柱塞渗氮工艺的确定

张宇庆
辽宁省抚顺市抚东机械厂　辽宁抚顺　113105

摘要：制定了38CrMoAlA钢渗氮处理的工艺参数，根据产品的技术要求进行渗氮工艺参数的选择、分析，并通过生产实践，逐步确定材料为38CrMoAlA钢柱塞渗氮处理的工艺方案。

关键词：柱塞；渗氮处理；渗氮温度；保温时间；氨分解率

1　序言

钢铁零件在活性氮介质中，一定温度和保温时间下，使其表面渗入氮元素的工艺过程，叫做渗氮。渗氮和渗碳虽然都是强化零件表面的化学热处理，但它们有显著的差别。

渗氮与渗碳相比有如下优点：

1）渗氮表面具有高硬度和高耐磨性。

2）具有高的残余压应力。

3）渗氮工艺温度低，工件变形小。

4）具有良好的抗蚀能力。

由于渗氮具有上述特点，因此得到了广泛应用。本文论述的柱塞（见图1）就是要求高硬度、高耐磨性及高尺寸稳定性的一种零件。

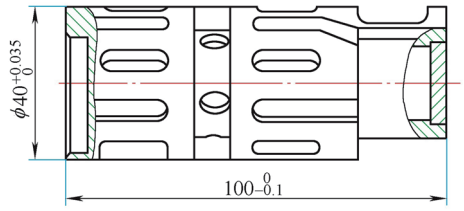

图1　柱塞

柱塞是某机构中的关键部件，产品在加工过程中，热处理工艺方案的选择直接影响产品的热处理质量，而热处理质量的好坏，也影响了机构运行状况的稳定性，最终会影响运行系统的使用寿命。

2　问题的提出

柱塞部件材料为38CrMoAlA钢，其化学成分见表1[1]。

表1　38CrMoAlA钢化学成分（质量分数）（%）

C	Mn	Cr	Mo	Al
0.35~0.42	0.30~0.40	1.35~1.66	0.15~0.25	0.35~0.42

该零件要求进行渗氮处理，硬度≥700HV，渗氮层深度0.3~0.6mm。在生产过程中，渗氮层深度设定在0.4~0.6mm。那么，如何制定工艺参数才能保证达到图样要求，尤为重要。

3　热处理方案

根据零件材料，渗氮工艺初步确定选用二段气体渗氮法：即零件随炉缓慢升温，在200℃保温2h，然后升温至525℃，保温18~25h，缓慢升温至540℃，保温22~30h，再随炉缓慢升温至560℃，保温3~4h进行退氮处理，最后随炉冷却至＜200℃出炉空冷。炉温降至200℃时，关闭氨气的进气阀门，打开氮气的进气阀门。

根据零件的技术要求及生产实际，采用的设备为RN-75-6气体渗氮炉。

（1）加热温度　加热温度分别设定为525℃、540℃、560℃，理由是确定渗氮温度时，应综合考虑温度对渗氮层表面硬度、渗层深度及变形量的影响，同时还要考虑不影响零件心部的力学性能，渗氮温度必须低于调质回火温度。若渗氮温度过低，渗氮速度慢，为了达到一定的渗氮深度则需延长保温时间，同时导致零件表面不能吸收足够的活性氮原子，硬度不高，故渗氮温度选择在500~560℃。

（2）加热方式　选择随炉温加热，加热介质选

择氮气。

（3）保温时间　保温时间分别选择18~25h、22~30h、3~4h，理由是渗氮温度一定时，渗氮保温时间的确定主要取决于所要求的渗氮层深度。随着渗氮时间的延长，渗氮层的深度不断增加并呈抛物线规律变化，即开始增加的速度快，随着时间的延长，渗氮层深度增加得越来越慢，过长的渗氮时间对提高渗氮层深度效果并不明显。因此，在较低的渗氮温度下，要想得到较深的渗氮层是不可能的，只有提高渗氮温度，才能得到较深的渗氮层。渗氮保温时间是一个受多种因素影响的工艺参数，一般要通过生产实践摸索，才能正确地确定。根据经验表明，当渗氮层深度＜0.4mm时，平均渗氮速度为0.015~0.02mm/h；当渗氮层深度在0.4~0.7mm时，平均渗氮速度为0.005~0.015mm/h；渗层越深，渗速越慢[2]。

