热处理连续炉工艺特点分析

格特拉克（江西）传动系统有限公司 （南昌 330013） 王陆军

我公司首期规划DCT双离合器变速箱年产量18万～20万套，每套变速箱有8个齿轮、4根轴需要自制，热处理工艺为渗碳淬火+回火。最大齿轮 ϕ230mm×30.3mm，最长轴为 ϕ98mm×380.5mm，材质为20MnCrS5，最重和最轻工件分别为2.77kg、0.296kg，整套自制件齿轮+轴总重量为15.85kg。技术要求齿轮有效硬化层0.7～1.0mm，轴的有效硬化层0.8～1.2mm，表面硬度80.5～83HRA，心部硬度≥300HV10。金相组织要求为碳化物≤4级，马氏体≤5级，残留奥氏体≤5级，铁素体≤5级，非马氏体组织≤0.03mm。

笔者负责DCT双离合器变速箱齿轮、轴热处理渗碳淬火＋回火设备的选型工作，全程参与了从调研、技术交流，到设备选型、预验收、安装调试，以及最后的工艺试验与验证，受益匪浅。下文对热处理连续炉的技术工艺特点作简要介绍。

1. 真空炉、多用炉、连续炉的选择

（1）真空热处理炉 几乎可实现全部热处理工艺，如淬火、退火、回火、渗碳及氮化等。在淬火工艺中可实现气淬、油淬、硝盐淬火及水淬等，还可以进行真空钎焊、烧结、表面处理等。真空热处理炉的优点是可实现无氧化、无脱碳、无渗碳，可去掉工件表面的磷屑，并有脱脂除气等作用，从而达到表面光亮净化的效果。一般来说，被处理的工件在真空炉内加热缓慢，内热温差较小，热应力小，变形小，产品合格率高而备受推崇。但设备比较贵，投资大则制约了真空炉的应用。

（2）可控气氛箱式多用炉（简称多用炉） 与常规的井式炉相比，有很多无法比拟的优点：①在密封条件下淬火，整个处理过程不与空气接触，工件表面质量好。②工件从加热室到淬火槽的整个过程自动进行，热处理过程的一致性好，因此处理的工件质量重复性好。③操作环境好，安全；自动化程度高，甚至可实现无人化操作。

密闭淬火油槽是可控气氛热处理设备的重要部件，在多种炉型（如箱式多用炉、推盘炉等）中广泛使用。其主要用于光亮淬火、渗碳淬火、氮碳共渗后的冷却工艺中，保护工件在出炉后、淬火前不氧化，保证淬火后工件硬度，减少变形，但受装炉量的限制，产能较低。

（3）热处理连续炉生产线 适合大批量连续渗碳淬火，具有产量大、节省能源、质量稳定的特点。生产线由物料传送系统、前清洗机（可选项）、预氧化炉、渗碳加热炉、淬火槽、后清洗机、回火炉、压淬保温室（可选）、传动机构、PC控制系统、温控系统及碳势控制系统等组成。对于连续的热处理流程，需配备合适的连续热处理炉；对于周期工作的热处理工艺，要采用强制循环的控制气氛，并使炉子的操作机械化和自动化。连续式炉比间断式炉的热效率高，因为连续式炉的生产率高，而且是不间断工作，炉子热制度处于稳定状态，没有周期性的炉墙蓄热损失。

热处理连续炉以空间换取时间，把零件加热和渗碳扩散阶段分至加热区、渗碳区、扩散区各个位置进行。加热、渗碳、扩散主炉相通，各区放置料盘的数量决定了各区的时间比例，乘以生产节拍即料盘进入炉内的周期时间就是各区的工艺时间。不属于同一推拉机构的后区工艺时间也可以小于料盘数量乘以生产节拍，这样才能保证料盘不会在某一工位堆积，自动生产线才能顺利地循环进行。

