

热工理论实践及研究

大连市科技情报研究所
大连市群星实业开发公司

17
H

刊 头 字 孙 杰 英

热处理实践及研究

编 著 者 范运和

出 版 者 大连市科技情报研究所 大连群星实业开发公司

印 刷 沈阳军区军医学校印刷厂

封皮印刷 大连重型机器厂印刷厂

一九八五年三月出版

工本费2.20元

序

如所周知，热处理是达到和超过金属工件技术要求所需组织和性能的关键。截止目前为止，对于常规的最后处理，特别是防止或减少淬火缺陷（如软点、硬度不足、变形、开裂、组织异常等），根据我国的实际现况，可以说基本上都是取决于工人同志的操作技术，而以细长、薄片及异形工件更为突出。

本书总结了老工人三十多年来主要在上述方面的现场操作经验，这对熟练的热处理工有参考交流价值，对新工人操作技术水平的提高，更具有现实的指导作用。为此，本人乐于推荐。我相信，本书的出版是会受到欢迎的。

杨 烈 宇

1985. 2. 1. 于医院

编 者 的 话

我们知道，机械零件由于形状尺寸不同、服役条件不同，应该有不同的性能要求，而影响材料性能的因素又是很复杂的。生产中不仅要考虑材料的机械性能，还要重视其工艺性能。热处理是机械制造中的一个工序，但却是影响零件质量好坏的关键工序。热处理时不仅要达到设计者提出的性能指标要求，还要注意热处理时产生的变形、裂纹以及其他各种缺陷，因而对操作者提出较高的技术要求。特别是中小工厂，由于设备比较简陋，要保证热处理质量就必须提高热处理工人的技术水平。

范运和技师有三十多年热处理生产实践经验，培养了大批徒弟，在解决生产中出现的难题时，进行了大量的实验研究工作，积累了大量资料。将这些经验总结整理出来，对提高广大热处理工人的技术水平，保证产品质量都将起到有益的作用。

早在1959年，大连海运学院杨烈宇教授就协助整理了“细长工件的横向淬火”这一部分的第一稿。1964年，大连重型机器厂（原大连工矿车辆厂）工程师荣庆志同志对范运和技师的底稿进行了文字修改，形成本书的初稿。1969年，大连工学院几位教师审阅后，以《热处理实践及其研究（一）》为书名内部印发，深受各工厂热处理工作者的欢迎。本书由大连工学院金属学教研室讲师李茅华同志重新进行整理、修改并增删部分章节。由于我们水平有限，错误在所难免，欢迎批评指正。

本书能够和广大读者见面，是和很多关心本书的同志热情帮助分不开的。大连市科协主席、大连海运学院杨烈宇教授在病中为本书写了序言，大连海运学院刘承仁、刘之敏老师将本书的金相照片全部重新加工，大连重型机器厂的很多同志协助作了大量的试验工作，王富海、董秋黎、谭霖澍、于有谋等同志进行了编辑、校对，在此谨向他们表示衷心的感谢。

《热处理实践及研究》编辑部

目 录

第一章 一般热处理经验.....	(1)
第一节 怎样作个好热处理工.....	(1)
第二节 热处理前的准备工作.....	(1)
第三节 工件的加热.....	(2)
第四节 工件的冷却.....	(4)
第五节 一些常用钢材的热处理.....	(6)
第六节 某些工件的热处理方法.....	(43)
第二章 予冷淬火.....	(49)
第一节 予冷淬火试验.....	(49)
第二节 予冷淬火的理论分析.....	(53)
第三节 冷却剂的冷却作用.....	(55)
第四节 予冷时间的控制.....	(56)
第五节 予冷淬火实例.....	(56)
第三章 细长工件的横向淬火.....	(56)
第一节 垂直淬火和横向淬火方法对工件变形量和淬透性的影响.....	(57)
第二节 对横向淬火的几点看法.....	(73)
第三节 横向淬火方法应用实例.....	(75)
第四节 横向淬火操作中应注意的事项.....	(78)
第五节 结论.....	(79)
第四章 剪刀的热处理.....	(80)
第一节 剪刀的材料.....	(80)
第二节 两种淬火操作方法对比.....	(81)
第三节 剪刀的回火.....	(87)
第四节 剪刀热处理过程中应注意的事项.....	(91)
第五章 窝形工件的热处理.....	(92)
第六章 小型工件及摩擦片的渗碳与淬火.....	(96)
第一节 小型工件的渗碳与淬火.....	(96)
第二节 摩擦片的热处理.....	(106)
第七章 弹簧的成形与热处理.....	(109)
第一节 弹簧的成形.....	(110)
第二节 弹簧的热处理.....	(113)
第三节 弹簧制造与热处理实例.....	(115)

