

RECHULI
GONGYI GUIFAN SHUJU SHOUCHE

热处理

工艺规范数据手册

安继儒 刘耀恒 等编



化学工业出版社

热处理工艺规范数据手册

安继儒 刘耀恒 等编



化学工业出版社

·北京·

本书以表格形式，先简要介绍了热处理的基本知识，重点汇编了钢铁、有色金属、高温合金等不同类型金属材料的热处理工艺规范，并按照材料种类及交货状态分成多个小类，查找方便；内容主要摘自国标及行标中最新数据，具有很强的参考价值。

本书可供热处理技术人员在设计工艺流程、完善管理工作中参照使用，也可供科研工作者在产品的设计开发中学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

热处理工艺规范数据手册/安继儒，刘耀恒等编. —北京：
化学工业出版社，2008.1
ISBN 978-7-122-01503-7

I. 热… II. ①安…②刘… III. 热处理-数据-技术手册
IV. TG15-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 177957 号

责任编辑：丁尚林

文字编辑：徐雪华

责任校对：王素芹

装帧设计：韩 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京云浩印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 7½ 字数 191 千字

2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

热处理技术是机械制造过程中的重要工艺之一，为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能，除合理选用材料和各种成形工艺外，热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料，钢铁显微组织复杂，可以通过热处理予以控制，所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外，铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能，以获得不同的使用性能。

本书汇编了钢铁、有色金属、高温合金等金属材料的热处理工艺规范，并按照材料种类及交货状态分成多个小类，查找方便。书中内容主要取自国标 GB/T 及 YB/T 中最新数据，可供热处理生产工作人员在设计工艺流程、完善管理工作中参照使用，也可供科研工作者在产品的设计开发中参考。

本书由安继儒组织编写，其中第一、三章由安继儒完成；第二章中钢铁材料部分由西安交通大学材料学院刘耀恒完成，高温合金部分由机械工业部第四设计院刘宗耀完成。

由于作者水平及资料收集有限，书中难免存在不足和遗漏之处，欢迎各位读者批评指正。

编者

2008 年 1 月

目 录

第一章 金属热处理基础	1
第一节 热处理工艺基础知识	1
一、热处理工艺介绍	1
二、加热缺陷及控制	4
三、热处理应力及其影响	6
第二节 热处理工艺分类及代号	8
第三节 衡量热处理工艺性能的主要指标	12
第四节 金属材料的热处理工艺及应用	13
1. 退火与正火	13
2. 淬火	15
3. 回火	16
4. 时效与冷处理	16
5. 表面淬火	17
6. 渗碳	18
7. 渗氮	19
8. 碳氮共渗	20
9. 渗金属及其他	21
10. 形变热处理	22
第五节 常用钢的回火方程	23
第二章 钢铁材料热处理	27
第一节 铸铁件与铸钢件热处理规范	27
1. 灰铸铁件热处理规范	27
2. 球墨铸铁件热处理规范	30
3. 可锻铸铁件热处理规范	32
4. 抗磨白口铸铁件热处理规范	38

5. 承压钢铸件热处理规范	39
6. 一般用途耐蚀钢铸件热处理规范	41
第二节 结构钢热处理规范	42
1. 优质碳素结构钢热处理规范	42
2. 合金结构钢热处理规范	50
3. 弹簧钢热处理规范	70
4. 滚动轴承钢热处理规范	74
5. 冷镦和冷挤压用钢热处理规范 (GB/T 6478—2001)	78
6. 高压锅炉用无缝钢管的热处理规范 (GB 5310—1995)	79
7. 高压化肥设备用无缝钢管的热处理规范 (GB 6479—2000)	80
8. 汽轮机叶片用钢热处理规范 (GB/T 8732—2004)	80
第三节 工具与模具钢热处理规范	81
一、工具钢热处理规范	81
1. 碳素工具钢热处理规范	81
2. 合金工具钢热处理规范	84
3. 高速工具钢热处理规范	94
二、模具钢热处理规范	100
1. 常用冷作模具钢的热加工与热处理规范	100
2. 常用热作模具钢的热加工与热处理规范	131
3. 常用塑料模具钢的热加工与热处理规范	146
第四节 特殊钢与合金热处理规范	155
一、不锈钢与耐热钢热处理	155
1. 不锈钢和耐热钢热处理规范	155
2. 不锈钢的热处理制度及力学性能	163
3. 不锈钢冷轧钢板的热处理制度及力学性能	169
4. 不锈钢热轧钢板的热处理制度及力学性能	171
5. 耐热钢的热处理制度及力学性能	175
6. 耐热钢板的热处理制度及力学性能	180
7. 不锈钢和耐热钢冷轧钢带的热处理制度及力学性能	182
8. 流体输送用不锈钢焊接钢管热处理规范 (GB/T 12771—2000) ...	185
9. 机械结构用不锈钢焊接钢管热处理规范 (GB/T 12770—2002) ...	185
二、高温合金热处理	186

