



全国高职高专规划教材·机械设计制造系列

金属塑性变形与轧制 技术同步练习与辅导

JINSHU SUXING BIANXING YU ZHAZHI JISHU
TONGBU LIANXI YU FUDAO

吴爱新 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国高职高专规划教材·机械设计制造系列

金属塑性变形与轧制技术

同步练习与辅导

主 编 吴爱新

副主编 赵文成 马韧宾 王会凤



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是在“基于工作过程”系统化课程体系改革的基础上,以培养具有良好的职业道德和敬业精神的高端技能型专门人才为目标,根据新课程标准的要求而开发的《金属塑性变形与轧制技术》教材的配套辅导用书。本书完全依照指定教材的结构,以每个学习情境下的工作任务为单位,每一工作任务下设“内容提示”、“同步练习”、“参考答案”三部分,对完成该任务所需的相关知识、操作技能进行总结归纳,并将知识点以各种主要考试题型的形式进行编写,以便让学生对相关知识点有更好的掌握。

本书可用作《金属塑性变形与轧制技术》的配套辅导用书,也可供相关专业人士参加职业技能鉴定考试使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属塑性变形与轧制技术同步练习与辅导/吴爱新主编. —北京:北京大学出版社, 2013. 7
(全国高职高专规划教材·机械设计制造系列)

ISBN 978-7-301-22805-0

I. ①金… II. ①吴… III. ①金属—塑性变形—高等职业教育—教学参考资料
②金属—轧制理论—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TG111. 7②TG331

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 146512 号

书 名: 金属塑性变形与轧制技术同步练习与辅导

著作责任者: 吴爱新 主编

策 划 编 辑: 周 伟

责 任 编 辑: 傅 莉

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22805-0/TG·0044

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62754934 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: zyjy@pup.cn

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 233 千字

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

《金属塑性变形与轧制技术同步练习与辅导》，是在“基于工作过程”系统化高职材料类课程体系改革的基础上，以培养具有良好的职业道德和敬业精神的高端技能型专门人才为目标，根据新课程标准的要求而开发的《金属塑性变形与轧制技术》教材的配套辅导用书。

本书在编写过程中以课程标准为依据，以指定教材为基础，充分体现“学生在完成工作过程中去主动获取知识，提高学生自主构建知识体系能力”的新的指导思想。

本书完全依照指定教材的结构，以每个学习情境下的工作任务为单位，共包括绪论、学习情境一“金属塑性变形基本规律及其应用”、学习情境二“金属综合性能的测定及应用”、学习情境三“轧机咬入能力分析及应用”、学习情境四“轧制中横纵变形能力分析及应用”、学习情境五“轧机力能参数测定”和学习情境六“模拟调整轧机”等内容。每一工作任务下设“内容提示”、“同步练习”、“参考答案”三部分。“内容提示”主要是对完成该任务所需的相关知识和操作技能的总结归纳。“同步练习”则根据职业标准对知识点不同能力层次的要求，将知识点以各种主要考试题型的形式编写，覆盖全部考核内容。“参考答案”是对同步练习中所有试题的解答。

两套模拟试题综合了课程标准和教材对学习者的要求，可用于检验学习者的学习效果。

本书可用作《金属塑性变形与轧制技术》的配套辅导用书，也可供相关专业人士参加职业技能鉴定考试时使用。

本书由唐山科技职业技术学院吴爱新任主编（负责绪论、学习情境一、学习情境三、学习情境四、学习情境六），赵文成、马韧宾（负责学习情境二）、王会凤（负责学习情境五）任副主编，并由唐山钢铁集团高级工程师李向东、孙力审稿。在编写过程中，作者参阅了有关轧制理论、金属塑性变形理论方面的相关文献，在此向有关作者致谢。

由于时间仓促，编者水平有限，疏漏与错误在所难免，恳请读者批评指正。

唐山科技职业技术学院 吴爱新

本教材配有教学课件，如有老师需要，请加QQ群（279806670）或发电子邮件至 zyjy@pup.cn 索取，也可致电北京大学出版社：010-62765126。