第八章 标准硬度棒的热处理.....	(145)
第九章 高速钢的热处理.....	(155)
第十章 热处理箱式电炉接线方法的改进.....	(166)
第十一章 钢的强韧化热处理.....	(170)

第一章 一般热处理经验

第一节 怎样作个好 热处理工

一、任何事物都怕认真，只要认真去学、认真去看、认真去总结经验、认真思考，必然会积累大量经验，并能解决生产中出现的问题。

二、要作热处理工，必须懂得最基本的热处理理论知识，如状态图、基本相变规律等。这方面的书很多，只要认真去学。学会的越多，就可能干的越好。

三、虚心向老师傅学习。有些青年工人，认为一般的活自己也能干，就不太尊重老师傅。实际上，老师傅多年积累的生产经验是书本上找不到的，有许多是解决生产实际问题行之有效的“绝招”。这需要青年工人继承下来为四化建设服务。

四、认真总结经验教训。热处理操作中不会总不出现废品，有的人为了推脱责任，往往不实事求是，这对研究事故的原因是不利的，对我们个人提高也没有好处。有人说：“经验是从废品堆里爬出来的。”这话有一定的道理，关键是能爬得出来。

五、热处理质量的好坏，主要反映在显微组织上。有很多热处理工人不会看金相组织图，这对提高技术水平很不利，一定要多看多问，把热处理操作质量和金相组织联系起来。

热处理操作看起来似乎很简单，其实是很深奥的。热处理关系到零件的内部质量，影响零件的寿命，是生产中很重要的

一道工序。热处理操作一不当心就将造成巨大浪费，不仅浪费材料，而且浪费了其他工序的大量工时，所以对热处理过程的每一步骤都要进行严格的控制和正确的操作。

第二节 热处理前的准 备工作

热处理前的准备工作应当作为热处理的一项必要的工作内容来完成。事实上，很多热处理件质量不合格，常常是由于准备工作不当而造成的。很多工厂往往忽视这一点，所以必须强调指出准备工作的重要性。根据实际生产经验，应注意下列各项准备工作：

一、检查工件的材质。工件材料错了很容易出现废品。在材料管理混乱的工厂里更需要注意。在现场可用火花鉴别法来检查材料。热处理工具有过硬的火花鉴别本领是很有用的，即使同一牌号的钢材，成分的差别对热处理质量也有很大影响。

二、检查工件的表面质量，如裂纹、碰伤等。工件表面的油污必须清除以防止热处理后出现软点。一般局部性的油污可用抹布擦净，大片的严重油污可用5%的碳酸钠水煮洗。使用金属清洗剂效果也很好。

三、检查热处理所用设备及工卡具。对一些易于变形的细长轴类、偏心轴、薄片工件等应事先准备专用工具和卡具。

四、检查校正炉温仪表。加热前和加

热过程中要经常注意炉温仪表的准确度。仪表误差大会造成淬火硬度不足、晶粒粗大等热处理缺陷。

五、对形状复杂及技术要求特殊的工件要采用特殊的处理方法。如有尖角或局部表面及孔眼不需要淬火的地方可用石棉绳捆扎或用耐火泥堵塞，以避免过热或淬硬。再如对不允许有氧化和脱碳的工件，可以采用有保护气体的炉子加热。也可以将工件装在有木炭或生铁屑的箱内，在一般加热炉中加热。工件表面涂上防氧化脱碳涂料也很有效果。

六、大批量生产前应作工艺试验。大批生产前先处理几个零件，全面检查其变形、裂纹和硬度（如无硬度计可用锉刀检查硬度）。如果条件允许还应检查金相组织、晶粒度和脱碳层。高合金钢和高速钢，还应检查碳化物的溶解情况，以便寻求更合理的工艺。

高合金钢和高速钢最好在回火后检查。这些钢在采用较低温度淬火时，由于碳化物没有充分溶解，硬度反而会高一些，但经回火后硬度会有明显下降。

七、二次淬火原则。工件淬火后硬度过低可按下列原则重新淬火：

1. 形状比较简单，材料为35、45、55、40Cr，原来水冷的工件可不经退火而直接加热重淬。

2. 原来油冷淬火的工件，可允许直接重新淬火2~3次。

3. 形状比较复杂、断面厚度差别较大的工件，在二次淬火前应进行高温回火或退火。

4. 高合金钢和高速钢二次淬火前，必须进行退火。

八、在间断生产条件下，在处理第一批工件时，由于加热炉是刚从室温升至工

作温度，炉体没有热透，还需要吸收很多热量，所以，炉内虽升至加热温度仍不能立刻装炉，还需一定的保温时间或将炉温提高30~50℃（具体数值应视炉子的容量和工件的数量而定，炉子容量小、工件多时，炉温应提的更高一些。反之，可以低一点），然后再将工件装炉。否则，第一批淬火后的工件，很容易出现硬度低、淬透层浅及软点多等不良现象。

