

# 使用 PAG 聚合物淬火液常见问题分析及其对策

陈希原<sup>1</sup>, 官伟<sup>2</sup>

(1. 重庆海森机电设备开发公司, 重庆 400039; 2. 重庆本创机械有限公司, 重庆 402195)

**摘要:**基于多年应用 PAG 聚合物水溶性淬火介质的实践经验,对 PAG 聚合物淬火液在热处理生产现场使用中出现的假浓度、冷却特性变化大、淬火件锈蚀、淬火液腐败发臭和产生泡沫等几个典型问题进行了简要分析,提出了相应的解决办法及对策。

**关键词:**PAG 聚合物淬火液; 典型问题; 分析及对策

**中图分类号:**TG154.4 **文献标志码:**B **文章编号:**0254-6051(2020)01-0048-06

## Analysis and countermeasures of common problems on using PAG polymer quenchant

Chen Xiyuan<sup>1</sup>, Guan Wei<sup>2</sup>

(1. Chongqing H-senic Machinery & Electrical Equipment Company, Chongqing 400039, China;

2. Chongqing Benchuang Machinery Co., Ltd., Chongqing 402195, China)

**Abstract:** Based on experience practice used PAG for many years, typical problems appearing in production field of heat treatment on using PAG (Poly alkylene glycol) quenchant were analyzed, such as pseudo concentration, big changes of cooling characteristic, corrosion of quenching parts, corruption and smelliness of quenchant, foaming of quenchant, etc. The corresponding solutions and countermeasures were put forward.

**Keywords:** PAG polymer quenchant; common problems; analysis and countermeasures

PAG 聚合物水溶性淬火介质(简称 PAG 淬火剂)自 1965 年最早获得专利以来,在国外工业界早已有 20 多年的应用历史,20 世纪 90 年代初此类产品才开始在我国逐步推广应用,目前聚合物水基淬火剂的用量已达到了整个淬火介质的 25%<sup>[1]</sup>。由于它具有独特的逆溶性、稳定性和不着火、无油烟等优点,在解决工件热处理淬火软点、畸变与开裂、提高工件的性能与质量和清洁环保等方面发挥了较大的作用。

目前,国内有很多企业热处理都在使用国、内外不同厂家生产的 PAG 聚合物淬火剂,有少数企业因缺乏使用淬火剂及维护管理方面的知识和实践经验,且对淬火液的使用特性认识不足,而造成企业热处理淬火产品大量返工或报废,甚至因使用维护管理不当造成淬火液提前老化变质失效而将其整槽倒掉,给企业带来较大的经济损失,不仅阻碍了该介质的推广应用,而且还严重影响了企业的经营发展。

因此,总结 30 多年来在使用 PAG 聚合物淬火液中通常出现的假浓度、冷却特性变化大、淬火件锈蚀、淬火液腐败发臭和产生泡沫等几个典型问题,概括起

来就是淬火液冷却性能的变化和防锈及防腐性能的变化,对产生这种变化的原因进行分析,并针对性地提出解决办法及对策,对指导和帮助热处理生产企业长期稳定地使用好淬火液和保证工件热处理质量具有重要的指导意义。

## 1 试验材料及方法

### 1.1 试验用淬火液

PAG 聚合物淬火剂是以特定的聚醚类非离子型聚氧化烷撑高分子聚合物(PAG)为基添加有能获得防锈、杀菌、防腐、消泡、润湿等辅助性能的多种复合添加剂和适量的洁净水混合调配制成的<sup>[2]</sup>。通常将一定数量的淬火剂加不同量的水稀释成 3.0%~20.0% 不同浓度的淬火液供生产使用。试验采用的淬火液为新配液和生产现场使用液。

