

# UCON E 型淬火介质在大模块工件上的应用

薄鑫涛<sup>1</sup>, 周珊珊<sup>2</sup>

(1. 宝山钢铁股份有限公司 特殊钢分公司, 上海 200940; 2. 上海壬喆嘉国际贸易有限公司, 上海 200124)

**摘要:**测定和分析了包括 UCON E 在内的几种冷却介质的冷却速度, 讨论了 UCON E 淬火剂的应用技术问题, 如介质浓度、温度以及消耗量 and 环境因素等。结果表明, UCON E 水基淬火剂在低温区的冷却性能接近油, 可作为油的代用介质。经多年生产实践, 证明浓度为 15% 的 UCON E 水基淬火剂可用于模具钢、结构钢等大件的淬火处理, 并取得良好的效果。

**关键词:**UCON E; 水基淬火剂; 大模块工件

**中图分类号:** TG154.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 0254-6051(2006)09-0087-05

## Application of UCON E Polymer Quenchant in Big Die Block Workpieces

BO Xin-tao<sup>1</sup>, ZHOU Shan-shan<sup>2</sup>

(1. Special Steel Branch, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai 200940, China

2. Shanghai Lentherya International Trade Co., Ltd., Shanghai 200124, China)

**Abstract:** Cooling rate of several quenchants including UCON<sup>TM</sup> Quenchant E was tested and analyzed. The UCON E quenchant technical parameters like medium concentration, temperature and consumption, and environmental factors were discussed. The results show that the cooling performances of UCON E quenchant in low temperature range is similar to oil and UCON E can be used to replace quench oils. It is also proven that the water based quenchant with 15% UCON E is especially effective for quenching die steels and big block structural steel.

**Key words:** UCON E; polymer quenchant; big die block workpieces

近 50 年来, 聚合物冷却介质(俗称水基淬火剂)获得了长足发展, 目前开发应用的水基淬火剂种类名琳琅满目, 应用与日俱增。早期应用的 PVA(聚乙烯醇)目前逐渐减少而相应的 PAG(polyalkylen glycol, 聚烯烃乙二醇)应用面不断扩大, 使用耗量增加, 该类介质的商品名目繁多。典型的美国 DOW 化学公司产品有 UCON A、UCON HT、UCON E。其中 UCON E 配制的水基淬火剂性能更接近油, 可作为代油的淬火介质, 备受热处理行业关注。国内早在 1995 年有精锻渗碳齿轮用 UCON E 代油淬火的报道<sup>[1]</sup>, 近期在结构钢、工模具钢大件用 UCON E 淬火获得成功, 取得较好的成果。

### 1 UCON E 水基淬火剂性能简介

UCON E 介质属于 PAG 类中性非离子型聚合物, 为环氧乙烷和环氧丙烷的共聚物, 并添加防锈剂、消泡剂和杀菌剂<sup>[2-3]</sup>, 是一种不可燃、抗腐蚀、完全溶于水、有浊点的淬火剂。

原液的理化性能: 外观呈淡色透明粘稠液体; 密度 1.075 g/cm<sup>3</sup> (20 °C 时); 无闪点; 倾点 -11 °C; 浊点:

74 °C (有逆溶性); pH 值为 9.0 ~ 11.0; 粘度: 1180 SUS (37.8 °C 时); 水溶液折光率系数: 2.50 ~ 2.55; 分子量: 12000 ~ 14000<sup>[4]</sup>。

15% UCON E 水溶性淬火剂的冷却特性见图 1<sup>[6]</sup>所示。为方便比较, 图 1 还列出了 10% PVP、10% PAM 水基淬火剂、快速淬火油及水的冷却特性曲线。表 1 是采用 IVF 仪测定的各温度下具体的冷却速度值。图 1 及表 1 表明 15% UCON E 水基淬火剂高温区冷却速度介于水、油之间, 而低温区的冷却速度大致与快速油相当, 可以达到“高温区快冷, 低温区慢冷”的热处理要求。相应的 10% PVP (PVP 为聚乙烯吡咯酮聚合物)、10% PAM (聚酰胺类聚合物) 水基淬火剂高温区

