

浅谈热处理在大型汽车模具上的运用和发展

文 | 袁培 广汽乘用车有限公司

模具素有“工业之母”的称号，在汽车工业中，同样离不开模具的使用，汽车大型覆盖件模具具有板材薄、造型复杂、尺寸大、精度要求高、表面质量要求高等显著特点，具有较大的开发难度，为了质量管控以及成本考虑，汽车外覆盖件成为了主机厂冲压车间主要制造的汽车零件，从而对模具制造和生产有了更高的标准和要求。热处理工艺在模具制造过程中有着大量的应用，在提高模具表面硬度、增强耐磨性、提高模具寿命、保证模具生产稳定性、保证零件表面质量等方面有着举足轻重的作用。常用的淬火类型为火焰淬火、高频淬火、激光淬火，随着相关技术的发展，激光淬火越来越得到较为广泛的运用。

常见的模具热处理方式以及优劣

汽车大型外覆盖件模具上常用的淬火类型大多为乙炔火焰淬火、高频淬火和激光淬火。乙炔火焰淬火是通过乙炔-氧火焰对模具需要淬火部位表面进行快速加热，通过空气冷却使模具表面硬化的一种淬火方法。

具有设备简单、成本低、不受现场环境与工件大小的限制、适用性广、操作简便、淬火深度深等特点；缺点也比较明显，主要有以下几个方面：一是火焰淬火多为人为控制，火焰加热的均匀性难以保证，淬火后表面质量难以保证，模具生产稳定性差，不易稳定地控制质量；二是多为手工操作和凭肉眼观察来掌握加热温度，人员技能要求高，表面容易出现烧化、过热与淬裂，难以达到均匀的淬火层与高的表面



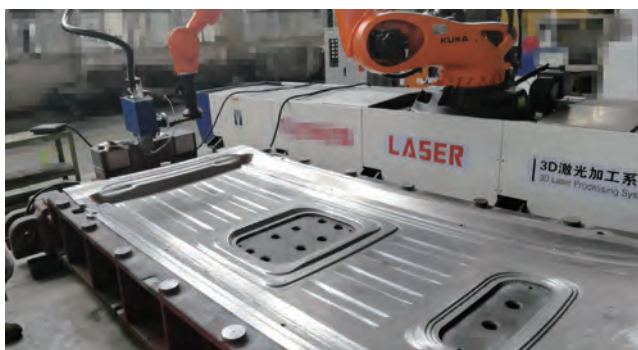


图 3：激光淬火设备作业中

硬度，淬火质量难以保证；三是实现机械化流水生产较为困难；四是火焰淬火工件表面热变形较大；五是汽车模具火焰淬火在精加工前实施，淬火后模具硬度高，对精加工刀具磨损较大，成本增加。随着汽车模具行业快速发展，火焰淬火逐步被感应淬火、激光淬火所取代。

感应淬火是利用电磁感应在工作件内产生涡流而将工件进行加热。对汽车模具而言，感应淬火是利用淬火设备作用于模具表面使之快速加热，使得模具表面金属组织充分奥氏体化，模具快速冷却后，模具加热表面会形成一层均匀的马氏体组织。从而增加模具的硬度和耐磨性。高频淬火工艺主要有以下优点：一是无需再对工件整体进行热处理，产生的热变形小，电效率高功耗低，加热速度快，能有效降低传统表面淬火所造成的脱碳现象对表面质量的影响，可以得到理想细化的淬硬层马氏体组织等；二是淬硬层拥有较高的硬度与强度，淬火后工件淬硬层拥有较大应力，提高了工件抗疲劳能力和抗变形能力；三是相较其他淬火方式，感应淬火加工的工件表面淬火质量易于控制，可以快速实现工件的批量生产；四是感应加热设备体积较小，易于安装到机械臂、机床等设备上实现机械化、自动化生产。

缺点主要有以下几个方面：一是设备较火焰淬火复杂，成本高；二是难以加工形状复杂的型面，针对不同型面的处理需区域，需要更换不同型号的感应头，以便表面热处理更加均匀、充分；三是加工不同材质表面需要不同设备参数匹配，需要一定的实际经验积累。

随着激光技术的迅速发展，激光淬火技术逐渐的取代了传统的火焰淬火技术。激光淬火技术主要的工作原理就是通过使用高能密度的激光束，将其照射在零件表面，并且照射一段时间，在使得照射的部位快速的升温并且伴有晶体组织的转变，形成奥氏体，之后在快速的进行冷却，形成非常细小的马氏体和其他组织的高硬化层。

使用了激光淬火技术之后，会减少模具表面的瑕疵。激光淬火技术在汽车制造行业已经得到了快速的发展。

激光淬火主要有以下优点：一是激光淬火技术在热处理区域具有很快速的加热和冷却的速度，相对于火焰淬火技术，激光淬火技术会缩短模具生产的周期，而且具有很高的工作效率；二是是激光淬火技术可以实现自身的自冷淬火，而且淬火的变形较小，减少淬火后工件处理时间；三是使用激光淬火技术之后的硬度较高，有很好的耐磨性能。

