

锻压温度对新型汽车模具钢性能的影响

吴雄喜

(浙江工业职业技术学院, 浙江 绍兴 315012)

摘要:采用不同始锻和终锻温度对 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢进行锻压试验, 并进行磨损性能和热疲劳性能的测试与分析。结果发现, 与始锻温度 1050℃ 相比, 1125℃ 始锻时 4Cr5MoSiV1Sr1W1 模具钢的磨损体积减小 40.5%、热疲劳裂纹级别减小 55.6%; 与终锻温度 850℃ 相比, 900℃ 终锻时模具钢的磨损体积减小 36.7%、热疲劳裂纹级别减小 50.0%。为了提高 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢试样的抗磨损性能和热疲劳性能, 优化后始锻温度和终锻温度分别选为 1025℃ 和 900℃。

关键词:4Cr5MoSiV1Sr1W1 模具钢; 锻压温度; 耐磨损性能; 热疲劳性能

中图分类号:TB302.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)04-0062-03

Effect of Forging Temperature on Properties of Die Steel for New Automobile

WU Xiongxi

(Zhejiang Polytechnic College, Shaoxing 315012, China)

Abstract:The forging tests for 4Cr5MoSiV1Sr1W1 die steel for new automobile is carried out under different initial forging and final forging temperatures, and the wear and thermal fatigue properties are examined and analyzed. The results show that compared with the initial forging temperature of 1050℃, the wear value of 4Cr5MoSiV1Sr1W1 die steel forged under initial forging temperature of 1125℃ is reduced by 40.5%, and the thermal fatigue crack level is decreased by 55.6%. Compared with the final forging temperature of 850℃, the wear value of 4Cr5MoSiV1Sr1W1 die steel forged under final forging temperature of 900℃ is reduced by 36.7%, and the thermal fatigue crack level is decreased by 50.0%. To improve the abrasion performance and thermal fatigue performance of 4Cr5MoSiV1Sr1W1 die steel for the new automobile, the optimized forging temperature and finish forging temperature are chosen as 1025℃ and 900℃ respectively.

Keywords:4Cr5MoSiV1Sr1W1 die steel; forging temperature; abrasion performance; thermal fatigue properties

0 引言

在现代制造业中,模具占有举足轻重的地位,极大地推动了国民经济的发展^[1]。近年来随着我国综合实力的增强,模具行业得到了较好的发展,越来越多的模具为中国制造,而模具行业的兴起也带动了市场对其更大的需求,模具钢产量大增^[2]。其中,汽车九成以上的零部件需要用到模具加工成形,因此汽车工业的发展离不开模具制造业^[3]。汽车模具钢的种类主要有热作模具钢、冷作模具钢、汽车覆盖模具钢等。目前我国汽车模具钢发展迅速,中低档的模具需求过剩,缺乏大型、复杂、精密和耐用的模具^[4-5]。因此提升汽车模具的生产质量和能力具有积极的意义。而汽车模具的优劣不仅与原材料有关,还和制造工艺息息相关,汽车模具的内部组织及应力会受到锻压加工的影响,进而对汽车模具的性能和使用寿命造成影响^[6-8]。锻造在汽车模具生产中是非常重要的加工方式之一,它能加工出高质量的零部件,并提高生产效益^[9]。但是模具钢在锻造时亦有缺陷存在,比如碳化物和晶粒变

粗大,影响模具钢的强度和性能,而且汽车模具钢的工作环境恶劣,易磨损、疲劳,影响性能和使用寿命^[10-11]。因此本文采用不同的锻压温度进行了新型汽车模具钢的试验,研究了锻压温度对新型汽车模具钢磨损性能和热疲劳性能的影响,以提升我国汽车模具钢的质量和性能。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

本文试验材料为 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢试样,试样的质量分数见表 1。以中频感应+电渣重熔法制备的新型汽车模具钢铸锭为坯料,坯料尺寸为 $\phi 50\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 。坯料在锻压前进行了退火处理,退火温度 880℃、保温时间 4h。采用 2500T 锻压机进行坯料试样的锻压试验。为了研究锻压温度对 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢磨损性能和热疲劳性能的影响,在锻压过程中,保持锻压变形量 18%、模具预热温度 300℃ 等工艺参数不变,改变始锻温度和终锻温度。锻压变形量的计算公

