

PAG 淬火剂的使用要点及维护管理

陈希原 (重庆海森公司, 重庆 400039)

摘要: 本文作者根据十多年来在使用 PAG 淬火剂现场技术服务的亲身体会和实践经验, 概括地介绍了 PAG 淬火剂的选购、使用条件、使用要点及维护管理等方面应注意的问题, 供广大用户选择和使用淬火剂时参考。同时与国内外同行共同探讨如何做好售前售后服务, 指导用户正确地使用该产品。

关键词: PAG 淬火剂; 使用要点; 维护管理

Operation Key of PAG Quenchant and Its Maintenance

CHEN Xi-yuan

(Chongqing HaiSheng Corporation, Chongqing 400039)

Abstract: Based on the author's field technology service experience, how to choose the PAG quenchant, its working condition, operation key and maintenance are introduced in this paper. Those may help the users choose and use the quenchant, Those may benefit for the trade experts to talk about how to develop the efficiency of the quenchant. .

Key words: PAG Quenchant; Operation Key; maintenance

1 前言

PAG 水溶性淬火剂自 1965 年最早获得专利以来, 在国外工业界已有四十多年的使用经验, 90 年代初此类产品才开始在我国逐步推广应用。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、变形、裂纹以及保证和提高金相组织、机械性能和环保等方面发挥了巨大作用。

目前, 国内有许多企业都在使用国内外不同厂家生产的 PAG 淬火剂, 有少数企业因购买的产品质量差、使用条件不具备或因使用不当而造成热处理件大量返工或大批报废, 以至将淬火液整槽倒掉, 给企业带来较大的经济损失。因此, 淬火剂生产厂家除了应保证产品质量 (应达到 8 年服役能力如初) 以外, 还应向用户提供专业水准的有效的技术服务, 长期与用户保持联系, 指导用户正确地使用; 对用户而言应根据本企业的实际情况严格按照生产厂家制定的使用和维护管理规程科学地使用淬火剂。

因此, 为了指导热处理生产企业正确地选用和长期稳定可靠地使用 PAG 淬火剂, 本文作者根据多年来现场技术服务的实践经验, 浅谈 PAG 淬火剂的选购、使用条件、使用要点和维护管理, 供各厂选购和使用淬火剂时参考。

2 PAG 淬火剂的选购

目前, 国内外生产 PAG 淬火剂的厂家有很多, 令用户眼花缭乱, 如何从众多生产厂家的各类产品中选择一种适合本单位长期稳定使用的产品是各用户首先要考虑的问题, 通常应依照下列几点来选择:

- 在各个生产工序 (研发、采购、生产、检验、销售等) 应有一系列完善的质量保证体系;
- 高水平的技术人才 (精细化工、材料热处理) 和开发新产品的雄厚的技术实力和能力;
- 先进的检测手段 (如 IVF 仪);
- 用户 (尤其是同行用户) 的数量、使用效果和使用年限 (要求稳定使用 8 年以上不更换);
- 水平高的售前、售后服务的能力和对用户永远负责的诚信;
- 主要原料由国外某专业知名公司进口;
- 性价比较高;

此外, 还应考虑运输成本、供货周期和技术服务的快捷等因素。

3 使用 PAG 淬火剂应具备的条件

3.1 所处理工件原材料的质量控制

- 购买正规钢厂生产的原材料 (应按炉号冶炼), 并附有真实的质量保证书;

作者简介: 陈希原 (1957.5—), 男, 浙江温岭人, 高级工程师, 主要从事热处理工艺技术开发和现场技术服务工作, 已发表论文 32 篇。 联系电话: 13618353405 E-mail: chxy-005@163.com

- 对进厂的原材料应按冶炼炉号进行化学成分、低倍组织、机械性能、表面发纹等项目的复检，合格的材料才能投入生产使用；
- 对合格的原材料在各个生产工序（尤其是热处理工序）中实行分炉分批管理（剩余的钢料可按化学成分的相近情况组成混合批）；