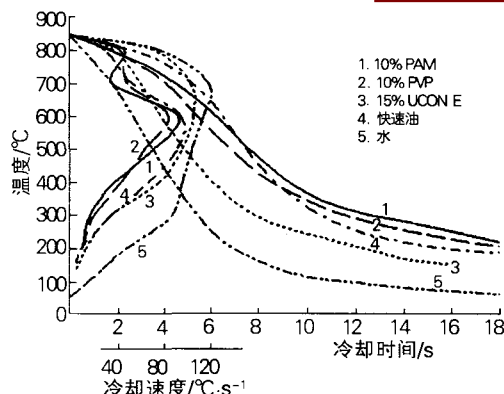


图 1 不同淬火介质的冷却特性曲线 (IVF 仪测定)

Fig. 1 The cooling characteristics curves of different quenchants

**作者简介:** 薄鑫涛 (1941. 11—), 男, 江苏江阴人, 教授级高级工程师, 主要从事金属材料及热处理工艺等工作, 已发表论文 40 篇及专著 10 本。联系电话: 021-26032132

收稿日期: 2006-04-14

表 1 不同冷却介质在不同温度下的冷却速度

Table 1 Cooling rate value of different quenchants at different temperatures

温度/ ℃	冷却速度/℃·s <sup>-1</sup>				
	10% PVP	10% PAM	15% UCON E	快速油	水
800	41.0839	45.0994	68.5404	28.9685	75.7819
700	47.1735	35.4318	101.5269	51.9514	116.8045
600	83.1913	91.3218	104.1955	93.7995	112.8906
500	62.0857	70.801	95.1651	90.6788	103.3694
400	41.8007	35.7577	73.4161	64.4477	94.4823
300	19.5576	16.0458	32.8073	33.7257	84.9091
200			13.2367	9.341	45.7936
100					13.5648

表 2 介质浓度、温度对 UCON E 水基淬火剂冷却速度的影响

Table 2 The influence of concentration, medium temperature on cooling rate of UCON E polymer quenchant

温度/℃	冷却速度/℃·s <sup>-1</sup>								
	12.5% UCON E			15% UCON E			20% UCON E		
	30 ℃	40 ℃	50 ℃	30 ℃	40 ℃	50 ℃	30 ℃	40 ℃	50 ℃
600	143.4	119.8	105.9	121.8	107.4	97.9	107.6	104.2	88.5
500	117.1	109.9	94.5	106.0	99.5	85.6	93.9	86.6	76.3
400	83.5	81.7	75.9	75.9	72.4	70.9	75.2	71.8	67.6
300	44.4	44.4	39.8	38.3	36.1	33.6	36.3	35.4	32.6
200	13.3	12.9	11.6	10.4	8.4	7.1	7.3	6.6	
$T_{v_{max}}/℃$	708	712	638	732	713	650	719	706	602
$v_{max}/℃·s^{-1}$	161	146	113	155	133	107	140	132	89

注： $T_{v_{max}}$ 、 $v_{max}$  分别为最大冷却速度所在的温度及最大冷却速度

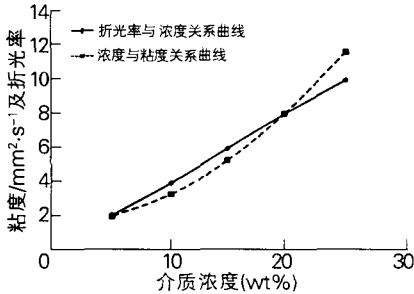


图 2 UCON E 介质浓度与折光率、粘度间的关系曲线

Fig. 2 The relation curves of concentration vs refractive index and viscosity for UCON E quenchant

表 3 UCON E 介质浓度与折光率、粘度间关系

Table 3 The dependence of concentration vs refractive index and viscosity for UCON E quenchant

