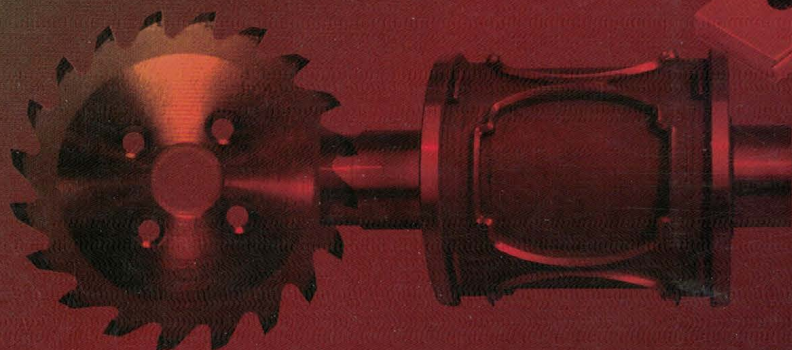
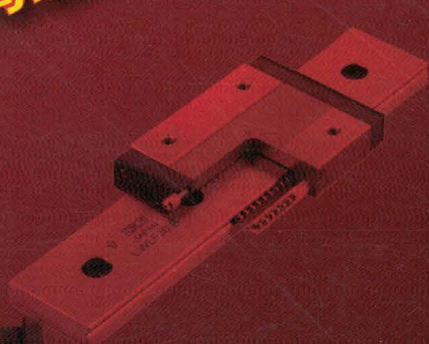
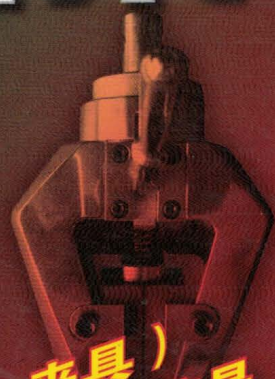


# 机械制造工艺装备件 热处理技术

马伯龙 编著

机械制造工艺装备件（工、模、量、夹具）  
热处理生产经验与经典工艺的结晶



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



**马伯龙** 高级工程师，热处理专家。1938年生于河北省抚宁县。1960年毕业于沈阳大学(原沈阳冶金机械专科学校)金属材料及热处理专业。毕业后曾在原沈阳拖拉机制造厂主管工艺装备件热处理工艺十余年。其后担任秦皇岛工程机械厂总工程师、中海机制链条有限公司总经理助理兼主任工程师、广州新濠热处理厂技术总监、秦皇岛职业技术学院客座教授等职。长期在生产企业从事新产品开发和热处理新技术、新工艺和新材料的推广应用工作。曾获国家发明专利1项、实用新型专利3项；发表论文10余篇，出版专著6本。

# 机械制造工艺装备件 热处理技术

马伯龙 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了机械制造工艺装备件——工、模、量、夹具的现代热处理应用技术。内容包括：机械制造工艺装备件的热处理工艺基础、刀具的热处理、模具的热处理、量具的热处理、夹具的热处理及其他工具的热处理。本书内容全面，实例丰富，图文并茂，实用性和可操作性强，便于读者掌握机械制造工艺装备件热处理技术要点。

本书可供各种机械制造企业的热处理工程技术人员阅读使用，也可供热处理技术工人及相关专业在校师生参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

机械制造工艺装备件热处理技术/马伯龙编著. —北京：机械工业出版社，2010.5  
ISBN 978-7-111-30282-7

I. ①机… II. ①马… III. ①机械元件-热处理  
IV. ①TG162.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 057459 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：陈保华 责任编辑：崔滋恩

版式设计：霍永明 责任校对：李锦莉

封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 5 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 25.75 印张 · 517 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-30282-7

定价：38.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

我国机械工业的迅猛发展和技术水平的日益提高，对作为机械产品生产所用的工艺装备——工、模、量、夹具件的使用性能及其寿命等提出了更高要求。热处理是确保其使用性能及寿命等内在质量的关键工种。如何使工艺装备件的热处理质量不断完善和进一步提高，不仅关系到其使用的安全性和可靠性，而且直接影响到机械产品的生产效率及生产成本。实践表明，任何机械制造企业如果没有稳定的技术后盾（工、模、量、夹具的质量和数量）作保证，其技术前方（机械产品的生产）将难于顺利进行。因此，任何规模的机械制造企业，无不重视其工艺装备的制作质量。