在一定条件下实行分炉管理，是确保同一炉号材料、同一尺寸的不同批次工件在同一热处理炉按同一热处理工艺生产的产品获得性能一致性（如力学性能和显微组织）的先决条件。

工件原材料的进厂质量检查，对于从下料开始到产品出厂的一条龙生产的企业较容易实现，但对于仅进行热处理单一生产的单位应要求上家保证来料质量，关键件的来料应取样检查其化学成分、低倍组织（夹杂、疏松、带状偏析等）和表面发纹等。

3.2 粗坯件的预处理

重要的工件（如汽车转向节、半轴等）应在最终淬火热处理前进行正火预处理，以细化晶粒、均匀组织和部分愈合由于原材料和冷热压力加工带来的微裂纹。为了保证工件金相组织和性能的均匀性，有条件的企业对关键件应采用等温正火，并要求带状组织 ≤ 2.0 级、晶粒度 > 6.0 级、硬度均匀性 $< \pm 3HB$ 。

3.3 热处理设备应具备的条件

3.3.1 热处理加热设备

通常的淬火加热设备除了有传统的靠人工进出料的箱式、井式等周期性生产的空气或保护气氛炉（PAG淬火剂不适用于盐浴炉加热淬火）外，还有自动化程度较高、可实现少无氧化保护加热的网带炉、铸链炉、推杆炉等连续式热处理生产线。各类设备应有温度自动控制、有效加热区内的炉温均匀性最好应达 $\pm 10^\circ\text{C}$ 或 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

各热处理厂应定期对温控（包括记录）仪表、测温电偶进行校对和炉温均匀性的检测，并及时修正误差。

3.3.2 淬火冷却槽

- 淬火槽应有良好的、可控的搅拌装置和有效的导流装置，严禁压缩空气搅拌（压缩空气中有水和油）；
一般情况下，无论是采用泵循环还是螺旋定向搅拌器，其搅拌烈度以 $0.2\sim 0.6\text{m/s}$ 为宜（2~3档控制搅拌烈度），搅拌时应避免产生涡流。有效的搅拌不仅可提高淬火冷却烈度，而且可提高淬火冷却均匀性，对提高淬火硬度及均匀性、控制和减少变形、发挥PAG的作用等起到较大的作用，应加以重视。

- 应有淬火液的冷却降温装置

PAG淬火液的使用温度一般要求为 $20\sim 50^\circ\text{C}$ （最佳温度为 $30\pm 10^\circ\text{C}$ ）。随着液温的增高，其高温或低温冷速呈不程度地下降，生产现场应有热交换降温装置。通常有古老的以自来水为热交换介质的板式冷却器和螺旋冷却器（需要一定容量的自来水池和冷却水塔）和近年来推广使用的有不同冷却能力的空气冷却器（具有取消自来水池和冷却塔、避免冷却水渗入到淬火介质中、运行成本低等优点）。古老的热交换装置已逐渐被淘汰，客户应根据热处理生产率、生产制度等来选择一定冷却能力的空气冷却器（由保定金能换热设备厂生产），在气温炎热的地区，带喷淋装置的空气冷却器是首选。

- 淬火槽应有加热升温装置

在天气寒冷的地区和季节，对于易变形、开裂的复杂工件应采用一定表面负荷 $W < 1.0\text{W}/\text{cm}^2$ 的加热器对淬火液进行加热升温至 30°C 左右方可出炉淬火。在加热的过程中，淬火液应保持流动（若淬火液静止不动则会使与加热器接触的淬火液局部烧损，降低淬火液的使用寿命）；淬火槽应有液温显示（应选用其测量范围为 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 的低温电阻并安放在淬火槽的有效区域内）和控温装置，其测温仪表和温度传感器也应定期校对。

