

活页技术资料

1974
第1号

高速钢刀具 离子氮化与冷校直工艺

第一机械工业部情报所编

机械工业出版社

高速钢刀具离子氮化

北京量具刃具厂 北京工业大学

为了提高高速钢刀具的切削寿命，各地的热处理工作者探索了很多方法，取得了很多经验。辉光离子氮化是近期发展起来的一种热处理新工艺。北京工业大学密切配合北京量具刃具厂，对该厂的高速钢沟槽铣刀进行了离子氮化试验。试验过程和结果简介如下：

一、辉光离子氮化简介

离子氮化是利用含氮的稀薄气体的辉光放电现象进行的。在真空容器中通入含氮的气体，气压一般为1~12毫米水银柱，将欲处理的工件和直流电源的阴极接通，与工件相隔一定距离放置阳极，接通电源使电压升至气体点燃电压后，气体被击穿产生辉光放电。被电离的氮、氢离子在电场作用下以很高速度轰击工件表面，动能转化为热能，使工件加热到所需温度（一般为480~650℃），氮原子被工件表面吸收，并向工件内部扩散，形成氮化层。

辉光离子氮化与气体氮化相比具有如下优点：

1. 生产周期短，仅为气体氮化生产周期的1/4~1/2。尤其对薄层氮化件，可显著缩短氮化周期。
2. 工件变形小，渗层脆性也小。离子氮化后多数工件不需再进行磨削加工。
3. 阴极溅射可清除工件表面的钝化膜，对耐热钢、不锈钢

等进行离子氮化时，不需要预先进行繁杂的清理工序。

4. 离子氮化消耗电能小，仅为气体氮化的 $1/4 \sim 1/2$ 。氮气消耗量也很少。

5. 离子氮化可通过简单的屏蔽措施实现局部氮化，对管件的内壁进行氮化也可得到均匀的氮化层。

6. 大部分钢铁材料都可以进行离子氮化。离子氮化可应用于许多工业部门，典型零件如柱塞杆、油缸套、齿轮、主轴、挤压工具、塑料挤压螺杆和挤压缸、炮筒、枪筒等。

目前，我国已有十几个单位正在进行这项工作。大家遵照毛主席关于“外国的一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。”的教导，为使辉光离子氮化在生产中能够大量采用做了很多工作，取得了一定成绩。相信这一工艺在我国将能迅速得到推广，它将在我国的社会主义建设中发挥应有的作用。