第三节 工件的加热

加热是热处理操作中第一道关键性的工序。加热温度的高低，加热时间的长短，都影响工件热处理的质量，所以，要正确制定加热规范和严格执行加热工艺。一般应注意以下几个问题，

一、预热

1. 对于断面尺寸变化较大或具有尖角的工件，预热可以避免局部过热，减小工件各部分之间的温度差，降低了内应力，减少工件的裂纹和变形量，提高工件的淬火质量。

2. 对于细长和薄板形工件，预热可减少加热过程中的变形。

3. 由于预热缩短了工件在高温下的加热时间，因而减少了工件表面的脱碳和氧化现象。

4. 采用盐炉加热时，预热可保证工件入炉时表面干燥，不致将水分和潮气带入浴槽，可防止爆炸，保证安全。

预热温度：45、55，400~500℃；T8、T10，450~550℃；40Cr、GCr15，500~600℃。如果预热设备能够防止氧化脱碳，预热温度可以提高到650~700℃。

高合金钢制的工件导热性比较差，尤其是高速钢，必须预热。最好采用两次预热，第一次预热温度为500~600℃，第

二次予热温度为750~800℃。最后装入高温炉加热至淬火温度。

予热减少工件加热时的热冲击,对以后的碳化物溶解也有利,所以加热前应尽可能进行予热。如果没有专门的炉子进行予热,也可以利用现有的回火炉。甚至把工件放到加热炉炉顶烘一段时间也是有好处的。

二、加热

在加热的实际操作中,要控制加热温度和加热时间这两个因素。加热温度是主要因素,但生产上容易控制,只要有一块比较好的控温仪表就可以得到保证。而加热时间与加热设备、工件的材料、尺寸及表面状况、技术要求以及生产条件等一系列因素有关,应当引起我们注意。一般,下列情况应当重视:

1. 加热设备。不同加热设备的加热能力是不同的。铅炉最快,盐炉次之,煤气炉和燃煤反射炉较慢,箱式电炉最慢。一般,每加热一毫米厚度的钢材到淬火温度,铅炉要6~8秒,盐炉要12~14秒,煤气炉和燃煤反射炉要50~60秒,箱式电炉要60~70秒。

2. 工件的材料。由于不同材料的导热能力不同和允许的加热温度不同,所以需要的加热时间也不相同。一般,高碳钢比低碳钢长10%左右,高速钢比低碳钢长80%左右。见表1—1。

3. 工件的表面情况。表面光洁度高,吸热能力较差,加热时间应适当延长。表面粗糙的零件,加热时间就应当缩短。

4. 炉温的影响。炉温越高加热时间越短,但不能无限制的提高炉温。炉温高,钢材晶粒易长大,淬火后变形、裂纹的可能性也大。

表1—1 不同钢材加热至淬火温度所需的加热时间

材料	每一毫米厚度的加热时间(秒)			
	铅浴炉	盐浴炉	燃煤反射炉	箱式电炉
中碳钢	6~8	11~13	50~55	60~65
高碳钢	7~9	13~15	55~60	60~68
合金钢	8~10	14~16	60~65	65~70

5. 截面变化大的工件,其加热时间不能简单地按某一截面计算。按大截面确定加热时间小截面可能产生过热,按小截面确定则大截面可能加热不足。要根据实际情况具体确定。

当用盐炉加热时,可先把大截面部分放入炉内,然后再依具体情况,逐步使整个工件加热,这样可以基本上避免过热现象。

对于带窝的工件(如风窝子头等),也可以采用类似的方法,将厚度大的一面先放入盐炉中加热。

对于形状复杂的工件,加有尖角、沟槽、螺丝孔等,为了避免局部过热,在满足硬度要求的前提下,应尽可能用耐火泥或石棉等把这些部分保护起来。

6. 相同材料的大型工件的加热温度应比小件高一些(可采用上限温度或再高20℃),因为大型工件冷却速度比较慢,加热温度较高,奥氏体较稳定,淬透性提高。而小工件可以得到较高的冷却速度,因而加热温度可降低(采用淬火加热温度的下限或再低20℃)。如45钢小工件,淬火温度应为820~840℃,如果加热到800~820℃用18℃水冷却,淬火后硬度也达到HRC56~59。

