

10bar 真空高压气淬炉在压铸模具热处理中的应用

宁波市北仑区大矸热处理厂 (宁波 315806) 徐建平
北京华海中谊真空工业炉制造有限公司 (北京 100076) 孙强

0 前言

随着人们环境保护意识的不断增强,危害环境的行为逐渐受到日益严格的限制或禁止。由于真空热处理无污染,故近年来在我国发展非常迅速。目前 6 bar 真空气淬炉使用已较普遍,但大型模具在 6 bar 真空气淬炉中热处理时,冷却速度不理想,对模具的冲击韧性、使用寿命有很大影响。为加快冷却速度,提高真空炉气冷压力是十分有效的途径,因此 10 bar 真空气淬炉成了人们关注的热点。由于时间较仓促,6 bar 真空气淬炉与 10 bar 真空气淬炉的对比试验尚未能充分进行,技术数据的收集亦有所欠缺。因此,本文仅作为对 10 bar 真空气淬炉在压铸模具热处理中之应用的一个粗浅探讨,不妥之处尚祈业界同仁不吝赐教。

1 传统工艺方法

压铸模具淬火时,为了防止表面氧化脱碳、变形、开裂,传统工艺是采用脱氧良好的氯化钡高温盐浴或用保护气氛电炉加热,或者装箱保护后在普通箱式电炉中加热。

我们过去采用高温盐浴加热,存在很多问题:

①热处理劳动强度大,工作环境恶劣,加热时放出的气体,废弃的炉渣、盐、旧电炉对环境造成污染,且盐浴处理已受到限制。

②盐浴淬火后的工件表面易被盐浴腐蚀,即使工件经清洗磨削加工后,在使用中也容易生锈,导致工件使用寿命降低。

③盐浴处理由于加热速度快,工件截面温差大,由热应力引起的变形量增大。

④盐浴淬火过程中冷却不均匀,易出现软点,造成硬度不均匀,使用寿命下降。

2 真空热处理

真空热处理具有如下优点:

①高效率、低能耗、无污染、劳动强度低、产品质

量高。

②工件在真空加热中无氧化、无脱碳、可脱脂、可除气(特别是模具内部的有害气体氢等)、表面洁净光亮,表面性能亦得到明显改善,可提高耐磨性、疲劳强度等。

③真空加热中升温速度可控,模具截面温差小,由热应力引起的变形小,比盐浴淬火变形量小 70% 左右。淬火时冷却气体可在 360 度范围内对工件进行喷射冷却,冷却较均匀,工件不会出现软点,淬火硬度均匀。

3 10 bar 真空高压气淬炉

压铸模的寿命取决于多种因素,如材料的化学成分、冶炼工艺、金相组织、模具的设计与机械加工、模具规格、模具的使用和维护,以及锻造工艺,热处理工艺等。

压铸模主要失效形式有两种:

①热龟裂。热龟裂典型的裂纹为网状分布的龟网状裂纹,亦有在温度较高及应力集中部位产生的小裂纹。

②严重开裂。严重开裂是在模具使用中突然发生的。常常在模具表面应力集中处萌生裂纹源,最后以脆性断裂突然开裂,造成模具报废。

实践经验证明,模具寿命长短主要取决于材料性能的优劣,优良的模具材料应具有推迟裂纹的萌生和扩展的能力。提高模具寿命的关键在于:

①高温时材料抗塑性变形的能力,即高温屈服强度和高温下材料的抗回火能力高,硬度不易下降。

②热传导性好,热膨胀性低。

③吸收塑性变形的能力高,即延展性高,冲击韧性及断裂韧性好。

模具材料的上述性能,主要取决于钢的化学成分及金相组织,而冶炼工艺是获得材料优质性能的关键。虽然模具开裂的起因是模具在使用过程中经受热负荷及机械负荷,但模具材料的韧性差,常常是

重要因素。提高模具回火温度以降低硬度,是提高模具抗严重开裂的一种选择,但是较高的屈服强度、较高的硬度,却有利于抗热龟裂。为兼顾两者以提高模具寿命,应注重改善材料的显微组织结构,除冶炼方面,要尽量降低非金属夹杂物、细化碳化物、均匀成分外,热处理工序也是提高模具寿命的关键手段。在热处理工艺的诸多影响因素中,冷却速度的选择至关重要,它对模具的韧性影响很大。压铸模常用的 H13 钢具有较高的淬透性,厚度 100 mm 以下的 H13 钢在风冷条件下,即能获得马氏体组织;但在 800 ~ 600 °C 温区缓冷或冷却速度不足时,有二次碳化物沿晶界析出的倾向,在马氏体转变点以上缓冷或冷却速度不够时,会有贝氏体形成。大型模具在热处理时对淬火冷却速度的要求更高,6 bar 真空气淬炉淬火冷却速度远远不能满足。某厂有效厚度为 280 mm 的模具在 6 bar 真空气淬炉中淬火时,由于冷却不足,形成上贝氏体组织,致使模具脆性增大,仅使用了数百模即发生了严重开裂。