### 1.2 淬火液浓度的检验

对于新配液和使用液,采用量程为 0~15%、最小刻度为 0.1%~0.2% 的手持糖量折光仪测量出不同浓度 PAG 淬火液的折光率(简称折光读数),然后按公式(1),得出所测淬火液的浓度百分比:

$$W(\%) = K \cdot (B_x - B_j) \quad (1)$$

式中:W 为所测淬火液的浓度值(%);K 为该淬火液在 30℃时的浓度相乘系数,本文为 2.5;B<sub>x</sub> 为所测淬火液的总折光率;B<sub>j</sub> 为所测淬火液的假像折光率(新配液为 0)。

收稿日期:2019-06-12

作者简介:陈希原(1957—),男,高级工程师,主要从事热处理淬火介质、锻造余热淬火、工模具热处理、表面化学热处理等方面的工艺研究和生产现场技术服务,发表论文 43 篇,E-mail:1033181149@qq.com

DOI:10.13251/j.issn.0254-6051.2020.01.010

对于使用周期在 3 ~ 6 个月以上的生产现场使用液,首先采用手持糖量折光仪测量出经加热分离过滤掉 PAG 聚醚后剩余残液的假像折光率( $B_j$ ),然后按照上式计算得出现场使用淬火液的浓度百分比  $W_x$  (%)。

### 1.3 淬火液运动粘度的检验

采用 SPH265-VI 型石油产品运动粘度试验器按照 GB/T 265—1988《石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法》测量不同浓度的新配液和使用液 40 °C 时的运动粘度值。

### 1.4 淬火液冷却特性的检测

采用国际热处理学会推荐使用的瑞典 Ivf quencho-test 淬火介质冷却特性测试仪依照 ISO 9950 “Industrial quenching oil-determination of cooling characteristics-Nickel probe test method” 国际标准<sup>[3]</sup>,该标准现已等同转换为 GB/T 30823—2014《测定工业淬火油冷却性能的镍合金探头试验方法》,来测量不同浓度新配液和使用液的冷却特性。

### 1.5 淬火液防锈对比试验

按照 JB/T 9189—2016《水基材料防锈试验方法 铸铁屑试验》,将浸过所试淬火液的 HT200 灰口铸铁干式切屑粉末铺在滤纸上,利用铸铁粉末表面积大和处于高湿度下易于锈蚀的状况,根据滤纸上留下的不同程度的锈迹及颜色来判断评价聚合物淬火液的防锈能力。

### 1.6 淬火液防腐败性和消泡性试验

采用 pH 计按照 GB/T 9724—2007《化学试剂 pH 值测定通则》,检验淬火液的 pH 值;采用量程为 50 mL 的具塞量筒取 5.0% 的淬火液,盖上瓶塞,以某一频率和摆幅上下摇动量筒数次,静置并开始计时,记录出现泡沫的最大容积和泡沫消至液面所用的时间,以产生泡沫容积的大小和泡沫消失的时间长短来比较淬火液抗泡沫性能的好坏。

## 2 使用 PAG 聚合物淬火液常见问题分析及对策

### 2.1 淬火液出现假浓度及冷却性能发生异常变化

在生产中,对于使用周期较长的淬火液,当现场采用折光仪测量的表观浓度与初配液一致时,工件经常会出现淬火开裂问题,经检测不同使用周期淬火液的冷却特性发现该液的冷却特性逐渐接近于自来水(见图 1),尤其是在淬火冷却低温阶段马氏体转变区间的 300 °C 冷速比同一折光读数下的初配液增加很多(见表 1),造成淬火组织应力剧增引起开裂。

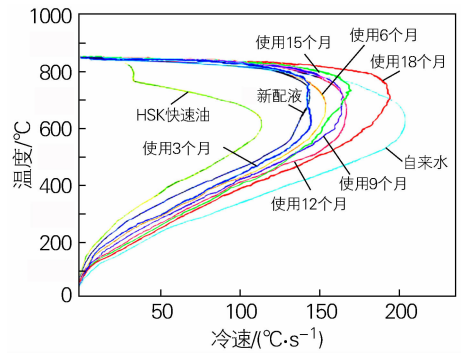


图 1 某 PAG 淬火液经不同使用周期的冷却性能对比  
Fig. 1 Comparison of cooling properties of a PAG quenchant for different service cycles