1. 铁基高温合金热处理规范	186
2. 镍基高温合金热处理规范	189
3. 高温合金的热处理工艺及力学性能	195
第三章 有色金属材料热处理	200
第一节 有色金属材料常用的热处理方法	200
第二节 铝合金的热处理	200
1. 变形铝合金常用的热处理方法	200
2. 变形铝合金热处理工艺规范	202
3. 铸造铝合金的热处理工艺	214
第三节 铜合金的热处理	220
1. 铜合金常用的热处理方法	220
2. 铜合金的典型热处理工艺规范	221
第四节 钛及钛合金的热处理	224
1. 加工钛及钛合金的典型热处理工艺规范	224
2. 铸造钛及钛合金的热处理规范	226
第五节 镁及镁合金的热处理	227
1. 加工镁合金的典型热处理工艺规范	227
2. 铸造镁合金的典型热处理工艺规范	228

第一章 金属热处理基础

第一节 热处理工艺基础知识

一、热处理工艺介绍

热处理是机械零件和工模具制造过程中的重要工序之一。大体来说，它可以保证和提高工件的各种性能，如耐磨性、耐腐蚀性等。还可以改善毛坯的组织和应力状态，以利于进行各种冷、热加工。

例如白口铸铁经过长时间退火处理可以获得可锻铸铁，提高塑性；齿轮采用正确的热处理工艺，使用寿命可以比不经热处理的齿轮成倍或几十倍地提高；另外，价廉的碳钢通过渗入某些合金元素就具有某些价昂的合金钢性能，可以代替某些耐热钢、不锈钢；工模具则几乎全部需要经过热处理方可使用。

热处理工艺一般包括加热、保温、冷却三个过程，有时只有加热和冷却两个过程。这些过程互相衔接，不可间断。

加热是热处理的重要工序之一。金属热处理的加热方法很多，最早是采用木炭和煤作为热源，进而应用液体和气体燃料。电的应用使加热易于控制，且无环境污染。利用这些热源可以直接加热，也可以通过熔融的盐或金属，以至浮动粒子进行间接加热。

金属加热时，工件暴露在空气中，常常发生氧化、脱碳（即钢铁零件表面碳含量降低），这对于热处理后零件的表面性能有很不利的影响。因而金属通常应在可控气氛或保护气氛中、熔融盐中和真空中加热，也可用涂料或包装方法进行保护加热。

加热温度是热处理工艺的重要工艺参数之一，选择和控制加热

温度，是保证热处理质量的主要问题。加热温度随被处理的金属材料 and 热处理的目的不同而异，但一般都是加热到相变温度以上，以获得高温组织。另外转变需要一定的时间，因此当金属工件表面达到要求的加热温度时，还需在此温度保持一定时间，使内外温度一致，使显微组织转变完全，这段时间称为保温时间。采用高能密度加热和表面热处理时，加热速度极快，一般就没有保温时间，而化学热处理的保温时间往往较长。

冷却也是热处理工艺过程中不可缺少的步骤，冷却方法因工艺不同而不同，主要是控制冷却速度。一般退火的冷却速度最慢，正火的冷却速度较快，淬火的冷却速度更快。但还因钢种不同而有不同的要求，例如空硬钢就可以用正火一样的冷却速度进行淬硬。

