

一种无机水基淬火介质冷却特性的研究和应用

任园春，刘海燕，李丹

第一拖拉机股份有限公司齿轮传动公司 河南洛阳 471000

摘要：随着社会的快速发展，对环保和产品质量的要求越来越高，在热处理过程中，传统的淬火冷却介质已很难满足环保和技术要求。因此，经过市场调研，决定试验“和兴HX-2000无机水基淬火介质”，探究其冷却特性，替换传统的有机淬火冷却介质，以达到提高产品质量、满足环保要求的目的。

关键词：环保；淬火冷却介质；水基淬火冷却介质；冷却特性

1 试验对象

本次试验的“和兴HX-2000无机水基淬火介质”，是由辽宁和兴热科技有限公司研发生产，该公司从日本引进当今最先进的纳米级无机水基淬火冷却介质的生产技术和工艺，在此基础上加以改善，成功研发出“和兴HX-2000无机水基淬火介质”。该淬火冷却介质适用于渗碳淬火、调质、表面感应淬火等热处理方式。我厂主要用于调质处理。

1) “和兴HX-2000无机水基淬火介质”的物理特性，见表1。

表1 物理特性

外观	无色或微黄色液体
闪点	无
沸点/℃	100
旋转黏度/mPa·s	1.0~1.3 (25℃)
折光率	1.1 (20℃)
暴露限制	无
溶解性	与水无限互溶
pH值	10~12 (25℃)

2) “和兴HX-2000无机水基淬火介质”的特点。传统的有机淬火冷却介质在使用过程中经常出现老化、变质，甚至失效的问题，存在很大的质量隐患；并且随着季节的变化，淬火液的浓度也会随之改变，不易保存和控制。“和兴HX-2000无机水基淬火介质”配比单一，易保存，操作简单。与传统的PAG淬火冷却介质的物理特点对比见表2。

表2 物理特点对比

序号	和兴HX-2000无机水基淬火介质	传统的PAG（有机）淬火冷却介质
1	HX-2000为无机水基淬火液，不易老化、不易失效、无色、无味、不可燃	PAG类淬火液为有机类，普遍存在老化、变质、失效、有味发臭等现象
2	HX-2000淬火液温度：理论上不超过65℃	PAG类淬火液在40℃以上淬火效果极差，70℃以上会失效
3	HX-2000混配比例为原料：水=1：2，一种浓度即可全部完成碳素钢、合金钢、工具钢、模具钢及弹簧钢等的处理，不同材质无需调整浓度	一般浓度在8%~30%，不同材质需要调整不同浓度，实际生产难度增大，浓度的频繁调整会增加成本
4	HX-2000淬火后工件表面干净，不易锈蚀（pH值10~11）	淬火后工件表面附有淬火剂，需清洗，增加成本
5	HX-2000使用过程中理论上只有水的蒸发，浓度上升后仅兑水至原浓度即可	淬火过程带出量大，有效成分一直减少

2 冷却特性检测

在试验前，对“和兴HX-2000无机水基淬火介质”进行冷却特性检测，并选取我厂正在使用的某有机淬火剂进行对比分析，具体数据见表3。

从表2中的参数可以看出，两者达到最大冷却速率的时间为0.99s，时间极短，即“蒸汽膜破膜”时间短，有利于提高零件淬火质量；但“和兴HX-2000无机水基淬火介质”在300℃时冷却速度达到了96.93℃/s，而有机淬火介质此时的冷却速度为52.03℃/s，相比之下，低温冷却速度大，对大尺寸工件的淬硬层深度有所保证。

表3 冷却特性参数对比

比对参数	和兴HX-2000无机水基淬火介质	某有机淬火冷却介质
最大冷却速率 $/^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$	223.29	186.82
最大冷却速率所在温度 $/^{\circ}\text{C}$	648.93	692.93
最大冷却速率所在时间 $/\text{s}$	0.99	0.99
在300℃时冷却速率 $/^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$	96.93	52.03
冷却到600℃时间/s	1.21	1.5
冷却到400℃时间/s	2.41	3.1
冷却到200℃时间/s	4.92	7.33

3 试验过程

试验研究对象：和兴HX-2000无机水基淬火介质（淬火剂原料：水=1：2）。

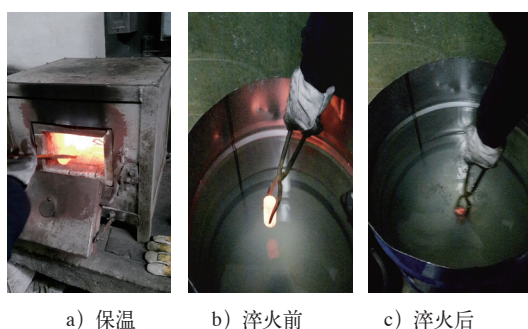
试验加热设备：小型马弗加热炉。

试验材料：不同直径的45钢、40Cr钢、42CrMo钢、55Si2Mn钢等棒料。

淬火冷却介质温度：20℃（室温）。

无损检测设备：通用磁粉探伤机。

（1）第一次试验 试验的材料为：① $\phi 40\text{mm}$ 的40Cr钢棒料。② $\phi 40\text{mm}$ 的42CrMo钢棒料。③ $\phi 60\text{mm}$ 的42CrMo钢棒料。试验所用工艺：840℃保温60min，“和兴HX-2000无机水基淬火介质”冷却120s。试验对象①的试验过程如图1所示。



a) 保温 b) 淬火前 c) 淬火后

图1 试验对象①的试验过程

②和③的试验过程、试验条件与①相同。试验后，对试样进行切检，试验结果见表4，金相组织如图2、图3所示。

第一次试验的主要目的是验证“和兴HX-2000无机水基淬火介质”能否满足直径60mm以下的40Cr钢、42CrMo钢的工艺要求。试验数据表明，该水基淬火剂可以满足此直径要求。

