

美标 H13 热作模具钢的锻造工艺优化

李彦初, 赵英亮, 陈辉, 刘彬, 王明凯

(莱芜钢铁股份有限公司 棒材厂, 山东 莱芜 271126)

摘要: 莱钢开发了美标 H13 热作模具钢并对锻造工艺进行了优化, 优化后的锻造工艺采用三火成形, 加热温度 1 260 ℃, 锻造过程合理控制砧宽比、料宽比等工艺参数, 提高锻件中心压实效果, 锻后快冷并采用合理的球化退火工艺抑制网状碳化物析出, 组织均匀, 锻件的各项技术指标均完全满足技术要求。

关键词: 热作模具钢; H13; 锻造; 三火成形; 球化退火

中图分类号: TG317

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2011)05-0059-03

1 前言

H13 热作模具钢为美国牌号, 相当于我国的 4Cr5MoSiV1 (GB/T 1299-2000), 主要用于制作在较高温度下使用的模具, 具有高的淬透性、高温强度、耐磨性、韧度、抗热裂能力和高的耐熔损性能等, 在

市场广受青睐。H13 钢对冶炼、锻造及热处理都有较高的要求。本研究结合莱钢棒材厂锻造实际情况, 对 H13 钢的锻造生产进行探讨。

2 H13 钢锻件的技术要求

H13 钢化学成分要求见表 1。

表 1 H13 钢的化学成分(质量分数) %

| C | Si | Mn | Cr | Mo | V | P | S | Cu |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|--------------|
| 0.32 ~ 0.45 | 0.80 ~ 1.20 | 0.20 ~ 0.50 | 4.75 ~ 5.50 | 1.10 ~ 1.75 | 0.30 ~ 1.20 | ≤0.03 | ≤0.03 | 允许残留含量 ≤0.30 |

采用电炉+真空脱气+电渣重熔的冶炼方式。酸洗低倍组织不能有肉眼可见缩孔、夹杂、分层、气泡和白点, 中心疏松 ≤2.0 级。非金属夹杂物按 GB 10561-1989 中 ASTM 标准评级图, 用 A 法检验, A 类 ≤1.5 级, B 类 ≤1.5 级。碳化物网状组织按 GB/T 1299-2000 标准第二级别评定, 网状组织 ≤2.5 级。锻坯以球化退火状态交货, 硬度 HB ≤235, 球化组织按 GB/T 1299-2000 第一级评定 ≤3.0 级。

3 锻造生产

以锻件毛坯截面尺寸 (200 ~ 400 mm) × 800 mm、钢锭重量 7 t、锻造比 >3 为例。

3.1 存在的问题

1) 最初制定加热工艺时, 参照的是 H13 钢各相邻界温度和国内同行的经验, 将高温保温温度定在 1 220 ℃, 加热完成后锻造发现该温度偏低, 锻粗完成后再次拔长存在困难。2) 在锻造过程中表面容易出现横向裂纹, 随着锤击和温度不断降低, 角部温降较快处易开裂。3) 热处理后发现存在晶粒粗大及球化组织不均的现象。经分析, 是因为奥氏体化高温段保温后直接降到等温段, 中间没有大的过冷度, 降温速度慢; 球化等温段保温时间短, 球化不彻

底。

3.2 加热及锻造

锻造生产包括 3 部分, 钢锭加热、锻造和锻后热处理。资料表明^[1], H13 钢中碳化物类型主要有 M₃C、M₂₃C₆、M₇C₃、M₆C 和 MC, 当碳化物呈粗大不均匀分布则是脆性相, 当碳化物呈细小、均匀的圆形弥散分布于钢基体则是强化相。生产时主要靠压应力变形来打碎粗大组织晶粒和不稳定的共晶碳化物, 达到改善心部显微组织的目的; 另外通过控制终锻温度, 防止粗大或网状碳化物析出, 使碳化物达到 ≤3 级, 内外碳化物均匀一致。

钢锭用台车式加热炉加热, 钢锭在台车上单层布置。根据棒材厂实际锻造经验, 将高温保温温度由原来的 1 220 ℃调整到 1 260 ℃, 其加热工艺如图 1 所示。

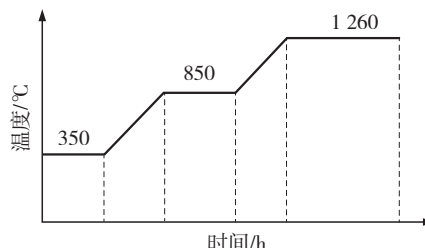


图 1 钢锭加热工艺

加热完成后进行锻造, 锻造主体设备为 2 500 t 水压机和 40 t 锻造操作机。从锻造及降温情况来看, 将工艺定为三火成形, 并合理分配每火次的锻

收稿日期: 2011-08-08

作者简介: 李彦初, 男, 1984 年生, 2007 年毕业于太原科技大学材料成型及控制工程专业。现为莱钢棒材厂水压机车间助理工程师, 从事自由锻造技术工作。

造比,确保末火次锻造比 >1.4 。资料表明^[2],合理地控制砧宽比、料宽比和压下量等工艺参数可提高锻件中心压实效果,很好地锻合钢锭内部缺陷。为了防止锻造时产生裂纹,锻造开始前将所使用工辅具预热到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,主要变形过程如下:

一火:用回转台缓慢墩粗,墩粗比 >2 。先预拔扁方至一定尺寸,操作方法为顺锤压下1遍,满砧送进压下量 100 mm 左右;翻转 90° ,顺锤压下2遍,满砧送进压下量分别为 100 mm 、 $50\sim 100\text{ mm}$;再翻转 90° ,顺锤压下1遍,压下量 $50\sim 100\text{ mm}$ ……依此方法进行锻造。锻造温度降至 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时回炉加热至 $1\ 260\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 2 h 。

二火:大压下量($100\sim 150\text{ mm}$),砧宽比 $\geq 0.5\sim 0.83$,拔扁方至一定尺寸,大压下量阶段保证温度在 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,完成后回炉加热至 $1\ 260\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 1 h 。

三火:压下量($50\sim 100\text{ mm}$),砧宽比 $\geq 0.5\sim 0.83$,拔长锻件坯料至工艺尺寸。最后展宽成形阶段采用小压下量,精整成形阶段保证温度在 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。温度控制同第二火。

钢锭通过此墩粗及拔长变形,不仅有效地控制了锻件表面裂纹的产生,还有效地改善了心部组织,打碎粗大晶粒,使碳化物呈细小、均匀的圆形弥散分布,在球化退火时作为非自发晶核的核心,有利于球化组织的形成。在第二火锻造时,再回炉保温时又加热到 $1\ 260\text{ }^{\circ}\text{C}$,只保温 1 h ,使锻件由外到内形成一个温度梯度,并没有形成粗大晶粒和网状碳化物,为后面的球化退火奠定了基础。

3.3 球化退火

锻造完成后将锻件置于通风位置,空冷至表面温度 $600\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 装炉,执行球化退火工艺(见图2)。

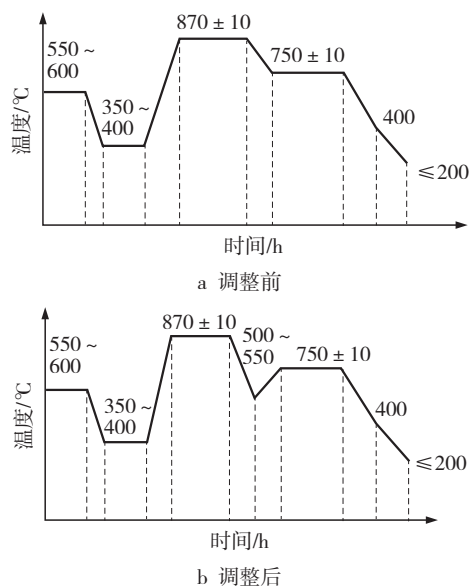


图2 改进前后H13钢锻件球化退火工艺
试锻时还有晶粒略粗、球化效果不好的现象,

在后来的试锻中,调整了热处理工艺(见图2b)。在略高于 A_1 以上的温度进行奥氏体化保温,保留小部分碳化物不溶解,作为球化退火的晶核;奥氏体保温完成后空冷到 $500\sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$,保证了得到较好的晶粒度和较多的非自发形核的核心,然后升温到等温球化温度;为了球化完全,使绝大部分奥氏体转变,在 A_1 以下适当温度保温,进行等温球化处理,然后以一定的速度冷却。若冷却速度过快,首先不利于球化组织形成,其次,形成的碳化物及球化组织细小,球化完成后硬度升高,不利机械加工;如果冷却速度过慢,容易使碳化物长大。

4 锻后性能检测

热处理完成后检测锻件机械性能及各项技术指标,结果表明,送检状态的3批次试样硬度均在 $\text{HB } 170\sim \text{HB } 190$ 。酸洗低倍组织无肉眼可见缩孔、夹杂、分层、气泡和白点,中心疏松0.5级。锻件球化退火状态试样的力学性能见表2。

表2 锻件球化退火状态试样的力学性能

| 项目 | 抗拉强度/MPa | 屈服强度/MPa | 收缩率/% | 伸长率/% |
|----|----------|----------|-------|-------|
| 纵向 | 590 | 400 | 72 | 27 |
| 横向 | 600 | 460 | 73 | 25 |