7. 对于只要求表面硬度高的零件,

如螺丝、螺纹量规等，淬火加热温度稍低，只影响淬透层深度而不影响表面层的硬度，这样可以减小零件变形和裂纹。例如45钢制螺丝帽，直径小于50毫米时，加热温度780~800℃，大于50毫米时，可加热到800~830℃，水冷可以保证良好的热处理质量。

三、快速加热

为了缩短加热时间，减少能源消耗和降低工时，可以采用高温装炉的快速加热方法。快速加热时截面温差大，热应力高，容易产生热处理缺陷。一般工件直径小于700mm时用快速加热较为稳妥。根据生产实际经验，允许快速加热进行正火、淬火的钢号及允许尺寸范围如下：

1. 含碳低于0.45%的碳素钢，20Cr~40Cr、20MnMo、20MnSi、15CrMo~35CrMo、35SiMn、20Cr2Mo、24Cr3Mo等材料，在工件直径小于600mm以下可以进行快速加热。

2. 50、55、50Mn2、55Cr、65Mn、60Si2Mn、40CrNi~60CrNi、42CrMo18CrMnMoB、18MnMoNb、24CrMoV35CrNiW、34CrNiMo~34CrNi3Mo、35SiMnMo、42SiMnMo、27SiMn2MoV、34Mn2MoB、42MnMoV、30Cr2MoV、50SiMnMoB等工件直径小于400mm可以实行快速加热。

第四节 工件的冷却

冷却的首要问题是选用冷却剂，一般取决于三个因素：（1）工件的材料；（2）工件的形状和大小；（3）淬火后的硬度要求。在实际生产中，可根据下述的经验来决定冷却剂：

1. 对35、40、45碳素结构钢，工件形状比较简单时，一般都可以采用全部水

冷。

2. 对40、45、50、60碳素结构钢，工件形状比较复杂时（如截面尺寸变化较大），为了避免淬火裂纹和变形，并给随后的热校直创造方便条件，一般多采用先水后油的冷却方法。如果工件尺寸小于5mm，可以加热到840~860℃以后，在150~170℃的硝盐中冷却，硬度可达HRC50~58。

3. 对T7、T8、T10、T12和CrWMn，若工件是形状比较简单的大件，多采用先水后油的冷却方法。若工件形状比较复杂，则根据工件工作部分的厚度来确定冷却方法。当工作部分厚度大于20mm时，可以采用先水后油的冷却，硬度一般可以达到HRC60~50；当厚度小于15mm时，采用150~180℃硝盐冷却较为适宜，硬度可达HRC55~64；厚度小于4mm时，可以采用油冷，油温为80~120℃，硬度亦可达到HRC58~64。

4. 对GCr15、CrWMn制造的工具，如冲模、铰刀、丝锥、铣刀、滚刀和冷轧辊等，当直径为60~100mm时，冷却方法可以先水后油，硬度可达HRC59~64；直径为30~60mm时，可用硝盐冷却，硬度可达HRC60~64；当直径小于20mm时，用20号锭子油淬火硬度可以达到HRC60~64。

5. 对于9CrSi、GCr15SiMn制造的冷轧辊，当直径为100~310mm时，可以用140~150℃硝盐冷却，硬度可达HRC58~62。硬度虽然较低（在要求硬度范围的下限）使用情况很好；当工件直径小于20mm时，如果没有硝盐，可以采用油冷，硬度也可达到HRC58~64。油冷的变形量较大。

6. 对于用高合金制成的工件，比如

3Cr2W8、Cr12、Cr12Mo、4Cr13等，淬火冷却时应尽量设法减少裂纹和变形。如厚度小于10mm的薄片状工件，可以夹在铜板或钢板之间冷却，硬度也可达到HRC55~64。用金属板冷却时要注意下列因素：（1）冷却夹板厚度不能小于10mm。厚度太小，影响冷却速度，还容易变形。（2）采用钢制夹板时，应进行调质和机械加工，避免夹板受热变形。（3）冷却夹板表面必须平直。

选用冷却介质的目的是为了达到所需要的冷却速度。冷却剂的冷却能力，除了与本身的性能有关外，还与温度、纯度等各种因素有关。生产中常用的冷却剂有水、油、硝盐等。使用时要注意以下几点

（一）水

（1）水有较强烈的冷却能力，用水淬火可以使工件得到较高的硬度，淬透层也较深。但是，当工件冷却到200~300℃时，由于水在这时的冷却能力很大，容易产生裂纹，所以有时根据具体情况将水加热到一定温度。

