

## 新型弹簧钢 33SiMnB 的研制\*

吴凡 马鸣图 毛剑吾 堵永国

(材料科学与应用化学系)

**摘要** 本文报导了一种新研制的钢种 33SiMnB, 用这一碳含量远低于传统弹簧钢 (如 60Si<sub>2</sub>Mn) 的新弹簧钢 33SiMnB 制造的载重汽车板簧、铁路轨枕弹条等弹性制件, 不但综合力学性能优于传统弹簧钢制成的相同制件, 而且在冶金厂的钢材生产过程和机械厂的制簧生产过程中都显出成品率高、能耗率低等诸多优点。

**关键词** 新型材料, 弹簧钢

**分类号** TG142.4

## 1 前言

传统弹簧钢碳含量较高; 中国国家标准中的 17 种弹簧钢平均含碳 0.6%, 使用状态的显微组织是回火屈氏体。近年来人们对钢中马氏体形态与钢的宏观力学性能间关系及其影响因素认识的深化, 激励我们试图通过降低钢的碳含量和淬火弹簧回火温度为生产者获取更大经济效益。钢中碳含量的降低还可带来如下的一些好处: 改善钢的表面质量, 从而免去轧前的扒皮操作或减少修磨工序; 钢的轧制抗力变低, 成材率提高; 钢中产生白点和脱碳的敏感性和石墨化倾向降低; 钢材制簧抗力降低等。新研制弹簧钢制品的性能应满足 GB1222-84 对 60Si<sub>2</sub>Mn 的规定即  $\sigma_{0.2}$  和  $\sigma_s$  分别大于等于 1176 和 1274MPa,  $\sigma$  和  $\psi$  分别等于 5 和 25%。

新钢种 33SiMnB 的设计成分列于表格 1 中。表 1 同时还给出传统弹簧钢 60Si<sub>2</sub>Mn 的化学成份, 以资比较。测定的与热处理有关的临界点  $A_{c1}$ 、 $A_{c3}$ 、 $A_{r3}$ 、 $A_{r1}$  及  $M_s$  分别是 738、825、745、670 和 385℃。

表 1 33SiMnB 和 60Si<sub>2</sub>Mn 的化学成份 wt. 0/0

钢号	C	Si	Mn	P	S	B(ppm)
33SiMnB	0.30~0.37	0.7~1.0	1.0~1.3	≤0.035	≤0.035	10~30
60Si <sub>2</sub> Mn	0.57~0.65	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.035	≤0.035	/

由电炉冶炼的新钢种钢锭热轧成 63 毫米宽 8 毫米厚 (有一部分是 6.5) 的 6000 毫米定尺长商用扁钢以制造解放牌载重车前轴板簧和直径  $\Phi 13.6$  毫米, 长 6000 毫米定尺圆

\* 1993 年 12 月 24 日收稿

钢以制作铁路轨枕弹条。

## 2 结果

新钢种的 TTT 曲线及端淬曲线分别由图 1 和图 2 示出。同时, 由图 3 和图 4 给出淬火和淬回火硬度随温度变化的测定结果。

表 2 800℃ 淬火 33SiMnB 钢 (油淬) 的回火温度与性能的关系

$T(^{\circ}\text{C})$	$\sigma_{0.2}(\text{MPa})$	$\sigma_b(\text{MPa})$	$\sigma_{0.2}/\sigma_b$	$\delta(\%)$	$\psi(\%)$
350	1306	1520	0.86	7.0	55
375	1271	1460	0.87	7.0	55
400	1230	1390	0.88	7.2	55
425	1110	1263	0.88	7.0	55
450	1028	1122	0.92	10.0	55

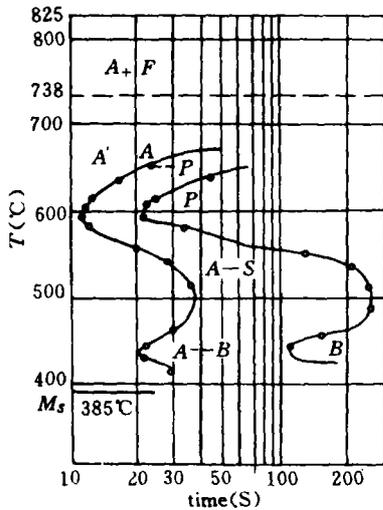


图 1 33SiMnB 钢的 TTT 曲线

(800℃ 奥氏体化的平均晶粒直径为 44 微米)

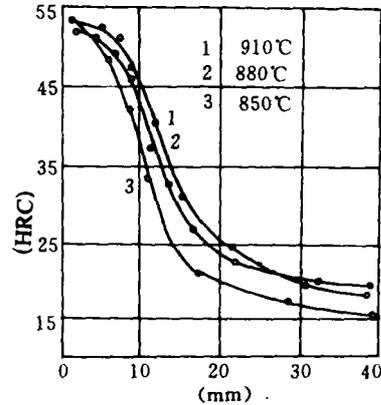


图 2 不同温度的端淬曲线。

与图 4 中的曲线 2 所对应的其它力学性能测定结果示于表 2。另外, 在平面应变条件下测定的 33SiMnB 和 60Si<sub>2</sub>Mn 钢的临界应力强度因子  $K_{Ic}$  分别是 85.25 和 74.4MN/m<sup>3/2</sup>, 而对应的热处理硬度均为 HR<sub>c</sub>44。

