

JINSHU SUXING  
JIAGONG LIXUE

# 金属塑性加工力学

[美] E. G. 汤姆生 著  
C. T. 杨 小林史郑  
陈廷先 译

知 识 出 版 社

# 金属塑性加工力学

[美] E. G. 汤姆生 著  
C. T. 杨 小林史郎  
陈适先 译  
周贤宾 校

知 识 出 版 社

## 金属塑性加工力学

[美] E.G. 汤姆生 等著

陈适先 译

知识出版社出版

(北京阜成门北大街17号)

新华书店总店北京发行所发行 固安光辉印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张18.125 字数376千字

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

印数: 1—1,820

ISBN 7-5015-0013-4/TB·1

定价: 6.60元

## 内 容 简 介

本书为压力加工方面的重要著作。内容包括压力加工基本理论的形成及其在体积成形方面的应用两大部分。系统地阐述了基本原理、重要方程式、图表和数据。

本书适于有关院校师生、工程技术人员阅读。

## 原 序

对金属加工中塑性变形过程进行解析已有多年的历史。在加州大学,与此有关的课程始于第二次世界大战前,并有实验有力的配合。在1941~1945年的战争年代中在加州大学道尔恩(John E. Dorn)教授领导下所获得的研究成果使教学内容有了重要发展。在那些年月里在建立某些塑性流动准则并进行实验验证方面是富有成果的。上述研究工作得到了科学研究与发展局(OSRD)的支持,这可参见诸附录中所列出的许多未公布的报告。有关塑性流动的一些基本概念,关于塑性方程式在特定应力轨迹下的积分以及在复合应力状态下颈缩形成的准则等进展都主要归功于道尔恩教授。一些至今有效的延性材料断裂的概念也是起源于那个时期。

本书在加州大学机械工程系用作金属加工教科书。书中的变形部分和切块分析法等部分可供高年级教学用。书中其它分析方法可供研究生之用。由于在大多数情况下难于采用过分严格的处理方法,因而书中许多成形问题的解只是近似的。这样,实验验证就成为不可缺少的了。

本书对比了用不同方法解一些成形过程的结果,并尽可能与实验结果作了比较。要事先判定那个是最佳解往往是不可能的,因而更多的要依靠研究者的技巧和分析能力。

限于篇幅,本书只分析了体积成形工序而略去了板材成形问题。

在本书的附加参考文献中列出了在本书脱稿以后出版的一些国内外优秀的和值得注意的著作。

E. G. 汤姆生

C. T. 杨

小林史郎

## 译 者 序

本书是压力加工原理方面的一本重要著作。它既是一本优秀的教材，又是一本重要的科研著作，并为许多科技文献所引用。

书中包含了压力加工基本理论的形成及其在体积成形方面的应用两大部分。书中列出了许多重要的方程式、图表和数据。

这本书的作者均执教于著名的美国加利福尼亚大学伯克莱分校。他们形成的学派在当今世界压力加工理论界仍有重要影响。现在汤姆生教授已是该校名誉教授。小林史郎曾于1982年来华讲学并已接任教授职务并领导这方面工作。

因此，虽然本书未能包括近年的进展，特别是在有限元理论和计算机应用等方面的进展，我们仍乐于将此书作为一本压力加工理论的基本读物译出以飨读者。

在译文中将原书中英制改为国际基本单位制。书末还附有中英文术语对照。限于篇幅，参考文献从略，请有兴趣的读者参阅原书。

限于水平和时间，译文中定会存在错误之处，敬希不吝指正。

# 目 录

<b>第一章 金属加工引言</b> .....	( 1 )
1.1 定义和范围 .....	( 1 )
1.2 成形过程分类 .....	( 2 )
1.3 成形过程的应力状态 .....	( 2 )
1.4 成形极限 .....	( 9 )
<b>第二章 金属微观结构</b> .....	( 12 )
2.1 引言 .....	( 12 )
2.2 晶格 .....	( 12 )
2.3 变形机理 .....	( 13 )
2.4 理想晶体 .....	( 15 )
2.5 实际晶体的塑性变形 .....	( 18 )
2.6 位错源 .....	( 20 )
2.7 加工硬化 .....	( 22 )
<b>第三章 应力分析</b> .....	( 26 )
3.1 引言 .....	( 26 )
3.2 应力定义 .....	( 26 )
3.3 点的一般应力状态 .....	( 27 )
3.4 应力标识 .....	( 27 )
3.5 符号约定 .....	( 28 )
3.6 点的剪应力互等 .....	( 28 )
3.7 面上的总应力 .....	( 29 )



