



双工位立式数控感应淬火机床投资注意事项

■ 杨锴

摘要：因扩大产能需求投资双工位立式数控感应淬火机床，介绍了新感应热处理设备投资过程中的产能特点、投资前后需要注意的各个方面事项、设备运转批量应用时防止出现质量问题时需要提前考虑的应急工艺措施，以及一线企业对于新设备投资规则的诉求。

关键词：双工位；感应淬火机床；投资；质量问题；投资规则；数控机床

感应热处理是生产率高，不污染环境，易于自动化和节省能源的一种先进热处理技术。汽车零部件领域之所以成为该技术的最大用户，是由于该技术具有优质、高效、节能、环保、低成本等诸多优点，可有效提升零件的力学性能，延长零件的使用寿命，实现表面、局部硬化，减少零件的热处理变形，实现零件的精密淬火，因此得到了越来越广泛的应用。符合现代汽车生产的高效率、大规模流水线生产的需要，技术水平正在迅速提升。我厂作为一家汽车零部件供应商，主打产品除了发动机齿轮、变速器齿轮及越野车总成产品外，还涉及到大功率轮毂、行星架、行星轮轴、轮毂轴、联轴器和惰轮轴等多种中频感应淬火工艺产品。2017年度适逢商用车市场火爆的大好时机，我厂的中频感应淬火工艺产品出现了井喷式需求，导致设备产能与市场需求出现冲突，为适应用户对产品质量不断提高的需求，感应热处理设

备的投资需求凸显。

一、现状分析

(1) 我厂现有两台感应淬火机床设备，一台晶闸管卧式中频淬火设备为旧设备改造而来，主要用于轮边减速器上轮毂轴的感应热处理（见图1）；另一台TSVP型立式中频淬火设备（见图1），承担其余所有感应热处理产品（包含两种系列大功率轮

毂及所有新品的调试和生产）。

(2) 我厂需感应热处理的产品种类较多，一些技术要求较高但又受到设备本身局限性约束的产品，其感应热处理在现有的设备上难以实现产品质量的稳定性保障。

(3) 两种系列的大功率发动机轮毂近两年需求出现井喷，每种达到1.8万套（每套4件），共14.4万件。



图 1

二、问题提出

1. 背景分析

(1) 晶闸管卧式中频淬火设备只能用于轮毂轴感应热处理生产。

(2) TSVP型立式数控淬火设备主要应用于两种系列大功率轮毂的批量生产，2016年度高峰时期已经达到平均每月生产将近6000件。

(3) TSVP型立式数控淬火设备还要承担所有感应淬火新品的调试和批量生产，由于目前涉及到的新品已经达到6~7种，涉及范围已经涵盖到了轮边减速器、分动箱、联轴器等项目。由于多种产品的感应器需要来回频繁切换，又涉及到相应工装的切换，匹配参数的配置，以及程序的反复调整，因此加大了对于某些工件造成不可修复的损坏风险，机床的负载部分时常出现故障。由于目前TSVP型立式数控淬火设备已经出现老化，频繁处于维修保养状态，对于满负荷生产状态已经是不堪重负。

2. 产品质量方面

由于轮边减速器轮毂轴的热处理技术要求的变更，我公司技术中心要求对其实行整体感应淬火。而目前我厂的卧式和立式感应淬火机床都只能实现轮毂轴的局部感应淬火，变更为整体感应淬火后，电源功率和水冷却循环系统都无法满足感应热处理要求。目前迫于交付节点压力，变更技术要求之后的轮毂轴已经开始由外委厂家试制交付整体感应淬火样件。轮边减速器轮毂轴的

批量生产应用受到了外委厂家的牵制，其交付保障性方面也成为瓶颈。

我厂现有的中频淬火设备涵盖的频率范围为中频/超音频（6~30kHz），未涵盖高频范围（50kHz及以上），而年需求批量最大的产品轮毂的热处理，需要在高频率的工艺参数下调试及生产，才能保证质量的稳定性，设备无法满足工艺要求，产品开始处于外委状态。目前外委厂家报出的发动机轮毂外委含税价格偏高，超出我厂预期目标核算价格。如果全部外委加工，则外委制造成本居高不下。

3. 产能计算分析

考虑到现有设备的特点和不利因素，各类型产品核算单件工时时有100%考虑线切割时间和金相检验时间，以备在出现设备问题时留出充足的时间采取应急措施，来防止供货能力不足造成主机厂停产。现有立式数控淬火机床，按年生产时间303天、班次两班制、设备开动率80%计算，设备满负荷生产能力为： $303 \times 2 \times 7.5 \times 0.8 = 3636\text{h/年}$ 。

