

# PQA 新型聚合物淬火剂在铝合金淬火中的应用

## New Polymer Quenchant PQA and Its Application in Aluminium Alloy Quenching

王于林, 王孝军, 范勇强

(南京航空航天大学 南京洲联新产品技术研究所, 江苏 南京 210016)

**摘 要:**介绍了 PQA 聚合物淬火剂的冷却特性及在铝合金淬火中的应用,并对铝合金淬火后的力学性能、淬火变形和晶间腐蚀等方面进行了探讨。

**关键词:**聚合物淬火剂; 铝合金淬火; 机械性能; 介质管理

中图分类号: TG154.4

文献标识码: B

文章编号: 1001-3814(2009)04-0150-02

PQA 淬火剂是以两种环氧化合物为单体原料,用一定的引发剂和催化剂,在控制温度和压力下经反应的共聚物,是属于阴离子型线型结构的聚合物。外观呈乳白至浅黄色粘稠液体,在水中可无限溶解。

## 1 PQA 淬火介质的基本特性

### 1.1 逆溶及回溶性

PQA 均匀透明的水溶液,当其受热温度达到一定值时(75℃),溶液立刻变得混浊(乳白),此种现象出现的温度称浊点。

溶液(在浊点以上)继续增高温度并达到一定值时(80℃),混浊溶液中的聚合物便呈团状析出并下沉,溶液中开始析出团状聚合物的温度,称逆溶点。

溶液由于温度升高到逆溶点以上而析出的聚合物,只要溶液温度下降至逆溶点以下时,便会重新溶解,使溶液又变得均匀。析出的聚合物由于温度降低重新溶解的现象,称为回溶性。

浊点高低,决定着这类水基介质在淬火过程中实际可允许的最高温升,即介质的使用温度应低于浊点。逆溶现象及回溶现象,决定了 PQA 淬火介质冷却赤热金属时的冷却机制,是这类介质具有比较理想的冷却特性,明显减小淬火变形、防止开裂的关键所在。

### 1.2 冷却特性

当一定浓度的均匀水溶液冷却赤热金属时,

金属表面附近的溶液很快达到逆溶点,并发生团状聚合物析出。团状聚合物运动到金属表面则被粘附,从而在金属表面形成一层聚合物隔离膜。介质中的浓度越大,隔离膜的厚度也越大。由于聚合物导热性差,有隔热作用,所以介质浓度大,隔离膜厚,冷却速度小。因此,控制浓度,即可控制淬火所需的合适的冷却速度,既能避免零件淬不硬,又能防止淬火开裂或过大的变形。

淬火时工件表面形成的隔离膜,随冷却时间的延长而增厚,直到逆溶点以下温度时,隔离膜才发生回溶现象,因此 PQA 淬火介质在低温下的冷却速度不强烈,可以避免马氏体相变时产生过大的组织应力,从而防止产生淬火裂纹的危险性。

图 1 为水、油和不同浓度 PQA 淬火介质的特性曲线。可以看出不同浓度 PQA 介质的温度与冷却速度有如下三个特点:

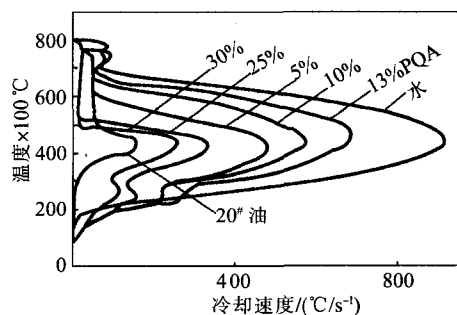


图 1 PQA 冷却特性曲线

(1) 介质浓度大于 15% 以上时,随介质浓度增大冷却速度下降。因为水溶液浓度越大,纯银探头的表面形成的聚合物隔膜越厚,隔热作用越明显,而且冷却最剧烈的泡状沸腾只发生在隔膜的外表面液体介质不与金属表面直接接触,所以介质的冷却速度低。

收稿日期: 2008-10-16

作者简介: 王于林(1933-),男,南京人,教授,主要从事金属材料及热处理研究;电话: 025-84486072;

E-mail: nj@zhoulian.net

(2) 介质浓度在 15% 以下时, 随介质浓度增大冷却速度增加。因为为数不多的聚合物分子对金属表面的浸润作用, 能使单质水的蒸汽膜厚度减小甚至不能形成, 因而提高冷却速度。