由于中、小型机械制造业的高度分散和自身热处理能力等因素的制约，很难满足其技术前方的需要。这是一些中、小型机械制造业产品质量不稳定，生产效率低的主要原因之一。特别是，在制作工、模、量、夹具的原材料选择不当和工、模、量、夹具热处理技术水平有限的情况下，机械制造业工艺装备的质量尤其难于保证。工、模、量、夹具热处理与一般机械产品零件的热处理相比，有一定的特殊性，在生产实践中常常被忽视。

1) 工、模、量、夹具的结构比较繁杂，零件相邻截面尺寸突变情况较多，以及尺寸相差悬殊等因素，使其热处理的操作难度相对较大。

2) 工、模、量、夹具所用钢种，大多数是高碳钢、高碳合金钢及高碳高合金钢，不仅要求较高的硬度，而且要求较好的韧性。因此，淬火变形和开裂的敏感性较强。

3) 由于所用钢种比较多，几乎囊括各类钢种（如常用的各种工具钢、结构钢、弹簧钢、轴承钢及特殊性能钢等），因此其热处理不仅工艺复杂，且所涉及的工艺温度范围也较宽（从1300℃左右的高温淬火直至-120℃左右的深冷处理等）。

4) 由于工、模、量、夹具的各自承载特点不同，其失效形式也不一样。因此，它们各自要求的使用性能也不尽相同。如此，使热处理工艺变得复杂，可涵盖钢、铸铁和非铁金属及其合金的整体热处理、表面热处理、化学热处理以及表面沉积合金化合物等。

5) 机械制造企业的工、模、量、夹具的制作，具有品种多、件数少和周期短等特点。因此，热处理工艺方法和工艺参数变化频繁，要求操作者的适应

能力强，掌握的技巧多。

6) 由于工、模、量、夹具热处理技术条件要求高，工艺参数严、紧（误差小），因此所用的加热设备控温精度要高，防氧化脱碳措施要严。所用加热设备特点是小型、多品种、高精度和多用途等。

综上所述，工、模、量、夹具热处理的这些特殊性，增加了技术难度，使其热处理质量更难于保证。为此，作者结合了自己近50年的热处理生产现场实践经验，并吸纳了参考文献中许多宝贵的试验数据和实例，编写了这本《机械制造工艺装备件热处理技术》，以期为机械工艺装备件的热处理生产提供技术支持。

本书系统地介绍了机械制造工艺装备件的现代热处理应用技术，包括以下6章内容：

第1章，工艺装备件的热处理工艺基础，内容包括工艺装备件所需要的基本性能、工艺装备件用钢不同状态的组织特征、工艺装备件的热处理工艺性及其影响因素、工艺装备件的热处理工艺技术及工艺装备件的热处理现场操作技术等。

第2章，刀具的热处理，内容包括刀具使用时的承载特点、失效形式及其对性能的要求，碳素工具钢和合金工具钢刀具的热处理，高速钢刀具的热处理，钢结硬质合金刀具的热处理，以及表面强化热处理工艺在刀具上的应用等。

第3章，模具的热处理，内容包括模具的分类及其各自的承载特点、失效形式和对性能的要求，冷作模具的热处理，热作模具的热处理，塑料模具的热处理，以及表面强化热处理工艺在各种模具上的应用等。

第4章，量具的热处理，内容包括量具使用时的承载特点和对性能的要求，量具用钢的选择及热处理特点，量具制作工艺路线及热处理工艺，典型量具的热处理，量具热处理现场操作集锦，以及表面强化热处理工艺在量具上的应用等。

第5章，夹具的热处理，内容包括夹具体种类及其所要求的性能，常用的夹具体材料及热处理工艺，夹具典型零件的热处理，夹具热处理现场操作集锦，以及表面强化热处理工艺在夹具上的应用等。

