

SKS51 合金工具钢的快速球化退火工艺的试验研究

薛刚¹ 余驰斌¹ 鲍思前¹ 熊文娟¹ 张亚琦¹ 张会龙¹ 毛新平² 陈麒麟²

(1 武汉科技大学钢铁冶金及资源利用省部共建教育部重点实验室, 武汉 430081;

2 广州珠江钢铁有限责任公司, 广州 510730)

摘要 基于离异共析原理, 在实验室条件下试验研究了 CSP 流程生产的 SKS51 合金工具钢(/% : 0.75 ~ 0.85C, 0.20 ~ 0.50Cr, 1.30 ~ 2.00Ni) 4 mm 板快速球化退火生产工艺。结果表明, 此钢种经奥氏体化温度 730 °C、保温 10 min 随炉冷却到 650 °C 等温球化 120 min 后, 剩余未溶碳化物颗粒最多且分布均匀弥散, 获得了较好的球化组织。该快速球化退火工艺与传统球化退火工艺相比, 节能降耗并提高生产效率。

关键词 SKS51 合金工具钢 快速球化退火 剩余碳化物

Test and Study on Fast Spheroidizing Annealing Process for an Alloy Tool Steel SKS51

Xue Gang¹, Yu Chibin¹, Bao Siqian¹, Xiong Wenjuan¹, Zhang Yaqi¹, Zhang Huilong¹,
Mao Xinping² and Chen Qilin²

(1 Key Laboratory for Ferrous Metallurgy and Resources Utilization of Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081; 2 Guangzhou Zhujiang Iron and Steel Co Ltd, Guangzhou 510730)

Abstract Based on deconvoluted eutectoid transformation (DET) principle, the fast spheroidizing annealing process for 4 mm plate of alloy tool steel SKS51 (/% : 0.75 ~ 0.85C, 0.20 ~ 0.50Cr- 1.30 ~ 2.00Ni) produced by CSP line has been tested and studied in laboratory. Results show that with austenizing at 730 °C for 10min then cooling in furnace to 650 °C isothermal-spheroidizing for 120min, the steel gets better spheroidal structure with more uniform-distributing residual carbide particles. As compared with traditional spheroidizing annealing process the fast spheroidizing annealing process can save energy and reduce consumption and increase productivity.

Material Index Alloy Tool Steel SKS51, Fast Spheroidizing Annealing, Residual Carbide

SKS51 合金工具钢因其高硬度、韧性、耐磨性, 是一种很好的合金工具基体材料。主要应用于高等级合金工具制造, 包括高精度圆锯片、特种工具/刀具和特殊弹簧等领域。珠钢在 CSP(薄板坯连铸连轧)生产线上轧制 SKS51 钢种, 成品材料在后续冷加工及淬火回火处理前进行球化处理。一般推荐的球化退火工艺, 奥氏体化后退火工艺需要 10 ~ 16 h^[1]。本文基于离异共析原理^[2], 提出新的快速球化退火工艺。

1 实验方案

实验钢种 SKS51 的化学成分如表 1 所示。样品取自成品 CSP 热轧卷板, 厚度为 4 mm, 用电火花线切割机切得尺寸为 15 mm × 10 mm (L × B) 的试样。

1.1 淬火

将试样在厢式电阻炉内加热到 670 ~ 880 °C 10 min, 水淬。通过硬度值、金相及扫描电镜观察分

表 1 SKS51 合金工具钢的化学成分 /%

Table 1 Chemical composition of alloy tool steel SKS51 /%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0.75 ~ 0.85	≤ 0.30	≤ 0.50	≤ 0.030	≤ 0.030	0.20 ~ 0.50	1.30 ~ 2.00

析得出最佳奥氏体化温度 (T_A)。

将试样放在厢式电阻炉内加热到所确定温度 T_A 5 ~ 30 min 水淬。分析确定最佳保温时间 (t_A)。

1.2 快速球化退火

为确定合理的等温球化温度及时间, 在上述工艺下奥氏体化, 随炉冷却到 620 ~ 680 °C 后保温 60 ~ 540 min, 然后随炉冷却。通过组织检验与洛氏硬度的测定, 研究等温工艺对球化效果的影响。