二、高速钢沟槽铣刀离子氮化工艺试验

1. 高速钢离子氮化所用设备示意图如图 1。

2. 工艺试验：

刀具名称：沟槽铣刀。对三种铣刀均进行了试验。

刀具材料：W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 两种材料。

以用于加工 $\phi 8$ 立铣刀的沟槽铣刀为例，材料为 W18Cr4V。

预先热处理工艺：见表 1

表 1 沟槽铣刀预先热处理工艺

淬 火 温 度 ℃	回 火 工 艺		硬 度	
	℃	次 数	HRC	HV 5 公斤
1280	560	三 次	64~66	857~966

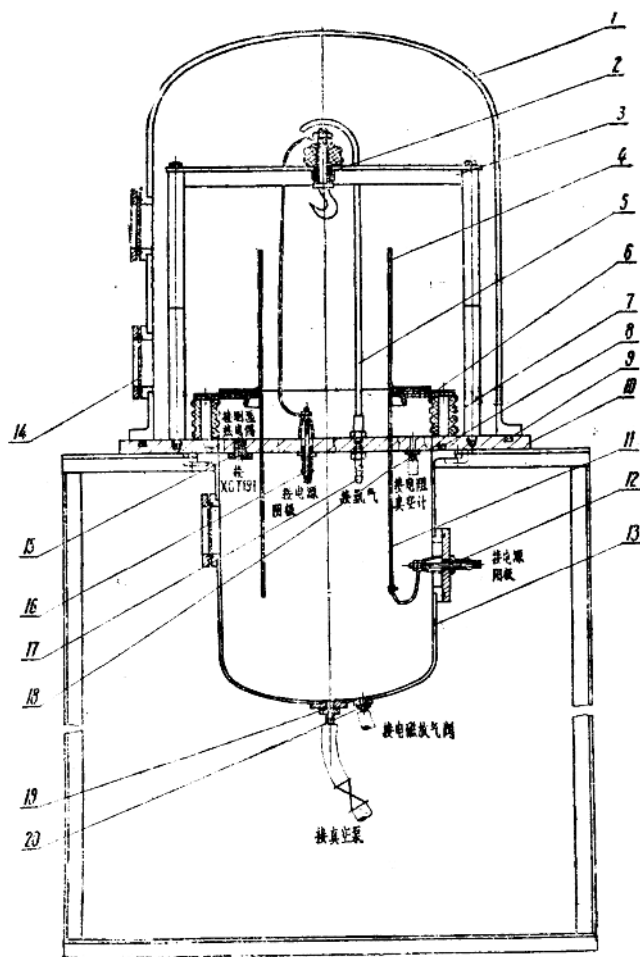


图1 离子氮化炉结构简图

- 1—上炉体；2—阴极吊钩；3—吊钩支架；4—上阳极；5—氮气进管；6—阳极支架；
7—绝缘子；8—密封圈；9—密封圈；10—底板；11—下阳极；12—阳极绝缘子；
13—下炉体；14—观察孔玻璃；15—热电偶绝缘子；16—阴极绝缘子；17—氮气接管；
18—真空计接管；19—出气管接嘴；20—放气管接嘴

辉光离子氮化工艺参数：见表 2

表 2 沟槽铣刀离子氮化工艺参数

电 压 V	电 流 密 度 mA/cm ²	真 空 度 毛	氮化温度 ℃	氮化保温时间 (分钟)		
				第 I 组	第 II 组	第 III 组
480	1.5	4~5	540	20	75	240

注：毛——毫米水银柱

3. 试验操作过程：

将欲氮化的刀具用汽油洗去油污，沟槽处的油污必须认真清洗干净，否则在氮化过程中这些油污挥发的气体很容易被击穿，引起弧光放电，使辉光不稳定。铣刀放在一插有热电偶的阴极托架上（热电偶与托架间要有良好的绝缘），在铣刀外安放一个用 $\phi 5$ 毫米钢丝制做的阳极圈，二者相距 20 毫米左右。在铣刀上面放一盖板，以屏蔽内孔，使之不产生辉光放电现象。刀具与刀具间用隔板隔开，以免两把刀具相接触处氮化层不均匀。铣刀安装后盖上真空钟罩，然后开始抽气。当真空度达 1×10^{-1} 毛后先向钟罩内通入氮气，以更换罩内残余空气。充气数分钟后关闭氮气，继续抽气。当真空度达 1 毛后开始升压起辉。气体被击穿后，铣刀周围产生一层辉光，同时阴极溅射使铣刀表面油污挥发被击穿，不断产生闪闪的阴极火花和小弧光。待表面清洁后辉光稳定，此时可加大氮气流量，正常工作时气压保持 4~5 毛，同时把电压调高以加热工件。温度达 540℃ 时开始保温，保温时电压值 480 V，电流密度 1.5 mA/cm²。保温后关掉电源，辉光熄灭，铣刀即开始降温。停辉后仍继续抽气以保证刀具在真空下冷却，避免刀具氧化。刀具冷却到 200℃ 以下停止抽气，打开钟罩取出铣刀。整个生产周期大约两小时左右。

三、沟槽铣刀切削性能试验

我们对 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 两种材料做的三种规格的沟槽铣刀均进行了试验, 切削条件基本相同, 刀具寿命提高的效率基本相近, 故仍以一种沟槽铣刀切削寿命试验数据为例, 见表 3。

表 3 $\phi 8$ 沟槽铣刀切削寿命试验数据

编 号	保 温 时 间 分 钟	加 工 工 件 数 量 (件数)		
		第 一 次	第 二 次	第 三 次
I— <i>a</i>	240	118**	125	127
I— <i>b</i>	240	6*	118	115
II— <i>a</i>	75	126**	76	113
II— <i>b</i>	75	54*	132	84
III— <i>a</i>	20	163**	91	136
III— <i>b</i>	20	67*	122	101

注: 1. 未氮化的沟槽铣刀一般可切削工件 60~80 件。

2. * 为沟槽铣刀经氮化后未经刃磨“前面”的试验数据, 切削寿命很低, 尤其是 I—*b* 根本不能使用。** 为沟槽铣刀氮化后将“前面”刃磨去 0.2 毫米后的试验数据(必须注意: 只磨去前面, 其余部位均保留氮化层)。