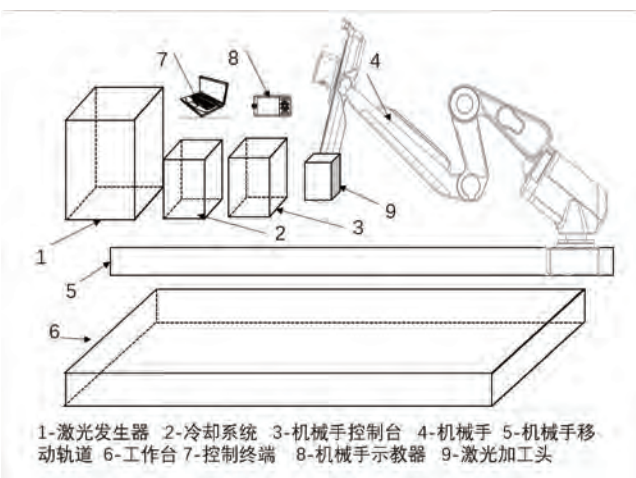


图 4：常用激光淬火设备组成

传统的火焰淬火技术，是对金属的表面进行加热，如果加热的温度以及时间不能很好的控制，很容易使得表层金属在进行淬火的过程中出现氧化、淬火不到位等现象。使得模具表面的耐磨性降低，影响使用的寿命。激光淬火技术可以对温度以及时间进行很好的严密的控制，淬硬层的硬度也会大大提高，同时也会提高耐磨的性能；四是使用激光淬火后的表面质量较高。

在使用激光淬火技术之后，会形成马氏晶体，激光淬火的作用会使得马氏晶体细致均匀，且位错密度相对于火焰淬

表 1 以 7CrSiMnMoV 材料为例不同淬火类型淬火深度试验					
深度 淬火类型	0.1mm	0.5mm	1.0mm	1.5mm	2.0mm
火焰淬火	61 HRC	59 HRC	57 HRC	56 HRC	56 HRC
激光淬火	61 HRC	61 HRC	59 HRC	58 HRC	34 HRC

火技术大。

提高模具表面的硬度，实现高耐磨性的模具表面，综合力学的性能也会提高。使用激光淬火后的模具表面，其粗糙的程度不会有大的变化。激光淬火可在模具精加工工序完成后实施，淬火后无变形，大大的提高了模具热加工的工作效率；五是激光淬火技术较容易实现局部的淬火和特殊部位的淬火。

激光束的面积是比较窄，聚集性非常好，所以在对模具表面进行照射的时候就可以避免影响到其他的部位，不会对邻近的区域产生热效应，并且可以精确的确定照射的部位和淬火的时间；六是具备较好的自动化、机械化生产优势，激光淬火一般与机械手或者五轴机床，加之二次开发，实现自动化激光热处理，大大提高热处理效率和表面热处理质量。

相较于传统火焰淬火和感应淬火，激光淬火有明显的优势，但也有不足：一是设备价格昂贵，使用技术含量高，需要一定的时间进行人员操作学习、培训，设备调试后，才能投入生产；二是激光淬火层较火焰淬火、感应淬火较浅，一般激光淬火硬化深度为 0.3 ~ 1.5mm，模具调试过程中容易将硬化层打磨掉而出现硬度不足的情况，出现拉伤、拉裂等品质不良。而火焰淬火、感应淬火淬火深度可达到 2 ~ 3mm。

汽车外覆盖件模具淬火建议

汽车外覆盖件模具常见淬火部件主要有拉伸模凹凸模成型 R 角、拉伸筋、拉伸槽 R 角，后工序修边、翻边模具凸模、

整形模具凸模、修边镶块、翻边镶块、整形镶块等。

对于汽车覆盖件拉伸模型面，有形状复杂，对板件成型要求高，材料流动磨损较多等特点，建议采用激光淬火，精加工后整体淬火，模具表面变形小，对模具调试周期以及品质有较大的好处。对于有锐棱工艺的模具，建议半精加工后在进行激光淬火，避免棱线在淬火过程中烧融，锐度损失，精加工后仍然可以保证有 0.5 ~ 0.8mm 厚的淬硬层，既能保证模具表面硬度，增强棱线耐磨性，又能保证激光淬火的均匀性以及生产稳定性。

对于后工序修边、翻边整形模具，介于后期模具调试过程中有精度整改、修边线整改等较多修模工作，建议使用感应淬火，既能保证淬火硬度，又能保证后期模具维修整改后仍然有较高的硬度。介于目前模具厂已经大量使用激光淬火，也可在模具出厂时再次检查所有需淬火部位硬度，硬度不足位置及时补充淬火，达到模具出货要求。

结束语

随着模具导入同步工程、工艺方案排布、工艺分析、模面补偿方案、调试技术方案不断积累和成熟，机加工设备加工精度、加工技术也在不断的提升，后期模具调试的工作量会逐步减少，对模具表面的修磨量逐步减少，激光淬火技术也会得到较好的完善，得到越来越多的运用，确保汽车零部件的质量，缩短模具制造、调试周期，提高其利用率。相信激光淬火技术在未来的汽车模具行业中一定会发挥极大的作用。MFC