目 录

绪 论	1
工作任务一 认识金属塑性加工	1
内容提示	1
同步练习	2
参考答案	4
学习情境一 金属塑性变形基本规律及其应用	6
工作任务二 识别产品缺陷并分析缺陷产生原因	6
内容提示	6
同步练习	9
参考答案	15
工作任务三 选择与计算金属变形前后尺寸	18
内容提示	18
同步练习	18
参考答案	20
工作任务四 验证最小阻力定律并判断金属流动方向	22
内容提示	22
同步练习	23
参考答案	25
工作任务五 模拟实际轧制过程中出现裂纹与浪形的现象	27
内容提示	27
同步练习	31
参考答案	33
学习情境二 金属综合性能的测定及应用	36
工作任务六 测定并分析金属的塑性与变形抗力	36
内容提示	36
同步练习	41
参考答案	46
工作任务七 测定并分析外摩擦对金属塑性和变形抗力的影响	49
内容提示	49
同步练习	53
参考答案	57
工作任务八 测定并分析冷、热变形前后金属组织性能的变化	59

内容提示	59
同步练习	63
参考答案	69
学习情境三 轧机咬入能力分析及应用	71
工作任务九 测定金属变形量及变形系数	71
内容提示	71
同步练习	73
参考答案	76
工作任务十 测定最大咬入角并进行咬入能力分析	79
内容提示	79
同步练习	84
参考答案	88
工作任务十一 测定稳定轧制时的咬入角并分析改善咬入的途径	91
内容提示	91
同步练习	94
参考答案	97
工作任务十二 模拟三种典型轧制情况并分析各自特点	99
内容提示	99
同步练习	101
参考答案	103
学习情境四 轧制中横纵变形能力分析及应用	105
工作任务十三 识别宽展现象并分析宽展种类	105
内容提示	105
同步练习	108
参考答案	110
工作任务十四 测定和估算轧制时的宽展值	112
内容提示	112
同步练习	114
参考答案	116
工作任务十五 设计并观察轧制过程中的前滑现象	118
内容提示	118
同步练习	119
参考答案	121
工作任务十六 测定和估算轧制时的前滑值	123
内容提示	123
同步练习	126
参考答案	129
学习情境五 轧机力能参数测定	132
工作任务十七 测定和估算轧制过程的轧制压力	132

内容提示	132
同步练习	134
参考答案	137
工作任务十八 测定和估算轧制过程的轧制力矩和轧制效率	139
内容提示	139
同步练习	142
参考答案	143
工作任务十九 绘制轧机传动负荷图	145
内容提示	145
同步练习	147
参考答案	148
工作任务二十 校核主电动机功率	149
内容提示	149
同步练习	150
参考答案	151
学习情境六 模拟调整轧机	152
工作任务二十一 测定轧机刚度系数	152
内容提示	152
同步练习	153
参考答案	153
工作任务二十二 调整实训轧机的辊缝零位	154
内容提示	154
同步练习	155
参考答案	155
工作任务二十三 模拟轧制过程中轧制条件的变化对成品尺寸的影响	157
内容提示	157
同步练习	160
参考答案	161
工作任务二十四 模拟实际连轧过程中的张力轧制现象	163
内容提示	163
同步练习	166
参考答案	167
模拟试题(一)	168
参考答案	172
模拟试题(二)	176
参考答案	180
参考文献	184

绪 论

工作任务一 认识金属塑性加工

内容提示

一、金属塑性加工概念

金属塑性变形的过程就是金属压力加工过程，所以金属塑性加工亦称金属压力加工。金属塑性加工是利用金属能够产生永久变形的能力，使其在受外力作用下进行塑性成型的一种金属加工技术，也常叫金属压力加工。

二、金属塑性加工的优点

金属塑性加工与其他加工方法（如切削、铸造、焊接等）相比，具有下述主要优点：

- (1) 加工过程中，除烧损、切损外，不产生切屑等废料，因而成材率较高，可以节约大量的金属；
- (2) 金属产生塑性变形后，可改善金属的内部组织及其性能，特别是对铸造组织的改善效果更为显著；
- (3) 生产率高，适合大批量生产。