(3) 低温阶段冷却速度小。因为金属(工件)表面形成的隔离膜, 要在金属表面温度低于逆溶点 80℃ 以下时, 才能向介质中回溶完。因此隔离膜的隔热作用一直可以保持到低温。另外, 低温阶段时聚合物大分子运动缓慢, 流动性差, 对流热传导效果弱。由于这两个原因, 使金属工件的低温冷却阶段, 即相变阶段的冷却速度不大, 因而对减小组织应力, 防止淬裂有利。由于铝合金固溶处理时, 要求在 400~250℃ 之间快冷, 较高浓度的 PQA 水溶液能满足这一冷却特点要求。

## 2 在铝合金淬火中的应用

### 2.1 介质浓度选择

铝合金钣金件厚度为 0.8~3 mm 时, 选用 20%~30%PQA。厚度大者选用下限, 薄者用上限。铝合金铸件选用 20%~25%PQA, 铸件及其厚度大者取下限, 厚度小者取上限。

### 2.2 固溶并时效后的力学性能

LY12 不同厚度板材按常规加热后, 在不同浓度 PQA 介质淬火并自然时效后的力学性能如表 1 所示。板厚 1 mm 和 2 mm 的 LY12 板材, 在 PQA 介质淬火后其  $\sigma_{0.2}$  值比水淬的略高。

表 1 不同厚度 LY12 板材在不同介质中淬火并自然时效后的性能

介质	$\sigma_b$ /MPa			$\delta$ (%)		
	1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm
水	416	429	447	19.3	19.2	19.5
30%PQA	417	428	449	21.6	18.6	20.4
30%PQA	412	432	453	19.9	19.5	20.3
30%PQA	441	459	476	20.4	19.8	19.6
25%PQA	423	437	465	21.3	18.1	20.7

### 2.3 疲劳试验

因条件所限, 做了弯曲疲劳的对比性试验。试样于硝盐炉(500℃)加热后, 分别在水、30%PQA 介质中淬火, 自然时效后在反复弯曲疲劳试验机上进行试验, 频率为 1240 次/min。在对称循环应力为 90 MPa 条件下, 1 mm 厚的 LY12 板材, 在 30%PQA 水溶液中淬火与在水中淬火的相比较, 周次比较接近。断裂的平均寿命, 水淬的为  $0.9 \times 10^6$  次, 而 30%PQA 淬火的为  $1.06 \times 10^6$  次。但断裂试样的数

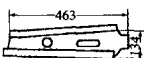
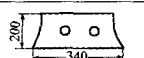
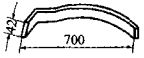
量水淬的为 75%, 30%PQA 淬火的为 43%。

因此可以说明, PQA 介质淬火的有关疲劳数据, 基本上与常规水淬火的处于同一水平。但 30%PQA 淬火的效果有更好的趋向。

### 2.4 变形效果

多种钣金件在 PQA 介质中淬火后的变形统计表明, 与水淬相比, 前者可减小淬火变形 50%~90%。部分钣金件淬火变形比较如表 2。

表 2 钣金件淬火变形比较

零件	淬火介质	原始翘曲量 /mm	淬火后翘曲量 /mm	校形程度
 厚度 1.2mm 件数 14	水	0.4~0.8	0.0~1.5	要校形
30%PQA	0.5~1.2		基本不校	
	0.5~1.0		基本不校	
	0.5~0.8		基本不校	
 厚度 1.2mm 件数 80	水	0.4~0.8	8~10	要重校
30%PQA	8~10		要重校	
	0~0.6		基本不校	
	0~0.5		不校	
 厚度 1.0mm 件数 6	水	0.5~1.0	10~12	要重校
25%PQA	7~10		要校	
	9		要校	
	1.0		不校	
 厚度 3mm 件数 14	水	25%PQA	靠模	要校
25%PQA	靠模		基本不校	

### 2.5 晶间腐蚀

(1) LY12 板材在厚度小于 3 mm 时, 于所述浓度的 PQA 介质中淬火, 自然时效后, 没有晶间腐蚀现象产生。

(2) 将 LY12 铝板于 PQA 介质中淬火并时效后, 在切取的横截面(无包铝影响)上, 将试样打磨、抛光, 在室温下, 于 100 mL 水加 2 mL 盐酸和 3 g 氯化钠的溶液中进行腐蚀, 在显微镜下观察是否出现晶界腐蚀现象。结果表明, 3 mm 厚的 LY12 板材在浓度为 30%PQA 以下水溶液冷却后, 于上述溶液中经 24、48、72 h 腐蚀, 均无晶间腐蚀发生。浓度低的 PQA 介质, 更不会产生晶间腐蚀。

## 3 结语

PQA 淬火剂可取代水-油之间的任何淬火剂, 其显著特点是冷却速度可调。能减小淬火变形, 防止淬火开裂。此外, 用 PQA 作淬火剂, 可免除油淬时的除油工序, 消除常规淬火剂的环境污染问题, 使用寿命长, 操作简便, 具有明显的经济效益和社会效益。■