

LD 钢冷镦模具热处理工艺的改进

宁波东港紧固件制造有限公司 (浙江 315105) 张先鸣

紧固件大多采用冷镦工艺生产, 其中螺栓用量最大, 切边模和冷镦冲头主要用于完成螺栓的冷态成形。在冷镦过程中, 模具以很大的力作用于被变形材料, 模具当承载力不足以抵抗工作载荷而引起失效时, 将严重影响生产效率。通常因材料韧性不足易产生脆断和开裂, 强度不足易产生变形和冷镦失败, 当模具材料已确定, 如何从热处理工艺上改进、提高模具使用寿命是一个值得探讨的课题。

LD 钢 (7Cr7Mo3V2Si) 是上海材料研究所研制的一种新型冷作模具钢, 冶金质量和工艺性能良好, 强韧性高, 调整热处理工艺可以得到不同的强度和韧性的配合, 与我国其他冷作模具钢相比, 由于 LD 钢在保持高强度、高耐磨性的同时还兼有高的韧性, 因而具有更加广阔的应用前景。

我们在材料工艺试验和模具试制的过程中, 通过全面分析和比较钢材的使用性能和效果, 最终选用 LD 钢制造冷镦冲头、切边模。该钢的化学成分如表 1 所示。

表 1 LD 钢的化学成分 (质量分数) (%)

C	Cr	Mo	V	Si	Mn	S	P
0.7~0.8	6.5~7.0	2.0~2.5	1.7~2.2	0.7~1.2	≤0.5	≤0.03	≤0.03

1. 热处理工艺的制定

冷镦螺栓对模具有特殊的要求, 冷镦冲头必须能承受强烈的冲击力, 其最大压应力可达到 2500 MPa, 同时, 工作表面还要承受到剧烈的冲击性摩擦, 如果冲头的耐磨性不足, 容易在六角对边表面出现沟痕, 进而引起折断。切边模的型腔承受冲击性胀力, 因而在切边模壁产生冲击性切向拉应力, 模腔表面承受强烈的摩擦和压力, 在六角边转角处因应力集中而成为开裂危险点, 因此模具表面抗磨损能力绝不可忽视。这就要求模具具有高硬度、高强度、高耐磨和足够的冲击韧度。为此, 必须结合紧固件的特点和冷镦模具的实际使用情况来制定 LD 钢热处理工艺。

表 2 显示了 LD 钢淬火加热温度与硬度、晶粒度的关系。可以看出, LD 钢淬火态硬度随着淬火温度的升高而升高, 当超过 1120℃ 以后, 由于残

留奥氏体的显著增多而有所下降。为保持奥氏体晶粒的细小, LD 钢的淬火加热温度可在 1100 ~ 1150℃ 之间选择。

表 2 LD 钢在不同淬火加热温度下的硬度和晶粒度

淬火温度/℃	1000	1050	1100	1120	1150
硬度 HRC	55	58.6	63.7	64.2	63.7
晶粒度 (级)	-	11.5	11	10.5	9~8
显微组织	隐针马氏体 (≤1 级) + 残留奥氏体 15% + 剩余碳化物		细针马氏体 (1~2 级) + 残留奥氏体 33% + 剩余碳化物		细针马氏体 3 级 + 残留奥氏体 35%

图 1 显示了 LD 钢的淬、回火温度与冲击功 a_k 之间的关系。可以看出, LD 钢的冲击功一般随淬火温度的升高而降低, 但在较高温度回火时 1150℃ 淬火的 a_k 值却升高。回火温度对冲击功的影响则比较复杂, 它同淬火温度的高低有关, 较低温度 (1050 ~ 1150℃) 淬火后, 随回火温度的升高, a_k 值时升时降, 620℃ 回火出现峰值。通过分析上述试验结果可知, LD 钢经 1100℃ 淬火并在较高温度下回火, 可以获得高的韧性和一定的强度, 适合紧固件冷镦模具的工作条件。

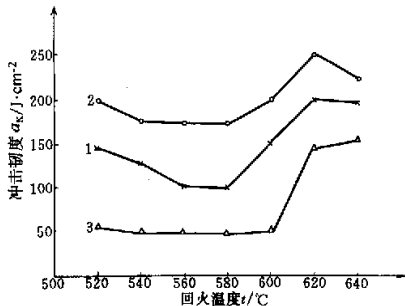


图 1 热处理工艺对 LD 钢冲击功的影响
1——1050℃ 淬火 2——1100℃ 淬火
3——1150℃ 淬火

2. 模具的使用效果

为了使 LD 钢工艺试验的有效性, 我们选取了 M16、M20 外六角切边模 (见图 2) 作为 LD 钢最初的试制对象。切边模六角对比, 即对称又平行, 有刃口, 又有尖角。过去我们一直采用 GCr15、



