

18Cr2Ni4WA钢深层渗碳高温回火工艺探讨

米琇娟, 吴佩泽, 景千周

西安煤矿机械有限公司 陕西西安 710200

摘要: 渗碳件的热处理工艺(渗碳温度、保温时间、淬火介质、回火温度及冷处理)的差异可获得不同的残留奥氏体数量。18Cr2Ni4WA若是深层渗碳后直接淬火,将会导致表面存在大量残留奥氏体,表面硬度50~55HRC。需进行多次高温回火,才能减少残留奥氏体量。这种回火周期长、设备使用率低。为此,对渗碳层深度 $\geq 3.0\text{mm}$ 的重载大齿轮件,采用660~680℃高温回火工艺以减少残留奥氏体量,达到技术要求。本工艺是18Cr2Ni4WA重载齿轮的预备热处理工序,可为重载齿轮的最终热处理提供一个良好的原始组织。

关键词: 深层渗碳; 淬火; 高温回火; 残留奥氏体

Discussion on high temperature tempering process of 18Cr2Ni4WA steel after deep carburizing

MI Xiujuan, WU Peize, JING Qianzhou

Xi'an Coal Mining Machinery Co., Ltd., Xi'an 710200, Shaanxi, China

Abstract: The heat treatment process of carburized parts (carburizing temperature, holding time, quenching medium, tempering temperature and cold treatment) can obtain different amounts of residual austenite. If 18Cr2Ni4WA is directly quenched after deep carburizing, it will lead to a large amount of residual austenite on the surface, and the surface hardness is 50~55HRC. Multiple high temperature tempering is required to reduce the amount of residual austenite. This kind of tempering period is long and the equipment utilization rate is low. For heavy duty large gear parts with carburizing layer depth $\geq 3.0\text{mm}$, the high temperature tempering process of 660~680℃ is adopted to reduce the amount of residual austenite and meet the technical requirements. This process is a preliminary heat treatment procedure of 18Cr2Ni4WA heavy duty gear, which provides a good original structure for the final heat treatment of heavy duty gear.

Keywords: deep carburization; quenching; high-temperature tempering; retained austenite

1 序言

原工艺深层渗碳后需高温回火 ≥ 3 次,其中渗层深度 $\geq 5.0\text{mm}$ 需高温回火4次,总时间长达4~5天,周期长、成本高、设备利用率低。现工艺是重载齿轮件渗碳后,经2次或3次在高温回火保温后出炉空冷,即最后一次保温完成后炉冷到450℃时再出炉空

冷,即可达到技术要求。

2 高温回火工艺

高温回火使马氏体和残留奥氏体分解,渗层中的碳与合金元素以碳化物形式析出,使淬火后渗层残留奥氏体量减少。高温回火工艺一般为600~

第一作者:米琇娟,工程师,学士,主要从事热处理工作, E-mail: 546525792@qq.com。

680℃下保温6~8h。

2.1 组织转变

18Cr2Ni4WA钢渗碳层中的残留奥氏体 (A_R) 在高温回火中的转变符合碳化物析出和相变硬化消除理论。相变硬化消除在高温回火的前一段时间内占主导,在多次高温回火的大部分时间里,碳化物析出占主导。

渗碳空冷后再淬火马氏体中碳的过饱和度,在回火前最大。随着回火时间延长,碳化物析出,驱动力逐渐减小,碳化物析出速度逐渐变慢。在第一次回火时相变硬化基本消除,残留奥氏体中碳化物的析出是一个缓慢的过程。

高温回火时,主要发生马氏体分解,以消除相变硬化为主,残留奥氏体中碳化物析出不明显;在第一次、第二次及第三次高温回火后的残留奥氏体中碳化物析出为主。

碳化物大量析出后残留奥氏体因碳及合金含量减少,所以 M_s 点升高,冷却时残留奥氏体向马氏体转变^[1]。

2.2 高温回火温度

随着回火温度的提高,硬度先下降后上升,出现了硬度的最低点。这与18Cr2Ni4WA钢本身的 Ac_1 (700℃)有关,高温回火温度过高会促使部分奥氏体化,奥氏体在高温回火冷却过程中发生索氏体、贝氏体或马氏体转变,不利于降低硬度,因此高温回火的温度以670℃为宜^[2]。

2.3 冷却方式

冷却方式有空冷、炉冷两种方式。炉冷过程中,因为设备、装炉量等的不同,所以冷却速度、冷却时间、高温回火效果存在差异。原工艺18Cr2Ni4WA钢渗碳件在高温回火后还进行调质,在850℃淬火后渗层表面有约30%的残留奥氏体 ($M + A_R$ 评5级),经560℃高温回火+空冷后,渗层表面 $M + A_R$ 评1~2级, $A_R \leq 15\%$,残留奥氏体的消除效果仍较明显。