钢中夹杂物含量很低,综合评级为:A类0.5级;B类1.0级。锻件晶粒度能达到7级,球化组织3级,网状组织2级。其金相相见图3。

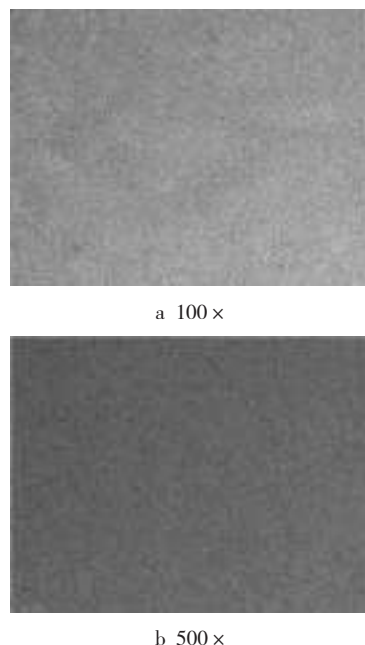


图3 H13钢锻件球化退火后的金相组织

做金相检验的试样取样位置在原钢锭底部,宽度方向上距边长 150 mm 处。H13钢锻件组织中未发现明显的网状组织。

各种技术指标检测结果完全符合技术要求,美标H13热作模具钢的锻造生产工艺优化方案是成功

的,并且将加热温度提高到 1 260 ℃是可行的。

5 结束语

莱钢棒材厂自主开发了 H13 热作模具钢锻造工艺,在不断完善和改进后趋于成熟,采用三火成形,拔长阶段控制砧宽比、料宽比等参数实现心部压实,锻后快冷及合理的球化退火工艺抑制网状碳化物的析出,组织均匀。批量生产锻件质量稳定,超

声波探伤达到 YB/T 036.10-1992 I 级别,锻件晶粒度、夹杂物、网状碳化物、纵横力学性能指标均符合技术要求。

参考文献:

- [1] 崔忠圻.金属学与热处理[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 刘助柏,倪利勇,刘国晖.大锻件形变新理论新工艺[M].北京:机械工业出版社,2009.

Forging Process Optimization of American Standard H13 Hot Working Die Steel

LI Yan-chu, ZHAO Ying-ling, CHEN Hui, LIU Bin, WANG Ming-kai

(The Bar Plant of Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271126, China)

Abstract: Laiwu Steel developed the American standard H13 Hot Die Steel and optimized its forging process. The optimized forging process adopted three-heating forming at the temperature of 1 260 ℃. To improve the compaction effect in the center of forgings, anvil width ratio, aspect ratio and other parameters are reasonably controlled in the forging process. Fast cooling after forging and rational spheroidizing annealing inhibits the net carbide precipitation and obtains the homogeneity of the structure. The technical indexes of the forgings fully meet the technical requirements.

Key words: hot die steel; H13; forging; three-heating forming; spheroidizing annealing

(上接第 58 页)

由表 1 可以看出,采取一系列改进措施后,圆钢不圆度明显降低,φ 18 ~ φ 40 mm 规格平均由 0.44 mm 降为 0.25 mm;粗糙度明显改善,平均由 4.96 μm 降为 1.94 μm。

在生产过程中,轧制过程正常,各孔咬入顺利,各道次轧制平稳,产品质量稳定。质检部门通过对

成品几何尺寸进行测量检验,符合产品高精度标准范围要求。

参考文献:

- [1] 赵松筠.型钢孔型设计[M].北京:冶金工业出版社,2005.
- [2] 小型型钢连轧生产工艺与设备编写组.小型型钢连轧生产工艺与设备[M].北京:冶金工业出版社,2006.

Technology Practice of Improving the Surface Quality of High Quality Round Steel

XIA Hong-Lin, JIANG Zi-long, ZHU Hong-wei, REN Li, LIU Jin-wei

(The Rolling Plant of Zhangdian Iron and Steel General Plant, Zibo 255007, China)

Abstract: In order to increase the surface quality of the high quality round steel, a series of improvement measures were taken. These measures include applying high-pressure water descaling technology, optimizing pass design, setting dynamic speed drop compensation, using import guide and guard with double tier and six wheels and adopting overfall pipe for control cooling and so on. After improvement, the ovalities of the round steel between φ 18 mm and φ 40 mm specifications reduced to 0.25 mm from 0.44 mm averagely; and the roughness reduced to 1.94 μm from 4.96 μm averagely; advancing product grades and creating good economic benefits.

Key words: high quality round steel; surface quality; ovality; roughness

学会动态

第十八届川、鲁、冀、晋、琼、粤、辽七省金属(冶金)学会矿业学术交流会在成都市召开

2011 年 9 月 27~30 日由川、鲁、冀、晋、琼、粤、辽七省金属(冶金)学会联合举办第十八届矿业学术交流会,在成都市召开,山东金属学会秘书长袁立宝率团参加了会议。

本次会议参会代表 115 人,山东省有 11 位代表参加了会议。会议共收到论文 176 篇,其中山东省论文 64 篇。会议进行了优秀论文评选,山东省获得优秀论文一等奖 13 篇、二等奖 19 篇、三等奖 32 篇。

经本次会议商定,第十九届七省金属(冶金)学会矿业学术交流会将由山东金属学会主办。受山东金属学会委托,山东钢铁集团有限公司矿业部部长兼山钢集团矿业有限公司总经理王广云代表下一届会议主办和承办单位作了讲话。王广云总经理在讲话中简要介绍了山钢集团生产经营及矿产资源获取工作情况,诚挚邀请六省金属(冶金)学会、矿山企业的代表参加 2012 年在山东举办的第十九届会议。(张作金)