

北京华立精细化工公司

淬火介质的特性和用法技术

第二辑



一九九六年三月

热处理 - 金部 - 相变

地址：北京昌平

北京华立精细化工公司

邮编：102200

电话：(010) 9746017

9747974

传真：(010) 9746017

电挂：86057

目

一、水溶性淬火剂定级方法探讨	1
二、解决淬火变形问题的新方法	4
三、谈新型淬火介质推广应用中的几个问题	15
四、PAG 淬火液的污染及其对策	17
五、今禹 8—20 淬火液的使用、管理与维护	20
六、今禹 8—20 淬火液的浓度测控周期	23
七、板簧热处理水溶性淬火介质的选择及应用	25
八、汽车板簧厂采用今禹 8—20 淬火液淬火的可行性分析	31
九、今禹 8—20 淬火剂在一汽辽阳弹簧厂板簧热处理中的应用	35
十、今禹 8—20 淬火剂在首钢红冶钢厂的应用	39
十一、今禹 8—20 试淬 60CrMnBA 变截面簧片获得成功	42
十二、大截面园簧用今禹 8—20 淬火剂的综合效益	44
十三、今禹 8—20 淬火剂在零件热处理中的应用	47
十四、改进冷却条件提高渗碳淬火齿轮质量	54
十五、今禹 Y15 快速油在高频热处理中的应用	57

1190110



北京华立精细化工公司

专 用 资 料

水溶性淬火剂定级方法探讨

北京华立精细化工公司

张克俭

一、水溶性淬火剂需要定级！

某弹簧厂得到一桶供免费试验的淬火剂，立即组织人员安排方案，对该厂常用钢种进行淬火试验……。两、三个月后，花费了大量的人力，留下一大堆试片，终于得出了结论：“这种淬火剂在我们厂不适用”。——象这样的工作，一直在各地工厂中进行着。虽有少数工厂能选中适合的淬火剂，但总的说浪费很大，损失不小。

水溶性淬火剂类型很多，不同的类型有不同的特性，在同一类型中，不同的品种在性能上又有很大差异。当前，尚没有统一的标准来指导工厂选用淬火剂。同时，不少淬火剂生产厂又不能提供正确及时的技术服务。在这种情况下，为避免上述盲目选择和试验，减少由此而造成的损失和浪费，很有必要给水溶性淬火剂建立一个简单实用而又科学的评判方法，用以对各种淬火剂品种进行定级，以利于用户工厂有针对性地选择和使用。

二、用“300℃冷却速度”进行定级

作为淬火介质，自来水优于普通机油的特性是，在淬火冷却的高温阶段冷却速度相当快，因而有利于获得更高淬火硬度和更大的淬硬层深度。为什么又不能直接用自来水代替油进行淬火？原因是用自来水淬火时，钢件冷却到低温阶段的冷却速度过大。研究开发水溶性淬火剂的第一指标，就是在保持或基本保持高温阶段冷得快的同时，降低水在低温阶段的冷却速度。低温阶段最有代表性的温度在 300℃ 附近。我们把钢件冷到 300℃ 附近时获得的冷却速度，叫做所用淬火介质的“300℃冷却速度”。

理论和经验告诉我们，淬火介质的 300℃冷却速度对多数钢件淬裂与否起着决定性的作用。由此，本文选用 300℃冷却速度值来对淬火介质定级。

选用最新国际标准 (ISO/DIS 9950) 方法测定淬火介质 300℃冷却速度，作为钢件 300℃冷速的参考值来进行定级。

具体做法是：

1. 取待测淬火剂或配制有代表性浓度的水溶液，在液温 30℃ 不搅动条件下，测出其 300℃冷却速度；
2. 凭测量值按下表定级：

测出的 300℃冷却速度 (℃/S)	级 别
<10	0 级
10~20	10 级
20~30	20 级
30~40	30 级
40~50	40 级
50~60	50 级
60~70	60 级
70~80	70 级
80~90	80 级
90~100	90 级
100~110	100 级

按以上方法，将常见淬火介质进行定级，结果如下：

介 质		级 别	说 明
1	自 来 水	90	水温 30℃，未搅动
2	5%NaOH 水溶液	100	水温 30℃，未搅动
3	5%NaCl 水溶液	90	水温 30℃，未搅动
4	饱和氯化钙	50	液温 40~70℃，未搅动
5	三硝水溶液	70	液温 30℃，未搅动
6	三氯水溶液	80	液温 30℃，未搅动
7	PAG 淬火剂 15%	20~60（因不同品种而不同）	液温 30℃，未搅动
8	今禹 8-20 15% （PAG 类）	20	液温 30℃，未搅动
9	0# 柴油	30	油温 40~50℃，未搅动
10	20# 机油	0	油温 40~50℃，未搅动
11	快速淬火油	0-20（因品种而异）	油温 40-50℃未搅动
12	碱 浴	0	160℃浴温，未搅动

*：9-12 号为非水性淬火介质。在此列出相应的级别，只用以说明其 300℃冷速大小。由于它们的冷却速度分布与水溶性淬火介质有很大差异，用于淬火时淬火效果与同级别的水性淬火剂有很大不同。

三、按级别选择合适的水溶性淬火剂

选择原则和步骤：

1. 含碳量高、淬透性好的钢种，应选低级别的淬火剂（或淬火液浓度）。
2. 在保证不淬裂的前提下，选用级别稍高的淬火剂（或淬火液浓度）可以获得更深的淬火硬化层。
3. 在适合的级别中，应选择性能稳定，使用寿命长，容易管理且价格低的品种。
4. 各钢种适用的参考级别范围：

钢 种	适合的级别范围
碳素结构钢	70~110
碳素工具钢 低合金低碳钢	50~80
碳量较低的低偏中合金钢	30~70
高碳低合金钢 中碳中合金钢（如弹簧钢）	10~30

5. 首先按上述步骤和资料选定水溶性淬火剂品种，再用它进行试验。此时，试验的目的就是熟悉用法，确定生产中合适的浓度和工艺参数，而不是所选的淬火剂品种是否适用，通常也不会造成本文第一部分所述的失败结果。

四、说明

1. 碳量高的中合金钢和高合金钢，以及所有可以在静止空气中冷却淬火的钢种，都不能在水溶液中淬火。

2. 可以调节浓度的水溶性淬火剂，通常只列出它代表性浓度上的冷却速度级别。改变浓度，还可以获得不同级别的淬火介质，比如 PAG 类淬火剂。PAG 类属浓度可变因而冷却特性可调的淬火介质。通常降低浓度级别提高，升高浓度级别降低。本表以 15% 浓度定其级别，基本上指该种淬火剂可能达到的最低级别。

3. 同一种淬火剂或淬火液浓度，当液温改变后，300℃ 冷却速度会发生变化，变化的规律大致为：淬火液温度升高，其 300℃ 冷却速度会降低；淬火液温度降低，其 300℃ 冷却速度则会升高。也就是说，淬火介质的级别是随液温升高而降低，液温降低而升高的。

