

有色金属及合金 加工手册

上 册

〔苏联〕Л·Е·米列尔 主编

中国工业出版社

〔苏联〕Л.Е.米列尔 主編

А.П.斯米良金 Н.З.德涅斯脫罗夫斯基 А.Д.兰基霍夫

Н.Н.克列因德林 Г.Н.克魯切尔 В.А.戈洛文

Б.Л.烏林 В.Н.戈尔德列尔 著

有色金属及合金加工手册

下 册

子 群 刘 欣 周宜森 李安国 吳庆龄 陈荣林

陈林保 李孝恩 李规华 杨守山 譯校

中国工业出版社

本书系根据苏联冶金科技书籍出版社出版的 Л.Е.米列尔主編的“有色金属及合金加工手册”(“Справочник по обработке цветных металлов и сплавов”) 1961年版譯出的。

本手册汇集了各元素的物理化学性质和机械性能,以及有色金属与其合金的成分及性能等資料。闡述了有色金属及其合金的冷加工和热加工的理论。

书中列有系统的資料,可供作設計、生产、技术經濟計劃、产品质量检查和生产組織中其他工作参考。

各篇詳細介紹了:基本工艺过程的最主要的規律,工艺計算所必需的基本公式,金属与合金在不同状态下的性能,基础过程和輔助过程的工艺参数,設備的技术参数,等等。

本手册可供作有色金属加工和机器制造业、設計部門、科学研究部門的工程技术人员使用,并可供作有关高等院校师生参考。

本手册中譯本分上下两册出版。上册包括第一、第二、第三、第四篇;下册包括第五、第六、第七篇及附录。

Л.Е.Миллер

СПРАВОЧНИК ПО ОБРАБОТКЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ МОСКВА-1961

* * *

有色金属及合金加工手册

上册

子 群 刘 欣 周宜森 李安国 吳庆齡 譯校
陈荣林 陈林保 李孝恩 李規华 杨守山

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京修麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业營業許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $18^{1/2}$ ·字数481,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—8,370·定价(科五)2.10元

*

統一书号: 15165·3690 (冶金-590)

本书系根据苏联冶金科技书籍出版社出版的Л.Е.米列尔主編的“有色金属及合金加工手册”(“Справочник по обработке цветных металлов и сплавов”) 1961年版譯出的。

本手册汇集了元素的物理化学性质和机械性能、以及有色金属及其合金的成份和性能等資料。叙述了有色金属与合金在冷状态和热状态下主要加工形式的理論。

本书所介紹的系統参考資料可作为設計、技术及技术經濟計劃、产品质量检查和生产組織中其它工作的参考。

手册各篇介紹了基本工艺过程的最主要的規律；工艺和技术計算所必需的基本公式；金属与合金在不同状态下的性能，基本的、附帶的和輔助过程的工艺和技术参数；设备的技术参数和工具知識。

手册的中譯本分上下两册出版。下册包括三篇：第五篇——有色金属及其合金的板、条和带材生产；第六篇——綫材生产；第七篇——棒材和管材生产。

本手册可供金属加工和机器制造企业、設計部門、科学研究机关和实验室的工程技术人员，以及高等院校师生使用。

Л.Е.Миллер

СПРАВОЧНИК ПО ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Металлургиздат Москва 1961

* * *

有色金属及合金加工手册

下 册

子 群 刘 欣 周宜姦 李安国 吳庆龄 譯校
陈荣林 陈林保 李孝恩 李規华 楊守山

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张27 $\frac{3}{4}$ ·字数744,000

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数0001—5,860·定价(科五)3.10元

*

統一书号: 15165·4015(冶金-627)

原 序

有色金属及合金加工手册在我国还是初次問世，而讀者对本书的要求已有多年了。

有色金属与合金加工工业在苏維埃政权的年代里已变得很强大了，并极广泛地分布在許多工业部門中。以往陸續出版的加工簡明手册，很快被讀者购买一空。单是这种簡明手册，对于大量的有色金属加工企业的工程技术人员、科学研究和設計工作者、冶金学院和冶金专科学校的师生們还不能滿足要求。有色金属加工簡明手册是一些极有价值的出版物。但是，其中不可能包括大量金属学、有色金属及其合金加工的理論和实践、以及工艺设备等参考資料。

有色金属与合金加工手册总共包括七篇。

第一篇“金属学”(作者：技术科学候补博士 A.П. 斯米良金)。叙述了元素的物理化学性质和机械性能，介紹了有色重金属、輕金属及其合金的成份、物理性质和机械性能。

第二篇“金属的塑性变形”(作者：技术科学候补博士 B.A. 戈洛文)。扼要叙述了金属塑性变形的理論基础。

第三篇“軋制理論”(作者：技术科学候补博士 H.H. 克列因德林)，討論了經典的和現代的軋制理論基础，金属压力計算和展寬；列出了屈服点、强度极限和軋制时的摩擦系数等数值。第七章介紹了金属对軋輥的压力和組成传动負荷力矩的实际計算方法，以及其他資料。

