



38CrMoAl主驱动齿轮低真空变压气体渗氮

陈希原

(重庆海森机电设备开发公司, 重庆 400039)

摘要: 本文介绍了用于钢件气体渗氮或氮碳共渗的WLV-I型低真空变压表面处理多用炉的工作原理、结构及特点,并结合38CrMoAl钢主驱动齿轮的生产工艺特点和效果,并分析讨论了提高产品质量和优化生产工艺的措施。实际生产使用表明:与普通炉相比,低真空变压热处理工艺装备及技术具有显著的节能、减排、快速、高质量、低成本的特点,是“老三炉”更新换代的理想产品。

关键词: 主驱动齿轮;低真空变压;渗氮;节能与减排

中图分类号: TG146.4+13

Low Vacuum Varying Pressure Gas Nitriding of 38CrMoAl drive Gear

CHEN Xi-yuan

(Chongqing H-Senic Machinery & Electrical Equipment Co., Chongqing 400039, China)

Abstract: This context introduces the working principle, structure, technology characteristics, production process and production effect of WLV-I Type Low Vacuum Varying Pressure Surface Treatment multi-purpose Furnace, which is used in gas nitriding Process of 38CrMoAl steel gear, then the text discuss the measures for enhancing the product quality and optimizing the production process. The practice shows that comparing with the common furnace, low vacuum varying pressure treatment equipment and technology has outstanding characteristics of saving energy, higher quality, faster speed and lower cost. It is an ideal product replacing old kinds of furnaces including box type furnace, pit type furnace and salt bath furnace.

Key words: Drive gear; Low vacuum varying pressure ;Gas nitriding ;Energy-saving

气体渗氮是一种常用的表面化学热处理工艺,它能大幅度地提高机械产品零件的表面硬度、耐磨性、耐腐蚀性、抗咬合性和疲劳强度等性能。因此,为了提高产品的使用性能,某厂对38CrMoAl钢齿轮按照“下料→锻造→正火→粗车→调质→精车→滚齿→剃齿”等工序加工后,在具有“节能、减排”和高质量的WLV-I型低真空变压表面处理多用炉中进行气体渗氮热处理,取得了满意的效果。

1 低真空炉的工作原理和结构特点

1.1 工作原理

低真空变压热处理炉的特点首先是不漏气,其工作原理是在低真空范围内,炉气随炉内压力的变化而自行流动,从而达到完成多种表面化学热处理和少无氧化加热的目的^[1]。

在工艺的排气阶段,首先采用水环式真空泵快速抽气到设定好的低真空范围内的下限真空度(负压),而后靠中性气体自身的压力使炉压升到常压,继而升高到设定好的上限真空度(正压),接着又迅速把炉膛抽气到设定好的下限真空度(负压),再用中性气体增压到设定好的上限真空度(正压),再迅速抽到负压…,如此凭借真空泵和高压中性气体之助自行地进行大范围内的变压,可迅速排除炉膛内工件周围的空气,而使其处于无氧环境^[2]。

在作化学热处理(渗氮、氮碳共渗、氧氮共渗等)时,待炉子抽成低真空和炉膛达到一定温度后,通过流量计、电磁阀和时间继电器等装置向炉膛定量、定向、定时地通入渗剂(如NH₃、CO₂或C₂H₅OH等)。

渗剂进入炉内后,特殊结构的通道使液体先变成气体,气体变成过热气体,而后凭借负压之吸力及气体正压的推力,使过热气体高速进入炉膛并自行扩散至罐内各处,即使工件上的小孔、盲孔孔壁及相邻工件压紧接触面等处,其渗剂原子均可到达;当炉气即将老化时,自控系统又迅速排除炉罐

作者简介: 陈希原(1957—),男,浙江温岭人,高级工程师,主要从事低真空变压热处理、热处理淬火介质、锻造余热淬火和激光表面强化等方面的热处理工艺研究与现场技术服务,已发表论文36余篇。