2 实验结果及分析

2.1 奥氏体化温度及时间对剩余碳化物颗粒形态与分布的影响

基于离异共析原理的快速球化退火,奥氏体化是“不完全”的,其过程是层片状珠光体转变成奥氏体,以及少量过剩碳化物溶解。中高碳钢在快速球化退火后组织中单位面积(或体积)所含碳化物与球化加热奥氏体化时剩余碳化物的颗粒数相同,且球化后组织中的碳化物颗粒是以奥氏体化剩余碳化物为核心长大而成的^[3,4]。因此得到使剩余碳化物颗粒最多且分布弥散的奥氏体化温度与保温时间是快速等温球化的基本保证。

由淬火硬度曲线(图 1)可知,在奥氏体化温度为 715 °C 以下时硬度值在 HRC20 左右,其值与原始硬度值接近。而超过 715 °C 后硬度值迅速上升,均趋近 HRC60。在奥氏体化温度 730 °C 时,硬度达到最大值 HRC59.9。结合组织形貌分析,在 715 °C 以下时,由于保温时间短且没有发生相变,组织图像仍然是原始层片状珠光体。而温度超过 715 °C 后,得到的组织几乎全部是马氏体,由此可知原始组织已经转变为奥氏体。随着奥氏体化温度的升高,硬度值由平稳趋于下降。

通过在相同保温时间下不同奥氏体化温度组织之间的对比,如图 2(a,b,c),在奥氏体化温度为 730 °C 时未溶剩余碳化物颗粒最多,且分布较为弥散。在比较相同奥氏体化温度下不同保温时间的组织后,

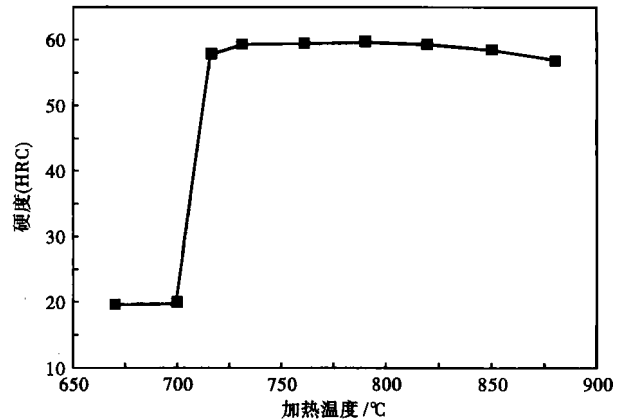


图 1 淬火温度对合金工具钢 SKS51 硬度的影响

Fig. 1 Effect of quenching temperature on hardness of alloy tool steel SKS51

如图 2(b),可得到保温 10 min 为最佳保温时间。

2.2 退火温度及时间对球化效果的影响

在过冷奥氏体分解为铁素体与渗碳体的转变过程中,经过粒化和初步球化的未溶剩余碳化物颗粒将作为核心形核长大。过冷分解出的碳化物直接就近沉积在剩余碳化物表面上,而且优先沉积在碳化物表面的凹陷处和表面曲率半径大的部位,从而使剩余碳化物逐渐趋于球状。当未溶碳化物越多时,等温球化时形成球状组织的晶核就会越多,从而越有利于球化^[5]。