表 1 新、旧淬火液的冷却性能对比

Table 1 Comparison of cooling properties between new and old quenchants

使用周期	$B_x$	总浓度/ %	介质温度/ °C	$V_{max}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	$T_{max}/$ °C	$V_{300}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	搅拌 状态
初配液	14.0	10.0	30	150	702	45	
12 个月	4.0	10.0	30	165	630	73	静止
新配液	22.0	5.0	30	180	650	70	

由表 1 可知,在与初配液具有相同折光读数的情 况下,使用周期为 12 个月淬火液的冷却性能(以  $V_{300}$  °C 冷速为重点参考值)仅相当于 5.0% 新配液的冷却性能,则该旧液的真实有效浓度为 5.0%,其假浓度值则为 5.0% (总浓度与真实有效浓度之差)。

PAG 聚合物的特性和数量决定着淬火液的冷却性能<sup>[4]</sup>。最初配制 PAG 淬火液的折光率是由其中的 PAG 聚合物为主和复合添加剂为辅的折光率之和。当淬火液使用一段时间后,因 PAG 聚合物在高温和机械剪切作用下发生断链残留下来的分解和断链残留物、添加剂相对浓度及自来水中的可溶物质浓度的升高和淬火液受到污染所产生的污染物等均可增大淬火液的折光率。因此,经长期使用后淬火液的折光率就由有效聚合物、PAG 断链残留物、添加剂、水和外来污染物等几部分的折光率之和,除了有效 PAG 聚合物的折光率对浓度有重要贡献之外,其它均为假象的折光率,其产生的假浓度很容易误导使用者对真实浓度的判定而不采取措施,这样就会造成淬火工件出现严重的质量问题(如淬裂或畸变)。

目前,在生产现场测量使用周期较长的 PAG 聚合物淬火液的实际有效浓度通常有以下 3 种方法:

1) 加热分离法。首先采用折光仪测量旧淬火液的总折光率  $B_x$ ,然后将该液加热沸腾后静置至 PAG 全

部沉淀至杯底或部分漂浮在液面,使该液中有逆溶性的聚合物与无逆溶性的其它组分分离,此时测量出该液的假折光率  $B_j$ ,这样真实有效的折光率就是该液的总折光率与假折光率之差( $B_x - B_j$ ),将这个差值再乘以该淬火液的浓度相乘系数  $K$  即为该液粗略的真实有效浓度  $W_x$  值。

2) 粘度测量法。PAG 淬火液的粘度值随淬火液浓度的增高而增大。在 PAG 淬火剂中, PAG 聚合物的组分多少对淬火液的粘度高低影响较大,而其它组分(如添加剂或污染物)的对其影响较小。因此,用测量粘度的办法能较好地测量出淬火液中 PAG 组分的浓度(真实有效浓度)。某新配液不同浓度下的运动粘度值(40 °C)见粘度-浓度的关系图(图2),通过测量现场使用淬火液的运动粘度值就可较为精确对应查找出该液的真实有效浓度值。

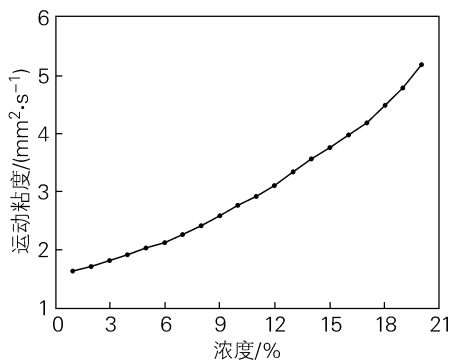


图2 PAG 淬火液的运动粘度与浓度关系图

Fig. 2 Relationship between kinematic viscosity and concentration of the PAG quenchant