4. 在冷却速度曲线上有很短的蒸气膜阶段，不会影响钢件的淬火冷却效果，有时还有减小淬火初期热应力型变形的作用。但是，过长的蒸气膜阶段，则会降低淬火冷却效果。优良的水溶性淬剂不应有过长的蒸气膜阶段。

一九九四年四月八日



北京华立精细化工公司

专用资料

解决淬火变形问题的新方法

——用硬度—冷速曲线分析和解决零件淬火变形问题

北京华立精细化工公司 (102200) 张克俭

生产中的淬火变形一直给工厂带来大量的麻烦和巨大损失。淬火变形的产生，从理论上说，当然与热应力和组织转变应力以及比容差的影响有关。但是，在分析和解决实际工件的淬火变形时，这种理论却很难做具体应用。至今，尚没有用来分析和解决工件淬火变形问题的实用的系统方法。

热处理行业期待的是能用来分析和解决实际工件淬火变形的系统而实用的方法。以此为目标，本文发展了一种从钢的端淬曲线出发，分析和解决工件淬火变形问题的方法，以下简称“新方法”，供热处理行业采用并指正。

一、本新方法适用范围

说工件发生了淬火变形，指的是工件上某些部位发生了超过图样公差的变化。本文把工件上发生变形的部位和与之相关连的部位合称为该工件的参与淬火变形部位。参与淬火变形部位指的是工件上多个部位的总体，须根据实际工件的（变形）情况来确定。在已发生淬火变形的工件上，参与了淬火变形的不同部位的硬度可能基本相同，也可能有明显差异。硬度差异反应出这些部位的淬火转变产物（即组织）之不同。由于不同的组织有不同的比容，比容差本身及其在淬火过程中的作用必然对淬火后变形有直接的影响。由于这样的原因，本文把最终发生了淬火变形的工件分为两类。第一类：发生了淬火变形的工件上参与变形部位的硬度（把从表面测定的硬度，以下同）高而且基本相同，包括淬火加热中或淬火冷却中因装挂及操作不当引起的变形，以及零件形状过于不对称和入水（油）方式不当等原因引起的变形问题。第二类：工件上参与变形部位的硬度有明显差异，或虽无明显差异但硬度过高或同时伴有淬裂。在第二类情况下，引起变形的原因既有淬火冷却过程中的应力作用，也有转变产物比容差之最终的影响。

本文提出的概念和方法，仅限于用来分析和解决第二类淬火变形问题。

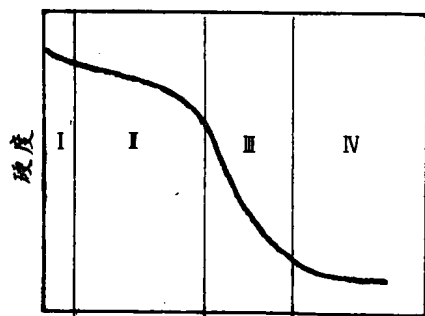
二、淬火变形工件的冷却速度带及减小变形的努力目标

作为本方法的基础，先引进淬火变形工件的硬度—冷速曲线、冷却速度带及其跨区等概念。

1. 硬度—冷速曲线的分区及其与淬火变形的关系

图1是有代表性的顶端淬火曲线示意图。为适应本文的需要，我们将下方的横座标定为冷却速度，并按冷却速度大小和淬火态硬度分布，将端淬曲线分成四个区（如图1所示）。这样的曲线，我们把它叫作硬度—冷速曲线。

距顶端距离



淬火冷却速度

分区	名 称	区内淬火效果
I 区	过快冷速区	硬度高、淬裂、变形
II 区	适度冷速区	硬度高而均匀、无淬裂、变形小
III 区	不足冷速区	硬度不足且高低不均、变形大
IV 区	过慢冷速区	完全未淬硬、变形小

图1. 按淬火冷却速度大小将端淬曲线分成四个区

注意：划分这四个区的冷却速度值主要由工件的材质、形状大小和热处理要求来决定，也就是说，三条分界线都是针对具体工件确定的。事实上，在应用本文的方法中，并不要求应用者明确划定这些分界线。

在图 1 划出的第 I 冷速区内淬火，工件可以完全淬硬，但因冷速过快，发生淬火变形，并可能伴有淬裂。

在第 II 冷速区内淬火，冷却速度适当，工件可以充分淬硬。硬度均匀说明可能参与淬火变形部位的淬火转变产物基本相同，因此，工件淬火冷却过程中可能引起淬火变形的过程中的应力也不会很大。结果，最终的淬火变形也就相当小，通常能在允许的公差之内。故本文把第 II 冷速区叫做小变形区。

在第 III 冷速区内淬火，由于硬度—冷速曲线走势很陡，如图 1 所示，工件上参与变形部位之间的较小冷速差都会引起相当大的硬度变化，也即转变产物相当大的组织差和比容差。因此，在第 III 冷速区淬火时，可能引起淬火变形的因素既有过程中的，也有最终的。这就是在此区淬火变形大的原因。总起来说，在此区淬火后变形大，硬度高低不均，且硬度不足。

在第 IV 冷速区，即过慢冷速区内淬火，工件上可能参与淬火变形部位获得的冷速很低，各部位间温差小，加上各部位都远未淬硬，最终转变产物也基本相同，故变形小。需要说明的是，本文方法中四个冷速区的划分，以及所用端淬曲线都是偏定性的，是根据变形情况划定的。因此，实际生产中应用本文方法分析和解决淬火变形问题时，不需要真正准确的端淬曲线图。一般，从手册上查取相同钢种端淬曲线的中线即可。

2. 工件上参与淬火变形部位的冷却速度带

变形工件上参与变形的各部位之间得到的冷却情况不同，是造成最终淬火变形的原因。实际工件是个实体，它上面参与变形部位的不同冷速必然落在硬度—冷速曲线一定范围内。本文把这些不同冷速所达到的范围叫做该工件在所经受的淬火条件下参与变形部位的冷却速度带，以下简称为该工件的冷却速度带。工件上参与变形部位的冷却速度相差小，它的冷却速度带就窄；相反，它的冷却速度带就宽。

冷却速度带的确定方法：

拿到一个已发生淬火变形的工件，首先找到它上面发生了淬火变形的部位，再连同其相邻或相关的部位，合而成为该工件上参与淬火变形部位。接着检查参与变形部位内表面的硬度，并凭测出的最高和最低硬度值（HRC）在所用钢种的硬度—冷速曲线图上找到两个相应的冷却速度值，把这两个冷却速度值水平连接起来，即构成该工件的冷却速度带。举例来说，有一筒状工件，50Cr 材质，经 820℃ 加热后水淬 1.5 秒再转油冷。淬火后未发现淬裂，但有明显的变形：两端孔径增大，呈双头喇叭形，如图 2 所示。因工件