基金项目:浙江省教育厅科研项目(Y201839184)

作者简介:吴雄喜(1976—),男,安徽枞阳人,副教授,硕士研究生,研究方向为机械制造及材料加工。

式见式(1)。各新型汽车模具钢试样的锻压温度见表2。所有的锻压试样都进行了相同的热处理:1 035℃×65 min油淬后,650℃×6 h二次回火。

表1 试样的质量分数 (wt.%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Sr	W	P	S	Fe
0.32~0.45	0.8~1.2	0.2~0.5	4.75~5.5	1.1~1.75	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2	≤0.03	≤0.03	Bal.

$$\text{锻压变形量} = \frac{\text{锻压前坯料试样的横截面积}}{\text{锻压后试样的横截面积}} \times 100\% \quad (1)$$

表2 试样锻压温度 (°C)

试样编号	始锻温度	终锻温度
1	1 050	900
2	1 075	900
3	1 100	900
4	1 125	900
5	1 150	900
6	1 125	850
7	1 125	875
8	1 125	925

1.2 试验方法

磨损试验:在试样上随机切取3个10 mm×10 mm×10 mm方形磨损平行试块,参照GB/T1444-2006《金属材料 磨损试验方法 试环-试块滑动磨损试验》^[12],在摩擦磨损试验机上进行室温磨损试验。

主要试验参数:磨轮总转数50 000 r、磨轮转速2 500 r/min、载荷800 N、相对滑动速度90 mm/min、对磨材料为45钢。记录磨损体积,以3个平行试块测试值的算术平均值作为试样的测试值。用JSM6510型扫描电镜观察试样表面磨损形貌。

热疲劳试验:在试样上随机切取3个10 mm×10 mm×10 mm方形热疲劳平行试块,参照GB/T 15824-2008《热作模具钢热疲劳试验方法》^[13],用高频感应加热,流动自来水冷却,进行1 000次25℃~600℃冷热循环,然后用80倍显微镜观察主裂纹和网状裂纹,根据标准进行评级,并记录热疲劳裂纹等级,依次表征试样的热疲劳性能。所述热疲劳裂纹等级为试样主裂纹级别与网状裂纹级别之和。

2 试验结果

2.1 磨损试验

当终锻温度900℃不变时,采用不同始锻温度下4Cr5MoSiV1Sr1W1新型汽车模具钢试样的室温磨损试验结果,如图1所示。从图1可以看出,始锻温度对试样磨损体积产生较为明显的影响,换言之,始锻温度对试样磨损性能影响较大。如果始锻温度偏低,试样磨损体积较大,磨损性能较差;适当地提高始锻温度,有助于减小磨损体积,提高试样磨损性能;但是,如果始锻温度过高,也不利于减小磨损体积,反而使得磨损体积有所增大,试样磨

损性能非但没有提高反而出现下降。当始锻温度在1 050℃~1 150℃范围内变化时,始锻温度为1 050℃时试样磨损体积最大;始锻温度为1 125℃时,试样磨损体积最小,较1 050℃始锻时减小40.5%。图2是始锻温度分别为1 050℃和1 125℃时4Cr5MoSiV1Sr1W1新型汽车模具钢试样室温磨损后的表面形貌。从图2可以看出,当始锻温度在1 050℃时,磨损试验后试样表面磨损较为严重,试样磨损性能较差;当始锻温度提高到1 125℃时,磨损试验后试样表面磨损现象较1 050℃始锻时明显减轻,试样磨损性能得到提高。这与试样磨损体积测试结果相一致。