三、金属塑性加工的主要方法

金属塑性加工常见的加工方法有锻造、轧制、挤压、拉拔和冲压等。

锻造是用锻锤的往复冲击力或用压力机的压力使金属改变成所需要形状和尺寸的一种加工方法。它分为自由锤锻和模锻两种。

轧制指金属在两个旋转的轧辊之间受到压缩而产生塑性变形，是使金属横断面缩小、形状改变、长度增加的一种压力加工方式。它可分为纵轧、斜轧和横轧。

挤压的实质是将金属放在封闭的圆筒内，一端施加压力使金属从模孔中挤出而得到不同断面形状的成品的加工方法。

挤压分正挤压和反挤压。正挤压时,挤压轴的运动方向和从模孔中挤出的金属前进方向一致;而反挤压时,挤压轴的运动方向和从模孔中挤出的金属前进方向相反。

拉拔包括拔管及拉丝过程。拔管过程是在外力作用下将中空管坯通过模孔(用芯棒或不用芯棒)使管径变小、管壁减薄(或加厚)的过程,拉丝是使金属线材通过模孔,从而使金属断面缩小、长度增加的一种加工方法。

冲压是靠压力机的冲头把厚度较小的板带顶入凹模中,冲压成需要的形状。

四、金属塑性加工在国民经济中的作用及其发展

金属塑性加工的产品在国民经济中应用极为广泛。根据统计,在铁路运输工具中所用金属压力加工产品占其金属制品的96%,在汽车和拖拉机制造工业中约占95%,在农业机械工业中占80%,在航空和航天工业中占90%,在机械制造工业中占70%,在基本建设中约占100%。轧钢已在大型化、连续化、自动化和高速化方面发展到了很高的水平。在轧钢领域内,由于不断采用新工艺、新技术,所以在扩大产品品种规格、改善产品性能、提高劳动生产率、降低能耗和原材料消耗等方面,也已经取得很大进步。现在正不断涌现各种新的压力加工方法。

同步练习

一、填空题

1. 典型的金属压力加工方法有_____、_____、_____、_____、_____。
2. 轧制可分为_____、_____和_____三种形式。
3. 纵轧时,工作轧辊旋转方向_____,轧件的纵轴线与轧辊轴线_____。
4. 斜轧时,两轧辊旋转方向_____,轧件做_____运动。
5. 横轧时,两轧辊旋转方向_____,轧件做_____运动。
6. 轧制是轧件由于_____的作用而进入旋转的轧辊之间被压缩并产生_____的过程。
7. 轧制的目的不仅是_____,而且_____。
8. 靠拉力作用使金属产生变形的方式有_____和_____。
9. 对金属之所以能进行压力加工,主要是由于金属具有_____这一特点。
10. 靠压力作用成型的方式有_____、_____和_____。

二、判断题

1. 纵轧时两轧辊旋转方向相反,轧件的运动方向与轧辊轴线垂直。()

2. 挤压时金属处于三向压应力状态。 ()
3. 轧钢就是金属轧件在旋转轧辊之间的弹性变形。 ()

三、单项选择题

1. 在钢铁企业中除极少数特殊钢材外，绝大部分以 () 方式加工成材。
A. 轧制 B. 铸造 C. 挤压 D. 锻造
2. 生产钢球的轧制方法属于 ()。
A. 纵轧 B. 周期轧 C. 斜轧 D. 横轧
3. 在压力加工过程中，靠拉力作用使金属产生变形的是 ()。
A. 轧制 B. 挤压 C. 拔制 D. 锻造
4. 轧制时两轧辊的旋转方向相同，轧件做旋转运动且与轧辊转动方向相反，这是 () 轧制方式。
A. 横轧 B. 纵轧 C. 斜轧 D. 立轧
5. 金属压力加工中最主要的手段是 ()。
A. 锻造法 B. 轧制法 C. 冲压法 D. 拉拔
6. 型材、线材和板材主要是用 () 方法生产。
A. 轧制 B. 挤压 C. 拉拔 D. 冲压法
7. 冷轧是指在 () 轧制的工艺。
A. 常温下 B. 低温下
C. 再结晶温度以下 D. 边轧制边加冷却水
8. 轧制时两轧辊的旋转方向相反，轧件做直线运动且与轧辊的转动方向相一致，这是 () 轧制方式。
A. 横轧 B. 纵轧 C. 斜轧 D. 角轧
9. 轧钢工序的两大任务是 ()。
A. 精确成型及改变化学成分 B. 提高钢材的变形抗力和硬度
C. 提高塑性和精确成型 D. 精确成型及改善组织性能
10. 靠压力使金属产生塑性变形的压力加工方法叫 ()。
A. 拉拔 B. 剪切 C. 轧制 D. 热处理

四、简答题

1. 什么是金属塑性加工？

2. 金属压力加工和金属其他加工过程比较有哪些优点?