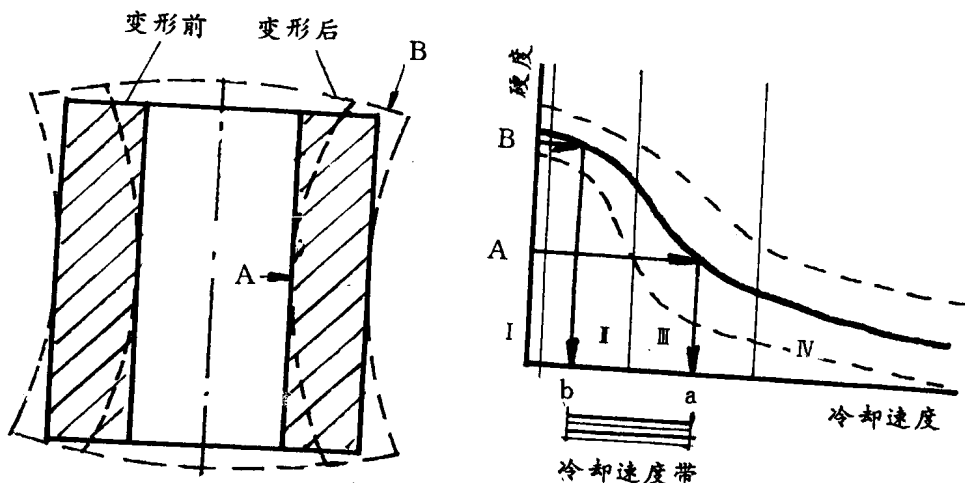


图 2. 由参与变形部位的最高和最低淬火态硬度值确定工件的冷却速度带

形状简单，且变形牵涉面大，可以把整个工件都看成参与变形部位。检查该变形工件内外表面的硬度后发现，筒两端硬度约 55HRC，而内孔中部只有 35HRC。从手册上查出 50Cr 钢的端淬曲线，取其中线作出工件的硬度—冷速曲线。由淬火硬度最高的端头部位 (B) 之 55HRC 找到冷速点 b。再由淬火硬度最低的筒内中间部位 (A) 之 35HRC 找到冷速点 a。连接 a、b 两点的带 $\overline{ab}$ 即为该工件的冷却速度带。按照相似的方法步聚，可以画出其它淬火变形零件的冷却速度带。需要说明的是，如果工件上有内孔 (或凹陷部位) 而且在该部或邻近部位发生了淬火变形，则该部位就属于参与变形部位，在确定该工件的冷却速度带时，就需要将该工件的内孔或凹陷部位剖切开，测量该部位的表面硬度。

3. 冷却速度带的跨区情况

实际生产中，不同工件的钢种、形状大小、热处理条件以及工艺方法有很大差异，它们的冷却速度带必然有宽有窄。当工件的冷却速度带比较窄时，可能只落入某一个冷速区，比如，只落入第 I、II、III 或 IV 冷速区，相应的变形情况如图 1 表中所示。当工件的冷却速度带比较宽时，往往要跨越两个甚至两个以上的冷速区。比如，图 2 所举的例子，工件的冷速带就跨越 II、III 两个冷速区。又如，有一种 65Mn 制的大上的冷速区。比如，图 2 所举的例子，工件的冷速带就跨越 II、III 两个冷速区。又如，有一种 65Mn 制的大圆锯片，直径 1600mm，厚 8mm，在专用的槽式电阻炉中垂直悬挂加热后，直接放入有循环搅动的淬火槽中淬火，淬火液为一种聚合物水溶液，水温约 25℃。淬火后工件有相当严重的翘曲变形。出槽后检查发现，圆锯片边沿齿口部位有几处淬裂。硬度检查结果，边沿部分 (B) 最高硬度 62HRC，而近中间部位 (A) 的硬度最低为 30HRC。对于这样薄而大，变形严重的工件，也宜把工件之整体都看成参与变形部位。按前述方法，如图 3，确定该圆锯片的冷却速度带 $\overline{ab}$ 。由于该圆锯片边沿齿口处已淬裂，说明该部位已进入第 I 冷速区。而在近中间部位淬火硬度只有 30HRC，未淬硬，说明该部位已进入第 III 冷速区。这样，整个圆锯片冷速区。而在近中间部位淬火硬度只有 30HRC，未淬硬，说明该部位已进入第 III 冷速区。这样，整个圆锯片就跨越了 I、II、III 共三个冷速区。对于本例中薄而大的工件，同一次淬火冷却中跨越三个冷速区，就很容易发生严重变形。

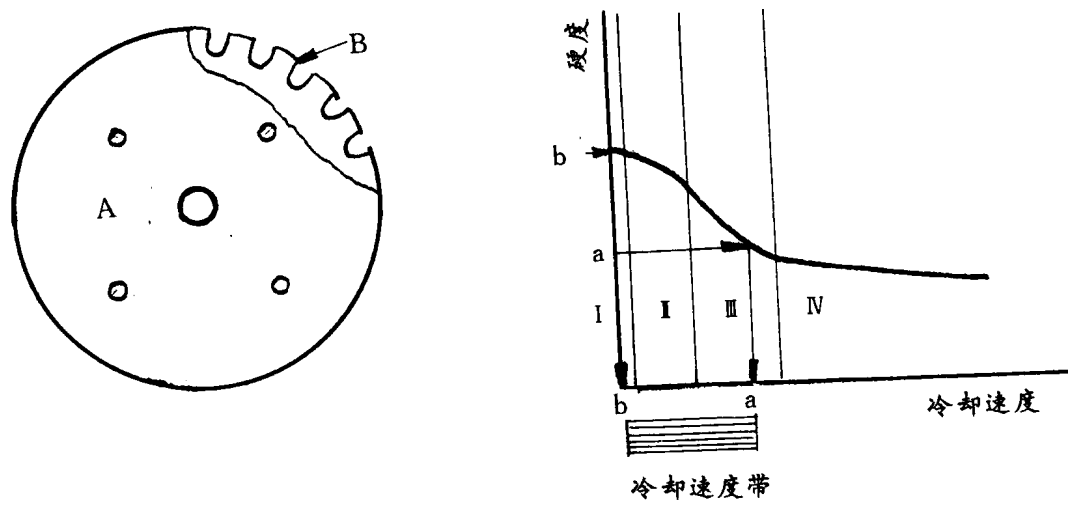


图 3. 65Mn 大圆锯片的冷却速度带跨越 I、II、III 区

4. 减小工件淬火变形的努力目标

通常，对工件淬火效果的要求是：获得高而且均匀的淬火硬度、足够的淬硬深度、不淬裂且无淬火变形。显然，按本文的分析原理和方法，只有当工件上参与变形部位的冷却速度带落入第 I 冷速区，才能获得这种淬火效果。据此本文减小工件淬火变形的措施和方法，均以使工件上参与变形部位的冷却速度，即该工件的冷却速度带完全落入其第 I 冷速区为努力目标。实现这个目标，就可以控制变形。以下归纳的做法都是以此为目标的措施。

