

60Si2Mn 弹簧钢的柔性轧制技术

陈 敏¹, 董中奇¹, 陈 锐¹, 王 兵¹, 刘振民²

(1. 河北工业职业技术学院, 河北 石家庄 050091; 2. 邢台钢铁有限公司, 河北 邢台 054027)

摘要:通过调整终轧温度,研究了冷却速度对 60Si2Mn 钢相变组织及力学性能的影响。结果表明:终轧温度和冷却速度的变化对 60Si2Mn 钢显微组织和性能有显著的影响,在相同的终轧温度下,随冷却速度增大铁素体组织和珠光体片层间距得到细化,索氏体含量提高,硬度逐渐增加。

关键词:弹簧钢;化学成分;轧制;力学性能

中图分类号: TG142.41

文献标识码: B

文章编号: 1006-5008(2011)02-0014-04

FLEXIBLE ROLLING IN PRODUCTION OF 60Si2Mn SPRING STEEL

Chen Min¹, Dong Zhongqi¹, Chen Rui¹, Wang Bing¹, Liu Zhenmin²

(1. Hebei Industrial Institute of Vocation and Technique, Shijizhuang, Hebei, 050091; 2. Xingtai Iron and Steel Company, Xingtai, Hebei, 054027)

Abstract: Through adjusting end-rolling temperature, the influence of cooling speed on phase transformation structure and mechanical property of 60Si2Mn steel is researched. It is showed from the result that change of end-rolling temperature and cooling speed have obvious effect on it; under same end-rolling temperature, as cooling speed gets increased layer gap between ferrite and pearlite structure get fine, content of sorbite increased, hardness higher.

Key Words: spring steel; chemical component; rolling; mechanical property

1 引言

随着汽车工业的发展,对汽车用弹簧钢的需求量不断增加^[1]。对于常用合金弹簧钢 60Si2Mn 来说,其作为汽车悬挂系统的减震部件,不同的用户根据不同的生产需求需要不同强韧性的产品。因此可以通过提高冶金质量、调整控轧控冷工艺等多种途径来改善弹簧钢的强韧性,从而满足不同用户对弹簧钢性能的要求^[2-5]。

本文主要是通过研究终轧温度与冷却速度对组织结构、力学性能的影响,从而实现弹簧钢的柔性轧制技术,满足不同用户的需求。

2 实验材料和方法

试验用钢取自邢钢生产弹簧钢 60Si2Mn 进精轧前的坯料,成分如表 1 所示,将其加工成 $\Phi 6\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ 的热模拟圆柱形试样。

试验钢 60Si2Mn 分别在终轧温度 950 ℃ 和 850 ℃ 下不同冷速下进行连续冷却。冷却工艺参数如表 2 所示。

表 1 试验 60Si2Mn 钢化学成分

钢种	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu
60Si2Mn	0.58	1.66	0.76	0.005	0.006	0.14	0.01

表 2 60Si2Mn 钢的轧制工艺参数

终轧温度/℃	冷速/(℃/s)							
850	1	1.9	2.6	3.4	3.8	4.3	5	9
950	1	1.9	2.6	3.4	3.8	4.3	5	9

采用单色红外测温仪监测合金温度。用 Leica 光学金相显微镜和扫描电镜以及能谱分析仪分析合金显微组织和成分,采用 PROFILERHR 型辉光光谱分析仪分析钢中的化学成分,在统计一种元素的时候,认为其他元素分布是相同的。

切取样坯刨光后用线切割切取小块试样,编号制作成拉伸试样,根据国家标准 GB/T228-87,采用 BDCL 型材料力学多功能试验机对其力学性能进行测试,试验在室温 10~35 ℃ 范围内进行,其性

