

[文章编号] 1004- 0609(2001) S2- 0025- 04

聚合物水基淬火介质的应用^①

陈春怀, 王 欣, 张文兴, 周敬恩
(西安交通大学 材料科学与工程学院, 西安 710049)

[摘 要] 聚合物淬火介质是新近发展起来的具有显著优点的淬火剂, 在钢铁和有色金属淬火上得到了广泛应用, 但与其使用有关的一些问题, 如较大的变形、开裂和细菌滋生等, 也给一些使用者造成了巨大的经济损失。由对这些问题的长期跟踪和研究, 提出了要从正确选择聚合物淬火剂、使用时需要对淬火系统进行相应地改造和对使用中的水基溶液要进行严格监测等方面着手解决这些问题。

[关键词] 淬火; 聚合物; 淬火介质

[中图分类号] TG 144

[文献标识码] A

一般认为聚合物水基淬火剂具有以下的特点^[1, 2]: 1) 环保优点 消除了油淬时的烟雾, 大大改善了现场的工作环境, 消除了火灾隐患, 且无毒性; 2) 生产上的优点 由于在稀释状态使用, 溶液的粘度低于油, 带出量少, 所以投资和运行成本低, 比热和热传导率都较油大, 所以淬火温升小, 生产效率高, 淬火后可不清洗, 直接回火, 节约了时间和清洗剂的费用; 3) 技术优点 冷速可根据需要可调, 适应不同钢种的需要, 和油比较, 耐污染的能力较强, 和水相比, 减少了应力和变形, 消除了水淬时的软点等。

然而, 在聚合物水基淬火剂的应用上也发生了很多的问题, 例如较大的变形、淬火开裂、细菌滋生等, 给一些用户造成了巨大的损失, 故有人已经开始怀疑它的实用性。针对这些问题而进行的长期跟踪和研究表明, 不适当的淬火剂含量控制方法、不正确的聚合物淬火剂种类选择和淬火系统本身的不适应性是产生这些问题的主要原因。

1 聚合物淬火剂的选择

选择聚合物淬火剂的首要条件是要考虑它有合适的冷却性能, 表 1 和表 2 分别列出了不同淬火剂在 300 ℃的冷速和 H 值^[3]。

从表 1 和表 2 可见, 对于淬透性高而截面又非常复杂的机械零件应该选用热油或者是在有些情况下, 选用在 300 ℃冷速缓慢的 PVP 或者 PEO 类聚

表 1 不同淬火剂在 300 ℃的冷速

Table 1 Cooling rate at 300 ℃ for some typical quenchants

Quenchants	Normal Oil	Accelerated oil		PAG
Cooling rate / (℃•s ⁻¹)	5~ 15	10~ 15		30~ 80
Quenchants	PVP	ACR	PEO	Water
Cooling rate / (℃•s ⁻¹)	10~ 25	10~ 25	10~ 30	90~ 130

PAG —Ployalkylene Glycols; PVP —Polyvinyl pyrrolidone; ACR —Ployacrylates; PEO —Polyethyloxazoline

表 2 不同淬火介质的 H 值

Table 2 H figures from different quenchants

Quenchant		H value	Note
Water	Salted water	2~ 5	
	Plain water	0. 9~ 2	
Polymer	PAG	0. 7~ 2	
	ACR	0. 3~ 0. 9	Heavily influenced by conc. , temp. and agitation.
	PVP	0. 3~ 0. 9	
	PEO	0. 3~ 2	
Oil	High speed oil	0. 8~ 0. 9	
	Medium speed oil	0. 5~ 0. 8	
	Normal oil	0. 3~ 0. 5	
	Hot oil	0. 2~ 0. 3	

合物淬火剂。而目前最广泛使用的 PAG 类淬火剂其实只能适应铝件或低淬透性合金钢制零件的淬火冷却。

① [基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (59682006) [收稿日期] 2001- 07- 16; [修订日期] 2001- 09- 06
[作者简介] 陈春怀 (1963-), 男, 高级工程师, 博士研究生。