3.8	点的一般应力状态的静平衡	(30)
3.9	应力张量	(31)
3.10	点的主应力	(31)
3.11	应力张量的不变量	(33)
3.12	某些主应力状态	(34)
3.13	应力球张量与偏张量	(35)
3.14	应力偏张量的不变量	(36)
3.15	有效应力	(36)
3.16	点的平面应力状态	(37)
3.17	平面应力状态的莫尔表示法	(39)
3.18	三维应力莫尔圆	(41)
3.19	平面应变条件	(42)
3.20	在一般座标中围绕一点邻近区域的平衡方程	(42)
3.21	在圆柱座标中围绕一点邻近区域的平衡方程	(43)
3.22	在球面座标中围绕一点邻近区域的平衡方程	(45)
<b>第四章</b>	<b>应变分析</b>	<b>(52)</b>
4.1	引言	(52)
4.2	连续体内点的位移	(52)
4.3	无限小应变	(56)
4.4	无限小应变张量	(57)
4.5	应变速率和应变速率张量	(57)
4.6	连续性或体积不变方程	(58)
4.7	无限小应变偏量的二阶不变量	(59)

4.8	应变增量的莫尔圆 .....	( 60 )
4.9	拉伸时小应变和应变增量的确定 .....	( 61 )
4.10	拉伸时的有限应变 .....	( 62 )
4.11	均匀有限应变的确定 .....	( 62 )
4.12	稳态连续运动中有限应变的确定 .....	( 64 )
4.13	应变速率的确定 .....	( 65 )
4.14	非稳态运动中应变增量和有限应变的 确定 .....	( 65 )
4.15	无限小应变分量一览 .....	( 67 )
<b>第五章</b>	<b>应力-应变关系 .....</b>	<b>( 72 )</b>
5.1	引言 .....	( 72 )
5.2	广义虎克定律 .....	( 73 )
5.3	弹性剪切形变能 .....	( 75 )
5.4	塑性变形的开始和塑性方程式 .....	( 76 )
5.5	简单拉伸时的塑性方程式 .....	( 78 )
5.6	应力-应变速率方程式 .....	( 78 )
5.7	塑性变形功或比能 .....	( 79 )
5.8	变形功率 .....	( 80 )
5.9	变形比功率 .....	( 80 )
5.10	机械能的热当量 .....	( 81 )
<b>第六章</b>	<b>各向同性硬化材料的塑性条件 .....</b>	<b>( 86 )</b>
6.1	引言 .....	( 86 )
6.2	拉伸时的塑性变形 .....	( 87 )
6.3	压缩时的塑性变形 .....	( 90 )
6.4	典型有效应力-有效应变曲线 .....	( 92 )
6.5	二种屈服准则 .....	( 93 )

6.6	三维应力空间中的屈服表面 .....	( 94 )
6.7	二维应力平面上的屈服轨迹 .....	( 95 )
6.8	用管状试样研究双向应力 .....	( 97 )
6.9	塑性方程式对延性材料的有效性验证 .....	( 98 )
6.10	在高的静液压力下的试验 .....	( 99 )
6.11	瞬时屈服条件的轨迹 .....	( 100 )
6.12	塑性方程式的积分 .....	( 102 )
6.13	塑性流动时的压力测量 .....	( 107 )
<b>第七章</b>	<b>变形方程式</b> .....	( 118 )
7.1	引言 .....	( 118 )
7.2	静态试验 .....	( 118 )
7.3	某些静态应力-应变曲线 .....	( 119 )
7.4	低应变速率和高温下的变形 .....	( 126 )
7.5	高应变速率和高温下的变形 .....	( 127 )
7.6	根据速度修正的温度 .....	( 132 )
7.7	高应变速率和低温下的变形 .....	( 137 )
<b>第八章</b>	<b>屈曲和颈缩</b> .....	( 142 )
8.1	引言 .....	( 142 )
8.2	压杆的屈曲 .....	( 142 )
8.3	拉伸时的颈缩 .....	( 144 )
8.4	简单拉伸时的失稳 .....	( 144 )
8.5	压缩时的失稳 .....	( 146 )
8.6	薄壁管的扭转失稳 .....	( 147 )
8.7	薄壁球受内压时的失稳 .....	( 147 )
8.8	薄壁管在内压和轴向载荷下的失稳 .....	( 150 )
8.9	颈缩理论与实验结果的比较 .....	( 153 )