第四篇“有色金属与合金鑄錠的生产”(作者：工程师 B.П. 烏林)。叙述了熔炼和炉料准备的条件、配料計算及熔炼炉的結構，并介紹了炉衬的生产及使用寿命。第三章中叙述了連續和半連續鑄錠工艺过程、真空流入法鑄造坯料的生产，等等。

第五篇“有色金属及其合金的板材、条材和带材的生产”，包括下列三章：第一章“有色金属及其合金的板材、条材和带材的生产”(作者：技术科学候补博士 B.A. 戈洛文，其中 § 12 与工程师 M.P. 叶辛科夫合編)，第二章“鋁合金的板材和带材的生产”(作者：技术科学候补博士 H.H. 克列因德林和工程师 Г.Н. 克魯契尔)和第三章“鋁及其合金的箔材生产”(作者：工程师 Г.Н. 克魯契尔)。

在本篇中除介紹了板材、条材、带材及箔材品种，鑄錠及軋坯的特性和尺寸外，还叙述了現代工艺流程和热轧及冷轧用的高生产力的設備。还收集有最新軋制設備的生产能力、加热炉和热处理炉的参考資料，并闡明了获得良好軋制品和优质表面板材的条件。

第六篇“綫材生产”(作者：工程师 H.З. 德涅斯特罗夫斯基)。介紹了型軋和軋輥孔型設計的特点，綫材和条材坯料的軋制及采用的設備等資料。叙述了拉伸过程的原理、拉伸配模計算及現代的一次拉伸机和連續多次拉伸机的特性。

本篇还列举了軋制的技术經濟指标，拉伸过程和拉伸的工艺参数，以及軋輥和拉伸工具的必要数据。

第七篇“管材和棒材生产”(作者：工程师 A.П. 兰基霍夫和工程师 B.H. 戈尔德列尔)。介紹了棒材和管材的品种、棒材和管材的挤压、拉伸和軋制原理的基本参考資料、以及主

IV

要設備、輔助設備和所用工具的工藝參數和資料。本篇還列有擠壓拉伸車間的技術經濟指標和定額標準。

在這本手冊中特別着重闡述了國內在有色金屬加工方面的科學技術成就，並利用了國外技術文獻中有價值的資料。

在本手冊編寫中，對於國內外有色金屬加工理論和實踐的大量文獻資料和直接由蘇聯各企業獲得的報導作了批判性的整理。

這本手冊適合於有色金屬加工企業的工程技術人員、科學工作者，設計師、冶金學院和專科學校的師生，以及廣大的與有色金屬加工生產相近的工作人員使用。他們在生產、科學研究、設計和教學等工作中遇到的許多問題都能借助本手冊而得以解決。

這本大手冊的出版，要求全體作者和國立黑色與有色冶金科學技術書籍出版社進行緊張而長期的工作。如果這本書被認為是有用的，並能對有色金屬加工工業的職工在進行的日常實際工作中有所幫助，那麼花費的這些勞動便是值得的。

