00Cr13Ni8Mo2TiNbAl渗氮工艺研究

郑州1084#热表处理厂 （河南 450005） 李继良 毛 喆

我厂某产品上的弹射筒所用材料为00Cr13Ni8Mo2TiNbAl。在试验中，经多次弹射后，弹射筒工作表面出现划伤。图样上所要求该工作表面粗糙度不大于0.8μm，但在弹射中仍有划伤现象出现，可见该材料的耐磨性和抗咬合性差，为此我们决定通过渗氮来提高工作表面的耐磨性和抗咬合性。但国内尚无该材料的渗氮工艺可供借鉴，因此具体工艺参数的确定以及何种状态下零件综合性能最佳，成为了我们研究的内容。

一、试验条件

1. 材料及加工工艺

00Cr13Ni8Mo2TiNbAl属超低碳马氏体时效不锈钢，在同样的强度水平下具有较高的韧性，特别是断裂韧性。此钢的均匀伸长率较小而局部伸长率较大，在瞬时高温下亦有较好的强度，故也称瞬时不锈钢。

其化学成分（质量分数）见表1。

表1 00Cr13Ni8Mo2TiNbAl化学成分（质量分数）（%）

元素	C	Mn	P	S	Si	Cr
含量	≤0.03	≤0.35	≤0.02	≤0.025	≤0.35	12.5~13.5
元素	Ni	Mo	Ti	Nb	Al	
含量	7.5~8.5	1.7~2.5	0.55~0.95	0.2~0.5	≤0.3	

该材料热处理制度为固溶后进行时效强化，其加工路线为：下料→固溶→粗加工→时效→精加工。

为增加其耐磨性，我们在精加工后增加了渗氮处理。

2. 热处理制度简介

（1）固溶 零件经820℃保温加热，由于该钢种有良好的淬透性，空冷也可达到较高的固溶效果。

（2）时效 时效处理是该钢种强化的有利手段，该材料时效强度峰值出现在经480~510℃之间，故选用500℃×4h空冷时效处理。

（2）水冷硬化 将已收缩好的六角螺母烘干后重新加热至745℃，保温后淬入盐水中冷透。

处理后用M36螺纹塞规检验，对胀大的六角螺母经补救工艺处理，可达到技术要求，淬火硬度为40~50HRC，绝大部分螺母得以挽救，变为合格品。

3. 分级淬火的妙用

分级淬火也称热浴淬火，既可保证零件获得高硬度，又可使零件避免开裂，并不发生或很少产生变形。

图4所示的大流量(100L/min)油泵齿轮，材料为40Cr钢，要求硬度48~52HRC，内孔变形要求≤0.05mm。原材料先经正火处理，为淬火减少变形作组织准备。加工成形后处理，由于淬油后齿形及内外径的变化使加工困难，油泵噪声增加，后来采用在820℃加热保温7min，淬入260℃硝盐内等温冷却20min后再取出在空气中冷却，硬度可达50~52HRC，符合要求，内孔变形可控制在0.03~0.05mm范围内。

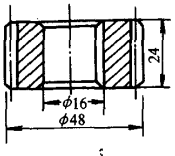


图 4

4. 阶段升温加热淬火的应用

采用的阶段升温加热淬火法，由于零件内外温差小，降低了零件的内应力，从而减少了零件的开裂倾向。

例如50CrMo钢的滚珠丝杠调质件，要求硬度为25~30HRC，采用阶段升温加热淬火法。丝杠的毛坯规格繁多，如φ25mm×600mm、φ35mm×600mm、φ40mm×600mm、φ60mm×800mm等。在电阻炉内采用阶段升温加热淬火法，其工艺为：750℃×1h~840℃×3h油冷（按2.5s/mm计算气冷），冒白烟取出后在空气中冷却，检验硬度为50~53HRC，随后立即高温回火至要求硬度。

又如CrWMn钢制模具，我们采用在800℃的盐浴炉中装炉，并在该温度保温20min后升至840℃（保温时间按1min/mm计算），再入160℃硝盐中冷却，来防止模具的开裂。

