

· 组织和性能 ·

温度和变形量对 27SiMn 钢组织影响的热模拟研究

杨忠^{1,2} 刘雅政¹ 王海波¹ 张燕东² 王海龙²

(1 北京科技大学材料科学与工程学院,北京 100083; 2 西宁特殊钢集团公司,西宁 810005)

摘要 采用 Gleeble 1500 热模拟试验机研究了煤机用钢 27SiMn (C: 0.27%, Si: 1.20%, Mn: 1.25%, Mo: 0.015%, Ti: 0.021%) 热轧 $\Phi 190$ mm 棒材的变形量 (10% ~ 50%) 和温度 (850 ~ 1000 °C) 对钢中珠光体、铁素体尺寸和比例的影响。结果表明,随变形量和变形温度的增加,钢中晶粒尺寸减小,尺寸均匀度增加;当 27SiMn 钢在 950 °C 进行 30% 形变时,珠光体晶粒尺寸为 18 ~ 42 μm ,平均尺寸为 28 μm ,珠光体占 54%。

关键词 煤机用钢 27SiMn 大棒材 变形量 温度 珠光体 铁素体

Experimental Study of Hot Simulation on Effect of Deformation and Temperature on Structure of Steel 27SiMn

Yang Zhong^{1,2}, Liu Yazheng¹, Wang Haibo¹, Zhang Yandong² and Wang Hailong²

(1 School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083;

2 Xining Special Steel Co Ltd, Xining 810005)

Abstract The effect of deformation (10% ~ 50%) and temperature (850 ~ 1000 °C) on pearlite, ferrite size and ratio in hot rolled $\Phi 190$ mm product of steel 27SiMn (C: 0.27%, Si: 1.20%, Mn: 1.25%, Mo: 0.015%, Ti: 0.021%) for coal machine has been studied by using Gleeble-1500 thermal simulator. Results show that with increasing deformation and temperature the size of grains in steel decreases and the homogenization of grain size increases; as the steel deforms at 950 °C with deformation 30%, the grain size of pearlite in steel is 18 ~ 42 μm , the average size is 28 μm and the pearlite accounts to 54% of the total structure in steel 27SiMn.

Material Index Steel 27SiMn for Coal Machine, Heavy Bar, Deformation, Temperature, Pearlite, Ferrite

27SiMn 钢是根据我国资源情况研发的低合金低碳调质钢,是目前使用广泛的煤机用钢。为了得到高质量的煤机用钢,满足其具有良好的机械性能,从而保证良好的使用性能,需要保证热加工后得到均匀、精细的组织^[1-3]。在 27SiMn 钢实际生产中,出现组织不均匀、晶粒较为粗大、中心疏松等缺陷,为了改善组织精细化和均匀化程度,减少缺陷,需要对钢热加工过程中的变形制度进行分析和研究^[4-5]。

1 实验材料和方案

实验材料取自 27SiMn 钢 $\Phi 190$ mm 轧材,其化学成分/%: 0.27C-1.20Si-1.25Mn-0.11Cr-0.052Ni-0.015Mo-0.021Ti-0.084Cu-0.021Al-0.018P-0.010S。

在 Gleeble-1500 进行控制轧制热模拟实验,试样采用线切割取自轧材 1/2 半径处,尺寸为 $\Phi 8$ mm \times 15 mm。实验方案如图 1 所示,将试样以 20 °C/s 的速度加热至 1300 °C,保温 5 min,得到长大至铸坯相应大小的奥氏体组织。然后以 10 °C/s 的冷却速度冷却至变形温度,保温 30 s,然后以不同的变形量和变形温度进行变形,变形后以 0.5 °C/s 的冷却速度冷至室温。将试样沿中部横截面切开,进行显微

