



# 水基聚合物淬火介质现状及发展

The Current Situation and Development of Water-based Polymer Quenchant

孙建林 姜聚满 熊孝经

北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100083

辽宁海明化学品有限公司, 辽宁 丹东118011

# 主要内容

---

1. 热处理介质的发展历程回忆
2. 水基聚合物淬火介质生产技术现状
3. 存在的问题与挑战
4. 新形势下淬火介质技术创新

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

热处理工序两个主要的构成环节：



加热



冷却

热处理的冷却涉及：冷却速度缓慢的退火，以空冷为主的正火，经过快冷来取得马氏体组织的淬火等。其中，淬火冷却要求高、技术难度大，一直是热处理生产关注的要点。淬火冷却技术首先是选择适合的淬火介质。所以，研究开发不同特征的淬火介质产品、根据情况选择合适淬火介质的品种和配比，研究开发能适应不同要求的多种淬火介质，是冷却技术也能够说热处理的首要内容。

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

对具有物态变化的淬火介质, 冷却时都有3个阶段(见图1.1):

- **蒸汽膜:** 工件温度高于介质的沸点, 周围介质大量热量汽化形成蒸汽膜, 使工件与周围介质隔开, 热量逸出仅靠工件表面经过蒸汽膜向周围淬火介质辐射和对流传热;
- **沸腾:** 稳定的蒸气膜遭到破坏, 冷却介质直接与热金属表面接触产生沸腾;
- **对流:** 沸腾停止, 工件的冷却明显转慢。热量从金属上移走的速率减慢, 工件的冷却主要靠淬火介质的传导与对流。

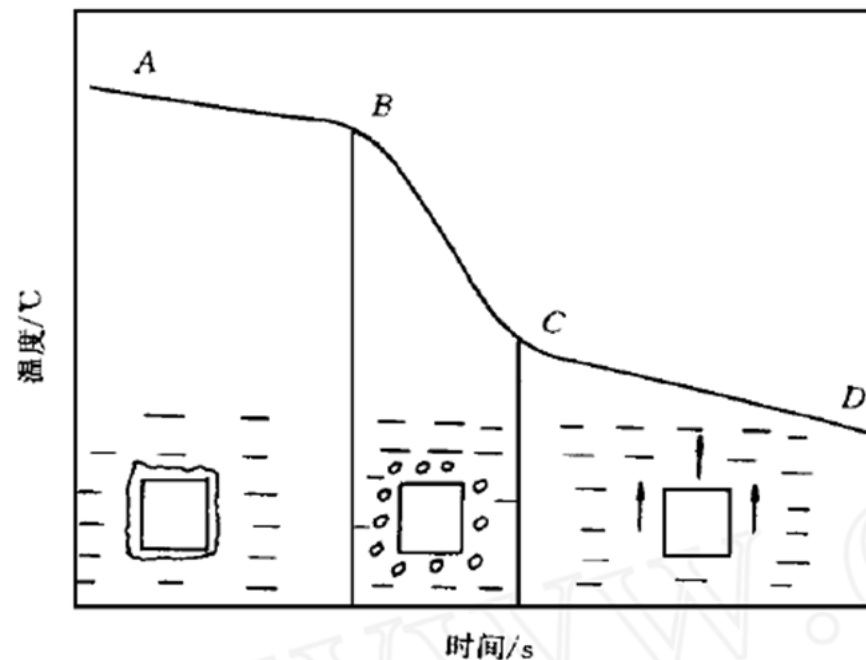


图1.1 介质冷却过程3个阶段示意图

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

## 1.1 水及无机水溶液

水是最古老的淬水介质，成本低廉，安全清洁，冷却速度快。但自来水作为淬火介质存在着在低温区（马氏体点）时冷却速度过大，从而引起了变形和开裂，硬度不均且畸变大等现象，而且还带来腐蚀和生锈等问题。