目前节拍下所有产品平均工时统计见表1。

由表1可知，全年所有产品总消耗时间约3976.7h，大于现有设备能力的3636h。由此看出一方面我厂现有的两台设备产能并没有达到饱和，另一方面两台设备由于不适应大批量感应热处理需要导致产品外委，引发大额外委处理费用，控制好生产成本成为难题。因此设备投资需求最终提上日程。

4. 设备方面

TSVP型立式数控淬火机床涉及到的新品及产品种类有A型大功率轮毂、B型大功率轮毂、A型行星架、B型行星架、轮毂轴、行星轮轴、联轴器及惰轮轴等，多种产品的感应器需要来回频繁切换、安装、调整，造成对设备的损伤较大，机床的负载部分时常出现故障，有时处于“带病工作”状态，维修次数很频繁。

综合以上4个方面因素，一台双工位感应淬火机床（涵盖中频、超音频/高频）的投资需求被提出。

表1 所有产品平均工时统计

产品型号	设备调整时间/s	线切割时间/s	金相检验时间/s	热处理时间/s	装卸工件辅助时间/s	单件工时/s	年产量/件	年总消耗时间/s
A型行星架	72	54	54	20	20	220	2400	528000
B型行星架	72	54	54	20	20	220	2400	528000
行星轮轴	160	120	120	60	60	520	800	416000
惰轮轴	29	22	22	15	15	103	10000	1030000
联轴器	29	22	22	15	15	103	10000	1030000
轮毂轴	160	120	120	60	60	520	800	416000
轮毂A (外委需求)	15	11	11	20	15	72	72000	5184000
轮毂B (外委需求)	15	11	11	20	15	72	72000	5184000

三、项目实施方案

1. 平面布置

根据感应处理产品的前道工序和后道工序的前后关系,确定新投资设备的定位位置,并考虑物流路线是否经济通畅,设备管理及动力支持部门提前介入,对晶闸管卧式中频淬火设备、TSVP型立式数控淬火设备、预投资的双工位立式数控感应淬火机床进行统筹规划管理,并对三台设备与中频淬火循环水池之间的散热管道作相应处置。新投资设备所在全车间平面布置应包含有前序和后序机加工设备安置,图2为车间感应淬火区域布置。

2. 设备效果图及占地

考虑到车间内为即将新投资设备预留的占地面积 $27\sim 28\text{m}^2$,技术方面在分别与各潜在设备厂家充分交流后,完成了初步平面布置规划。图3a为立体效果,图3b是长 $5500\text{mm}\times$ 宽 5000mm 区域内的俯视效果。

3. 设备选型原则

(1) 技术水平方面 国内的常规感应热处理技术已经比较先进和成熟,其中中小功率、中高频感应淬火热处理的设备厂家,湖北十堰地区作为东风公司老基地,感应热处理设备厂家云集且处于领先水平,规模也较大,可优先考虑。

(2) 价格方面 在满足产品热处理技术要求,同等档次和设备配置的前提下,国外进口设备昂贵,受本厂产品品种多,单品种批量又不多的生产现状制约

导致性价比不高。

(3) 维修及售后服务方面 ①设备维修维护方便。②感应器定制、维修及技术服务快捷方便。

四、感应器的使用寿命

批量连续感应热处理时,为确保质量稳定性,必须有效降低感应器的烧损次数。

(1) 连接感应器的定位系统需要保持良好的定位稳定性,批量连续感应生产中不会产生接触摩擦而致烧损。

(2) 有增加限位装置的应用考虑来有效阻止机床定位系统微小偏移的发生,不致感应器发生偏移。

(3) 工装夹具设计得当、适用。

(4) 冷却循环水池水温不会受到季节的影响而导致冷却能力变低。考虑安装有一定扬程的增压泵,用以适度增加感应器冷却水压,满足使用要求,理想状态下可以确保单位时间内通过感应器的水流量,来保障感应器散发出热量的交换能力充足,不致感应器在长时间的批量感应生产中温度持续升高。