联系电话: 13618353405, E-mail: chxy-005@163.com

内的老化气氛，当炉压自行降至设定好的低真空下限时，新鲜气氛在负压下自动入罐并扩散到罐内各处，重新开始新的炉气吐故纳新过程，如此“抽气→充气→保压→抽气”过程自行反复循环完成。

1.2 低真空变压热处理设备的结构特点

WLV-1型低真空变压表面处理多用炉的组成结构如图1所示。

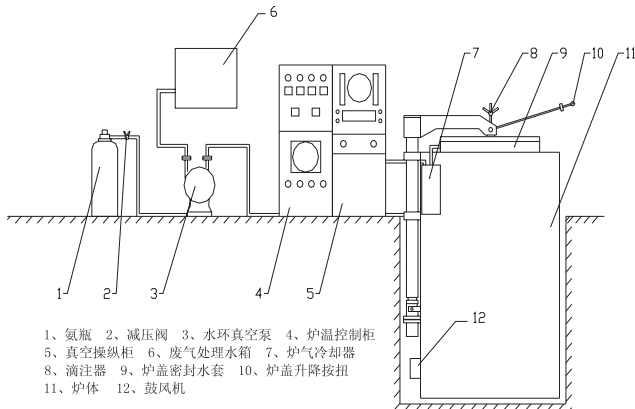


图1 WLV-I型低真空变压表面处理多用炉组成结构示意图

Fig.1 Structure scheme of WLV-I type low vacuum varying pressure surface treatment multi-purpose furnace

与普通气体渗氮炉相比，该炉增加了以下几个装置：

1) 抽气、供气系统 主要由水环式真空泵、真空压力表、电磁阀、流量计、时间继电器、高压储气罐、减压器、密封循环水箱等组成。

2) 炉盖采用高温橡胶条密封，用水冷套冷却。

3) 炉气冷却器 保证阀和管道的使用安全。

4) 水箱 水箱中的硫酸亚铁自行消除炉气中产生的[CN]根，使该设备成为环保设备。

5) 鼓风机 可缩短渗氮保温结束至出炉的炉内冷却时间，提高生产率。

6) 鼓风热量排口 炉口上端侧面有2~3个散热口，当快速降温鼓风时将其打开排热，平时则关闭。

2 主驱动齿轮的渗氮工艺及其效果

2.1 技术要求

工件经低真空变压气体渗氮后，检测产品应达到表1要求。

2.2 低真空变压热处理设备规格参数

WLV-75I低真空变压炉的主要技术参数见表2。

表1 38CrMoAl齿轮渗氮技术要求

Table 1 Technical specification of 38CrMoAl gear's nitriding

检查项目	渗氮层/mm	表层硬度/HR15N	表面脆性	表面颜色	变形	
					公法线/ μm	齿形齿向/ μm
技术指标	0.38~0.50	≥ 90.5	≤ 2.0 级	银白	< 30	≤ 3

表2 WLV-75I渗氮炉主要技术参数

Table 2 Main technical parameter of WLV-75I nitriding furnace

名称	额定功率/kW	额定温度/ $^{\circ}\text{C}$	工作区尺寸/mm	炉温均匀性/ $^{\circ}\text{C}$	极限真空度/MPa	最大装炉量/kg
技术参数	75	700	$\Phi 800 \times 1200$	± 3	-0.08	1200

2.3 渗剂和供气、抽气方式

采用 NH_3 气体渗氮气氛。该炉工作时， NH_3 气体经干燥后按照事先设置好的程序以一定的方式断续供气，然后其废气被抽到炉外的废气处理水箱进行环保处理，全部操作自动循环完成。

2.4 渗氮工艺

齿轮按“清洗→烘干→装炉→预氧化→排气→渗氮→降温→换气→出炉”的工序流程进行批量生

产，其优化出的工艺参数见表3，生产工艺曲线如图2所示。

2.5 渗氮质量检验结果

每炉抽取产品并制样，采用Hx-1000型显微硬度计测定表面硬度，采用MM6金相显微镜测定渗氮层深度和检验表面脆性，采用齿轮专用量具检查变形，其38CrMoAl主驱动齿轮各炉批量渗氮生产后的检查结果如表4所示，均满足表1技术要求。

