

三活叶技术資料三

总 号: 217

热加工: 047

内部資料 注意保存

压铸模的热处理

第一机械工业部新技术先进經驗
宣传推广联合办公室

1965.8

压鑄模的热处理

南京无线电厂 池宪科

前 言

压力鑄造技术可以制成各种形状复杂，表面光洁度高，成型后不再经过机械加工，且輕便的鑄件，因而在仪器，仪表和航空工业中占有重要的地位，目前我厂压鑄件品种在短短的几年時間內已发展 120 多种以上，但做为压力鑄造生产压鑄模的制造的基本工具問題（切削加工和热处理工艺），却远远的限制了它的发展和品种扩大的速度。其所以如此，从我厂压鑄模的生产情况来看，除因型腔加工速度慢，抛光工艺落后的因素外在热处理工艺上还存在着变形量大，压型腔寿命低的重大关键。一度时期为了弥补变形量大而以降低鑄件精度，加大鑄件毛坯余量，因而使压鑄件精度高、加工量小的优点为其掩盖。由于压型材料选用不当，模具寿命降低而必須增加其备份量，为充分發揮压鑄技术之优越性，挖掘生产潛力，摆在我們热处理工艺工作者面前最重要的任务是：减少模具热处理后的变形量和采用化学热处理方法，提高模具使用寿命。

压鑄模型腔热处理时的变形量的大小，对模具制造的影响，是以其加工程序为轉移的。模具生产程序一般为如下两种：

1. 单件制造：最后热处理、总装及配对尺寸、試模。
2. 单件制造：配对配合尺寸完成总装配工作、試模、最后热处理、打光、装配。

第一种路线热处理后的零件可以允許有較大范围的变形量，故可以借調整鑄件尺寸来弥补因热处理而引起的变形。第二种工艺路线对模具的变形量具有較高的要求，因热处理后的变形将影响配合尺寸，另一方面由于鑄件尺寸精度要求的提高，也不允許零件在淬火后有較大的变形量。

在国外、为解决热处理的变形，已逐步发展和采用可加工性的压型用鋼，即在热处理后使其具有足够的强度而后再加工。在国内已有部分条件成熟的工厂开始采用，将 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 鋼調質后再经氮化的方法，一方面提高压型的耐磨性（在不降低压型耐急冷急热性的前提下）而同时减少了热处理后的变形量。而当条件不允许采用氮化的情况下，通过我們短短的一年来的工作，証实了当采用盐浴炉分两段預热后加热到正常淬火溫度 $1050\sim 1100^\circ\text{C}$ 再放入 $500\sim 580^\circ\text{C}$ 的 NaCl 、 BaCl_2 、 CaCl_2 所組成的等溫浴槽內冷却后，其变形量可以大大的减少。据1963年6月到今年的統計資料中变形量最大約在0.05毫米，且具有足够的可靠性，完全可以解决压鑄模压型的热处理变形問題。

現把我厂在未经氮化时压鑄模在生产中所存在的問題，及减少热处理变形的工艺，予以簡單的介紹。

一、压鑄模热处理工作中所存在的問題

（一）压型开裂：

在使用过程中压型产生如图1所示形状的裂紋。

形成原因的分析：从形成裂紋的模具来看，其原因不外以下几点：

1. 模具設計結構不合理：在直接承受高热金属流正面冲刷的表面，由于溫度升高，而散热条件恶劣的情况开裂情况最为严重。尤其是当壁厚悬殊較大的模块更易形成裂紋；

2. 压鑄件尺寸越大，合金熔点越高，促使模具工作溫度增高的因素也会造成型腔裂紋，如压鑄銅合金的模具使用 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 鋼，較压鋁合金的就容易开裂；

3. 在模具开始使用未经充分預热；

4. 压型材料选用不当和热处理工艺不当。

当压型組織中存在有中間相时，由于工作环境溫度的升高，发生了組織的分解过程，例如 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 鋼经淬火后采用低溫回火 (200°C) 后即行使用。由于回火溫度过低，在組織中仍存在着在压鑄模工作条件下极不稳定的中間相組織—馬氏体和部分残余奧氏体，这些組織，将因模具在工作条件下溫度的升高，自行轉變。由于組織轉變而引起的应力促

