

Sumário

1. Histórico da metalurgia	11
Idade da Pedra	11
Idade do Ouro	11
Idade do Bronze	12
Idade do Ferro	13
A metalurgia no Brasil	13
2. Cadeia produtiva da metalurgia	15
Fundamentos teóricos	15
3. Metais ferrosos e não ferrosos	19
Classificação dos elementos químicos	20
Classificação dos materiais	20
Propriedades: fundamentos teóricos	26
As propriedades e os produtos	27
Estrutura dos metais	36
Ligações metálicas	38
Mineralogia: conceitos e divisões	39
Rochas	43
Cristalografia	48
Mineralogia física	50
Máquinas de fragmentação	56
Peneiras e grelhas	73
Beneficiamento de minerais	77
Classificação comercial dos minérios	79
Tratamento de minérios	80
Método de concentração dos finos	91
Metalurgia extrativa: fundamentos teóricos	95
Fundente	98
Aço	99
Aços-liga	102
Aços inoxidáveis	104
Aços ferramentas	108
O ferro fundido	110

4. Processos de obtenção	113
Siderurgia	113
Principais metais não ferrosos e suas ligas	143
Alumínio e suas ligas	144
Cobre e suas ligas	154
Níquel e suas ligas	161
Magnésio e suas ligas	166
Chumbo e suas ligas	168
Titânio e suas ligas	169
Zinco e suas ligas	171
Estanho e suas ligas	172
Metais preciosos: ouro e prata	174
5. Solidificação	176
Metais puros	176
Ligas metálicas	179
Solução sólida ou cristal misto	181
Mistura de cristais	184
Combinações intermetálicas	186
Considerações gerais	196
6. Estrutura dos metais	197
Átomo: introdução histórica	197
Ligações atômicas	201
Os tipos de ligações nos materiais metálicos	203
Tipos de cristais: metálicos, iônicos e covalentes	205
Parâmetros de rede e ângulos dos sete sistemas de Bravais	206
Estrutura cristalina dos principais metais puros	207
Alotropia e polimorfismo	207
Célula unitária	208
Direções e planos cristalográficos	213
7. Defeitos puntiformes	222
Defeitos puntiformes e soluções sólidas	222
Soluções sólidas ordenadas	229
Solubilidade de elementos químicos em ligas ferrosas	229
8. Difusão no estado sólido	231
Mecanismos de difusão	231
Locais preferenciais para a difusão	233
Experiência de A. D. Smigelkas e E. O. Kirkendall (EUA, 1947), conhecida como “Efeito Kirkendall”	234

O coeficiente de difusão (D)	235
L. Darken (1948)	237
As equações de difusão (Leis de Adolf Fick – 1855)	237
9. Defeitos cristalinos lineares	239
Introdução histórica ao conceito de discordância	239
Tensão de deformação de um cristal perfeito	240
Tensão de deformação de um cristal real	240
Descrição de discordâncias	243
10. Defeitos cristalinos planares	255
Defeitos planares (bidimensionais) em materiais cristalinos	255
11. Mecanismos de deformação plástica	273
Mecanismos de deformação plástica de material cristalino	273
12. Mecanismos de endurecimento dos metais e ligas	277
Endurecimento por deformação ou encruamento (<i>strain-hardening</i> ou <i>work-hardening</i>)	277
Endurecimento por refino de grão	278
Endurecimento por solução sólida (<i>solid-solution hardening</i>)	279
Endurecimento por precipitação	279
13. Mecanismos de restauração microestrutural	281
Resumo	281
Introdução	282
O estado encruado	283
Recozimento	284
Competição entre recristalização e recuperação	284
Crescimento de grão	288
Leis da recristalização	288
Termodinâmica	289
14. Diagramas de equilíbrio binários	301
Introdução	301
Definições	301
Construção de diagramas de equilíbrio binários	303
Tipos de diagramas de equilíbrio binários	304
Regra das alavancas	310
Diagrama de equilíbrio ferro-carbono	314
Efeito da velocidade de resfriamento	318
Ferros fundidos	319

15. Tratamentos térmicos	322
Introdução	322
Fatores que influenciam nos tratamentos térmicos	323
Diagrama Fe-C	324
Curva T.T.T.	326
Meios de resfriamento	327
Recozimento	328
Normalização	330
Têmpera dos aços	331
Revenimento dos aços	333
Tratamento térmico de aços ligados	334
Têmpera superficial	336
Resumo dos ciclos de tratamentos térmicos	337
Glossário	338
Referências	341