2.4 炉冷时的出炉温度

炉冷时的出炉温度,取决于有无明显残留奥氏体,较低硬度有利于机械加工。大量实践表明,在400℃以上时,大量残留奥氏体已有所转变,220℃回火时残留奥氏体中可观察到碳化物析出,520℃以上回火时碳化物主要沿原奥氏体晶界析出^[3, 4],故

出炉温度以450~500℃为宜。

3 试验方法

3.1 随炉冷和空冷的试验

如图1所示,高温回火时炉冷降温过程可认为是台阶式降温,从660℃炉冷到640℃用了2h,近似于在650℃保温2h,且工件随炉冷却并不耗电能。为此,对随炉冷和空冷过程进行了试验,以求找到更优的高温回火工艺,从而保证产品质量,达到降本增效的目的。

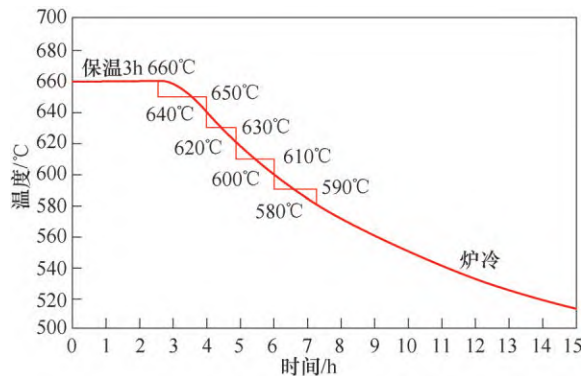


图1 炉冷过程降温示意

3.2 试验过程

生产中进行多次同炉、同一位置对渗碳层深度在4.0~6.0mm的渗碳试样,采用不同方式的高温回火过程进行试验,观察组织转变情况,发现炉冷效果优于空冷效果。

将渗碳层深度6.3mm试样,随炉660℃保温3h后,分别采用炉冷和空冷两种降温方式,观察组织变化情况。图2~图6所示分别为同条件试样坑冷和高温回火空冷、炉冷组织。

3.3 结果分析

从结果看,一次高温回火时采用两种冷却方式仍有一定的残留奥氏体,其中炉冷效果好,而随炉冷析出的网状碳化物含量明显多于空冷方式。



图2 渗碳后坑冷

($M + A_R$ 评5级,硬度50~55HRC)

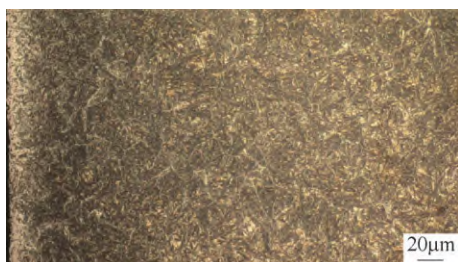


图3 660℃×3h第一次高温回火后空冷
(M+A_R评3级, 硬度36~37HRC)



图4 660℃×3h第二次高温回火后空冷
(M+A_R评2级, 硬度27~32HRC)

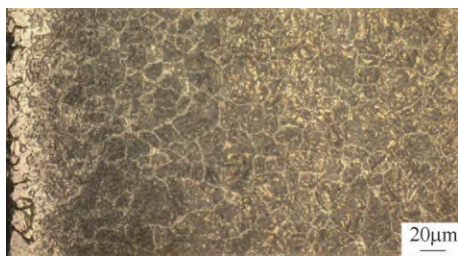


图5 一次高温回火随炉冷到480℃保温12h
(M+A_R评2级, 硬度33~36HRC)

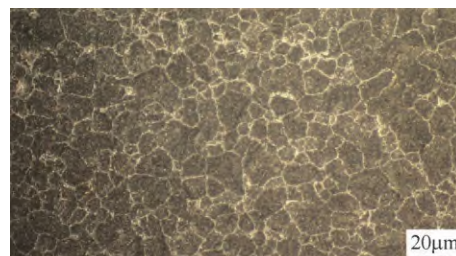


图6 二次高温回火随炉冷到480℃保温12h
(M+A_R评1级, 硬度28~32HRC)

高温回火的目的是尽量降低残留奥氏体含量, 为最终热处理做好淬火前的组织准备。两次高温回火空冷后的效果只相当于一次高温回火随炉冷的效果。

4 高温回火过程中的硬度变化

在消除残留奥氏体的过程中, 硬度降低试验过程以两次高温回火为基础进行。该材料渗碳后高温回火前期硬度降低较快, 随着高温回火过程的延

续, 硬度降低幅度减慢。查阅相关资料, 该材料渗碳后高温回火硬度降低到35HRC时, 若再继续高温回火, 则硬度降低有限。从图1~图5可看出, 一次高温回火炉冷硬度降低幅度较空冷大, 但经过两次高温回火后, 其硬度相当, 此硬度完全可以满足机械加工的要求。

渗碳试样和工件在采用不同方式高温回火后的硬度变化情况分别见表1、表2。

表1 渗碳试样高温回火方式与硬度变化

炉号	一次回火	二次回火	硬度HRC	三次回火	硬度
434/6.0	空冷	炉冷到430℃×15h	29~31	—	—
7425/4.5	空冷	空冷	27~32	—	—
	炉冷到460℃×21h	空冷	28~33	—	—