5. 渗碳淬火工件的特殊处理方法

由于渗层的化学成分与基体不同，而渗层由表到里又有成分变化，使渗碳或碳氮共渗工件在淬火冷却

却速带全部进入其第Ⅰ冷速区。如果完成这一步后，工件仍有超差变形，再进行第二步处理。

第二步，检查淬火变形工件上无渗层部分的表面硬度，从而确定其冷却速度带的跨区情况，并用前述方法确定减小淬火变形的努力目标。

三、减小淬火变形的改进方向

1. 整体移动冷却速度带

通过整个提高或降低淬火冷却速度等措施，使工件的冷却速度带整体移入该工件的第Ⅰ冷速区。这种方法适用于工件的冷却速度带比较窄，发生淬火变形的原因是其冷却速度带整个或局部落入或伸到了第Ⅰ或第Ⅲ冷速区。

当工件上有局部或全部参与变形部位淬火硬度偏低时，说明该部分淬火冷速进入了第Ⅲ冷速区。按照上面提出的解决办法，为消除这种淬火变形，可以采取提高整个工件的淬火冷却速度，适当提高淬火加热温度，以及改用淬透性更好的钢种制做该工件等措施之中的一个或几个，就可以使该工件的冷却速带发生移动并进入第Ⅰ冷速区，从而消除该淬火变形。

当工件发生变形且淬火硬度高或同时发现有淬裂，说明部分或全部参与淬火变形部位进入了该工件的第Ⅰ冷速区。解决这类变形问题的措施有：适当降低该工件的淬火加热温度，降低整个工件的淬火冷却速度以及改用碳量及合金元素含量稍低的钢种等，目的在使工件的冷却速度带整个移入第Ⅰ冷速区。

例如，某汽车板簧厂采用13%的今禹8—20水溶液，在液温25℃时淬11×75mm的60Si2Mn钢板，出槽后发现高达4mm的侧弯变形和相当大的弧高变化。起初，有关人员分析认为，是淬火应力（指热应力和组织转变应力）过大引起。因此，采取了降低淬火应力的方法：适当降低淬火加热温度，提高淬火液液温，并停止淬火机的摆动以减小相对流速，甚至曾一度将今禹8—20的浓度提高到15%。所有这些措施，都在降低板簧片的淬火冷却速度，都想减小淬火应力来消除淬火变形。但结果与希望相反，板簧片的变形更大且仍然无规律可循，同时，钢板的淬火硬度更低，根本不能满足热处理要求。

后来，用本文所述的方法分析该批板簧的淬火变形，发现淬火硬度不足且高低不均，大约在28~52HRC之间，其冷却速度带正好落在第Ⅲ冷速区，如图4所示。按前面提到的原则和方法，解决这一变形问题的措施就不是设法降低淬火冷却速度，而是提高淬火冷却速度，以便使该板簧片的冷却速度带整体向左移入其第Ⅰ冷速区。具体的做法是，向淬火槽中补加自来水，将今禹8—20的浓度降到10%，并在淬火过程中使淬火机不停地摆动，以便进一步提高淬火冷却速度。结果，在其它工艺方法保持不变的情况下，同批板簧片淬火后的变形（侧弯和弧高变化）极小，同时淬火硬度都在59~61HRC内，没有淬裂，完全满足了工艺要求。

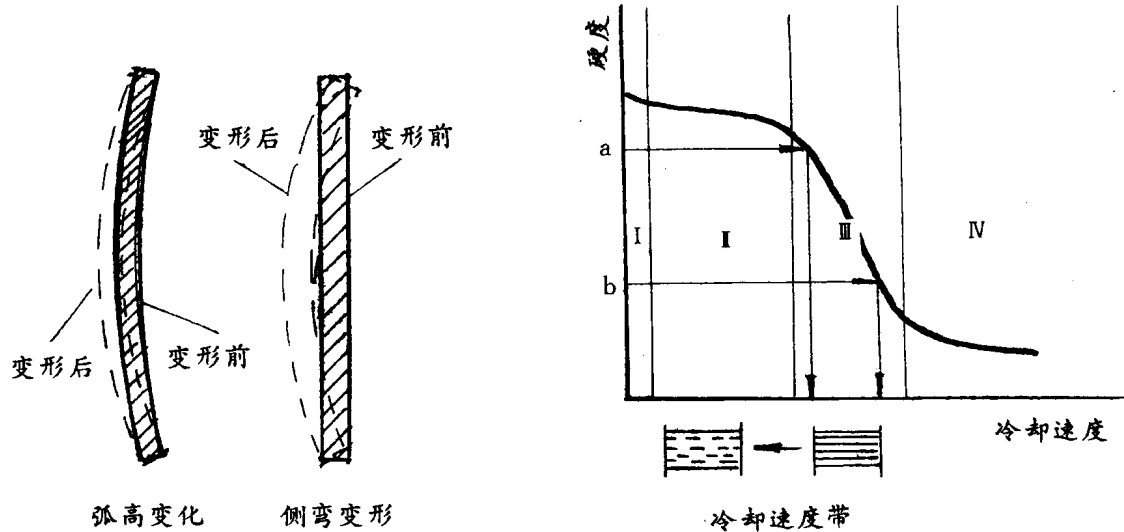


图4. 移动冷却速度带消除板簧片的淬火变形

2. 使冷却速度带收缩进第Ⅰ冷速区

当变形工件的冷却速度带跨越两个以上冷速区时，解决淬火变形问题的办法就是使工件上参与变形部位中原来冷速过快（因而发生淬裂、变形）的部分淬火冷速降低，相当于使工件的冷却速度带伸入第Ⅰ冷速区的左端部分向右收缩，达到左端头也进入第Ⅰ冷速区；使工件上参与变形部位中硬度不足或硬度过低部位的淬火冷速提高，以使其冷却速度带向右伸出第Ⅲ区的部分向左收缩，也进入第Ⅰ冷速区。