參加編寫本書的作者在有金屬加工領域（生產、科學研究及設計方面）具有多年的工作經驗，他們在金屬學、有色金屬加工理論和實踐方面均是著名的專家。

И.Л.彼爾林，Я.Ф.薩巴索夫和 М.Ф.巴巷諾夫在本書編寫中提供了有益的意見和幫助，作者在此致以衷心的謝意。

本手冊一定還存在有許多缺點，作者對讀者提出的全部意見和希望，預先表示感謝，並將於再版時予以考慮。

編 者

目 录

原 序

第一篇 金 属 学

第一章 元素的物理化学性质和机械

性能..... 1

参考文献.....16

第二章 铜及铜合金16

§1 工业用铜16

1. 概 论.....16

2. 杂质对铜的性能的影响.....16

3. 铜的高温脆性.....18

4. 异向性.....19

5. 铜的腐蚀性能.....19

§2 锡青铜23

1. 成份和杂质对锡青铜的影响.....23

2. 锡青铜的腐蚀性能.....24

§3 特殊青铜29

1. 铝青铜.....29

2. 铍青铜.....33

3. 硅青铜.....35

4. 锰青铜和铬青铜.....37

§4 铜锌合金 (黄铜)45

1. 二元铜锌合金.....45

2. 特殊黄铜.....54

参考文献.....71

第三章 镍、镍合金及铜镍合金73

§1 镍73

镍的腐蚀性能.....76

§2 结构合金76

1. 成分和杂质的影响.....77

2. 镍合金及铜镍合金的光亮退火.....85

§3 热电极合金及电阻合金86

添加剂和杂质的影响.....86

参考文献.....92

第四章 轻合金93

§1 铝及其主要合金93

1. 杂质的影响.....93

2. 铝的腐蚀性能.....94

3. 工业用铝.....94

4. 压力加工用铝合金.....97

§2 镁及其主要合金 104

1. 杂质的影响..... 104

2. 镁及其合金的腐蚀性能..... 104

参考文献..... 107

第五章 锡、铅、锌及其合金..... 108

§1 工业用锡 108

锡的腐蚀性能..... 108

§2 铅及其合金 109

1. 杂质的影响..... 109

2. 铅的腐蚀性能..... 109

§3 锌及其合金 111

1. 杂质的影响..... 111

2. 锌的腐蚀性能..... 112

第六章 钛及其合金 114

§1 工业用钛 114

1. 杂质的影响..... 114

2. 钛的腐蚀性能..... 114

§2 钛基合金 117

参考文献..... 118

第二篇 金属塑性变形

§1 塑性变形的共同基础 119

1. 物体成型的各种方法..... 119

2. 塑性变形的过程..... 119

3. 研究塑性的三个基本方面..... 119

§2 应力和变形 120

1. 外力和内力..... 120

2. 物体的应力状态..... 120

3. 点应力状态..... 120

4. 主应力图	121
5. 体积不变条件	121
6. 主变形	122
7. 主变形图	122
8. 移动体积	122
9. 平衡微分方程	123
10. 变形速度	124
11. 塑性变形和应力间的关系	124
§ 3 应力分布的不均匀性	124
1. 付应力	124
2. 残余应力	124
3. 外端理论	125
§ 4 外摩擦	125
摩擦系数及其测定	126
§ 5 塑性变形物理基础	129

1. 塑性变形的物理本质	129
2. 强化(硬化)	131
3. 各种因素对变形种类的影响	131
§ 6 极限状态	132
1. 塑性条件	132
2. 相似定律	133
§ 7 变形抗力	133
1. 变形抗力的指标	133
2. 真实应力曲线	134
3. 温度对变形抗力的影响	135
4. 速度对变形抗力的影响	135
5. 单位塑流压力	135
§ 8 变形热力规程	137
参考文献	138

第三篇 轧制原理

采用的符号	141
第一章 经典轧制理论基础	142
§ 1 作用在金属与轧辊间接触表面上力的平衡条件和咬着金属	142
§ 2 中性点和中性角	145
张力对中性角数值的影响	146
§ 3 前滑	146
拉力对前滑的影响	148
§ 4 变形程度	148
§ 5 变形速度	149
1. 平面假设时的变形速度	149
2. 整个接触弧全贴合时的变形速度	150
3. 根据两种不同假设得出的变形速度的比较	151
参考文献	152
第二章 现代轧制理论基础	152
§ 1 单位压力的一般微分方程式	152
§ 2 在干摩擦滑动时单位压力沿接触弧上的理论分布	155
1. 以抛物线代圆弧时(I·22)式的采里柯夫解	157
2. 以弦代轧辊圆弧时(II·22)式的采里柯夫解	158

3. 白林特与福尔特方法	160
§ 3 单位压力沿接触弧上分布的试验研究	161
1. 刘爱格的实验	161
2. 谢维尔琴科的实验	162
3. 试验研究结果	164
§ 4 在完全贴合时的单位压力沿接触弧上的分布理论	165
1. 温克索夫法	166
2. 西姆斯法	167
3. 柯洛廖夫法	167
4. 用三种方法计算求得的单位压力和摩擦力的比较曲线	169
§ 5 在现代轧制理论中的中性点、中性角和前滑	169
1. 整个接触弧上按干摩擦滑动计算	169
2. 沿接触弧上按全部贴合计算	170
3. 单位压力沿接触弧上均匀分布和不均匀分布时计算的前滑量比较	170
参考文献	171