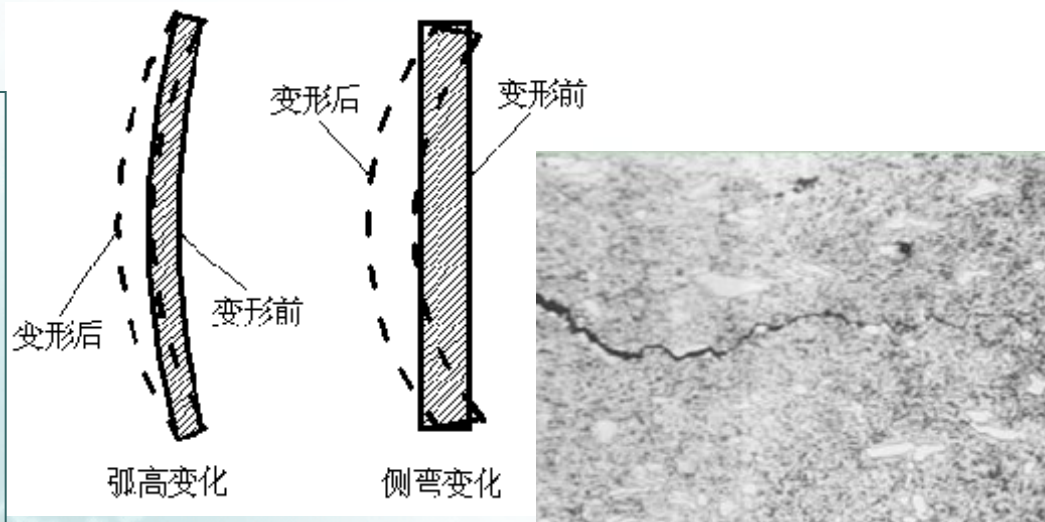


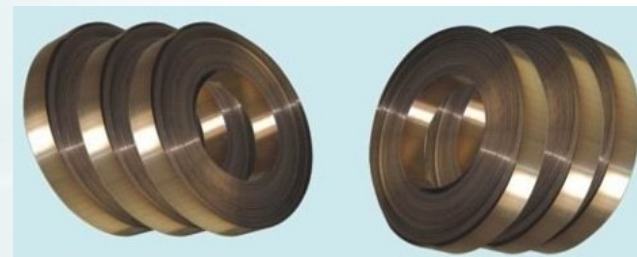
图1.2 水淬的变形和开裂

后来人们经过往水中加入多种无机盐、碱或其混合物，形成多种不同的无机物水溶液。虽然无机水溶液提升工件在高温区的冷却速度，改善冷却均匀性，使钢件淬火后取得较高的硬度，降低淬火开裂和变形，但盐水淬火易生锈，同步碱类溶液淬火不易控制，轻易灼伤操作者，硝酸盐类不锈，但易产生有害气体，损害现场生产工人的健康。

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

## 1.2 淬火油的发展

伴随多种复杂工件以及不同材质淬火工件的不断出现，原始的淬火介质远远适应不了工业发展的进步。石油工业的蓬勃发展，20世纪初人们开始使用矿物油作为淬火介质，矿物油具有粘度低、抗氧化性和热稳定性好，使用寿命长等优点，它能够用于淬透性好、工件壁厚不大、形状复杂、要求淬火变形小的工件。



伴随热处理技术的发展，多种淬火油(如迅速淬火油、光亮淬火油、真空淬火油、等温、分级淬火油等)也得到迅速发展和广泛应用，国外某些先进国家和我国都已形成了完整的淬火油系列产品，生产上也得到了广泛的应用。

图1.3 多种复杂工件

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

## 淬火油的不足

淬火油的成本高、油污多，淬火过程中易产生浓烟甚至还会引起火灾，另外矿物油生物降解能力差，废弃的矿物油对环境的污染的潜在威胁就很大。另外，为改善淬火性能而加入的许多表面活性剂也都加大了废液处理的难度。虽然植物油的降解性能优于矿物油，但动植物油具有较多的不饱和脂肪酸，因水解、氧化等会产生羧酸、醛、酮等带刺激性气味的物质，且易酸败变质，对环境造成污染。

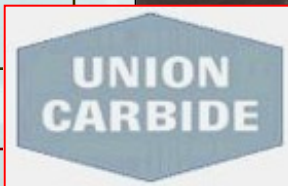


寻找新的淬火介质——“以水代油”

# 1. 热处理介质的发展历程回忆

## 1.3 水基聚合物淬火的出现

□自从1952年德国人申报PVA(聚乙烯醇)专利后来，高分子聚合物开始进入淬火介质领域，早期PVA一般用于中碳钢和中碳低合金构造钢感应淬火；后来出现了冷却特征更类似于油聚丙酸钠(PSA)溶液，而它于合金钢和淬透性较强的金属件。



□1965年，美国联合碳化企业率先取得PAG(聚氧化烷撑)的专利，并从70年代始向全世界推广其用于淬火介质。随即有关对聚醚的研究越来越多，在1975年后已经应用到热处理行业，实现了聚合物水基淬火介质的商业化生产。聚合物水溶液是铝合金淬火和钢件热处理淬火的理想淬火剂，其逐渐替代老式的油、水介质已成为冷却技术发展的一种趋势。



# 1. 热处理介质的发展历程回忆

表1.1 三种不同淬火介质的淬火强度

介质类型	淬火介质	H
水	盐水	2~5
	清水	0.9~2
水基聚合物 淬火剂	PAG	0.7~2
	ACR	0.3~0.9
	PVP	0.3~0.9
	PEO	0.3~2
淬火油	▪ 迅速油	0.8~0.9
	中速油	0.5~0.8
	常规油	0.3~0.5
	热油	0.2~0.3