- 室外的淬火液循环槽应有防雨棚

有很多热处理生产厂为了省事和节省开支，在室外露天建造的循环槽无防雨棚，一方面在下雨时因雨水进入循环槽造成浓度降低（下暴雨会造成淬火液大量溢出，造成损失）和雨水对淬火液造成污染；在炎热的夏天因阳光直接照射会升高液温。另外，防雨棚还有遮灰尘的作用，以减少对淬火液的污染。

- 淬火槽的清洗

当原淬火槽盛装其它水基介质（如盐水、碱水、硝水、PVA等）或淬火油，若改用PAG淬火液时，应采用生产厂家指定的专用清洗剂对淬火槽、循环槽、泵、管道等与原物接触的器材进行彻底清洗和反复多次的清水（ $40\sim 50^\circ\text{C}$ 的热水最好）漂洗，最后经PAG生产厂家现场检查确认后即可。若对原槽清洗不好（如用其它非指定物品清洗）会损害所配的淬火液（使淬火液的冷却性能发生质的恶化），严重时会使淬火液整槽报废而倒掉（使淬火液的冷却性能发生质的恶化），应引起用户和PAG生产厂家的高度重视。

3.4 必要的检测仪器

● 硬度计

最常用的为 HR-150A 型洛氏硬度计，使用中应经常用在有效期内的、高、中、低硬度值的标准块校对示值误差。另一方面，应定期联系具有资格的计量法定单位来现场校对该仪器（如测定载荷的准确性）。

● 金相显微镜（常用 400×），并配备切样机和抛光机；

● 磁性探伤机

常用荧光磁粉探伤（要购买优质的磁粉），在使用中应经常采用标准探头校对仪器和定期让有法定计量资格的单位对该机进行检定，并对操作者进行岗位技术培训，考试合格者才能上岗。在实际生产中，有些探伤机会造成误判（如肉眼可见的裂纹，探伤机却检查不出来），给用户带来损失，应引起重视并采取有效措施。

4 PAG 淬火剂使用中应注意的问题

4.1 工件材料的淬透性

一般情况下，目前 PAG 淬火剂可适用于低中淬透性的合金钢（如 40Cr、35CrMo、42CrMo、65Mn、60Si2Mn 等）和小截面尺寸的中、高碳钢（35、45、60、T8 等），对于高淬透性钢（如 5CrMnMo、H13、Cr12MoV 等）通常采用普通油或快速油淬火。在特殊情况下，如 W6 或 W12 半高速钢经高中频加热后也采用 20-25%PAG 淬火液淬火（20-25%PAG 淬火液的冷却性能接近于淬火油）。当采用 PAG 淬火液代替油淬火时，对于一定尺寸的工件可采用较低淬透性的钢种，在达到同一性能或超出油淬性能（硬度、硬化层深度、金相组织级别等）的情况下，一方面可降低淬裂倾向，另一方面可降低钢材成本，会给企业带来显著的经济效益。

4.2 淬火液浓度

保证 PAG 淬火液浓度的稳定性及减少浓度波动是保证该淬火液冷却性能稳定性和保证热处理产品质量稳定的前提，应加以重视。

4.2.1 测量仪器及使用要点

在客户生产现场，通常采用手持糖量折光仪测量 PAG 淬火液的使用浓度。应注意下面几点问题：

● 选择合适的折光仪量程

一般情况下，当常用的浓度为 4-10% 时，则选用的量程 BX 为 0-10（如 WYT-10 型）；当常用的浓度为 10-15% 时，则选用的量程 BX 为 0-15（如 WYT-15 型）。

● 读数精度应高

建议选用读数精度为 0.01-0.02% 的仪器，有些 PAG 淬火剂生产厂家推荐用户使用其读数精度为 0.05% 的仪器，其测量误差较大。

● 测量前应对仪器进行调“0”校对

采用蒸馏水调零校对的方法依然适用，但为了避免因频繁使用小螺丝刀调“0”易损坏仪器的问题，在测量浓度前常用当地自来水（建议水温最好与所测淬火槽中 PAG 液的水温相同）校对（记下“0”以上的兰白分界线指示的误差 BX 值），然后用柔软物擦干净镜头上的水痕迹后用测量 PAG 的 BX 值减去自来水校对的误差，最后乘以该淬火剂的“相乘系数”即为浓度值。当使用自来水校对的误差值在仪器的“0”点以下时（该现象较少出现），则应使用小螺丝刀调“0”。

