

优化工艺，精益生产，保质促产，节能降耗

格特拉克（江西）传动系统有限公司（南昌 330013）王陆军 马楠

热处理作为材料改性与材料控性技术，通过加热、保温、冷却进行组织转变来实现材料性能的改变达到所需要的材料性能。其中，加热需要消耗吸收很大的能量， $\Delta Q = cm \Delta T$ ，其中 ΔQ 是吸收的热量， c 是比热， m 是质量， ΔT 是温度上升改变值。冷却时需要放热，释放的热量如何得到合理利用是一个大课题，热处理的消耗大体在以下几个方面：

(1) 水的消耗 主要是冷却用水和清洁用水。冷却用水可通过风冷方式节省水资源，而且风冷避免了油水混杂的风险，清洗零件用水采用过滤后循环利用。

(2) 电的消耗 主要表现在机械动作和零件需要加热两个方面，其中加热的消耗是大头。热处理炉体密封、隔热既是节省措施，也是质量和安全要求。

(3) 气的消耗 主要体现在压缩空气（非必要）、安全气体（氮气）、辅助气体（甲醇、丙酮、氨气等渗碳工艺时）。液化气燃烧废气，安全且环保。安全用气事关安全大事，绝对不可节省。辅助气体用量通过自动监测炉内气氛达到工艺要求用量时，电磁阀的及时自动关闭可以达到减少不必要的浪费。

(4) 油的消耗 淬火冷却介质通过密室淬火，既减少燃烧的浪费，又更为安全。

(5) 其他 热处理车间还有抛丸辅料钢丸、检测、测试用具等。

(6) 劳保用品 安全鞋帽、防护眼罩、耳塞、防尘口罩等。

如何合理减少以上几个方面的消耗也就成为热

处理工作者要考虑的重点。下面从设计、工艺、设备、质量、现场管理、加工制造工序前后协调等几个方面讨论热处理的节能降耗问题。

一、产品设计

热处理技术新材料的开发、新工艺的应用、新产品的研发在我国几乎与产品设计开发脱节，国内“重冷轻热”现象相当普遍而且严重。一张产品图样几何尺寸、精度都有标注，热处理技术要求以文字或表格方式来描述。机械设计按力学计算相应服役条件下零件需要的强度，且目前3D软件可以模拟机构运动与应力分布，如何转化为工业生产中可以测量的热处理技术指标，提出科学合理的热处理要求，机加工人员也是一知半解，凭个人经验或相互讨论或请示有经验的权威专家。材料的选用按传统习惯或参照有关材料手册的资料与数据，热处理工艺的制订单独依赖热处理工作者进行，相当多的工厂还没有专职热处理工程师，由工人师傅或机加工人员代行制订，甚至有些工厂受机加工人员交钥匙工程思想的影响，把热处理工艺制订交由设备供应商来进行，设备供应商为了拿到订单，只能承诺负责设备和工艺，显然很不专业。材料选择，产品设计零件结构的热处理工艺性通过冷热加工技术人员的交流近年得到了很大的进步，合理选材，厚薄不均过渡，凸凹台阶，转角倒圆，结构上减少产生应力集中，不对称结构采用热处理辅助工装加以修正。通用的规则大家基本了解和掌握，新材料要求与非对称结构、形状特殊的零件热处理工艺性还需要人们在实践中去摸索与总结。

二、热处理工艺

热处理工艺对于热处理节能降耗意义重大，作用明显，我们可从以下几个方面来采取措施：

(1) 时间 传统工艺计算时间 $t=kad$ ，式中的 t 为加热时间， k 为装炉系数， a 为加热系数， d 为工件有效厚度。其实我们在实际生产中，一般是根据以往工作经验和工件有效厚度来计算保温时间。

(2) 温度 对一定重量的零件加热及渗碳来说，温度高，奥氏体均匀化快，渗碳扩散快，时间短；温度低，奥氏体均匀化慢，渗碳扩散慢，时间长，在保证质量的前提下尽量采用高温短时工艺。

(3) 装炉量 装炉量的减少可以降低加热零件时的消耗，然而其他基础消耗几乎没有什么减少，分摊到每个零件或每千克零件上的公共消耗也就相对地增加了，热处理炉有一个最大承载量保证设备使用寿命，通常以最大承载量的80%左右或最大承载量减少20kg为安全装炉量。