(5) 对不同型号的产品量体裁衣,调试出合理的工艺参数,不致因工艺过程造成质量风险。

五、设备比较

(1) 基本参数及初步价格

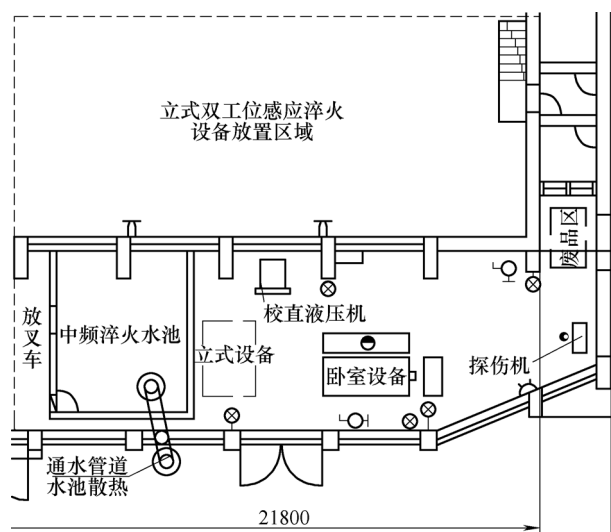


图2 感应淬火区域

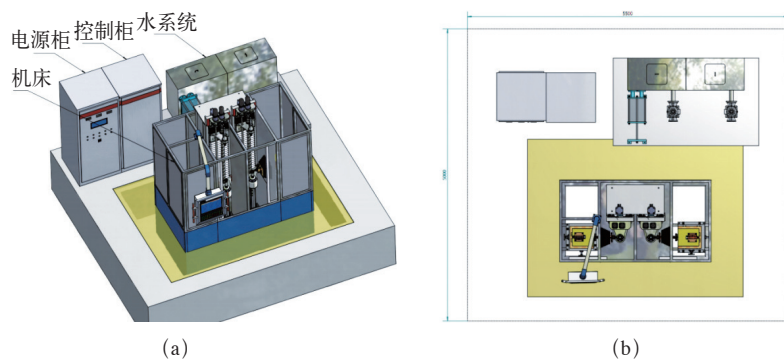


图 3

比较见表2。

(2) 根据我公司财务部门给出的模版, 参照与各家设备商沟通情况进行双工位感应淬火设备投资多方案产品工序成本测算比较 (见表3、表4), 无论将来哪家设备商中标, 都可做到产品成本心中有数。

表中各项计算公式如下:

$$q=ce(f/60)/a$$

$$r=(g/b1/303/7/60/d) \times c/a/L$$

$$s=[hmp(v+i)(n+j)(o+k)]/60c$$

$$u=(w/303/8/60/d) \times c/a/L$$

$$t=q+r+s+w+u$$

$$y=tx$$

$$z=q+r+s+w+u+y$$

六、其他建议

1. 设备投资后评估

(1) 批量最大的井喷式产品轮毂可以立足本厂生产, 保证交货期, 质量达到要求。

(2) 新投资设备可兼顾实现轮毂轴等单件工时最大产品的整体感应淬火及量产。

(3) 外委加工转为自制生产后, 可降低加工成本。

2. 紧跟发展动向

(1) 目前感应热处理设备正在向自动化方向发展, 以减轻劳动强度, 提高生产效率。应注意批量最大产品轮毂采用的是手动装夹方式, 是否具备改进为自动上下料、自动进行感应淬火处理的可能性, 出现异常时可实现设备的自动报警, 从源头上排除

依靠劳动者进行烦琐的重复劳动的弊端, 来确保产品的质量稳定和生产效率的明显提高。

(2) 设备是否具有智能化特点, 可以进行预防控制, 实现报警, 高低温产品的自动分离等功能: 即按照工艺要求编制输入程序后采用计算机自动控制, 各种动作指令通过触摸屏即可完成, 工作人员只作巡视, 减少人、机、料、法、环、测六大因素中人为因素的影响, 来确保产品质量的稳定与一致性; 设备可以实现对于电源的运行状态比如

表2 设备基本参数及初步价格

设备制造厂家	A	B	C
设备型号	YAVC-250/2	NGVP-250/2	RUTP250KW
工艺方案	超音频+高频淬火、自回火		
自动化程度	手动装夹+程序控制自动淬火		
参数	250kW 10~30kHz/50~80kHz	250kW 10~30kHz/50~80kHz	250kW 10~30kHz/50~100kHz
设备台数需求	一台 (成套)		
初步报价/万元	75	85	87

