

一种新型的铝合金压铸模用钢——Marlok 的性能特点及其热处理

梁学旺 许继电气股份有限公司工艺所(461000)

摘要 介绍了一种国外新出现的铝合金压铸模用钢 Marlok 的性能及其热处理工艺,与现在普遍采用的 H13 钢相比,具有性能高,寿命长,热处理过程简单等特点。

铝合金压铸模是在高压下使熔融铝合金压铸成形的模具,在工作时承受较高的压力,经反复多次受热和冷却,铸模表面会产生热疲劳龟裂纹,此外,还受金属液流的冲击和腐蚀作用。因此,压铸模用钢必须满足以下要求:^{[1][2]}

- (1) 在高温时仍具备足够的强度和适当的硬度;
- (2) 高的导热性,良好的抗疲劳性能;
- (3) 膨胀系数要小,热处理时变形小;
- (4) 在高温下不易氧化,能抵抗熔融金属的粘附和侵蚀;
- (5) 有良好的可锻性和切削加工性。

多年来,国内几乎所有的压铸模均选用 3Cr2W8V 钢制作,但这种钢的冷热疲劳性较差,尤其是用水冷却时,模具的热疲劳寿命更低^[3]。故这种模具只能适应低生产率、低压铸力和形状简单工件的生产^[4]。自 80 年代以来,有被 H13 钢逐渐取代的趋势^[5]。目前,国际上普遍采用 H13 钢作为铝合金的压铸模用材,因为这种钢经过恰当的热处理后,比较适应压铸模耐热疲劳、耐冲蚀、耐磨损和耐整体开裂的综合要求^[4]。但 H13 钢在 600℃ 以上的热强性欠佳,在压铸高熔点合金时就显得不太适应^[3]。

最近,美国 Lokomo 钢铁公司开发了一种比 H13 钢性能更优越的称作 Marlok 的超高强马氏体时效钢,其化学成分为^[6]: $\leq 0.01\%C, 18.00\%Ni, 5.00\%Mo, 11.00\%Co, 0.30\%Ti, \leq 0.03\%S$, 用作要求高的热疲劳强度、长寿命或高光洁度的铝压铸模时,具有三个特点^[7]:

- (1) 对形成热裂纹和粗大裂纹有更大的抗力;
- (2) 热处理更简单;
- (3) 易于焊接。

现将其性能特点分述如下:

(1) 热裂纹

铝合金压铸模表面的最高温度为 482℃ (900°F), 据文献^[6]介绍: Marlok 钢在这个温度的屈服强度比 H13 钢高 7%, 另外, 长时间在高温下的抗力比 H13 钢好。在 204 ~ 538℃ 范围内, Marlok 钢的导热系数为 28.80W/m·K, H13 钢的导热系数为 26.64W/m·K, 前者比后者大。所以, 热量能很快从模具型腔表面传出, 模具型腔的最高温度低, 热应力小。当压铸模表面温度变化时, 由于基底材料的约束, 表面不能自由膨胀与收缩, 这样, 模具内就形成了内应力, 其大小为:

$$\sigma = E \times \alpha \times \Delta T$$

式中: σ 为内应力, E 为弹性模量, α 为热膨胀系数, ΔT 为温度差。在 38 ~ 427℃ 范围内, Marlok 钢的热膨胀系数为 $5.6E - 6in/(in \cdot ^\circ F)$, H13 钢为 $6.9E - 6in/(in \cdot ^\circ F)$ 。室温下 Marlok

钢的弹性模量为0.186MPa,H13钢为0.207MPa,所以,在温差 ΔT 相同的条件下,Marlok钢压铸模的热应力仅有H13钢的72.9%,加之Marlok钢有较好的韧性,所以,与H13钢压铸模比较,它有较好的抗热裂纹的能力。

(2) 粗大裂纹

23℃时,Marlok钢的硬度为47~48HRC,优质H13钢的硬度为44~46HRC,它们的V型缺口冲击韧性分别为2.76Kg.m和1.52Kg.m,316℃时,Marlok钢的硬度为47~48HRC,优质H13钢为46~48HRC,V型缺口冲击韧性分别为3.45Kg.m和2.62Kg.m。由此可见,无论是室温还是高温,Marlok钢的V型缺口冲击韧性都比H13钢好。加至如前所述Marlok钢的热膨胀系数小,导热系数大,所以,Marlok钢压铸模对热冲击的敏感性没有优质H13钢压铸模强,不易产生粗大裂纹。

(3) 冲蚀

由于Marlok钢比优质H13钢合金化元素含量高,其氧化速度小,抗腐蚀性能好。另外,由于Marlok钢基本不含碳($\leq 0.01\%C$),所以有极好的焊接性,易于焊接修补。焊缝的机械性能几乎与母材相同。