<b>第九章 颈缩应力和断裂力学</b> .....	(158)
9.1 引言 .....	(158)
9.2 颈缩区应力的一般概念 .....	(158)
9.3 圆柱试样颈缩处的应力 .....	(159)
9.4 平板单向拉伸时颈缩区的应力 .....	(163)
9.5 对断裂的了解 .....	(163)
9.6 脆性材料的断裂 .....	(164)
9.7 延性材料的断裂 .....	(167)
9.8 复合应力下的断裂 .....	(169)
9.9 其它试验结果 .....	(171)
9.10 小结.....	(172)
<b>第十章 成形问题的一些解法</b> .....	(176)
10.1 引言.....	(176)
10.2 一般问题.....	(177)
10.3 均匀塑性变形能法.....	(178)
10.4 切块法.....	(181)
10.5 实验确定应力和应变速率的直观塑性 法.....	(186)
10.6 用直观塑性法确定平面应变时的应力 分布.....	(188)
10.7 用直观塑性法确定轴对称应变时的应 力分布.....	(192)
10.8 小结.....	(194)
<b>第十一章 滑移线法</b> .....	(196)
11.1 引言.....	(196)
11.2 平面应变的平衡方程.....	(198)

11.3	滑移线的微分方程	(200)
11.4	用于滑移线的屈服条件	(201)
11.5	汉基-普朗特网	(202)
11.6	滑移线的性质	(203)
11.7	边值问题	(205)
11.8	滑移线网的绘制	(207)
11.9	一些问题的解	(211)
11.10	沿滑移线的连续方程	(214)
11.11	某些滑移线的速变间断	(216)
11.12	速度图或速端图	(217)
<b>第十二章</b>	<b>滑移线解的普拉格表示法, 完全解及上 限载荷</b>	<b>(225)</b>
12.1	引言	(225)
12.2	建立滑移场的普拉格法	(226)
12.3	完全解	(230)
12.4	约翰逊的上限载荷法	(232)
12.5	工藤的上限载荷法	(236)
12.6	轴对称问题的上限解	(238)
12.7	小结	(241)
<b>第十三章</b>	<b>摩擦</b>	<b>(244)</b>
13.1	引言	(244)
13.2	回顾	(246)
13.3	金属摩擦机理	(246)
13.4	摩擦系数的滑移线分析	(250)
13.5	小结	(255)
<b>第十四章</b>	<b>锻造</b>	<b>(258)</b>

14.1	引言	(258)
14.2	回顾	(260)
14.3	镦粗时的平面和轴对称应变	(261)
14.4	平面应变镦粗的切块近似解	(263)
14.5	轴对称镦粗的切块近似解	(268)
14.6	在粗糙面间平面应变镦粗的滑移线解	(272)
14.7	均匀能解	(273)
14.8	平面应变和轴对称镦粗的上限解	(275)
14.9	平面应变闭式模叠镦的切块近似解	(277)
14.10	轴对称闭式模叠镦的切块近似解	(281)
14.11	不同边界条件下轴对称闭式模锻的近似解	(287)
14.12	镦粗和轴对称闭式模锻时局部单位压力的实验值和理论值的比较	(297)
14.13	速端图	(297)
14.14	平面应变和轴对称闭式模锻的滑移线解	(302)
14.15	小结	(306)
<b>第十五章</b>	<b>杆件挤压</b>	<b>(314)</b>
15.1	引言	(314)
15.2	回顾	(315)
15.3	速度场和应变速率分布	(316)
15.4	均匀塑性变形能解	(322)
15.5	切块解	(326)
15.6	滑移线解	(332)
15.7	上限解	(337)