例如，图3所示的大圆锯片，它的冷却速度带跨越Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ共三个冷速区，因此，采取的消除变形措施应能使其冷却速度带的两端同时向中间收缩，直至全部落入其第Ⅰ冷速区。经分析，该圆锯片外沿齿间底部发生淬裂，是在淬火冷却中该部位受到过激的水流冲刷的缘故。解决这一部分（即冷却速度带伸入第Ⅰ冷速区那一段）的淬裂变形的措施是设法使该部位不受水流冲击，可以在淬火槽中安装护板或改变淬火液循环流动的分配方式，其目标都是使原来冷却太快的外沿部分的冷却速度降低至不发淬裂的程度。而对于圆锯片上近中间部位，淬火硬度偏低说明其受到的冷却不足。分析这些部位冷速不足的原因发现，在淬火冷却过程中这些部位长期被流动缓慢的热水包围。由于锯片很大，从下至上做上升流动的热水达到锯片中间部位时液温已相当高，使圆锯片近中心部位有较长时间在蒸气膜及热水笼罩之下，加上该部位实际的有效厚度又远比边沿部位大，使这些部位得不到足够的淬火冷却，淬火硬度自然偏低。又由于上升过程中形成的热水区的液温分布相对于圆锯片是不稳定和 irregular 的，故淬火后圆锯片的变形大而没有规律性。解决这些部位淬火冷却速度不足的办法，是根据圆锯片在槽中的位置，安设足以使其近中间部位获得适当水流冲击来加快散热，提高冷速，使这些部位对应的冷速带右端向左收缩，直至进入第Ⅰ冷速区。由于这类大圆锯片多是专业厂生产，生产装置是专用的，通过适当的试验改进，最终实现使圆锯片的冷速带从左、从右同时收缩进第Ⅰ冷速区，从而消除淬火开裂、变形和中间部刚度不足等问题，可以收到一劳永逸的效果。关于解决这类圆锯片淬火变形、开裂问题，本文在后而还将提出另一种解决办法。

四、调节冷却速度带的基本措施

从前面的讨论中可以看出，解决变形问题的途径，其实质上是针对具体情况，应用一些能调节冷却速度带的措施，以实现工件冷却速度带的移动和收缩，使其完全进入第Ⅰ冷速区。在热处理生产中，可以采取的基本措施大致有：改变淬火加热温度，改变工件局部冷却状况，改变淬火介质的温度、浓度和流动情况，改换淬火介质，以及适应钢材的化学成分和质量的波动情况，直至改换钢种和改变工件外形设计等几类。在生产中根据具体情况灵活应用其中的一类或几类方法，通常可解决本文所指的淬火变形问题。以下对各类基本措施分别加以说明。

1. 改变淬火加热温度

当工件的冷却速度带伸入第Ⅰ冷速区时，适当降低工件的淬火加热温度，可以使工件的冷却速度带的左端向右方发生一定量的收缩。这类措施中也包括局部降温后淬火。

当工件的冷却速度带伸入第Ⅲ冷速区时，适当提高整个工件或工件上局部区域的淬火加热温度，可以使其冷却速度带的右端向左做一定量收缩。如果原来的淬火加热保温不足，则延长保温时间，也有同样效果。

2. 淬火冷却介质上的变换

从淬火介质上想办法，以求减小工件的淬火变形，早已为热处理现场采用。本文采取的办法与习惯办法之不同，主要在两点上。第一，本文改变淬火介质使用状况或改换淬火介质品种等办法，是以前面建立的原则和方法为指导来进行的。第二，过去习惯的做法，调整淬火介质及使用状况的目标，往往限于降低淬火冷却速度，以求降低淬火冷却过程的内应力。而本文的方法，是按工件冷却速度带的跨区情况而定的，既有以降低淬火中的应力为目标的降低淬火冷却速度的措施，更有提高淬火冷却速度的措施。事实上，工件的淬火变形，大多是工件上参与变形部位的冷却速度不足即进入了第Ⅲ冷速区引起的，因而需要以提高冷却速度办法来解决这类工件的淬火变形问题。采用这种措施提高的是工件相对于淬火介质的冷却速度，即对外的冷却速度，而在工件内部参与变形部位之间却因全部进入第Ⅰ冷速区而使相对差异减小，所以最终

能减小工件的内应力，从而减小淬火变形。

在可以采用的淬火介质中，自来水冷却太快，会使许多钢种淬裂并发生淬火变形。遇到这种情况，改换成机油，淬火冷速大大降低，通常可以防止这类淬裂及变形。这是众所周知的办法。由于自来水与机油的冷却速度相差很大，不少钢件在水中淬裂、变形，而在机油中却淬不硬且发生变形。

在自来水中加入适量水性淬火剂，可以在一定程度上降低自来水的冷却速度。而以矿物油（机油）为基础做添加配成的淬火油，又可以使油的冷速增大。这些都为控制淬火变形提供了条件。

有些水性淬火剂可以通过调节浓度来改变水溶液冷却速度。以今禹 8—20 为例，15% 时的 300℃ 冷速约为 20℃/S，相当于某些超速淬火油。而浓度为 9% 时的 300℃ 冷速约为 50℃/S，相当于饱和氯化钙水溶液。而当浓度降低至 5~7% 时，300℃ 冷速增大至 70~80℃/S，就与所谓的三氯或三硝淬火液相当了。于是，可以通过提高淬火液浓度使工件的冷速带向右移，也可以通过降低淬火液浓度来使工件的冷速带向左移。本文图 2 所举的淬火变形例，其产生淬火变形的原因是工件冷却速度带的右端伸入了第Ⅲ冷速区。具体的说当进行水淬时，该工件的两端冷得快而避开了其过冷奥氏体冷却转变的“鼻尖”位置，随后在油中继续冷却时转变成了马氏体。但是，筒体内面近中间部位在水淬中尚未冷到“鼻尖”位置对应的温度，因此，在随后的油冷中产生了相当量的非马氏体组织。解决这一淬火变形的办法，是改用 6% 的今禹 8—20 水溶液做单液淬火，一冷到底，且在淬火冷却中使淬火液做适当循环流动，以提高筒体内部的冷却速度。这一解决办法，实现的是使冷却速度带伸入第Ⅲ冷速区的部位向左收缩进其第Ⅰ冷速区。采用这种做法后，淬火操作简化了，淬火硬度高而均匀，没有淬裂，淬火变形消失了。

好的水性淬火液，其淬火冷却的高温冷速大多较高，即蒸气膜阶段较短且不稳定。因此，评价水性淬火液的冷却特性，主要看它的 300℃ 冷却速度。淬火油多有较长且相当稳定的蒸气膜阶段，因此，评价油的冷却特性应当看的是整个冷却速度分布，包括蒸气膜阶段长短、最高冷速大小和出现最高冷速的温度高低、以及对流开始温度等。不能单以其最高冷速的大小来评价油的冷却能力。从冷却速度曲线上容易看出，所谓“最高冷却速度”只存在一瞬间，对工件的淬硬效果作用不一定大。

普通机油冷却速度慢，因此，在其中淬火后有超差变形的工件，其淬火冷却速度带大多伸入甚至整个落入第Ⅲ冷速区。遇到这种情况，将原用的机油改换成有适当冷却速度分布的快速淬火油，或者在现有的机油中加入适当的油改性添加剂获得同样的冷却速度分布，以便工件在其中淬火时使冷却速度带发生左移或向左收缩，最终全部进入第Ⅰ冷速区，便可以解决这类淬火变形问题。