2 系统切换

系统切换多数是从原先使用油的系统直接切换的,但在切换时需要按照相应的程序和进行必要的系统改造,否则会留有遗患。

2.1 系统清洗

对原先使用油的系统需要进行彻底清洗以除去残留油物和脏物,否则这些残留物会污染聚合物水基淬火介质从而影响聚合物的浓度测量和冷却性能。清洗时可先加清洗剂到系统中循环、冲洗,然后用清水漂洗。在加水配液时,应尽量让系统循环,以便使溶液混合均匀。

2.2 系统相容性

淬火槽若涂有酚醛树脂类漆则应该除去。聚合物水基淬火剂具有防锈功能,涂漆防锈保护是不必要的也是有害的,如果特别需要涂漆的话,可以涂环氧树脂漆。不推荐使用镀锌钢板制作液槽,系统中也要避免使用铜、铝及其合金制作的部件,以防加速其老化。

橡胶密封件与聚合物水基淬火剂不相容。环氧乙烷、尼龙、聚乙烯和 PVC 基的塑料,以及除聚尿烷基外的绝大多数合成橡胶与聚合物淬火剂相容,可以使用^[4]。

2.3 搅拌

所有的聚合物水基淬火剂都强烈地受到搅拌的影响。为尽量消除蒸汽膜阶段的影响和使冷却和温度均匀,使聚合物淬火剂在淬火过程中处于良好的搅拌是非常重要的^[5]。其搅拌功率可以根据表 3 确定。

表 3 容积和搅拌功率

Table 3 Volume and agitation power

Volume of tank/ m ³	Power for agitation/(W·L ⁻¹)		
	Quenching oil	Polymer quenchant	Water
< 3	1.0	0.9	0.8
3~ 7.5	1.15	0.95	0.8
7.5~ 12	1.2	1.10	1.0
> 12	1.40	1.20	1.0

搅拌的形式可以采取泵循环,也可采用螺旋桨搅拌的形式。搅拌需要有导流管或导流板,并要插入到液面下一定的深度,例如不小于 300 mm。否

则,会卷入空气,延长膜态沸腾冷却,致使冷却不均,反而加大了变形和开裂的倾向。

目前很多工厂还在应用压缩空气搅拌的方法,它不仅由于促使气体参与热交换,延长膜态沸腾到核态沸腾的过渡,致使冷却不均匀从而变形加剧,而且带入的氧气加速了介质的氧化和老化,缩短了其服役寿命,所以应该停止采用压缩空气搅拌法。

2.4 温度控制

聚合物淬火剂的使用温度需要严格控制以便稳定和优化它的冷却过程,防止过度蒸发^[6]。对 PAG 和 PEO 类淬火介质而言还要防止溶液达到逆溶温度。

槽液温升可按下式来进行计算:

$$\Delta t / ^\circ\text{C} = \frac{mc_1(t_1 - t'_1)}{\tau \cdot V \cdot c_2}$$

式中 Δt —槽液的温升, $^\circ\text{C}$; m —一次淬火工件及卡具的最大质量, kg; c_1 —工件比热容, $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; t_1 —工件开始淬火时的温度, $^\circ\text{C}$; t'_1 —工件淬火终了温度,可取 60°C ; V —槽液的体积, L; c_2 —聚合物的比热容,可近似地认为与水的相同。

显然,淬火液的散热量为

$$Q/(\text{J} \cdot \text{h}^{-1}) = 4.18 \times 10^3 V \cdot \Delta t \cdot c$$

进而可求得冷却水流量

$$V_L/(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{Q}{c_L(t'_L - t_L)} \times 10^{-3}$$