介质浓度 (wt%)	5	10	15	20	25
折光率	2	3.9	5.9	7.9	9.85
粘度 (20 ℃)/mm²·s <sup>-1</sup>	1.93	3.25	5.21	7.91	11.5

折光率系数平均值:  $(25 - 5) \div (9.85 - 2) = 2.55$

## 2 生产应用

### 2.1 生产用冷却槽及冷却系统

生产用冷却槽可盛放 135 ~ 140 t 淬火剂,槽内安置两台搅拌器,使淬火液的流速达 0.2 ~ 0.4 m/s。冷却系统配置集液槽、过滤器、热交换器、事故槽以及循

的冷却速度与快速油相当,而低温区的冷却速度比快速油慢,大致与慢速油接近。

UCON E 水基淬火剂同样遵循水基淬火剂的一般规律,即随着介质浓度提高、介质温度升高和搅拌速度的降低,其冷却速度下降。表 2 列出了该介质的冷却速度与浓度、温度间的关系。从表 2 可以看出,随浓度不断提高,其低温区的冷却速度下降并不显著。对于常见的工模具钢、结构钢大件要满足浸液淬火的要求,认为选用浓度 15%、介质温度在 30 ~ 50 ℃ 较为合适。

UCON E 介质浓度的测定采用粘度法或折光率法,其对应关系见图 2 及表 3。

环泵、控制阀、温度仪等。

### 2.2 塑料模具钢大模块的预硬化处理

P20(3Cr2Mo)、718(3Cr2NiMnMo) 钢是常用的塑料模具钢,用户要求以预硬化(调质)状态交货(硬度 28 ~ 36 HRC)。随着家电、汽车、机械等工业的快速发展,占到模具工业半边江山的塑料模具呈现供不应求的态势,不仅供料模块单片尺寸、质量大(现模块最大厚度 800 mm,最大宽度 1600 mm,最大单重达 17 t 甚至更高),而且热处理的技术要求高(要求表面硬度均匀性好,表面和心部的硬度差在较小的范围内如 4 ~ 5 HRC)。以下为经 UCON E 介质淬火的实例。

实例 1. P20 钢大模块,尺寸 510 mm × 1350 mm × 3000 mm,单重 16 t,其主要化学成分(质量分数,%)为 0.37 C, 1.85 Cr, 0.35 Mo, 0.86 Mn, 0.29 Si, 0.014 P, 0.008 S, 0.07 Ni。

锻造模块经台车炉 860 ℃ 加热,在 46 ℃、15% UCON E 水基淬火剂中冷却 3 h,后于 560 ℃ 回火。检测模块的表面硬度为 30、32 HRC(锤击式布氏硬度计测试后换算),离长度 700 mm 截面上不论在 1/2 宽度或 1/2 厚度方向上的表心硬度差均在 3 HRC 内(厚度方向采用 HR-150DT 电动洛氏硬度计测试,宽度方向

采用 HBE-3000 布氏硬度计测试,再换算成洛氏硬度)。图 3 为该 P20 钢大模块截面硬度分布曲线。

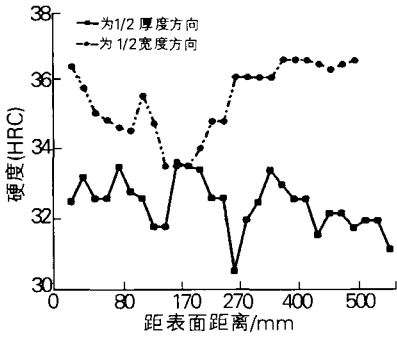


图 3 P20 钢大模块截面硬度分布曲线

Fig. 3 Cross section hardness profile of P20 steel big block

实例 2. 718 钢大模块,尺寸 660 mm×1260 mm×2520 mm,单重 16.5 t,主要化学成分(质量分数,%)为:0.38 C, 1.74 Cr, 0.94 Ni, 1.39 Mn, 0.32 Mo, 0.30 Si, 0.015 P, 0.008 S,  $0.5 \times 10^{-6}$  H。

