硝盐淬火（下）

爱协林热处理系统（北京）有限公司 （102206） 殷汉奇 许红军

四、硝盐冷却速度的控制

控制硝盐冷却速度，控制硝盐的水含量是关键，目前有三种控制手段：

一是检测冷却速度，使用镍合金探头，将探头加热到550℃左右，然后放入硝盐中，检测冷却到400℃的时间，如小于规定时间，则自动补充水，这种检测方法的优点是检测速度快，能自动控制，问题是使用频次高，检测仪器容易损坏，费用较高。

二是使用密度计，标定不同温度下不同含水量的密度，通过检测密度控制加水，这种检测方法的优点是检测装置容易制作，检测速度快，缺点是温度变化对检测结果影响很大。

三是取样检测盐的含水量，其优点是准确，缺点是慢，不能自动控制。

五、硝盐淬火、淬火后的冷却和清洗

使用硝盐淬火时，宜在封闭式淬火槽中淬火，不能在开放式盐槽淬火，防止淬火时的盐蒸汽逸出飘散到车间电器或金属构件上，吸潮后引起电路短路或腐蚀构件。经硝盐淬火的工件，在淬火后工件温度较高，不宜直接入水清洗，需在空气中冷却一定时间，等温度下降后再清洗。工件带出的盐容易在冷却时与轨道凝固在一起，造成传动困难，可通过加水溶解解决凝固，但不能影响工件。

为减少排放，按将清洗机高浓度的盐水泵入淬火槽补充淬火蒸发和自然蒸发，将低浓度水槽的水向高浓度槽补充，低浓度槽补充自来水的方法补水，一般工件淬火后带出的盐量为 50 ~ 100g/m^2，根据试验，单重1.5kg左右的齿轮硝盐淬火时，平均每吨工件带出量约3.4kg。按1000kg装炉量炉子，每天淬火4炉计算，淬火蒸发60~160L水，一个淬火槽每天自然蒸发约150L水，使用三槽清洗机，各槽中水硝盐浓度见图10，使用三槽清洗机，各槽水中硝盐浓度在使用一定时间后接近平衡，随使用时间延长，清洗水中盐浓度增长缓慢，实现无排放清洗是可能的。

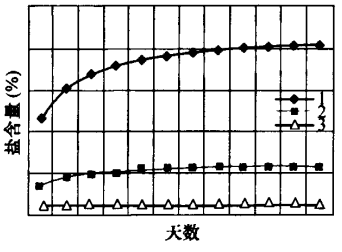

图10 三槽清洗机各清洗槽盐浓度变化

为确保清洗后的水不排放，可增加盐水蒸发装置，将含硝盐的水加热蒸发，把回收盐添加到淬火槽。为尽量利用清洗后的水，加水方式采用每小时补充0.01%~0.1%和淬火后补充一定量水的方法。

六、硝盐淬火与油淬火结果对比

（1）硬度梯度 渗碳后盐淬和油淬的硬度梯度曲线，油淬火的硬度梯度在表层低头较大，节圆硬度梯度盐淬和油淬相当，齿根硬度梯度盐淬火优于油淬火（见图11）。

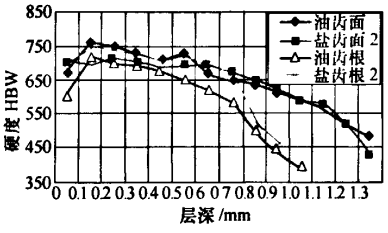

图11 齿轮渗碳后分别经硝盐和油淬火后硬度梯度对比

（2）非马氏体组织 非马氏体组织油淬火优于盐淬火（见表4）。

（3）心部硬度对比 心部硬度油淬火比盐淬火高约1~2HRC（见表5）。

表4 齿轮硝盐淬火和油淬火的非马氏体组织对比

产品名称	盐淬		油淬	
	节圆	齿根	节圆	齿根
齿轮1	0.015	0.0175	0.0175	0.02
齿轮2	0.02	0.025	0.0175	0.02
齿轮3	0.0225	0.025	0.02	0.225
齿轮4	0.02	0.03	—	—