第三章 无拉力轧制时的压力计算

§ 1 当连续滑动时外摩擦 $\left(\frac{p_{cp}}{k}\right)$ 对	
---	--

平均单位压力的影响.....	172	出坯料的最小厚度.....	192
1. 采里柯夫公式.....	172	§5 考虑轧辊压扁弧时的压力计	
2. 简化公式.....	173	算举例.....	193
3. 屈林克斯方法.....	174	参考文献.....	195
4. 爱克伦达公式.....	174	第五章 轧制时的宽展.....	195
5. 白林特和福尔特方法.....	174	§1 宽展的一般性质.....	195
6. 古布金公式.....	175	1. 轧件宽度与厚度比值对宽展的影响...	196
7. 利用各种公式计算外摩擦影响的理论比较.....	175	2. 加工率 ε 对宽展的影响.....	196
§2 整个接触弧都是贴合区时, 外摩擦 $\left(\frac{p_{cp}}{k}\right)$ 对平均单位压力的影响.....	177	3. 轧辊直径对宽展的影响.....	197
1. 温克索夫公式.....	177	4. 轧辊与轧件间的摩擦系数对宽展的影响.....	197
2. 西姆斯公式.....	178	5. 轧制速度对宽展的影响.....	197
3. 柯洛廖夫公式.....	178	6. 轧制温度对宽展的影响.....	197
4. 格列依公式.....	179	7. 轧件上的张力对宽展的影响.....	197
5. 按各种公式计算求得的 $\left(\frac{p_{cp}}{k}\right)$ 值比较.....	180	§2 不考虑外端影响时计算宽展的采里柯夫公式.....	197
§3 p_{cp} 与 $l:h$ 和 ε 关系的实验研究.....	180	§3 计算宽展的其他公式.....	199
§4 外端对平均单位压力的影响.....	182	1. 爱克伦达公式.....	199
参考文献.....	184	2. 爱克伦达的简化公式.....	200
第四章 考虑拉力、硬化及轧辊压扁时的压力计算.....	184	3. 巴赫西诺夫公式.....	200
§1 考虑拉力和硬化时金属对轧辊的压力.....	185	4. 塞特拉切克公式.....	200
1. 采里柯夫公式.....	185	5. 谢别利公式.....	201
2. 采里柯夫和特列契雅科夫的近似公式.....	185	§4 按不同公式计算宽展的举例.....	201
3. 罗科强公式.....	185	参考文献.....	202
4. 考虑拉力和硬化时计算压力的近似方法.....	186	第六章 热轧及冷轧时的屈服极限及摩擦系数.....	202
§2 各种公式计算结果与精确数学习分析法计算结果的比较.....	186	§1 热轧时的屈服极限及强度极限值.....	202
1. 采里柯夫公式 (IV·1).....	186	1. 用直接试验研究法确定屈服极限.....	202
2. 采里柯夫和特列契雅科夫公式 (IV·4).....	188	2. 把测得的单位压力进行换算——屈服极限的间接确定法.....	204
3. 罗科强公式 (IV·6).....	188	3. 均匀变形抗力与变形速度及变形程度的理论关系.....	207
4. 近似计算方法.....	188	4. 热轧时沿咬着弧上屈服极限的变化.....	209
§3 考虑轧辊压扁时的压力计算.....	189	§2 温度对强度极限及屈服极限值影响的实验研究.....	209
§4 在给定的轧制条件下可能轧		§3 冷轧时的屈服极限值, 材料及变形硬化的影响.....	211
		冷轧时沿咬着弧上的屈服极限的变化.....	211
		§4 热轧及冷轧时的外摩擦系数.....	212
		1. 试验法确定轧制时的 μ	213

2. 按前滑值法确定摩擦系数	213
3. 确定 μ 的試驗工作	214
4. 試件在两錐形錘头間的鍛粗法确定 μ 值	215
第七章 金属对軋輥的压力及传动負荷力矩的实际計算方法	217
§1 热轧时的 p_{cp} 与 l/h 值的关系 曲线	217
1. 銅、黃銅及鋅的 p_{cp} 曲线	217
2. 軋制鋁及鋁合金时的 p_{cp} 曲线	218
§2 計算軋制时軋件温度降落的实际方法	220
§3 冷轧时的 p_{cp} 曲线	221
§4 传动負荷的力矩計算	225
1. 根据金属对軋輥的压力确定电动机軸上的軋制靜力矩及負荷图的繪制	227
2. 軋制力矩—金属对軋輥的扭轉力矩的确定	227
3. 合力着力点臂矩的确定	228
4. 按单位能耗曲线确定电动机的力矩	230
5. 可逆式作业軋机的电动机的最大力	

矩的确定	231
6. 带飞輪軋机的电动机的力矩的确定	231
§5 热轧及冷轧时的单位电能消耗曲线	232
参考文献	236
第八章 軋制板坯时道次金属温度变化的計算	236
§1 由于热傳导产生的温度降落	236
§2 由于金属在軋輥間的变形使軋件发热产生的温升	239
§3 由于热輻射及对流产生的温度降落	240
軋件的軋制温度	242
§4 軋制时軋件温度降落的試驗研究	242
1. 鋼試件温度降落的实验研究	242
2. 黃銅軋件温度降落的工业性研究	242
§5 計算数值与試驗測定数值的比較	243
参考文献	245

第四篇 有色金属与合金的生产

第一章 炉料熔炼的条件及炉料准备	247
§1 固体炉料的装料	247
§2 炉膛气体介质对装入的固体金属与合金的影响	247
§3 炉膛气体介质对熔融金属的影响	247
1. 銅	247
2. 鎳与銅鎳合金	249
3. 銅基合金	249
4. 鋁及其合金	249
5. 鎂	249
§4 金属与合金溶液的除气方法 加入淨化剂的方法	250
§5 炉料准备	250
§6 炉料計算	250
1. 合金 ЖС59-1 的炉料計算	251
2. 青銅 Бр.АЖМц10-3-1.5 的炉料計算	251
3. 黃銅 ЛЖМц 59-1-1 的炉料計算	252

