

液态淬火冷却介质共性的两个缺点及其对策

北京华立文章转载

在研究自来水作为淬火介质的两大缺点的文章中，附带提出了液态淬火介质具有两个共性的缺点^[1]。缺点之一是：任何一种确定的液态淬火介质，都只有相当有限的适用范围，用于要求更高冷却速度的工件，将淬不硬；用于要求更低冷却速度的工件，又会淬裂。缺点之二是：当淬火工件从高于介质的特性温度冷却下来时，往往在工件的局部区域发生冷却速度突变，因此引起很大的内应力，从而可能造成超差的淬火变形。本文将全面讨论液态淬火介质这两个共性的缺点，而重点是介绍克服第一类缺点的各种措施。

一 关于第一个缺点

某些工件“油淬不硬，水淬要裂”曾经是困扰热处理生产的一个难题。究其原因，普通机油和自来水都只有有限的适用范围。从冷却速度分布情况看，在自来水和普通机油之间有一个相当宽的空白地带，如图 1 所示。以填补这一空白为目标，通过几十年的工作，研究开发了多种油性和水性介质，基本上填补了水和普通机油之间的空白。到现在，常用的淬火介质，按冷却速度由慢到快的次序排列：使用温度较高的等温分级淬火油（热油）、普通机油、使用温度较低的等温分级淬火油（半热油）、中快速淬火油、快速淬火油，随后是高浓度的

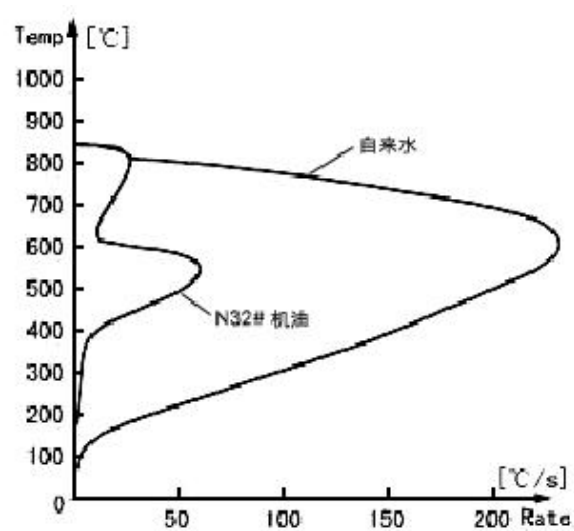


图 1 自来水和 N32# 机油的冷速曲线对比

PAG 淬火液、中浓度的 PAG 淬火液、低浓度的 PAG 淬火液，自来水、低浓度盐（或者碱）水等。它们都有各自的优缺点和各自的适用范围。一种淬火油是一种确定的淬火介质。同种水性淬火剂，配成不同的浓度，就是不同的淬火介质。填补自来水和普通机油之间的空白，需要这么多种不同的淬火介质！这是液态介质共性的第一个缺点所决定的。当今的高压气淬，选定一种适当的气体，通过改变气压，就可以获得从静止空冷到中等快速淬火油的不同冷却效果。相比之下，液态介质的这个缺点也实在太严重了。

二 克服第一类共性缺点的措施

重要说明：本产品资料，是根据我们目前知识编写，目的是提供对我们产品及使用的一般建议，因此不应该被当作描述产品特定性质或特定用途的适合性保证，因此不具备契约法律效力，同时，资料的即时更新，恕不另行通知，以最新版本为参考依据。由于具体使用条件的复杂性已超出我们的控制范围，使用过程中的不详之处，请与我公司技术工程师联络。 January 09 版 Date : 2009-01-05

由于清水的适用范围很有限，从古至今，人们不得不去寻找各式各样的淬火介质，并摸索出多种巧妙的淬火技术，来满足不同工件的热处理要求。这方面的工作，大致可以归纳成以下几类。

1 寻找或者研究开发多种不同适用范围的淬火介质，来满足不同的需要。这才有我们现在可以选用的多种淬火介质品种。

2 选择适用范围尽可能宽的淬火介质品种，而不是选择适用范围很窄的和特别专用的淬火介质。影响淬火介质使用范围宽窄的因素，包括介质的冷却特性对液温的敏感性、对相对流速的敏感性、介质的使用温度范围宽窄，以及介质的粘度对液温的敏感性等。