使裂紋的产生。图 2，为一开裂压型的显微組織。



图 1 压铸模使用后的裂紋。

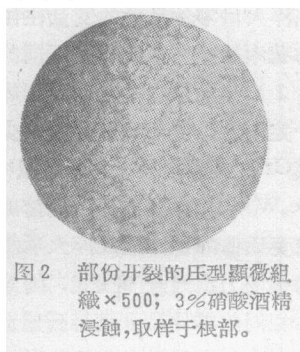


图 2 部份开裂的压型显微組織 $\times 500$ ；3%硝酸酒精浸蝕，取样于根部。

(二) 热处理时的变形

$3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 鋼采用油冷淬火后，产生严重的外形翘曲和尺寸胀大的现象，为弥补其缺陷往往借增大，增厚鑄件尺寸，因而使生产的压鑄件的加工余量，往往接近于砂型鑄件的情况，而在1962年技术主管部门，为充分发挥精密鑄造工艺的特性，将模具加工程序一律更改为試模后再行热处理，因而对于压型形状的翘曲尺寸增减，都将影响到配合尺寸准确度，如恢复其原尺寸，必須使工件重行退火加工。

$3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 鋼淬火时的变形，主要是由于经加热在冷却过程中，由于工件表面和中心所产生的极大温差使金属产生热胀冷缩的不一致性及組織转变的不均匀性，而出现热应力及組織应力引起不同程度的变形。变形規律：

1. 截面尺寸較大的情况，淬火时冷却速度越快变形越大，淬火后变形方向为：使零件沿最大尺寸的方向縮短，沿最小尺寸方向胀大，且在平面上有凸起状（变形以热应力为主），如图 3。

2. 外形尺寸不規則的零件淬火后多数为产生不同方向的翘曲。

3. 截面尺寸小于50毫米，其变形多为体积胀大，即长度，寬度均系胀大。

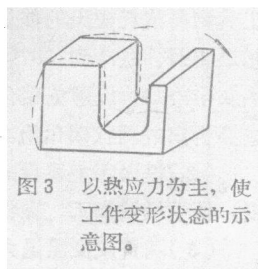


图 3 以热应力为主，使工件变形状态的示意图。

影响淬火变形的因素：

淬火后零件尺寸的变量往往因淬火加热因素，冷却条件的变化及不同的截面尺寸和形状得到不同的变形量：

1) 淬火加热温度：随加热温度的提高变形量渐增，当加热温度超出一定值后，变形量即开始减少。这是由于 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 钢含有较多的合金元素Cr和W，它们在金属组织中多数形成较稳定的碳化物 $[(\text{FeCr})_3\text{C}$ 及 $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ 等]而奥氏体所固溶的合金元素量将随温度的升高而增加，因此使奥氏体的稳定性及淬火后马氏体的比容都随之而变，与组织成分无关的热应力也因此而改变，因此在选用不同的淬火加热温度，对形状、尺寸相同的零件，可以得到差别较大的变形量。

2. 冷却介质对变形量的影响：冷却介质对淬火变形起绝对因素作用，我们先后曾试用流动及静止空气、油、及各种温度的盐浴，从多次试用过程中观察其变形，当使用的冷却剂冷却速度愈大时工件的变形量也愈大，翘曲越严重，变形量最大的为油，其次为流动空气，变形量最小的为 $500\sim 550^\circ\text{C}$ 盐浴。

二、 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 钢压铸模热处理工艺规范

1. 毛坯的准备和预先热处理

(1) 锻造：锻件始锻温度： $1100\sim 1200^\circ\text{C}$ ，终锻温度： $880\sim 920^\circ\text{C}$ 。

由于该钢含有较高的Cr和W，高温强度大，塑性差比同重量的其它工具钢要消耗较大的能量，锻后的冷却层使锻件空冷到 700°C 左右，再放热灰中冷却，以避免碳化物沿奥氏体边界析出成网状碳化物。