4.2.2 浓度的校对

当淬火液使用一段时间后，因受到不同程度的污染，使用折光仪测出的浓度会偏离实际值，则采用测量该淬火液的运动粘度和冷却特性来校对该类淬火液的“相乘系数”，这一工作主要靠淬火剂生产厂家来做，建议将现场浓度最好稳定控制在 $\pm 0.5\%$ ，以减少因浓度的波动造成介质冷却性能的较大波动，从而稳定产品质量。

4.2.3 浓度的选用

在一定的条件下（搅拌、液温），应根据钢件材料的淬透性（主要取决于钢的牌号）、工件形状和截面尺寸来确定，一般生产中常用的浓度范围为 5.0~12.0%，原则上钢的淬透性好、工件小且形状复杂、易变形开裂的产品可使用较高的浓度，反之亦然。具体的浓度值，由用户与生产厂家经不同批次的试验和试生产后确定，并经工艺评审后纳入热处理工艺规范。

4.3 PAG 淬火液的冷却特性

4.3.1 测量标准和仪器

目前,国内外大多数淬火介质生产厂家和使用厂常依据 ISO/DIS 9950 (Industrial quenching oil-determination of cooling characteristics-Nickel probe test method)、JB/T7951 (淬火介质性能试验方法)、SH/T0220 (热处理油冷却性能测定法)等标准来测量淬火介质的冷却性能。这三个标准仅是探头的材料和尺寸不同,ISO的探头为 $\phi 12.5\text{mm} \times 60\text{mm}$ 的Inconel 600镍基合金(JB和SH其尺寸为 $\phi 16\text{mm} \times 60\text{mm}$ 及 $\phi 10\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的银探头)。与银探头相比,镍合金探头的热物理性能非常接近钢,其冷却过程更能真实地模拟钢件的淬火冷却过程。因此,现在国内外很多介质生产厂家一直按照 ISODIS 9950 标准测量淬火液的冷却性能。

利用符合 ISO9950 标准的 ivf quenchotest 淬火介质冷却特性测定仪对淬火介质进行测量。ISO/DIS 9950 标准规定只适用于实验室标准条件下测定静止的油基介质试样,但 ISO 探头通过 ivf 检测仪已成功地应用于水基介质的检测(样品为 2000ml/1000ml、探头加热温度 850℃、液温常用 30℃、静止冷却),但要定期对探头进行标定(国内普遍采用 N32 机械油做为参照油)。

4.3.2 冷却性能的评价

ivf 仪首先绘制的是冷却过程曲线(温度-时间),然后经计算机处理绘制成冷却特性曲线(温度-冷速)。该冷却曲线应与所处理钢材的过冷奥氏体连续冷却曲线相对应和接近于钢件淬火的理想临界冷却曲线,常采用冷却速度评价法(最大冷速、最大冷速的温度、300℃的冷却速度),即高温阶段的冷却特性(V_{max} 、 T_{vmax})可以判定淬火液的淬硬能力能否满足钢件的淬火技术要求(可保证淬火硬度和金相组织),低温阶段的冷却特性($V_{300^\circ\text{C}}$)可以判定钢件的淬裂倾向性,定期测定 PAG 淬火液的 300℃ 的冷速已成为国内外热处理企业对淬火液进行监控的主要方法。