3. 典型的压力加工方法有哪些?

4. 什么是轧制? 轧制的基本方式有哪些?

参考答案

一、填空题

1. 锻造 轧制 挤压 拉拔 冲压
2. 纵轧 横轧 斜轧
3. 相反 垂直
4. 相同 螺旋
5. 相同 旋转
6. 摩擦力 塑性变形
7. 改变金属的形状 也使金属获得一定的组织和性能
8. 拉拔 冲压
9. 塑性
10. 锻造 轧制 挤压

二、判断题

1. $\checkmark$
2. $\checkmark$
3. $\times$

三、单项选择题

1. A 2. C 3. C 4. A 5. B 6. A 7. C 8. A 9. D 10. C

四、简答题

1. 答：金属压力加工是利用金属能够产生永久变形的能力，使其在受外力作用下进行塑性成型的一种金属加工技术，也常叫金属压力加工。

2. 答：主要有以下优点：

- (1) 因无废屑，可以节约大量的金属，成材率较高；
- (2) 可改善金属的内部组织和与之相关联的性能；
- (3) 生产率高，适于大量生产。

3. 答：典型的压力加工方法有 5 种，即：

- (1) 锻造；(2) 轧制；(3) 挤压；(4) 拉拔；(5) 冲压。

4. 答：轧制就是金属在两个旋转的轧辊之间进行塑性变形的过程。轧制的基本方式大致分为三种，即纵轧、斜轧和横轧。

学习情境一 金属塑性变形基本规律及其应用

工作任务二 识别产品缺陷并分析缺陷产生原因

内容提示

一、塑性变形的力学基础

1. 塑性加工中工件所受的外力

塑性加工中工件所受的外力有两种：作用力和约束反力。通常把压力加工设备可动工具部分对变形金属所作用的力叫作用力或主动力。压力加工时的作用力可以实测或用理论计算，以用来验算设备零件强度和设备功率。

工件在主动力的作用下，其整体运动和质点流动受到工具的约束时就产生约束反力。约束反力有正压力和摩擦力。

正压力指沿工具和工件接触表面法线方向阻碍工件整体移动或金属流动的力，它的方向与接触面垂直，并指向工件。

摩擦力指沿工具和工件接触面切线方向阻碍金属流动的力，它的方向和接触面平行，并与金属质点流动方向和流动趋势相反。

2. 内力和应力集中

内力产生的原因有：

- (1) 为了平衡外部的机械作用所产生的内力；
- (2) 由于物理或物理-化学过程所产生的相互平衡的内力。

内力的强度称为应力，或者说是内力的大小以应力来度量，即以单位面积上所作用的内力大小表示之。

金属内部存在应力，其表面又有尖角、缺口、结疤、折叠、划伤、裂纹等缺陷存在时，应力将在这些缺陷处集中分布，使这些缺陷部位的实际应力比正常的应力高出数倍。这种现象叫做应力集中。

金属内部的气泡、缩孔、裂纹、夹杂物等对应力的反应与物体的表面缺陷相同，在应力作用下，也会发生应力集中。

应力集中在很大程度上降低了金属的塑性，金属的破坏往往从应力集中的地方开始。

3. 应力状态及应力图示

(1) 应力状态。

定义：所谓物体处于应力状态，就是物体处于物体内的原子被迫偏离其平衡位置的状态。

研究金属的应力状态的意义：金属内部的应力状态，决定了金属内部各质点所处的状态是弹性状态、塑性状态还是断裂状态。而一切压力加工的目的均是在外力的作用下，使金属产生塑性变形，最终获得所需要的各种形状和尺寸的产品。因此，了解各种压力加工中金属内部的应力状态特点，对于确定物体开始产生塑性变形所需的外力，采用什么样的工具与加工制度，以及使力能的消耗最小等方面都具有重要的实际意义。