在决定是选用水性介质还是淬火油时，还必须考虑液温变化对淬火冷却特性的影响。对淬火油而言，在一定范围内提高油温，油的冷却特性基本不变。进一步提高油温，还会使油的蒸气膜阶段有所缩短，冷却能力相应有所增大。油温过低，油的粘度增大，流动性变差，冷却能力会降低。有些工厂有这样的经历，冬季新开炉时，油温很低，工件的淬火变形大且淬火硬度不足。这是工件的冷却速度带向右伸入了第Ⅲ冷速区的缘故。遇到这种情况，设法提高油温，比如使油温升到 50~80℃ 再淬同类工件，由于冷却速度提高，工件的冷却速度带左移至全部进入第Ⅰ冷速区，淬火变形就消失了，淬火硬度也达到了工艺要求。

与油相反，在水性介质中淬火时，提高水温会降低淬火冷却速度。降低的程度与介质的品种、使用的浓度和当时的水温有关。当变形工件的冷速带伸入其第Ⅰ冷速区时，适当提高水溶液的液温，可以使其冷却速度带稍向右移。又当水溶液温度过高，淬火冷却速度不足，工件的冷却速度带向右伸入了第Ⅲ冷速区而引起变形时，适当降低水温则有使其冷却速度带左移的作用。

当然对于以水为基的淬火液，采取降低和升高水温来调节工件的冷却速度带时，水温的变化范围是比较窄的。降温以不发生凝固为限，而升温以 60~70℃ 为限。水温太高，淬火冷却的蒸气膜阶段过长，使水溶液冷却能力大减，会使工件的淬火硬度不均匀。

前面图 3 所举大圆锯片的例子中，采用水溶液时边沿齿口部淬裂，而中间部位又淬不硬。边沿部位水温低，又受冲刷，冷却速度过快，是边沿缺口部位淬裂的原因。圆锯片中间部位水温远比边缘部位高，相应地淬火冷却速度低，是这些部位淬不硬而引起变形的原因。对于这样的淬裂与变形问题，除采取前述

在边沿部位加护板，降低冷速，同时在中间部位安设喷水管适当分配水流来提高冷速外，还可以采用专配快速淬火油代替现用的水性介质，也能生产出合格产品。专配快速淬火油可以解决该圆锯片淬裂和变形问题的原因是，这种油的淬火冷却速度比普通机油快，可以使 8mm 厚的 65Mn 圆锯片中间部淬硬。又由于专配淬火油的冷却速度远比水和水溶液低，可以保证该工件不发生淬裂。关于中间部位的淬硬问题，由于油的冷却速度随油温升高能有所提高，与近中间部位实际厚度比边沿大正好相匹配，也能保证淬硬。从该圆锯片的冷却速度带的跨区情况看，改用专配快速淬火油后，和用水溶液相比，锯片的冷却速度带变窄了，边沿部位对应的冷却速度带从第Ⅰ冷速区的部分向右缩进第Ⅱ冷速区；而近中间部位对应的冷速带却向左收缩进入其第Ⅰ冷速区，最终获得淬硬不裂且变形小的淬火效果。

3. 改善工件的局部冷却状况

在工件上冷速过快的部分加冷热附板以减少这些部位的淬火冷却速度，可以使工件冷却速度带伸入第Ⅰ冷速区的部分向右缩进第Ⅱ冷速区。相反，当工件上某些参与淬火变形部位冷速过慢时，又可以通过向这些部位多分配些水流，以增大冷速，使这些部位对应的伸入第Ⅲ冷速区的冷却速度带向左收缩，进入第Ⅰ冷速区内。本文图 3 所举大圆锯片用水溶性淬火液淬火中，就是同时采取了在圆锯片外沿加冷附板和向圆锯片近中间部位多分配水流的方法来解决的淬裂、淬硬和变形问题。

另外，有一种 20Cr 汽车后桥齿轮，渗碳后直接在机油中淬火，发现有较严重变形：内孔涨大、失圆，内外圆翘曲，公法长度变化，使产品合格率很低。剖切取样测量其内外表面的硬度发现，渗碳的齿面硬度 58~61HRC，未渗碳的内孔侧面淬火硬度不均，壁厚处约 20HRC，壁厚处约 30HRC，如图 5 所示。考虑到该齿面淬火硬度已足够高，无淬裂，说明该工件渗层部位已落入第Ⅰ冷速区，因而把研究的目标集中到齿轮的内侧面。内侧面未渗碳，取 20Cr 钢的端淬曲线中间值，画出其硬度—冷速分区图，由于硬度曲线随冷速降低变化很大，按本文后面将提到的原因，20Cr 钢属易变形钢种，其第Ⅰ冷速区很窄。该工件内侧

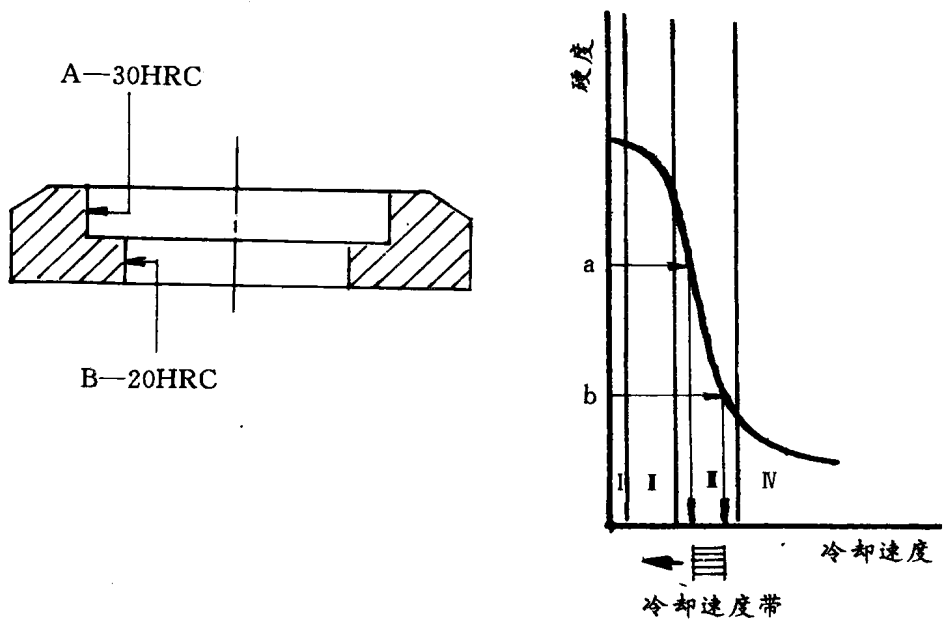


图 5 汽车后桥齿轮的淬火变形及未渗碳部分的冷却速度带

对应的冷却速度带大部分落入其第Ⅲ冷速区。根据这种分析可以判定，该齿轮发生淬火变形的原因，主要是淬火中内侧部位冷速不足。在生产中造成内侧冷速慢的原因是，渗碳中工件串堆太高，且挂具底板上无通孔，淬火时串堆的齿轮已相当于一个平底杯子，底朝下淬入油中。由于“杯”内油的流动性不好，“杯”的内侧散热慢，内侧表面较长时间受蒸气膜笼罩，结果造成齿轮内外过大的冷速差，从相应的冷速带看，外