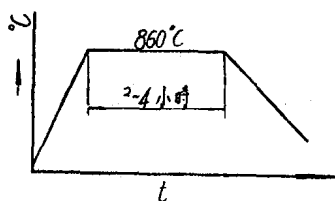


图4 退火工艺图。

(2) 退火：主要目的降低材料硬度。便于机械加工，操作工艺如图4。

(3) 调质或低温退火：调质及低温退火工艺的选择，应根据具体工件形状和尺寸的大小予以不同的方法进行，我们按以下原则选择：

a. 零件尺寸小，形状简单的，不再进行低温退火和调质；

b. 形状复杂, 尺寸较大、加工面大的、如去除切削加工引起的应力, 采用低温回火;

c. 特大工件不便于采用盐炉加热后等温淬火的, 使用调质到HRC26~30的热处理工艺。

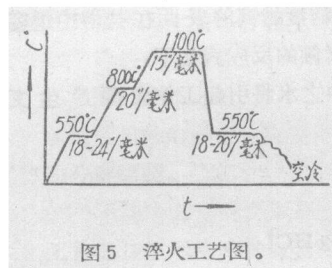


图5 淬火工艺图。

2. 淬火

(1) 淬火工艺操作图如图5。

(2) 淬火加热:

预热: 为减少金属在加热时由于外表面与中心温差所引起的应力, 减少塑性形变, 根据零件尺寸大小选一

次或二次预热。

最后加热, (最高加热温度):

a. 加热设备的选用

由于 $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 钢的加热温度, 要考虑充分发挥合金元素的作用, 提高其抗热疲劳性多选取在 1000°C 以上, 做为压铸模零件表面光洁度加工到 $\nabla\nabla\nabla 9$ 以上再行淬火, 因而加热的设备应充分避免工件的表面氧化和哪怕是极微小的腐蚀斑点产生, 特别是表面上任何程度的脱碳, 渗碳、都将降低型腔抗热疲劳性而引起不同程度的龟裂状裂纹。但由于国内缺乏保护气体炉, 在大多数的工厂采用将工件放入木炭粒、焦炭、铸铁屑做固体介质的铁箱内密封加热, 从我们多次使用结果看, 淬火后表面硬度往往大到HRC60以上, 为检查渗碳程度采用试棒剥层分析表面含碳量达到 $0.55\sim 0.6\%$ 左右, 在一付利用上述方法加热淬火后的型腔仅压出10只零件后就产生了裂纹, 如图6。

为此改用 BaCl_2 盐浴炉加热, 从一年来的使用情况来看, 若其容量允许的情况下, 是可以得到完美的结果, 但应特别注意盐浴的清洁工作。

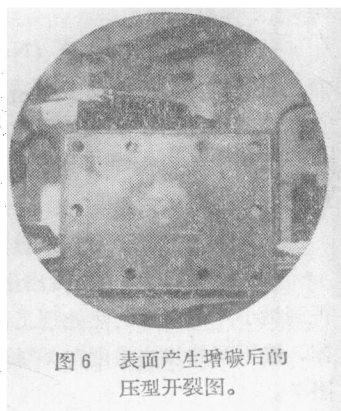
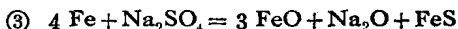
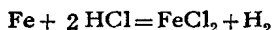
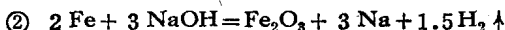
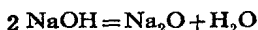
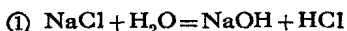


图6 表面产生增碳后的压型开裂图。

高温盐浴炉的脱氧，

在使用盐浴炉进行压铸模的淬火加热时，为防止盐浴对工件的脱炭氧化而破坏光洁度，应考虑到盐浴中之碱性氧化物(BaO)、硫酸盐(Na_2SO_4)等有害物质的去除工作，尤其是光洁度越高的表面在盐浴中越容易引起凹凸状的腐蚀斑点，脱碳，氧化腐蚀的反应式如下：