表3 38CrMoAl主驱动齿轮渗氮工艺参数

Table 3 Technical parameter of 38CrMoAl drive gear's nitriding process

工序	预氧化		渗氮							满载降温				
	温度/°C	时间/h	温度/°C	时间/h	NH ₃ 流量/L·h ⁻¹		低真空压力/MPa		上压保持 时间/s	每周供气 时间/min	温度 /°C	时间/h	炉压 /MPa	NH ₃ 流量 /L·h ⁻¹
					前16h	后12h	上限	下限						
参数	380	1.0	540±5	28.0	2.2	1.80	+0.02	-0.07	>28	4.0~5.0	<160	<5.0	+0.01	<0.5

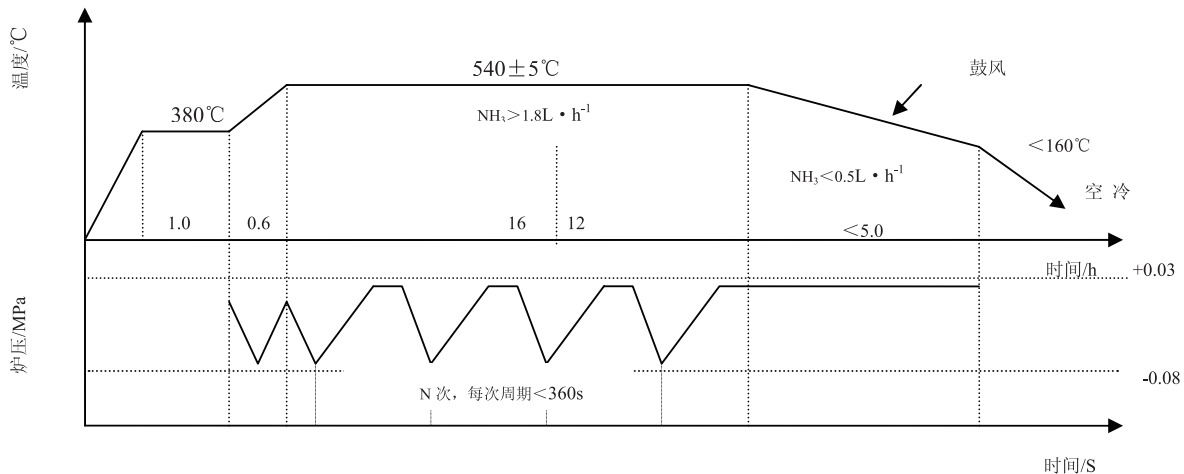


图2 38CrMoAl主驱动齿轮渗氮工艺曲线

Fig.2 Gas nitriding process curve of 38CrMoAl drive gear

表4 各批主驱动齿轮渗氮检验结果

Table 4 Gas Nitriding testing results of drive gears in each group

检查项目	渗氮层/mm	表层硬度/HR15N	表面脆性	表面颜色	变形	
					公法线/ μ m	齿形齿向/ μ m
实测值	0.40~0.42	91~92.5	\leq 1.0级	银白色	<20	<3

3 低真空变压化学热处理的主要特点

3.1 提高渗层质量

在加热下的低真空变压式的抽气和供气可迅速排出工件各处的老化气氛，随之代以新鲜炉气，易使工件各表面能与新鲜气氛接触，与常规炉相比，可获得更致密均匀的渗层，进一步减少脆性、疏松并防止内氧化。

3.2 提高渗速、缩短生产周期

在加热下的变压抽气不但对钢件表面有脱气和净化作用，提高了工件表面活性和对所渗元素的吸附能力，而且在炉内低真空状态下，气体分子的平均自由程增加，扩散速度加快，提高渗速15%以上。如38CrMoAl钢件在540°C×28h低真空变压渗