收稿日期:2010-12-09

作者简介:陈敏(1975-),女,2010年毕业于中南大学机械设计及自动化专业,在河北工业职业技术学院工作,E-mail:chenmin9887@126.com

能指标用 GB/T228 - 2002 进行标注。

3 实验结果和讨论

试验钢 60Si2Mn 分别在终轧温度 950 ℃ 和 850 ℃, 不同冷速下的相变点温度及组织含量如表 3 所

示,其相应的连续冷却转变曲线如图 1 所示,图 2 显示了在终轧温度 950℃ 和 850℃ 不同冷速下试样的金相显微组织。

表 3 60Si2Mn 钢不同冷却速度下的相变点及相含量

终轧温度/℃	冷速/(℃/s)	F 开始相变温度/℃	P 结束相变温度/℃	组织/%	索氏体含量/%	硬度/HV
950	1	728	646	F(8),P	74	257
	1.9	721	644	F(6),P	77	261
	2.6	715	642	F(7),P	78	275
	3.4	711	625	F(4),P	80	289
	3.8	693	629	F(3),P	81	311
	4.3	685	620	F(3),P	84	317
	5	680	610	F(2),P,M(6)	—	401
	9	659	594	F(2),P,M(10)	—	439
850	1	749	663	F(14),P	80	289
	1.9	748	658	F(13),P	81	292
	2.6	739	645	F(12),P	82	292
	3.4	732	639	F(8),P	82	301
	3.8	719	636	F(8),P	85	327
	4.3	697	628	F(7),P	87	345
	5	683	625	F(6),P,M(1)	—	380
	9	679	616	F(4),P,M(3)	—	409