（4）氨分解率　氨分解率分别选择18%~35%、45%~65%、≥75%，理由是氨分解率高低直接影响着零件表面吸收氮的速度。分解率过高，炉气中氮和氢所占的体积大，零件表面吸附大量的氢，将妨碍零件表面对氮的吸收，使表面氮浓度降低，渗氮层硬度及深度减小；如果分解率过低，大量的氨来不及分解，提供的活性氮原子太少，也会降低渗氮速度[3]。

因此，为了使渗氮层的硬度梯度变得尽可能平缓，应增加渗氮层的深度，在渗氮前期，用较低的氨分解率（18%~35%）。此时零件表面迅速吸收了大量的氮原子，提高了零件渗氮表面的氮浓度，从而形成了弥散度大的渗氮物，以提高零件表面的硬度；渗氮的第二阶段可提高氨分解率（45%~65%），使炉气中活性氮原子得到稀释，表层的氮浓度不至于进一步提高，而且还使氮原子不断地向内层扩散，增加了渗氮层的厚度。

为了降低渗氮层的脆性，在渗氮结束前，将炉温升至560~570℃、保温3~4h进行退氮处理，使氮原子能够继续向内层扩散，以降低表面的氮浓度。此时可将氨分解率控制在75%以上。渗氮温度和氨分解率的合适范围见表2。

（5）冷却方式　选择炉冷至＜200℃出炉空冷。随炉降温阶段，仍然需要继续供给氨气，并保持渗氮炉内有一定的正压，防止空气进入使零件表面产生氧化。

表2　渗氮温度和氨分解率的合适范围

渗氮温度/℃	500	510	525	540	600
氨分解率（%）	15~25	20~30	25~35	35~50	45~60

（6）冷却介质　选择氮气、空气。

（7）热处理后的检验方式　检验的项目主要是渗氮层深度、化合物层和扩散层，检验方法分为金相法、硬度法和断口法。我们选用的是金相法，并按GB/T 11354—2005《钢铁零件渗氮层深度测定和金相组织检验》中的规定内容进行了检验。

渗氮层硬度的检验：由于渗氮层薄且硬度高，因此对表面硬度的检验一般采用维氏硬度计。

渗氮层脆性检验：按维氏硬度压痕边角碎裂程度分为5级。应在随炉试样表面进行检验，按GB/T 11354—2005《钢铁零件渗氮层深度测定和金相组织检验》中重要零件≤3级的规定进行检验。

4　工艺曲线

通过生产实际，重新调整了渗氮工艺参数，制定了新的渗氮工艺，如图2所示。按照设定后的工艺参数进行了生产，零件的各项指标均能满足图样要求。

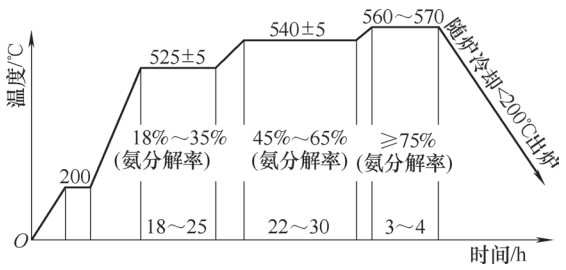

图2　渗氮工艺曲线

在操作中还需要注意：

1）零件不需要渗氮的部位应进行防护，表面镀锡是一项很好的防护措施。锡不溶解氮原子，锡的熔点低（232℃），在渗氮温度下，锡层虽然会熔化，但锡依靠表面张力的作用，可在零件表面形成一层薄的保护膜，吸附于零件表面上，故镀锡层能防止氮原子渗入。通过生产实际证明，镀锡层控制在0.004~0.008mm为宜[4]。镀锡层若＜0.004mm，防护层不起作用；镀锡层若＞0.008mm，锡容易流