3. “第二次”、“第三次”即代表铣刀刃口磨钝后在磨床上将刃口重新刃磨锋利后再行使用的数据。

根据表 3 数据和金相分析, 我们认为高速钢沟槽铣刀离子氮化时保温时间以 30 分钟比较合适。现将按新工艺氮化后进行的切削试验数据列于表 4。

表 4 沟槽铣刀保温 30 分钟后切削寿命试验数据

编 号		I	II	III	IV
切 削 件 数	第 一 次	143	156	160	93
	第 二 次	220	150	200	190

注: 1. 未氮化的沟槽铣刀一般切削工件 60~80 件。

2. 氮化后均已将“前面”磨去 0.2 毫米。

四、高速钢离子氮化后硬度及金相组织

高速钢离子氮化后的硬度及层深见表 5。

表 5 氮化后的硬度及层深

保 温 时 间 (分)	刃 具 维 氏 硬 度 HV 5 公斤 公斤/毫米 ²	氮 化 层 深 度 (毫米)
20	1095~1120	0.03~0.045
75	1072~1145	0.06~0.08
240	1135~1160*	0.08~0.10

* 在测定硬度时曾两次发现压痕显轻微脆性。

氮化层深度与氮化保温时间的关系如图 2 所示。

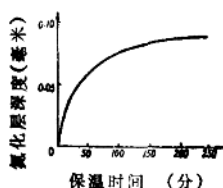


图 2 高速钢离子氮化后层深与保温时间关系

高速钢离子氮化后显微硬度沿层深变化数据如表 6，其硬度梯度如图 3 所示。

表 6 氮化后显微硬度沿层深变化数据

深 度 (毫米)	显 微 硬 度 公斤/毫米 ² (100克)	深 度 (毫米)	显 微 硬 度 公斤/毫米 ² (100克)
0.01	1458	0.098	946
0.014	1290	0.115	862
0.028	1154	0.150	862
0.048	1154		
0.056	1120	心部	862

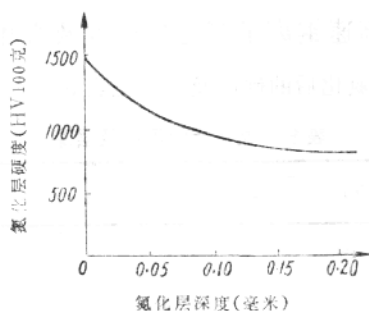


图3 氮化层硬度梯度图

高速钢离子氮化后金相组织如图4~6所示。

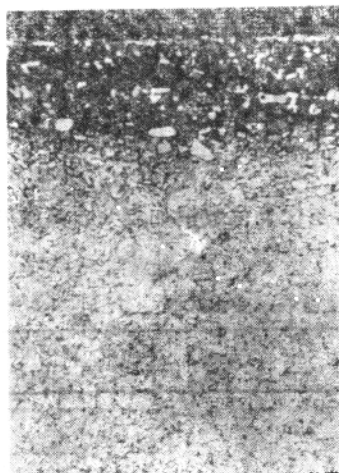


图4 保温20分钟金相组织图
放大400倍，4%硝酸酒精浸蚀



图5 保温75分钟金相组织图
放大400倍，4%硝酸酒精浸蚀

从图4~图6可见渗层组织较心部组织易受腐蚀。这可能是由于高度弥散的氮化合物相析出,使相界面急剧增加,因此降低了渗层的耐腐蚀性能,浸蚀后颜色较心部暗。越接近心部氮的浓度逐渐降低,析出的弥散化合物相减少,所以颜色逐渐变浅(图中白亮块状物为高速钢中碳化物)。

从图4~图6可见随着保温时间的延长,不仅总层深加宽而且白亮的网状氮化物也增多,它的形状、特征、大小与心部晶界相似。这是由于氮在高合金钢中的扩散首先是沿晶界进行的。从金相观察中还发现,在刀具尖角处网状氮化物较其他部位严重。这是由于尖角处氮是从两面同时渗入,故氮的浓度较高,形成脆性组织较多。与表3数据对照氮化后若不磨去尖角脆性层,刀具刃口脆性较大,寿命低。

