

# 柔性真空热处理生产线

ALD 真空工业股份公司上海办事处 敖自强编译

在过去的 40 多年里,气氛渗碳加油淬是汽车齿轮行业常用的用于渗碳淬火的技术。自从 20 世纪 90 年代中期以来,真空渗碳加高压气淬工艺被开发并应用,以满足更高的齿轮质量和环境相容的要求。对于通常使用的低合金钢最初可用的设备不能够满足其心部硬度的要求,所以当时许多用户都拒绝使用这种技术。而把材料换成高合金的材料也是不可能的,只有当使用了冷室淬火技术、使用了氮气淬火介质并对所使用的材料的淬透性分布带作出了限制之后,才能够在气淬后达到规定的硬度要求。真空渗碳加高压气淬被称之为热处理行业的新技术,为现代工业的发展带来了突破。

## 一、步进式真空淬火炉

在步进式(半连续)真空炉(见图 1)中,热处理过程被分成单独的几个步骤,每个步骤在不同的功能模块中进行。这些模块一个接一个地连接起来,每个模块的配置都适合于某个具体的工艺。例如:在装料室,含氧的气氛被抽出,工件在加热区被加热到工艺温度,加热区可以被分成几个室。

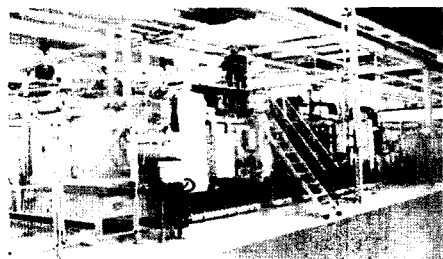


图 1 步进式真空热处理设备(产能为 800kg/h)

传输系统是这种连续炉的一个核心部件。ALD 公司选用了一种特殊设计的步进梁系统作为送料工具。该步进梁可以极其小心地搬运工件,即不施加任何外力到料筐上,所以料筐可以是细边框结构。

与加热区紧临着的是渗碳室。该室在两端由两个具有热屏蔽和压力屏蔽作用的门关闭起来。渗碳气体管路分布和为渗碳工艺特殊设计的真空泵系统就安装在该室上。在该模块之后跟随的是扩散区,由两个独立的隔热

室组成。

气淬室是这种半连续式炉子的最后一个室,可以进行高达  $2 \times 10^6$  Pa 的高压气体淬火,可以使用多种气体进行淬火。在该室安装了两个大功率的气体搅拌器和一个铜制带肋板的热交换器,用于把工件上的热量带到冷却水中。

这种步进式热处理设备的优势是:所有工件在炉中经历的都是同样的工艺过程,所以工艺重现性在本设备上可以得到极大的保证。与气氛炉中的推杆式渗碳炉相同,如果发生了误操作,就会影响到炉中的几筐工件。另外,渗碳气体是连续不断被送进渗碳室,造成该种炉子的维护工作量也相对较高,但与传统的设备相比,因为不需要维护前的等候时间和再开始生产前的形成渗碳气氛的时间,维护工作要快得多。目前 ALD 公司已交付 13 条这样的生产线,并且全部在进行连续生产。

## 二、模块化真空炉 MODULTHERM® 的开发

由于半连续式设备在可扩展性方面不具有足够的机动性,所以 ALD 公司在使用半连续化炉子的经验基础上,于 2000 年开始开发新一代的真空设备。半连续化炉子是一种固定式的设计,它可以针对特定渗层深度的加工要求产生最大的产量。因此客户在一开始就必须根据最大产能进行投资,所以初期投资很大。对于这种设备,一旦完成,要增加产量或者调整结构是不可能的,所以必须开发一种新的炉型,以期具有很好的可扩展性能。

在开发阶段,我们仔细考虑了多种思路,最后,一种把多个单室炉连结起来的方案——简称为模块化设计 ModulTherm® 的方案被认为是最理想的解决方案。该方案允许在生产,过程中不停止整体设备的生产,而对某一个单独的模块进行维护。