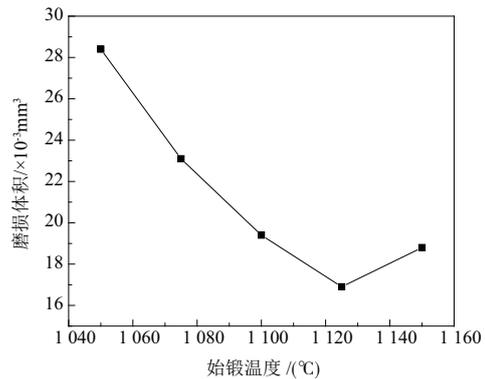


图1 不同始锻温度试样磨损试验结果

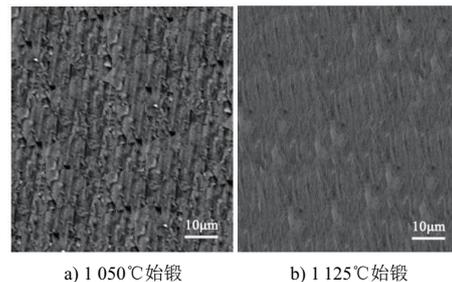


图2 试样室温磨损后的表面形貌照片

当始锻温度保持在1 025℃不变时,采用不同终锻温度下4Cr5MoSiV1Sr1W1新型汽车模具钢试样的室温磨损试验结果,如图3所示。从图3可以看出,终锻温度对试样磨损体积产生较为明显的影响,换言之,终锻温度对试样磨损性能影响较大。如果终锻温度偏低,试样磨损体积较大,磨损性能较差;适当地提高终锻温度,有助于减小磨损体积,提高试样磨损性能;但是,如果终锻温度过高,也不利于减小磨损体积,反而使得磨损体积有所增大,试样磨损性能非但没有提高反而出现下降。当终锻温度在850℃~925℃范围内变化时,终锻温度为850℃时试样磨损体积最大;终锻温度为900℃时,试样磨损体积最小,较850℃始锻时减小36.7%。由此可以看出,为了提高4Cr5MoSiV1Sr1W1新型汽车模具钢试样的磨损性能,始锻温度优选为1 025℃、终锻温度优选为900℃。

2.2 热疲劳试验

当终锻温度保持在900℃不变时,采用不同始锻温度下4Cr5MoSiV1Sr1W1新型汽车模具钢试样的热疲劳试验结果,如图4a)所示。从图4a)可以看出,始锻温度对试样

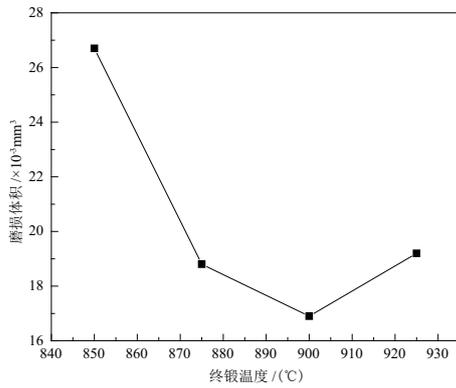


图3 不同终锻温度试样磨损试验结果

热疲劳裂纹级别产生较为明显的影响,换言之,始锻温度对试样热疲劳性能影响较大。如果始锻温度偏低,试样热疲劳裂纹级别较大,热疲劳性能较差;适当地提高始锻温度,有助于减小热疲劳裂纹级别,提高试样磨损性能;但是,如果始锻温度过高,也不利于减小热疲劳裂纹级别,反而使得热疲劳裂纹级别有所增大,试样热疲劳性能非但没有提高反而出现下降。当始锻温度在 1050℃~1150℃ 范围内变化时,始锻温度为 1050℃ 时试样热疲劳裂纹级别最大;始锻温度为 1125℃ 时,试样热疲劳裂纹级别最小,较 1050℃ 始锻时减小 55.6%。