盐浴中的硫酸盐，易潮解盐和空气中之水将引起工作表面产生变化：



为防止上述反应避免工件加热时的浸蚀，在使用设备前应进行细致的脱氧工作，使盐浴清洁处理，目前在生产中采用的脱氧剂很多具体配方如下：

① TiO_2 ：1~0.5%； SiO_2 ：0.3%；②硅铁($\text{Fe}-\text{Si}$)；③硼砂；④木炭；⑤ CaSi_2 ，以0.1~1%的填充量；⑥含C：3.2%以上的铸铁屑。

盐浴中硫酸盐的去除(Na_2SO_4 ， BaSO_4)采用铸铁屑或木炭粒在每班进行两次效果较好且经济。

为减少盐浴中的碱性氧化物含量的脱氧剂以 CaSi_2 或 $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2$ 为佳。脱氧后盐浴内 BaO 含量控制在1%以下，已足以防止淬火零件的氧化，脱碳现象的产生。

b. 最高加热温度对变形量的影响：

3 $\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$ 钢资料中指出正常的淬火温度为1050~1100°C，为得到微小淬火变形的热处理工艺参数，我们曾利用 $\phi 14 \times 45$ 毫米试棒，按不同的加热温度在2*锭子油内冷却，观察其尺寸变量。如图7。

从图7结果可以看出随加热温度的提高。由于合金元素在奥氏体中固溶量的增加，奥氏体稳定性增加，淬火后残余奥氏体量与马氏体的比容相应改变，因而得到不同的变形量。

3. 加热后的冷却

加热后工件的冷却，应避免得到珠光体的分解组织。

(1) 不同冷却剂对变形量的影响：

工件经加工后的冷却速度越大，由于造成工件各面温差越大而产生应力结果使工件尺寸变量及形状翘曲越严重，为减少变形应力必须力求在不影响工件淬硬的情况下，降低冷速，从图8 3Cr₂W₈V钢的奥氏体等温转变曲线得到：当奥氏体过冷到500~600°C范围内，奥氏体具有最大的稳定性，若使加热到高温后工件在500~550°C范围内恒温保持一定时间，使之温差减少，对减少变形可以创造极为有利条件，事实也取得了良好的效果。

恒温停留时间，应力求达到工件表面与中心温度的一致性，在生产中为简化计算手续按15~18秒/毫米计算。

恒温停留后的淬火变形与油淬变形量的比较：

为全面了解其变形量采用了三种不同形状的零件进行了比较，结果如表2，表3。

试样材料：3Cr₂W₈V

试样尺寸及形状如图9。

热处理工艺：第一次预热：550°C，24秒/毫米；第二次预热：800~820°C，20秒/毫米；最后加热1050~1100°C，15秒/毫米。

(2) 恒温冷却剂的选择：

从表2、表3，可以看出采用500~550°C恒温冷却后可以使变形量减少到0.05毫米以下，外形的扭曲可以基本消除，但介质成分及介质的加热设备选用的得当与否，对工件表面的质量有决定性影响，从常用的500~550°C的盐浴包括：

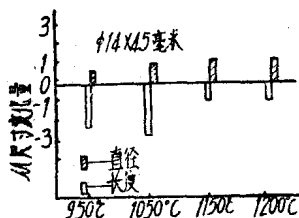


图7 淬火加热温度与尺寸变化量的关系。

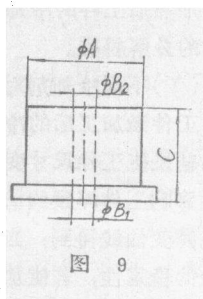
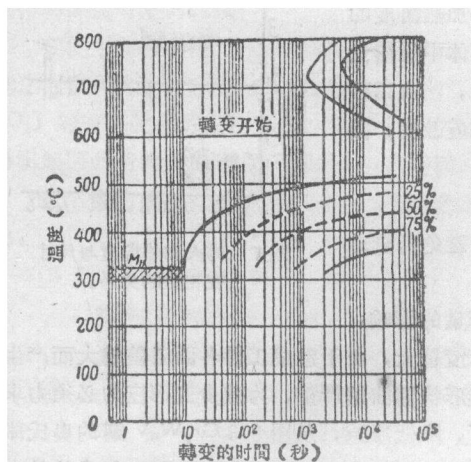