PAG 淬火液的冷却特性介于水和油之间,其冷却速度低于水或高于油(表 1)。

表 1 水、油、PAG 液三种介质冷却性能对比

Table 1 Cooling rate comparison with different quenchant

冷却特性 介质种类	最大冷速 ($^\circ\text{C}/\text{s}$)	最大冷速所在温度 ($^\circ\text{C}$)	300 $^\circ\text{C}$ 冷速 ($^\circ\text{C}/\text{s}$)	备注
自来水(30 $^\circ\text{C}$)	232	663	97	1. ISO/DIS 9950 标准; 2. ivf 仪; 3. 探头静止;
N32 机械油(40 $^\circ\text{C}$)	72	525	9	
PAG 液(15%、30 $^\circ\text{C}$)	150	740	20	

4.3.3 PAG 淬火液的浓度、液温对冷却性能的影响

在一定的搅拌下,随着淬火液浓度和液温的提高,其高、低温冷却速度均下降。在一定的浓度下,液温对冷却性能影响较大,液温达 50 $^\circ\text{C}$ 时,已明显出现蒸气膜,易使钢件产生淬火软点。因此,对易变形和开裂的钢件,可通过提高液温或浓度的办法来保证质量,建议液温 $< 50^\circ\text{C}$ 。在生产中,对于重要的产品,为了保证处理产品性能的一致性,应将温度波动控制在较窄的范围内(如 $\pm 5^\circ\text{C}$)。

4.4 热处理工艺的影响

4.4.1 淬火温度和淬火冷却

有条件的企业应按钢厂的冶炼炉号分炉分批地进行热处理。与原水淬和油淬相比,应根据钢料的化学成分、形状尺寸、技术要求,通常情况下其淬火加热温度应提高(与水相比)或降低(与油相比)。淬火温度带有普遍性。在特殊情况下,当不同炉号的同一钢件的化学成分碳当量偏上限或下限时,应调整其回火温度(上调或下调)。

为了减少消耗,淬火应冷至 PAG 的逆熔点(一般 $\geq 70^\circ\text{C}$)以下。与原水淬相比,其淬火冷却时间应延长;与原油淬相比,其淬火冷却时间应缩短。为了提高钢件的淬火冷却均匀性,在搅拌的作用下,工件应分散冷却,建议应保证淬火液的温升(ΔT) $< 10^\circ\text{C}$ 。

4.4.2 回火温度

应根据钢件的材料、尺寸、技术要求、淬火效果等因素来选择回火温度,对于不同炉号的同一钢件应根据淬火硬度来调整回火温度。在通常情况下,经 PAG 淬火液淬火的钢件其回火温度通常高于油淬的回火温度、低于水淬的回火温度。对于有条件的企业,可取不同炉号的同一钢料、同一规格尺寸的废品件在上

一炉的生产中进行模拟淬火回火试验,为制定合适的热处理生产工艺提供依据。

钢件淬火后应及时入炉保温回火,以免产生裂纹。(由于未及时回火而产生大批量裂纹报废的实例很多)。

4.4.3 淬火硬度的影响

与油淬相比,在一定浓度下,工件经 PAG 淬火液淬火后的硬度比油淬高 5~10HRC。淬火硬度的提高虽然有利于保证和提高金相组织级别,但却带来了产生淬火裂纹的危险性。对于一定尺寸的中碳低合金调质钢,为了保证金相组织合格,其心部淬火硬度应通过调整淬火温度、浓度、水温、搅拌烈度等因素控制到某种钢的半马氏体硬度加 3~5HRC 为好。在网带炉、铸链炉、推杆炉等连续式热处理生产线上,阶梯式的淬火加热工艺,既可保证金相组织合格(按 GB13320-91 标准评级)又可减少变形和开裂。

4.5 钢件“危险尺寸”的影响

一般情况下,不同成分的钢件都存在淬某种介质的淬裂“危险尺寸”,遇到此类情况,应特别注意采取措施,如预热、较低温度淬火(对金相组织要求不严的工件可采取“亚温淬火”)、预冷、提高 PAG 的浓度、提高液温、及时回火等。