第6章，其他工具的热处理，内容包括钳工工具的热处理和木工工具的热处理等。

本书在编写内容的取舍上，定位于读者已有了一定的热处理理论基础。

本书内容全面，实例丰富，图文并茂，实用性和可操作性强，便于读者掌握机械制造工艺装备件的热处理技术要点。本书可供各种机械制造企业的热处理工程技术人员阅读使用，也可供热处理技术工人及相关专业在校师生参考。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 机械制造工艺装备件的热处理工艺基础</b> .....	1
1.1 工艺装备件所需要的基本性能 .....	1
1.1.1 工艺装备件所需要的力学性能 .....	1
1.1.2 工艺装备件所需要的物理性能 .....	4
1.1.3 工艺装备件所需要的化学性能 .....	6
1.1.4 工艺装备件制作过程所需要的工艺性能 .....	7
1.2 工艺装备件用钢的各种组织特征 .....	8
1.2.1 常用钢供应状态下的各种组织特征 .....	8
1.2.2 常用钢使用状态下的各种组织特征 .....	12
1.3 工艺装备件的热处理工艺性及其影响因素 .....	15
1.3.1 淬透性和淬硬性 .....	15
1.3.2 过热和过烧敏感性 .....	17
1.3.3 变形和裂纹敏感性 .....	17
1.3.4 氧化和脱碳敏感性 .....	21
1.3.5 耐回火性和回火脆性 .....	21
1.3.6 残留奥氏体的稳定性 .....	22
1.3.7 表面状态的敏感性 .....	22
1.4 工艺装备件的热处理工艺技术 .....	22
1.4.1 毛坯的预备热处理工艺及应用范围 .....	22
1.4.2 工艺装备件的整体淬火和回火方法及应用范围 .....	26
1.4.3 工艺装备件的冷处理和时效方法及应用范围 .....	31
1.4.4 工艺装备件的表面热处理方法及应用范围 .....	31
1.4.5 工艺装备件的化学热处理方法及应用范围 .....	39
1.5 工艺装备件的热处理现场操作技术 .....	50
1.5.1 工艺装备件热处理的产前准备技术 .....	50
1.5.2 工艺装备件热处理的现场加热操作技术 .....	56
1.5.3 工艺装备件热处理的现场冷却操作技术 .....	60
1.5.4 工艺装备件的热处理辅助工序操作技术 .....	66
<b>第 2 章 刀具的热处理</b> .....	80
2.1 刀具的承载特点及其对性能的要求 .....	80
2.1.1 刀具的承载特点及主要失效形式 .....	80
2.1.2 刀具的性能要求及材料选择 .....	81

2.2	碳素工具钢和合金工具钢刀具的热处理	83
2.2.1	碳素工具钢和合金工具钢刀具的预备热处理	83
2.2.2	碳素工具钢和合金工具钢刀具的最终热处理	86
2.2.3	碳素工具钢典型刀具的热处理实例	94
2.2.4	合金工具钢典型刀具的热处理实例	102
2.3	高速钢刀具的热处理	111
2.3.1	高速钢及其特性	112
2.3.2	高速钢刀具的预备热处理	114
2.3.3	高速钢刀具的最终热处理	116
2.3.4	高速钢刀具热处理的炉前技术	128
2.3.5	通用高速钢刀具的热处理实例	135
2.3.6	高性能高速钢刀具的热处理及其实例	159
2.3.7	高速钢刀具典型热处理缺陷的分析	164
2.4	粉末冶金材料刀具的热处理及其实例	170
2.5	表面强化技术在刀具上的应用	173
2.5.1	表面强化技术在碳素钢刀具上的应用	173
2.5.2	表面强化技术在合金钢刀具上的应用	175
2.5.3	表面强化技术在高速钢刀具上的应用	176
<b>第3章</b>	<b>模具的热处理</b>	<b>185</b>
3.1	模具材料的分类及各自的特性	185
3.1.1	模具材料及其应用	185
3.1.2	常用模具的选材及其硬度要求	191
3.2	冷作模具的热处理	197
3.2.1	冷作模具制作的常用方法和工艺路线	198
3.2.2	冷作模具钢热处理工艺参数对性能的影响	199
3.2.3	冷作模具的预备热处理	218
3.2.4	冷作模具的最终热处理	219
3.2.5	典型冷作模具的热处理实例	222
3.3	热作模具的热处理	244
3.3.1	热作模具制作的加工路线及热处理技术要求	244
3.3.2	热作模具热处理工艺参数对性能的影响	246
3.3.3	热作模具毛坯的预备热处理	250
3.3.4	热作模具的最终热处理	252
3.3.5	典型热作模具的热处理实例	256
3.4	塑料模具的热处理	265
3.4.1	塑料模具的类型及其主要失效形式	265
3.4.2	塑料模具的热处理	266
3.4.3	典型塑料模具的热处理实例	269