金属热处理工艺从工艺类型上大体可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类。根据加热介质、加热温度和冷却方法的不同，每一大类又可区分为若干不同的热处理工艺。同一种金属采用不同的热处理工艺，可获得不同的组织，从而具有不同的性能。钢铁是工业上应用最广的金属，而且钢铁显微组织也最为复杂，因此钢铁热处理工艺种类繁多。

整体热处理是对工件整体加热，然后以适当的速度冷却，以改变其整体力学性能的金属热处理工艺。钢铁整体热处理大致有退火、正火、淬火和回火四种基本工艺。

退火是将工件加热到适当温度，根据材料和工件尺寸采用不同的保温时间，然后进行缓慢冷却，目的是使金属内部组织达到或接近平衡状态，获得良好的工艺性能和使用性能，或者为进一步淬火作组织准备。正火是将工件加热到适宜的温度后在空气中冷却，正火的效果同退火相似，只是得到的组织更细，常用于改善材料的切削性能，也有时用于对一些要求不高的零件作为最终热处理。

淬火是将工件加热保温后，在水、油或其他无机盐、有机水溶

液等淬冷介质中快速冷却。淬火后钢件变更，但同时变脆。为了降低钢件的脆性，将淬火后的钢件在高于室温而低于 650°C 的某一适当温度进行长时间的保温，再进行冷却，这种工艺称为回火。

根据工件性能要求的不同，按其回火温度的不同，可将回火分为以下几种。

(1) 低温回火 ($150\sim 250^{\circ}\text{C}$)

低温回火所得组织为回火马氏体。其目的是在保持淬火钢的高硬度和高耐磨性的前提下，降低其淬火内应力和脆性，以免使用时崩裂或过早损坏。它主要用于各种高碳的切削刀具、量具、冷冲模具、滚动轴承以及渗碳件等，回火后硬度一般为 $\text{HRC}58\sim 64$ 。

(2) 中温回火 ($350\sim 500^{\circ}\text{C}$)

中温回火所得组织为回火屈氏体。其目的是获得高的屈服强度，弹性极限和较高的韧性。因此，它主要用于各种弹簧和热作模具的处理，回火后硬度一般为 $\text{HRC}35\sim 50$ 。

(3) 高温回火 ($500\sim 650^{\circ}\text{C}$)

高温回火所得组织为回火索氏体。习惯上将淬火加高温回火相结合的热处理称为调质处理，其目的是获得强度、硬度、塑性和韧性都较好的综合力学性能。因此，广泛用于汽车、拖拉机、机床等的重要结构零件，如连杆、螺栓、齿轮及轴类。回火后硬度一般为 $\text{HB}200\sim 330$ 。

退火、正火、淬火、回火是整体热处理中的“四把火”，其中的淬火与回火关系密切，常常配合使用，缺一不可。

“四把火”随着加热温度和冷却方式的不同，又演变出不同的热处理工艺。为了获得一定的强度和韧性，把淬火和高温回火结合起来的工艺，称为调质。某些合金淬火形成过饱和固溶体后，将其置于室温或稍高的适当温度下保持较长时间，以提高合金的硬度、强度或电性磁性等。这样的热处理工艺称为时效处理。

把压力加工形变与热处理有效而紧密地结合起来进行，使工件获得很好的强度、韧性配合的方法称为形变热处理；在负压气氛或

真空中进行的热处理称为真空热处理，它不仅能使工件不氧化，不脱碳，保持处理后工件表面光洁，提高工件的性能，还可以通入渗剂进行化学热处理。

表面热处理是只加热工件表层，以改变其表层力学性能的金属热处理工艺。为了只加热工件表层而不使过多的热量传入工件内部，使用的热源须具有高的能量密度，即在单位面积的工件上给予较大的热能，使工件表层或局部能短时或瞬时达到高温。表面热处理的主要方法有火焰淬火和感应加热热处理，常用的热源有氧乙炔或氧丙烷等火焰、感应电流、激光和电子束等。

化学热处理是通过改变工件表层化学成分、组织和性能的金属热处理工艺。化学热处理与表面热处理不同之处是后者改变了工件表层的化学成分。化学热处理是将工件放在含碳、氮或其他合金元素的介质（气体、液体、固体）中加热，保温较长时间，从而使工件表层渗入碳、氮、硼和铬等元素。渗入元素后，有时还要进行其他热处理工艺（如淬火及回火）。化学热处理的主要方法有渗碳、渗氮、渗金属。

