

真空炉：模具热处理的知己

□ 上海程运模具科技有限公司



李忠民 高级工程师

用中温、高温盐浴炉加热，用低温碱浴、硝酸盐浴进行分级等温冷却及回火，曾是当年模具热处理的主要手段。

然而，由于加热盐浴炉存在很多缺点：所用氯化钡原料有毒，产生的废气、废渣污染环境，淬火作业以及脱氧捞渣时，员工在炉前承受高温辐射，工作条件艰辛，淬油冷却时，黑烟腾起直冲屋顶，碱浴、硝酸盐浴废渣收集和处置困难重重，这些都是热处理车间脏、乱、差的原因之一。为此，再也不能用牺牲环境和员工健康为代价换取眼前利益，政府相关部门已严令逐步淘汰和禁止新建浴炉装备。

许多企业早已与时俱进，采用真空炉对模具进行真空热处理，图1为宁兴特钢真空高压气淬炉、图2为上海程运模具科技有限公司真空热处理车间。

真空炉无废气、烟尘，无废水、废渣，无环境污染，改善了劳动条件，被称作光亮热处理、清洁热处理和绿色热处理。真空炉加热工件无氧化、无脱碳、无合金元素贫化，脱脂脱气，真空提纯，避免氢脆，能实现分级等温淬火，能控制加热与冷却，为自动化、柔性化生产奠定基础。与盐浴炉加热相比，在快速和局部加热方面，真空炉也有不足，因为在某些特定场合下，这种操

作也是需要的。

GB/T 1299—2000所列出的全部合金工具钢，以及高速工具钢、不锈钢、轴承钢等都适合真空高压气淬和油淬，常用的钢号有Cr12MoV、D2、1.2379、K110、DC11、SLD、QC11、XW42、K340、DC53、4Cr5MoSiV1、H13、1.2344、W302、SKD61、DHA1、DAC、8402、QD61、8407、DH31、DAC55、QDN、W6Mo5Cr4V2Co5、M2、1.3343、SKD51、W6Mo5Cr4V2、



图1 宁兴特钢真空高压气淬炉

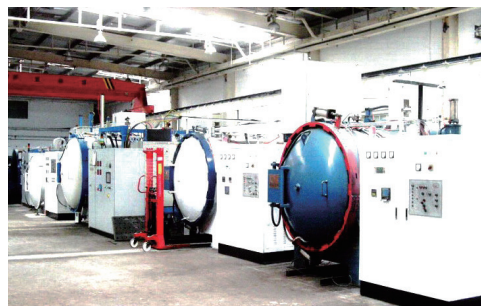


图2 上海程运模具科技有限公司真空热处理车间

Co5、M35、1.3243、MH55、3Cr2NiMo、P20、1.2738、PX5、718、4Cr13、9Cr18、420、440C、17-4PH、17-7HP、GCr15、65Nb、LD、GD、HM1、HM3、Y4、Y10、GR钢等。用这些钢种制造的冲裁、拉深、挤压、弯曲、搓丝、热锻、温锻、压铸及塑料模具零件，经真空热处理获得了刚韧兼备稳定可靠的组织与性能，确保提高模具使用寿命。

卧式双室高压气淬和油淬真空炉，较适合模具淬火，应把体积或壁厚相近的零件同炉加工，以设定恰当统一的保温时间，包括加热温度、加热速度、保温时间、冷却速度等热处理工艺参数，对零件性能影响至关重要。零件表面和心部的温度差，加热与冷却的不均匀是造成淬火变形和开裂的主要原因。淬火加热和随后的保温是为了合金元素充分溶解和奥氏体均匀化。

应根据相关技术资料给出的数据来设定淬火加热温度，要求二次硬化和回火稳定性高的场合取上限，防止变形和开裂的场合取下限，保温时间指全炉最厚零件心部到达淬火温度后的停留时间，其与电炉功率、装炉量、装炉方式和零件大小等因素相关。用 $H=30+\text{厚度}/50 \times 10\text{min}$ 进行估算保温时间 H 是可行的。淬火加热温度超过 1000°C 时，一般要经过两次预热：第一次 580°C ，第二次 850°C 。第一次预热保温时间是淬火保温时间 H 的2倍，第二次预热保温时间约为 $H/3$ 。

加热时，真空度过高会造成材料中合金元素挥发，常

用物理量Pa（帕斯卡）、bar（巴 $1\text{bar}=10^5\text{Pa}$ ）和Torr（托， $1\text{Torr}=133.322\text{Pa}$ ）来标注真空度，三者之间有一定的换算关系。预热阶段采用较低的真空度，加热和保温阶段真空度较高，一般在 10^{-1}bar 、 10^{-2}bar 和 10^{-3}bar 之间选择。高压气淬的冷却速度与热交换器冷却水流量；气体种类、温度和流速；气体压力、气流形式和分布；工件大小和装炉量相关。有研究表明：10bar低温氮气的冷速比6bar提高30%~40%，20bar比6bar提高80%以上。油淬时应选择质量好的真空淬火油，并通过工艺改进防止工件冷

却时增碳。

回火的目的是消除应力和获得要求的组织与性能。模具回火常在预抽真空后再回充氮气保护的井式炉中进行，如图3所示。

目前，互联网、电子邮箱、QQ、智能手机和微信等网络和移动互联技术在热处理生产中得到广泛应用，如下载、储存相关资料，制订储存各种钢号热处理工艺参数，管理人员与现场人员、外协人员及时沟通，与客户广泛联络以及解决处理问题等，参见图4。图5、图6为现场金相和洛氏硬度的检测，图7为现场真空高压气淬工艺参数的讨论。MW

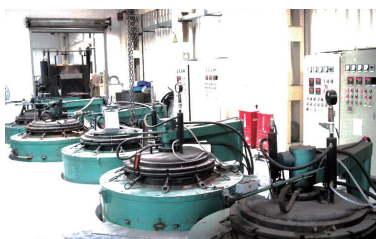


图3 真空回充氮井式回火炉



图4 管理人员与客户等及时沟通



图5 现场金相检测

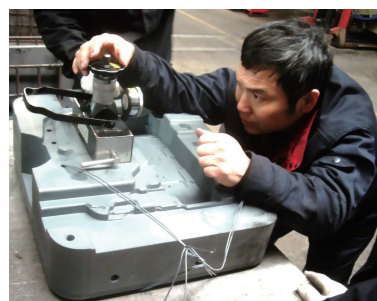


图6 现场洛氏硬度检测

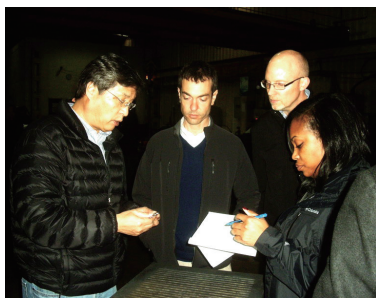


图7 现场讨论真空高压气淬工艺参数

作者简介：李忠民，高级工程师，上海机械工程学会失效分析专业委员会秘书长，就职于上海程运模具科技有限公司，长期专注于模具真空热处理技术。