3) 冷却特性法。定期测量所用淬火液的冷却特性。因淬火液在低温 300 °C 附近的冷却速度对多数钢种工件淬裂与否起着决定性的作用<sup>[5]</sup>。因此,重点凭其 300 °C 冷速来确定淬火液的实际有效浓度。新配某 PAG 淬火液不同浓度下的冷却特性典型值见表 2,其不同浓度下的 300 °C 冷速见图 3,通过检测生产所用淬火液的冷却特性,就可对应得知该液的真实有效浓度,然后再对生产现场采用折光仪测量淬火液的浓度值或对浓度相乘系数  $K$  进行相应的修正(修正后的值比新液的  $K$  值要小)。

由图 3 可知, PAG 淬火液在 300 °C 对流阶段的冷速受有效浓度的影响较大,但在一定的浓度下,在淬火液中加入某种特殊的添加剂,该剂能促进淬火液中 PAG 聚醚的充分析出而均匀地包围在淬火工件表面可显著降低 300 °C 对流冷速,见表 3,这样不但可减小产生裂纹的危险性还可减少淬火剂的消耗,现已大量

地应用于生产。

表 2 水、油和不同浓度 PAG 淬火液的冷却性能典型值  
Table 2 Typical cooling properties of water, oil and PAG quenchants with different concentrations

介质名称	浓度/ %	介质温度/ °C	$V_{max}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	$T_{max}/$ °C	$V_{300}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	搅拌 状态
自来水	0.0	30	220	635	90	
	3.0		190	640	80	
	5.0		180	650	70	
	8.0		168	680	60	
PAG 淬火液	10.0	30	160	700	45	静止
	12.0		155	690	35	
	15.0		145	685	30	
	20.0		123	650	18	
HS 超速淬火油		40	116	645	16	

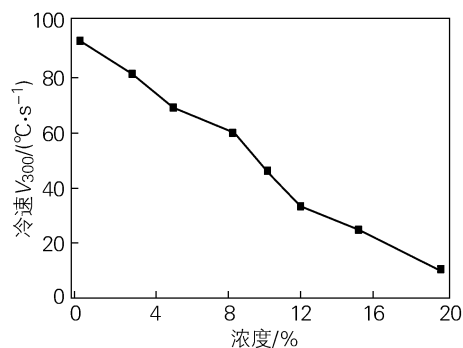


图3 某 PAG 淬火液的 300 °C 冷速与真实有效浓度关系图

Fig. 3 Relationship between cooling rate at 300 °C and true effective concentration of a PAG quenchant

表 3 某添加剂对某 PAG 淬火液冷却性能的影响  
Table 3 Effect of an additive on cooling properties of a PAG quenchant

淬火液	$B_x$	介质温度/ °C	$V_{max}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	$T_{max}/$ °C	$V_{300}/$ (°C · s <sup>-1</sup> )	搅拌 状态
使用 5 年的 旧淬火液 A	6.8	30	146	690	70.8	静止
A + 添加剂 B	7.0	30	150	728	40.8	静止

值得注意的是,对于使用周期较长的淬火液,采用加热分离法和粘度测量法得出的浓度值往往要高于真实有效浓度,而采用冷却特性仪检测其冷却特性却与较低浓度的新配液相当。因此,通过补充添加新剂提高折光读数即可改善所用淬火液的冷却性能。

为了稳定淬火液的冷却性能,首先就要减小 PAG 聚合物的带出量,在工艺许可的情况下,延长工件在淬

火液中的停留时间,以利于工件上所粘附的 PAG 聚合物能充分溶解回到淬火液中,并对刚出淬火液的工件做进一步的自来水清洗,将该清洗用水作为补充水再加入到淬火液中;对于批量淬火工件,可通过实践统计出淬水量与淬火剂消耗量之间的关系(通常每淬火一吨工件,大约消耗 1~2 kg 淬火剂),并按此补加淬火剂,使带出消耗和补充添加达到平衡;对淬火液进行合理的循环和搅拌,减少 PAG 聚合物在淬火冷却的最初高温阶段下的热氧化烧损断链;定期对淬火液进行过滤净化处理,去掉淬火槽底部的氧化皮、粉尘、污泥等

