匀速冷却液及其在正火中的应用

北京华立精细化工公司 （昌平 102200） 张克俭 王 水

一、匀速冷却液及其特点

热处理生产中，冷却介质主要用于工件的淬火冷却。常用的液态冷却液有清水、有机和无机水溶液以及各种淬火用油，再加上空冷和风冷。这些冷却介质都有一个共同的特点：在它们的所用温度（这里指工件的温度）范围内，工件获得的冷却速度都要发生很大的变化。图 1 是清水的冷却特性曲线。图 2 是基础油和快速油的冷却特性曲线。容易看出，它们的冷却速度随工件温度的不同都发生了非常大的变化：矿物油的变化在 3 ~ 5 倍，水性介质的在 5 ~ 15 倍。

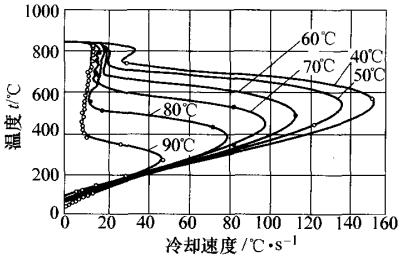


图 1 不同水温下清水的冷却速度曲线

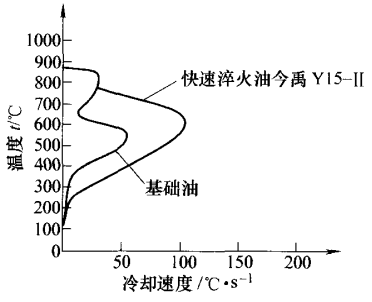


图 2 基础油和快速淬火油的冷却速度曲线

空冷和风冷中，工件温度高时获得的冷却速度高，工件温度低时获得的冷却速度则低。图 3 是冷却特性仪的探棒直接受到风冷时的冷却速度曲线，由此可以看出，830℃的风冷速度约是 400℃时的 2 ~ 3 倍。同时，冷却速度随风速增大而提高，随风速减小而降低。此外，探棒处在迎风位置时冷却速度高，处在背风位置时冷却速度则低，如图 4 所示。其大小差异也在 2 ~ 3 倍范围内。

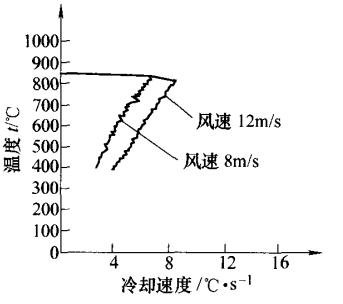


图 3 风速大小和温度高低对冷却速度的影响

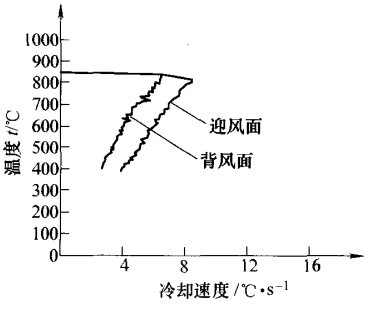


图 4 迎风面与背风面的冷却速度对比

那么有没有冷却速度随工件温度高低变化很小，而又不存在迎风面和背风面差异的冷却介质？我们现在的回答是肯定的，那就是本公司最近推出的“匀速冷却液”。图 5 是匀速冷却液 S1 的冷却速度曲线。它是一种全程匀速冷却液。图 6 是匀速冷却液 S2 的冷却速度曲线，在 350℃以上，其冷却速度随探棒温度的变化也很小。

之所以叫“匀速冷却液”，是因为在它们的使用温度范围内，比如，2 号匀速冷却液 S2 在 400℃以上温度时，其冷却速度就能保持很好的稳定性（通常波动范围

不超过±12%），而1号匀速冷却液可以达到全程匀速。虽然对于严格意义上的“匀速”，冷却速度曲线应当是一条平行于温度坐标的垂线，冷却过程曲线应当是向下倾斜的直线。但和我们常用的淬火介质相比，称具有图5、图6所示冷却特性的液态介质为“匀速冷却液”也是合情理的。因为S2具有很好的流动性，工件上任何表面，只要浸没在其中，就可以获得基本一致的冷却效果，克服了风冷时迎风面和背风面的冷却速度差异。这也是称之为匀速冷却液的理由。

