

淬火冷却介质在汽车零部件热处理中的应用及注意事项（上）

重庆海森公司 （400039） 陈希原

我公司自主研发、生产的热处理淬火冷却介质产品主要有PAG水溶性淬火冷却介质和各类热处理专用淬火油（如快速油，快速光亮油、等温分级油、真空油等），这些产品可用于不同材质的汽车零部件的淬火冷却，以满足汽车零部件可靠的使用服役性能。

用户可根据热处理产品的材质、尺寸形状、技术要求和所用的设备等因素来选择淬火冷却介质，本文根据各种淬火冷却介质的使用特性，将其在汽车零部件热处理中的主要应用情况作简要介绍。

一、淬火冷却介质种类及特性

1. PAG水溶性淬火冷却介质

PAG淬火冷却介质通常用于ML35、35K、35、45、30CrMo、35CrMo、40Cr、42CrMo、65Mn、60Si2Mn、55SiMnVB等常用材料的汽车零部件的淬火冷却。按其冷却性能可分为PAG-I、II、III等3类产品，冷却特性对比曲线如图1所示。这3类淬火冷却介质的主要使用范围大致如下。

（1）对于某些35CrMo、40Cr、42CrMo、60Si2Mn、55SiMnVB等合金钢，且尺寸中等、形状较为复杂的汽车零部件（如标准件、小截面的曲轴/半轴/万向节、弹簧钢板等），这些产品本来使用普通淬火油或快速淬火油，可基本满足技术要求。而用水溶性淬火冷却介质代替淬火油的目的在于降低淬火冷却介质的成本，解决油烟污染和生产环境差的环保问题，减免出现着火隐患的不安全因素。针对此类产品，推荐使用PAG-I水溶性淬火冷却介质，一定浓度的该淬火冷却介质在低温300℃附近（大多数钢的马氏体转变区）冷却缓

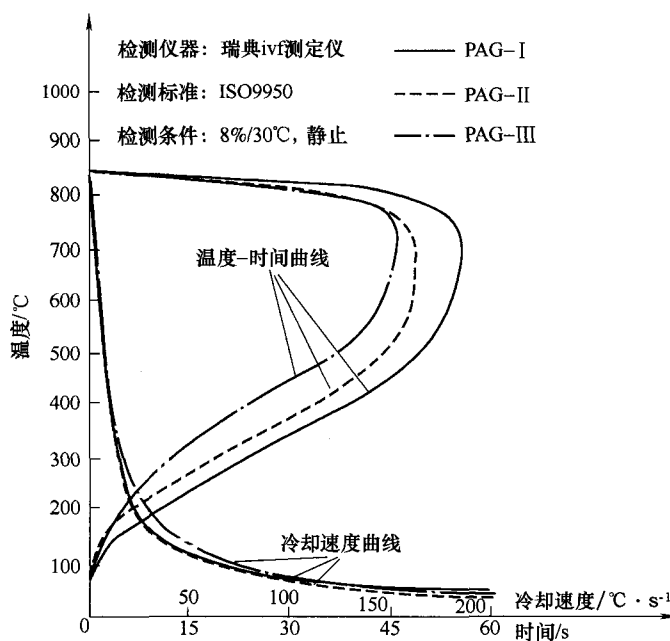


图1 3类PAG淬火冷却介质的冷却特性

慢，类似于快速淬火油，而高温珠光体转变的冷却速度比快速油快。并针对不同热处理产品的相关情况而推荐使用浓度，同时建议用户具备和完善使用条件（热处理产品淬火前的质量水平、液温的控制、淬火液的有效循环搅拌、淬火件的冷却工装等）。

另外，材料优质且形状简单的5CrMnMo、5CrNiMo、H13、Cr12等高淬透性材质的工件，有些用户也使用该淬火剂代油淬火。

（2）对于某些规格的ML35、35K、45等碳素钢件（如标准件），尺寸中等偏大且形状较为简单的35CrMo、40Cr、42CrMo、60Si2Mn、55SiMnVB等合金钢汽车零部件（如重型车前桥和平衡轴、较大截面的曲轴及半轴、半轴套管、万向

节、弹簧钢板等），原用油淬火后达不到技术要求，次表面、心部硬度及金相组织不合格，力学性能达不到要求；若采用水（自来水、盐水、碱水等）淬火，容易出现淬火裂纹和变形大的问题；而采用水淬+油冷的双介质淬火，其工艺操作难度大（水冷时间不好控制），产品热处理后性能的一致性差，且存在产生淬火裂纹的隐患。针对这种情况，推荐使用PAG-II水溶性淬火冷却介质，一定浓度的该淬火冷却介质冷却性能介于自来水与快速油之间。