污染物后再补加新淬火剂可减少假浓度<sup>[6]</sup>。

### 2.2 淬火工件表面生锈

PAG 聚合物淬火剂中的辅助添加剂里都含有一定量的防锈剂,加水稀释配成淬火液的防锈性能是优于自来水的,其淬火工件防锈周期的长短不仅与淬火剂中防锈剂的特性及含量有关,而且还与现场使用浓度有关,淬火剂中不同的防锈剂量和不同淬火液浓度对防锈性能的影响对比试验结果见图 4 和图 5,其锈蚀结果评定按 JB/T 9189《水基材料防锈试验方法 铸铁粉末法》中的规定,见表 4。

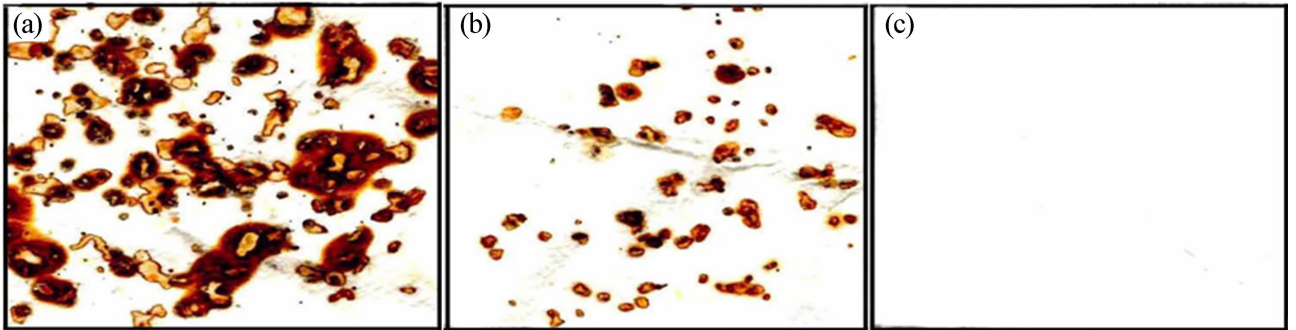


图 4 PAG 淬火液防锈剂对试件锈蚀程度的影响  
(a) 无防锈剂;(b) 加少量防锈剂;(c) 添加最佳量防锈剂

Fig. 4 Effect of anti-rust agent in PAG quenchants on degree of corrosion for the test piece  
(a) no rust inhibitor; (b) adding a small amount of rust inhibitor; (c) adding the optimum amount of rust inhibitor

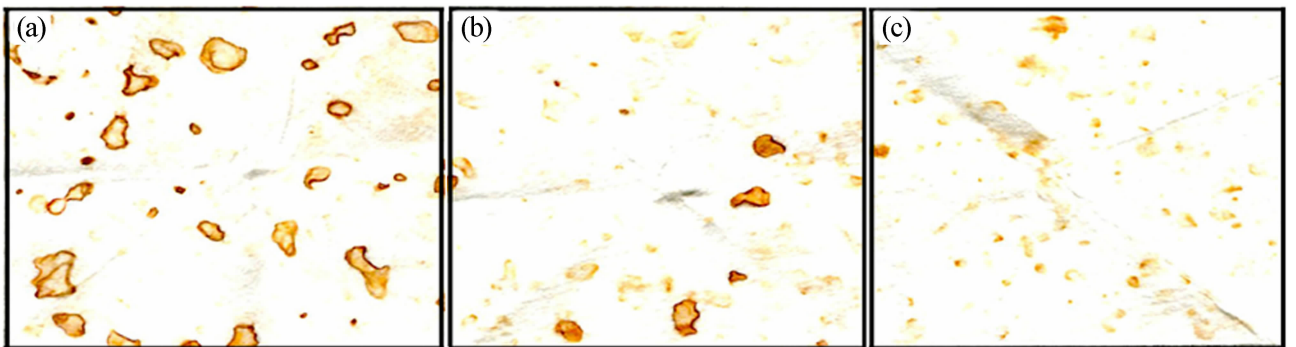


图 5 PAG 淬火液的浓度对试件锈蚀程度的影响

Fig. 5 Effect of concentration of the PAG quenchant on corrosion degree for the test piece  
(a) 5.0%; (b) 8.0%; (c) 10.0%