氮，其渗层 \geq 0.40mm，而普通气体氮化则需要70h才能达到同样的渗层^[3]。

配置的抽真空装置，可迅速抽出炉内的空气及老化气氛，换气时间比普通炉缩短60%以上。

该设备在炉底侧装有大风量的鼓风机，渗氮结束后可立即实现罐内强制快冷，即炉罐外用鼓风机吹强风加速罐内工件冷却，炉壳上部的排气孔可排气散热，缩短冷却时间，如75KW低真空变压渗氮炉在满载1200kg工件的条件下，由540°C降温至160°C，仅需约4.0h，而普通炉仅靠自然炉冷则需要18h以上，提高效率4倍以上。

3.3 装炉量大，可密装

在低真空变压渗氮处理过程中，可迅速排出工件各处的老化气氛，新鲜气氛可渗透到罐内的

任一角落, 工件可实现密装或堆积装炉(如: 两块20mm×20mm的钎加工平板零件相互紧贴渗氮后, 其紧贴面与裸露面的渗氮质量无明显差别), 使装炉量较常规炉增加二倍以上(如: 75KW低真空变压渗氮炉满载可装1200kg, 而常规同样大小的普通炉仅能装400kg)。

3.4 盲孔、深孔、狭缝工件可获得均匀的渗氮层

由于工件在事先设定好的低真空上下限的范围内自行循环变压加热渗氮, 炉气在设定的周期内自行反复吐故纳新, 使盲孔、狭缝等工件的工作面仍可获得均匀的渗氮层。如宽0.16mm、深10mm的狭缝件, 缝壁处与外表面的渗氮质量几乎无差异。

3.5 辅料消耗少、处理成本极低

排气阶段借助于抽真空系统, 且在渗氮处理过程中气体渗剂为间断通入(每一变压周期, 供气时间所占比例约为70%), 可大幅度降低辅料(如NH₃)的消耗, 与常规炉相比可节约辅料30%左右, 大大降低了生产成本。

3.6 拥有多功能

仅改变工艺和渗剂就可实现渗氮、氮碳共渗、氧氮共渗、两类元素的多元素共渗、低温奥氏体碳氮共渗、薄壁件浅层强化及使用蒸馏水的蒸汽氧化处理和少无氧化光亮加热等原在普通炉需用几台炉才能完成的工艺, 其众多的功能居群炉之冠。

3.7 无污染

工作期间产生的废气被抽到室外的废气处理水箱中溶解(水中加有消除毒物的无毒化学药品), 经处理后的废水无毒、无污染, 可任意排放, 为绿色环保热处理。

3.8 操作简单

工作期间, 可按经试验确定好的渗剂流量自动进行“抽气-供气-保压”的循环低真空变压, 无需测分解率; 一段氮化具有普通炉二、三段氮化的特点。

4 提高渗氮件质量和优化工艺的措施

4.1 重视工件渗氮前的调质硬度

文献^[4]试验分析了35CrMo、42CrMo、38CrMoAl等中碳结构钢零件的调质硬度对渗氮层硬度的影响。结果表明: 对于该类钢零件, 提高其调质硬度, 渗氮层表面硬度将随之提高。生产中应重视工件渗氮前预备热处理后的组织和调质硬度, 将38CrMoAl钢件的调质硬度调整控制在28-32HRC,

可有效地解决渗氮件表面硬度不足的问题。

4.2 工件表面预氧化

工件入炉后, 在无保护气氛的情况下, 将工件加热到350~450℃保温一段时间, 使工件表面被空气氧化生成一层薄的氧化膜($6\text{Fe}+4\text{O}_2\rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4$), 该膜在渗氮气氛中会优先被还原成新生态的铁($\text{Fe}_3\text{O}_4+4\text{CO}\rightarrow 3\text{Fe}+4\text{CO}_2$)。新生态的铁具有很强的表面活性, 可促使[N]、[C]被工件表面吸收, 可以显著提高渗氮件的渗层均匀性和实现催渗、缩短渗氮时间^[5]。38CrMoAl钢主驱动齿轮在同一条件下若达到相同的渗层深度, 其经预氧化较未经预氧化的时间约缩短20%左右。