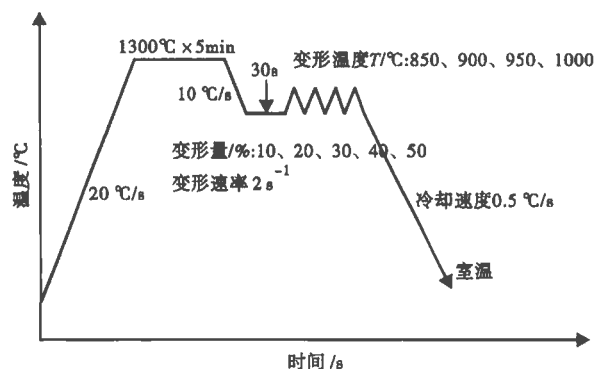


图 1 热模拟实验方案示意图

Fig. 1 Schematics of hot simulation test schemes

组织观察。

2 实验结果与分析

2.1 变形量对组织精细化、均匀化的影响

从图 2 和图 3 中可以看出,在变形温度为 950 °C 条件下,变形量为 10% 时珠光体组织的平均尺寸较大,达到 97 μm ,珠光体组织的比例约为 73%,铁素体比例约为 27%;变形量为 20% 时,珠光体组织的平均尺寸为 43 μm ,珠光体组织的比例约为 64%,

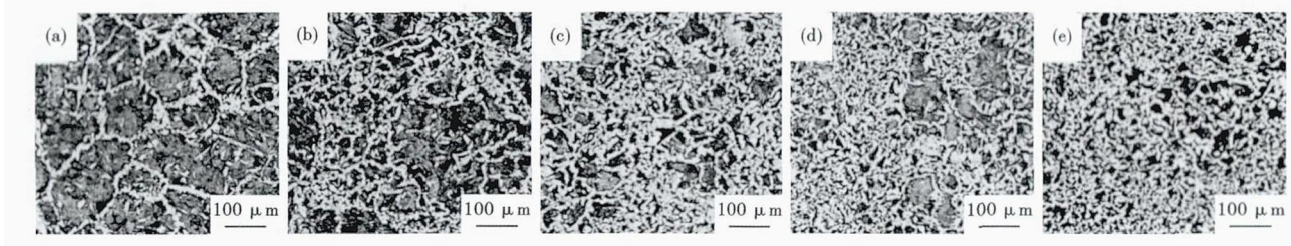


图 2 950 °C 经 10% (a), 20% (b), 30% (c), 40% (d) 和 50% (e) 变形时 27SiMn 钢的组织形貌

Fig. 2 Structure morphology of steel 27SiMn deformed by 10% (a), 20% (b), 30% (c), 40% (d) and 50% (e) at 950 °C

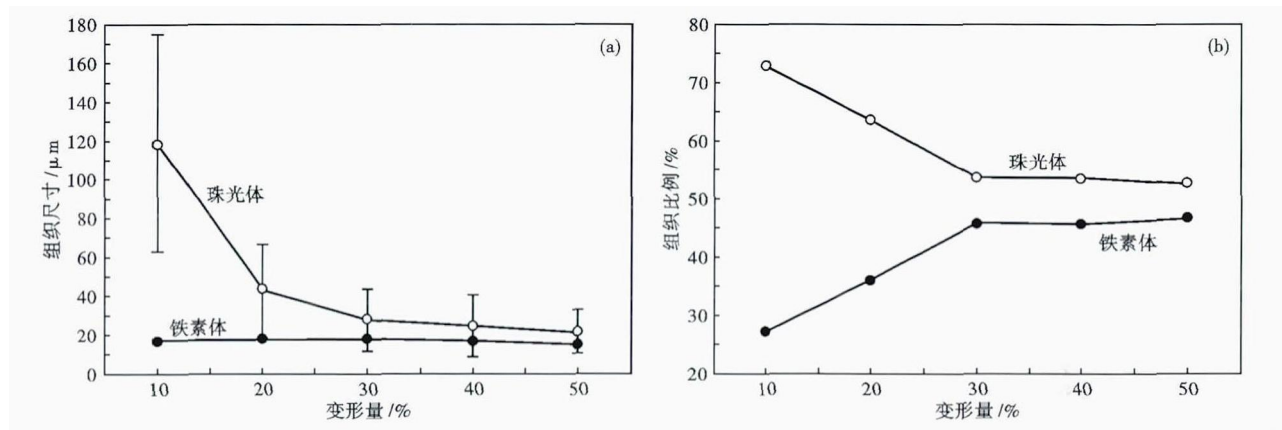


图 3 950 °C 时变形量对 27SiMn 钢珠光体、铁素体尺寸 (a) 和比例 (b) 的影响

Fig. 3 Effect of deformation on size (a) and ratio (b) of pearlite and ferrite in steel 27SiMn at 950 °C