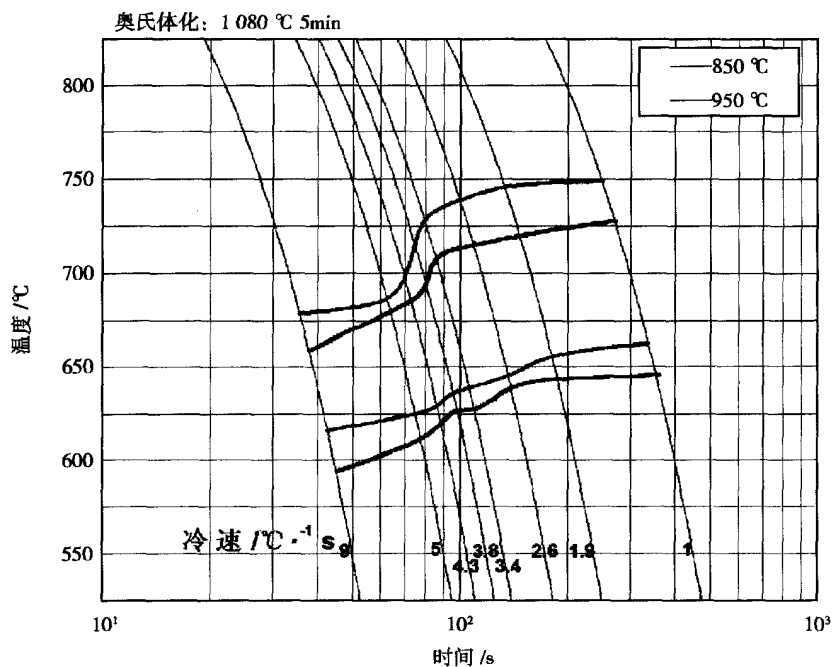


图 1 试验钢 60Si2Mn 在不同终轧温度的 CCT 曲线图

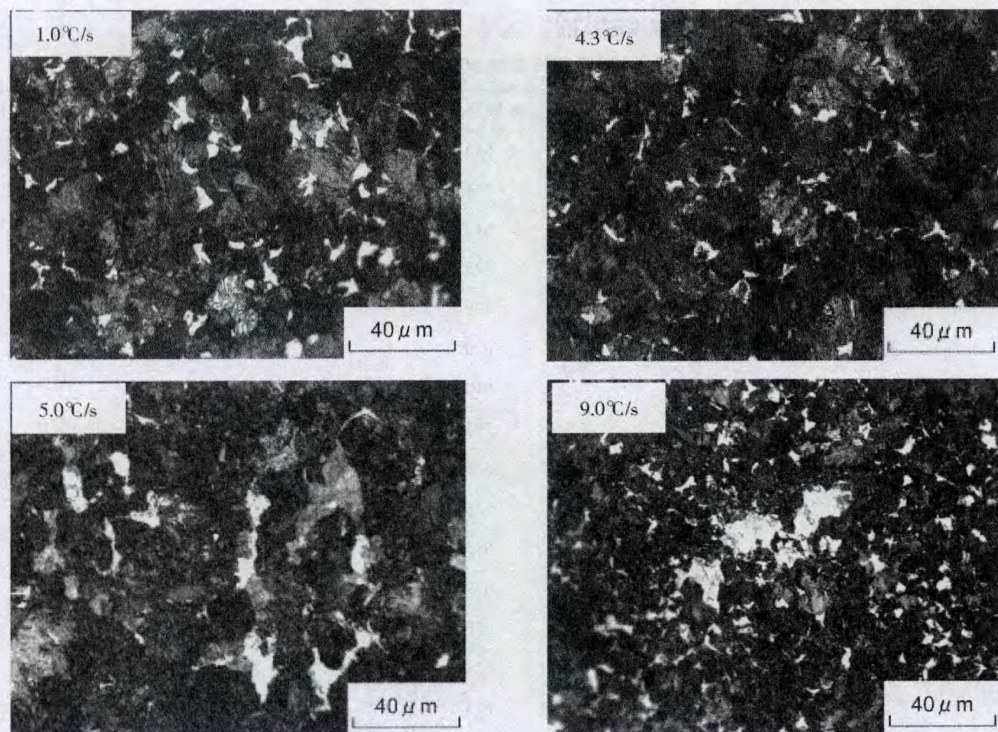
从表 3 中可知,当冷速小于 $5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 时,存在 F 和 P 的两相组织。当冷速大于 $5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 时,开始发生马氏体转变,产生马氏体组织,占据珠光体的形核位