二、加热缺陷及控制

(1) 过热现象

热处理过程中加热过热最易导致奥氏体晶粒的粗大，使零件的力学性能下降。

① 一般过热 加热温度过高或在高温下保温时间过长，引起奥氏体晶粒粗化称为过热。粗大的奥氏体晶粒会导致钢的强韧性降低，脆性转变温度升高，增加淬火时的变形开裂倾向。而导致过热的原因是炉温仪表失控或混料（常为不懂工艺发生的）。过热组织可经退火、正火或多次高温回火后，在正常情况下重新奥氏体化使晶粒细化。

② 断口遗传 有过热组织的钢材，重新加热淬火后，虽能使奥氏体晶粒细化，但有时仍出现粗大颗粒状断口。产生断口遗传的

理论争议较多，一般认为曾因加热温度过高而使 MnS 之类的杂物溶入奥氏体并富集于晶接口，而冷却时这些夹杂物又会沿晶接口析出，受冲击时易沿粗大奥氏体晶界断裂。

③ 粗大组织的遗传 有粗大马氏体、贝氏体、魏氏体组织的钢件重新奥氏化时，以慢速加热到常规的淬火温度，甚至再低一些，其奥氏体晶粒仍然是粗大的，这种现象称为组织遗传性。要消除粗大组织的遗传性，可采用中间退火或多次高温回火处理。

(2) 过烧现象

加热温度过高，不仅引起奥氏体晶粒粗大，而且晶界局部出现氧化或熔化，导致晶界弱化，称为过烧。钢过烧后性能严重恶化，淬火时形成龟裂。过烧组织无法恢复，只能报废。因此在工作中要避免过烧的发生。

(3) 脱碳和氧化

钢在加热时，表层的碳与介质（或气氛）中的氧、氢、二氧化碳及水蒸气等发生反应，降低了表层碳浓度称为脱碳，脱碳钢淬火后表面硬度、疲劳强度及耐磨性降低，而且表面形成残余拉应力易形成表面网状裂纹。

加热时，钢表层的铁及合金与元素与介质（或气氛）中的氧、二氧化碳、水蒸气等发生反应生成氧化物膜的现象称为氧化。高温（一般 570℃ 以上）工件氧化后尺寸精度和表面光亮恶化，具有氧化膜的淬透性差的钢件易出现淬火软点。

为了防止氧化和减少脱碳的措施有：① 工件表面涂料、用不锈钢箔包装密封加热；② 采用盐浴炉加热；③ 采用保护气氛加热（如净化后的惰性气体、控制炉内碳势）；④ 采用火焰燃烧炉（使炉气呈还原性）。

(4) 氢脆现象

高强度钢在富氢气氛中加热时出现塑性和韧性降低的现象称为氢脆。出现氢脆的工件通过除氢处理（如回火、时效等）也能消除氢脆，采用真空、低氢气氛或惰性气氛加热可避免氢脆。

三、热处理应力及其影响

热处理残余应力是指工件经热处理后最终残存下来的应力，对工件的形状、尺寸和性能都有极为重要的影响。当它超过材料的屈服强度时，便引起工件的变形，超过材料的强度极限时就会使工件开裂，这是它有害的一面，应当减少和消除。但在一定条件下控制应力使之合理分布，就可以提高零件的力学性能和使用寿命，变有害为有利。分析钢在热处理过程中应力的分布和变化规律，使之合理分布对提高产品质量有着深远的实际意义。例如关于表层残余应力的合理分布对零件使用寿命的影响问题已经引起了人们的广泛重视。