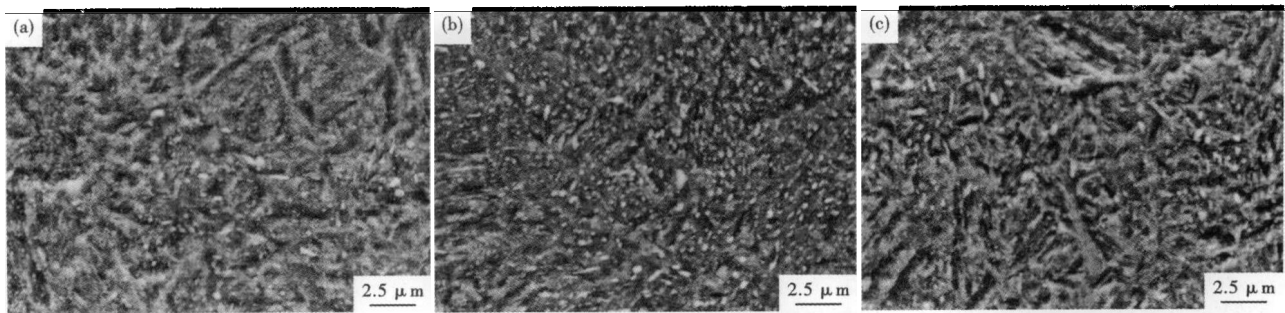


图 2 奥氏体化温度淬火合金工具钢 SKS51 剩余碳化物的影响:(a)715 °C, 10 min;(b)730 °C, 10 min;(c)760 °C, 10 min

Fig. 2 Effect of austenizing temperature on residual carbides in quenched alloy tool steel SKS51: (a) 715 °C, 10 min; (b) 730 °C, 10 min; (c) 760 °C, 10 min

在同一等温球化温度下,等温球化时间较短时,组织内还存在少量节状碳化物,没有达到完全球化效果(图 3)。650 °C 等温时间短,其球化效果较差(图 3a,b)且硬度值偏高(表 2)。反之,等温球化时间过长(540 min),将导致碳化物组织长大,颗粒粗化(图 3d),其硬度较之其它也有所下降。

等温时间相同(90 min),不同等温球化温度(620 ~ 680 °C)对球化组织的影响见图 4。在 620 °C 等温 90 min 后能观察到少许片状珠光体组织(图

4a)。其原因是在等温转变过程中,当转变温度过低,碳原子的扩散比较困难,易于形成珠光体组织。而转变温度过高(680 °C),导致过冷度小,转变速度减慢,没有达到完全球化退火状态。图 4(c)可见,680 °C 等温后产生球化组织的粘结,并分布着少量节状碳化物,还需要等温一段时间才能获得所需组织。但是等温时间过长,也达不到球化退火的目的。通过比较分析可得,如图 3(c)在等温温度为 650 °C 时,保温 120 min 球化组织均匀分布弥散,且硬度值

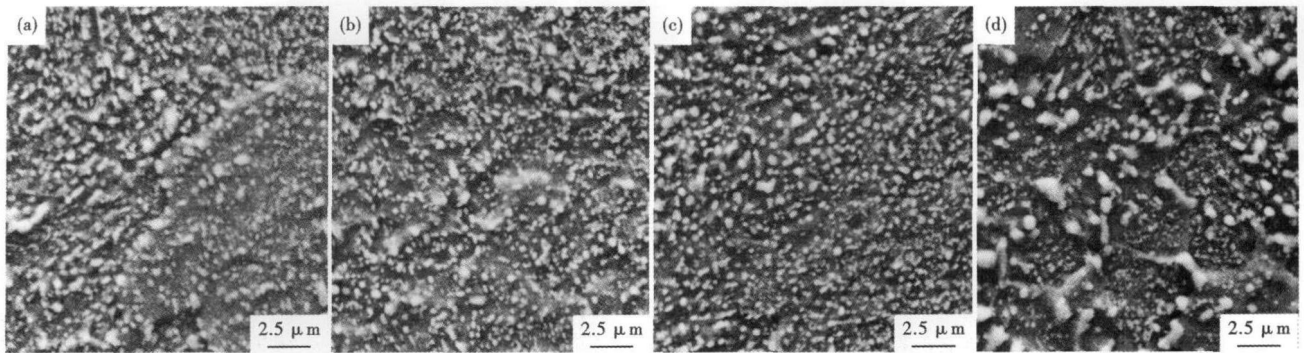


图 3 730 °C 奥氏体化, 650 °C 等温时间对合金工具钢 SKS51 碳化物形貌的影响: /min (a) 60; (b) 90; (c) 120 和 (d) 540

Fig. 3 Effect of isothermal time at 650 °C on morphology of carbides in alloy tool steel SKS51 with austenizing at 730 °C: /min (a) 60; (b) 90; (c) 120; and (d) 540