（20030928）

间的保温阶段，此时抗拉强度最高可达 1600MPa。我厂所用零件的预备热处理强度要求为 1100～1300MPa，我们所用的时效制度为：零件在 560℃的电炉中保温 3h 后空气冷却。

3. 渗氮分析及试验方案

（1）渗氮分析　在渗氮设备、原材料及预备热处理正常的情况下，直接影响零件组织和性能的主要因素是合金元素、渗氮温度、渗氮时间和氨分解率等。合金元素可改变氮在 α 相中的溶解度，同时可溶入 ε 相和 γ′相中以及形成独立的合金氮化物。该钢种所含铬、钼、钛、铌都能溶入铁素体中，可提高氮在 α 相中的溶解度。同时，合金元素含量的过多，致使渗氮中氮原子扩散速度较慢，要得到一定的渗层深度，需经过较长的渗氮时间。另外，由于弥散的合金元素氮化物从 α 相固溶体的析出，决定了该材料渗氮后应具有较高的硬度。

氨分解率在渗氮中也起着重要作用，氨分解率太高太低都不利于氮原子的渗入。氨分解率选取的原则往往与渗氮温度的高低相匹配。

（2）试验方案　鉴于以上分析，我们实施了以下两种试验方案。

方案一（见图 1）：

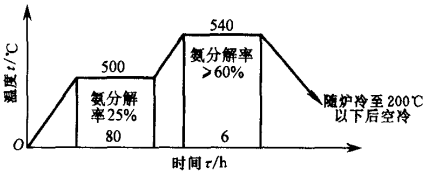


图　1

方案二（见图 2）：

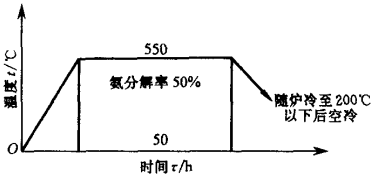


图　2

二、试验结果与分析

1. 试验结果（见表2）

2. 硬度与深度分布曲线（见图 3）

3. 分析与讨论

从以上数据和曲线可以看出：

表 2　试验结果数据

方案	硬度 HV_5	脆性	渗层深度/mm	金相组织等级(GB5022—1994)
一	1050	Ⅱ	0.22	3
	1170	Ⅲ	0.19	3
	1080	Ⅲ	0.20	3
二	926	Ⅰ	0.25	2
	985	Ⅰ	0.25	2
	1006	Ⅰ	0.24	1

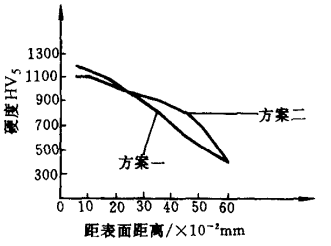


图　3

（1）方案一渗层脆性较大，这与渗氮过程中形成和发展的 ε 和 γ′高氮相的两相混合结构有关，由于两相晶格类型不同，比容也不一样，相界上存在着很大的三向显微应力，在外力作用下，会引起显微裂纹，导致开裂或剥落。长时间在 500℃下保温，由于温度较低，氮原子扩散速度慢，致使表层含氮浓度过高，突然过渡，使脆性增大。而方案二所用的渗氮温度高，有利于氮原子沿晶内扩散，抑制晶界扩散，零件表面不为氮所饱和，减轻了高氮相的形成和发展，使沿扩散层的硬度降低不明显，从而降低了渗层脆性。

（2）方案一的渗氮时间长，不利于生产操作；而方案二时间相对短，提高了生产效率。

（3）方案一得到的最高硬度比方案二得到的高，这与高氮相的结构有关。但方案二的金相组织好，硬度梯度下降不明显，渗层脆性好。有关资料指出：硬度不是耐磨性的标准，最高耐磨性也不与最高硬度相吻合。人们发现甚至在具有低硬度的碳钢中的渗氮层，也显示出了很高的抗磨性能。

通过以上分析，结合设计要求，我们选用方案二的渗氮工艺并在实际生产中加以应用。

三、结语

我厂产品经优化渗氮工艺后，弹射筒在弹射试验中，弹射多次后表面无划伤出现，使用情况良好，从根本上解决了弹射筒划伤的问题。

（20030808）