(2) 应力图示。

主平面：只有正应力而无切应力的平面。

主轴：与主平面法线方向平行的坐标轴。

主应力：主平面作用的正应力。

规定：三个主应力大小，按代数值进行排列，即 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ 。

应力图示就是用来定性说明变形体内某点（或所研究物体的某部分）在各主轴方向上，有无主应力存在及其主应力方向如何的定性图。

主应力图示共有九种可能的形式，其中线应力状态两种、面应力状态三种、体应力状态四种。

① 线应力状态：只有两种图形，一种为压缩（X1），一种为拉伸（X2）。型材、棒材、薄板等拉伸矫直时离夹头稍远一点的部分，与拉伸试验中在试样未开始缩颈时的应力状态均为拉应力状态，即 X2 图示。而 X1 图示只有在受压的表面没有摩擦，或者摩擦很小可以忽略不计时才能出现。

② 面应力状态：在面应力状态的三种形式中，M1 最有利于金属塑性的发挥；M3 最不利，但能产生一些很小的塑性变形；M2 介于二者之间。面应力状态在金属压力加工的各种方法中只见于某些个别情况，如薄板的冲压、弯曲等。

③ 体应力状态：在金属压力加工中，最常见的是体应力状态图形。

(3) 影响主应力状态及应力图示的因素。

影响主应力状态、应力图示的因素有：外摩擦的影响；变形物体形状的影响；工具形状的影响；不均匀变形的影响。

研究应力状态图,在生产实践中有很大的指导意义。通过改变外部加工条件,可以得到不同的应力状态图,从而得到不同的生产效果。实践证明,应力状态图示中的压应力个数越多,变形抗力越大,但塑性越好;拉应力个数越多,变形抗力亦高,但金属的塑性最差,容易产生脆性断裂;在有拉应力与压应力共同存在的应力状态时,变形抗力较低,而塑性处于中等。

4. 变形和变形图示

(1) 弹性变形。

所加之力(或能)不足以克服势垒,仅使原子被迫离开平衡位置而处于不稳定状态,此时原子间距改变、原子间势能升高,去掉所加的力后,原子回到原来的平衡位置,变形也就消失,此时的变形为弹性变形。

特点:物体处于弹性状态时,因原子间距的改变,物体的体积也会发生变化。但是在弹性变形过程中大多数金属的体积变化是不大的。此时可认为应力(σ)和应变(ε)成正比关系,这就是大家熟知的虎克定律,即:

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中, E ——弹性模量。

(2) 塑性变形。

所加之力(或能)足以克服势垒,从而使大量的原子多次地、定向地从一个平衡位置转移到另一个平衡位置。这样在宏观上就产生了不能复原的永久变形,也就是塑性变形。

特点:物体的形状和尺寸改变了,但体积不变(金属的空隙被压实或出现微裂纹时例外)。

(3) 弹-塑性变形共存。

发生宏观屈服后的任意变形瞬间所产生的总变形中都包括弹性变形和塑性变形,弹-塑性变形是共存的。金属在发生塑性变形之前必先产生弹性变形。

(4) 变形图示。

所谓变形图示,就是在小立方体素的面上用箭头表示三个主变形是否存在(如拉伸时箭头向外指,压缩时箭头向里指),但不表示变形大小的图示。如果变形区大部分都是某种变形图示,则此种变形图示就能代表工件整个加工变形过程的变形图示。

在金属塑性变形的过程中,尽管加工方式各有不同,但就金属的变形方式而言,由于受塑性变形时工件体积不变条件的限制,故归纳起来只有三种可能的变形方式,可分别用符号 D_1 、 D_2 、 D_3 表示。