最终我公司选择了爱协林的生产线（见图3）。

图3 爱协林双排推盘式渗碳淬火热处理生产线

3. 连续炉设备整体结构及工艺特点

通常零件在机加工之后进入热处理工序之前，要保证零件表面干净，无毛刺，现在机床设备都自带去毛刺功能，机加工之后只需清理零件表面的油污、杂质，清洗工序安排在不至于产生毛刺和脏污的简易工序之前，或者热处理之前。装载零件和工装的料盘经上料轨道进入前清洗室。

连续炉的预氧化炉早期是为解决零件表面脏污缺陷而导入的，采用燃气或电加热，最高加热温度550℃。零件表面脱脂微氧化后，可缩短零件在渗碳炉内的还原时间，提高渗碳速度，改善渗层的均匀性，并可减轻渗碳加热炉的加热负担，因其效果很好而被广泛采用。

推盘式渗碳炉主体由独立的底装料换气室、加热区、渗碳区、扩散区和降温区组成，各区由双拱墙将气氛隔离，降温扩散区为独立单室，有门隔断。淬火槽多采用密封结构，有冷却加热功能、搅拌机构和可自动补油的副油箱。零件在全密封状态下淬火，表面光亮，金相组织更有保证，也更加安全。如遇停电，零件自动或手工下降沉入油槽底部，安全氮气冲入炉内。

回火炉采用电加热方式，最高使用温度250℃，炉内温度均匀性好。对于轴类在回火前拉至热处理生产线外进行自动校直后（24h）再送到回火炉内回火，以免校直时产生裂纹。

变速箱中齿轮和轴的热处理工艺如附表所示。

齿轮和轴的热处理工艺

程序号	适用零件类型	有效硬化层深/mm	工艺周期/min		生产节拍/min	前清洗						预氧化		渗碳																	
														加热区						强渗区						高温扩散				
			一轨	二轨		碱水浸洗时间/min	碱水喷淋时间/min	碱水溶液浓度（%）	碱水溶液温度/℃	清水喷淋时间/min	清水溶液温度/℃	温度/℃	预热时间/min	加热1区温度/℃	加热2区温度/℃	时间/min	甲醇流量/L·h⁻¹	氮气流量/m³·h⁻¹	丙酮流量/L·h⁻¹	温度/℃	碳势（%）	时间/min	甲醇流量/L·h⁻¹	氮气流量/m³·h⁻¹	丙酮流量/L·h⁻¹	温度/℃	碳势（%）	时间/min	甲醇流量/L·h⁻¹
1	齿轮	0.6～1.0	25	25	12.5	5	4	2～5	80	4	67.5	480	70	890	910	137.5	3.0	3.3	–	920	1.10	125	3.0	3.3	0～1.5	910	0.95	87.5	3.0
2	轴	0.8～1.2	35	35	17.5	5	4	2～5	80	4	67.5	480	70	890	910	192.5	3.0	3.3	–	920	1.10	175	3.0	3.3	0～1.5	910	0.95	122.5	3.0

程序号	适用零件类型	渗碳								淬火				后清洗							自动校直	回火			
		高温扩散		低温扩散																					
		氮气流量/m³·h⁻¹	丙酮流量/L·h⁻¹	温度/℃	碳势（%）	时间/min	甲醇流量/L·h⁻¹	氮气流量/m³·h⁻¹	丙酮流量/L·h⁻¹	淬火油温度/℃	快搅时间/min	快搅速度/r·min⁻¹	沥油时间/min	碱水浸洗时间/min	碱水喷淋时间/min	碱水溶液浓度（%）	碱水溶液温度/℃	清水喷淋时间/min	清水温度/℃	烘干时间/min	MAE自动校直机	一区温度/℃	二区温度/℃	三区温度/℃	时间/min
1	齿轮	3.3	0～1.5	830	0.88	87.5	3.0	3.3	0～1.5	130	8	1000	1.5	3	2	2～5	80	3	70	4	NO	170	170	170	180
2	轴	3.3	0～1.5	830	0.88	122.5	3.0	3.3	0～1.5	130	8	1000	1.5	3	2	2～5	80	3	70	4	自动校直	170	170	170	200