淌到需渗氮的零件表面上，使零件渗氮表面产生软点。

2）零件装炉前，应仔细清理表面（用汽油或酒精进行擦拭），保证零件表面无氧化皮、油脂及其他污物，以免影响渗氮质量；渗氮过程要严格执行安全守则。尤其注意：通氮后炉内空气未排净前不得点火，否则极易引起爆炸。

3）根据零件的形状选择合理的工装夹具，工装与绑扎零件的镀锌铁丝必须无锈、无油，镀锌铁丝的锌层用酸洗或用800℃烧除掉。绑扎零件时，零件之间要留出足够的空间，保证炉内气氛的畅通。

5　热处理工艺效果

通过对渗氮温度、保温时间、氨分解率的分析，确定了渗氮工艺参数，并运用到实际生产中，摸索出了渗氮工艺的最佳参数。产品试样经过金相检验，渗氮物组织级别完全符合GB/T 11354—2005《钢铁零件渗氮层深度测定和金相组织检验》中的要求，能够达到二级，脆性检验1级，零件的渗氮硬度控制在780~840HV，渗氮层深度0.45mm，完全符合图样中的技术要求，如图3~图5所示。

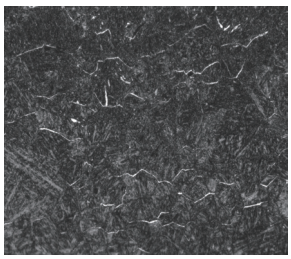

图3　脉状渗氮物组织

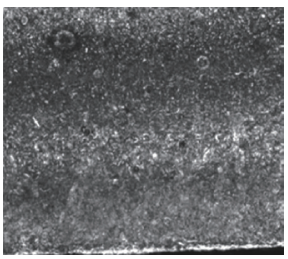

图4　渗氮层深度

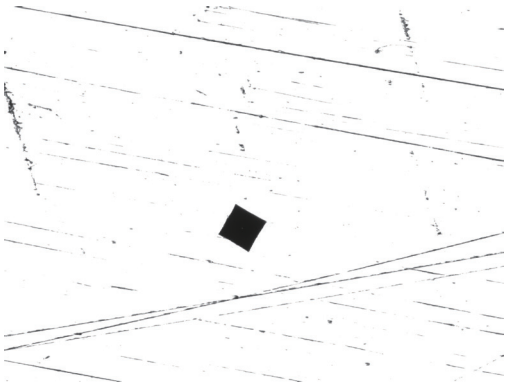

图5　脆性检验

6　结束语

在渗氮生产过程中，热处理技术人员制定工艺后，还要深入到生产现场实时监控。同时，要求操作人员严格控制设备的渗氮温度、氨分解率等工艺参数，并根据生产的实际情况，适时调整各项工艺参数，保证渗氮工艺的正常运行。热处理技术员只有掌握了生产实际情况，才能编制合理、实用的渗氮工艺规程。

参考文献：

[1] 崔崑.钢铁材料及有色金属材料[M].北京：机械工业出版社，1980.

[2] 洪班德，等.化学热处理[M].哈尔滨：黑龙江人民出版社，1981.

[3] 安运铮.热处理工艺学[M].北京：机械工业出版社，1988.

[4] 柳祥训，等.化学热处理问答[M].北京：国防工业出版社，1991.

MW 20201204

《金属加工（热加工）》2021 年第 4 期广告目次

单位名称	查询编号	位置
易孚迪感应设备（上海）有限公司	1492	封面
北京金威焊材有限公司	1161	封二
昆山京群焊材科技有限公司	5123	封三
天津天高感应加热有限公司	1943	封底
伊达新技术电源（昆山）有限公司	1925	前彩 1
应达工业（上海）有限公司	1127	前彩 2
北京中孚悦达真空科技有限公司	5378	前彩 3
中国国际金属成形展览会	5699	前彩 4
埃马克（中国）机械有限公司	5088	前彩 5
易格斯	1298	前彩 6
第二届“田心杯”轨道交通金属加工技术征文	8000	Ⅲ
第 25 届北京埃森焊接与切割展览会	1380	V