

4Cr13 塑料模具钢锻造工艺研究

苏继伟 曲远东

(中冶京诚(营口)装备技术有限公司, 辽宁 115004)

摘要:运用模拟软件对 4Cr13 塑料模具钢锻造工艺进行数值模拟, 最终优化了锻造工艺, 满足了用户的技术要求。

关键词:4Cr13 塑料模具钢; 锻造工艺; 数值模拟

中图分类号:TG316 **文献标志码:**B

Research on Forging Process of 4Cr13 Plastic Mold Steels

Su Jiwei, Qu Yuandong

Abstract: The numerical simulation is performed for the forging process of 4Cr13 plastic mold steels by the simulation software to optimize forging process finally and meet the user's technical requirements.

Key words: 4Cr13 plastic mold steels; forging technology; numerical simulation

塑料模具钢是非金属成形模中用量最大的一种模具, 除要求有一定强度、韧性、硬度外, 还对钢的冷加工性能、热处理工艺性能、镜面性能、光洁度、蚀刻性能、耐磨性能、抗磨损性能等有特殊的要求。

1 试验材料

4Cr13 属于马氏体类型不锈钢, 经热处理后,

具有优良的耐腐蚀性能、抛光性能、较高的强度和耐磨性, 适宜制造承受高负荷、高耐磨及在腐蚀介质作用下的塑料模具、透明塑料制品模具。

4Cr13 塑料模具钢的化学成分如表 1 所示。

实际生产中要尽可能降低 P、S 含量, 降低钢中 H、O、N 含量, 一般要求 H 含量 $\leq 2 \times 10^{-6}$ 。要采用有效的工艺措施, 提高钢水纯净度和表面质量, 减少钢锭的偏析、缩孔和疏松。

表 1 4Cr13 塑料模具钢的化学成分(质量分数, %)

Table 1 Chemical composition of 4Cr13 plastic mold steels (mass fraction, %)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
标准要求	0.35 ~ 0.41	0.9 ~ 1.2	0.4 ~ 0.8	≤ 0.025	≤ 0.010	13.00 ~ 14.00	≤ 0.30	≤ 0.20	0.25 ~ 0.35
实测值	0.39	1.04	0.49	0.011	0.004	13.38	0.16	0.01	0.3

表 2 非金属夹杂物

Table 2 The nonmetallic inclusions

类型	A	B	C	D
细系	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 1.5
粗系	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 1.5

2 技术要求

(1) 非金属夹杂物合格级别见表 2。检验标准按 GB/T10561—2005 执行。

(2) 锻件表面质量及超声检测要求: (a) 不允许有目视可见的裂纹、缩孔、折叠等缺陷; (b) 单个 $\varnothing 2 \text{ mm} \sim \varnothing 3 \text{ mm}$ 缺陷的个数不得超过 3 个, $\varnothing 3 \text{ mm} \sim \varnothing 4 \text{ mm}$ 缺陷的个数不得超过 1 个; (c) 长条或

密集形点状不连续的当量平底孔直径 $\leq \varnothing 2 \text{ mm}$ 。

3 工艺流程

4Cr13 模块的规格范围为: 宽度: 800 mm ~ 1 000 mm, 厚度: 160 mm ~ 500 mm。采用 5 t ~ 11 t 镇静钢锭制造。工艺流程: 钢锭热送 → 入炉加热 → 锻造 → 热处理 → 锻件检验 → 入库。

3.1 锻造加热

锻造加热过程的主要参数是加热温度和保温时间。

钢锭的加热温度和保温时间是根据钢锭的材质和断面尺寸等因素进行选取的^[1]。为了防止因低温性能差而出现过大的组织应力, 要求在低温下缓慢加热。因此, 钢锭加热时采用 650 ~ 700℃