---

3.5 表面强化热处理工艺在模具上的应用 .....	280
3.5.1 表面强化方法的选择 .....	280
3.5.2 表面强化技术在模具上的应用实例 .....	282
<b>第4章 量具的热处理 .....</b>	<b>301</b>
4.1 量具的承载特点及其对性能的要求 .....	301
4.1.1 量具的承载特点和常见的失效形式 .....	301
4.1.2 量具使用时对性能的要求 .....	301
4.2 量具用钢的选择及其热处理特点 .....	302
4.2.1 量具用钢的选择及质量要求 .....	302
4.2.2 量具的热处理特点及技术要求 .....	304
4.2.3 影响量具尺寸稳定性的因素分析 .....	305
4.3 量具的制作工艺路线及其热处理工艺 .....	306
4.3.1 量具的制作工艺路线 .....	306
4.3.2 量具的热处理工艺 .....	306
4.3.3 典型量具的热处理实例 .....	310
4.4 量具热处理现场操作集锦 .....	322
<b>第5章 夹具的热处理 .....</b>	<b>339</b>
5.1 夹具的种类及其所要求的性能 .....	339
5.1.1 夹具零件的种类及其常见的失效形式 .....	339
5.1.2 夹具零件所要求的性能 .....	340
5.2 常用的夹具材料及其热处理特点 .....	340
5.2.1 常用的夹具材料 .....	340
5.2.2 夹具零件的选材及其热处理要点 .....	340
5.3 夹具典型零件的热处理实例 .....	343
5.3.1 夹具轴类件的热处理 .....	343
5.3.2 夹具传动件的热处理 .....	349
5.3.3 夹具弹性件的热处理 .....	353
5.3.4 夹具紧固件的热处理 .....	359
5.3.5 夹具支撑件的热处理 .....	362
5.3.6 夹具本体的热处理 .....	363
5.4 夹具零件热处理现场操作集锦 .....	365
<b>第6章 其他工具的热处理 .....</b>	<b>379</b>
6.1 钳工工具的热处理及其实例 .....	379
6.1.1 钳工工具的选材及其热处理特点 .....	379
6.1.2 钳工工具的热处理实例 .....	379
6.2 木工工具的热处理及其实例 .....	382
6.2.1 木工工具的选材及其热处理特点 .....	382
6.2.2 木工工具的热处理实例 .....	383

附录 .....	387
附录 A 工件加热时间的计算方法 .....	387
附录 B 典型零件的加工预留余量及其热处理变形允差 .....	390
附录 C 典型刀具、量具和模具的热处理变形允差 .....	394
附录 D 模具强韧化工艺应用实例一览表 .....	399
附录 E 常用模具钢真空热处理工艺参数表 .....	400
附录 F 高强韧模具材料及应用实例一览表 .....	401
参考文献 .....	403

# 第 1 章 机械制造工艺装备件的 的热处理工艺基础

## 1.1 工艺装备件所需要的基本性能

工艺装备的使用状态和工作条件远比一般机械零件的运转条件苛刻得多，因此工艺装备件所需要的性能不仅包括结构钢机械零件应具备的力学性能（强度、塑性、韧性和硬度等），还应具备某些物理性能（如高耐磨性、热硬性、耐热疲劳性以及尺寸稳定性等）。在某些特殊条件下工作的工、模、量、夹具，如在有腐蚀性环境条件下使用的量具、在较高温度下工作的压铸模具和热锻轧模具等还需要一些化学性能（如耐蚀性、抗氧化性等）。另外，工、模、量、夹具的制作过程也需要良好的工艺性能（如材料的可加工性，可铸造性，可锻、轧性，焊接性及可热处理性等）。

### 1.1.1 工艺装备件所需要的力学性能

#### 1. 强度

强度是指工、模、量、夹具等在使用时，抵抗外力作用而不破断的能力。由于其受力形式及状态不同，有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗扭强度等区别。在科学试验和生产实践中，可根据实际情况和需要，通过各自的特定试验方法获得具体数据。

由于某些试验方法和试验条件的局限性等原因，一般原材料和调质状态的强度，通常以抗拉强度  $\sigma_b$  表示，经淬火和低温回火的高硬度状态，一般以抗弯强度  $\sigma_{bb}$  表示。