15.8	直观塑性法解	(339)
15.9	实验观察	(343)
15.10	小结	(346)
<b>第十六章</b>	<b>管形件和杯形件挤压</b>	<b>(356)</b>
16.1	引言	(356)
16.2	速度场	(358)
16.3	均匀塑性变形能解	(359)
16.4	切块解	(360)
16.5	滑移线解	(364)
16.6	上限解	(366)
16.7	直观塑性法解	(368)
16.8	实验观察	(373)
16.9	小结	(376)
<b>第十七章</b>	<b>压印</b>	<b>(382)</b>
17.1	引言	(382)
17.2	流动模型	(383)
17.3	切块解 I (方形槽未充满)	(390)
17.4	切块解 II (方形槽充满)	(399)
17.5	滑移线解 (方形槽)	(401)
17.6	上限解 (方形槽)	(402)
17.7	切块解 (三角形及半圆形槽)	(405)
17.8	压印实验结果	(406)
17.9	理论与实验值比较	(412)
17.10	小结	(418)
<b>第十八章</b>	<b>板材轧制</b>	<b>(421)</b>
18.1	引言	(421)

18.2	回顾	(422)
18.3	变形功和轧制分离力	(423)
18.4	单位轧压力的切块解	(425)
18.5	中性点位置	(432)
18.6	有前张力和后张力的轧制	(434)
18.7	轧辊压扁效应	(434)
18.8	滑移线解	(435)
18.9	上限解	(438)
18.10	直观塑性法和实验数据	(439)
18.11	小结	(439)
<b>第十九章</b>	<b>变薄旋压</b>	<b>(444)</b>
19.1	引言	(444)
19.2	回顾	(446)
19.3	锥形件变薄旋压的变形能解	(446)
19.4	锥形件壁厚变化	(452)
19.5	锥形件可旋性	(457)
19.6	筒形件变薄旋压的分析方法	(458)
19.7	筒形件正旋时的切块解和滑移线解	(461)
19.8	筒形件反旋时的切块解和滑移线解	(466)
19.9	筒形件可旋性	(468)
19.10	小结	(469)
<b>第二十章</b>	<b>线材和棒材拉拔</b>	<b>(471)</b>
20.1	引言	(471)
20.2	回顾	(471)
20.3	均匀变形能解	(473)
20.4	无后张力时拉拔应力的切块解	(475)



20.5	有后张力时拉拔应力的切块解·····	(478)
20.6	无后张力时拉拔应力的滑移线解·····	(478)
20.7	有后张力时拉拔应力的滑移线解·····	(482)
20.8	拉拔应力的上限解·····	(482)
20.9	用分瓣模测量线材拉拔时的摩擦系数·····	(484)
20.10	小结·····	(486)
<b>第二十一章 管材拉拔</b> ·····		(491)
21.1	引言·····	(491)
21.2	回顾·····	(491)
21.3	管材拉拔应力的均匀变形能解·····	(492)
21.4	采用固定芯棒时拉拔应力的切块解·····	(494)
21.5	采用可动芯棒时拉拔应力的切块解·····	(496)
21.6	无摩擦和无应变硬化时拉拔应力的滑移 线解·····	(498)
21.7	管材拉拔的上限解·····	(498)
21.8	小结·····	(499)
<b>第二十二章 机械加工</b> ·····		(504)
22.1	引言·····	(504)
22.2	回顾·····	(504)
22.3	连续切屑形成机理·····	(506)
22.4	恩斯特-墨钦特理论及李-歇弗尔理论·····	(511)
22.5	希尔理论: 允许范围·····	(514)
22.6	修正的解·····	(515)
22.7	新参数·····	(517)
22.8	实验观察·····	(520)
22.9	小结·····	(523)