

紧固件热处理 设备选择指南



图一 紧固件生产作业量进入火炉进行表面硬化的典型状况

文/ Daniel H. Herring

紧固件热处理（图一）是在种类繁多的火炉和烤箱中执行。今天，紧固件设计人员需要了解设备的每个差异和它们可有的选择。

热处理设备通常是以两种主要类型之一供应：**批次式**或**连续式**。这两种方式之间的主要差别在于作业量如何放置在设备内，以及它们如何与炉内的大气相互作用，而不是在于火炉的建构材料。热处理设备可进一步分为（大气和真空）炉和烤箱。

炉系统

在炉内加热作业量的主要能源是（天然）气和电力。也可以使用替代能源，如其他碳氢燃料（如丙烷）和石油。炉有多种分类方式，总结如表一。

表一^[1] 炉的分类

标准	区分特色	备注
加热方法	燃烧燃料	燃气（天然、其他碳氢化合物、制造的、槽）或油（焦油）
	电力	电阻（金属、陶瓷、其他）；电弧（熔化）；电感（热处理，熔炼）
载荷处理方法	批次	作业保持静止
	连续	作业在设备内连续移动
	间歇	作业定时移动
内部大气	空气	
	其他	产生的、合成的、元素的、混合的
载荷曝于大气	开放	曝露载荷，单热传递
	关闭	马弗设计（隔离载荷，双重传热）
炉膛类型	静止	板、防滑、轨
	可动	皮带、车、滚筒，旋转台、螺旋、摇床
液浴	盐	
	其他	熔化的铅、流化床

参考文献

- Herring, D. H., Heat Treating Equipment, White Paper, 2003.
- Heat Treater's Guide: Standard Practices and Procedures for Steel, ASM International, 1982.

作者简介

Daniel H. Herring 为 HERRING GROUP, Inc. 公司总经理。

大气炉

批次设备通常用于需长时间处理的庞大紧固件作业量。在一批次设备中，工作载荷通常是静止的，以便与炉内大气变化的相互作用在近平衡状态下执行。

整体式淬火炉(图二)是最常见的用于紧固件热处理的批次炉型。

批次类型的炉包括：

- 钟炉
- 箱炉
- 车底炉
- 升降膛炉
- 流化床炉
- 龙门式炉
- 机械化箱炉(也称为「密封淬火」或「整体淬火」或「入出」炉)
- 坑炉
- 盐锅炉
- 拆分或回绕炉
- 斜上式炉
- 真空炉



图二 批次式整体淬火炉(照片由Ipsen提供)

表二总结了可以在每个设备类型使用的不同制程。

表二 热处理炉的常见应用^[2]

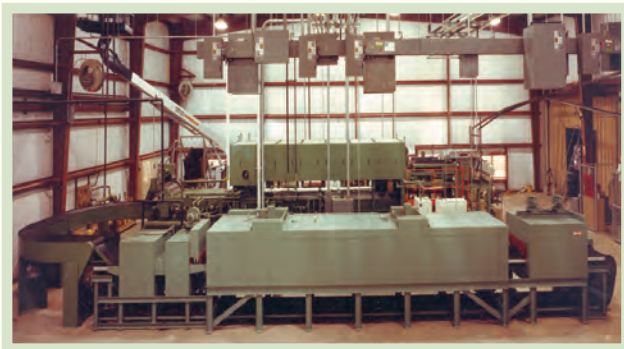
炉类型	应用用途
钟	老化、发蓝、淬火、氮化、固溶处理、消除应力、回火
箱	老化、退火、渗碳、淬火、延展、正火、固溶处理、消除应力、回火
车底	退火、渗碳、淬火、均质、延展、正火、球化、应力消除、回火
三叶式	退火、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、正火、回火
板坯	渗碳、均质、固溶处理
输送机	等温淬火、退火、钎焊、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、均质、球化、回火
电子束	淬火(表面)
升降膛	老化、退火、淬火、延展、固溶处理、消除应力、回火
流化床	碳氮共渗、渗碳、淬火、渗氮、氮碳共渗、蒸汽处理、回火
驼背	退火、钎焊、淬火、应力消除、烧结
感应	淬火、回火
整体淬火	奥氏体化、退火、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、氮碳共渗、正火、消除应力、回火
离子	碳氮共渗、渗碳、渗氮、氮碳共渗
雷射	退火
单轨	退火、淬火、正火、消除应力、回火
坑	退火、发蓝、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、均质、氮碳共渗、氮化、正火、固溶处理、蒸汽处理、消除应力、回火
推	退火、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、延展、镀膜、氮碳共渗、正火、固溶热处理、烧结、球化、应力消除、回火
石英管	淬火、烧结
电阻加热	老化、退火、碳氮共渗、淬火、正火、应力消除
辊底	发蓝、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、延展、正火、固溶处理、球化、应力消除、回火
旋转指针	退火、淬火、正火、消除应力、回火
转底	退火、等温淬火、碳修复、碳氮共渗、渗碳、淬火、回火
盐浴	等温淬火、碳氮共渗、渗碳、淬火、延展、马氏体回火、氮碳共渗、正火、回火
螺旋输送机	退火、淬火、应力消除、回火
振动筛底	退火、碳氮共渗、渗碳、淬火、正火、消除应力、回火
拆分	退火、应力消除
斜上	退火、淬火、延展、正火、球化、应力消除、回火
真空	退火、钎焊、碳沉积、碳氮共渗、渗碳、脱气、淬火、氮碳共渗、正火、固溶处理、烧结、消除应力、回火
步进梁	退火、淬火、正火、烧结、消除应力、回火

连续式炉的特点为作业量是以某种方式运动,并且环绕工作负荷的周边环境是以工作载荷的位置为函数急剧变化。

连续式炉的类型包括:

- 铸造链接带炉
- 驼背炉
- 网带炉
- 单轨炉
- 推钢炉
- 辊底炉
- 旋转鼓(旋转蒸煮)炉
- 转底炉
- 振动筛底炉
- 真空炉
- 步进梁炉

对于大批量的生产要求,网带输送机炉(图三)是紧固件产业最普遍使用的连续炉类型。



图三 硬化和/或表面硬化扣件的网带输送机炉系统
(照片由CI Hayes提供)

对于热处理炉,还有一些特殊用途的炉类型,包括:

- 板坯和方坯加热炉
- 感应加热系统
- 石英管式炉
- 旋转指针炉
- 电子束表面处理设备
- 雷射热处理设备
- 电阻加热系统
- 螺旋输送机炉

真空炉

真空炉可以根据进入水平(图四)和垂直炉的负载模式来分类,并且可以是批次或连续(多腔)式的设计。

真空炉热处理的特点表现在其炉的设计以及在热处理过程中温度和真空度的控制等特殊条件。炉的设计一般取决于负荷的大小,需达到的压力和温度,以及冷却负荷使用的介质(油或天然气)。

真空炉的主要部件包括:

- 容器
- 抽泵系统
- 热区
- 冷却系统

真空炉可分类为**热壁**或**冷壁**类型。

冷壁炉的特点包括:

- 工作温度范围为2,400° F (1,315° C) 至 3,000° C (1,650° C) 或更高
- 低热量的损失和热负荷释放到环境中
- 快速加热和冷却性能
- 严格的(±10° F (5.5° C 或更佳) 温度均匀性控制



图四 真空炉典型的生产
(照片由SECO/WARWICK公司提供)

烤箱系统

烤箱可设计为间歇性负荷,也就是说,一次一个批次(图五),或使用经由装置的输送形式,达成连续的工作流程。烤箱设备的大小相差很大,范围从实验室里小型工作台上的类型,到容量数千立方米(立方英尺)的庞大工业用系统。烤箱以空气大气操作,但也有可能经过特别设计而使用如氮气或氩气的特殊大气,或结合专门的构造,如改装为蒸馏式,以允许在非常专业的应用处理时使用特殊的大气。

热源可能来自燃料燃烧或电能。热量传递到工作件主要是透过自然重力或强制对流,如果温度

够高，则透过辐射来源。烤箱技术利用对流加热，也就是燃烧的产物—空气循环，或以惰性气体为主要方式来加热作业量到特定温度。烤箱的构造和炉的构造也有很大的差异。

选择烤箱类型的时候必会仔细考虑几个变数，包括：要进行处理的材料数量、尺寸的统一性和产品的形状、批次大小、温度公差，以及污水处理（如果有的话）。

批次式系统可分类为：

- 钟式
- 工作台式
- 柜式
- 箱式
- 步进式

连续式系统包括：

- 皮带式
- 拖链氏
- 单轨式
- 推式
- 辊道式
- 滚筒式（或蒸馏）
- 螺旋式
- 步进梁式

烤箱的构造也有一些设计准则，其中包括：工作温度、加热方法、材料的热膨胀、大气类型和气流模式。

烤箱构造的主要决定因素之一是操作温度，通常低於 540°C ($1,000^{\circ}\text{F}$)。不过在今天，温度等级到 760°C ($1,400^{\circ}\text{F}$) 是可能的。通常情况下，所有烤箱都被建构成一双层金属板，板之间有绝缘体和加强梁。绝缘体可能是玻璃纤维、矿棉或轻质纤维材料。取决于温度要求，烤箱板材的金属衬里可能是低碳钢、镀锌钢板、夹锌钢、铝钢或不锈钢。

随著温度的升高，烤箱建构有几个明显的变化发生。在较高温度下，内部的膨胀与隔离高热和大气的密封问题变得更加显著。例如，对于一个操作温度设计在 205°C (400°F) 的烤箱，将有100毫米（4英寸）厚的绝缘矿棉。相对的，对于一个操作温度设计在 370°C (700°F) 的烤箱，将需要有175毫米（7英寸）的绝缘厚度。大型烤箱中热膨胀发生时，应对方式一般为在墙壁、天花板和地板使用伸缩面板接头。门的建构必须纳入类似的伸缩接头。



图五 用于紧固件热处理
的典型连续炉
(照片由威斯康
星炉公司提供)

气流的类型和量是重要的。例如，设计来处理爆炸性挥发物的烤箱，如油漆乾燥或溶剂萃取，必须有特殊考量，包括有大型空气流量以稀释挥发性气体、爆炸减压舱口、清除周期、电动抽油烟机、通风安全开关和清新空气阻尼器。

根据作业量的配置，可以使用几种不同的空气流动模式：

- 水平式
- 垂直式
- 组合式（单流）

烤箱的加热方法往往不仅取决于特定燃料的供应，同时也取决于制程本身。许多制程不能忍受直接燃烧系统的燃烧产物，因此需要考虑间接的（辐射管）燃烧或替代能源。此外，有的传热手段，如微波加热，可处理的产品类型极其有限。烤箱一般是透过燃料（天然气或其他碳氢化合物）、蒸汽或电力加热，也可以使用红外线和微波（射频）加热。

结论

为了确保最高品质的产品，选择适合的尺寸、类型和型号的设备非常重要。很多时候，有多种熔炉类型皆可达到作业要求，这时候经济的考量就成为主要因素。不以全天候模式操作或没有能力在此类工作投入人力的工厂，不妨考虑批次设备或真空处理，或外包给符合条件的商业热处理业者。其他工厂则需要评估哪些是最适合自己产品组合和工作装置的技术。