由于各种强度试验均导致试样被破坏，因此不适合对成品或半成品进行强度试验。

在硬度不高于 500HBW（51HRC）的调质和退火状态下，钢的抗拉强度（MPa）与硬度在数值上有大致如下关系：

$$\sigma_b = (0.33 \sim 0.36) \text{HBW}$$

按该式计算的结果，误差不大于 10%。因此，在生产实践中需要了解抗拉强度时，通常用检测硬度方法换算成抗拉强度。不仅方法简便，且不损伤试样。

抗弯强度被广泛应用于考核工、模、量、夹具强度指标。其主要原因，一方面

是它能够把具有高硬度 ( $\geq 52\text{HRC}$ ) 试样的强度值比较准确地反映出来; 另一方面, 它还可以在试验过程中通过测量其弯曲挠度, 将高硬度试样的塑性大小客观地反映出来。但是, 由于抗弯强度试验目前尚无统一的标准试样, 以及试样加工的尺寸精度、表面粗糙度和组织结构等具体规定, 即影响因素有其不确定性, 因此测得的抗弯强度值只能作为条件相同情况下的相对比较。

需要指出, 在加工抗弯强度试样时, 应当力求其形状简单并减少应力集中现象, 特别要消除因切应力导致不正常破断的可能性。如果将试样制作得与考核的工、模具的形状、尺寸及其精度等均十分相似, 则可测出更接近于工、模具实际情况的抗弯强度。

## 2. 疲劳强度

疲劳强度是指材料及其工、模、量、夹具在往复交变载荷长时间作用下而不发生破断的能力。按工、模、量、夹具的承载特点, 分为接触疲劳、扭转疲劳和弯曲疲劳等。

疲劳强度用于评定材料或工、模、量、夹具的耐疲劳性。试验研究表明, 对称循环的弯曲疲劳强度  $\sigma_{-1}$  与抗拉强度  $\sigma_b$ 、屈服点  $\sigma_s$ 、断面收缩率  $\psi$  等有一定关系:

$$\sigma_{-1} = C\sigma_b \quad (1-1)$$

式中  $C$ ——系数。通常  $C$  值为  $0.4 \sim 0.6$  之间。 $\sigma_b$  值愈高,  $C$  值愈接近下限。

从式 (1-1) 看出, 当已取得抗拉强度情况下, 可以推算其疲劳强度。因此, 一般能提高抗拉强度的措施, 也能提高其疲劳强度。

## 3. 硬度

硬度是指工、模、量、夹具在使用时, 抵抗比它更硬的物体压入的能力。这些比工、模、量、夹具更硬的物质, 可能来源于被加工零件发生局部冷作硬化、组织中坚硬的碳化物和夹杂物脱落、尘埃中碳化硅等硬质物的落入等, 从而将导致工、模、量、夹具体表面出现凹坑或划痕。

硬度检测能够作为材料科学试验和生产实践反映力学性能广泛使用的方法, 是因为硬度与其他力学性能指标 (如强度、塑性、韧性等) 有一定的大致关系, 即由硬度值可以大致推断出其他力学性能指标的优劣。另外, 硬度检测后, 被检物体不失其完整性和正常的使用价值。

目前, 工业生产中广泛使用的硬度试验方法有: 布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法、维氏硬度试验法、肖氏硬度试验法及里氏硬度试验法等。

在原材料冶金质量正常的情况下, 影响工、模、量、夹具强度和硬度的主要因素如下。

1) 在相同热处理条件下, 随着其含碳量的提高, 其强度和硬度均有所提高。合金元素的增加对提高强度表现得十分明显, 但对硬度的影响较差。因此, 出现许多合金钢热处理后虽然硬度相同, 但强度差别较大的现象。

2) 在原材料化学成分一定的条件下, 热处理工艺是影响其强度、硬度及其他力学性能的最主要因素。

#### 4. 塑性

塑性是指工、模、量、夹具在使用过程, 偶然发生局部永久变形而不致破断的能力。原材料的塑性好坏, 对冷加工和热加工的工艺性能有着重要影响。工、模、量、夹具的塑性好坏对其使用的安全性有着重要意义: 工、模、量、夹具在具有较好塑性的情况下, 使用过程即使偶尔过载也可以避免突然断裂, 在一定程度上确保其使用的安全性。因此, 塑性对高硬度的工、模具而言, 具有不可小视的作用。另外, 工、模、量、夹具件较好的塑性对减少其早期失效有利, 因为许多工、模、量、夹具件偶而局部过载产生的微量塑性变形, 并不能完全失掉其使用价值。