表5 齿轮硝盐淬火和油淬火后心部硬度对比

产品名称	盐淬		油淬	
齿轮1	40	40.5	40	41.5
齿轮2	34	34	35	36
			36.5	37.5
齿轮3	35.5	36	35	36
齿轮4	40	41	40	41.5
			40.5	41.5

(4) 变形 对齿轮渗碳盐淬和油淬后的公法线、内花键1、内花键2和齿顶圆的尺寸进行检测，硝盐淬火的公法线变化略大于油淬，内花键的变化量和变化范围硝盐淬火均优于油淬火，齿顶圆的变化量和变化范围硝盐淬火均优于油淬火，且硝盐淬火的变化趋势为收缩变化，油淬火为膨胀变化（见表6）。

表6 齿轮硝盐淬火和油淬火后心部硬度对比（HRC）

序号	公法线（公法线千分尺）		内花键1（数显卡尺）	
	盐	油	盐	油
1	0.03	0.04	-0.12	-0.14
2	0.035	0.035	-0.08	-0.09
3	0.04	0.035	—	—
4	0.04	0.035	-0.10	-0.14
5	0.035	0.030	-0.07	-0.15
6	0.045	0.035	—	—
序号	内花键2（数显卡尺）		齿顶圆（数显卡尺）	
	盐	油	盐	油
1	-0.08	-0.14	-0.01	0
2	-0.09	-0.12	-0.01	0.01
3	—	—	—	0
4	-0.11	-0.14	-0.03	0
5	-0.09	-0.13	-0.01	0.04
6	—	—	—	0.03

七、硝盐的热稳定性与分解

一般情况下，硝盐在455℃以下使用时是稳定的，不会发生分解。但在淬火时，同工件接触的少部分硝盐，其温度将超过455℃发生分解，产生$NaNO_3$、$NaNO_3$、Na_2O、N_2、O_2、K_2O等物质，其中一部分形成气体溢出，另一部分形成杂质沉如盐槽底部。

455℃以下，硝盐不分解。

455～540℃之间，$NaNO_2$缓慢分解，还能与空气中的氧气反应：

$5NaNO_2 \longrightarrow 3NaNO_3 + Na_2O + N_2\uparrow$

$2NaNO_2 + O_2 \longrightarrow 2NaNO_3$

820℃以上$NaNO_2$强烈分解，产生N_2。

$4NaNO_3 \longrightarrow 2Na_2O + 2N_2\uparrow + 5O_2\uparrow$

KNO_3在620℃以上发生分解：

$4KNO_3 \longrightarrow 2K_2O + 2N_2\uparrow + 5O_2\uparrow$

1kg KNO_3可分解出标准状态277.2L氧气、110.9L氮气和465gK_2O，分解出的氧气与可燃物发生剧烈反应而发生爆炸。

八、熔盐

在初次使用时，熔化硝盐应在专门的熔盐槽进行，待硝盐熔化后用高温盐泵将熔盐泵入淬火盐槽，熔盐槽可用于硝盐的初次熔化，也可用于硝盐淬火槽检修时的储盐槽，熔盐槽应有加大的加热功率和较好的保温性能。根据硝盐的比热和密度，熔化1m^3硝盐至少需要129kW·h电，将1m^3硝盐温度升高或降低1℃，需要或释放的热量为0.86kW·h，在熔化硝盐时加入4%左右的水能显著降低盐的熔化温度。对熔化后的硝盐最好在熔化状态下保温，如发生凝固后再重新熔化比较困难，耗电量较大，熔化时间较长，容易发生过热。

九、淬火槽

硝盐淬火槽应具有密闭、保温、加热、冷却、搅拌循环、加水、除渣等功能，密闭淬火槽才能保证淬火时的盐蒸汽不溢出淬火槽污染环境；淬火盐槽的保温性能应较好，防止出现停电或故障时硝盐凝固；硝盐淬火槽必须设有控温系统，确保淬火介质的温度稳定，加水口应在搅拌循环上方，确保注入的水能迅速融入熔盐；采用可控气氛炉加热能显著减少淬火盐槽中的渣子，除渣可采用过滤或捞渣的办法来进行。