一般说，冷却特性对液温的敏感性越大，介质的适用范围越窄。相反，冷却特性对液温的敏感性越小，介质的适用范围就越宽。这是因为，多个工件同时淬火时，位于不同部位的工件，以及同一工件的不同部位，接触的液温是不相同的。于是，液温对介质冷却特性的影响越大，淬火后工件的性能均匀性就会越差。按这一规律，盐（或者碱）水溶液的适用范围就比自来水要宽。而淬火油的适用范围比相同冷却速度范围的水溶性介质要宽。

相对流速对冷却特性的影响越大，介质的适用范围就越窄。相反，相对流速对冷却特性的影响越小，介质的适用范围就越宽。这是因为，同时淬火时，位于不同部位的工件，以及同一工件的不同部位，与之接触的介质的相对流速是不相同的。于是，相对流速对介质冷却特性的影响越大，淬火后工件的性能均匀性就会越差。一般说，淬火油的冷却特性对相对流速的敏感性较小，而自来水的敏感性较大。PAG 淬火液主要靠粘附在工件表面的聚合物膜来控制工件冷却速度，只要相对流速控制在不会冲掉那层聚合物膜的程度，流速大小对冷却特性的影响就会比自来水要小。

介质的使用温度范围宽是我们所希望的。使用范围宽的介质，可以在更广的范围使用，来满足不同工件的热处理要求。自来水的适用范围窄。淬火油的使用范围相对较宽。对于 PAG 淬火介质，浊点太低的品种使用的温度范围就很窄，而浊点相对较高的品种使用的温度范围就较宽。

当外力使液体发生流动时，其内部分子之间会产生一定的阻力来妨碍这种流动。这种阻力的大小就是液体的粘度。粘度是表征润滑油的流动性的主要指标。在其它条件相同时，粘度不同，液体的流动情况不同。流动情况不同，会进而影响工件获得的冷却效果。尤其是在工件形状较复杂，或者多个工件同时淬火时，冷却效果的差别会更大些。介质的粘度越高，其实际的冷却能力就越差；相反，介质的粘度越低，其实际的冷却能力就越强。因为这一原因，在我们凭冷却特性曲线比较不同油品的冷却能力时，也应同时考虑到油的粘度的影响。

3 改进已有介质，以扩展它们的适用范围。比如，纯净水的适用范围窄。水中溶解适量的盐或者碱，配成盐水或碱水后，可以扩大水的使用温度上限和下限；而且可以获得更快的高温冷却速度和浓度较高时稍慢的低温冷却速度。

4 开发适用范围更宽的液态淬火介质。在关于液态淬火介质的选择方法的文章中，已经得出了这样的结论“对于淬火用油，一般说，蒸汽膜阶段越短，冷却速度越快，适用的工件和钢种就越多。对于水溶性介质，在保持蒸汽膜阶段较短的前提下，介质的 300℃冷却速度越低，适用的工件和钢种也就越多”^[2]。几年前有人宣传介绍过的“多级淬火油”，说是能“在低温时是快速淬火油，提高温度使用又是热油”的油品。无疑，其出发点是对的。可能是没有考虑到油温改变对油的粘度的影响，实际使用中，大多得不到预期的效果。

5 在一个车间配备多种不同适用范围的淬火介质，以满足不同工件的需要。比如，配备 3~5 种淬火油和 2、3 种不同浓度的水性淬火介质。又如，有些网带炉，通过配备可互换的两个淬火槽，一个装快速淬火油，一个装水性淬火介质，从而大大增加了该炉型的处理工件的范围。就是这方面的例子。

6 配合使用液态以外的淬火冷却介质，或者多种物态混和成的淬火介质，来获得不同的冷却特性。比如，流态炉淬火冷却、喷雾淬火和浆状介质淬火冷却等。

7 调节液温和相对流速，以扩大液态介质的适用范围。在介质品种和浓度不变的情况下，现场热处理工作者还可以通过调节液温和相对流速来扩大介质的适用范围。在上文已经讨论了这些因素的影响规律。下面再介绍一种叫做摆停结合的淬火方法，用了说明调节工艺参数在热处理生产中的作用。

