_b$  为 740 ~ 750 MPa,  $\sigma_s$  360 ~ 385 MPa,  $\delta$  20% ~ 30%, 球化退火后加工各种试样。

### 2 16Cr5D 钢的组织 and 性能

临界点较传统的冷轧辊用钢 86CrMoV7、MC5 要高(表 2), 因此该钢的淬火温度将显著提高。

16Cr5D 钢(2) 经电解和 X-射线衍射分析结果表明, 该钢未溶碳化物的类型是以富铬的 M7C3 为主和少量富钼的 M2C, 这种硬质碳化物类型将显著提高轧辊的耐磨性。

图 1 组织表明, 在 880 ~ 1 000 °C 正常温度下淬火, 该钢的淬火组织实际上是隐晶马氏体加未溶碳化物, 且随着淬火温度的提高, 未溶碳化物的数量减少, 只有将其加热到 1 030 °C 时即过热状态下淬火才能看到马氏体, 但此时的马氏体已不是

表 1 16Cr5D 半高速钢和 86CrMoV7、MC5 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of semi-high speed steel 16Cr5D and steel 86CrMoV7 and MC5 /%

钢号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
16Cr5D(1)	0.56	1.05	0.37	0.012	0.003	0.33	5.68	1.04	0.30
16Cr5D(2)	0.54	0.95	0.36	0.013	0.002	0.31	5.49	1.00	0.29
16Cr5D(3)	0.50	1.03	0.39	0.013	0.002	0.41	5.34	1.04	0.30
86CrMoV7	0.88	0.30	0.48	0.012	0.002	-	1.93	0.28	0.12
MC5	0.89	0.78	0.45	0.013	0.003	0.47	5.20	0.36	0.16

表 2 试验钢种的临界点/℃  
Table 2 Transformation point of test steels /℃

钢种	Ac <sub>1s</sub>	Ac <sub>1f</sub>	Ar <sub>1s</sub>	Ar <sub>1f</sub>
16Cr5D(2)	840	870	775	720
86CrMoV7	760	788	698	670
MC5	780	820	750	710

隐晶马氏体,而是过热的粗针马氏体,1 060 ℃ 下淬火,粗针马氏体更加明显(图 1)。

16Cr5D 钢在 1 030 ℃ 以上即过热状态下硬度仍提高(图 2)。16Cr5D 钢在 1 030 ℃ 时晶粒开始粗大,在 1 060 ℃ 油冷时,晶粒度为 7 ~ 9 级。因此



图 1 16Cr5D 半高速钢在 1 000 ℃ (a), 1 030 ℃ (b) 和 1 060 ℃ (c) 淬火油冷后的组织

Fig. 1 Structure of semi-high speed steel 16Cr5D quenched at 1 000 ℃ (a), 1 030 ℃ (b) and 1 060 ℃ (c) oil cooling

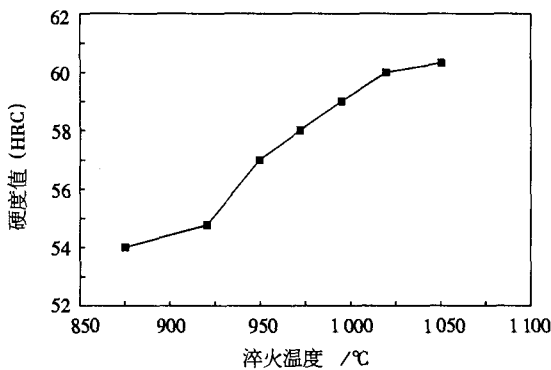


图 2 对半高速钢 16Cr5D(1) 硬度的影响

Fig. 2 Effect of quenching temperature on hardness of semi-high speed steel 16Cr5D(1)

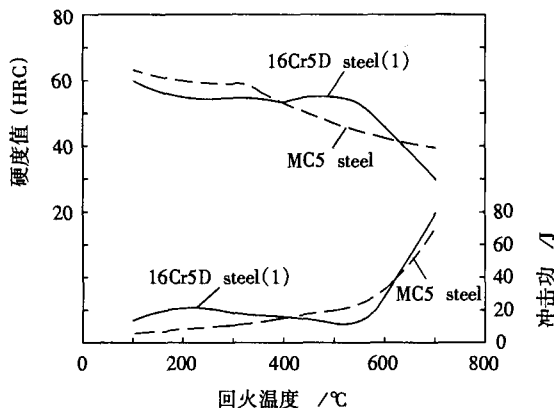


图 3 回火温度对半高速钢 16Cr5D(1) 和钢 MC5 的硬度和冲击功的影响

Fig. 3 Effect of tempering temperature on hardness and impact energy of semi-high speed steel 16Cr5D(1) and steel MC5

在淬火温度为 970 ~ 1 000 ℃ 所得到的高硬度可满足要求。

利用 16Cr5D 钢(1) 试料制成梅氏冲击样(

型缺口), 试样经 930 ℃ × 20 min 油冷, 分别在 100 ~ 700 ℃ 回火后的硬度和冲击功示于图 3。

16Cr5D 钢 500 ℃ 回火组织是回火屈氏体加碳化物, 700 ℃ 回火组织中碳化物数量增加。

该钢淬火 + 100 ℃ 以下回火, 冲击断口主要是脆断, 断口呈放射状, 塑性变形区很小, 属正常的瓷状断口。500 ℃ 回火时, 断口的放射区又略有增加, 淬火 + 700 ℃ 回火, 出现类似纤维状断口的三大特征: 纤维区、放射区和剪切唇。

16Cr5D 钢(1) 920 ℃ × 20 min 油冷 740 ℃ × 2 h 回火后, 具有良好的综合机械性能(表 3)。

表 3 半高速钢 16Cr5D(1) 和 MC5 钢机械性能对比  
Table 3 Comparison of mechanical properties between semi-high speed steel 16Cr5D(1) and steel MC5

钢种	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\Psi$ /%	$\delta$ /%
16Cr5D(1)	871	638	56	23
MC5	997	913	42	20

### 3 结论

(1) 16Cr5D 钢的碳化物类型是富铬的 M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> 为主和少量富钼的 M<sub>2</sub>C, 在 500 ℃ 回火时产生了二次硬化现象。

(2) 16Cr5D 钢具有较高的淬火温度、二次硬化现象、良好的综合机械性能。

### 参考文献

1 尹钟大, 刘德富, 徐德祥, 等. 锻造半高速钢冷轧工作辊的试制. 特殊钢, 2005, 26(4): 38

李朝华(1971-), 女, 工程师, 从事工模具钢研究。