锻造模块经台车炉 860 ℃ 加热,在 23 ℃、15% UCON E 水基淬火剂中冷却 5 h,后于 550 ℃ 回火。检测模块的表面硬度为 35 HRC(锤击式布氏硬度计测试后换算),离长度 1200 mm 的截面上图 4 所示位置的硬度值见表 4,可见截面各处最大硬度差在 2 HRC 内。

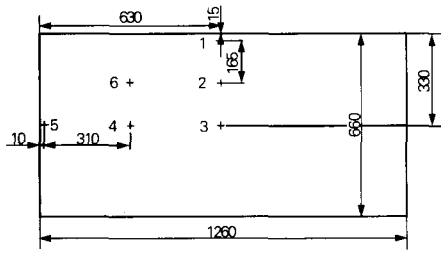


图 4 718 钢大模块截面硬度的测试点

Fig. 4 Location diagram for test points of 718 steel cross section hardness

表 4 718 钢大模块截面硬度值

Table 4 Cross section hardness values of 718 steel big block

测试点编号	1	2	3	4	5	6
1* HRC/ HB	35.25/325	34.5/316	35.25/325			34.5/318
2* HRC	34.3	34	33.4	33.1	33.6	32.7

注:1\* 为锤击式布氏硬度计(HB-2)测试换算为洛氏硬度值;

2\* 为里氏硬度计(HLA-11A)测试得的洛氏硬度值

2.3 热作模具钢 5CrNiMo 模块的热处理

5CrNiMo 钢热锻模以往是先开好型腔后热处理,但现在有些用户要求先热处理,然后多次重复开出型腔使用,直至模具的高度不足时为止<sup>[7]</sup>,要求经热处理的 5CrNiMo 钢模块硬度为 38~48 HRC。

5CrNiMo 钢模具常用油淬火,且出油温度较高,这样往往导致模具心部组织与性能不佳,严重影响使用

寿命。采用水淬轻者即使不裂有时也会导致超声波探伤超标,重者引起开裂报废。现采用 15% UCON E 水基淬火剂淬火,尽管模块的出液温度较低,但也很少出现超声波探伤超标或开裂现象。如处理的 310 mm×315 mm×2500 mm 的 5CrNiMo 钢模块,单重 2 t,主要化学成分(质量分数,%)为:0.52 C, 0.62 Mo, 0.63 Cr, 1.55 Ni, 0.21 Mn, 0.012 P, 0.005 S, 0.23 Si, 0.07 Cu, 0.01 W,  $1.2 \times 10^{-6}$  H,锻坯经 860 ℃ 加热,淬入 44 ℃ 的 15% UCON E 水基淬火剂,冷却 70 min,出液时表面温度 70 ℃,5 min 上升至 99 ℃,再于 420 ℃ 回火两次,检测模块的表面硬度为 40 HRC,截面最大硬度差约 6.5 HRC,超声波探伤在合格的范围内。生产中曾发现采用 UCON E 介质淬火,工件表面温度即使冷至 50 ℃ 上下也未见开裂现象。

2.4 合金结构钢的调质处理

15% UCON E 水基淬火剂用于 42CrMo、25CrNiMo 等钢零件的调质处理,同样收到较为理想的效果。如石油开采防开喷的安全设施零件(大小壳体、侧门),材料为 25CrNiMo 钢,化学成分(质量分数,%)为:0.27 C, 0.95 Cr, 0.79 Ni, 0.23 Mo, 0.88 Mn, 0.29 Si, 0.007 P, 0.005 S, 0.17 Cu, 0.01 W, 0.01 Ti, 0.01 V, 0.01 Sn,典型零件尺寸见图 5,单重 12 t。

