

• 工程应用 •

①
99-102

控轧控冷工艺对 60Si₂Mn 弹簧钢组织性能的影响

TG 335.11

Effects of Controlled Rolling and Cooling Processes
on Structure and Properties of 60 Si₂Mn Spring Steels

冯光纯

Feng Guangchun

(重庆大学冶金及材料工程系, 重庆, 630044)

张鹏

Zhang Peng

(重庆钢铁专科学校)

A 摘要 在实验室条件下研究了控轧控冷工艺对 60 Si₂Mn 弹簧钢组织性能的影响。研究表明: 60Si₂Mn 钢采用奥氏体再结晶区控轧, 轧后以 6~10℃/s 冷却速度控制冷却, 可获得球团细小且均匀的珠光体加少量铁素体组织, 热轧钢材的强韧性显著提高, 同时减少了脱碳。

关键词 控制轧制 / 控制冷却; 弹簧钢; 强度; 韧性; 脱碳 组织性能,
中国图书资料分类法分类号 TG335.11

ABSTRACT Effectcts of controlled rolling and controlled cooling processes on structure and properties of 60 Si₂Mn spring steels have been investigated in laboratory. The results show that then the workers use controlled rolling in Austenite recrystallize zone and by controlled cooling at 6~10℃/s, after rolling for 60Si₂Mn steel, the workers may obtain structure of minute ball Peralite plus a little Ferrites, so that strength and toughness of steels can be increased, at the same time reducing decarburization.

KEYWORDS controlled rolling / controlled cooling; spring steels; strength; toughness; cooling decarburization

0 引 言

60Si₂Mn 钢是常用的合金弹簧钢, 热轧成扁钢, 用以制作汽车板簧, 质量约占整车的 10%, 要求其具有较高的强度极限、疲劳极限和适当的塑韧性。随着汽车工业的发展, 对弹簧钢的需求量不断增加, 对其性能的要求亦日益提高。可通过改进冶金质量、设计新钢种、优化热轧及热处理工艺等多种途径来提高弹簧钢的性能和使用寿命。控轧控冷是提高热轧钢材综合性能的新工艺, 迄今, 对低碳钢、低(微)合金钢控轧控冷已进行过许多工作, 但对中高碳

钢、合金钢控轧控冷研究甚少。笔者通过对 60Si₂Mn 弹簧钢控轧控冷研究,为控轧控冷技术应用于合金钢热轧材生产提供了依据。

1 试验方法

试验用钢取自重庆特殊钢厂生产的断面为 60 mm×60 mm 的 60Si₂Mn 钢坯,其化学成分列于表 1。

表 1 试验用钢的化学成分 %

C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al
0.58	1.52	0.89	0.016	0.008	0.051	0.069	0.183	0.017

先将 60 mm×60 mm 钢坯锻成 30 mm×55 mm 料坯,供试验用。控轧控冷试验在 Φ200 小型轧机上进行。料坯在硅碳棒箱式炉中分别加热至 1000℃,1050℃,1100℃,保温 30 分钟,送至轧机经 4 道次(压下率为:17.9%、26.1%、35.3%、27.3%)轧制成 8 mm 板料,终轧温度为 840~880℃,轧后分别进行空冷、风冷(冷速 $V=6$ °C/s)及雾冷($V=10$ °C/s),终冷温度为 600℃。在各试样上取样测试力学性能和进行金相组织观察,断口扫描观察。

2 试验结果及分析

2.1 奥氏体化温度 T 对力学性能的影响

2.1.1 对强度的影响

从图 1 可知,在相同轧后冷却方式下,随着 T 的提高,材料的强度升高。产生这一结果的原因主要是钢中存在钒、钼等元素,随着加热温度的升高,它们的碳、氮化物溶入奥氏体中的数量增加,在以后的控制轧制过程中由于给予大变形而产生形变诱导析出,该条