（2）提高水温可以大大降低水的冷却能力。一般，水温保持在18~25℃，多数使用情况下为20~30℃，最高不要超过60℃。只有在特殊情况下才用较高温度的水作冷却剂，如55Si2Mn和60Si2Mn弹簧钢，当钢丝直径小于25mm时，用锭子油冷却就可以满足硬度要求。但是，钢丝直径大于25mm时，油冷不仅硬度低，而且淬透层也不深，这时，用50~60℃左右的水代替油作冷却剂可以收到显著的效果。

（3）不溶杂质（油、肥皂等）会显著降低水的冷却能力，在使用和管理上应特别引起注意。

（4）为了提高水的冷却能力，可加

入5~10%的盐或碱。

（二）硝盐

（1）硝盐是指50%硝酸钠和50%硝酸钾的混合物，熔点为143℃，允许使用温度范围为150~550℃，一般常作淬火冷却剂和回火加热使用。使用硝盐时，要注意温度不能超过560℃，因为温度再高，容易发生爆炸。

（2）对于碳素结构钢、碳素工具钢和低合金工具钢，硝盐的使用温度一般在150~200℃范围内，而对于CrWMn、9CrSi、GCr15等材料，使用温度应为160~210℃。

（3）对于高铬钢和高速钢工件，如1Cr13、2Cr13、3Cr13、W9Cr4V2、W18Cr4V等，当工件直径小于50mm时，硝盐使用温度为200~250℃；当工件直径大于80mm（可以大到300mm，如大型螺旋铣刀、指形铣刀、滚刀等）时，使用温度应该在400~500℃范围内。直径越大使用温度越高，其原因是1）硝盐温度低，工件冷却速度高，表面和内部温度差过大，易造成工件裂纹。2）直径大于80至300mm的高速钢坯料，碳化物等级一般都在6—10级，如果硝盐使用温度太低，由于碳化物较大容易引起裂纹。

（三）油

（1）油的冷却能力较小，工件在油中冷却到300~100℃时，冷却速度是比较小的，工件淬火后，硬度较低，但变形和裂纹的可能性也小。一般，直径小于5mm的碳素工具钢淬火才用油冷。

（2）新油和旧油的冷却能力是不同的。旧油较浓，冷却能力降低。若将油加热，流动性提高，冷却能力也加大。新油通常保持20~60℃左右，旧油经常需要提高温度到40~70℃。

淬火目的是要使工件得到一定的硬度值, 且希望变形和裂纹尽可能少, 这就要正确选定冷却条件。选定冷却剂仅能保证一定的冷却速度, 要满足整个冷却条件, 必须有正确的操作。如一般碳素钢需要得到马氏体时, 加热到所需温度后, 必须先急剧快冷(这段时间一般只是1~2秒)当奥氏体向马氏体转变时, 为了避免相变应力引起裂纹, 冷却速度应当缓慢一些。操作时, 要注意以下几点:

(1) 工件进入冷却剂时, 要平稳迅速, 不要歪斜, 否则会引起较大变形。细长轴和长条形工件, 原则上应该横向淬火(即工件水平进入冷却剂)。而当直径变化较大或是圆筒形工件时, 则用垂直淬火较为合适。

(2) 工件淬火入水中后, 不应进行强力搅拌, 但上下运动则越快越好, 运动距离则不宜过大, 不然, 易造成一面软一面硬的现象, 这是由于冷却情况不同造成的, 就象人们顶着风走路迎风的一面感到冷一样。当工件冷却到表面没有气泡出现或水声微弱时, 即可将工件出水转入油冷。

(3) 工件淬入水中的深度应该合适。淬入深度根据工件直径或厚度确定, 表1—2是实际生产中一些可靠的数据, 直径大于120mm时淬入深度对变形量影响不大, 所以对淬入深度可不加考虑。工件水冷一定时间后, 必须迅速转入油中冷却, 达到规定时间后再取出校直。

表1—2 不同直径工件水油淬火时的经验数据

工件直径 (mm)	工件长度 (mm)	入水深度 (mm)	水冷时间 (秒)	转入油冷时间 (秒)
15~30	200~2000	100~200	4~8	20~40
40~60	200~2000	150~250	12~16	60~90
60~120	400~3000	250~400	16~40	60~120

第五节 一些常用钢材的热处理

热处理工序包括退火、正火、淬火、回火、渗碳、氰化、氮化等, 其中淬火和回火是生产中应用最广的, 对产品质量影响也是很大的。为了保证热处理质量, 在实际操作中必须对其中主要环节如加热、保温、冷却等进行严格的控制。要当好热处理工, 必须注意积累和总结操作经验,