式中 c_L 为水的比热容, t_L 和 t'_L 分别为冷却水进出口温度,需按夏天的最高温度来确定。

在以上计算的基础上可以进一步选择合适的冷却方法,浸入式冷却管和冷却水套只适应于小的系统,而且有冷却水泻入到系统中去的危险,外置式的水冷热交换器和强制风冷式的辐射器冷却效率高,适宜大型系统。空气冷却塔会把水基淬火剂直接暴露在空气中,加速介质的氧化和老化,增加细菌滋生的危险和缩短介质的服役寿命,故不推荐使用。制冷式冷却系统冷却效率很高但比较昂贵对大多数的机械制造厂家不一定适合。

3 系统监测

3.1 淬火剂含量控制

日常的含量检测可以方便地用白利糖量折光仪进行测控^[7]。

$$w/\% = F \times R \quad (1)$$

式中 w —质量分数; R —折光仪读数; F —折光

系数, 介质不同其值不同, 由供应商提供。然而在使用过程中, 随着时间的推移, 聚合物介质因机械、热和氧化的作用而逐步老化(断链), 即使在同样的含量下, 粘度会变得越来越小, 而对流阶段冷速变得越快。

控制含量的目的在于控制冷速, 而不断增大的对流冷速大大加大了工件变形和开裂的危险。不少热处理工作者认为, 不断增大的对流冷速可能是实际使用聚合物淬火剂的最大危害。笔者认为, 可用校正式(1)折光系数 F 的方法, 来抵偿这种不良影响。

在使用的槽液中提取样品, 在折光仪上测定读数 R 和相应的对流阶段的冷速(例如 300 °C 冷速), 然后, 根据图 1 所示的实验室测得的新液冷速和含量对应关系图, 得到对应冷速的质量分数。按照下式计算校正的折光仪折光系数 F_c 。

$$F_c = w_c \times 100 / R \quad (2)$$

现场控制浓度时用校正过的系数 F_c 来进行浓度控制, 即

$$w / \% = F_c \times R \quad (3)$$

这样不仅能够对目标浓度进行日常监控, 同时也能保证在使用过程中对流阶段冷速的稳定, 从而稳定了机械零件的热处理淬火质量。

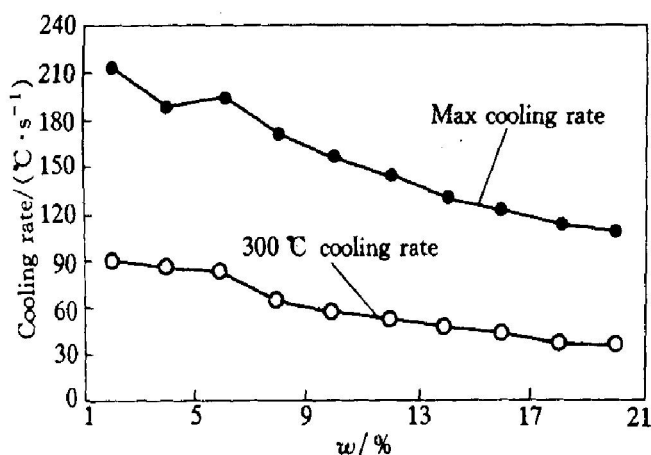


图 1 新液冷速与淬火剂含量的关系

Fig. 1 Cooling rate vs content in fresh solution

3.2 聚合物水基淬火剂的污染

1) 固体污染

不溶的固体物如氧化皮、碳黑等对冷却速度影响很小, 但对浓度测量的准确性有影响, 也可能对淬火后工件的表面清洁有影响, 所以, 应定期清理淬火槽。

2) 液体污染^[8]

聚合物淬火剂中若含有切削液、防锈油或液压油污染会作为细菌养料而促进细菌的滋生, 同时因

可能延长冷却中的蒸汽膜阶段而影响冷却性能。不同的水基淬火剂的链长和添加剂等均可能不同, 因此也要防止彼此间的污染, 即不要輕易混用。

3) 生物污染^[9]

