

再论高速钢盐浴的分级冷却工序

■ 姚红飞, 沈哲明, 吴元昌

摘要: 对现使用的高速钢550℃分级盐浴实际冷却能力的测定, 并将其与欧美相应数据比较, 确认能达到要求水平。

高速钢盐浴热处理中, 淬火加热后的500~550℃分级冷却工序为欧美高速钢盐浴热处理工艺的重要环节, 也正在我国逐步替代传统的580~650℃分级工艺。这不仅是换一种熔点更低的分级盐, 也是对高速钢淬火冷却时组织变迁理论和实践的新认识^[1]。

文献[1]因限于篇幅, 删去了论述“传统580~650℃分级工艺理论上的错误”这一节, 对分级冷却炉的冷却能力问题也没有说

透, 应文献[1]作者之请, 我厂对其进行了补充试验, 测试了现在使用的盐浴分级炉对高速钢工件的实际冷却能力, 证明其能达到文献[1]中要求的国际水平。

1. 正确高速钢淬火分级工艺的简要提示

(1) 必须树立“热处理质量第一”的信条, 力求最佳的高速钢工件淬回火硬度与韧性。

(2) 自高速钢淬火盐浴加

热转移并浸入分级盐浴, 高速钢工件的传送应在几秒钟内完成, 期间不能有时间的延误。

(3) 分级温度为500~550℃时的冷却, 盐浴与工件间应有对流, 以加速高速钢工件在分级炉的冷却。

(4) 在800~1000℃的温度区间, 高速钢工件的平均冷却速度应 $\geq 7^{\circ}\text{C/s}$, 为力求最高淬回火硬度, 此平均冷却速度应 $\geq 10^{\circ}\text{C/s}$ 。淬火工件在冷到分级温度后

小开裂倾向。

(3) 关注原材料化学成分。最好控制原材料化学成分在标准要求的中限, 根据原材料的化学成分, 制订相应的调质工艺, 若原材料中碳和合金元素含量较高, 可适当降低淬火温度, 缩短淬火时间, 增大介质浓度等措施减小开裂。

采取以上措施后, 没有再产生类似淬火裂纹, 提高的产品质量, 减少了公司的经济损失。

6. 结语

(1) 通过分析, 部分曲轴

小头表面存在锻造伤, 使小头部位产生应力集中, 增大了组织应力, 促进了纵裂的产生; 该批42CrMo曲轴原材料含有较高的碳含量和较高的合金元素, 在调质过程中, 组织应力较大, 增大了淬火裂纹的产生倾向。

(2) 通过改善曲轴表面质量, 采取更温和的淬火, 控制原材料化学成分, 对特定的化学成分制订特定的调质工艺, 可以杜绝此类淬火裂纹的产生。

参考文献

[1] 中国机械工程学会热处理

专业分会, 《热处理手册》编委会. 热处理手册[M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2001: 419.

[2] 刘进益. 热处理裂纹分析-典型淬火裂纹[J]. 东方电机, 2009 (1): 44-47.

[3] 王忠诚. 热处理常见缺陷分析与对策[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 89-97.

作者简介: 印小松、董旭刚、周兵、赵金华, 重庆大江杰信锻造有限公司。

MW 20160312

取出空冷（特殊件除外）。

上述4点中，第一点是基础，后3点是相互关联，缺一不可。此完整要求，绝对不是换一种熔点为450℃的分级盐而已。

2. 我厂高速钢工件淬火盐浴分级炉的实际冷却能力

应该认识到各厂现使用的高速钢工件淬火分级炉的冷却能力多少是有差异的，尽管各厂名义上都使用了同一成分的分级用新盐。分级盐浴成分随使用时间的延长，在不断增加淬火工件带入的氯化钡盐，从而改变分级盐浴的熔点。每日校正盐和新盐对分级炉的加入量各厂不同，以及推动淬火高速钢工件与分级盐浴对流的装置力度不同，上述因素都影响分级盐浴的冷却能力。需要回答的问题是我厂现行使用的高速钢工件淬火分级盐浴是否对工件冷到800~1000℃温度区间能达到 $\geq 7^\circ\text{C/s}$ 的平均冷速，为此进行了下述试验。