(4) 热处理

由于Marlok钢是一种超高强马氏体时效钢,故其热处理包括固溶处理和低温沉淀硬化处理(时效)。进行固溶处理时,从冷炉开始,以最大为149℃/h(300°F)的速度将模具加热到816~843℃(1500~1550°F),模具厚度在3英寸以下时,保温3小时,厚度每增加1英寸,保温时间就延长0.5小时,保温结束后,空冷(如图1所示)。进行固溶处理后,Marlok钢的硬度为28~32HRC,所以,在进行机械加工时,就不需要再进行别的退火处理了。在进行完机械加工后,再对模具进行沉淀硬化处理,沉淀硬化的目的,是产生最适宜于压铸模的显微组织。进行沉淀硬化处理时,从冷炉开始,以最大为149℃(300°F/h)的速度将模具加热到527℃(980°F),模具的最大横截面尺寸在3英寸以下时,保温6小时,厚度每增加1英寸,保温时间就相应延长0.5小时,保温结束后,空冷(如图2所示)。经过沉淀硬化处理后,Marlok钢的硬度为48~51HRC。在对Marlok钢进行热处理过程中,由于其含碳量极低($\leq 0.01\%C$),没有脱碳危险,故不需要保护气氛。

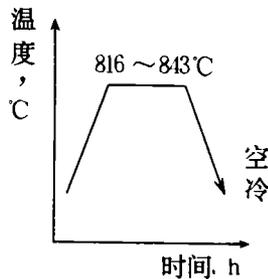


图1 Marlok钢的固溶处理

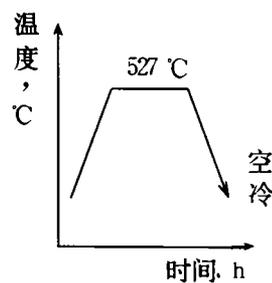


图2 Marlok钢的沉淀硬化处理

而对于H13钢压铸模,通常需要进行的热处理包括^[4]退火,去应力退火,淬火以及淬火后在580~640℃范围内的两次高温回火。回火后压铸模的模腔硬度为44~48HRC。

通过和H13钢的热处理过程相比较,我们可以看到Marlok钢的热处理过程很简单。

(5) 实际应用情况

Marlok 钢合金化元素含量高,而且,需要特殊的生产设备,生产成本比优质 H13 钢高 10~20%。美国纽约 Crucible 材料公司将 Marlok 钢压铸模的应用情况及压铸模镶嵌块的费用同 H13 钢作了对比,结果分别如表 1、表 2 所示^[6]。

表 1 压铸模应用情况对比

零件名称	模具材料	寿命(万次)	备注
小型发动 机零件	H13	2.5~3	平均寿命
	Marlok	4.6	
轮 椅 脚踏板	优质 H13	7	平均寿命 尚未失效
	Marlok	23	
小型发动 机气缸	优质 H13	18	有明显磨损 未发现磨损
	Marlok	25	
摩 托 车 摇臂杆	优质 H13	5	平均寿命 焊补后仍可使用
	Marlok	9.5	

表 2 压铸模镶嵌块费用比较(美元)

项目	优质 H13	Marlok
模具钢	210	920
加工费	2500	2500
设计费	180	180
检验费	600	600
总费用	3490	4200
寿命(次)	70000	230000
21 万次的费用	10470	4200
单件费用	0.05	0.02

由表 1 可见,Marlok 钢优于 H13 钢和优质 H13 钢,在同样的使用条件下,Marlok 钢压铸模的使用寿命最高为优质 H13 钢的 3 倍。

由表 2 可见,每一个压铸件的镶嵌块费用,Marlok 钢为 0.02 美元,优质 H13 钢为 0.05 美元,每个压铸件减少模具费用 60%。

由于 Marlok 钢具有上述诸多优点,可见,在压铸模应用方面,将有着广阔的前景。

参考文献

- 1 北京无线电工设备厂编. 压铸技术基础. 上海:国防工业出版社,1978 年 12 月. 162
- 2 合金钢编写组编. 合金钢. 南京:机械工业出版社,1978 年,191
- 3 司鹏程等. 金属热处理. 1993. 1. 10~13
- 4 刘以宽等. 金属热处理. 1990. 2. 51
- 5 陈京山. 模具工业. 1992. 1 总 131,53
- 6 邢俊德. 模具工业. 1992. 9 总 139,57~59
- 7 Car1J. Dorsch, Heat Treating. Vol. 22 NO. 8 1990. 89~90