另外，40Cr、42CrMo钢制汽车半轴、万向节、贯通轴等产品经调质并加工后，还需要对表面进行高中频感应淬火。对于形状较复杂的产品，也推荐使用PAG-II水溶性淬火冷却介质，喷淬或浸淬。但一些材质淬透性好、工件内部有缺陷、形状复杂的产品进行感应加热淬火时，仍推荐使用冷速较缓慢的PAG-I水溶性淬火冷却介质或淬火油。

(3) 对于某些形状简单、尺寸大的ML35、35K、45等碳素钢和40Cr、42CrMo钢制的汽车零部件，工件的淬火硬度均匀性和淬硬层、过渡层的金相组织级别要求高，推荐使用高温冷速类似于自来水而低温冷速比水慢，且具有破坏蒸汽膜，提高淬火冷却均匀性，及一定防锈性能的PAG-III水溶性淬火冷却介质。特别适合感应加热淬火设备在工件加工生产线上，且周围有高精密的加工设备（如加工中心）时。

另外，推荐使用重庆海森研发生产的另一类环保产品——HSY-1类盐水溶性淬火冷却介质，此产品在45钢制大型曲轴感应淬火中应用较多，防锈期可达1周左右。

2. 淬火油

淬火油通常应用于一定尺寸且淬透性好的合金钢件或小型碳素钢件的淬火冷却，特别是汽车变速器中的20CrMnTi、20CrMnTiH、20CrMnMo、ZF系列的传动齿轮，经多用炉、推盘炉或井式炉中渗碳后的淬火冷却，通常使用两大类淬火油，即快速油和等温分级油。

(1) HSK快速淬火油或HSKG快速光亮淬火油 通常用作冷油淬火冷却介质（80℃以下使用）。齿形、齿向要求不严格的大中型齿轮或齿轮轴在井式炉渗碳后吊出，在开式淬火油槽使用快

速淬火油进行淬火冷却；或经多用炉或推盘炉渗碳后在保护气氛下使用快速光亮淬火油进行淬火。就冷却特性而言，同一规格的快速淬火油与快速光亮淬火油的冷却特性大致相同，不同的仅是光亮性级别。另外，小截面的碳素钢或中小截面的合金钢标准件经网带炉保护加热后的淬火冷却也推荐采用快速光亮淬火油。

按照此类油冷却能力的不同，选用不同的专用基础油和复合速冷剂将快速油或快速光亮淬火油分为两大类型，即HSK-1超高速淬火油和HSK-2中速淬火油，其冷却特性曲线如图2所示。

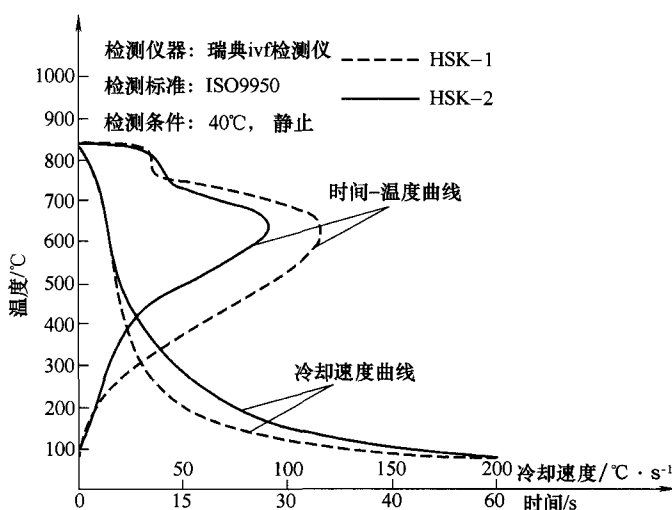


图2 两类HSK快速油的冷却特性

HSK-1超高速淬火油是采用经二次加氢的石蜡型基础油添加高效复合速冷剂调配而成，其特点是黏度低，40℃时的运动黏度不高于20.0mm²/s；而闪点较高，开口闪点不低于170℃；冷却曲线开度大，冷却能力大，40℃的最大冷速为110~120℃/s；淬火硬化性强，适用于淬透性差和工件尺寸大的工件（如厚大齿轮或齿轮轴、中小截面半轴和曲轴、中小尺寸的碳素钢标准件）的淬火冷却。而HSK-2中速淬火油也同样是采用经二次加氢的石蜡型基础油添加一定量的复合速冷剂调配而成，其特点是粘度较高，40℃的运动粘度≤38.0mm²/s；而闪点较高，开口闪点≥180℃；冷却曲线开度较大，冷却能力较大，40℃的最大冷速为90~100℃/s，适用于淬透性较差和工件尺寸较大的合金钢工件（如中小厚度齿轮）的淬火冷却。