根据生产实际情况, 善于处理各种问题。下面是一些常用钢材的淬火回火处理经验供大家参考。

一、35钢

35钢是应用很广的中碳结构钢, 为了说明各种因素对热处理结果的影响, 取试样尺寸为12×12×20的试样, 材料成分为含碳0.34%, 含锰0.65%, 含硅0.21%, 硫和磷的含量不超过0.03%。Ac₁点为730℃, Ac₃点为802℃。原料在箱式电

炉中经过850~870℃正火，硬度为HB197~207、

1. 淬火

淬火要加热到 A_{c3} 以上，不然，就得不到应有的硬度。如盐炉加热到740~760℃，保温4分钟，在20℃水中冷却后硬度为HRC42~47，金相组织为马氏体+大块铁素体（图1—1），大块铁素体是由于加热温度低没有溶解到奥氏体中去而保留下来的。盐炉加热到800~820℃，保温4.5分钟，在20℃水中冷却后，硬度为HRC46~49，组织为马氏体+细小铁素体（图1—2）。铁素体要在较低的温度下溶解，需要较长的保温时间。

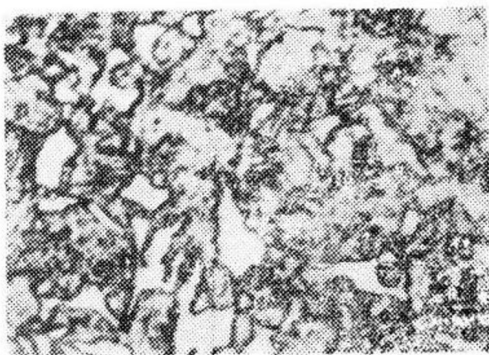


图1—1 35钢，750℃水淬，硬度HRC 42~47，组织：马氏体+大块铁素体。×630

冷却操作也是影响性能的重要原因。如盐炉加热至830~850℃，保温3分钟，在30℃豆油中冷却，这时，由于冷却速度太低，3秒钟内试样温度还没有降到600℃，铁素体析出，接着发生珠光体类型的转变，硬度仅为HRC19~21（HB 207~233），金相组织为屈氏体+细小铁素体（图1—3）。如果用盐炉加热880~900℃保温2.5分钟空冷，即正火，硬度更低，