注：炉温均匀性为±5℃，碳势控制在±0.05%，甲醇流量控制精度0.1L/h，丙酮控制精度流量0.1m³/h。

经检测，热处理后齿轮有效硬化层深0.82mm，轴类有效硬化层深0.95mm，表面硬度81～83HRA，心部硬度305～410HV10，金相组织碳化物1级，马氏体3级，残留奥氏体3级，铁素体1级。

4. 连续炉辅助设施

从以上工艺可以看出，要保证热处理连续炉正常工作，必须提供工艺气体（甲醇、丙酮或甲醇、丙烷气氛）作为渗碳剂及工艺介质。

同时要把工艺用气安全输送至炉内，必须用工艺氮气（惰性气体）。另外，在发生停电故障时必须一次性提供大量的安全氮气充入炉内以保安全。

炉内废气、尾气经燃烧口用液化气燃烧处理，使少量的CO完全转化为CO_2，达到排放标准后通过废气排放系统由电动机抽吸排放室外（不符合排放标准时需加装废气、尾气净化装置）。

淬火油是整个淬火阶段的重要冷却介质，淬火油在不同温度区间的冷却速度、冷却曲线是淬火油的关键指标。

因此，需要有制氮机或液氮瓶提供氮气，需要专用的危险品仓库储存罐用于储存上述化学危险品。另外，热处理零件进炉还需要专用工装。

5. 连续炉生产过程控制

热处理连续炉控制系统全自动化，现场操作台可以查询及操作整个生产线的各种工艺参数，PC机可操作及总览全部设备的运行状态，料盘跟踪系统可在线跟踪每一个料盘的实时状态及历史记录，炉内各区的温度、碳势可实现实时监测与记录，通过PC机的扩展功能，还可实现远程监控甚至远程操作（考虑到安全性，不建议使用远程操作）。

6. 连续炉的维护保养

热处理连续炉内温度高，可达950℃。易损件主要是炉内高温区的加热元件辐射管，要及时检查和校验温度测量仪、热电偶、碳势测量装置氧探头（或红外线、露点仪）。碳势监测采用定碳片，每天检测以校对炉内碳势。

7. 连续炉生产管理

热处理连续炉每天24h连续运转，多采用4班3倒，8h/班，一条生产线每班配3～4人。

齿轮和轴的有效硬化层深度不同，考虑到生产切换的频繁性，为方便操作及管理，通过不同的生产节拍和工艺时间来实现，而不是通过提高温度及增加碳势的方式来调整。加热区、渗碳区、扩散区和降温区温度设定相同，碳势相同，这样就使得每天生产切换不同工艺时无需走空料盘来稳定新的温度及碳势，也可以将齿轮和轴类零件分别走不同的轨道同时生产。实际生产中，可根据生产任务的紧急程度进行灵活调整。**MW**　　（20120811）

先进感应热处理技术及应用推介会
邀请函

为了推进感应热处理新技术、新产品的应用，迎贺“第20届国际热处理及表面工程大会”于2012年10月23～25日在北京召开，德国EMA公司北京分公司将于10月22日在北京举办“先进感应热处理技术及应用推介会”，届时将邀请国内外知名感应热处理专家做报告，并在EMA北京公司进行现场展示，现诚邀感兴趣的新老用户参加。

推介会主要内容：

- 带矫正的模压感应淬火技术
- 感应淬火在风电产品上的应用
- 保护气氛感应热处理技术
- 感应淬火在汽车零部件上的应用
- 数字化IGBT逆变电源
- 现场参观及设备演示

会议地点：北京昌平回龙观镇碧水庄园

报到地点：10月21日提前报到者，昆泰大酒店(乘地铁13号线至龙泽站下，往北步行600m到昆泰大酒店)

10月22日现场报到者，碧水庄园会议现场

会议时间：

2012年10月22日上午9点到下午4点

联系人：

王正　010-60701330-830，18910282965，
wang_zheng@ema-indutec.com.cn

付恒　010-60701330-829，13331191029，
fuheng@ema-indutec.com.cn