汽车板簧通常用淬火机淬火。为了提高淬火冷却速度和改善冷却的均匀性，淬火机可以夹持着工件在淬火液中来回摆动。利用板簧淬火机的摆动功能，我们在板簧厂推广过一种叫做“摆停结合技术”的淬火方法。虽然使用的是同一的淬火介质，通过调节摆动次数，可以获得完全不同的淬火冷却效果。图 2 是摆停结合调节冷却速度的示意图。如果以不同的冷却速度曲线代表不同的淬火介质，摆停结合技术就把一种介质变成了几种不同冷却速度的多种介质。这无疑是扩大液态淬火介质适用范围的一种有效方法。

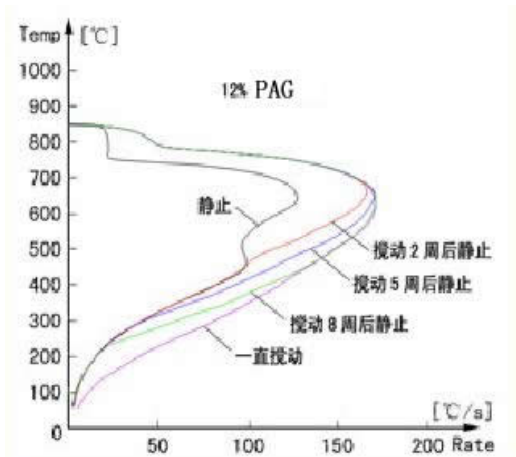


图 2 摆停结合技术得到不同冷却速度的示意图

上世纪 90 年代中，某汽车板簧厂在普通机油中淬材质为 60CrMnBA，中间最大厚度 17mm，两端最薄处 7.5mm 的载重汽车变截面板簧时，曾经发生过不少淬裂问题。也就在那段时间，在成都飞力弹簧厂的板簧生产线上，用 15%PAG 水溶液却又成功地处理了同样的变截面板簧，淬、回火硬度以及金相组织全部合格，经严格探伤检查都未发现任何淬火裂纹。