另外, 工件入炉后的预热可消除工件渗氮前的残余应力和因缓慢升温而减少应力, 对控制工件变形能起到一定的作用。

4.3 低真空变压幅度大小

文献^[6]指出, 在保压时间不变的情况下, 渗氮件的表面白亮层深度在一定范围内随着变压幅度的增加而增大。38CrMoAl钢主驱动齿轮低真空变压气体渗氮原工艺的上、下变压幅度范围为-0.07~-0.01MPa, 现调整为-0.07~+0.02MPa, 在其它工艺条件均相同的情况下, 其渗层平均深度由0.35mm提高到0.40mm, 其提高程度为13%以上。当炉膛容积和供渗剂(如NH₃)流量一定的情况下, 变压幅度的提高使得渗剂通入的时间增加, 氨的分解率减少, 炉内气氛氮势增加。

4.4 渗氮所用渗剂的净化

齿轮低真空变压气体渗氮工艺所用的NH₃渗剂一般由天然气制造, 当气源质量较差时(如有过多的硫和水份), 不但易使氮化件表面脆性增加、疏松严重, 而且还严重地损坏设备的构件(如炉罐), 缩短其使用寿命。因此, 应对所用渗剂进行净化处理, 以去除其中对所处理产品质量有影响的水分、有机硫、无机硫等有害物质并将其控制到最小程度, 对提高产品质量(如减少疏松和黑色组织、降低脆性等)是十分重要的。

4.5 渗氮件表面颜色

为了达到工件渗氮后的色泽为银白色的特殊要求, 在生产中首先应保证渗氮前工件表面光洁度和良好的除油、除锈等清洗效果; 在渗氮件入炉预氧化后应对低真空变压渗氮炉进行抽气检漏, 以保证炉子不漏气; 对所用渗剂进行干燥、脱水及净化处理; 在渗氮结束后的降温过程中应避免空气进入炉

膛内并严格控制工件的出炉温度；应定期对炉罐进行退氮并经常清洗炉膛和吊具。

5 结 语

生产实践表明，WLV-I型低真空变压渗氮炉具有炉温和炉气的“四性”（均匀性、稳定性、可控性和快速可调性），它是质量型、节能型、环保型、安全型和经济型的热处理设备，是“老三炉”（在空气中加热的箱式炉、井式炉和盐浴炉的统称）更新换代的理想产品。

1) 采用WLV-75I型低真空变压渗氮炉，对于38CrMoAl钢主驱动齿轮渗氮优化工艺为： $540 \pm 5^\circ\text{C}$

保温28-30h，渗剂使用 NH_3 ，真空变压范围选择为 $-0.07 \sim +0.02\text{Mpa}$ ，上压保持时间为30~45s，批量生产的产品质量稳定，工艺更经济。

2) 与原普通炉相比，WLV-I型低真空变压渗氮炉不但装炉量提高二倍以上，而且其特有的装置可大幅度地缩短渗氮过程的换气、保温、降温等时间，减少渗剂消耗，节能30%以上。

3) WLV-I型低真空变压渗氮炉在役时可自行消除炉气中的毒成分，为环保绿色热处理设备。

4) 生产中应重视工件渗氮前的调质硬度、渗剂的净化等因素，以保证和提高产品质量。

参 考 文 献

- [1] 戈茂庆、杨志文. 低真空变压热处理技术的特点及其应用[J]. 国外金属热处理, 2003, 24(1): 41-45.
- [2] 戈茂庆. 三十年来我国低真空变压热处理技术的变迁[J]. 金属热处理(增刊), 2006.118-120.
- [3] 李志明、佟小军等. 快速渗氮工艺的最新进展[J]. 热处理技术与装备, 2007, 28(2): 14.
- [4] 孔繁宇. 工件渗氮后的硬度与调质硬度之间的关系[J]. 热处理, 2008, 92(3): 65-67.
- [5] 安峻岐、刘新继、何鹏等. 渗碳与碳氮共渗催渗技术的发展与现状[J]. 金属热处理, 2005, 32(5): 78.
- [6] 王 蕾、吴光英等. 脉冲工艺参数对氮碳共渗层深的影响[J]. 金属热处理, 2006, 31(3): 71-75.