面齿部在第Ⅰ冷速区，而内面在第Ⅲ冷速区。又由于串堆在一起的齿轮有的在“杯口”，有的在“杯中间”，有的在“杯底”，冷却情况差别较大。结果，各个齿轮的变形情况又有不同，使得该工件的变形很不规律。串堆的齿轮越多，这种差别也越大。解决这种淬火变形的措施共三项：(1) 改用蒸气膜阶段较短的专用快速淬火油，以加快“杯”内的冷却速度；(2) 适当减少串堆齿轮件数（即“杯”的高度），以减少串堆中不同部位的冷速差异；(3) 在挂具底板上多开通孔，以加快“杯”内淬火油的循环流动。采取这些措施后，该类齿轮的淬火变形问题得到了解决。

4. 钢材材质的因素

钢种不同，顶端淬火曲线的形状也不同。淬透性好的钢，其硬度随距离的变化较平缓，淬透性差的钢，变化比较陡。在硬度—冷速分区图上，淬透性好的钢，第Ⅰ冷速区比较宽，而淬透性差的钢种，第Ⅰ冷速区则比较窄。淬透性好的钢，其第Ⅲ冷速区变化陡，硬度随冷速变化较大，如图6所示。根据前面的道理，可以推知，钢种的淬透性越好，越容易控制工件的淬火变形。当然，随着钢的淬透性提高，其第Ⅰ冷速区也随之变宽，因而需要采用更缓慢的淬火介质来防止淬裂。

再看同一钢种的淬透性带图线，如图7所示。当成分波动使钢材的淬透性取图中上限时，其硬度—冷速关系成图中上面一条曲线。而当成分波动取下限时，分区情况如图中下方曲线所示。上端曲线的第Ⅰ冷速区稍宽些，第Ⅰ、Ⅲ冷速区则进一步加宽；下端曲线则相反。按前述道理推知，若同一钢种发生成分波动引起淬透性波动时，淬透性偏高的钢，比较容易控制工件的淬火变形，淬透性偏低时，则较难控制工件的淬火变形。当然，淬透性偏高，尤其是因碳含量偏高所致时，工件淬火的第Ⅰ冷速区较宽，比较容易淬裂。

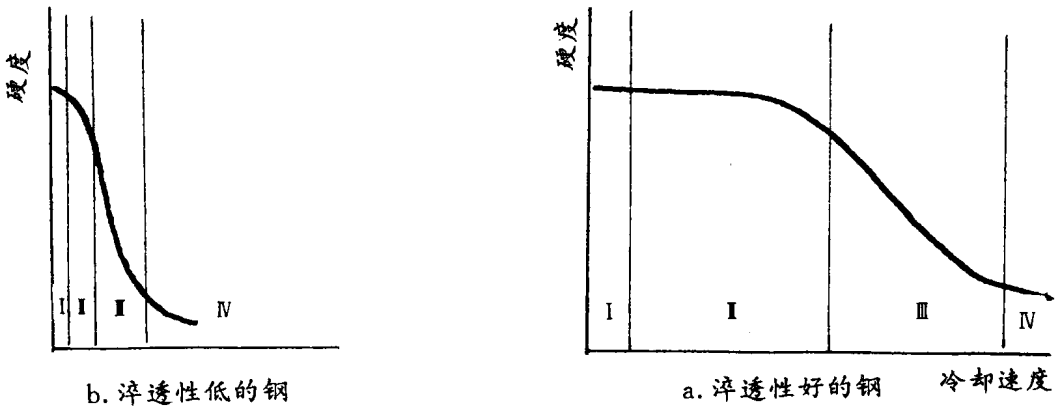


图6 硬度—冷速曲线形状与钢材淬透性高低的关系

上述钢材方面的因素对工件淬火变形和开裂的影响规律，可以用来指导预防或解决淬火变形。有时候，可以通过改用淬透性更好的钢种，在相同条件下淬火，来控制工件的淬火变形。而当钢材成分波动使淬透性降低并因此发生淬火变形时，可以改用冷却速度更快的淬火介质来控制变形。为了预防钢材成分波动引起淬火变形，当用油淬火时，可以改用快速油或在现有的机油中加专配淬火油添加剂使其变成适合的快速淬火油，以覆盖可能的成分波动的影响。能这样做的另一个原因是，绝大多数钢种在油中（包括在快速油中）不会淬裂。对于多数结构钢工件，使用合适水溶性淬火剂，往往可以消除变形和开裂，其原因也在于淬火冷速更快，可以保证工件的冷却速度带不会伸入第Ⅲ冷速区。

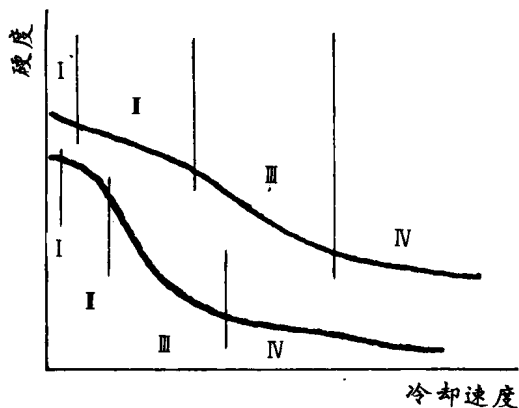


图7 钢的淬透性波动对冷速分区情况的影响

五、基本措施的应用次序

上面介绍的四类调节冷却速度带的基本措施,也就是控制淬火变形的四类基本方法。在热处理生产中,解决工件淬火变形问题时,如果有足够的实际经验,则可以判定直接采取某一类或几类措施;如果经验尚不足,则可以按下面介绍的基本措施应用次序,逐一增加或试用,直至解决问题为止。

1. 改变热处理工艺参数

首先,可以根据淬火变形工件的冷却速度带的跨区情况,采取以下热处理工艺措施:

I — 提高或降低工件(或其局部)的淬火加热温度;

II — 升高或降低淬火液液温;

III — 增大或减小淬火冷却过程中工件(或其局部)对淬火液的相对流速。

采取一项或几项这类措施,通常可以解决不少淬火变形问题。

2. 改变淬火液使用浓度

浓度易测易控的水溶性淬火剂配成的淬火液,适于采用这类措施。由于浓度变化后较难还原,在此,是在采取第1步措施尚不能解决问题时,才可考虑走第2步。

3. 改换淬火介质品种或加入专配添加剂

改换介质包括:

I — 由自来水换成某种水溶性淬火液;

II — 由一种水溶性淬火液改成另一种水溶性淬火液;

III — 由自来水或水溶性淬火液改成油性介质;

IV — 由普通机油改成某种淬火油;

V — 由一种淬火油改成另一种淬火油;

VI — 由冷油改成热油;