## 2. 水基聚合物淬火介质现状

### 2.1 介质的特点与优点

1) 经过对浓度、温度和搅拌程度的控制，能够使聚合物的水溶液得到从水到油的不同冷却能力，弥补了水油之间冷却速度的空白，如图2.1所示；

2) 成本上讲，水基聚合物是在稀释状态使用，溶液的粘度低于油，带出量少，故投资和运营成本低；水溶性淬火介质比热和热传导率都较油大，所以淬火温升小，生产效率高节省了时间和费用；

3) 水溶性聚合物淬火剂能适应不同钢种的需要。和油比较，它的耐污染的能力很强，对淬火工件及淬火设备无腐蚀，淬后工件无需后序清洗；和水相比，对诸多材质和多种类型工件，聚合物淬火剂消除了水淬时的软点等问题。

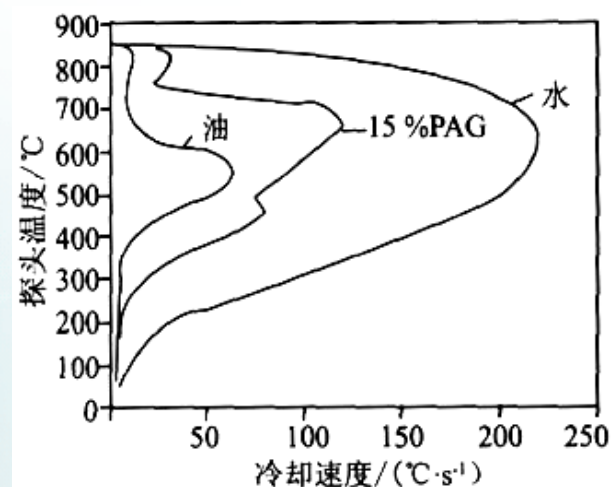


图2.1 三种不锈钢淬火介质在不同温度下的冷速

## 2. 水基聚合物淬火介质现状

4) 对于同一种牌号水性淬火剂，例如海明生产的水溶性聚合物PAG1#，能够经过浓度调整来取得不同的效果，由表2.1可见，若工件用低浓度淬火易裂，能够提升浓度来变化冷却速度。

表2.1 海明淬火介质冷却曲线经典数值

淬火介质浓度	Vmax (°C/s)	TVmax (°C)	V300 (°C/s)	t 600 (°C)	t 400 (°C)	t 200 (°C)
PAG1# 3%	192	624	89	5	6.5	9
PAG1# 3%	192	624	89	5	6.5	9
PAG1# 4%	197	647	87	3	4.5	7
PAG1# 5%	191	651	87	3.5	5	7.5
PAG1# 6%	183	717	83	4	5	8
PAG1# 7%	181	716	78	3.5	5	8
PAG1# 8%	182	730	71	3	4.5	8
PAG1# 9%	162	669	69	6.5	8	11.5

## 2. 水基聚合物淬火介质现状

### 2.2 生产应用现状

□据估计目前约有20%左右的淬火介质是聚合物淬火剂。生产中应用的聚合物淬火介质一般有PVP（聚乙烯吡咯烷酮）、PVA（聚乙烯醇）、PAM（聚酰胺聚烯烴乙二醇）、PAG（聚烷撑二醇）、PEG（聚乙二醇）、PEO<sub>x</sub>（聚乙烯恶唑啉）、PAS（聚丙烯酸盐）、PMI（聚异丁烯马来酸盐）等。目前以PAG淬火介质用量最大，应用最广泛。

PVP是从1975年申报专利，并开始用于热处理淬火，主要应用于高频、火焰加热等表面淬火，其使用范围不是很广，主要是存在遇热或震动就分解的问题，所以要采用渗透膜分离，而分离精制设备费用高，故生产中应用也不多。

PVA淬火剂是一种使用质量分数低、用量省的介质，但控制和调整浓度、冷速难，轻易分解和排放有公害。该淬火剂在国际市场上几乎绝迹。因在许多生产条件下仍不失为一种经济实用的淬火剂，PVA在中国仍在使用。

PAM水溶液为中性，化学性质较为稳定，对工件设备无腐蚀。合用于碳素钢，低合金构造钢，弹簧钢及低淬透性工具钢、模具钢的淬火，故在实际应用中评价很好。

## 2. 水基聚合物淬火介质现状

PAG是目前应用最广的聚合物淬火剂，冷却速度可经过调整溶液浓度、淬火温度及搅拌来实现，它能满足不同淬火强度要求。PAG淬火剂对机械降解是相对稳定的，氧化降解性和老化速率相对较低、水解稳定性好，浓度的少许波动对冷却性能影响较小，体现出良好的工艺适应性，所以受到了业界的好评。

目前PAG类淬火剂在国内外都得到了广泛的发展和  
应用，某些大型企业如好富顿企业、德国的德润宝  
企业已取得了很好的成就，如深圳好富顿企业生产  
的AQ251、AQ364，美国联合碳化企业生产的  
UCON A、UCON E 等，伴随热处理行业对PAG类  
淬火剂的持续关注，国内也有诸多厂家也在不断的  
开发新的牌号，应用效果也很不错。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/915334310112011330>