评定塑性的主要指标如下。

1) 断后伸长率  $\delta$ , 即拉伸试验时, 试样拉断后其相对伸长的百分比。

2) 断面收缩率  $\psi$ , 即拉伸试验时, 试样拉断后其截面积相对缩小的百分比。断后伸长率和断面收缩率越大, 则其塑性越好。

3) 屈服点  $\sigma_s$ , 即拉伸试验过程, 试样刚刚发生塑性变形时单位面积上所承受的最大力, 常用单位是 MPa。材料的屈服点表示其抵抗微量塑性变形的能力, 屈服点越高, 则塑性越差。

4) 挠度  $f$ , 即弯曲试验过程, 试样破断时所达到的最大弯曲度, 常用单位是 mm。需要指出, 真正表示塑性指标的是塑性挠度, 即总挠度减去弹性挠度。塑性挠度越大, 则其塑性越好。

为了使试验数据更趋准确, 应将试样加工成较高的尺寸精度和的较低的表面粗糙度值, 且其直径与有效长度之比较大 (一般为 1:10) 为好。

#### 5. 冲击韧度

冲击韧度是原材料或工、模、量、夹具在冲击载荷作用下, 抵抗发生脆性破断的能力。考核冲击韧度优劣, 可根据实际承载特点 (大能量低频次或小能量多频次等) 选择不同的试验方法。

(1) 摆锤式一次冲击试验 这是工程上最常用的一种考核原材料冲击韧度的试验方法。它是试样单位横截面积上所承受的一次冲击吸收功大小来表示试样的动载荷性能指标 ( $a_k$ , 常用单位是 J/cm<sup>2</sup>)。不过, 这种一次大能量冲击试验并不符合工业生产中工、模、量、夹具承受冲击载荷而发生破损的实际受力情况。实际上, 承受动载荷的工、模、量、夹具大多数是在小能量多次往复冲击作用下工作的。因此, 采用小能量多冲试验法更接近于实际。

(2) 多次往复冲击试验 这是考核试样在冲击能量不大情况下, 多次往复受载而不发生破断的能力。实验证明, 对小能量多次冲击的抵抗能力主要取决于试样的强度, 塑性居其次。

在原材料冶金质量正常的情况下，影响工、模、量、夹具塑性和韧性的主要因素有这样的规律：通常是提高强度和硬度的因素均会不同程度地降低其塑性和韧性。但随热处理工艺不断创新，已打破了一般规律。例如，各种强韧化热处理工艺可使强度和韧性同时提高，或在不降低韧性条件下大幅度提高强度，或在不降低强度条件下，显著提高韧性等。

## 6. 断裂韧度

断裂韧度是一种标志带有某种缺陷的材料所具有的实际承载能力，即试样的断裂韧度表明其本身所具有的对裂纹扩展的抵抗能力的大小，通常用  $K_{Ic}$  表示。

$$K_{Ic} = C\sigma_c a^{1/2} \quad (1-2)$$

式中  $C$ ——裂纹与工件形状的关系系数；

$a$ ——裂纹的尺寸；

$\sigma_c$ ——临界应力。

由式 (1-2) 可以看出，断裂韧度的概念建立了裂纹前沿区域的应力场与其作用的名义应力、材料性能及引起脆断所必须的裂纹尺寸之间的联系。如此就有可能根据断裂韧度来确定材料最大的实际承载条件。

影响断裂韧度的主要因素如下。

- 1) 材料的断裂韧度是其强度和塑性的综合表现，即能同时提高强度和塑性的因素，一般都能提高其断裂韧度。
- 2) 在很多情况下对提高冲击韧度行之有效的措施，均能提高断裂韧度。

### 1.1.2 工艺装备件所需要的物理性能

#### 1. 耐磨性

耐磨性是工、模、量、夹具在工作过程，其表面对外界（摩擦副、环境介质以及应力等）磨损作用的抵抗能力。在工程上，通常将磨损分为粘着磨损、颗粒磨损、疲劳磨损和腐蚀磨损等。实践证明，在冲击作用较小的情况下，耐磨性与以下因素有直接关系。