有水、空气和温度的地方就有生命的繁殖, 所以聚合物水基淬火剂溶液容易受到细菌的侵袭。随着细菌的滋生会有难闻气味并导致工件生锈, 而真菌的滋生经常会堵塞过滤器和喷嘴, 也会对冷却性能产生不良的影响。聚合物淬火剂中一般都含有杀菌剂, 保持溶液处于循环状态(对于暂时不用的系统, 仍进行定期搅拌)就可以将细菌搅入到溶液中杀死。另外, 搅拌对防止厌氧菌的滋生很有效。如果细菌滋生严重, 可以加入相应的杀菌剂, 但量要适当, 因为杀菌剂一般对环境与健康都有较大的冲击和危害。

4) 溶解物污染

盐浴炉加热所带入的无机盐会溶入到溶液中去, 因此会影响折光指数, 从而影响浓度的控制和冷却性能。所以, 用盐浴炉加热的, 不宜使用聚合物水基淬火剂。氮气的溶入(例如碳-氮共渗气氛)会极大地减缓聚合物淬火剂的冷却能力, 因此在有氮气存在的场合, 要慎用聚合物淬火剂。

4 结论及展望

综上所述, 聚合物淬火介质的应用有着广阔的前景, 为最大限度地发挥聚合物水基淬火剂的优点, 减少和限制其不良的影响, 需要从淬火介质的选择, 系统改造和溶液的监测方面做深入仔细的工作。搅拌对冷速有明显的影 响, 所以淬火槽的搅拌装置不仅要使冷却均匀, 而且应该利用搅拌来调整冷速, 以适应不同钢种的需要。在很多情况下它比浓度(含量)调节更容易实现。

聚合物水基淬火介质本身存在的主要问题: 1) 应用在高合金钢淬火上还有危险, 不能完全代替油淬火; 2) 如何从介质本身角度防止老化。对于前一个问题, 需要开发新型的聚合物淬火剂, 而对于后者则要研制抗老化的添加剂, 这两个方面目前已有 很多新的进展。

[REFERENCES]

- [1] Moore D. Developments in liquid quenchants [J]. Heat Treatment of Metals, 1999, 3: 68- 71.
- [2] Totten G E. An overview of polymer quenchants [J].

- Industry Heating, 1998, 11: 29– 31.
- [3] CHEN Churr-huai(陈春怀). 聚合物淬火介质的正确选择 [A]. The Conference on Heat Treatment [C]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1996. 70– 75.
- [4] Tensi G. The behavior of polymer quenchant [D]. Birmingham: University of Birmingham, UK, 1998.
- [5] CHEN Churr-huai(陈春怀). 使用聚合物淬火剂出现变形和开裂的原因和对策 [J]. Material Science & Engineering for Enginery(兵器材料科学与工程), 2001, 5: 34– 37.
- [6] CHEN Churr-huai(陈春怀). 聚合物淬火介质的浓度测量 [J]. Mechanical Engineering Material(机械工程材料), 2001, 4: 22– 25.
- [7] Tensi H M, Stich A. Characterization of polymer quenchant [J]. J Heat Treat, 1993, 5: 40– 44.
- [8] CHEN Churr-huai(陈春怀), ZHOU Jing-en(周敬恩). 聚合物淬火介质系统细菌滋生的讨论 [J]. Hot Working Technology(热加工工艺), 2001, 2: 19– 22.
- [9] Totton G. The Handbook of Quenching [M]. ASM, 1997. 330– 340.

Application of polymer quenchant

CHEN Churr-huai, WANG Xin, ZHANG Wen-xing, ZHOU Jing-en

(College of Materials Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, P. R. China)

[Abstract] Polymer quenchants, a newly developed products with unique advantages, have been found wide application in machining process. However, quite a lot of new problems associated with its application, such as bigger distortion, crack, bacteria etc, have caused great losses and cast the doubt to its application. The systematic research for such problems is summarized. The solutions lie in the corrective selection of quenchant, the necessary modification of the system and monitoring solution in a suitable way.

[Key words] quenching; polymer; quenchant

(编辑 吴家泉)