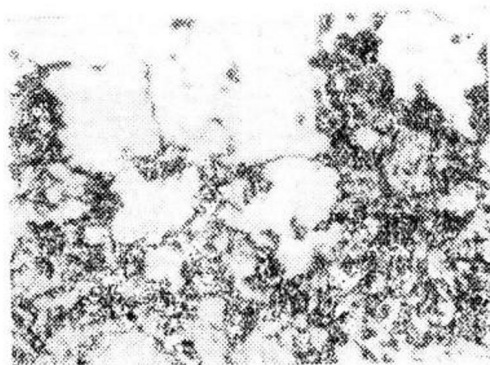


图1—2 35钢，810℃水淬，硬度HRC 46~49，组织：马氏体+细小铁素体。×630

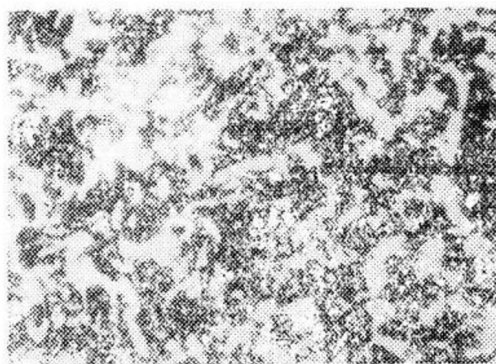


图1—3 35钢，840℃油冷，硬度HRC 19~21，组织：屈氏体+细小铁素体。×630

只有HB180~190，金相组织为索氏体+大块铁素体（图1—4）。用盐炉加热正火比电炉加热正火硬度低，其原因是试样表面复盖了一层盐，降低了空气冷却的速度。

表1—3是35钢试样采用不同淬火规范时所得到的结果。

2. 回火

钢淬火后一般希望得到马氏体，有时还有屈氏体、索氏体等。回火时发生组织

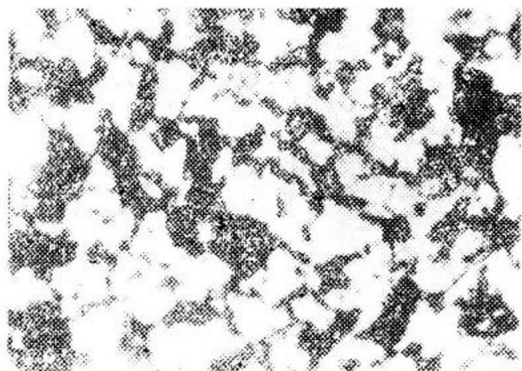


图 1—4 35钢, 880℃空冷, 硬度 HRC 15~18, 组织: 索氏体+大块铁素体。×630

转变, 机械性能也随之变化。淬火后的35钢在150~200℃低温回火时硬度很少降低, 一般是HRC 1~3。这时组织是回火马氏体, 消除了大部内应力, 提高了韧性。回火温度加热到350℃以上, 会发生回火屈氏体、回火索氏体的转变, 硬度降低了, 但塑性、韧性大大提高了, 表 1—4 的数值是用表 1—3 的试样进行不同回火后的结果。

二、45钢

在机械制造业中, 45 钢 应 用 最 广 泛。我们仍以12×12×20的试样来介绍它的热处理情况。

表 1—3 35钢不同淬火规范所得的结果

钢的主要化学成分%						临 界 点						
						C	Mn	Si	S	P	Ac ₁	Ac ₃
						0.34	0.65	0.21	0.03	0.034	730℃	802℃
试样号	淬 火 规 范				淬火硬度	淬火后金相组织						
	温度℃	加热时间分	冷却剂	冷却剂温度℃	HRC							
1	750	4	水	20	42~47	马氏体+铁素体						
2	810	3.5	"	"	46~49	马氏体+铁素体						
3	840	3	"	"	45~49	马氏体+铁素体						
4	"	"	豆油	30	19~21	屈氏体+铁素体						
5	"	"	空气	31	14~18	索氏体+铁素体						
6	880	2.5	水	24	45~49	铁素体+马氏体						
7	"	"	豆油	32	20~21	铁素体+屈氏体						
8	"	"	空气	31	15~18	铁素体+索氏体						
9	980	2	水	24	42~48	铁素体+马氏体						
10	"	"	豆油	32	21~23	铁素体+屈氏体						
11	"	"	空气	31	15~18	索氏体+铁素体						

注①加热用盐炉。

②试样尺寸为 $12 \times 12 \times 20$ (毫米)。

③35钢常用淬火温度为 880°C 。

④金相组织是根据工厂实验室的报告, 没有进行复核。

表 1—4 35钢淬火后采用不同规范回火所得的结果

试样号	淬火后 硬度 HRC	第一次回火		回火后 硬度 HRC	第二次回火		回火后 硬度 HRC	第三次回火		回火后 硬度 HRC	第四次回火		回火后 硬度 HRC
		温度 $^{\circ}\text{C}$	保温 时间 分		温度 $^{\circ}\text{C}$	保温 时间 分		温度 $^{\circ}\text{C}$	保温 时间 分		温度 $^{\circ}\text{C}$	保温 时间 分	
1	42~47			41~46			37~41			36~38			27~29
2	46~49			45~47			43~44			37~39			27~29
3	45~49			40~48			36~41			34~37			28~30
4	18~20			18~21			18~20			18~21			19~21
5	14~18			17~20			14~18			14~18			14~18
6	45~49	250	30	44~47	350	30	38~42	450	30	35~37	550	30	22~24
7	20~21			20~21			18~21			20~21			21~22
8	15~18			12~14			12~14			12~14			14
9	42~48			45~47			38~42			32~36			24~26
10	21~23			20~21			20~23			19~24			21~23
11	15~18			15~18			15~18			15~18			12~14

45钢的正火温度一般是 $830 \sim 850^{\circ}\text{C}$, 正火后的硬度为HB207~228, 金相组织为索氏体+铁素体(见图1—5)。淬火规范不同将会得到不同的结果。某些常用规范所得结果如下:

(1) $760 \sim 780^{\circ}\text{C}$ 盐炉加热, 保温4分钟, 25°C 水冷, 淬火后硬度为HRC53~57, 金相组织表面为马氏体, 中心部分是马氏体+屈氏体(见图1—6)。