- 1) 工、模、量、夹具表面的硬度越高，其耐磨性越好。
- 2) 钢中的碳化物类型、数量及其分布等对耐磨性的影响较大。例如，按下述排序  $Fe_3C$ 、 $Cr_7C_3$ 、 $VC$  等，其耐磨性依次增加，并随其数量增加耐磨性提高更趋显著。同时，碳化物细小而均匀分布远比粗大、积聚分布的耐磨性好得多。特别是，当碳化物分布极不均匀时，将使耐磨性大大降低。例如，原材料中碳化物呈带状分布时，淬火后这种碳化物极易剥落，导致磨损加剧。
- 3) 工、模、量、夹具基体组织中，应适当减少残留奥氏体数量，并使其保持细小晶粒状态。

## 2. 热硬性

热硬性是指工、模、量、夹具体在较高温度下工作时，仍能保持高硬度、高耐磨性的马氏体组织状态的能力。

影响工、模、量、夹具热硬性的因素如下。

1) 钢的化学成分和组织结构，特别是淬火马氏体中合金元素的种类与含量。例如，钢中含有稳定性较高的形成碳化物合金元素（W、Mo、V等），且数量越多，其热硬性越好。同时，碳化物分布得越弥散、均匀，则热硬性越好。

2) 热处理工艺，特别是选择合适的淬火温度、正确的回火过程及某些表面化学热处理新工艺的应用，都能有效地改善其热硬性。

钢的热硬性，通常用冷态硬度与对应的回火温度来表示。例如，将试样按预定的淬火、回火工艺处理后，再分别于600℃、625℃和700℃温度下，各处理四次；然后在室温下测量硬度，以能够保持60HRC的最高加热温度为热硬性指标。

另外，在生产实践中也可按照加热到600℃（或650℃）回火后，能保持的硬度值来评定其热硬性。

## 3. 耐热疲劳性

耐热疲劳性是指工、模、量、夹具在工作过程中因反复急剧受热、受冷而产生表面裂纹的抵抗能力。

影响耐热疲劳性的主要因素之一，是工、模、量、夹具的冲击韧度。实践证明，用冲击韧度作为评定其耐热疲劳性的间接依据有足够的可靠性。不言而喻，能提高冲击韧度的各种措施，均可提高其耐热疲劳性。

目前，常用下述方法测定耐热疲劳性。

将尺寸为 $\phi 20\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的与工、模具同种材料的圆柱形试棒磨光后，用高频加热装置在1.3~1.5s内加热到接近工、模具的工作温度（层深1.2~1.5mm），然后用水迅速冷却5~6s。如此反复加热、冷却，直至表面出现裂纹为止。在此试验条件下，评定其耐热疲劳性方法如下。

1) 每加热-冷却循环15~25个周期（次数），检查一次是否有裂纹，即以累计出现裂纹时的加热-冷却循环次数进行相对比较评定。

2) 按上述方法加热-冷却一定次数后，检查裂纹的总长度作为评定耐热疲劳性的相对指标。

上述两种方法，均是在无外加负载的条件下进行的。因此，试验结果与工、模具实际情况有一定的出入。

3) 将直径为3~5mm的，工、模具同种材料的圆柱形试棒磨光后，在拉伸载荷下，用接触电阻加热，并随后迅速冷却。反复进行一定次数，然后观察其产生裂纹的循环次数或测量裂纹的总长度均可。

#### 4. 耐回火性

耐回火性是指钢的淬火组织对回火软化的抵抗能力。目前,对耐回火性的测试有以下两种方法。

1) 按保持 45 ~ 50HRC 硬度时所需要的回火温度进行评定。即将淬火的试样经不同温度回火 3 ~ 4h, 然后测量其硬度值。将保持 45 ~ 50HRC 某硬度值的相应回火温度作为评定耐回火性指标。这种方法的不足之处是不能明确地反映软化速度。

2) 按软化时间 (h) 来评定耐回火性。即将淬火的试样在 640 ~ 680℃ 温度下回火, 保持不同时间, 然后将保持 45HRC 硬度的所需时间作为评定指标。

#### 5. 尺寸稳定性

尺寸稳定性是指工、模、量、夹具件在长期使用或放置过程中, 保持尺寸精度和形位精度不发生改变的能力。

影响尺寸稳定性的主要因素, 是其组织的稳定性和应力的稳定性。组织中不稳定的残留奥氏体数量及工件淬火后回火不充分 (应力消除不彻底) 是影响尺寸稳定性的关键。另外, 工、模、量、夹具件在使用过程受到冲击或振动, 导致应力失去平衡等也会使其尺寸精度和形位精度发生变化。