表 3

试样编号	硬度 HBS	$\alpha_k/J \cdot cm^{-2}$	σ_b/MPa	$\delta_5(\%)$	备 注
2—1*	230	53	740	13	试样断口呈暗灰色, 纤维状, 有少量亮点
2—2*	216	54	736	13	
2—3*	223	50	729	12	

从试验结果可以看出: 冲击韧度、塑性均较高, 抗拉强度高, 可见工艺 2 试验后的槽帮钢具有较好的强韧效果。

(3) 试验工艺 3

正火 (自然空冷), 工艺曲线如图 5 所示。

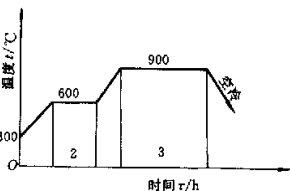


图 5 “正火 (自然冷却)” 工艺曲线图

采用工艺 3 试验后, 槽帮钢的力学性能如表 4 所示。

表 4

试样编号	硬度 HBS	$\alpha_k/J \cdot cm^{-2}$	σ_b/MPa	$\delta_5(\%)$	备 注
3—1*	192	79	489	20	试样断口呈暗灰色, 纤维状
3—2*	188	77	478	22	
3—3*	182	70	506	19	

从试验结果可以看出: 采用工艺 3 热处理的槽帮钢, 其塑性、韧性均很好, 但抗拉强度偏低。

(4) 工艺 4 正火 (强风冷却), 工艺曲线见图 6。

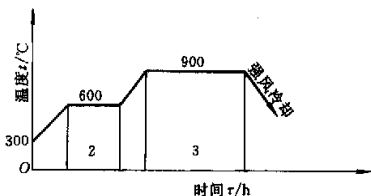


图 6 “正火 (强风冷却)” 工艺曲线图

采用工艺 4 试验后, 槽帮钢的力学性能见表 5。

表 5

试样编号	硬度 HBS	$\alpha_k/J \cdot cm^{-2}$	σ_b/MPa	$\delta_5(\%)$	备 注
4—1*	224	69	677	18	试样断口呈暗灰色, 纤维状
4—2*	226	70	669	17	
4—3*	231	72	698	15	

采用工艺 4 试验后, 从工件力学性能可以看出: 冲击韧度、伸长率均良好, 抗拉强度较高, 采用该工艺热处理的槽帮钢, 具有良好的强韧性。

3. 试验结果分析

对以上 4 种工艺的试验情况进行理论分析, 由于该工件外形尺寸较大, 结构复杂, 且材质特殊, 在工件铸造过程中, 易出现成分及组织偏析、晶粒粗大、魏氏组织等缺陷, 这些缺陷通过正火能有效地消除。该种材质存在第二类回火脆性, 应尽可能避免在 500~650℃ 范围内回火。

从以上 4 种工艺的试验结果可知, 工艺 2 和工艺 4 均能有效地提高槽帮钢的强韧性, 但工艺 4 生产过程简化, 生产效率高, 节能, 并可消除材料回火脆性, 可见工艺 4 为合理的槽帮钢热处理工艺。

4. 结语

(1) 槽帮钢结构复杂, 外形尺寸较大, 材质特殊, 铸造时易出现偏析、魏氏组织、晶粒粗大等缺陷, 可用正火消除。我们用工艺 4 热处理槽帮钢 350 件, 经用户使用, 未发现脆断、变形等失效形式。

(2) 提高槽帮钢强韧性的合理热处理工艺为: 工件铸造后经完全退火后, 再正火, 正火冷却时, 用强制风冷方式冷却, 工艺简单实用, 经济效益明显。

(20030810)

(上接第 20 页)

并使其尽量保持淬火状态的尺寸。此工艺特点是模具可获得高的硬度和耐磨性, 热处理畸变小, 适合既能在较大压力下工作, 又能承受一定的冲击负荷的形状复杂的冷锻冲头。

应当注意 LD 钢模具淬火后的变形。切边模六角对边 s 尺寸在淬火前加工完成, 淬火后胀大量为 0.02~0.06mm; 冷锻六角冲头对边 s 尺寸在淬火后缩小量为 0.01~0.03mm, 这主要是由以下原因造成的: ①马氏体的分解。②残留奥氏体的转变。③内应力的松弛。马氏体的分解会导致体积的收缩, 反应在冲头上, 自然是对边尺寸的缩小; 奥氏体的转变则会导致体积的膨胀, 反应在切边模上, 自然是对边尺寸的胀大, 内应力松弛所引起的变形方向是不固定的。为此, 需通过机械加工调整模具最终尺寸。切边模对边尺寸是淬火前加工完成的, 由于刃口有轻微脱碳影响, 寿命低于 10000 件; 对边尺寸在淬火后采用线切割加工, 切边模寿命最高可达 40000 件以上。结果表明, 进行线切割加工成本较高, 但由于模具寿命延长, 效果明显优于前者。

(20030818)