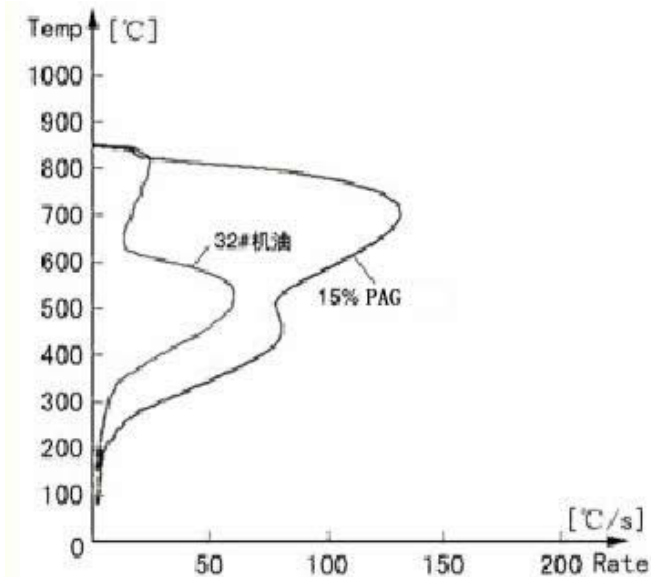


图 3 普通机油与 15% PAG 的冷速对比

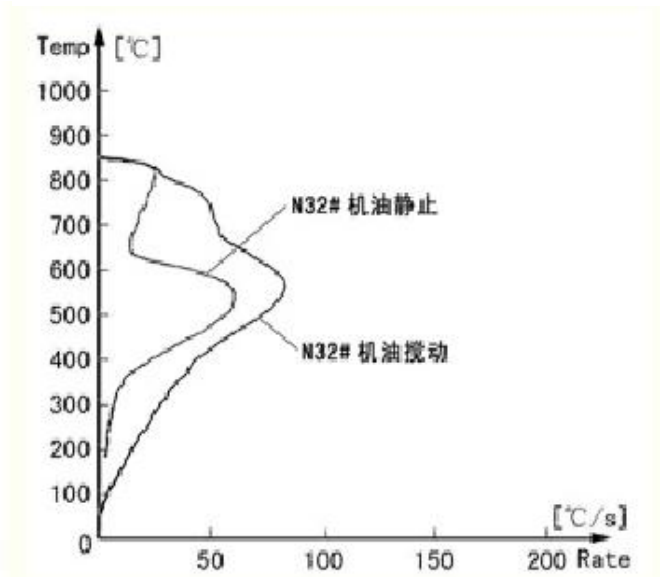


图 4 普通机油静止、搅动的冷速对比

图 3 是普通机油和所用 15% 的今禹 8-20 的冷却特性对比。仅凭图 3 的冷却速度曲线，热处理行家也难以相信上述结果的。实际上，上述变截面板簧在普通机油中做淬火冷却时，所用淬火机一直在不停地摆动。而在上述 PAG 水溶液中淬火时，淬火机却始终保持在停止不动的状态。

图 4 是上述普通机油中探棒静止不动，以及始终摆动状态下测出的两条冷却速度曲线。可以看出，摆动可以加快冷却效果。再把静止状态检测出的 15%PAG 淬火液的冷却速度曲线与摆动状态测出的普通机油的冷却速度曲线画在同一张图上，如图 5。容易发现，摆动中普通机油的低温冷却速度比静止的 15%今禹 8-20 水溶液的要快。这是在普通机油中淬裂而在冷却速度更快的水溶液中未淬裂的原因。

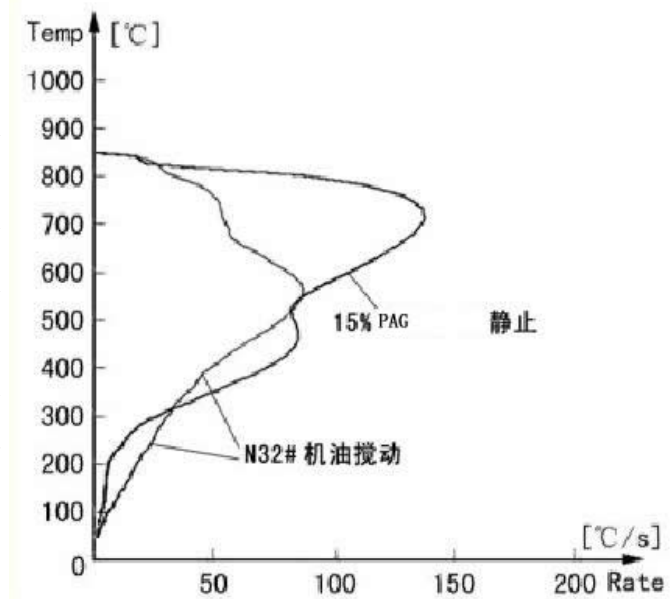


图 5 15%PAG 不搅动与普通机油搅动的冷速曲线对比

8 采用双（或者多）介质淬火等操作方法来解解决特定的热处理问题。水淬—油冷是最普通的例子。这类方法的思路是在工件的不同温度范围使用不同的淬火介质。高温阶段水冷却快，有利于防止过冷奥氏体发生珠光体转变，因此选择水来加以冷却。低温阶段油的冷却烈度比较缓和，能够防止工件发生淬火开裂，因此选择油来加以冷却。按照这种思路，高温阶段还可以选择 PAG 水溶液、盐水或者碱水等等。低温阶段可以选择快速淬火油、PAG 水溶液、低温盐浴、浆状介质、风冷以及静止空冷等等。不同的搭配，就有不同的适用范围。图 6 是采用水淬—油冷，以及采用水淬—浆状介质冷却方法获得的冷却特性曲线图。双

介质淬火中，水淬—油冷的难点有两个，一是工件从前一种介质向后一种介质的转移时间，另一个是转移操作。从图 6 (a) 和 (b) 的对比中，可以看出，由于浆状介质具有适当快的低温冷却速度，水淬—浆状介质冷却对转移时间的要求不那么苛刻。一般说，只要能解决好这一转移过程的操作和时间控制问题，双介质淬火法就可能在大生产中得到推广应用。分级淬火、间断淬火等方法，实质上属于多介质淬火方法。