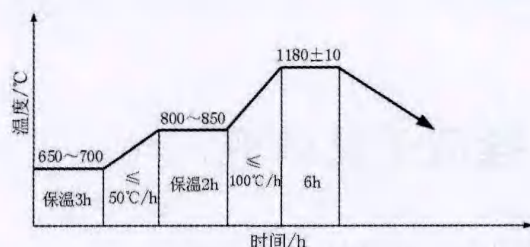


图1 锻造加热曲线
Figure 1 Heating curve of forging

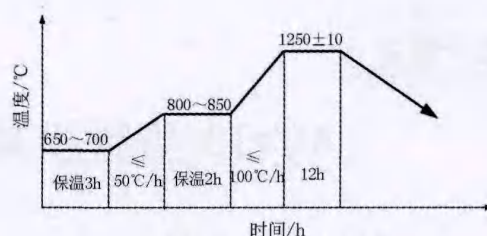


图2 改进的加热曲线
Figure 2 The improved heating curve

保温,然后缓慢升温到800~850℃,升温速度 $\leq 50^\circ\text{C}/\text{h}$ 。由于850℃以上钢锭的导热性能很好,为了防止晶粒过分长大,影响锻造性能,所以在850℃以后快速加热到始锻温度。锻造加热曲线如图1所示。

对首次生产的4Cr13塑料模具钢模块进行超声检测,在整个工件中心部位均发现 $\varnothing 2\text{ mm}$ 以上的密集型缺陷,进而对缺陷部位进行高倍检查,发现颗粒状碳化物条带。由于4Cr13塑料模具钢在生产过程中属于高碳钢,而且合金含量比较高,极易出现微观偏析的现象,在钢锭加热过程中通过提高始锻温度和增加保温时间,进行高温扩散,可有效降低偏析程度,实现化学成分均匀化,保证锻件的内部质量。改进的加热工艺如图2所示。

3.2 锻造工艺

根据公司设备及工装辅具情况,锻造过程采

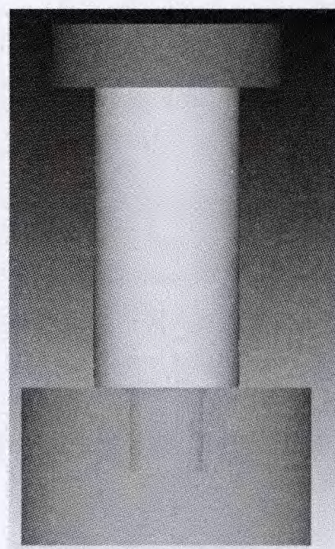


图3 墩粗工艺几何模型
Figure 3 Geometrical model of upsetting process

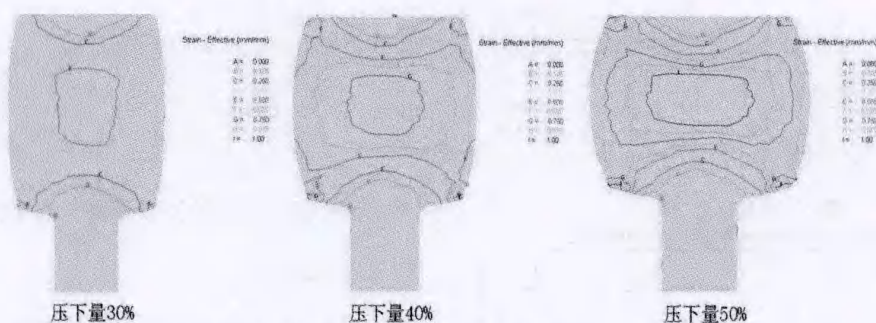


图4 不同压下量下等效应变云图
Figure 4 Equivalent strain nephogram under different screw down amounts

用两墩两拔,并对墩粗过程进行数值模拟,以确定最优墩粗高度。墩粗采用上墩粗板和下漏盘,采用模拟软件deform-3d对墩粗过程进行模拟。模拟墩粗工艺建立的几何模型如图3所示。不同压下量情况下锻件的等效应变情况如图4所示。

钢锭在凝固过程中不可避免地存在疏松、缩孔、非金属夹杂物等冶金缺陷。为了破碎钢锭的铸态组织,锻合钢锭内部的疏松、孔洞等缺陷,应有足够的变形量,缺陷周围为负的静水压力,合适