铁素体比例约为 36%；变形量为 30% 时，珠光体组织的平均尺寸为 28 μm ，珠光体组织的比例约为 54%，铁素体比例约为 46%；变形量为 40% 时，珠光体组织的平均尺寸为 25 μm ，珠光体组织的比例约为 54%，铁素体比例约为 46%；变形量为 50% 时，珠光体组织的平均尺寸为 22 μm ，珠光体组织的比例约为 53%，铁素体比例约为 47%。因此，当变形量从 10% 增加到 20% 时，珠光体组织得到了明显的细化，珠光体组织比例降低，铁素体比例增加；变形量增至 30% 时，珠光体组织得到了进一步的细化，珠光体组织比例继续降低，铁素体比例增加；变形量增至 40% 和 50% 时，相比 30% 的变形量，珠光体组织的细化不明显，珠光体和铁素体的比例基本保持不变。而随着变形量从 10% 增加到 50%，铁素体的平均尺寸未发生明显变化，均在 15 ~ 18 μm 。从上述分析可知，大的变形量对于珠光体组织的细化是有利的，但当变形量超过 30% 时，细化效果并不会继续随变形量的增加而显著提高。

此外，从图 3 中可以看出，随着变形量从 10% 增加到 50%，珠光体组织的均匀性程度显著提高，即大的变形量对提高组织的均匀性是有利的。这是由于在热加工过程中，随着变形量的增大，金属内部

的畸变能不断提高，当达到一定程度后会发生动态再结晶。而随着热加工过程的进行，不断形成再结晶核心，持续发生动态再结晶，从而达到组织细化和均匀化的目的。

2.2 变形温度对组织精细化、均匀化的影响

上述实验结果表明，随着变形量的增加，组织的精细化、均匀化也会得到改善，但当变形量超过 30% 时，组织细化的程度就不再显著。在变形量 30% 为条件下，分别比较变形温度为 850、900、950、1 000 °C 不同工艺条件下的组织形貌，对比分析变形温度对组织精细化、均匀化的影响。

从图 4 和图 5 中可以看出，在变形量为 30% 条件下，变形温度为 850 °C 时，珠光体组织的平均尺寸较大，达到 111 μm ，珠光体组织的比例约为 62%，铁素体比例约为 38%；变形温度为 900 °C 时，珠光体组织的平均尺寸为 40 μm ，珠光体组织的比例约为 61%，铁素体比例约为 39%；变形温度为 950 °C 时，珠光体组织的平均尺寸为 28 μm ，珠光体组织的比例约为 54%，铁素体比例约为 46%；变形温度为 1 000 °C 时，珠光体组织的平均尺寸为 24 μm ，珠光体组织的比例约为 54%，铁素体比例约为 46%。因此，当变形温度从 850 °C 增加到 900 °C 时，珠光体组

织得到了明显的细化,珠光体和铁素体的比例变化不大;变形温度增至 950 ℃ 时,珠光体组织得到了进一步的细化,珠光体组织比例降低,铁素体比例增加;变形温度增至 1 000 ℃ 时,相比 950 ℃ 的变形温度,珠光体组织的细化不明显,珠光体和铁素体的比例基本保持不变。而随着变形温度从 850 ℃ 增加到 1 000 ℃,铁素体的平均尺寸未发生明显变化,均在 16 ~ 18 μm。

从图 5 可以看出,随着变形温度从 850 ℃ 增加到 1 000 ℃,珠光体组织的均匀性程度显著提高,这是由于在热加工过程中,变形温度的升高会使空位原子扩散和位错进行攀移、交滑移的阻力变小,热激活条件越好,就越容易发生奥氏体的动态回复和动态再结晶,从而达到细化组织和组织均匀化的目的。

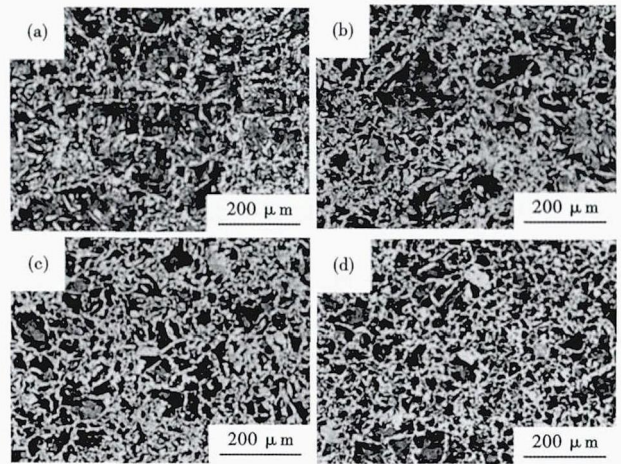


图 4 850 ℃ (a), 900 ℃ (b), 950 ℃ (c) 和 1 000 ℃ (d) 变形 30% 时 27SiMn 钢的组织形貌

Fig. 4 Structure morphology of steel 27SiMn deformed by 30% at 850 ℃ (a), 900 ℃ (b), 950 ℃ (c) and 1 000 ℃ (d)