表 4 锈蚀结果评级表

Table 4 Corrosion result rating scale

级别	锈蚀程度	观察结果
0	无锈蚀	无锈蚀
1	微量锈蚀	不超过 3 个锈点,锈点直径不超过 1 mm
2	轻度锈蚀	锈蚀面积 4%~10%,锈迹色浅
3	中等锈蚀	锈蚀面积 11%~25%,锈迹色较深
4	严重锈蚀	锈蚀面积 >25%,锈迹色较深

图 4 和图 5 结果表明,随着淬火液中防锈剂含量和有效浓度的提高,不同程度地提高了淬火工件的防

锈能力,但防锈剂的添加有个最佳值,若大于这个值,不但会影响淬火液的冷却性能而且还增加了淬火剂的生产成本。

淬火液在长期的使用过程中,工件带出和热解分化的不仅仅是 PAG 聚合物,而且还有一部分辅助添加剂如防锈剂。另外,淬火液在使用过程中,因受到不同程度的各种污染而产生细菌,这些细菌和硬水中的阴阳离子均会消耗淬火液中防锈剂的有效成分,使淬火液的防锈能力下降,从而造成工件淬火冷却出液或放置较短时间后出现不同程度的锈蚀。

在正常生产中,一般补加了淬火剂就会补充防锈剂,当发现淬火液防锈性能不足时,可以补加少量的防锈剂。为了稳定淬火液的防锈性能,应使用干净的自来水配液,严禁使用河水(河水中含有生活污水其含盐量高使生锈加剧,且河水中的雨水多为酸雨,会降低所配液的pH值);避免淬火液受到污染而滋生细菌,通过添加淬火剂或pH调整剂将淬火液的pH值维持在9.0左右,使淬火液始终处在一个碱性环境中,可避免滋生细菌并减缓防锈剂中有效成分的消耗,从而稳定淬火液的防锈性能。

### 2.3 淬火液腐败发臭

PAG淬火液的腐败变化往往发生在溶液先受到油之类的有机物污染,然后又较长时间停产未使用,尤其在天气较热的夏季或霉雨季节。腐败的表现现象为发臭、变黑,污染生产环境。

聚合物淬火剂富含有机养料,在有水、空气和养分的情况下,聚合物淬火剂系统容易滋生细菌。使用中的淬火液受到污染后,滋生了大量细菌,释放出酸性物质,使pH值降低,散发出难闻的臭味,而pH值降低,又会促使细菌的滋生<sup>[7]</sup>。

对发臭的淬火液进行循环搅拌,过一段时间臭味就会消失。这种腐败变质是由厌氧细菌引起,通入空气即有杀菌效果或补加很少一点杀菌剂,即可以杀灭细菌,消除臭味。为了预防淬火液腐败发臭的现象发生,平时在停产期间,每天对溶液进行循环和搅拌<sup>[8]</sup>,以防厌氧细菌的滋生;严禁油污、切削液等外来污染物混入淬火液中;密切监控淬火液的pH值,使其始终维持在不利于滋生细菌的碱性环境中。

### 2.4 淬火液面出现大量泡沫

使用中的淬火液在液面上出现不同程度的泡沫会妨碍操作者确定液面的位置并减慢溶液的冷却速度,不但会导致工件淬火硬度不均匀或硬度不足,而且因溶液与空气接触面积增大,可加快淬火液的氧化变质。

PAG淬火剂聚合物的特性品质、配液用水的硬度高低、外来污染物、淬火液搅拌的激烈程度和淬火液循环冷却系统中管道漏气及管口露出液面等均可使淬火液产生大量泡沫。PAG淬火液中不同来源的聚合物其产生泡沫程度的对比试验结果见表5。