4. 由一种合金配成另一种合金的炉料計算	252
§7 中間合金	253
第二章 熔炼炉	254
§1 反射炉	254
§2 电炉	256
1. 电弧炉	256
2. 鉄心感应电炉	256
3. 无鉄心感应电炉	260
§3 技术經濟指标	262
§4 炉底石	264
1. 炉底石石墨熔槽內衬的制造規程	265
2. 炉底石制造規程	265
3. 非层状燒結炉底石	266
4. 双层陶瓷炉底石	266
5. 炉底石的寿命	266
6. 空心槽心和鑄造槽心	266
§5 炉子鉄心	267

§ 6 炉底和炉膛	267
第三章 鑄錠生产	268
§ 1 鑄造速度	268
§ 2 錠模	269
§ 3 錠模涂料	270
§ 4 連續鑄錠法和半連續鑄錠法 ...	272
1. 連續鑄造法生产青銅 Бр.КМп 3-1 (埃維杜尔青銅)錠	275
2. 耗水量計算	276
3. 鋁及鋁合金錠生产	276
§ 5 真空吸入法澆鑄坯料	277
用活动模壁錠模生产优质青銅	

Бр.ОЛЦ 4-4-4 錠	277
§ 6 真空熔炼	278
1. 銅的真空熔炼	279
2. 錠模澆鑄法鑄錠	280
3. 鎳的真空熔炼	280
§ 7 鈦錠生产	280
1. 感应熔炼	280
2. 电弧炉熔炼	281
§ 8 鑄錠的机械加工	282
1. 摆动式銑切机	282
2. 金属原料与鑄錠的取样和化驗規程 ...	282
参考文献	285

TG3-62/5(3/2)
24917

目 录

第五篇 有色金属及其合金的板、条和带材生产

第一章 有色重金属及其合金的板、

条和带材生产 287

- §1 板、条和带材的品种 287
- §2 物理机械性能 297
- §3 轧制坯料的性能和尺寸 300
- §4 有色重金属板、条和带材的
生产流程 303
- §5 热轧前的加热 303
- §6 热轧 307
- §7 铣削 311
- §8 冷轧 312
- §9 热处理 320
- §10 酸洗 329
- §11 剪切 329
- §12 轧辊和轧制时的润滑 330

参考文献 336

第二章 铝合金板带材生产 338

- §1 制品的品种和名称 338
- §2 铸锭的性能和尺寸 340
- §3 硬铝合金铸锭热轧前的准备 342
 - 1. 铣面 343
 - 2. 包铝 343
 - 3. 均匀化退火和轧制前的加热 346
- §4 热轧工艺和设备 349
 - 1. 热轧条件 353
 - 2. 轧辊的冷却和润滑 354
- §5 冷轧工艺和设备 355
 - 1. 在可逆式带材轧机上轧制 356
 - 2. 在连续式轧机上轧制 356
 - 3. 生产优质板材的条件 357
 - 4. 轧辊的表面状态 357
 - 5. 轧辊的冷却和润滑 357
 - 6. 轧制时带材的张力 363

7. 板材轧制 363

§6 把卷材切成板材 363

§7 热处理 364

- 1. 退火 366
- 2. 淬火 372
- 3. 时效 377

§8 板材精整 380

- 1. 改善质量和提高抗蚀性的表面处理 380
- 2. 消除弯曲 381
- 3. 板材的成品剪切、检查和打印 383
- 4. 板材的涂油和包装 384

参考文献 384

第三章 铝箔生产 385

- §1 产品品种 385
- §2 轧制前的准备 385
- §3 箔材轧制 386
 - 1. 箔材厚度的调整 387
 - 2. 张力卷取机 388
 - 3. 轧辊及其冷却 388
- §4 箔材的清洗 391
- §5 箔材的双合和两分 392
- §6 箔材的退火 393
- §7 箔材的精整和辅助工序 394
 - 1. 涂漆 394
 - 2. 着色 394
 - 3. 着色印花 394
 - 4. 摄影制版印花法 395
 - 5. 裱糊(粘結在紙上) 395
 - 6. 涂敷化学耐蚀薄层 395
 - 7. 压花 395
 - 8. 打孔 395
 - 9. 用箔材制綫 395
 - 10. 箔材的剪切 395

参考文献 395

第六篇 线材生产

第一章 型材热轧原理 396

§ 1 型材轧制的特点 396

1. 基本定义 396
2. 轧件宽向变形的不均匀性 397
3. 梯形型材轧制 399
4. 轧件高向变形的不均匀性 399
5. 自然长度法则 400
6. 型材轧制时的宽展 400
7. 金属对轧辊压力的确定 401
8. 无飞轮时道次电机功率的计算 402
9. 带飞轮时道次电机功率的计算 404