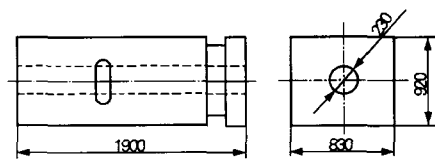


图 5 大壳体零件草图

Fig. 5 Sketch of a big shell part

大壳体于 890 ℃ 加热淬入 45 ℃ 的 15% UCON E 水基淬火剂,冷却 2.5 h,表面温度 60 ℃,经 630 和 650 ℃ 回火,表面硬度 220~234 HB,取样达到所要求的力学性能指标,未出现淬火开裂现象。

3 讨论

3.1 关于介质浓度、温度的控制问题

由于 UCON E 水基淬火剂的浓度、介质温度、搅拌速度均会对冷却性能产生影响。在实际生产中必须对介质的浓度、温度实行监控,建立相应的制度。对于搅拌而言,一定的冷却系统对应一定的搅拌速度不会有太大变动。为了加快大模块在高温区的冷却,可在模块入液起始 20 min 内作上下窜动,使蒸汽膜、聚合物膜尽早破裂,进入核沸腾期。

介质浓度:浓度为 15%,允许偏差 ±1%,即控制在 15%±1%。生产中采用粘度计测定为主,辅以折光仪(折光仪读数受介质污染影响,却不受介质降解

的影响)<sup>[3]</sup>。通常1个月内调整1~2次,根据实际浓度适量补充新液与水。

介质温度:温差在20℃上下波动,通常控制在30~50℃(冷天有时会低于30℃也无妨)。随着介质温度的变化,工件在液内的冷却时间需作相应的变动,如介质温度在30~40℃时,工件的冷却时间约是水冷1.3~1.5倍;介质温度在40~50℃时,工件的冷却时间约是水冷的1.5~1.7倍。

3.2 关于介质对环境因素的影响问题

选用淬火介质除冷却性能指标外,另一重要依据是介质是否会影响工人的健康及构成对环境的污染。

采用油淬火,往往车间环境差、操作条件差,而且会有火灾之虞。而用水基淬火剂淬火不仅彻底避免火灾危险,而且有良好的工作环境。曾对淬火槽四周挥发的有害气体(工件淬火时)进行测定,测试结果见表5。表明工作场所的有害物质均低于有关的标准限,即不会构成职业病的危害或破坏作业环境,可以放心使用。但仍需强调,该液严禁吞服,谨防溅入眼内,接触淬火液或原液后必须用肥皂洗净;操作中尽可能做到工件不在高温(如>200℃)出液,以免在车间内散发大量聚合物的烧焦气味,另外需加强车间的对流通风。

表5 UCON E 淬火槽挥发气体的测定值(工件淬火时)  
Table 5 The test values of volatile gas in UCON E quenching tank

项目	标准	实测值
甲醇	25 mg/m <sup>3</sup> (时间加权平均容许浓度) GB/T 16063《车间空气中甲醇的热解 吸气相色谱测定方法》	未检出
醋酸 乙酯	200 mg/m <sup>3</sup> (时间加权平均容许浓度) GB/T 16045《车间空气中苯的热解吸 气相色谱测定方法》	未检出
甲醛	0.5 mg/m <sup>3</sup> (最高容许浓度) GB/T 16057《车间空气中甲醛的酚试 剂(MBTH)分光光度测定方法》	均值 0.022 mg/m <sup>3</sup> (0.0015~0.04 mg/m <sup>3</sup> )
氧化氮	5 mg/m <sup>3</sup> (最高容许浓度) GB/T 16032《车间空气中氧化氮的盐 酸萘乙二胺分光光度测定方法》	均值 0.049 mg/m <sup>3</sup> (0.035~0.06 mg/m <sup>3</sup> )

注:上海市预防医学研究所测定(测定时间 2003-03-12)

3.3 关于介质耗量的问题

介质耗量是用户十分关心的一项经济指标,是用户选用介质的依据之一。按通常介绍,水基淬火剂的吨钢消耗原液在3 kg左右,实际上,介质的消耗量除与介质类型、浓度、温度有关外,还与工件形状、表面积、表面状态及工件出液温度高低等有关<sup>[8]</sup>;另外,与冷却系统的设备状况(是否泄漏)有关。目前在冷却系统设备良好的状况下,大模块预硬化处理的吨钢消