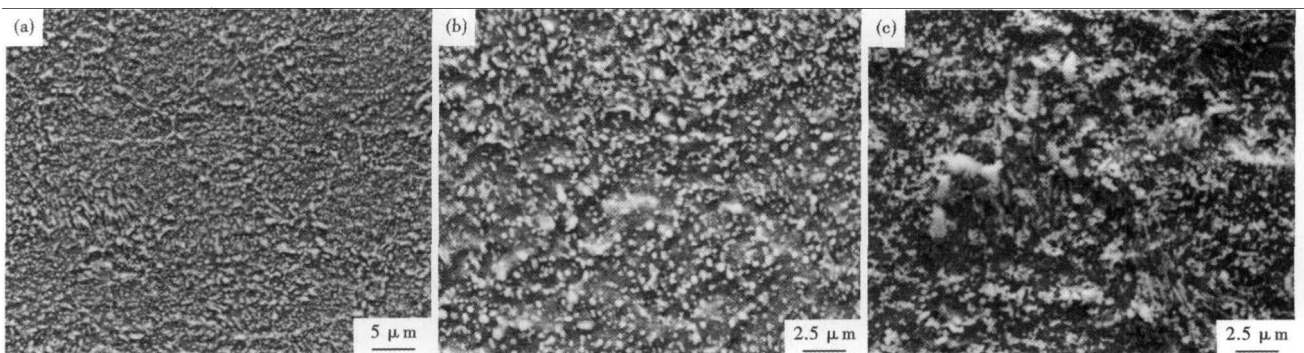


图 4 730 °C 奥氏体化后等温温度对合金工具钢 SKS51 碳化物形貌的影响: (a) 620 °C 90 min; (b) 650 °C 90 min 和 (c) 680 °C 90 min

Fig. 4 Effect of isothermal temperature on morphology of carbides in alloy tool steel SKS51 with austenizing at 730 °C: (a) 620 °C 90 min; (b) 650 °C 90 min; and (c) 680 °C 90 min

表 2 等温球化工艺对合金工具钢 SKS51 硬度值 (HRB) 的影响

Table 2 Effect of isothermal annealing process on hardness value (HRB) of alloy tool steel SKS51

奥氏体化 温度/°C	保温时间/ min	等温球化工艺		硬度值 (HRB)
		温度/°C	时间/min	
730	10	620	60	91.5
		620	90	90.1
		650	60	90.6
		650	90	90.3
		650	120	88.5
		650	540	86.1
		680	90	90.2

理想, 获得了满意的球化效果。

3 结论

(1) 合金工具钢 SKS51 要实现快速球化退火, 首先应实验得出最佳的奥氏体化温度及保温时间, 使其有最多分布弥散均匀地未溶剩余碳化物颗粒作为等温转变过程中的非均匀形核核心。实验表明, 在 730 °C 保温 10 min 可以满足上述要求。

(2) 制订合理的等温球化温度及等温转变时间。通过实验可知, 在 650 °C 等温转变 120 min 得

到较好的球化效果, 不合适的工艺参数将造成球化的不完全或碳化物颗粒粗化。

(3) 与传统球化退火工艺总耗时达 30 h 以上相比, 快速球化退火工艺仅需 5 h 左右, 节能效果明显, 组织及硬度达到生产现场相关要求。

广东省重大科技项目资助(2010A080407003)

参考文献

- 1 Verhoeven J D. The Role of the Divorced Eutectoid Transformation in the Spheroidization of 52100 Steel. Metall Mater Trans, 2000, 31: 2A-31
- 2 Zhu Guo-hui, Zheng Gang. Directly Spheroidizing during Hot Deformation in GCr15 Steels. Materials Science and Engineering, 2008, 2 (1): 72
- 3 中野平, 川谷洋司. 高碳素低合金钢の炭化物の球状化成長について. 鉄よ鋼(日), 1972, 58(14): 2012
- 4 贺毅, 王学前. 高碳 Ac1f 透烧球化退火新技术新工艺. 新技术新工艺, 2002(4): 33
- 5 王学前. GCr15 钢的快速球化退火. 四川工业学院学报, 1999, 19(1): 34

薛刚(1986-), 男, 硕士研究生, 2009 年武汉科技大学毕业, 中高碳钢组织与性能研究。

收稿日期: 2011-07-08