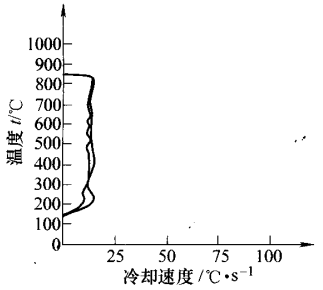


图5 1号匀速冷却液（S1）的冷却速度曲线

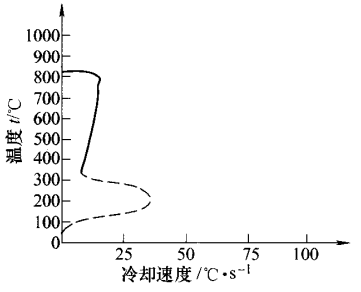


图6 2号匀速冷却液（S2）的冷却速度曲线

二、匀速冷却液的用途和特殊优点

1. 用途

匀速冷却液主要用在以下场合：一是锻钢件的正火，尤其是等温正火中；二是渗碳后再次加热淬火工件的渗碳后冷却中。此外，高合金钢的分级冷却和铝合金固溶处理等场合，也可以采用匀速冷却液。

（1）用在锻钢件的等温正火中　锻钢件的正火冷却，高温时锻件需要快速冷却，以防止出现魏氏组织和过量的先共析转变产物。而冷到中温以下温度时，为了不产生贝氏体和马氏体等非平衡组织，冷却速度应当较慢。普通空冷的冷却速度太慢，不能满足正火早期的快冷要求。水冷和油冷的冷却速度太快且不好掌握。因此，它们都很难用在锻钢件的正火中。当前，锻钢件的正火，普遍采用的是空冷和快速风冷的办法。快速风冷的等温正火生产线具有很多优点，近十多年来已在国内齿轮行业得到推广和好评。

等温正火生产线主要用在中小锻钢件的大批量等温正火中。应用这样的生产线需要大量资金和场地。在没有等温正火生产线的工厂，原来采用传统空冷正火的工件，先在匀速冷却液中冷却，然后出液空冷，就能防止出现魏氏组织和过多的先共析铁素体。如果从匀速冷却液中出来后，能转到另一台等温炉中等温，还能防止产生贝氏体和马氏体等非平衡组织。

（2）渗碳后再次加热淬火工件的渗碳后冷却　渗碳后的冷却情况，对渗碳后二次加热淬火工件的组织和性能有重大的影响。渗碳后再次加热淬火的方法，主要用在深层渗碳的工件上。这些工件多比较厚大，渗碳后冷却慢了，常常在高碳的表面层形成网状渗碳体。冷却快了又可能产生贝氏体和马氏体等非平衡组织。如果渗碳后先采用匀速冷却液冷却，然后空冷；或者先匀速冷却液冷却，然后等温的办法，则可以使这些类工件获得更好的预备组织。

2. 匀速冷却液的特殊优点

匀速冷却液的平均冷却速度并不很快，用国际标准冷却特性仪检测，冷却速度基本在13～15℃/s范围内。这一特点正好适于锻钢件的等温正火之用。

和快速风冷相比，采用匀速冷却液有以下四大优点：

（1）不需要专门的设备　只要有箱式炉和普通的淬火槽，就可以进行锻钢件的等温正火。在连续炉或者网带炉的生产线上使用匀速冷却液，效果会更好。

（2）适用于不同大小的工件　不管工件的钢种和形状大小如何，都可以在同一个淬火槽中完成等温之前的快速冷却。

（3）冷却时间短　一般的小锻件在匀速冷却液中的冷却时间在30～60s范围内，而较大锻件的冷却时间也不超过几分钟。同样的小工件在快速风冷装置中的冷却时间通常多在5～6min以上。因此，匀速冷却液的使用不仅能减少锻件正火后组织中的先共析成分，更能使淬透性较差或者有效厚度更大的锻件获得满意的正火组织。