(1) 钢的热处理应力

工件在加热和冷却过程中，由于表层和心部的冷却速度和时间的不一致，形成温差，就会导致体积膨胀和收缩不均而产生应力，即热应力。在热应力的作用下，由于表层开始温度低于心部，收缩也大于心部而使心部受拉，当冷却结束时，由于心部最后冷却体积收缩不能自由进行而使表层受压心部受拉。即在热应力的作用下最终使工件表层受压而心部受拉。这种现象受到冷却速度，材料成分和热处理工艺等因素的影响。当冷却速度愈快，含碳量和合金成分愈高，冷却过程中在热应力作用下产生的不均匀塑性变形愈大，最后形成的残余应力就愈大。另一方面钢在热处理过程中由于组织的变化即奥氏体向马氏体转变时，因比容的增大会伴随工件体积的膨胀，工件各部位先后相变，造成体积长大不一致而产生组织应力。组织应力变化的最终结果是表层受拉应力，心部受压应力，恰好与热应力相反。组织应力的大小与工件在马氏体相变区的冷却速度、形状、材料的化学成分等因素有关。

实践证明，任何工件在热处理过程中，只要有相变，热应力和组织应力都会发生。只不过热应力在组织转变以前就已经产生了，而组织应力则是在组织转变过程中产生的，在整个冷却过程中，热应力与组织应力综合作用的结果，就是工件中实际存在的应力。这

两种应力综合作用的结果是十分复杂的，受着许多因素的影响，如成分、形状、热处理工艺等。就其发展过程来说只有两种类型，即热应力和组织应力，作用方向相反时二者抵消，作用方向相同时二者相互叠加。不管是相互抵消还是相互叠加，两个应力应有一个占主导因素，热应力占主导地位时的作用结果是工件心部受拉，表面受压。组织应力占主导地位时的作用结果是工件心部受压表面受拉。

(2) 处理应力对淬火裂纹的影响

存在于淬火件不同部位上能引起应力集中的因素（包括冶金缺陷在内），对淬火裂纹的产生都有促进作用，但只有在拉应力场内（尤其是在最大拉应力下）才会表现出来，若在压应力场内并无促裂作用。

淬火冷却速度是一个能影响淬火质量并决定残余应力的重要因素，也是一个能对淬火裂纹赋予重要乃至决定性影响的因素。为了达到淬火的目的，通常必须加速零件在高温段内的冷却速度，并使之超过钢的临界淬火冷却速度才能得到马氏体组织。就残余应力而论，这样做由于能增加抵消组织应力作用在热应力值，故能减少工件表面上的拉应力而达到抑制纵裂的目的。其效果将随高温冷却速度的加快而增大。而且，在能淬透的情况下，截面尺寸越大的工件，虽然实际冷却速度更缓，开裂的危险性却反而愈大。这一切都是由于这类钢的热应力随尺寸的增大实际冷却速度减慢，热应力减小，组织应力随尺寸的增大而增加，最后形成以组织应力为主的拉应力作用在工件表面的作用特点造成的。并与冷却愈慢应力愈小的传统观念大相径庭。对这类钢件而言，在正常条件下淬火的高淬透性钢件中只能形成纵裂。避免淬裂的可靠原则是设法尽量减小截面内外马氏体转变的不等时性。仅仅实行马氏体转变区内的缓冷却不足以预防纵裂的形成。一般情况下只能产生在非淬透性件中的弧裂，虽以整体快速冷却为必要的形成条件，可是它的真正形成原因，却不在快速冷却（包括马氏体转变区内）本身，而是淬火件局部位置（由几何结构决定），在高温临界温度区内的冷却速度显著

减缓,因而没有淬硬所致。产生在大型非淬透性件中的横断和纵劈,是由以热应力为主要成分的残余拉应力作用在淬火件中心,而在淬火件未淬硬的截面中心处,首先形成裂纹并由内往外扩展而造成的。为了避免这类裂纹产生,往往使用水-油双液淬火工艺。在此工艺中实施高温段内的快速冷却,目的仅仅在于确保外层金属得到马氏体组织,而从内应力的角度来看,这时快冷有害无益。其次,冷却后期缓冷的目的,主要不是为了降低马氏体相变的膨胀速度和组织应力值,而在于尽量减小截面温差和截面中心部位金属的收缩速度,从而达到减小应力值和最终抑制淬裂的目的。

(3) 残余压应力对工件的影响

渗碳表面强化作为提高工件的疲劳强度的方法应用得很广泛的原因,一方面是由于它能有效的增加工件表面的强度和硬度,提高工件的耐磨性,另一方面是渗碳能有效的改善工件的应力分布,在工件表面层获得较大的残余压应力,提高工件的疲劳强度。如果在渗碳后再进行等温淬火将会增加表层残余压应力,使疲劳强度得到进一步的提高。