从图5中可见,渗层最边缘有一“白亮层”。在保温240分钟的沟槽铣刀试样上也曾发现此“白亮层”,但剥落现象较重。在保温20分钟的试样上只个别样品发现极微薄白层。关于它的结构尚需进一步进行相分析。

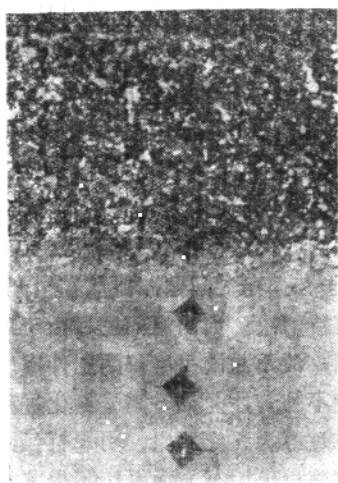


图6 保温240分钟金相组织图
放大400倍,4%硝酸酒精浸蚀

五、初步结论

我们的工作还很不充分,但从几次重复试验中有如下一些体

会：

1. 辉光离子氮化这项新工艺可显著提高高速钢沟槽铣刀的切削寿命，基本上可稳定提高1倍左右。

2. 经过离子氮化的刀具必须先刃磨“前面”，磨量0.1~0.2毫米，以去除刃口尖角脆性层。

3. 离子氮化过的刀具，切削使用磨钝后，可重新开刃使用，切削寿命仍可保留稳定提高1倍的效果。即1次氮化后可连续开刃使用。

4. 高速钢刀具离子氮化保温时间不宜过长，我们确定保温时间为30分钟（540℃保温）。

5. 存在问题：目前在生产中推广离子氮化还存在不少问题有待解决。如测温问题，由于工件本身带电，而且被辉光所包围，故不易测得准确的工件温度。工件若装卡不当，不同部位温度不均匀，尤其是离子氮化过程中由于某些原因很容易使辉光放电过渡为弧光放电，引起打弧，烧毁工件。目前国内不少单位在克服以上困难方面做了不少工作，取得一定经验，今后尚需进一步试验，进一步掌握离子氮化规律，使之能在生产中广泛采用。

我们对高速钢刀具离子氮化工艺和性能试验时间不长，规格品种不多，对离子氮化这一工艺认识得很不深入。今后尚待进一步研究、探索，以充分发挥离子氮化所具有的特性，进一步提高高速钢刀具的使用寿命，使这种新工艺能尽快在生产中推广使用。

高速钢刀具冷校直工艺

哈尔滨第一工具厂热处理车间

东北重机学院 金相教研室

拉刀、钻头等长杆形高速钢工具在淬火时会产生不同程度的变形，因此需要在淬火后进行校直。一般使用的校直方法是热校，即油冷至 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 时由油中取出进行校直。因为此时工件温度比较高，而且还有大量奥氏体尚未转变成马氏体，这样就可以利用奥氏体良好的塑性对变形了的工具进行校直。这种热校方法是目前国内外普遍使用的高速钢工具的校直方法，但是它有一系列缺点：工人劳动条件差；在校直过程中因工具温度不断下降，马氏体量不断增加，若不能及时校直好，则在较低的温度时就不易校直，甚至会发生压断的现象，所以这种热校直的方法对产品的质量难以保证；最后，这种热校工艺要求淬火操作者和校直操作者之间必须很好协调配合，因此影响生产安排和限制劳动生产率的提高。

工人师傅经过长期的生产实践，积累了高速钢校直方面的丰富经验，发现高速钢经等温处理后容易校直，即使在较低的温度，甚至在接近室温时，也可以进行一定程度的校直。

在生产实践的基础上，哈尔滨第一工具厂和东北重型机械学院合作进行比较系统的高速钢冷校工艺的研究，以期在生产实践知识的基础上，通过科学试验、研究，总结出规律性的东西来，反过来能对生产实践有所指导和帮助。

目前我国各厂使用的高速钢，最大量的是 W18Cr4V 钢，所

以我们先对这种钢进行研究。

要顺利地校直操作，必须在校直的过程中，使工具内保留着大量的未转变的残余奥氏体。但是由图 1 可知，W18Cr4V 钢用一般的淬火方法冷却到室温时，工具内部尚未转变的奥氏体量不足 20%，所以实际上是不能进行冷校直。