在生产中,淬火工件的带出和淬火液受到污染而消耗了淬火剂中的消泡剂,一般补加了淬火剂就补充了消泡剂,当发现淬火液泡沫严重时,可以补加少量的无油水性消泡剂。选择品质好的聚醚作为生产淬火剂的主要原料、采用经杀菌后检验合格的洁净自来水作为淬火液的配液水、检查淬火液循环搅拌和冷却系统

表5 几种聚醚的抗泡沫性对比

Table 5 Comparison of foam resistance of several polyether

序号	名称	浓度/ %	液温/ ℃	抗泡性能指标		参考 标准
				泡沫容积/ mL	泡沫消失 时间/s	
1	某进口聚醚(A)			12	15	GB/T
2	某国产聚醚(B)	5.0	30	18	25	12579—
3	A与B按1:1混合			14	18	2002

的管道及配套装置等是否漏气、淬火液的回液出口应在液面300 mm以下、避免对淬火液进行激烈的搅拌等,均可预防产生泡沫。

## 3 结论

1) 对于使用时间较长的淬火液,现场采用折光仪测量得出的浓度值为假浓度和真实有效浓度之和,应及时采用加热分离法、粘度测量法和冷却特性法等加以修正,但对生产有重要指导意义的是冷却特性法。生产中,对使用时间较长的旧淬火液通过补充添加新剂提高折光读数来补偿因产生的假浓度造成真实浓度的降低从而改善淬火液的冷却性能,并经常对淬火液进行过滤清理,保持淬火液的清洁,可进一步减小假浓度和延长淬火液的使用寿命。

2) 对于PAG淬火剂,除了应选用品质优良、稳定性好且对淬火液冷却性能有重要贡献的PAG聚合物作为淬火剂的主要原料以外,还应对配液用水的质量加以重视,该水的质量好坏直接关系到淬火液的防锈性、防腐性和抗泡沫性能。

3) 在淬火液的使用过程中,除了每天对浓度进行正常测量之外,还要经常测量溶液的pH值,将该值维持在9.0左右,使淬火液始终处在碱性的环境中可防止细菌滋生;预防淬火液受到污染和在停产期间对淬火液进行循环搅拌,对延缓淬火液的腐败变质具有重要意义。

4) 在淬火液进行循环搅拌的条件下,通过延长回溶时间而减少工件表面带出的淬火剂并按实践统计的消耗量进行正常补充添加,对确保PAG聚合物淬火液的冷却、防锈、防腐和消泡等性能的稳定性同样具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 张晓文, 齐卫东. PAG介质替代淬火油技术的开发及应用[J]. 机械研究与应用, 2017, 30(5): 165-167.  
Zhang Xiaowen, Qi Weidong. Development and application of PAG medium instead of quenching oil technology[J]. Mechanical Research and Application, 2017, 30(5): 165-167.
- [2] 张克俭. 淬火冷却介质及其应用技术漫谈[J]. 热处理, 2004, 19(3): 52-58.

# 多次真空固溶处理对 GH1131 高温合金组织和力学性能的影响

唐丽娜<sup>1</sup>, 杨强<sup>2</sup>, 张天德<sup>1</sup>

(1. 上海航天设备制造总厂有限公司, 上海 200245; 2. 西安航天发动机有限公司, 陕西 西安 710100)

**摘要:**利用真空高压气淬工艺研究了 GH1131 高温合金经 1100 ~ 1170 °C 范围内多次真空固溶处理后的组织和力学性能。结果表明,固溶态组织包含奥氏体晶粒和颗粒状碳化物,且随着固溶温度的升高,晶粒度稍有增大趋势。GH1131 高温合金经多次真空固溶处理后组织均匀,常温与高温力学性能稳定,经 1100 °C + 1130 °C + 1170 °C 三次真空固溶处理后,晶粒度维持了 6 ~ 8 级,900 °C 高温抗拉强度达到 200 MPa。

**关键词:**GH1131 高温合金;真空固溶;组织;力学性能

**中图分类号:**TG156.95 **文献标志码:**A **文章编号:**0254-6051(2020)01-0053-03

## Effect of multiple vacuum solution treatment on microstructure and mechanical properties of superalloy GH1131

Tang Lina<sup>1</sup>, Yang Qiang<sup>2</sup>, Zhang Tiande<sup>1</sup>

(1. Shanghai Aerospace Equipments Manufacturer Co., Ltd., Shanghai 200245, China;  
2. Xi'an Space Engine Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710100, China)