与旧的带真空通道的炉子相比,模块化炉子 ModulTherm® 的设计理念有巨大的优势。对于旧的带真空通道的炉子,要进行维护,必须把整个系统停下来;要

进行扩展,系统必须停止使用几个星期。

ALD 公司在选择传输工具时非常小心,该传输工具用于把工件从装料室运进渗碳室,以及把工件从渗碳室运进淬火室(见图2)。在市场上我们发现有一种类似于仓储工具的升降铲,其结构设计非常适合于我们需要的传输工具,最后我们就选择了这种结构。考虑到该升降铲需要在高温下搬运工件,并且每次装炉需要有一定的装炉量,于是我们设计了具有 500kg 承载能力的升降铲,同时提供了一个具有 1000kg 承载能力的升降铲供选用。选用这样一个结构带来了一个特殊的优势,即冷却水管线、限位开关和其他驱动机构都不必安装在加热室内,驱动机构和相应的驱动轴安装在加热室外部,只有齿轮/齿条和惰轮安装于加热室内。

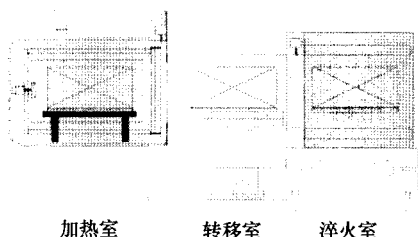


图2 ModulTherm®工作中工件转移示意图

渗碳室的重要部件都设计在易于维护的部位。例如,为了能够在生产过程中对每一个单独的渗碳室进行维护,在渗碳室的后边都安装了一个维护门。渗碳室可以安装对流加热功能,也可以不安装这项功能。本系统对于在同一个室内进行 750℃ 回火也比较合适,这样可以保证灵活机动地进行工具钢退火和型钢退火。

### 三、新一代气淬室

除了在独立的炉室内进行真空渗碳,高压气淬是另一个极其重要的工艺。新的淬火室的开发也是基于在使用连续炉过程中得到的经验。外壳是一个卧式的高压容器。炉门的结构由一个侧向移动的带气动密封圈的门组成。大功率搅拌器把气体加速,通过气流导板得到一个非常均匀的气流流过工件(见图3)。搅拌器设计在炉壳的左边或者右边。

模块化设计的淬火室可以根据用户需要加装一个可逆气流系统。一套内部的阀门系统引导气流从上流到下或者从下流到上,这样在一炉工件中可以使硬度分布带最小化,尤其是对于实心的高合金钢的零件,这样会直接影响到工件的变形行为。

搅拌器电动机适合于真空下启动,即电动机在气流

泻入淬火室内之前即已经加速到最大转速,以确保在淬火开始阶段得到最强的淬火效果,这对于由低合金钢制造的薄壁件尤其重要。

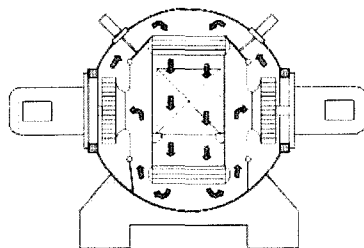


图3 淬火模块,淬火压力可达  $2 \times 10^6 \text{ Pa}$  (20bar)

为了满足现代化生产对于环境的要求,淬火室安装了一套特殊的气体导入系统,该系统可以吸收气体泻入时短暂但很强的噪声。

淬火室既适合于使用固定气体压力和流速的标准淬火工艺,同时也适合于新的淬火工艺,例如,ALD 公司的控温淬火工艺。在该工艺过程中,淬火参数——气体压力和气体流速是可以随着时间或者温度变化的。该工艺是降低淬火变形的最佳工艺,尤其是对于薄壁工件效果最为显著。

转移室上装载着传输机构。淬火室和转移室都安装在一个滑动机架上。包含淬火室、转移室和滑动机架三部分的组合体称之为梭机。在淬火时,梭机的转移室部分会抬起,与某一个合适的加热室对接,随后真空泵把转移室抽到工作真空度。在这段时间内淬火室一直保持在工作真空度状态。这样的设计使得工件可在最短的时间内从加热室转移到淬火室。该过程是一次性完成的,期间无须把工件放下。由于工件的转移过程是在真空下进行的,所以工件只有很小的温度下降。当工件在淬火室内被淬火时,另外一筐料可以被装入某一个空着的加热室进行加工,这样可保证设备很高的使用效率。

### 四、维护方便

在设计模块化真空热处理设备 ModulTherm® 时,我们吸取了步进式设备和市场上其他设备的经验教训,并把它们借鉴到新设备上来(见图4)。与带真空通道的炉子相比,模块化真空热处理设备 ModulTherm® 具有下列优势:

(1) 每个真空室门是真空屏蔽的,因此在加工过程中,各个处理室之间互不影响。

(2) 工艺气体直接从处理室抽出(不经过真空通

道),因此不会在设备的内部零件上产生副产物的积聚。

(3) 没有任何线缆、胶管、电动机或者限位开关处于真空状态下或者工艺气氛下。

(4) 可以容易地在设备运行状态下进行扩展以增加处理室。

(5) 在对某一个模块进行维护保养时无须停止整个系统。

(6) 每个处理室都安装了一个维护门,容易进入。

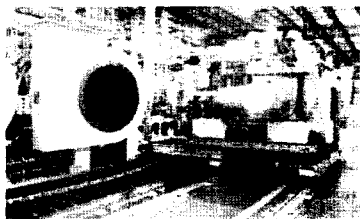


图4 ModulTherm®的基本结构

在第一套模块化真空热处理设备 ModulTherm® 交付使用之后不久,其在维护和保养方面的优势就显现出来,与旧的步进式设备相比,对于渗碳室的维护间隔明显地变长了,从一开始该设备就全天候运行,日常维护保养在整机设备运行过程中有条不紊地进行。

## 五、在新技术领域开发工艺

模块化真空热处理设备 ModulTherm® 的机动性就是开发新工艺机动性的同义词。由于在处理室内的基本气氛一直是真空,可以转换做不同的工艺,所以该设备对于变换工件和工艺进行试验或者生产是最合适的。在许多情况下,我们售出的模块化真空热处理设备 ModulTherm® 主要用于齿轮类零件的连续大批量渗碳淬火处理和柴油喷射系统零件的处理。

模块化真空热处理设备 ModulTherm® 已经用于下列工艺:

- (1) 在高达 1250℃ 的温度范围内进行淬火。
- (2) 退火(炉内带中间冷却的)多级回火。
- (3) 渗碳(不淬火)。
- (3) 渗碳淬火(温度范围为 800~1050℃)。
- (4) 对低合金渗碳钢碳氮共渗。
- (5) 对烧结零件脱油处理。
- (6) 钎焊(工作温度达 1200℃)。

模块化真空热处理设备 ModulTherm® 可以很方便地进行扩展,以增加前清洗机、预氧化炉、单室式回火炉、连续回火炉、深冷处理等功能单元。

外部的转运系统把该设备变成了一个全自动化的热处理系统,用户仅需把料筐放在装料台上,再根据工艺菜单给予该物料一个特定的热处理工艺。该设备通常配置以料架系统,以便在现场无操作人员的情况下,可以对多层工件进行加工。

## 六、设备的控制

整体的模块化真空热处理设备 ModulTherm®, 包括上述的处理室以及所有其他的外围设备,都有一个共同的控制系统。该控制系统保存有单项的工艺以及相应的菜单,这意味着每个单项的热处理加工任务指令从中央控制系统中转送到相关单元的控制系统,然后再进行加工处理。不仅如此,热处理过程的数据,例如工件的相关数据,进行处理的确切时间,都会被记录下来。这些数据可以在处理记录上显示出来,也可以通过网络输送到服务器加以储存。

## 七、结语

模块化真空热处理设备 ModulTherm® (见图 5) 的问世,是 ALD 公司为市场提供的用于现代化热处理加工的工具。该设备具有很高的机动性和很大的生产能力,这些特点满足了批量大生产和商业热处理的需要,

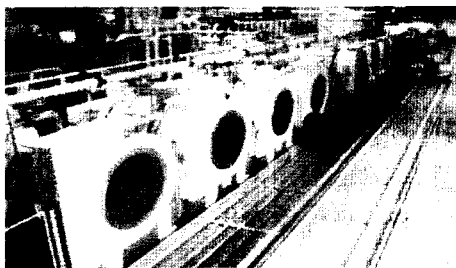


图5 ModulTherm®可以扩展到带有 10 个处理室

工艺过程是洁净和干燥的,因此这种炉子的设计理念使得它可以被整合到机械生产线中。变形小的优势使其可以对产品的所有生产环节进行优化,进而降低成本。GM 通用汽车和 BMW 宝马汽车公司都认识到这种模块化真空热处理设备 ModulTherm® 的优势,并且应用到自己的生产中去。其他一些在齿轮行业著名的公司也在准备着接受这种模块化真空热处理设备 ModulTherm®。我们相信,这种先进的热处理设备推广应用必将在更大的市场范围上获得成功。热

(20070118)