(4) 工装轻量化及工装材料优化 工装加热也消耗能量，减轻工装重量就可以多装零件，从而实现节能。目前，国外新技术采用低能耗的碳纤维材料代替耐热钢制作热处理工装。

(5) 成组技术 工艺的适用性（专用性与通用性）是指任何一种零件由于材料、结构的差异都有最适合的专用热处理工艺，即采用该工艺进行热处理加工出来的零件，产品性能最优。由于实际工业生产中，单个零件的生产量可能非常少，有必要利用成组技术整合相同或相似工艺成通用工艺，从而实现生产质量、成本、技术组合的最优化。

(6) 精益生产 生产安排实行精益生产、均衡生产、清洁生产。通过合理安排生产，减少不必要的空炉加热、空炉保温、空炉降温，把能源浪费降至最低。

(7) 工艺技术革新 双排连续炉生产不同工艺的零件生产切换时，为了保证质量，切换时需要放入空盘置换，浪费很大。我们进行了工艺技术革新，热处理双排连续炉生产不同有效硬化层要求的零件时，通过不同生产节拍的零件同时进行生产，免除生产切换时间，直接节省金额每年可达20万元。

下表显示连续炉每年为公司节省金额财务核算

成果，全年如能满负荷生产，每年可以节省上百万元。连续炉年产能20万套，本年度实际产能3.6万套。

实际产能核算节省金额统计				
名称	每天消耗 /kg	单价 /（元/kg）	每天消耗小计 /元	节省金额 /（元/天）
甲醇	320	3.59	1,148.80	279.06
丙酮	53.33	9.57	510.40	123.98
液化气	16.67	7.4	123.33	29.96
电费	(1200×24×30×0.2×0.69/1.17×0.25)/30		849.23	206.29
节约 金额	每年以300个工作日计算 （元/年）		191 789.81	

以上计算仅指免除生产切换时间直接节省金额，不包括免除生产切换时间提高生产效率产生的经济效益。

三、热处理设备

热处理设备的功率很多都在几百甚至上千千瓦，可想而知能源消耗巨大。搞好热处理设备维护、维修、校验对于节能的重要也就显而易见。热处理设备的设计、制造、维护也可从以下几方面考虑节能。

- (1) 采用变频控制是节省电能的新技术。
- (2) 智能化自动化控制，工艺用气量达到要求时电磁阀自动关闭。
- (3) 淬火油风冷代替水冷，节约水资源，也避免油水混杂，更为安全。
- (4) 循环风轴泵冷却采用油自冷方式（专利技术），不需要任何能源，节能安全。
- (5) 炉体炉墙结构及绝热材料的设计，保证保温性能及炉温均匀性，体现节约能源的思想。
- (6) 底装料进炉方式，能够减少炉气损失。
- (7) 出料口采用油密封方式，能够减少油品的损失，也更加安全。
- (8) 倒油装置，零件淬火出油槽后，经过淋油、倒油，把留在零件上的油通过集油盘收集过滤后回用。
- 热处理设备在生产中要定期维修，检查炉膛、炉门的密封性。配电箱相关仪器仪表、热电偶、氧探头、温控仪、碳控仪等要定期校准与维护，减少因电器故障造成停炉而产生的损失。各相关的操作

设备如台车、行车的维护，应保证其处于良好的状态，减少进出炉不便而造成的损耗。

热处理产品质量在设备自动化、智能化的今天，在很大程度上已从传统的依赖于操作工的技术水平转变为依赖于热处理设备与工艺，因此热处理设备的重要性更加突显。

四、热处理产品质量

提高热处理产品质量就是节能，一方面可以减少钢材消耗，也可以减少返工造成的损失。热处理内在质量的提高无形中潜在地提高了零件使用寿命，延长零件使用时间，间接地节约了人类资源。一个工件若没有经过有效合理的热处理，那该零件使用时限也就不会很长，部件早期失效务必要制造新的部件去更换，这样又必须消耗原材料及机械加工工时和其他相关费用。有效合理的热处理可使工件的使用寿命成倍增加。热处理质量优良可避免工件早期失效和工件热处理返修等一系列程序。所以，我们国家20世纪70年代有一个口号：“搞好热处理，零件一顶几”。质量第一，不能为了节能而影响产品质量，也不能追求过剩品质造成能源浪费。