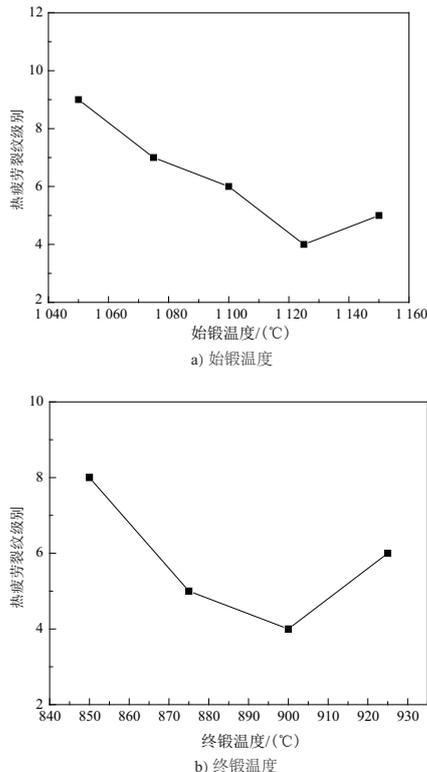


图4 锻压温度对试样热疲劳性能的影响

当始锻温度保持在 1025℃ 不变时,采用不同终锻温度下 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢试样的热疲劳试验结果,如图 4b) 所示。从图 4b) 可以看出,终锻温度对试样热疲劳裂纹级别产生较为明显的影响,换言之,终锻温度对试样热疲劳性能影响较大。如果终锻温度偏低,试

样热疲劳裂纹级别较大,热疲劳性能较差;适当地提高终锻温度,有助于减小热疲劳裂纹级别,提高试样磨损性能;但是,如果终锻温度过高,也不利于减小热疲劳裂纹级别,反而使得热疲劳裂纹级别有所增大,试样热疲劳性能非但没有提高反而出现下降。当终锻温度在 850℃~925℃ 范围内变化时,终锻温度为 850℃ 时试样热疲劳裂纹级别最大;终锻温度为 900℃ 时,试样热疲劳裂纹级别最小,较 850℃ 终锻时减小 50.0%。由此可以看出,为了提高 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢试样的热疲劳性能,始锻温度优选为 1025℃、终锻温度优选为 900℃。

3 结语

1) 当始锻温度在 1050℃~1150℃、终锻温度在 850℃~925℃ 范围内变化时,锻压温度对 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢的磨损性能和热疲劳性能产生明显影响。

2) 为了提高 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢的磨损性能和热疲劳性能,始锻温度优选为 1025℃、终锻温度优选为 900℃。

3) 与始锻温度 1050℃ 相比,1125℃ 始锻时 4Cr5MoSiV1Sr1W1 新型汽车模具钢的磨损体积减小 40.5%、热疲劳裂纹级别减小 55.6%;与终锻温度 850℃ 相比,900℃ 终锻时模具钢的磨损体积减小 36.7%、热疲劳裂纹级别减小 50.0%。

参考文献:

- [1] 朱红. 热作模具的性能影响工艺分析[J]. 热加工工艺,2013,42(14):196-197,200.
- [2] 吴晓春,谢尘. 国内外冷作模具钢发展动态[J]. 模具工业,2013(12):1-11.
- [3] 赵学智,范燕波,夏琴香,等. 5CrNiMo 热作模具钢锻前加热规范研究及优化[J]. 热加工工艺,2013,42(17):110-113,116.
- [4] 吴平桂. 汽车大型模具用钢的研究进展[J]. 科技创新导报,2009(6):11-12.
- [5] 刘献礼,马晶,岳彩旭,等. 汽车模具凸曲面精加工极限切削深度预测[J]. 机械工程学报,2015(2):117-126.
- [6] 许珞萍,吴晓春,闵永安,等. 提高模具钢质量的系统控制[J]. 热处理,2001,16(4):12-16.
- [7] 崔向红,王树奇,姜启川,等. 精铸热锻模具的应用与改进措施[J]. 农业机械学报,2004,35(2):189-191.
- [8] 王孟,刘宗德,宝志坚,等. H13 钢汽车热锻模具失效机理分析[J]. 锻压技术,2008,33(4):83-86.
- [9] 张瑜. 铝合金热锻模具结构中的应力应变演变过程分析[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [10] 郑有想. 预处理温度对模具钢组织和性能的影响[J]. 锻压技术,2014,39(12):112-115.
- [11] 李海东. 淬火与回火温度对热作模具钢组织与性能的影响[J]. 锻压技术,2014,39(9):111-115.
- [12] GB/T1444-2006 金属材料磨损试验方法 试环-试块滑动磨损试验[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [13] GB/T 15824-2008 热作模具钢热疲劳试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

收稿日期:2018-11-07