(2) HSDF等温分级淬火油 通常为热油淬火

介质产品（80℃以上使用）。对齿形、齿向变动要求严格的中小型齿轮在井式炉渗碳后吊出，在开式淬火油槽进行淬火冷却；或经多用炉或推盘炉渗碳后在保护气氛下进行淬火冷却。这种油的特点是黏度大，40℃的运动黏度一般在60mm²/s以上；闪点高，开口闪点不低于210℃，根据客户产品的形状尺寸和要求，淬火前需要加热至80℃以上使用。

与快速淬火油相比，此类产品的最大特点是特性温度和对流温度较高，高温区冷却较快，低温区冷速缓慢。按特性温度的高低和冷却能力的大小，可将该类淬火油分为两大类，即1号和2号等温分级淬火油，其冷却特性如图3所示。

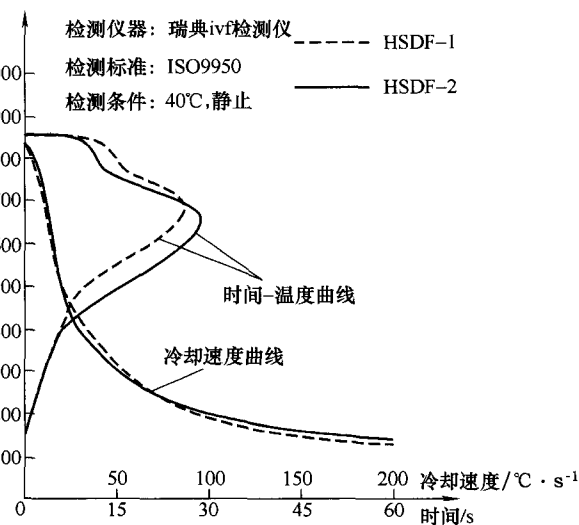


图3 二类HSDF等温分级油的冷却特性

与HSDF-1等温分级淬火油相比，HSDF-2等温分级淬火油的黏度较大，闪点较高，特性温度较高，使用温度较高。因此，在搅拌良好的条件下，按照特性温度对工件淬火变形的影响规律，对相同状态的同一种产品在同一设备加热淬火后，采用HSDF-2的淬火变形较小。通常将HSDF-2用于小型精密齿轮、齿圈、离合器片等形状复杂，且高淬透性零件的淬火冷却；而对于尺寸较大，心部硬度要求较高且要求冷速相对较快的情况下，推荐使用HSDF-1等温分级淬火油。

二、淬火冷却装置

淬火冷却介质使用效果的好坏，除了与本身的品质有关外，在很大程度上与其相关联的使用条件有关。无论是水溶性淬火冷却介质还是淬火油，除

了工件的淬火吊具和装炉冷却方式相同外，介质的使用温度和搅拌是影响淬火质量的两个重要因素。

（1）使用温度 对水溶性淬火冷却介质而言，在其他使用条件一定的情况下，随着液温的升高，淬火冷却介质的冷却能力下降，突出表现为蒸汽膜阶段延长，产品淬火有软点，工件不同部位的淬火硬度散差很大，且淬火变形较大。该类淬火冷却介质受使用温度的影响较淬火油明显得多。

因此，为了保证产品的热处理质量，在使用淬火冷却介质时，现场应具备与淬火槽相配套的介质温度的控制冷却装置，如目前常采用闭式冷却塔和空气冷却器来代替传统落后的以自来水作为换热介质的板式换热器。由于水溶性淬火冷却介质的冷却性能对使用温度很敏感，推荐使用具有喷淋功能的闭式冷却塔；而对于淬火油，则推荐使用具有大面积散热片的空气冷却器，多用炉和推盘炉常采用立式或卧式设备来控制油温。

关于如何选用适合的淬火冷却介质换热设备，其主要原则是根据淬热量（含工装）、淬火周期、生产性质及介质要求的温度等因素，来确定设备的换热功率及能力，并考虑今后淬热量的扩容而增加换热保险系数。具体选择可咨询专业的冷却换热设备厂家。

值得一提的是，在实际生产中，为了确保热处理产品的性能一致性，要特别注意淬火冷却介质温度的变化，最好将其温升控制在10℃以内，附表为各种淬火冷却介质的最佳使用温度。淬火槽内介质的实际有效容积大小应与淬火重量（含工装吊具）有一定的比例关系（一般在10:1以上）。

不同淬火冷却介质的最佳使用温度（℃）

水溶性淬火冷却介质	淬火冷油	淬火热油
30±5	60±5	90±10或120±10

（2）循环搅拌 循环搅拌对淬火冷却效果影响很大，不容忽视。循环搅拌主要影响工件淬火冷却的均匀性（这种均匀性会影响到工件的淬火变形和硬度散差）。循环搅拌效果与搅拌的方式和设计指标有关，如搅拌器的数量、转速、功率大小、布置方式及导流板的布置等均影响搅拌效果，通常采用带有定向导流的螺旋搅拌器效果较好。MW

（待续）（20120822）