置,使珠光体的片层间距增大,影响产品的总终性能。

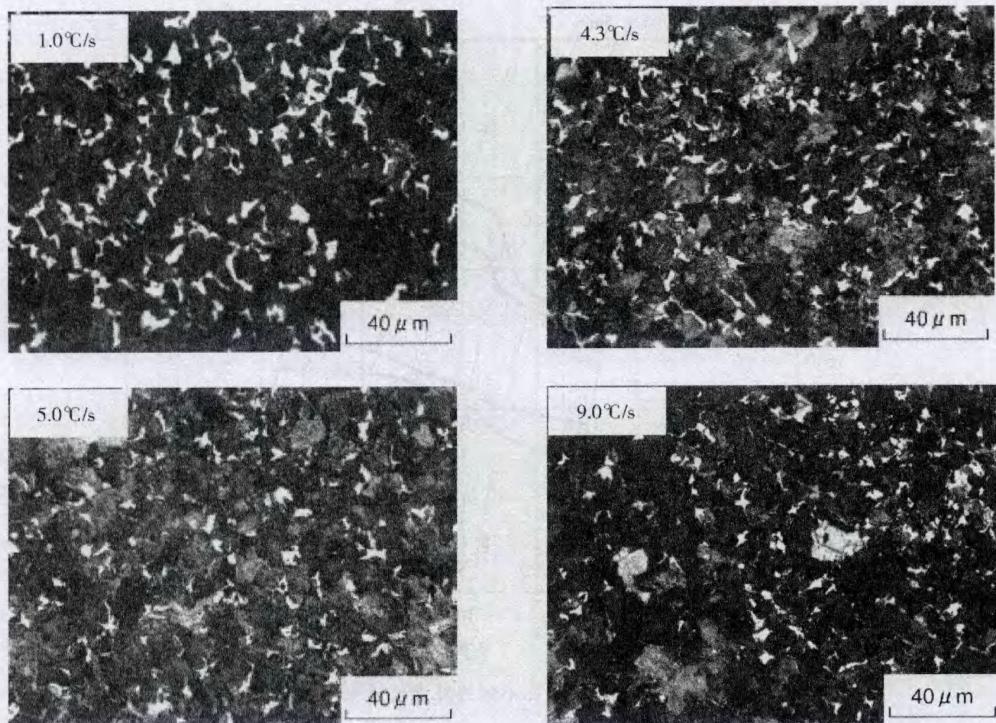
从图2中可以看出在相同的终轧温度下,随冷

速增大铁素体组织明显细化减小,珠光体片层间距也得到细化,索氏体含量提高,HV 硬度逐渐增加。

这是由于相变区冷速增大,过冷奥氏体的稳定性增强,推迟了相变的发生,导致相变点下降。



终轧温度 $T_{\text{终轧}} = 950^{\circ}\text{C}$



终轧温度 $T_{\text{终轧}} = 850^{\circ}\text{C}$

图 2 60Si2Mn 弹簧钢在不同终轧温度和连续冷却条件下的显微组织

从图2和表3中看出,终轧温度为850℃时,冷速为4.3℃/s条件下,珠光体片层间距最细小,索氏体含量达到了87%。

由图1可知在相同的冷却速度条件下,终轧温度为950℃的条件下,铁素体开始转变温度约为711~680℃,珠光体转变结束温度约为625~610℃;终轧温度为850℃的条件下,铁素体开始转变温度约为732~697℃,珠光体转变结束温度约为639~628℃。这是由于终轧温度可以改变晶粒变形后的储存能及晶界迁移率而影响到再结晶的形核速率和晶粒长大速度,从而影响变形奥氏体的平均晶粒尺寸,导致相变点温度发生变化。随着终轧温度的升高,奥氏体向铁素体转变的相变温度 Ar_3 不断下降。当变形在奥氏体再结晶区结束时,随终轧温度的降低,温度补偿变形速率因子 Z 增大,变形奥氏体平均晶粒尺寸变小,其长大倾向变小,有利于铁素体形核,缩短了孕育期,导致相变点升高。而当变形在奥氏体未再结晶区结束时,奥氏体被轧成扁平状,使得单位面积内的晶界面积增加,为生成新相提供了更多的形核位置,同时变形使奥氏体晶粒内部形成了大量的变形带,这些变形带也为新相形核提供了场所,所以随着终轧温度的降低,相变点温度上升,终轧温度为850℃产生的铁素体含量大于终轧温度为950℃,其铁素体和珠光体的组织均匀性及珠光体片层间距也要小于终轧温度为950℃。

综上所述,不同的终轧温度、不同的相变冷却速度都将对弹簧钢的珠光体、铁素体百分含量以及其片层间距产生影响,而珠光体的片层间距决定直接

影响弹簧钢硬度的提高,所以通过调整不同的终轧温度、不同的相变冷却速度达到弹簧钢柔性轧制的目的。

4 结论

在相同的化学成分下,根据用户的不同需求可实现弹簧钢60Si2Mn的柔性轧制技术:

(1)珠光体球团和珠光体片层间距的大小控制是主要的影响因素,可以通过调整终轧温度以及相变冷却速度达到调整弹簧钢强度的目的;

(2)对于高强度弹簧钢60Si2Mn,可以控制终轧温度控制在850℃左右,控制相变冷速在4.3~4.5℃/s,从而获得高强度的产品;

(3)对于满足拉拔性能、较低强度级别的弹簧钢60Si2Mn,可以控制终轧温度控制在950℃左右,根据不同规格进精轧温度控制在900℃左右,控制相变冷速不高于2℃/s,从而获得强度级别较低、拉拔性能较好的产品。

参考文献

- [1]黄胜永,侯现军,刘浩林.弹簧钢丝生产及市场状况[J].金属制品,2007,33(6):19~20.
- [2]刘雅政,孙景宏,李志强,等.有效控制产品质量的轧制技术[J].轧钢,2003,20(3):19~22.
- [3]梁亮,关庆丰,王敏,等.60Si2Mn钢中(BF+AR)显微组织的形成规律及其力学性能[J].金属热处理,2003,28(5):18~20.
- [4]张鹏,冯光纯.60Si2Mn弹簧钢的控轧控冷工艺[J].特殊钢,2001,22(2):38~41.
- [5]刘相华,王国栋,杜林秀,等.钢材性能柔性化与柔性轧制技术[J].钢铁,2006,41(11):32~36.