§ 2 轧辊孔型设计 404

1. 孔型形状 404
2. 孔型系 404
3. 道次延伸系数为常数计算孔型系截面的方法 404
4. 道次延伸系数值不断减小
($\mu_{n-1} > \mu_n > \mu_{n+1}$) 计算孔型截面积的方法 405
5. 箱形孔型系 407
6. 方-椭-方孔型系 407
7. 菱形孔型系 418
8. 弧菱形孔型系 420
9. 方-菱-方孔型系 423
10. 圆-椭-圆孔型系 424
11. 精轧孔型系 425

参考文献 425

第二章 线材及条材坯料的轧制 427

§ 1 生产产品 427

§ 2 铸锭及坯料 428

§ 3 工艺参数 430

1. 型材轧制的温度范围 430
2. 型材轧制时的平均延伸系数 430
3. 活套及活套沟的长度计算 430
4. 绘制轧制工作時間图表的方法 430
5. 无飞轮时对于若干道次的电机功率的计算 437
6. 有飞轮时对于若干道次的电机功率

的计算 437

7. 轧制盘条、小型及中型轧件的孔型

示意图 437

§ 4 线材轧机 441

1. 在精轧机列上(椭圆轧件用手工喂入)轧制有色金属用的活套式轧机 441
2. 在精轧机列上以机械送入椭圆轧件来轧制有色金属的半连续式轧机 447
3. 连续式轧机 447
4. 轧制一拉伸联合装置 447

§ 5 轧辊 447

1. 对轧辊尺寸选择的说明 447
2. 轧辊材料 449
3. 轧辊车削规程的一些说明 449
4. 轧辊的磨损及其寿命、断辊及其原因 449

§ 6 型材轧机的辅助设备 450

1. 加热炉 450
2. 型材热轧前的加热温度及加热制度 450
3. 加热炉的推料机 451
4. 由炉子到轧机的送料辊道 453
5. 初轧机架的机械化装置 453
6. 自动圆盘 454
7. 辊式导板 454
8. 活套沟 455
9. 卷取机 456
10. 清理设备 456
11. 其他类型辅助设备 459

§ 7 技术经济指标 459

参考文献 459

第三章 拉伸过程的基本原理 460

§ 1 一次拉伸过程 460

1. 主要术语的定义 460
2. 拉伸时的变形程度指数的相互关系 462
3. 利用计算尺确定 μ 及 δ 值 462
4. 确定圆形实心型材拉伸力的公式 462

5. 各种因素对 σ_z 及 K_3 影响的試驗材料	474
6. 确定拉伸力及安全系数的試驗方法	478
7. 确定拉伸应力的經驗公式	478
§ 2 連續多次拉伸过程	478
1. 基本概念	478
2. 連續拉伸时离开絞盘的綫材端部的拉力	479
3. 金属体积不变定律	479
4. 拉伸配模計算	480
5. 滑动式連續拉綫机	483
6. 連續式无滑动拉綫机	490
7. 积蓄式无滑动拉綫机	492
8. 联合式无滑动拉綫机	494
参考文献	494
第四章 綫材拉伸	495
§ 1 生产产品	495
§ 2 拉綫机的小时生产力	506
§ 3 拉綫过程的工艺参数及典型配模	506
§ 4 拉綫设备	506
1. 一次拉綫机	506
2. 滑动式多次拉綫机	507
3. 积蓄式无滑动多次拉綫机	527

§ 5 型綫生产	527
§ 6 拉綫机的主要部件	532
1. 模座	532
2. 牵引絞盘	533
3. 牵引錐形絞盘	534
4. 收綫錐形絞盘	535
5. 收綫盘装置	537
6. 把綫收繞在圓筒內的装置	537
§ 7 拖动	538
§ 8 拉綫工具	540
1. 推荐磨制金刚石模的方法	542
2. 推荐制造金刚石細粉的工艺过程	543
3. 确定模子消耗的方法	545
§ 9 从綫材表面去除氧化皮	545
§ 10 潤滑剂成分	551
1. 用于一次拉綫机及无滑动拉綫机的潤滑剂成分	551
2. 用于滑动式拉綫机的潤滑剂成分	551
3. 潤滑剂成分的恢复	553
§ 11 輔助过程	553
§ 12 綫材生产中的廢品种类	554
§ 13 热处理用炉	554
§ 14 計算輔助用表	558
参考文献	576

第七篇 棒材和管材生产

§ 1 生产产品	577
1. 棒材	578
2. 管材	584
§ 2 原始材料	600
1. 鑄錠尺寸选择的說明	600
2. 鑄錠尺寸及其技术条件	601
§ 3 生产过程理論方面的基本参考資料	604
1. 管材和棒材生产过程的基本方案	604
2. 表示挤压、拉伸和軋制过程的指数	604
3. 挤压方法	605
4. 挤压力	606
5. 拉伸方法	610
6. 拉伸力	613