表4 试验结果

序号	无损检测结果	由心部至表面硬度及组织比例
①	无裂纹	43~54HRC，心部50%马氏体，表面为全马氏体
②	无裂纹	45~56HRC，心部50%马氏体，表面为全马氏体
③	无裂纹	41~55HRC，心部50%马氏体，表面为全马氏体

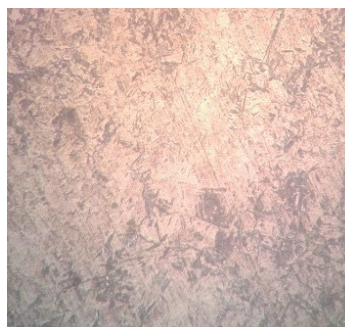


图2 40Cr钢试样心部组织：马氏体+屈氏体（500×）

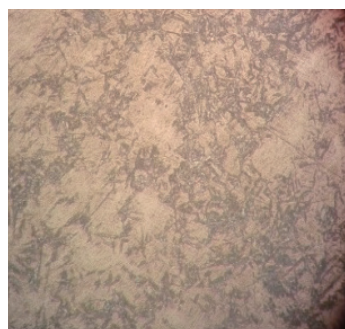


图3 42CrMo钢试样心部组织：马氏体+屈氏体（500×）

（2）第二次试验 试验材料为：④55Si2Mn钢板材（100mm×100mm×20mm）。⑤45钢拨叉。第二次的试验对象是我厂长期以来难以解决的零件，如图4、图5所示。



图4 55Si2Mn钢板材



图5 45钢拨叉

第二次试验所用工艺：810℃保温60min，“和兴HX-2000无机水基淬火介质”淬火冷却120s。试

验过程、试验条件与第一次相同。试验后，对④和⑤试验材料进行切检，试验结果见表5，金相组织如图6、图7所示。

表5 试验结果

序号	无损检测结果	由心部至表面硬度及组织比例
④	无裂纹	55~60HRC，心部为马氏体和少量屈氏体，表面为全马氏体
⑤	无裂纹	48~56HRC，心部为马氏体和少量屈氏体，表面为全马氏体

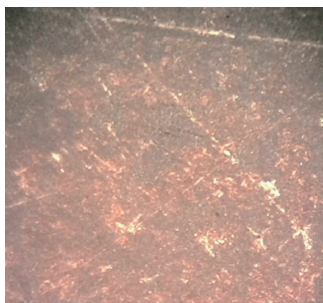


图6 55Si2Mn钢心部组织：马氏体+少量屈氏体（500×）



图7 45钢拨叉心部组织：马氏体+少量屈氏体（500×）

第二次试验的主要目的是验证55Si2Mn钢和45钢两种材料，用“和兴HX-2000无机水基淬火剂

（上接第59页）

按照上述措施处理后，重新采用相同的焊接参数完成相应的焊评试件焊接，并再次进行拉伸试验测试。测试结果显示，圆棒试样伸长率提升至标准规定的21%以上，未再出现任何低于标准的测试数据，改善效果显著。

5 结束语

本文通过对拉伸试验失败试样进行扫描电子显微镜扫描，对化学成分、微观组织等进行观察分析，得出了拉伸试验伸长率大幅降低的原因。同时，针对产生原因，提出了改进措施，结论如下。

1) 药芯焊丝熔覆金属拉伸试验中出现的强度符

质”淬火后是否会出现裂纹，结果显示无裂纹。

试验小结：通过两次试验表明，“和兴HX-2000无机水基淬火介质”可以满足直径60mm以下的40Cr钢和42CrMo钢对硬度及金相组织要求，也可用于55Si2Mn钢和45钢的调质处理。在整个试验过程中，无油烟产生，淬火后淬火介质呈透明色，无明显宏观变化，无异味，满足环保要求。

4 实际应用

基于试验结果，我公司于2018年6月将“和兴HX-2000无机水基淬火介质”投入实际生产，至今，已使用此淬火剂生产大量零件，生产材料包含45钢、40Cr、42CrMo、35CrMo等中碳钢，也有55Si2Mn、60Si2Mn等弹簧钢，其中最大尺寸为直径65mm的42CrMo钢棒料，经切检，硬度以及金相组织均满足工艺要求。在使用过程中，几乎无油烟产生，且在日常维护方面，只向淬火液中添加过5次纯净水，达到规定比例（原料：水=1：2）即可。

5 结束语

“和兴HX-2000无机水基淬火介质”相比传统有机淬火剂，配比单一，易保存和维护，不易变质，同一种浓度适用于多种材料，且淬火质量高；在长期的使用过程中，产生的油烟量极少，符合可持续发展的要求，对企业的发展具有重要意义。

参考文献：

- [1] 中国机械工程学会热处理分会.热处理手册[M].3版.北京：机械工业出版社，2012：122-127.

MW 20201107

合要求，但伸长率大幅下降的原因在于拉伸过程中出现的鱼眼白点。

2) 鱼眼白点本质上是局部的氢脆，白点区域存在Ti-Mn系氧化物。

3) 通过减少氢的来源和脱氢措施，可以有效避免此类问题的产生。

参考文献：

- [1] 吴文炳，王国琦，沈忠兴.鱼眼白点的形成机制[C].北京：中国机械工程学会材料学会，1986.
- [2] 孔祥峰，邹妍，张婧，等.焊缝金属中扩散氢的形成及控制研究进展[J].钢铁，2015，50（10）：77-84.

MW 20201116