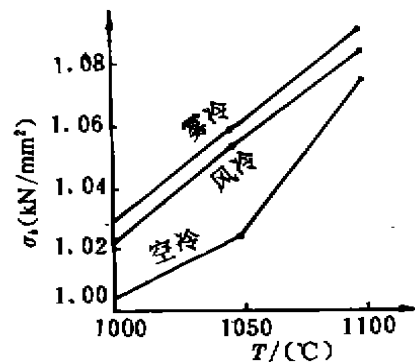


图 1 奥氏体化温度、冷却方式对 σ_0 的影响

件下析出质点的形核位置是奥氏体晶内位错及形变带,使第二相质点以弥散细小粒状分布于整个基体,导致沉淀强化效果加强。从金相照片图 2、图 3 可看出,奥氏体化温度为 1100℃ 时基体中有大量弥散分布的沉淀相,奥氏体化温度为 1000℃ 时,基体中沉淀相不明显,所以沉淀强化效果随奥氏体化温度的升高而提高。图 2、图 3 还可看出,1100℃ 奥氏体化时其珠光体片粗大,而 1000℃ 奥氏体化时的珠光体片细小。这是因为奥氏体化温度低时,由于有较多的未溶碳化物存在于奥氏体体中,它们具有阻止奥氏体晶粒长大的作用,因此 1000℃ 奥氏体化(加热)时得到的组织细小,晶界强化效果好;1100℃ 奥氏体化时得到的组织粗大,晶界强化效果差。

材料的最终强度是由各种强化方式迭加得到的,对于本研究,材料的强度差异主要是由沉淀强化和晶界强化迭加得到的,由于沉淀强化效果大于晶界强化效果,所以 1100℃ 奥氏体化时,材料的强化高,1000℃ 奥氏体化时,材料的强度低。



图 2 1100 °C 加热轧后风冷, 400×

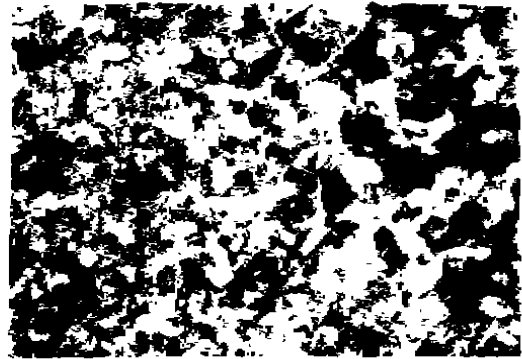


图 3 1000 °C 加热轧后风冷, 400×

2.1.2 对韧性的影响

图 4 表示奥氏体化温度 T 与材料韧性 a_k 之间的关系, 随着 T 的降低, 在相同冷却条件下, 其常温冲击值增加。因为奥氏体化温度低时, 得到的组织较细, 有利于提高韧性, 而随 T 及终轧温度的升高, 沉淀强化加强, 由于沉淀强化增加了脆性断裂倾向, 使韧性下降。

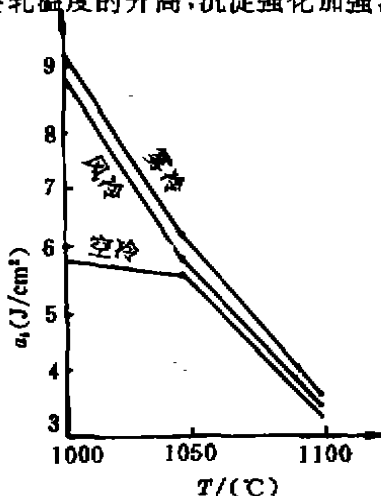
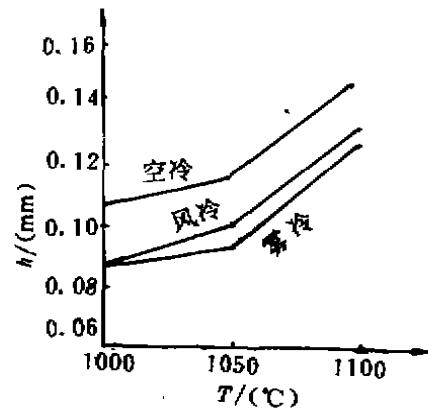
图 4 奥氏体化温度、冷却方式对 a_k 的影响