耗量在1.6 kg左右,只占成本的极小部分。

3.4 关于介质老化变质问题

介质是否能长期稳定可靠使用,即介质是否易老化变质,同样为用户选择使用的依据之一。介质的老化变质一方面决定于聚合物本身的类型、分子量大小及添加剂,另一方面决定于日常的维护保养。

高分子聚合物由于机械搅拌、热或生化(细菌微生物等)作用会产生分子断链现象,即俗称的老化变质(降解),使冷却性能发生变化或产生异味。一般来说,PAG类聚合物链较坚实,热稳定性和机械稳定性较好<sup>[9]</sup>。要尽最大可能减少污染度或染菌程度,日常维护要注意:

(1)平时无淬火工件时,仍需对淬火槽液体进行搅拌,以防厌氧菌的繁殖生长;

(2)严禁油污、脏物、非指定的防锈剂和切削液进入淬火槽,否则会使介质提前老化变质;

(3)氧化皮等固体物虽对冷却速度无甚大的影响,但得定期清除,以防成为细菌孽生的集聚死角区;

(4)保持淬火液一定的pH值,若低于8,细菌繁殖非常快<sup>[10]</sup>;一旦发现细菌繁殖生长,需加入适量的杀菌剂(苯酚、甲醛或表面活性剂等,由供应商决定);

(5)常压下CO、CO<sub>2</sub>气体在介质中的溶解度较低,不会对介质的性能带来太大影响,但氮气的溶入会使蒸汽膜阶段显著延长<sup>[9]</sup>,应避免。

4 结语

UCON E水基淬火剂在合适的浓度、介质温度、搅拌速度下,能适用于模块的预硬化处理,也可以用于结构钢等零件的淬火,是一种适用性广泛的冷却介质。UCON E水基淬火剂稳定性好,使用维护保养要求不高,较为适应大规模生产的需求。

参考文献:

[1] 李厚宏,等. 精锻渗碳齿轮用 UCON E 淬火剂代替油淬[J]. 金属热处理, 1995, 20(3):25.  
[2] Totten G E, Bates C E, Clinton N A. Handbook of quenchants and quenching technology [M]. ASM International Cleveland, 1993.  
[3] 朱祖昌. 聚合物冷却介质和热处理冷却技术(一、二)[J]. 热处理, 2001(2,3):1-5;1-7.  
[4] 周汝霖. 提高改善淬火冷却能力的途径[J]. 铸锻热-热处理实践, 1988(1):1-9.  
[5] 朱祖昌,等. 聚合物介质的冷却特性曲线及其应用[A]. 第八次全国热处理大会论文集[C]. 北京:2003. 9:669-672.  
[6] 薄鑫涛,等. 延长 5CrNiMo 钢热锻模寿命的探讨[J]. 热处理, 2004(1):42-44.

# UCON A 型水溶性淬火介质在粉末冶金件感应淬火中的应用

朱会文,陈枝钧(上海工业大学 嘉定通用机械有限公司,上海 201822)

**摘要:**为减少由铁基粉末冶金制造的汽车链轮在感应淬火时开裂,采用 UCON A 型水溶性聚合物作为淬火介质。结果表明,UCON A 型淬火介质在喷射冷却时不但不产生泡沫,还可以通过对介质浓度的调整,保证淬火介质在过冷奥氏体稳定性最低的温度范围内具有很高的冷却速度,又能显著减缓淬火介质在 200~300℃ 范围内的冷却速度。在链轮硬度与有效硬化层深度达到技术要求的情况下,UCON A 型水溶性淬火介质使铁基粉末冶金链轮感应淬火冷却时的应力降到最小,从而把淬火开裂比例控制在 1% 以内。