VII — 在普通机油中加入专配添加剂以及对旧油的油改性添加或处理。

可以根据工厂的情况和变形问题来选定。由于这类改造是不可回复的,费用也较大,应当慎重些。为避免改换上的失误,事先应当对现用淬火液的冷却特性以及需要改成什么样的冷却特性的淬火液才能完成所希望的冷却速度带的变动有充分的了解。对于水性淬火液,主要考虑它的“300℃冷速”,可以根据淬火剂的级别(或可以调节到的级别)来选用。对于淬火油,由于淬裂倾向相当小,需要考虑的是它在淬火过程中的蒸

气膜阶段长短,低温冷却速度高低,以及其出现最高冷速的温度和最高冷速值(即油的冷却速度分布)。工件的钢种、形状、有效厚度和热处理要求不同,需要相适应的冷却特性分布的油,才可以保证其冷却速度带全部落入第Ⅱ冷速区。但有一项经验对选用淬火油(或旧油作油改性)有帮助:对于多数钢种,当淬火油的蒸气膜阶段较短,低温冷速较大,以及最高冷速较高时,对保证淬硬和防止变形都很有效。

4. 改换钢种

按传统的防止淬火变形措施,换钢种是工件在自来水中淬火发生变形后,改换成淬透性好的钢种,在机油中淬火来控制变形。对这种做法的习惯性解释为:原钢种在自来水中淬火,冷速太快,内应力过大引起了超差的淬火变形。改换成淬透性更好的钢种,由于油中冷得更慢些,内应力减小,因此可以减小淬火变形。这种做法通常有效。而对这种做法的解释则不尽全面。按本文方法做解释,换钢种用油淬火,首先是淬透性更好的钢种有更宽的第Ⅱ冷速区,可以使该工件在油中淬火时的冷却速度带全部落入第Ⅱ冷速区。说那种解释片面,是因为在自来水中淬火发生了超差变形,其原因可能有两种,一是工件的冷却速度带进入或部分伸入了其第Ⅰ冷速区,二是工件的冷速带进入或部分伸入了其第Ⅲ冷速区。当为第一种可能时,可以首先采取第1条措施去解决,如果解决不了,可采取第2步、第3步措施,以至再采取换钢种的措施。改换成淬透性更好的钢种成本高,从生产经营和节省合金元素资源上说,都不宜首先采用。当此类工件发生变形的原因是其冷却速度带进入或部分伸入了其第Ⅲ冷速区时,除可以采用第1步骤外,还可以采取改换成碳量稍高、淬透性稍高的钢种,仍然在原自来水中淬火,同样可以解决淬火变形问题。

说那种解释法较片面,还可以从以下情况加以说明。当某工件在普通机油或热油中淬火发生超差变形时,如果变形原因是工件的冷却速度带伸入了第Ⅰ冷速区,再采取那种改用淬透性更好的钢种显然会使问题更严重,而还想找比普通机油冷却更慢的介质,恐怕就只有分级淬火或空冷了。而这些做法成本都太高。当变形原因是工件的冷却速度带进入了第Ⅲ冷速区,解决变形问题的方法就应当是改用快速淬火油,对原用的机油做油改性添加,以及采用合适的水性淬火液。

综上所述,根据原淬火变形工件的冷却速度带的跨区情况,在采取前3步措施仍不能解决问题时才应考虑改换钢种,可以是改成淬透性更好的钢,也可以改用淬透性更差的钢。通常,改换钢种的同时应改换淬火介质。

5. 改变零件结构设计

当采取上述四个步骤仍无效后,可以考虑用这一种方法。改变零件外形设计的原则,可以参照有关资料。

附表： 控制淬火变形基本措施的作用方向简表

基 本 措 施		作用方向	
		左 移	右 移
淬火加热 温 度	提 高	✓	
	降 低		✓
淬 火 油 油 温	提 高	✓	
	降 低		✓
水及水溶液 液 温	提 高		✓
	降 低	✓	
工件与介质的 相对流速	增 大	✓	
	减 小		✓
改变今禹 8—20 浓度	增 大		✓
	降 低	✓	
自来水改成今禹 8—20			✓
自来水改成机油			✓
机油中加入专配添加剂		✓	
机油改成专用淬火油		✓	

一九九六年一月二十五日



北京华立精细化工公司

专用资料

谈新型淬火介质推广应用中的几个问题

北京华立精细化工公司

张克俭

一、推广应用的意義

新型淬火介质通常指各种专用淬火油和优质水性淬火剂。选好、用好新型淬火介质主要可以获得以下直接的收益。

1. 提高工件淬火硬度、硬化深度以及综合机械性能；
2. 消除淬火开裂和减小淬火变形；
3. 选用水性淬火剂可消除烟气、清洁环境并杜绝火灾危险；
4. 选用光亮淬火油，同时提高淬火工件的光亮度；
5. 提高生产效率；
6. 可改用淬透性较低的钢种，降低钢材成本，节省合金元素资源。

综上所述，有条件的工厂应当尽快用上新型淬火介质。

二、正确认识新型淬火介质

由于是新东西，加上宣传介绍不多且缺乏系统性，到目前为止，部分热处理工作者、甚至有些淬火介质生产厂家对新型淬火介质仍缺乏了解，这主要表现在以下几个方面：

1. 淬火介质的冷却特性对淬火质量有很大影响。然而，在分析解决工件热处理质量问题时，不少人还不知道把淬火介质的特性及其变化作为一个因素考虑进去。
2. 部分生产水性淬火剂的厂家并不真正了解自己产品的特性和用法，有的还做“可以配成从水到油之间任何冷却能力的淬火液”这样并不符合实际的宣传。
3. 就象有人不知道钢有不同的种类和特性一样，部分热处理工作者至今仍把不同的淬火介质看成一样的东西，因而出现一些失误，或选不到合适的淬火剂品种，或在错选某种不适合的淬火介质造成失误后，就“十年怕草绳”，再不敢问津所有的淬火介质。
4. 不了解淬火油也有其独特的优势，盲目地把某些优质水性淬火剂扩大到不适合场合。
5. 在淬火过程中，影响钢件淬火质量的是淬火介质的冷却特性分布，而不是淬火介质从高温到低温的总的冷却时间长短。因此不应当简单地以“普通”、“快速”和“超速”来评价和划分淬火油。
6. 采用快速淬火油或水性介质替代普通矿物油以后，没有改用淬透性较低的钢种来降低成本，节省资源。

以上种种误解，妨碍着新型淬火介质的推广应用和应用后作用的发挥。鉴于此，有必要加强这方面的宣传工作。

三、选好用好新型淬火介质需要的条件

在工业生产中，要选好用好新型淬火介质，需要一定的条件。这些条件包括：淬火介质生产厂能提供有效的技术服务，使用厂进行适当的管理、有基本的设备条件和一定的技术力量。

1. 淬火介质生产厂积极有效的技术服务

淬火介质生产厂不仅应当提供优质的淬火剂产品，还应当有能力辅以积极有效的技术服务。这种服务包括能正确指导用户选择合适的淬火介质品种，提供甚至现场传授用法技术，并具备处理可能出现的问题的能力。

2. 用户要进行适当的管理