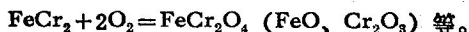
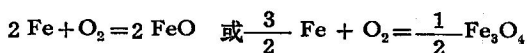
图8 3Cr₂W₈V鋼等溫轉變曲綫：
3Cr₂W₈鋼（含碳0.34%，錳0.38%，硅
0.31%，鉻2.86%，鎢8.12%和釩0.17
%）。加熱到1150°C（波波夫）。

- ① NaCl 21%； BaCl₂ 31%； CaCl₂ 48%； 熔点：435°C；
- ② NaCl 50%； Na₂CO₃ 50%； 熔点：560°C；
- ③ NaNO₃ 50%； NaNO₂ 50%； 熔点：337°C。

上述盐浴以第一种使用效果較好，淬火后工件表面仍保持有較高的光洁度，而使用二元硝酸盐做介質时，由于熾热的工件进入盐浴后将引起硝酸盐的分解产物和工件表面金属化合而造成严重氧化乃至产生点状腐蝕，破坏了表面光洁度；反应式为：



分解产物中的O原子和Fe及Cr等形成复杂的氧化物：



而第二种介質則因在使用溫度流动性差而沒有使用。

(3) NaCl-BaCl₂-CaCl₂ 介質加热设备的选用：

表 2 不同冷却介质的变形量

尺寸 标记 试件号	I		b		A		B		冷却条件	淬火硬度 (HR _c)
	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后		
4	36.34	36.36	22.98	23.0	8.4	8.42	14.44	14.44	盐浴恒温	HR _c 50
6	36.38	36.38	22.90	22.92			14.5	14.52	盐浴恒温	HR _c 51
7	36.36	36.34	22.90	22.92	8.42	8.42			盐浴恒温	HR _c 50
3,8	36.38	36.48	23.02	23.10	8.4	8.44	14.5	14.54	盐浴恒温	HR _c 50

表 3

尺寸 标记 试件号	ϕA		ϕB_1		ϕB_2		C		冷却条件	淬火硬度 (HR _c)
	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后	淬火前	淬火后		
8	49.96	50.00	19.82	19.76	19.92	19.87	39.78	39.88	2#锭子油	51
0	50	50.02	20.04	20.04	20.12	20.12	39.82	39.80	530°C盐浴	48
7	49.96	50.00	19.98	20.14	19.98	19.90	39.84	39.90	油	51
5	49.98	49.96	20.08	20.06	20.12	20.15	39.86	39.84	530°C盐浴冷	49

盐浴的加热设备使用电热的方法已广泛采用，加热形式包括内热式和外热式两种，当选用内热式（电极浴炉）做为NaCl-BaCl₂-CaCl₂盐浴介质的加热设备时是极不恰当的，盐浴熔化后，在两相电极的直接作用下，盐浴对工件将产生电化学腐蚀作用，工件冷于室温后观察工件表面有极薄一层金属层复盖于表面，去除这层金属后，基本表面呈为极不平整且具有圆斑花纹状的电蚀痕迹，而尖角及角边部分因过度的熔融结果成为有R的圆角。当采用外热式坩埚浴槽即不会出现这种缺陷。

(4) NaCl-BaCl₂-CaCl₂介质的冷却能力

为鉴定冷却剂对3 Cr₂W₈V钢适用的可能性，对大截面尺寸零件淬火的可能性，利用φ30、φ45、φ55、φ90毫米试棒淬火后利用电脉冲切割后在平面磨床上加有冷却液情况下，磨削去除1~1.5毫米，从表面到中心分别利用HRC和HV硬度计测出硬度值观察不同截面尺寸试棒的淬硬深度，测试结果如图10所示。

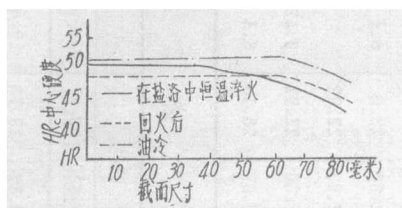


图10 各种截面尺寸淬火后中心硬度值。

试验是在工件淬入浴槽后，介质温升不大于50°C情况下进行的。

从图10看出截面尺寸大于一定数值后，由于在盐浴中停留时间的延长，在试棒中存在数量较多的残余奥氏体在经过600~630°C回火两小时后，由于残余奥氏体的转变，而使硬度值上升HRC 3~2个单位。