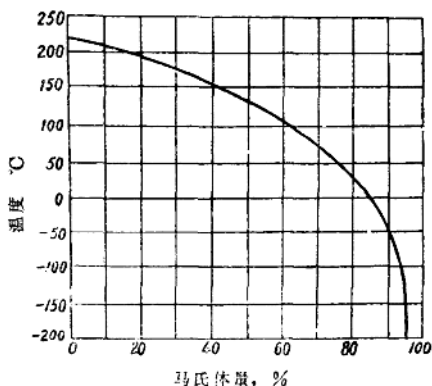


图 1 W18Cr4V 钢 1290°C 淬火加热后，连续冷却时马氏体量的变化

现在关键的问题是找到一项合适的热处理工艺：既可以使工具经淬火后残存着大量的奥氏体而便于进行冷校，又能经过正常的回火后把残余奥氏体最大限度地转变成马氏体而不影响工具的使用效果。

我们用直径 3 毫米、长 40 毫米的国产 W18Cr4V 钢作磁性试样，进行不同规程的热处理。试样采用了 30 多种不同的工艺处理，然后在磁性仪上测量试样中残余奥氏体的量。试样的处理工艺分两部分：第一部分是淬火加热后的分级处理，其目的是减少内外温差，从而减少在淬火过程中的变形。试验的温度是 600°C，650°C，700°C；第二部分是不同温度 and 不同时间的等温

处理，试验的温度是240℃、260℃、290℃，时间是40分和3小时。然后进行560℃的普通回火处理，并观察残余奥氏体的转变情况。

其中有参考意义的数据列于表1。

表1 不同处理规范试样的残余奥氏体重量 (A %)
(淬火加热温度为1280℃；分级时间为1分30秒)

等温温度 ℃	等温时间	分级温度, °C		600		650	700
		回火次数					
		A (%)		0	3	4	0
240	40分	18.5	—	—	8.6	11.6	
	3 小时	50.0	—	—	39.6	39.6	
260	40分	15.0	微量	微量	11.7	13.3	
	3 小时	50.1	微量	2.9	41.0	38.0	
290	40分	17.2	微量	—	17.8	26.0	
	3 小时	52.0	微量	—	52.5	50.0	

譬如，加热到1280℃后，经600℃1分30秒的分级处理，再经260℃等温3小时的处理，这样空冷后的试样残留奥氏体重量是50%左右，此时试样的塑性很好。我们将 $\phi 3 \times 40$ 毫米的试样进行弯曲，当产生2毫米的挠度时还不断裂。最后经三次回火处理后，残余奥氏体的含量和普通工艺的没有差别。还做了硬度、冲击和静力弯曲试验，也是没有差别的。

综合试验结果和生产经验，哈尔滨第一工具厂在生产中现已执行的适合于W18Cr4V钢冷校的分级等温处理工艺规定如图2。

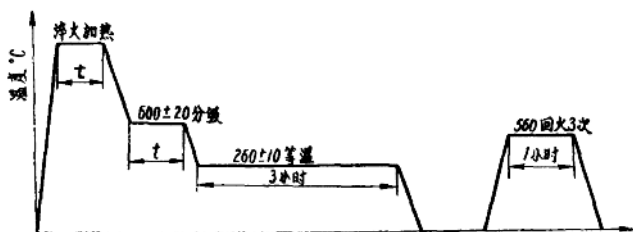


图 2 W18Cr4V 钢冷校工具的热处理工艺曲线

工具按图 2 所示工艺，经分级一等温处理空冷后，清洗掉附在工具上的残盐，即可进行冷校直，操作很方便，劳动条件也大为改善。

对部分极易开裂的产品，为慎重起见，目前空冷后不经清洗，而直接校直，然后再去回火。

下面就这个适合于冷校的分级一等温热处理工艺进行讨论和分析。

1. 应用此种分级一等温的冷校处理工艺，改善了工人的劳动条件；避免校不过来和压断的现象；同时还简化了校直工艺，而且提高了效率。

此外，这种分级一等温淬火工艺本身产生的变形量也比普通油淬工艺要小。

2. 分级温度和时间的确定

分级的主要目的是在过冷奥氏体比较稳定的温度区域内作适当的停留，以减少工具内外的温差，从而减少工具在淬火过程中的变形。从 W18Cr4V 钢的过冷奥氏体等温转变曲线图中可以看出，这种钢的过冷奥氏体在 $400 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内最为稳定。因此分级处理的温度就选择在 $400 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 这个温度范围内，而且目前国内外很多工厂对高速钢分级处理的分级温度就订在这个范围