7. 冷軋管方法	617
8. 冷軋管时的軋制力	618
9. 孔型及芯头形状的計算	619
§ 4 工艺参数	625
1. 挤压前鑄錠的加热	625
2. 挤压速度	628
3. 挤压时的潤滑	628
4. 冷軋管机 (XHT) 的工作規程	629
5. 制品的酸洗	631
6. 制作夹头	631
7. 管材和棒材的拉伸配模	632
8. 拉伸机的选择	633
9. 拉伸和軋制用潤滑剂	633
10. 管材及棒材的热处理	640

11. 成品校直.....	644	4. 酸洗槽和清洗槽.....	701
12. 管材和棒材的剪切.....	644	5. 制作夹头设备.....	701
13. 管材的内压试验.....	645	6. 切管材和棒材用锯.....	702
14. 刮修和磨光.....	645	7. 辊式矫形机.....	703
15. 管材压扁试验.....	645	8. 管材水压试验水压机.....	703
16. 挤压和拉伸时的废料和废品.....	645	9. 管材和棒材的矫直设备.....	703
17. 工艺卡片.....	647	10. 清除表面缺陷的设备.....	705
§ 5 主要设备.....	652	11. 碎屑打包(团)机.....	705
1. 水力挤压机.....	652	12. 模子磨床.....	706
2. 拉伸设备.....	657	§ 8 挤压-拉伸车间的技术经济	
3. 轧管机.....	663	指标和定额.....	706
§ 6 工具.....	670	1. 成品率(近似).....	706
1. 挤压工具.....	670	2. 燃料和电能的消耗.....	706
2. 拉伸工具.....	680	3. 蒸汽的消耗.....	706
3. 冷轧管机用工具.....	684	4. 水的消耗.....	709
4. 工具材料.....	687	5. 压缩空气消耗.....	709
5. 工具热处理.....	693	6. 辅助材料消耗.....	709
6. 拉伸工具的镀铬.....	697	7. 设备负荷.....	709
§ 7 辅助设备.....	699	8. 设备生产力.....	709
1. 加工圆块的车床.....	699	9. 挤压周期延续时间.....	709
2. 加热铸锭和圆块的炉子.....	699	10. 挤压工具成本.....	716
3. 管材和棒材退火与正火用的炉子及 加热装置.....	700	11. 成品仓库面积.....	716
		参考文献.....	716

第一篇 金 属 学

A.П.斯米良金 著

子群译 刘欣校

第一章 元素的物理化学性质和机械性能

表 1—6 列出了最重要元素的物理化学性质和晶体结构 [1,6—12]。

最重要元素的物理化学性质 [6—9, 12]

表 1

元素名称	符 号	原子序	原 子 量	原子体积 厘米 ³ /克	密 度	潜 热, 卡/克		温 度, °C	
						熔 化	蒸 发	熔 化	沸 腾
氮	N	7	14.008	—	$1.2505 \cdot 10^{-3}$ (气)	6.09	47.8	-210	-196
铝	Al	13	26.98	9.99	2.7	93	2227	660.1	2480
氩	Ar	18	39.944	—	$1.784 \cdot 10^{-3}$ (气)	6.71	37.6	-189.4	-185.8
钡	Ba	56	137.36	39.25	3.75	—	628.3	710	(1700)
铍	Be	4	9.013	4.87	1.85	345.5	4520	1284	1970
硼	B	5	10.82	4.70	3.3 (晶体)	—	—	2150	2550
钒	V	23	50.95	9.1	6.10	—	—	1900	3350
铋	Bi	83	209	21.33	9.8	14.10	188	271	1540
氢	H	1	1.0080	—	$0.0835 \cdot 10^{-3}$ (气)	14	108	-259.2	-252.5
钨	W	74	183.92	9.53	19.3	44	1179	3380	(6000)
氦	He	2	4.003	—	$0.1785 \cdot 10^{-3}$ (气)	—	6	-271.2	—
铁	Fe	26	55.85	7.10	7.87	65	1595	1534	3070
金	Au	79	197.2	10.22	19.30	16.11	445.7	1063	(2950)
铟	In	49	114.76	15.70	7.31	6.8	483	156.4	(1730)
铱	Ir	77	193.1	8.6	22.5	—	—	2450	(5300)
镉	Cd	48	112.41	12.99	8.64	13.17	216	320.8	765
钾	K	19	39.100	45.5	0.86	14.5	592	63.6	775
钙	Ca	20	40.08	25.86	1.54	—	868	850	1482
氧	O	8	16.00	—	$1.426 \cdot 10^{-3}$ (气)	3.32	51.0	-219	-183
					1.426 (液)				
钴	Co	27	58.94	6.6	8.92	58.38	1240	1495	3550
硅	Si	14	28.09	11.7	2.32	337	1262	1412	2610
锂	Li	3	6.94	13.10	0.534	32.81	2540	180	1370
镁	Mg	12	24.32	14	1.74	70	1315	651	1108
锰	Mn	25	54.93	7.4	7.44	64.8	910	1243	2100
铜	Cu	29	63.54	7.11	8.9	50.6	858	1083	2600
钼	Mo	42	95.95	9.4	10.2	50	1600	2625	(4800)
砷	As	33	74.91	13.07	5.73	—	56	817 (36大气压)	616
钠	Na	11	22.997	23.7	0.97	27.53	1015	97.8	883
氖	Ne	10	20.183	—	$0.9 \cdot 10^{-3}$ (气)	2.6	20.6	-249	-246
镍	Ni	28	58.69	6.64	8.9	73.8	1040	1453	(3000)
铌	Nb	41	92.91	10.8	8.57	—	171.2	2468	(3300)
锡	Sn	50	118.7	16.23	7.3	14.4	721	231.9	(2200)