(5) 500~550°C恒温预冷后的显微组织

3 Cr₂W₈V钢经500~550°C的恒温后转空气中冷却，所得到的组织为马氏体及不等量的残余奥氏体；在盐浴中停留时间越长，则

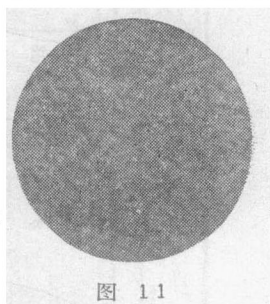


图 11

由于促使奥氏体的稳定化,在淬火后残余奥氏体量增多,如图11为淬火后的組織,经充分回火后残留奥氏体将完全分解,得到稳定的单一組織。

4. 回火

压鑄模回火处理的目的是为尽力得到均一的組織,同时应使模块得到具有一定强度、屈服点、延伸率、及强度屈服点比值,回火进行的充分与否,对压型的开裂有重要的关系,应必須保証淬火后的中間相—残余奥氏体及馬氏体分解为模具在工作溫度状态下最稳定的組織,减少“热裂”状态,如前面图1所示。

回火操作是在淬火后及时轉入回火加热炉内进行的,加热溫度根据压鑄的材料而定,对于压鑄銅合金压型硬度值取其技术要求的下限HRC 45~47,而压鑄鋁合金可取其上限即 HRC 50~51。操作曲线如图12所示。

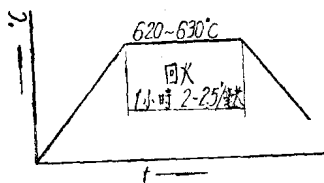


图 12

三、实 例

1. 动模如图13。

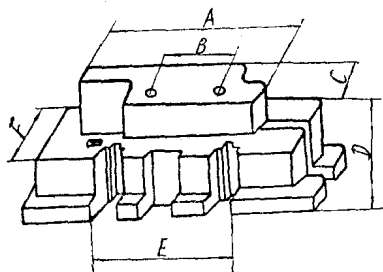


图 13

工艺规范。

预热：一次预热550°C；二次预热 800°C；最后加热1100°C冷却，520°C停留后在空气中冷却。变形量如表 4。

表 4

	淬 火 前	淬 火 后	变 形 量	淬火后硬度(HR _c)
A	205.26	205.28	+0.02	46~49
B	98.06	98.08	+0.02	
C	78.60	78.62	+0.02	
D	78.00	78.04	+0.04	
E	148.52	148.56	+0.04	
F	100.02	100.02	+0.02	

2. 凹模如图14。

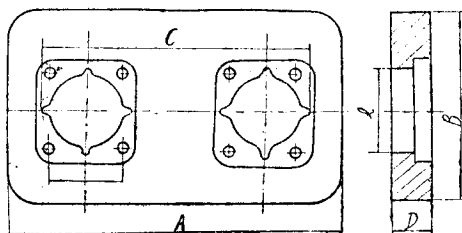


图 14

材料：3Cr₂W₃V；工艺同上。

结果如表 5。

表 5

	淬 火 前	淬 火 后	淬火后硬度(HR _c)
A	108.78	108.74	48~50
B	52.94	52.96	
C	91.06	91.02	
l	30.00	30.88	

表 6

	淬 火 前	淬 火 后
A	48.94	48.96
B	40.54	40.58
C	49.94	49.94

3. 哈呖模腔如图15。

热处理工艺：预热：800°C，30秒/毫米；最后加热1100°C，15秒/毫米；冷却：500°C 介质中停留后空气中冷却。

结果：硬度：HR_c50

变形量如表6。

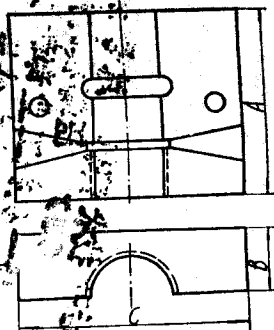


图 15