（1）分级盐浴冷却能力的测定 试验条件：试样材料为M2；试样尺寸为 $\phi 25\text{mm} \times 60\text{mm}$ ，中心钻小孔 $\phi 3.2\text{mm} \times 35\text{mm}$ ，以放置热电偶测温；热电偶为N型（镍铬硅—镍硅镁热电偶），长度1.5m；测温仪表来自德国。

淬火加热及分级冷却时试样全部浸没盐浴，分级盐浴配有搅拌对流装置，以实现分级盐浴与分级高速钢工件间的对流。测定了分级盐浴与工件有对流与无对流两种条件下的800~1000℃温区的平均冷却速度。

测试结果如附表所示。

（2）对试验所得数据的分

析 在试验2中，我厂分级盐浴炉对 $\phi 25\text{mm}$ 试样心部在800~1000℃温区的平均冷却速度达到 12°C/s ，超过要求的 $\geq 10^\circ\text{C/s}$ 。

将试验1和试验2的相应数据对比，它们的差异性在800~1000℃的温区为 12°C/s 对 6.3°C/s ，从淬火温度-1000℃温区为 13°C/s 对 10°C/s ，数字对比差异明显，对在同一淬火夹具上装数量较多的工件场合，差异应更显著。

应注意到“分级盐浴的冷却能力”随分级的高速钢工件温度逐步下降而降低，越接近分级盐浴温度冷却能力越低。曾测得 $\phi 26\text{mm} \times 36\text{mm}$ 试样心部温

度从560℃降到550℃分级盐浴温度需要19s，与试样从1210℃下降到1050℃（下降160℃）所需时间19s相同，所以必须标明某温度区间才能比较不同分级设备的平均冷却速度。瑞典学者根据ASP2023淬火冷却时的硬度-温度-时间变化曲线，科学确定PEC自奥氏体析出最快的温度约在950℃附近，规定高速钢分级在800~1000℃温区必须快冷，以减少PEC的析出量，在此温区，高速钢工件的平均冷速应 $\geq 7^\circ\text{C/s}$ ^[2]。本文也采取800~1000℃温度区间，比较不同试验的平均冷速，图1中奥氏体

分级盐浴的冷却能力

试验编号	试验1		试验2	
分级温度/℃	556		552	
分级盐浴与工件是否有对流	盐浴与试样间只有热传导，无对流		盐浴与试样间除热传导外，还有对流	
热电偶测温的试样心部在分级炉中温度和时间	温度/℃	时间/s	温度/℃	时间/s
	1220	0	1206	0
	1200	6	1200	2
	1150	10	1150	8
	1100	13	1100	11
	1050	17	1050	14
	1000	22	1000	16
	950	29	950	20
	900	35	900	23
	850	45	850	28
	800	54	800	33
	750	65	750	39
	700	82	699	47
	650	105	650	59
	600	145	600	84
1000~800℃温变区间的平均冷却速度/ $^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$	6.3		12（另一次试验也是12）	
淬火温度~1000℃温变区间的平均冷却速度/ $^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$	10		13	
淬火温度~700℃温变区的所需时间/s	82		47	
分级盐浴工件数量	只此1件试样		1件试样及正常在分级炉中的一卡具工件	

注：分级盐浴为氯化钠+氯化钙+氯化钡的混合盐，熔点510℃。

化温度：1180℃，回火3×1h，560℃；图2中奥氏体化温度：1180℃ 回火3×1h，560℃。

(3) 其他国外资料推荐的高速钢分级冷却速度 美国 Regel-Beliet 工厂，以硬度360~380HBW的切削试验材料，对高速钢钻头的盐浴热处理^[3]，从淬火温度分级冷却到700℃温区为关键区（较为粗略）， $\phi 25\text{mm} \times 100\text{mm}$ 试棒心部从淬火温度1200℃冷却到700℃，一般时间在30~45s，故我厂试验也采用 $\phi 25\text{mm}$ 试样，以便数据的对比。我厂的相应数据为47s（表1中试验2），与美方的45s处于相同水平，冷却盐浴应均为以氯化钙+氯化钡+氯化钠的分级盐数据。美方资料中的30s，笔者猜测是硝酸钾作为分级盐在较低分级温度的数据。