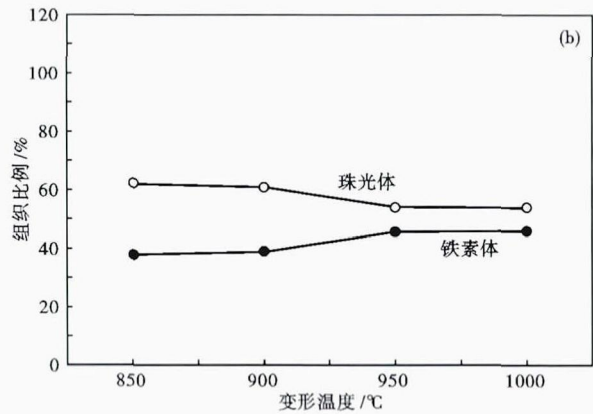
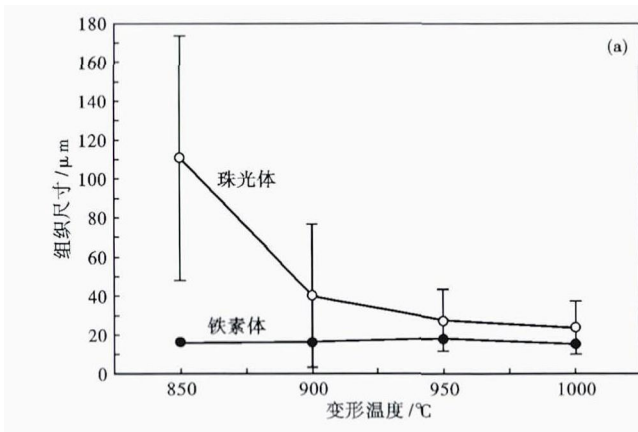


图 5 变形温度对变形 30% 的 27SiMn 钢珠光体、铁素体尺寸 (a) 和比例 (b) 的影响

Fig. 5 Effect of deforming temperature on size (a) and ratio (b) of pearlite and ferrite in steel 27SiMn with deformation 30%

3 结论

(1) 27SiMn 钢在变形温度为 950 ℃ 的条件下,随着变形量从 10% 增加到 50%,珠光体组织得到细化,但当变形量超过 30% 时,细化效果并不会继续随变形量的增加而显著提高。随着变形量的增加,珠光体组织的均匀性程度得到了显著提高。

(2) 27SiMn 钢在变形量为 30% 的条件下,随着变形温度从 850 ℃ 增加到 1 000 ℃,珠光体组织得到了显著细化,珠光体组织的均匀性程度也得到了显著提高。

(3) 高的变形温度和大的变形量,即高温大变形,对组织的细化和提高组织的均匀性是有显著效果的。在高温大变形的热加工条件下,会更容易发生奥氏体的动态回复和动态再结晶,这样将会使组织更加精细化和均匀化。27SiMn 大棒材在轧制过

程中,依据设备允许的情况下在较高的变形温度下加大变形量,以达到组织精细化、均匀化的控制。

参考文献

- [1] Roberts W. Deformation, Processing and Structure [J]. AM Soc Metals, Metal Park, OH, 1984: 109-184.
- [2] 王凤香, 简方, 冯岩. 27SiMn 钢 CCT 曲线的测定 [J]. 包钢科技, 2007, 33(2): 26-29.
- [3] 田村今男. 高强度低合金钢的控制轧制与控制冷却 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
- [4] 于庆波, 刘相华, 赵贤平. 控轧控冷钢的显微组织形貌及分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [5] Anell E. Application of Mathematical Modeling to Hot Rolling and Controlled Cooling of Wire Rods and Bars [J]. ISIJ International, 1992, 32(3): 440-449.

杨忠 (1968-), 男, 博士生 (北京科技大学), 1991 年北京科技大学 (本科) 毕业, 特殊钢品种开发。

收稿日期: 2013-07-05