热处理产品质量包括产品外观、零件表面硬度、心部硬度、有效硬化层深度、金相组织等，这些热处理内在技术指标综合反映了零件的力学性能，有条件的企业还可以采用材料性能及直接检测服役条件下的力学性能如强度、拉伸、耐磨性等。工业生产中应用无损检测方法通常检验零件非工作面表面硬度，金相组织以试块试样的检验结果作为判断依据。

五、热处理制造前后工序

热处理质量对于节能的意义如此重要，而热处理质量不仅要考虑前面加工工序的影响，例如机加工进给量大产生加工应力，进而影响零件热处理变形的分散度，重要零件需要在热处理前进行去应力处理。也要考虑后面加工工序的相互影响及对零件最终性能的影响，零件表面状态不良，如表面缺陷导致零件在交变应力下形成疲劳裂纹。预备热处理既是对后面机加工准备外部加工硬度条件，也为最终热处理作好内部组织准备。钢材冶炼，毛坯锻

造，零件加工，零件的“今世”与零件的“前生”有因果关系，零件的每一次加工都会对内部组织留下痕迹与影响。所以，热处理是一个系统工程，延伸至从材料的冶炼到零件设计、加工制造直至最终加工的全过程。

六、热处理现场管理

热处理现场管理包括工艺、设备、人员、物料、质量、安全及环境等管理。热处理节能很多时候是与工艺管理有关，因此应严格制订热处理工艺守则及设备操作规程和相关技术标准。很多时候工艺执行到位与现场管理密切相关。合理安排工作，严守工艺纪律，减少停炉时间，把炉子升温时段放在用电便宜的时段进行。生产安排上要尽可能地批量满负荷生产，不够装炉量的应该搭装拼炉。提前做好各项热处理工作前准备及5S管理。定期点检、巡检及日常保养维护好热处理各设备的运行情况，计量、统计、考核热处理生产中能耗，针对消耗不合理项进行整改。精益生产工序成本控制就是按即定的工序成本目标，对工序成本形成过程的一切消耗，进行严格的计算、调节和监督，及时发现与预定的工序成本目标之间的差异，并采取有效措施纠正不利差异，使工序产品实际成本被限制在预定目标范围之内。人员管理通过教育、培训、考核等制度措施提高热处理人员操作水平及节能意识，充分发挥人员的主观能动性和工作积极性。人员定额是生产成本的其中一项，热处理生产特点三班流水作业，晚班生产时管理人员、监督人员、技术支持与其他辅助人员少，实行人性化管理显得尤其重要。

质量管理体系ISO9001、环境管理体系ISO14000、职业健康安全管理体系OHSAS18000以及汽车行业质量管理体系TS16949，都要求有组织机构、管理目标、过程控制、记录与分析、管理评审。关注质量是ISO9001，关注环境是ISO14000，关注职业健康安全是OHSAS18000，体现了相同相似处理问题的思想和方法论。热处理因其工作特殊性，适用特殊过程审核CQI-9，这些管理体系集全球管理专家智慧之大成，是人类文明的成果。CQI-9对于热处理行业针对性很强，具有很强的操作性，非常实用，是热处理现场管理的指南。

热处理现场管理要活用质量管理工具，精益管

理方法，推行可视化管理、5S管理。热处理设备、工艺是硬件，人员是软件，只有软硬兼备，多管齐下，综合统筹，才能创建安全、环保的工作条件，节约能耗，提高效率，降低成本，生产出质量优良的产品。

七、结语

热处理理论博大精深，体系严谨，具有很强的理论性、实践性。由于科技手段的局限，使得人们对热处理的认识停留在看不见摸不着的阶段，西方科技的发达使得热处理技术要求精准化。

节能减排在热处理工作中处于很重要的地位，如何节约能耗，提高生产效率，降低成本，生产与技术管理水平提高是重要措施。热处理是消耗能源的大户，消耗基数大，节能潜力大，节能市场广

阔。节能意识必须从我做起，从现在做起，从工作中的一点一滴做起，使热处理技术达到节能、减排、优质、高效的目标，也使热处理生产的产品质量品质、成本控制得到有效提升。

热处理节能潜力无穷，节能大有可为，任重而道远！

作者简介：王陆军，高级工程师，格特拉克（江西）传动系统有限公司热处理主管。

联系方式：0791-86855029

E-mail: zhdgwlj@163.com

马楠，热处理工程师，格特拉克（江西）传动系统有限公司DCT工厂ME工程部。

联系方式：0791-86855029

E-mail: zhdgwlj@163.com

MW 20140512