續表 1

元素名称	符 号	原子序	原 子 量	原子体积 厘米 ³ /克	密 度	潜 热, 卡/克		温 度, °C	
						熔 化	蒸 发	熔 化	沸 騰
鐵	Os	76	190.2	8.45	22.5	35	—	(2700)	(5500)
鈀	Pd	46	106.7	8.9	12.02	34.2	—	1552	(3900)
鉑	Pt	78	195.23	9.1	21.45	27.10	635	1769	(4500)
鐳	Ra	88	226.05	45.2	5	—	—	960	1140
銩	Rh	45	102.91	8.23	12.44	—	—	1966	(4500)
汞	Hg	80	200.61	14.8	13.55	2.66	70.8	-38.89	357
銣	Rb	37	85.48	55.87	1.53	6.10	210.7	38.8	680
鈳	Ru	44	101.7	8.33	12.2	—	—	2500	~4900
鉛	Pb	82	207.21	18.3	11.34	6.26	201	327.4	1740
硒	Se	34	78.96	16.4	4.82	16.4	211.5	217	685
硫	S	16	32.06	15.46	2.07 (斜方)	9.3	362	119	444.5
銀	Ag	47	107.88	10.27	10.49	24.3	397	960.5	2210
銨	Sr	38	87.63	33.7	2.6	25	401	770	1360
銻	Sb	51	121.76	18.39	6.68	40.30	359	630.5	1640
鉈	Tl	81	204.39	17.24	11.85	7.18	190	303	1460
鉭	Ta	73	180.88	10.9	16.6	—	123	3000	(5300)
碲	Te	52	127.61	20.45	6.24	7.3	300	450	(1390)
鈦	Ti	22	47.9	10.6	4.51	—	1425	1668	(3500)
釷	Th	90	232.12	20.2	11.7	—	—	(1750)	(4000)
碳	C	6	12.01	5.41	2.25 (石墨)	—	3837	(5000)	(5000)
鈾	U	92	238.07	12.73	19.05	—	—	1133	3820
磷	P	15	30.975	17	1.82 (黃磷)	5.04	287	44.1	280
鉻	Cr	24	52.01	7.29	7.14	31.75	1095	1875	2430
銻	Cs	55	132.91	69.25	1.87	3.76	128	29.7	700
鈰	Ce	58	140.13	20.3	6.77	—	—	804	3600
鋅	Zn	30	65.38	9.16	7.14	28.09	425	419.5	907
鋯	Zr	40	91.22	14.3	6.49	—	—	1852	(3600)

注: (气) — 气态, (液) — 液态。

最重要元素的物理化学性质 [6—9, 12]

表 2

元素名称	符 号	比 热, 卡/克·度			液态时的密度		固态时的线膨胀 系 数, $\alpha \cdot 10^6$	液态时的热膨胀	
		20°C时	液 态	气 态	密 度 克/厘米 ³	温度, °C		热 膨 胀 $\alpha \cdot 10^6$	温度, °C
氮	N	0.2470	—	—	0.808	-195.8	—	6000	-195
鋁	Al	0.215	0.308	0.1852	2.38	658	24	113	658—1000
氩	Ar	0.1252	—	—	1.402	-185.4	—	4500	-183
铍	Be	0.52	—	—	—	—	12.3	—	—
溴	Br	0.0703	—	—	3.119	20	—	1100	0—30
铋	Bi	0.034	0.0363	—	10.1	271	13.45	122	271—630
氢	H	3.45	—	—	0.0709	-252.7	—	13000	-255
钨	W	0.032	—	—	—	—	4	—	—
铁	Fe	0.11	0.22	—	6.9	1530	11.9	—	—
金	Au	0.0308	0.04	—	17	1063	14.4	—	—
碘	I	0.0523	—	—	4	107	93	800	107—150
镉	Cd	0.0547	0.062	0.0446	8	321	29.8	150	321—540