的锻造温度和保温时间;孔隙表面未被氧化,不存在非金属夹杂物。图4中给出了不同压下量的情况下坯料等效应变的分布情况。从图4可以看出,在墩粗过程中,除与上墩粗板和下漏盘接触处外,坯料心部先开始变形;并且随着压下量的不断增大,心部等效应变逐渐增大,而且最大等效应变发生在坯料心部,等效应变最小区域发生在上下接触面部分。当坯料压下量在50%时,坯料大部

(下转第50页)

Ø2 600 mm 的范围。所有程序只要编制出一个,复制修改截面尺寸就可以任意拓展。

在压机能力许可的情况下,超宽砧拔长效率最高,只需要拔长四趟就能满足有效压实临界条件。并且,在锻造厚壁筒一类中心带孔的锻件时,其心部不用完全压实锻透,工艺要求只拔长三趟即可。由于在锻件成形过程中通常不会使用太宽的砧子,所以对于 1 200 mm 平砧,只需制作一个上砧即可,因为只在拔长压实时使用,这样可以大大减少工装成本。各台压机所需的最宽上砧尺寸应根据压机能力和所能生产的最大锻件的截面尺寸来确定。

将几种拔长方法灵活使用,根据有效压实临界条件判别,在许多情况下钢锭是不用墩粗的,或者只需要墩粗一点点,能达到满足有效压实临界工艺准则即可,这样可以大大提高生产效率,降低成本。

在编制《优化锻造工艺手册》时,除了前述的各种变形程序外,还应包括常用钢锭截面尺寸、本企业工装工具一览表及压机净空距参数等,这些参数在编制工艺时会经常用到。

3 结论

3.1 按照有效压实锻造法的临界条件制定锻造

工艺,需要编制一本《优化锻造工艺手册》。

3.2 本文介绍了大型压机最常用的上下平砧传统拔长、上下平砧连续拔长、FM 法拔长和超宽砧拔长四种方法的拔长程序编制,使得工艺制定不再仅仅依靠传统经验,而是有据可依、简明精确,对操作过程的控制也很严谨,并且能够取得较大经济效益。

3.3 四种常用拔长方法中,在条件相等的情况下,超宽砧拔长的压实效果最好,FM 法其次,然后为上下平砧连续拔长,最后是上下平砧传统拔长。要根据压机的能力合理使用超宽砧拔长方法。

参考文献

- [1] 任猛,王祖唐,刘庄.有效压实锻造法.中国发明专利第 10650 号.
- [2] 任猛,等.拔长程序手册.北京重型机器厂技术文件,1987, 10.
- [3] 任猛,董金雷,王中安.优化锻造工艺手册.亚洲重工集团有限公司技术文件,2000.
- [4] 任猛,金锡钢,王祖唐.拔长锻造时的展宽值计算.锻压技术,1989(2):8.

编辑 李韦莹

(上接第 46 页)

表 4 非金属夹杂物检验结果

Table 4 The test results of nonmetallic inclusions

类型	A	B	C	D
细系	0	0.5	0	0.5
粗系	0	0	0	1.0

分区域等效应变达到 0.625 以上,心部等效应变达到 1,而上下与工辅具接触处等效应变小于 0.25^[2],可以通过后续拔长过程进行进一步压实,以保证心部质量。

大钢锭中心部位杂质较多,疏松、残余缩孔较严重,不易完全被锻合,主要是由于锻不透所致。因此,在拔长过程中,必须保证足够的压下量和合理的砧宽等因素,使锻件端部呈现凸出的现象,在锻件心部产生足够的变形,锻合心部缺陷。

4 理化检验结果

非金属夹杂物检验结果如表 4 所示。

锻件表面及超声检测结果满足技术要求。

5 结论

(1)从理化检验结果可知,所选用的锻造工艺是合理可行的。

(2)在设计 4Cr13 塑料模具钢锻造工艺时,应根据工厂设备情况考虑采用高温扩散和两墩两拔工艺,这对于解决钢锭偏析问题和孔隙锻合问题有一定的作用。

参考文献

- [1] 李剑,苏会德,姜丰达.生产优质大截面模块的锻造工艺.山东冶金,2000,22(2):22-23.
- [2] 苏继伟,许燕燕.船用螺旋桨轴锻造工艺研究.大型铸锻件,2011,140(2):22-24.

编辑 杜青泉