提高真空气淬的冷却速度方法有:

- ①采用大换热器,以降低淬火气体温度;
- ②选用热传导能力高的气体,常用气体的导热性能为:(H₂):(He):(N₂):(Ar) = 2.2:1.7:1:0.7,从成本和安全方面考虑,大都选用 N₂ 气;
- ③加大气体流速、流量;
- ④提高冷却气体压强。

其中采用大换热器,选用热传导能力高的气体都有一定限度,经综合分析比较,认为采用高压高流率的气冷真空炉比较经济合理。鉴于国内技术成熟情况,选择了 10 bar 真空高压高流率气淬真空炉。

4 10 bar 真空高压气淬炉结构和性能

我厂使用的 10bar 真空高压气淬炉是 VGQ-240 型高压高流率气冷真空炉。

VGQ-240 型高压高流率气冷真空炉是采用石墨管加热,用石墨硬毡隔热屏隔热的单室卧式真空炉。该设备由压力炉体、加热室、风冷系统、对流加热装置、真空系统、充气系统、气动系统、水冷系统、炉外料车及电气控制系统等组成。主要适用于气冷工模具钢等合金钢的真空光亮淬火,也可适用于其它真空热处理、真空烧结和真空钎焊等。

4.1 炉体与炉门均为双壁水冷结构,炉体与炉门之间采用双向密封结构,用锁紧圈锁紧,保证了真空炉在负压和高压气冷时的密封。加热室设计为圆筒形。由框架及石墨毡组成隔热屏,隔热层由四层石

墨毡和一层钼片组成。加热元件为 24 根石墨管,采用三角形接法,沿加热区圆周均匀分布,以提供良好的炉温均匀性。

炉床置于在炉体中的炉床支座上。炉床上装有用使之与工件绝缘的氧化铝隔条,防止工件受污染。

4.2 真空系统有 KT-600 型扩散泵(抽速为 20 000 L/S),前级泵为 ZJ-600 型罗茨泵(抽速为 600 L/S)和 H-150 型滑阀泵。在泵抽空能力的选择上,相对于容器的容积具有充分储备,保证了迅速抽空。所有阀由电-气动实施控制。如果突然停电,所有阀立即自动关闭,以确保炉内的真空环境。

4.3 气冷系统由处于密封状态下的增压风机、热交换器、气流分配套(即气压箱)及喷嘴组成。热交换器和风机位于真空炉主体的后部。风机出口处设有导风装置。冷却气体通过 8 个风道口进入气压箱,通过 192 个喷嘴对工件进行 360 度范围内的喷射冷却,然后由已经打开的加热室前后端活动门流出,返回热交换器进行循环冷却。石墨喷嘴可以更换。气冷压力在 0.1 ~ 0.9 MPa(表压)范围内可任意选择,如 2 bar、4 bar、6 bar、8 bar、10 bar 等。

真空炉的前端装有对流加热装置。低温加热时可对工件进行对流加热,以提高低温加热均匀性,缩短加热时间,缩小工件温差,有利于减少变形。

主要性能如下:

- 1)有效加热尺寸:1 200 mm × 800 mm × 800 mm (L × W × H);
- 2)炉温均匀性:± 5 °C;
- 3)最高工作温度:1 320 °C;
- 4)装炉量:1 000 kg;
- 5)极限真空度: 4×10^{-3} Pa;
- 6)工作真空度:(10 ~ 4) × 10⁻² Pa;
- 7)最大淬火压力:10 bar;
- 8)压升率:≤ 0.65 Pa/h。