（下转第44页）

热处理时的形状和尺寸变化是不可避免的，过大和不均匀的畸变会增加加工余量或使之报废，所以尽量减小质量分散和畸变是许多热处理工作者终生努力的目标。

(3) 少无浪费。节能的热处理工艺是最有效的节能措施。比如把渗碳温度从930℃提高到1050℃可减少40%的工艺周期。在一般电阻炉中这种温度的提高受到发热体和耐热材料的限制而很难实现，而真空炉中低压渗碳在1050℃施行是轻而易举的事。以氮碳共渗、硫氮碳共渗和氧氮共渗代替渗碳和碳氮共渗，可把工艺温度从850～930℃降到550～580℃，代替一般气体渗氮可把渗氮时间从30～70h减少到1.5～3h。利用锻后余热施行锻坯的调质淬火，可节约重新加热所需的热能，而且还能获得改善组织和性能的形变热处理功效。钢件热处理加热时间过于保守的计算必须改变。碳钢和低合金钢施行零保温加热、不均匀奥氏体淬火和加热到F+A两相区的不完全淬火都是可行的。

(4) 少无氧化脱碳。绝大多数金属在空气中加热时的氧化会造成金属的大量损耗，也会破坏制件的表面状态和加工精度。少无氧化加热也是近代先进热处理技术发展的主要标志之一。属于少无氧化热处理范畴的技术包括气氛、真空、感应、流态床、盐浴、激光、电子束和涂层，包装热处理和燃烧炉火焰的还原性调节。钢件在空气和氧化性气体（CO_2、H_2O）中加热时，氧化的同时还伴随着表面含碳量的降低，即表层脱碳。脱碳的工件淬火后表面硬度低，不耐磨，且表面易形成张应力，对抗疲劳性不利。少无脱碳加热的工艺方法与少无氧化基本相同，但对工艺条件的要求比少无氧化严格。因此少无脱碳保护气体只具有还原性还不够，尚应有一定碳势。

(5) 少无废品。从零件的设计、材料的选择、材料质量的保证、加工过程和工艺路线的确定，用数据库和专家决策系统优选工艺和设备，设备可靠性的保证、工艺参数和产品质量的在线控制，无损自动质量检测系统来完成全部加工和热处理生产过程，实现产品质量的全面质量控制，使产品100%合格已不是一种梦想。严格的管理、先进的工艺、可靠的设备、精确的传感器及精密控制的成套系统工程，是实现无废品生产的充分保证。

(6) 少无人工。热处理的人工操作是一种恶劣环境下的繁重体力劳动。人工操作还会造成因人而异的产品质量波动。

全球经济、资源和环境逐渐趋于一体化，国内金属热处理节能技术在工艺、设备、材料和生产管理等方面都取得巨大的进步，但与国际先进水平相比还有较大的差距，而且我国能源、环保都面临很大的压力，工业炉加热技术及装备水平也面临极大的挑战。让我们为工业炉发展，走科技含量高、经济效益好、能源消耗低、环境污染少的可持续发展道路而共同努力。

(20061208)

(上接第40页)

(4) 冷却均匀性好　快速风冷中，工件放置的远近、迎风和背风的不同，都会影响到冷却的快慢。而在匀速冷却液中冷却，浸没在其中的工件和工件的不同部位，都容易获得基本相同的冷却效果。因此，冷却的均匀性都会更好。

三、匀速冷却液的应用举例

(1) 某厂一组20CrMnTi的齿圈锻件，经过930℃正火加热后，在匀速冷却液今禹S2中冷却25s后，转入630℃的箱式炉中等温1.5h，随后空冷。测得该组工件的金相组织为少量铁素体加珠光体；硬度值在186～196HBW之间。

(2) 长期以来，某厂生产的8620齿轮锻件中，尺寸稍大的，在等温正火生产线上做等温正火后，硬度通常在140HBW附近，很难达到160HBW。但是，改在匀速冷却液今禹S2中冷却30s，装入箱式炉中620℃等温2h，获得的正火硬度为180～190HBW，组织为均匀的较细珠光体，只有极少量的先共析铁素体。

(3) 某厂一组齿坯锻件经正火加热后，在匀速冷却液中冷却30s，随后620℃等温2h。检查结果：硬度在191～198HBW范围，金相组织为少量铁素体加珠光体。

四、结语

匀速冷却液是我公司经多年研究而开发成功的新产品。匀速冷却液在钢件正火等场合的应用技术也是我公司开发的新技术方法。匀速冷却液产品与上述应用技术都已申请了国家发明专利。

(20061201)