D_1 ——物体尺寸沿一个轴向被压缩,其余两个轴向伸长,如有宽展情况的轧制和自

由锻压。

D_2 ——又称平面变形图示，物体尺寸沿一个轴向缩短，另一个轴向伸长，而第三个方向保持不变，如宽度较大的板带轧制或轧件宽度与孔型宽度相等时的轧制等。

D_3 ——物体尺寸沿两个轴向缩短，沿第三个轴向伸长，如挤压和拉拔等。

应当注意，应力图示与变形图示的符号（箭头指向）往往不一致，球应力（平均应力）可由下式求的。

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

从主应力中扣除球应力分量 σ_m 后的三个偏差应力分量各为 $\sigma_1 - \sigma_m$ 、 $\sigma_2 - \sigma_m$ 、 $\sigma_3 - \sigma_m$ 。此三个偏差应力分量的方向与主变形的方向是一致的。

主变形图可以影响到金属的塑性。从保证发展金属最大变形角度来看，最容易发挥金属塑性的是具有两个压缩变形的 D_3 ，而最不利于发挥金属塑性的则是 D_1 变形图示。

同步练习

一、填空题

1. 金属塑性变形时，作用在变形体上的外力有 _____ 和 _____。
2. 金属在 _____ 作用下产生塑性变形。
3. 变形工件与工具的接触面上的约束反力有 _____ 和 _____ 两种。
4. 单位面积上作用的内力称为 _____。
5. 内力的大小是以 _____ 来度量的。
6. 平辊轧制时，金属所处的应力状态为 _____。
7. 张力轧制时，金属所处的应力状态为 _____。
8. 挤压时的变形图示为 _____。
9. 金属产生塑性变形时，在主应力方向的变形称为 _____。
10. 金属塑性变形过程中，可能的变形力学图示有 _____ 种。
11. 内力的产生原因有二，一是 _____，二是 _____。
12. 金属的变形包括 _____ 和 _____。
13. 在圆孔型中轧制时的变形力学图示为 _____。
14. 在某立方体上分别作用有 $\sigma_1 = 49 \text{ N/mm}^2$ ， $\sigma_2 = -49 \text{ N/mm}^2$ ， $\sigma_3 = -205.8 \text{ N/mm}^2$ ，它的变形图示为 _____。
15. 沿工具和工件接触面的 _____ 方向阻碍工件整体移动或金属流动的力称为正

压力。

16. 变形过程中的主应力图和主变形图的组合称为_____。

17. 当轧制内外温差较大的钢坯时, 表层金属将产生附加_____, 中部金属产生附加_____。

18. 主平面上的正应力称为_____。

19. 物体在外力作用下发生变形, 当外力消失后不能恢复到原始形状的变形称为_____。

20. 金属的变形可分为弹性变形和_____。

二、判断题

1. 约束反力也就是反作用力。 ()

2. 变形体内的应力状态是孤立静止的, 不能进行转化。 ()

3. 在平面变形情况下, 主变形为零的方向主应力也为零。 ()

4. 变形力学图示的组合可能有 27 种。 ()

5. 横轧时两轧辊旋转方向相同。 ()

6. 单位面积上作用的力称为应力。 ()

7. 主平面上的应力称为主应力。 ()

8. 主平面上的正应力为零。 ()

9. 压力加工过程中金属所受的内力即为应力。 ()

10. 拉伸时细颈处的应力状态为 $T_4 (+ + +)$ 。 ()

11. 主应力状态图示可能有 9 种。 ()

12. 不论哪种轧制方式, 轧制时变形区均处于三向压应力状态下。 ()

13. 塑性变形是指外力消除后, 能够恢复的变形。 ()

14. 受力物体内一点只要受力, 就会发生塑性变形。 ()

15. 轧件的压下量与轧件原始高度之比叫压下率。 ()

16. 平辊轧制时, 金属处于两向压应力状态。 ()

17. 金属的不均匀变形, 加热的不均匀性, 轧后的不均匀冷却及金属的相变等, 都可以促使金属的内部产生内力。 ()

18. 变形力学图示是应力状态图示和变形图示的组合。 ()

19. 镦粗、挤压、轧制均为三向压应力状态, 其中挤压加工时的三向压应力状态最强烈。 ()

20. 作用力与反作用力是作用在同一物体上, 大小相等、方向相反。 ()

21. 当外力取消后, 材料不能恢复原来的形状和尺寸, 不能随外力去除而消失的那部