（下转第32页）

材料淬透性标准比较见表4，可以看出本试验选用42CrMo4V材料淬透性要优于42CrMo性能。通过表5、表6比较可看出，其力学性能、抗冲击性、晶粒度都要高于普通产品。

表4 淬透性对比

牌号		到端面距离/（1/16in）														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
42CrMo	大	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	58	57	57	56
	小	57	57	57	55	52	49	46	44	43	41	38	36	34	33	31
42CrMo4V	大	61	61	61	60	60	60	59	48	58	57	57	56	53	51	48
	小	53	53	52	51	50	49	43	40	37	37	34	33	32	31	30

表5 晶粒度及探伤标准对比

产品	晶粒度等级	探伤标准
42CrMo4V	≥6级	按照ϕ2mm平底孔探伤
42CrMo	≥5级	按照ϕ3mm平底孔探伤

表6 产品力学性能对比

产品	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率（%）	断面收缩率（%）
42CrMo4V	850～1050	≥650	≥14.0%	≥50%
42CrMo	800～950	≥550	≥13.0%	≥50%

产品	冲击吸收功/J	硬度HBW	同一端面均匀性HBW
42CrMo4V	≥42（常温）	280±20	≤20
42CrMo	≥35（常温）	270±30	≤45

2. 性能优化机理

本试验根据42CrMo4V材料化学组元，结合其过冷奥氏体转变曲线制定了合理的热处理工艺，同时采用数控热处理设备和新型淬火介质，有效地提高了热处理后环件的组织均匀性，消除了淬火开裂现象，减少了后续机加工变形。

（1）采用少无氧化全纤维井式对开炉淬火，炉体致密度高，保温性能优越，材料表面少无氧化。采用井式圆形对开炉，炉温分布均匀，误差率≤±3℃，环体受热均衡，组织转变一致。

（2）采用新型淬火介质，冷却性能优越，其冷却速度表现为高温快、低温慢，满足材料组织相变要求，减少残余奥氏体量。同时，低温区域缓冷保证材料不会出现开裂等淬火缺陷。

（3）采用螺旋式对流循环搅拌系统，介质涡流呈渐开曲面分布，多位立体循环使环体与介质热交换充分，环件内外冷却均匀，上下平面硬度一致，其圆周面淬火硬度偏差介于5～15HBW之间。

3. 结语

（1）掌握了性能高于欧标的风电回转支承环锻件材料42CrMo4V的热处理工艺技术及其数控热处理技术，提高了环件的淬透性、低温冲击性、耐磨性和组织均匀性。

（2）通过对42CrMo4V材质技术可行性分析，为国内风电回转支撑环锻件产品实现国产化提供了相关技术参数，并获得国内一些回转支撑客户的成功应用，其经济效益良好。**MW**

（20101211）

（上接第29页）

十、硝盐淬火介质的安全使用和维护

硝盐淬火介质要有措施防止烫伤，加盐或加水时要防止熔盐的爆溅，不可将大块状的凝固盐加入熔融盐液，加水宜用小股水流在搅拌上方加入，不可用大水柱或不搅拌加水，在淬火操作、除渣、取样、检修维护时要采取必要的措施防止烫伤；可燃物如炭粉包括炭黑、可燃气体、淬火油等不能进入淬火盐槽；防止氯化盐和碳酸盐进入淬火盐槽；如发生火灾要用二氧化碳灭火器，不能用水灭火。

十一、结语

硝盐淬火介质具有使用温度高、冷却速度可调、淬火变形小、容易清洗、可实现无排放、不污染环境等优点，但硝盐淬火不是万能的，不能解决淬火中的所有问题，淬火变形比油淬火小，但仍然比压淬要大，在不使用时能耗较高，在实际选用时，应根据实际情况用，不宜盲目跟从。**MW**　（全文完）　（20100106）