内。但是在该温度范围内所使用的熔盐大多数有如下的缺点：对盐浴炉的电极有很大的腐蚀作用；同时此类盐浴本身的化学稳定性较差——容易分解，成分也容易起变化。

实际上，W18Cr4V钢的过冷奥氏体即使在比较高的温度范围内仍然具有足够高的稳定性。所以对绝大多数工具来说，完全能满足分级保温对过冷奥氏体稳定性的要求。这种钢的过冷奥氏体在600~675℃范围内停留时间小于30分钟时，过冷奥氏体也不会发生分解，同时也不会引起工件处理后的性能下降。相反，在此温度范围内分级保温的持续时间小于20分钟时，析出的部分高度弥散的碳化物还提高了这种钢的切削性能。根据以上分析，我们就把分级温度确定为600℃，使用盐浴的成分是：50% BaCl + 20% NaCl + 30% KCl。这种盐浴的使用性能比较好。根据需要，把分级温度作适当的提高也是可以的（<675℃），那时盐浴的成分也应作相应的调整，譬如调整为：50% BaCl + 25% NaCl + 25% KCl，以提高盐浴的熔点，减少盐浴的蒸发。但是分级温度不要超过675℃。因为在675℃以上的分级停留会引起工具强度及切削性能的下降。

对于分级停留的时间主要是考虑工具内外均温的需要，我们取和工具最后在高温炉内加热的时间相同，实际上这样的停留时间已经取得了工具内外均温的效果。例如，直径为50毫米的拉刀，在高温炉内加热及分级炉内保温持续的时间均为7分10秒，所以一般高速钢工具出于内外均温的需要，分级保温的时间一般都不会超过10分钟，因此，W18Cr4V钢的过冷奥氏体在600~675℃温度范围内的稳定性对于一般工具的分级保温来说已足够的了，但是我们这里要注意：分级保温持续时间不要超过20分钟，以免过冷奥氏体发生分解而影响工具的使用性能。

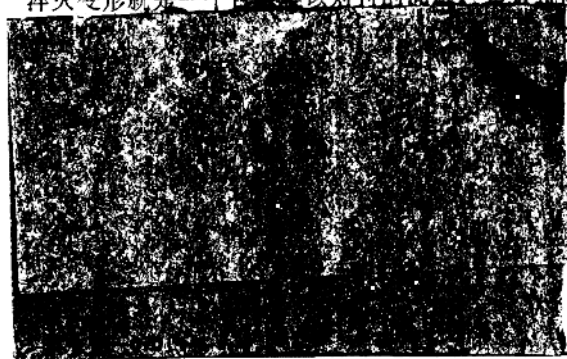
3. 我们对分级一等温处理工艺和普通油淬工艺的试样都经

三次回火 (560°C) 作硬度、弯曲强度及冲击韧性的试验, 结果没有一定的规律性, 即看不出两种不同的热处理工艺对钢材性能的不同影响, 但是没有做系统的切削性能和磨耗试验, 以作比较。

4. 这种分级一等温处理工艺为什么能使工具得到如此大量的残余奥氏体而有可能对工具进行冷校呢? 估计是由于部分的贝氏体转变, 抑止住了奥氏体在继续冷却时向马氏体转变, 但这还有待于进一步的研究。

另外各工厂目前还应用一些 SKH9 (M2) 钼系高速钢, 从其过冷奥氏体的等温转变曲线图来看, 和 W18Cr4V 钢有相类似的地方, 也以此为线索进一步研究钼系高速钢的冷校工艺问题。

对于其他钢种和零件淬火变形的冷校问题的研究也是很有意义的, 例如有些直径三米以上的大型轴承环 (高合金渗碳钢) 的淬火变形就是一个比较难以对付的问题, 是否也能利用部分的贝氏体转变来对变形进行校



活 页 技 术 资 料

(只 限 国 内 发 行)

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

新华书店北京发行所发行

机械工业出版社印刷厂印刷

1974年10月第一版

1974年10月第一次印刷

统一书号: 15033·(内)605 定价 0.03 元