### 1.1.3 工艺装备件所需要的化学性能

#### 1. 耐蚀性

耐蚀性, 即工、模、量、夹具件在长期使用或放置过程中, 对外部介质 (潮湿空气、水分、酸、碱、盐等) 致使表面生锈和腐蚀的抵抗能力。

为提高工、模、量、夹具件的耐蚀性, 可根据介质的锈蚀能力选择适当的材料 (如各种不锈钢等) 进行制作; 或用常规材料制作后, 施以可防锈蚀的表面化学热处理, 如防锈渗氮、渗铬、渗锌等。

#### 2. 抗氧化性

抗氧化性, 即工模、量、夹具件在较高温度下使用时, 对外部介质 (灼热空气和含大量  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的加热炉气等) 致使表面被氧化的抵抗能力。

实践表明, 钢和铸铁中含有质量分数为 1% 左右的硅就能在一定温度下提高其抗氧化能力。此外合金元素铝也能提高钢和铸铁的抗氧化性, 特别是硅和铝的复合作用更加显著; 钢中含有质量分数为 5% 左右的铬, 可提高 600 ~ 650℃ 温度下工作的工、模、量、夹具件的抗氧化性。实践还表明, 在表面温度 600 ~ 650℃ 工作的黑色金属压铸模, 如果没有良好的抗氧化性能将很快降低型腔的尺寸精度和表面质量。提高工、模、量、夹具件的抗氧化性, 可根据介质的氧化能力选择适当的材料 (如各种温度下的热作模具钢和耐热钢等) 进行制作; 或用常规材料制作后, 施以可防氧化的表面化学热处理, 如渗铝、渗硅、渗铬以及硅、铝、铬等二元或多元共渗等。

### 1.1.4 工艺装备件制作过程所需要的工艺性能

#### 1. 可加工性

可切削性，即工、模、量、夹具件在制作过程中切削加工的难易程度。工、模、量、夹具件制作过程的可加工性，主要取决于原材料的组织结构和预备热处理的质量。就原材料而言，通常是碳素钢的可加工性优于合金钢，结构钢优于工具钢，低合金钢优于中、高合金钢，硬度低的材料好于硬度高的材料，铸铁件好于各种钢件的可加工性。原材料和毛坯的预备热处理质量对其可加工性的影响是不言而喻的。

此外，就工、模、量、夹具件本身而言，可加工性与其结构的复杂程度有关。例如，结构复杂的、成批量的小型夹具零件，因可加工性不佳，通常采用精密铸造成形等。

#### 2. 可铸造性

可铸造性，即工、模、量、夹具件毛坯铸造（成形和预防缺陷等）的难易程度。可铸造性，包括熔融材料的流动性、可成形性、收缩率和产生的裂纹敏感性等。通常，低熔点材料的可铸造性好于高熔点材料；合金元素越多和收缩率越大，铸造冷却过程越易于产生变形，甚至裂纹，特别是高碳高合金钢铸造后极易产生各种铸造缺陷。此外，铸件结构越复杂，越不易成形，越易产生缺陷等。

带有各种铸造缺陷的毛坯，使其热处理工艺性变差。实践表明，许多带有一定缺陷的铸件，热处理时必须采取有效措施才能避免产生废品。

#### 3. 可锻、轧性

可锻、轧性，即工、模、量、夹具毛坯锻造和轧制（成形和预防缺陷等）的难易程度。影响工、模、量、夹具件毛坯可锻、轧性的主要因素，往往是材料的组织结构和允许的锻造温度范围。

例如，直径40mm以上的高铬钢和高速钢等原材料，不经过3~4次的反复锻造，其组织中的共晶碳化物很难均匀化；另外，高碳高合金钢锻造的终锻温度较高，一旦稍低于终锻温度继续锻造时，极易产生裂纹。实践表明，在高速钢轧制钻头生产过程中，轧制温度控制要求十分严格，加热温度稍高即导致过热，温度稍低又难于轧制成形。

锻造质量差的毛坯，会导致热处理工艺性降低。因此，热处理工作者很关注锻造工序质量，特别是可锻、轧性较差的毛坯，应严格控制其各种缺陷。

#### 4. 焊接性

焊接性，即工、模、量、夹具件在焊接过程中，控制质量的难易程度。影响工、模、量、夹具件可焊接性的主要因素，是原材料的化学成分。实践表明，钢中含碳量越高、合金元素种类及其含量越多，则焊接性越差。例如，45碳钢制夹具