表 3

工序名称	加工工序			精度保持 /年	时间		直接人工		设备						
	工序名称	单次加工件数	设备厂家		工时	每日生产班次	人数	工资	设备原值	功率	功效系数	压缩气	耗水	耗油	设备开动率
	按照生产产品的实际工序填写	a	b		/min	/班	/人	/(元/h)	/元	/kW		/(m³/h)	/(t/h)	/(L/h)	(%)
感应热处理	淬火	2	A	10	1.2	2	2	28	750000	250	0.28	0.65	0.005	0	88.2
	淬火	2	B	10	1.22	2	2	28	850000	250	0.3	0.6	0.005	0	88.6
	淬火	2	C	10	1.2	2	2	28	870000	250	0.34	0.65	0.005	0	88.3

表 4

设备厂家	动能单价				设备年维护费 /元	废品率 (%)	直接人工成本 /(元/件)	设备摊销 /(元/件)	动能 /(元/件)	感应器 辅料消耗 /(元/件)	维修 /(元/件)	小计 /(元/件)	废品额 /(元/件)	合计 /(元/件)
	电	压缩气	水	油										
	/(元/kW·h)	/(元/m³)	/(元/t)	/(元/L)										
	m	n	o	p										
A	0.77	0.01	1.22	24.5	14000	0.5	0.56	0.201	1.078	0.46	0.033	2.332	0.012	2.344
B	0.77	0.01	1.22	24.5	16000	0.5	0.569	0.23	1.174	0.46	0.038	2.471	0.012	2.483
C	0.77	0.01	1.22	24.5	16400	0.5	0.56	0.232	1.155	0.46	0.039	2.446	0.012	2.458

内燃机气门锥面淬火开裂的分析

■ 王忠诚, 肖学林

摘要: 某带底窝的马氏体耐热钢气门, 进行锥面淬火后出现批量锥面开裂, 进行淬硬层深度检查时, 发现其深度与正常的相比深2~3mm, 而裂纹均在气门盘部的底窝内与圆弧交界位置, 此处为厚薄截面结合部位, 该位置因淬火应力集中而开裂。经过排查找到产生的原因, 并采取措施根除了该类质量问题的发生。

关键词: 锥面淬火; 锥面开裂; 缺陷; 冷却介质

内燃机气门进行锥面淬火的目的是满足其耐磨性, 通常规定其锥面硬度在48HRC以上^[1-3], 某型号的内燃机气门材质为整体马氏体耐热钢(X45Cr9Si3), 采用六工位高频感应淬火机床进行气门的锥面淬火, 该产品的技术要求为: 锥面硬度550~700HV30, 硬化层深度 $\geq 2.8\text{mm}$, 晶粒度细于8级, 淬火实景如图1所示。在某天操作者发现有300余支气门锥面淬火后开裂, 具体形状如图2、图3所示, 可以看出该裂纹在气门的底

窝与圆弧长度均较长。采用浓度为10%~15%的KR6480水溶性淬火冷却介质进行桶内喷射冷却, 淬火冷却介质温度为26℃, 检查高频感应淬火工艺参数正常。

1. 原因分析

气门锥面淬火后产生淬火裂纹, 该类缺陷是致命的也是绝不允许存在的, 一旦出现将造成十分严重的后果, 即造成发动机的早期失效, 甚至会发生重大人身伤亡事故, 故气门制造商在DFMEA与PFMEA设计中均要重

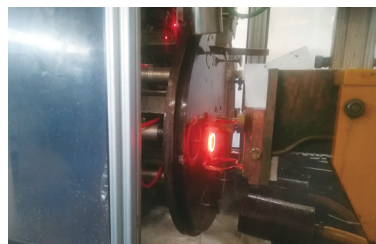


图1 六工位淬火实景



图2 气门底窝裂纹

电压、电流、功率、频率及温度等感应参数的实时监控, 实现在线监控。

3. 其他注意事项

以“新材料、新工艺、新技术、新装备”为主旨的四新理念正在一线生产企业全面推进, 而市场大环境的利好趋势又进一步凸显出工厂对于新装备的投资渴

求。新装备的投资又是一个系统工程, 方方面面都应当考虑到。但是作为一线生产企业, 与其他同行企业一样, 也为目前的一些招、投、竞、中标规则的影响, 在新设备投资的过程中受到一些困扰。由于常要受到低价中标游戏规则的影响, 往往陷入到“找高端设备压价格, 向低端设备要

质量”的怪圈里。我们一线生产企业期望更加合理的招、投、竞、中标规则早日颁布实施, 在生产形势利好的需求下来助力企业顺利投资购买到理想的感应热处理新装备。

作者简介: 杨镔, 高级工程师, 东风汽车有限公司刃量具厂技术开发部。

MW 20170928