5 工艺试验及分析

5.1 试验用料及试验方法

试验用料:4Cr5MoSiV1 模具,实际装炉量 1.5 T 左右。

试验方法:用仪表测温系统和试样心部测温系统分别检测加热和冷却全过程,考核该炉型加热和冷却性能。

试验工艺曲线如图 1 所示。

5.2 试验结果及分析

试验结果如表 1 所示。从表可以看出,该炉型具有良好的加热性能,装炉量 1.5 T 左右,加热时间为 10 ~ 12 h,保温时间 2 h 左右。其冷却性能比较高,1 040 °C 冷至 800 °C 的冷却时间约为 12 ~ 20 min

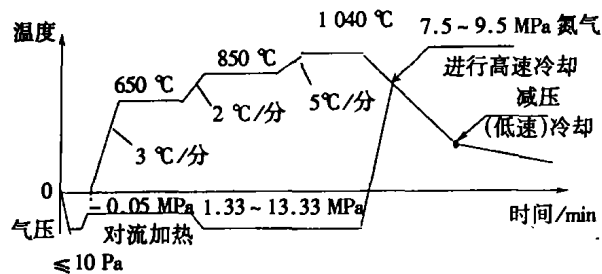


图1 真空高压气淬工艺曲线

表1 10 bar 加热冷却性能试验结果

试验炉号	加热时间		冷却时间	
	加热 1 040 ℃	保温(心部 ≥1 035 ℃)	1 040→800 ℃	1 040 →200 ℃
1	10 h 50 min	1 h 50 min		
2	9 h 33 min	2 h 30 min		
3	12 h 45 min		17 min	1 h 35 min
4	13 h 39 min		12 min	
5	11 h 50 min	1 h 37 min	16 min	
6	12 h 17 min			1 h 37 min
7	12 h	3 h	20 min	1 h 30 min
8	10 h 55 min	1 h 52 min	11 min	1 h 25 min
9	11 h	2 h 6 min		
10	11 h 20 min	2 h 40 min	15 min	1 h 26 min
11		2 h 39 min	13 min	1 h 12 min

左右,1 040 ℃冷至 200 ℃出炉的时间一般为 1.5 h 左右,并可以根据需求调整设定冷却曲线,以满足不同模具的要求。

图 2 所示是一件有效厚度为 280 mm 模具的金相组织,在某厂 6 bar 真空气淬炉中淬火时,由于冷却不足产生上贝氏体组织,增加了模具脆性,仅使用了数百模即发生严重断裂。

图 3 所示,是一件有效厚度为 320 mm 的模具经我厂 10 bar 真空气淬炉处理后之金相组织,由于冷却速度加快,组织转变正常。该模具已使用了 10 万余模,还在正常生产。10 bar 真空高压气淬炉能满足大型压铸模具对热处理的质量要求。但 10 bar 真空

高压气淬炉由于冷却加快,模具变形也相应增大,需要进一步研究如何降低大型模具在高压气淬的变形问题。

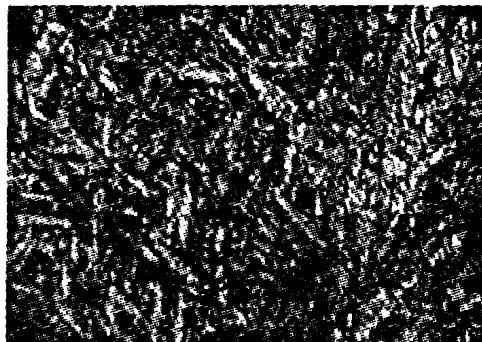


图2 经 6 bar 真空炉处理后的金相组织

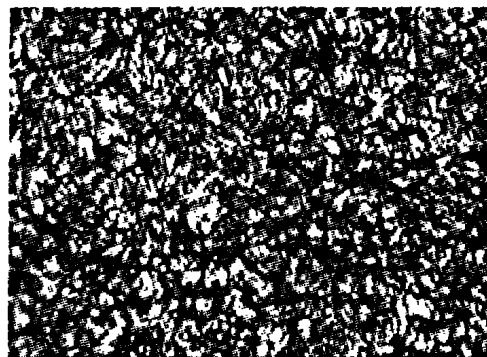


图3 经 10 bar 真空炉处理后的金相组织

6 生产应用情况

我厂两年多来采用 10 bar 真空气淬炉,热处理模具已达 1 000 余吨,其中大型模具(有效厚度一般为 200 mm 以上,最厚达 380 mm,长度多为 1 000 mm 左右,宽 600 mm 左右,材料为国产 H13,处理 300 余付。正常使用寿命均在 5 万模以上。小型模具(重量 200 kg 以下)国产材料正常使用寿命达 10 多万模次,进口材料寿命达 20 余万模次。