代表欧洲高速钢分级冷却盐浴实际冷却能力的数据见图3^[2]。有曲线图显示500~550℃有对流分级盐浴中，不同直径试样心部在1000~800℃温区能达到的平均冷速，对应 $\phi 25\text{mm}$ 试样的数值为9℃/s。低于我厂分级盐浴达到的12℃/s（表1试验2）。

(4) 当前分级冷却的能力在生产中，高速钢淬火工件能达到的冷却速度要比表1中试验2的数值要高，因多数的产品壁厚值远比 $\phi 25\text{mm}$ 试样薄。我厂产品中， $\phi 13 \sim \phi 60\text{mm}$ 的钻头产品其齿壁厚在4~5mm，同时分级盐浴有对流，即使多支装夹具，其冷却速度也远比 $\phi 25\text{mm}$ 试样快。

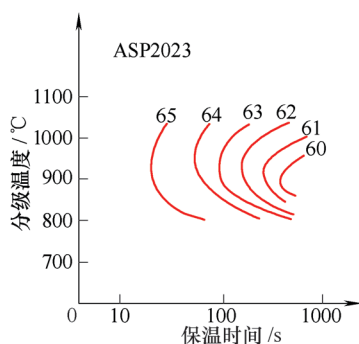


图1 硬度与分级温度和保温时间的关系

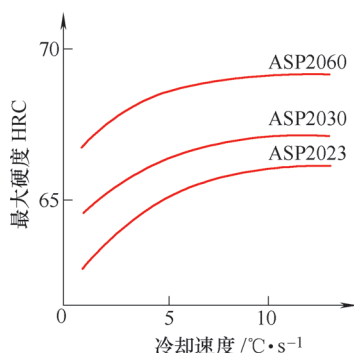


图2 在1000~800℃之间冷却速率对最终硬度的影响

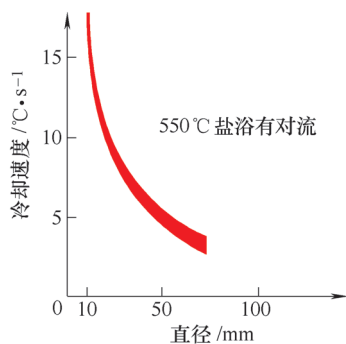


图3 ASP2023钢1180℃加热淬火，在550℃时有对流的分级盐浴中，圆试棒中心在800~1000℃区间的平均冷却速率

3. 结语

在进行本厂分级盐浴冷却能力测定之前，对规定的 $\geq 7^\circ\text{C/s}$ 数

字，不知其难易，无从比较，但在测定试验后，心中有底，感到 $\geq 7^\circ\text{C/s}$ 的数字似手可触及的实物，完全可以掌控。此外，还可得到以下几点：

(1) 高速钢淬火冷却分级时，在800~1000℃的温区，平均冷速应 $\geq 7^\circ\text{C/s}$ ，不是一个不可及的高门槛，只是一个一般水平的要求，只要认真对待，完全可以达到上述要求，做出高速钢淬火回火性能优良的高质量产品。

(2) 建议各工具厂结合主要用盐浴淬火的高速钢产品几何尺寸，使用的分级炉情况，确定应采取的分级盐浴对流措施。上海工具厂介绍采用吹压缩空气入分级盐浴，以达到对流^[4]。惜未给出具体冷却能力数据，用以与本文数据比较，使各厂能选择较佳的分级盐浴对流措施。

参考文献

- [1] 吴元昌. 中国高速钢应用技术论坛文集[C]. 中国金属学会特殊钢分会, 2013, 43-47.
- [2] 法国高速钢公司, ERASTEEL, 高速钢的热处理内部资料.
- [3] Multak L. Heat Treatment of High speed steel in Vacuum and Atmosphere Furnaces[J]. Proceedings 1st International HSS conference, 471.
- [4] 董向阳, 陈顺民. 中国高速钢应用技术论坛文集[C]. 中国金属学会特殊钢分会, 2013, 59-61.

作者简介：姚红飞、沈哲明，浙江欣兴工具有限公司；吴元昌，成都工具研究所。

MW 20160331