4.6 工件裂纹的检查

采用 PAG 液淬火的工件应 100%地进行磁性探伤检查,每炉批产品的首件应及早进行探伤检查,确定无淬火裂纹后,才能批量淬火,以免造成不可挽救的损失(有些表面裂纹较浅,可机加工掉)。对于锻件毛坯热处理后喷丸并探伤后(纵向和轴向两个方向),还应进行机械加工后的二次探伤检查和相关的加载模拟试验。

4.7 减少淬火液的带出量

采用 PAG 淬火液淬火后,工件表面带有一层 PAG 膜,造成淬火液消耗增大(PAG 浓度、出水温度、PAG 原料聚醚种类等因素影响钢件的带出量),应在淬火槽旁增设一个热清水回收槽,将淬火出来的工件快速放入该槽中短时清洗或喷淋清洗回收后再回火,需要时用清洗槽中回收的水补加到淬火槽中。

5 PAG 淬火液的维护管理

5.1 浓度的监测

正常生产中应将淬火液浓度控制在规定值的±1%之内。当淬火液污染较为严重时,用折光仪监测有较大偏差,应定期(3-6个月)测量淬火液的运动粘度值,用于校正折光仪计算浓度时的相乘系数。也可采用加热分离和过滤技术,用重量法测量浓度,并对其进行监测。

5.2 污染及防止措施

常见淬火液污染可分为油类污染、不溶固体颗粒污染和溶水性污染等三大类,应视情况分别加以处理。

● 油类污染

一般情况下,漂浮在液面上的少量油污并不影响淬火液的冷却特性(可为厌氧细菌的繁殖创造条件,易使淬火液变臭),只要经常用干净的报纸将油污吸掉即可。如果淬火液中混入可溶性油类,则会严重影响淬火液的冷却特性(可不同程度地增加低温冷速),引起工件的开裂,应该避免。

● 不溶固体颗粒污染

主要来源于工件淬火时带入的氧化皮,对淬火液的冷却特性影响不大,应定期过滤或捞渣。悬浮的固体颗粒往往会增大淬火液的折光率,应经过滤后测量。

● 溶水性污染

可改变淬火液的颜色、折光率,对淬火液的冷却特性有不同程度的影响(有些可溶物可改变 PAG 聚合物膜的形成特性),应尽量避免。如果受到此类污染,可采用加热提纯的方法,利用 PAG 的逆溶性使受污染的溶液恢复正常。

5.3 特殊情况的处理

● 在热处理工艺规程中应规定,如果较长时间没有使用淬火液(尤其是在气候炎热、潮湿的夏季),应每隔 7~10 天对淬火液进行循环搅动 1~2 小时,并控制该液的 PH 值为 9.0~11.0(加入少量的弱碱性物质,能调整 PH 值),以增强淬火液自身的抗腐败和防锈能力。企业中的热处理检验部门应根据产品热处理工艺规程中的有关要求对其进行监督。

● 在室外的 PAG 淬火液循环储液池应增设防雨棚,以避免雨水稀释和污染淬火液。

8 结束语

重庆海森公司生产的 PAG 淬火剂在国内某些企业长期稳定地使用十年以上未更换的成功经验表明, 淬火剂生产厂家除了为用户提供优质的产品以外 (在正常使用的条件下, 能保证使用 8 年以上不更换), 还应长期提供专业水准的有效的售前售后服务, 指导用户具备和完善淬火剂的使用条件, 科学地使用和维护管理好淬火液, 这样不但能保证和稳定热处理产品质量, 而且还能进一步延长淬火液的使用寿命, 真正发挥出 PAG 淬火剂的功能。

参 考 文 献

- 1 吕利太. 淬火介质. 中国农业机械出版社, 1982.
- 2 钢的热处理裂纹和变形编写组. 钢的热处理裂纹和变形. 机械工业出版社, 1978.
- 3 ISO 9950 Industrial quenching oils-determination of cooling characteristics-Nickel-alloy probe test method
- 4 曾广益. 淬火介质冷却曲线的判读和评价. 金属热处理, 1999, 3: 38-40.