表2 渗碳工件高温回火方式与硬度变化

炉号	一次回火	二次回火	硬度HBW	三次回火	硬度HBW
426/6.0	空冷	空冷	278~290	—	—
446/5.0	空冷	炉冷到450℃×18h	255~292	—	—
6124/6.0	空冷	空冷	(上) 292~320 (中) 296~299 (下) 299~314	炉冷到 450℃×11h	(上) 275~292 (中) 270~296 (下) 302~310
737/4.0	空冷	炉冷到460℃×16h	(上) 278~306 (中) 270~299 (下) 278~292	—	—
727/6.0	空冷	炉冷到450℃×15h	292~320	空冷	278~289
747/6.0	空冷	炉冷到480℃×14h	296~330	空冷	275~289
7325/6.0	炉冷到480℃×11h	空冷	290~320	—	—

注: “434/6.0”代表“炉次/层深”; 炉冷表示随炉冷却到某一温度×所需时间+空冷处理”。“上、中、下”分别代表工件的装炉位置上区、中区、下区各一件。

(下转第96页)

间延长硬度先升高后降低,在2h达到峰值323HV。且随着时效时间的延长,合金回复程度增大,晶界逐渐明显粗化,并伴随有晶界析出。

参考文献:

- [1] KLAY E, DIOLOGENT F, ARNÉODO J, et al. Solid state transformations of Au-Cu-Pt alloys studied by in-situ X-ray synchrotron radiation and DSC[J]. Intermetallics, 2011, 19: 726-737.
- [2] PAN L G, WANG J N. Age-hardening behavior of a lowgold dental alloy[J]. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 2007, 18 (1) : 171-177.
- [3] PARK M G, YU C H, SEOL H J, et al. Age-hardening behaviour of a spinodally decomposed low-carat gold alloy[J]. Journal of Materials Science, 2008, 43 (5) : 1539-1545.
- [4] UDOH K I, FUJIYAMA H, HISATSUNE K, et al. Age-hardening associated with ordering and spinodal decomposition in a AgCu-40at% Au pseudobinary alloy[J]. Journal of Materials Science, 1992, 27 (2) : 504-510.
- [5] HISATSUNE K, UDOH K I, SOSROSOEDIRDJO B I, et al. Agehardening characteristics in an AuCu-14at.% Ag alloy[J]. Journal of Alloys and Compounds, 1991, 176 (2) : 269-283.
- [6] AMIOUR L, MERMOUL S, HAMANA D. Study of the influence of silver addition on the order-disorder transformations in Cu-Au system[J]. Physics Procedia, 2014, 55: 30-34.
- [7] 赵涛,周龙海,马小龙,等. AuAgCu合金组织与性能研究[J]. 热加工工艺, 2017, 46 (22) : 215-217.
- [8] FULLMAN R L, FISHER J C. Formation of annealing twins during grain growth[J]. Journal of Applied Physics, 1951, 22 (11) : 1350-1355.
- [9] GLEITER H. The formation of annealing twins[J]. Acta Metallurgica, 1969, 17 (12) : 1421-1428.
- [10] 杨钢,孙利军,张丽娜,等. 形变孪晶的消失与退火孪晶的形成机制[J]. 钢铁研究学报, 2009, 21 (2) : 39-43.

MW 20240715

(上接第91页)

从表1、表2可看出,试样和工件在空冷和炉冷后硬度均能满足加工要求,表2中炉号6124/6.0、727/6.0、747/6.0均进行了三次高温回火,硬度较二次高温回火硬度略有下降,但对实际操作意义不大。

5 结束语

1) 工件和试样在空冷和炉冷后的硬度均能满足技术要求,三次高温回火硬度略有下降,但实际意义不大。

2) 从金相组织来看,炉冷优于空冷,两次空冷相当于一次炉冷效果。

3) 炉冷不耗能,能有效利用炉膛温度进行组织转变,并可适当减少回火频次。

4) 实际生产过程中,可根据具体情况合理选择高温回火冷却方式。

综上所述,对于深层渗碳可以采用回火炉冷来代替传统回火空冷。

参考文献:

- [1] 王晓亮,刘忆. 18Cr2Ni4WA钢的渗碳后热处理[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2005 (12) : 227-229.
- [2] 刘向艳,崔鸿,李刚,等.回火温度对渗碳钢 18Cr2Ni4WA 组织和硬度的影响[J]. 特殊钢, 2019, 40 (5) : 57-59.
- [3] 唐富生, 18Cr2Ni4WA钢齿轮的热处理工艺制定[J]. 金属加工(热加工), 2017 (3) : 18-20.
- [4] 马茂元,常铁军,刘肇域,等.中低温回火对 18Cr2Ni4WA 渗碳层残余奥氏体的影响[J]. 兵器材料科学与工程, 1988 (6) : 18-22.

MW 20240720