33SiMnB 钢的脱碳倾向和晶粒长大趋势由表 3 给出。

表 3 20 分钟等时保温下的 33SiMnB 晶粒直径和脱碳厚度

C	Diameter of grains(micromet.)	Thickness of decarbonize(mm)
820	16	0.042
850	16	0.045
880	18	0.054
910	26	0.065

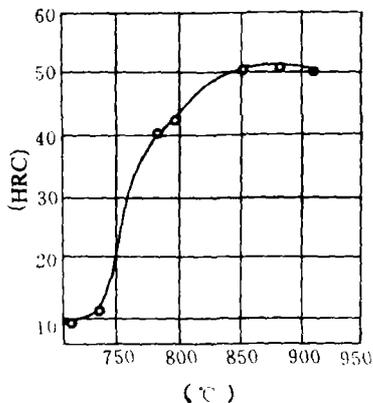


图 3 淬火温度对硬度的影响

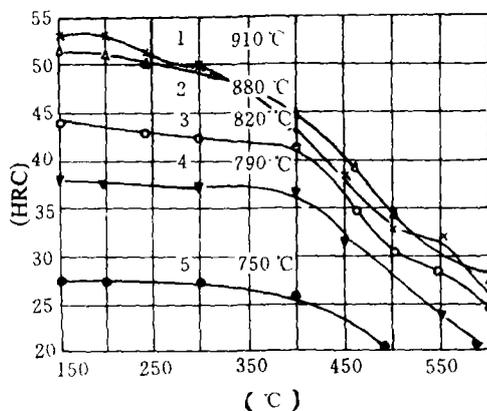


图 4 回火温度与硬度的关系

图 5 和图 6 分别是 33SiMnB 静态应力应变曲线与循环应力应变特性的比较以及低频应力疲劳曲线。由结果可知,新钢种存在一定程度的循环软化现象,它可表征钢的抗松弛稳定的能力。不过抗松弛稳定性的更为直接的表征方法或许是由马鸣图<sup>[1]</sup>提出的包辛格效应法;用该方法测定 33SiMnB 的抗松弛稳定性不低于 60Si<sub>2</sub>Mn 和 55SiMnVB 用同法测定的指标。

33SiMnB 制造的弹簧的正确热处理制度是 880°C 淬火(冷却介质可油可水)和 380°C 回火,其显微组织是回火板条马氏体,宏观硬度为 HR<sub>c</sub>40~46。

用 33SiMnB 钢制造的解放牌 4 吨载重汽车前簧总成经台架疲劳振动实验表明性能优良;装车运转考核顺利通过 10 万公里行程而无任何损伤,与之对比的 60Si<sub>2</sub>Mn 板簧则发生了断片。由新钢种制造的铁路轨枕弹条不但顺利通过了国家标准规定的 200 万次疲劳台架试验,达到了 1000 万次的寿命值,超出德国国家标准 500 万次规定值的一倍。目前 33SiMnB 弹条正在进行 1 公里铺轨运转考核。

新钢种 33SiMnB 已在湖南省涟源钢铁总厂批量生产。

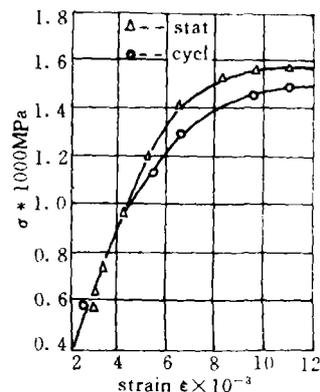


图 5

### 3 结论

(1) 新弹簧钢 33SiMnB 可在回火板条马氏体状态下作为各类弹性制件, 其淬火温度为 880℃, 淬火介质可以采用廉价的水、并使回火温度较传统弹簧钢低约 100℃;

(2) 综合力学性能不但满足国标规定值, 且相同硬度下的韧性储备高于传统弹簧钢;

(3) 新钢种的用户无需改变原有工艺装备和工人的操作习惯, 并节省许多生产费用。

作者对涟源钢铁厂对本项研究所给予的支持和合作表示感谢。

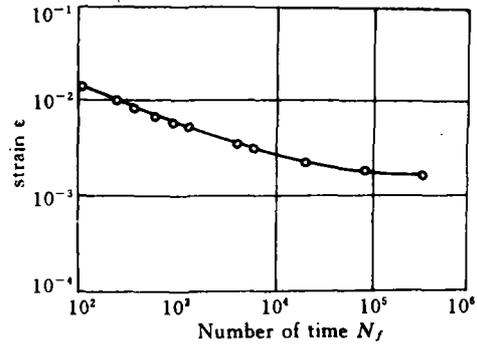


图 6 33SiMnB 的应变疲劳曲线。

### 参 考 文 献

- 1 雍歧尤, 马鸣图等. 微合金钢, 北京: 机械工业出版社, 1989, 567~579

## The Development of a New Sort of Spring Steel 33SiMnB

Wu Fan Ma Mingtu Mao Jianwu Du Yongguo  
(Department of Materials Science and Applied Chemistry)

### Abstract

A new sort of spring steel 33SiMnB invented by the authors has been reported briefly. Containing lower carbon content than the traditional spring steels (such as 60Si<sub>2</sub>Mn), the springs made of the new steel either in case plate section of truck or in round section of railway sleeper appear more comprehensive mechanical properties and implicate higher end product rate and lower consumed power in both rolling and spring-manufacturing processes.

**Key words** new type material, spring steel