**关键词:**铁基粉末冶金件;水溶性聚合物;淬火介质;感应淬火

**中图分类号:** TG154.4    **文献标识码:** B    **文章编号:** 0254-6051(2006)09-0091-04

## Application of UCON A Water-Soluble Quenchant in Induction Quenching of Powder Metallurgy Steel Parts

ZHU Hui-wen, CHEN Zhi-jun

(Jiading General Machinery Co., Ltd., Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201822, China)

**Abstract:** In order to reduce the crack during induction quenching of powder metallurgy steel sprockets of car, UCON A water-soluble polymer was used as quenchant. The results show that UCON A PAG quenchant not only removes the scum during spraying cooling, but also ensures very high cooling rate at the temperature range in which the over-cooling austenite's stability is the lowest, and decreases remarkably the cooling rate in the region of 200~300℃ through adjusting the quenchant concentration. On condition that the sprocket's hardness and effective hardening case depth meets the technical requirements, UCON A quenchant can minimize the PM sprocket's induction quenching stress, and hence control the quenching crack rate within 1%.

**Key words:** powder metallurgy steel parts; water-soluble polymer; quenchant; induction quenching

铁基粉末冶金是以铁粉为主要原料,加以石墨、合金元素、硬脂酸锌与机油等,经过拌和,放在规定的模腔中,用压机冷压成型,再在保护气氛条件下经过 1100℃ 左右的高温烧结制成零件。铁基粉末冶金材料的金相组织与钢铁相似,不一样的是组织中存在一定量的孔隙。铁基粉末冶金件的孔隙起着局部缺口的作用,会引起应力集中,加大了孔隙部位的应力值,导致低应力断裂。由于铁基粉末冶金件存在孔隙,使其导热性能降低,因此铁基粉末冶金零件的淬火加热温度比同样化学成分的钢件要高,加热时间比同样化学成分的钢件要长,冷却速度比同样化学成分的钢件要快,淬火开裂倾向也比同样化学成分的钢件要大。在

感应淬火加热过程,可以通过缓慢升温或预热来减少铁基粉末冶金零件由于加热不均匀而造成的开裂。但为了提高铁基粉末冶金零件的强度与硬度,必须对加热到淬火温度的零件快速冷却。快速冷却可以用油、水或水溶性淬火介质。

用油冷却虽然减少了铁基粉末冶金零件的变形与开裂,但淬火时产生的油烟会污染环境,还容易引起火灾,更主要的是油在感应淬火时只能浸淬而不能喷淬,而浸淬很难达到铁基粉末冶金零件所需要的临界冷却速度。用水冷却虽然安全经济,但在马氏体转变开始点附近的冷却速度太快。UCON 水溶性淬火介质具有冷速范围从水到中速淬火油可调的特点,选择合适的浓度可以兼具油和水的优点,而且对加热零件表面具有很好的润湿性。考虑铁基粉末冶金件导热性能差的情况,UCON E 水溶性淬火介质只适合较慢冷速的场合使用,所以对铁基粉末冶金制造的汽车链轮进行感应淬火工艺设计时,首选 UCON A 作为淬火冷却介质,

**作者简介:**朱会文(1948—),男,江苏淮安人,公司总经理、高级工程师,主要从事感应热处理工艺研究工作,发表论文 12 篇。  
**联系电话:** 021-59903364    **E-mail:** zhw@shinht.com  
**收稿日期:** 2006-04-14

- [7] Segerberg S. 对聚合物淬火剂工艺和环境性能的评价 [A]. 第四届国际材料热处理大会论文集 [C]. 上海:科学技术文献出版社,1998:231-239.
- [8] 雷仲眉,等. 聚合物淬火介质的应用 [J]. 金属热处理, 1998, 23(11): 26-28.

- [9] Chen Chun-huai. Preventing bacterial growth in polymer quenchant system [A]. Proceedings of the 4th International conference on Quenching and the Control of Distortion [C]. Beijing: 2003. 9: 233-235.