图 5 奥氏体化温度、冷却方式对脱碳的影响

2.1.3 对脱碳的影响

如图 5 所示, 随着 T 的升高, 在相同控轧控冷条件下, 其脱碳层深 h 增加。因为加热温度升高, 碳原子的活动能力加强, 易移至表面而产生脱碳。

2.2 控轧后冷却方式对材料性能的影响

2.2.1 对强度的影响

从图 1 可知, 在相同奥氏体化温度条件下, 轧后采用雾冷时的强度高, 采用空冷时的强度低。产生这一现象的原因是: 随着轧后冷却速度的加快, 使珠光体转变过冷度加大, 珠光体开始转变温度降低, 得到较为细小的珠光体; 同时, 冷却速度增加, 使轧后奥氏体晶粒长大减缓, 珠光体转变前的奥氏体晶粒相对较小, 转变后得到的组织细小。这两方面综合结果, 使冷却速度较快(不形成贝氏体)时, 得到的组织细小, 因而强度高。

2.2.2 对材料韧性的影响

图 4 表明, 在相同奥氏体化温度条件下, 随着冷却速度的加快, 材料的韧性提高。因为随

着轧后冷却速度的增加(不形成贝氏体),得到的组织细小,有利于提高材料的韧性。

2.2.3 对脱碳的影响

图5表明:在相同的控制轧制条件下,采用雾冷、风冷时的脱碳层比空冷时的浅,说明该钢种的脱碳不仅发生在加热过程中,而且还发生在轧后冷却过程中。因为轧后冷却速度的加快,碳原子的热扩散时间短,不易移至表面而产生脱碳。

3 控轧控冷工艺的优化

60Si₂Mn 弹簧钢属于 Si-Mn 弹簧钢系列,主要用于弹簧制造,为此,对其疲劳强度要求高。材料的强度极限高通常相应的疲劳极限也高。脱碳降低了弹簧的疲劳极限,增加了弹性减退。因此,材料的强度极限高、脱碳层浅,有利于提高弹簧的使用寿命。

根据实验结果可知:当轧后冷却条件一定时,强度极限高的试样,奥氏体化温度高,脱碳层又较深,二者不能兼顾。综合两方面考虑,认为 1050℃ 是较佳奥氏体化温度。当奥氏体化温度一定时,雾冷时的强度极限高,脱碳层浅,风冷较接近于雾冷情况,空冷时的强度极限低而脱碳层深。综合强度、韧性及脱碳层深等性能指标后,认为雾冷、风冷作为轧后控冷方式较好,但雾冷存在冷却不均匀,噪音大及污染环境等不足,最后确定风冷作为较佳控冷方式。

由此可得,较优的控轧控冷工艺为:1050℃ 加热;道次变形量大于 15%;轧后采用风冷。

4 结 论

- 1) 60Si₂Mn 弹簧钢采用奥氏体再结晶区控轧,通过反复形变——再结晶细化的奥氏体晶粒,从而得到球团细小的珠光体组织,有利于提高钢的强韧性。
- 2) 随着加热温度及终轧温度的升高,钢的强度提高,韧性降低,脱碳增加。
- 3) 适当增加轧后冷却速度(不形成贝氏体),可同时提高钢的强度和韧性,并减少了脱碳。
- 4) 热轧道次变形量应大于 15%,以保证实现再结晶型控轧。
- 5) 该钢种能得到良好综合性能的优化控轧控冷工艺为:1050℃ 加热;道次变形量大于 15%;终轧温度 850℃;轧后风冷至 600℃。

参 考 文 献

- 1 李文卿等. 28MnSiB 钢形变热处理研究. 钢铁研究, 1992, (5), 19~25
- 2 殷匠, 吕以撒, 田村今男. 利用控轧提高 Si-Mn 弹簧钢的冷轧性能. 上海金属, 1992, (2), 30~34
- 3 高田 昭典, 磯川 寛二. 加热条件对高硅弹簧钢脱碳的影响. 铁の, 1996, 72(5), 659
- 4 林慧国, 傅代直. 钢的奥氏体转变曲线. 北京: 机械工业出版社, 1988, 648