第二节 热处理工艺分类及代号

(1) 一般热处理工艺分类及代号

表 1-1 热处理工艺分类及代号 (GB/T 12603—2005)

工艺总称	代号	工艺类型	代号	工艺名称	代号
热处理	1	整体热处理	1	退火	1
				正火	2
				淬火	3
				淬火和回火	4
				调质	5
				稳定化处理	6
				固溶处理,水韧处理	7
				固溶处理+时效	8

续表

工艺总称	代号	工艺类型	代号	工艺名称	代号
热处理	1	表面热处理	2	表面淬火和回火	1
				物理气相沉积	2
				化学气相沉积	3
				等离子体增强化学气相沉积	4
				离子注入	5
		化学热处理	3	渗碳	1
				碳氮共渗	2
				渗氮	3
				氮碳共渗	4
				渗其他非金属	5
	渗金属			6	
	多元共渗			7	

(2) 加热方式及代号

表 1-2 加热方式及代号 (GB/T 12603—2005)

加热方式	可控气氛 (气体)	真空	盐浴 (液体)	感应	火焰	激光	电子束	等离子体	固体 装箱	流态床	电接触
代号	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11

(3) 退火工艺及代号

表 1-3 退火工艺及代号 (GB/T 12603—2005)

退火工艺	去应力 退火	均匀化 退火	再结晶 退火	石墨化 退火	脱氢 处理	球化 退火	等温 退火	完全 退火	不完全 退火
代号	St	H	R	G	D	Sp	I	F	P

(4) 淬火冷却介质和冷却方法及代号

表 1-4 淬火冷却介质和冷却方法及代号 (GB/T 12603—2005)

冷却介质 及方法	空气	油	水	盐水	有机聚合物 水溶液	热浴	冷处理
代号	A	O	W	B	Po	H	C
冷却介质 及方法	加压淬火	双介质 淬火	分级淬火	等温淬火	形变淬火	气冷淬火	
代号	Pr	I	M	At	Af	G	

(5) 热处理工艺代号表示方法

基础分类代号采用三位数字系统，附加分类代号与基础分类代号间用半字线连接，采用两位数和英文字头做后缀的方法，代号标记规定如下：

5 X X -加热方式代号 (表 1-2) 淬火及退火工艺代号 (表 1-3、表 1-4)

工艺总称 工艺类型 工艺名称 附加分类工艺代号

基础分类工艺代号 (表 1-1)

注 1：当对冷却介质及冷却方法需要用表 1-4 中两个以上字母表示时，用加号将两个或几个字母连接起来，如 H+M 表示盐浴分级淬火。

注 2：化学热处理中，当没有表明渗入元素的各种工艺，如多元共渗、渗金属、渗其他非金属，可以在其代号后用括号表示出渗入元素的化学符号表示。

注 3：多工序热处理工艺代号用破折号将各工艺代号连接组成，但除第一个工艺外，后面的工艺均省略第一位数字 5，如 515-33-01 表示调质和气体渗氮。

常用热处理工艺代号见表 1-5。

表 1-5 常用热处理工艺代号 (GB/T 12603—2005)

工 艺	代 号	工 艺	代 号
热处理	500	球化退火	511-Sp
整体热处理	510	等温退火	511-1
可控气氛热处理	500-01	完全退火	511-F
真空热处理	500-02	不完全退火	511-P
盐浴热处理	500-03	正火	512
感应热处理	500-04	淬火	513
火焰热处理	500-05	空冷淬火	513-A
激光热处理	500-06	油冷淬火	513-O
电子束热处理	500-07	水冷淬火	513-W
离子轰击热处理	500-08	盐水淬火	513-B
流态床热处理	500-10	有机水溶液淬火	513-Po
退火	511	盐浴淬火	513-H
去应力退火	511-St	加压淬火	513-Pr
均匀化退火	511-H	双介质淬火	513-1
再结晶退火	511-R	分级淬火	513-M
石墨化退火	511-G	等温淬火	513-At
脱氢处理	511-D	形变淬火	513-Af