(2) $800 \sim 820^{\circ}\text{C}$ 盐炉加热, 25°C 水冷, 硬度为HRC55~59, 金相组织同上。

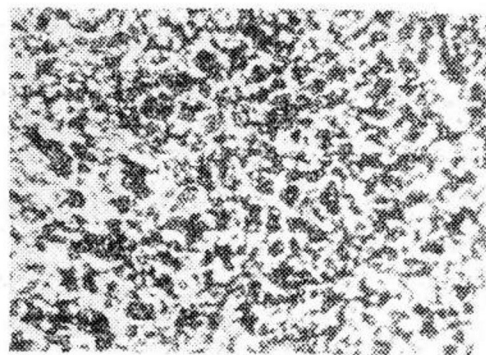


图 1—5 45钢, $830 \sim 850^{\circ}\text{C}$ 正火后的组织, 索氏体+铁素体。 $\times 100$

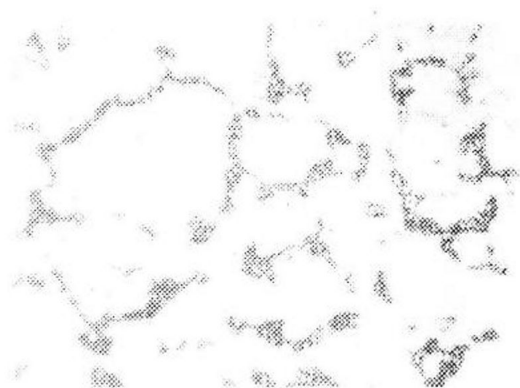


图 1—6 45钢, 760~780℃水冷后中心部分组织: 马氏体+屈氏体。
×630

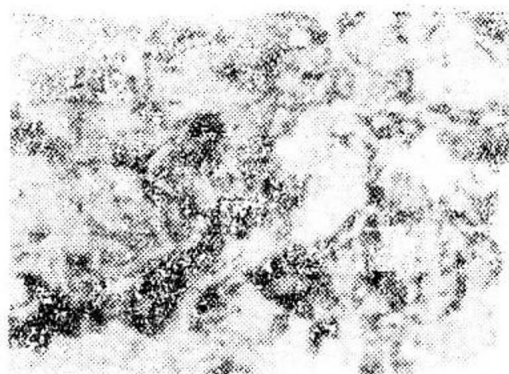


图 1—8 45钢, 840~860℃加盐, 硝盐淬火后心部组织: 屈氏体+铁素体。×630

(3) 840~860℃盐炉加热, 保温3分钟, 25℃水冷, 淬火硬度为HRC56~57, 金相组织表面为马氏体 (见图1—7), 中心部分为马氏体+屈氏体。

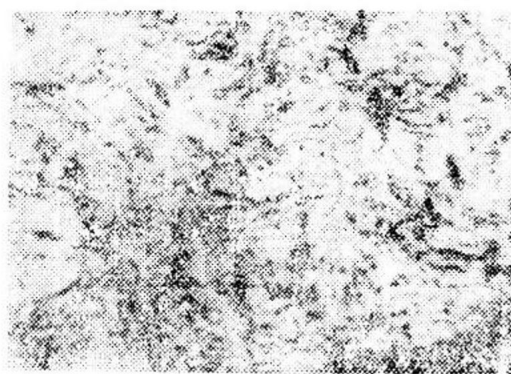


图 1—7 45钢 840~860℃水冷后表面部分的组织: 马氏体。×630

(4) 840~860℃盐炉加热, 保温3分钟, 用158℃硝盐冷却, 淬火硬度为HRC30~43, 金相组织表面层为马氏体+屈氏体, 中心部分为屈氏体+铁素体 (图1—8)。

(5) 840~860℃盐炉加热, 用38℃豆油冷却, 硬度为HRC30~34, 金相组

织为索氏体+铁素体 (图1—9)。

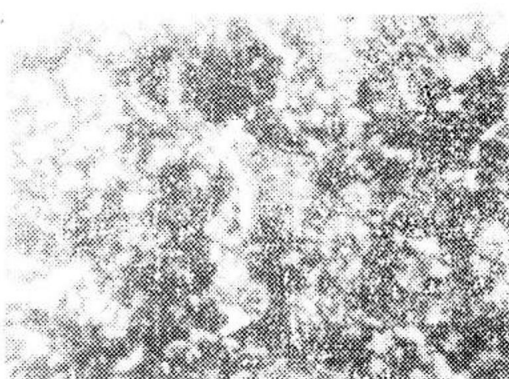


图 1—9 45钢, 840~860℃油冷后的组织: 索氏体+铁素体。×650

(6) 880~900℃盐炉加热, 保温2.5分钟, 25℃水冷, 淬火硬度表面为HRC57, 中心部分为HRC55, 金相组织表面为马氏体, 中心为马氏体+屈氏体。

(7) 880~900℃盐炉加热, 保温2.5分钟, 用157℃硝盐冷却, 硬度表面为HRC47, 中心为HRC45, 金相组织表面为马氏体, 中心为屈氏体+马氏体。

(8) 880~900℃盐炉加热, 保温2.5