**Abstract:** The microstructure and mechanical properties of superalloy GH1131 after multiple vacuum solution treatments at 1100-1170 °C were studied by using vacuum high-pressure gas quenching process. The results show that the solution treated microstructure contains austenite grains and carbide particles, and the grain size tends to increase with the increase of solution treatment temperatures. After multiple vacuum solution treatments, the microstructure of superalloy GH1131 is homogeneous and the mechanical properties at room temperature and 900 °C are stable. The grain size of superalloy GH1131 maintains grades 6-8 after three times vacuum solution heat treatments of 1100 °C + 1130 °C + 1170 °C, and the tensile strength at 900 °C reaches 200 MPa.

**Keywords:** superalloy GH1131; vacuum solution treatment; microstructure; mechanical properties

GH1131 合金是一种以 W、Mo、Nb 和 N 等元素进行固溶强化的铁基高温合金<sup>[1]</sup>,常用于我国火箭发动

机上的高温零部件制造,经固溶热处理获得一定的高温性能后使用。传统方法使用空气电阻炉进行固溶处理,固溶温度 1140 °C,热处理后表面产生大量氧化皮,还存在表面氧化不均匀导致不同程度的腐蚀等情况,需在热处理后增加酸洗、磨修等工序,生产周期长且易发生产品尺寸超差、报废等问题,严重影响产品研制生产进度。因此采用真空热处理替代传统空气热处理,解决

收稿日期:2019-03-12

基金项目:中国航天科技集团有限公司共性工艺研究项目(GXGY-2019-09)

作者简介:唐丽娜(1984—),女,高级工程师,博士,主要从事先进热处理工艺研究,发表论文 20 余篇,E-mail:linatang149@163.com

DOI:10.13251/j.issn.0254-6051.2020.01.011

Zhang Kejian. Discussion on quenching and cooling medium and its application technology[J]. Heat Treatment, 2004, 19(3): 52-58.

[3] 曾广益. 淬火介质冷却曲线的判读和评价[J]. 金属热处理, 1999, 24(3): 38-42.

Zeng Guangyi. Identification and valuation for cooling curves of quenchants[J]. Heat Treatment of Metals, 1999, 24(3): 38-42.

[4] 陈志宏, 吴季恂. 冷却介质性能评定方法的进展-冷却曲线的发展和应[J]. 金属热处理, 1998, 23(6): 4-8.

Chen Zhihong, Wu Jixun. Progress in performance evaluation methods of cooling media-development and application of cooling curve [J]. Heat Treatment of Metals, 1998, 23(6): 4-8.

[5] 于程款, 刘林. 淬火冷却技术及淬火介质[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 2010: 40.

[6] 陈希原. PAG 淬火剂的使用要点及典型应用实例[J]. 热处理技术

与装备, 2006, 27(2): 51-55.

Chen Xiyuan. The application of PAG quenching agent and its typical application examples[J]. Heat Treatment Technology and Equipment, 2006, 27(2): 51-55.

[7] 陈春怀, 周敬恩. 使用聚合物水基淬火剂出现细菌问题的原因及其对策[J]. 热加工工艺, 2001(2): 27-28.

Chen Chunhuai, Zhou Jingen. Causes and countermeasures of bacterial problems in the use of polymer water-based quenchants [J]. Hot Working Technology, 2001(2): 27-28.

[8] 申谋, 马鸣图, 陈希原, 等. PAG 淬火介质在车用天然气钢瓶热处理中的应用[J]. 汽车研究与开发, 1996, 11(6): 41-43.

Shen Mou, Ma Mingtu, Chen Xiyuan, et al. Application of PAG quenching medium in heat treatment of vehicle natural gas cylinders [J]. Automobile Research and Development, 1996, 11(6): 41-43.