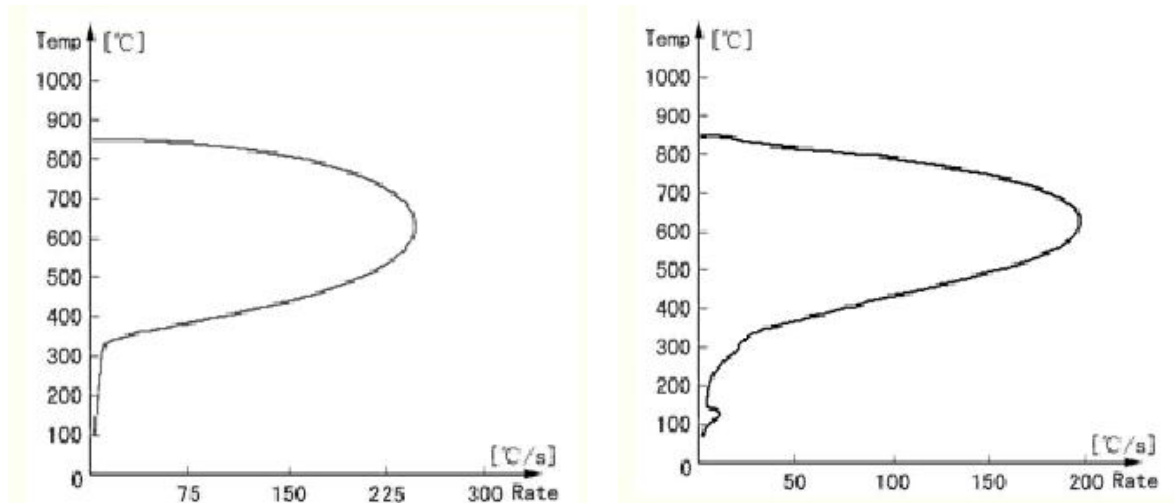


图 6 双液淬火的冷却速度曲线

a) 水-普通机油

b) 水-浆状介质

三 关于液态淬火介质的第二个共性缺点

图 7 是某厂使用的一种快速淬火油与 160℃低温盐浴的冷却特性对比。图中，淬火油的冷却速度相当快：到 300℃的时间 11.2 秒，300℃的冷却速度 18℃/S。在淬火冷却的所有温度范围，160℃的低温盐浴的冷却速度都高于该快速淬火油。生产应用证明，多数工件在上述 160℃低温盐浴中淬火后，变形程度比在上述快速油中淬火要小。在热处理行业，至今还有这样的说法：“淬火介质的冷却速度越快，工件的淬火变形就越大”。显然，上述生产实践与这种说法是不一致的。在上述快速淬火油中淬火变形更大的原因，是工件在淬火冷却过程中遇到了特性温度问题；而低温盐浴的特性温度高于工件的加热温度，冷却过程中就没有特性温度问题。

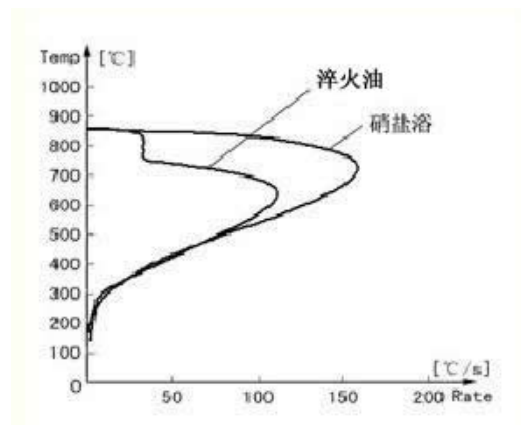


图 7 160℃硝酸盐浴与淬火油的冷速曲线对比

在淬火冷却过程中，放在不同位置的工件，以及同一工件的不同部位，因为冷却条件不同，会在不同时间遭遇特性温度麻烦，结果由此引起的淬火变形量就具有很大的分散性。这是特性温度问题引起的淬火变形的一个重要特点。图 8 是一种齿轮在 220℃ 低温盐浴和 100℃ 热油中淬火后的淬火变形情况对比^[3]。图中，和盐浴淬火相比，热油淬火的变形程度大而且特别分散。除了引起淬火变形之外，包含特性温度问题的淬火冷却，还常常因为蒸汽膜阶段的冷却速度慢，而引起工件的淬火硬度不均。

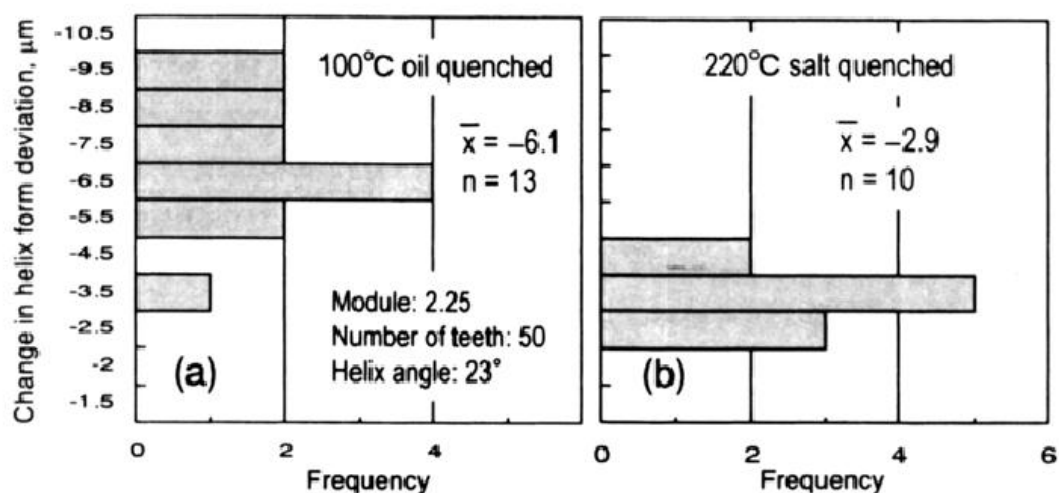


图 8 100℃油浴与 220℃盐浴的变形情况

凡是工件的入液温度高于介质的特性温度，而冷却的终止温度又低于介质的特性温度的淬火冷却过程，都会遇到特性温度问题。自来水的特性温度随着水温升高而迅速降低，会使工件上接触不同水温的部分遇到不同的特性温度问题。所以，在自来水中淬火，常常出现硬度不均和大的淬火变形。淬火油的特性温度比较稳定，即油温变化对油的蒸汽膜阶段的长短影响很小。因此，工件在油中淬火时，特性温度问题较小。

在最近发表的文章中，对液态淬火介质的特性温度问题已做了详细讨论，并指出了热处理生产中避开、克服或者减轻这一缺点的 7 种原则方法^[1]，可供参考。

四 淬火介质的研究开发历程就是克服这两个共性缺点的过程

虽然液态淬火介质都具有共性的两个缺点，在热处理生产中，过去使用，现在使用，将来还要大量使用它们。回顾中外冶金史，从寻找合适的淬火介质、研究开发新的淬火介质品种、创造新的淬火方法、采用各种工装具和相关设备等等，所有这些工作都与液态淬火介质共性的两个缺点密切相关。过去的多数工作，重点在克服液态介质的第一个缺点上。这是因为过去对热处理质量要求不很高，尤其是在淬火变形上。现在和将来的热处理，对工件的淬火变形提出了越来越高的要求。因此，我们认为，研究液态淬火介质的特性温度问题，开发和使用特性温度问题比较小的淬火介质，发展能减轻特性温度问题的不利影响的使用技术等工作，应当成为现在和今后一定时期的一项重要课题。

自来水是既清洁又廉价的冷却介质。任何场合，只要自来水能满足热处理要求，恐怕就不会再有人去寻找其他的冷却介质。按这个道理，一种新型的液态淬火介质是否能得到推广应用，关键是看它能否克服自来水的至少一个缺点。否则，就不如用自来水了。由此，有理由说，“能同时克服自来水的两大缺点，又有更宽的适用范围的新型淬火介质及其相关的配套技术”，是我们今后冷却技术研究开发工作共同的努力目标。摘自[热处理淬火冷却技术网]