

Inhaltsverzeichnis

A. Allgemeiner Teil

I. Begriffsbestimmung und Wirkungsweise der Ferrolegierungen und der reinen Stahlveredlungsmetalle (E. SCHWARZ v. BERGKAMPF)	1
1. Allgemeines und Begriffsbestimmung	1
2. Das Legieren von Eisen mit Ferrolegierungen und reinen Stahlveredlungsmetallen	3
3. Das Entfernen von Verunreinigungen aus flüssigem Eisen mit Ferrolegierungen und Aluminium	8
4. Das Impfen von flüssigem Eisen durch Kristallkeime aus Ferrolegierungen	8
5. Die Anwendung von Stahlveredlungsmetallen bei der Herstellung besonders hochhitzebeständiger Materialien	9
Literatur	10
II. Geschichtliche Entwicklung (G. VOLKERT)	10
Literatur	10
III. Die Ausgangsstoffe (G. VOLKERT)	13
Literatur	17
IV. Physikalisch-chemische Grundlagen der Herstellungsverfahren für Ferrolegierungen und reine Stahlveredlungsmetalle (E. SCHWARZ v. BERGKAMPF, K.-D. FRANK)	17
1. Die carbothermischen und metallothermischen Reaktionen	17
2. Carbothermische Reduktionsverfahren	28
3. Raffinationsverfahren	30
4. Metallothermische Verfahren	30
5. Herstellen von komplexen Legierungen durch Umschmelzen	31
6. Die elektrolytische Herstellung der reinen Metalle	32
Literatur	35
V. Die metallurgischen Arbeitsweisen	36
1. Das Verhütten im Hochofen (J. WILLEMS, G. ZIEGER)	36
Literatur	39
2. Das elektrothermische Verhütten mit Kohle als Reduktionsmittel (G. VOLKERT)	39
a) Das kontinuierliche Schmelzen	39
b) Das diskontinuierliche Schmelzen	50
c) Das Blockschmelzverfahren	52
Literatur	55
3. Das elektrosilicothermische Verhütten (G. VOLKERT)	55
Technische Durchführung	57
Literatur	59
4. Das metallothermische Verhütten ohne Zufuhr elektrischer Energie (W. DAUTZENBERG)	59
Literatur	75
5. Die elektrolytische Herstellung der reinen Metalle (E. SCHWARZ v. BERGKAMPF)	76
Literatur	81

VI. Die Öfen	81
1. Modellbetrachtung des Lichtbogenofens (E. SCHWARZ v. BERGKAMPF)	81
a) Allgemeines	81
b) Belastung elektrischer Leiter	82
c) Modell des Lichtbogenofens	83
Literatur	90
2. Die elektrische Seite der Ferrolegierungsöfen (A. DRILLER)	91
a) Grundlagen	91
b) Der Ofentransformator	94
c) Die elektrischen Verhältnisse im Stromkreis des Ofens	115
d) Die Führung der Hochstromleitung	126
e) Die „tote“ und „wilde“ Phase	136
f) Die Regelung der Elektroden	139
g) Die Hochspannungsschaltanlage	154
Literatur	156
3. Mechanischer Aufbau der Ferrolegierungsöfen (F.-W. MORR)	157
a) Allgemeines	157
b) Elektroniederschachtöfen	158
α) Einphasenöfen	158
β) Drehstromöfen	162
c) Elektroherdöfen	195
d) Blocköfen	198
e) Sonderkonstruktionen	201
f) Allgemeine Gesichtspunkte für die Planung und den Betrieb von Ferrolegierungsanlagen	203
Literatur	211
4. Feuerfeste Baustoffe (K.-D. FRANK)	211
Literatur	227
5. Abgase und Staubauswurf in Ferrolegierungsbetrieben (O. RENTZ)	228
a) Allgemeines	228
b) Chemische Zusammensetzung der Stäube	229
c) Korngröße des Staubes im Abgas	229
d) Staubgehalt der Abgase	231
e) Staubabscheideverfahren	231
f) Emissionsbegrenzung	237
Literatur	238
VII. Die Elektroden	238
1. Kohle- und Graphitelektroden (F. JEITNER)	238
Die Herstellung von Kohle- und Graphitelektroden	239
a) Rohmaterialien	239
b) Herstellungsgang	241
Die Verwendung der Kohle- und Graphitelektroden	244
a) Kohleelektroden	244
b) Graphitelektroden	253
Literatur	258
2. Söderberg-Elektroden (W. FREIGANG)	258
Literatur	273

B. Spezieller Teil

I. Ferroaluminium und Aluminiummetall (W. DAUTZENBERG)	274
1. Geschichtlicher Rückblick	274
2. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Aluminium	275
3. Rohstoffe	278
4. Die Gewinnung von Aluminium	281
a) Die Gewinnung von reiner Tonerde	281
b) Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse	282

c) Die Raffination von Hüttenaluminium in der Dreischichtenelektrolyse . .	284
d) Die Aufarbeitung von Aluminiumabfällen	285
5. Verwendung und Wirtschaftliches	288
a) Bei der Stahlherstellung	288
b) Bei der Gußeisenherstellung	289
c) Die Entwicklung des Verbrauchs von Aluminium	289
d) Die Entwicklung des Preises von Aluminium	291
Literatur	291
II. Ferrochrom und Chrommetall (G. VOLKERT, W. DAUTZENBERG, J. WILLEMS, G. ZIEGER, O. ETTERICH)	292
1. Geschichtlicher Rückblick	292
2. Ferrochromlegierungen und Chrommetall und deren chemische und physika- lische Eigenschaften	294
3. Rohstoffe	297
a) Die Chromerze	297
b) Die anderen Rohstoffe	301
4. Erschmelzung von Ferrochromlegierungen	303
a) Allgemeines	303
b) Erschmelzung von Ferrochromlegierungen im Hochofen und Heißwind- kupolofen	308
c) Die Erschmelzung von Ferrochrom-carburé	312
d) Die Erschmelzung von Ferrochrom-affiné	327
e) Die elektrosilicothermische Erzeugung von Ferrochrom-suraffiné	341
f) Die Herstellung von Ferrochrom-suraffiné im Vakuum. Simplex-Ferrochrom	349
g) Metallothermische Erschmelzung von Chromlegierungen	350
5. Verwendung und Wirtschaftliches	359
a) Allgemeines	359
b) Bei der Stahlherstellung	359
c) Bei der Gußeisenherstellung	362
d) Die Entwicklung des Verbrauchs und der Preise für Ferrochromlegierungen	363
Literatur	364
III. Ferrokobalt und Kobaltmetall (H. LEHMANN†)	366
1. Geschichtlicher Überblick	366
2. Ferrokobaltlegierungen und deren chemische und physikalische Daten . .	366
3. Rohstoffe	370
4. Die Erzeugung von Ferrokobalt und Kobaltmetall	373
a) Allgemeines	373
b) Die metallurgischen Anreicherungsverfahren	375
c) Die Erschmelzung von Ferrokobalt und Kobaltmetall	383
d) Die Gewinnung von Kobalt nach dem Carbonylverfahren	386
e) Die elektrolytische Herstellung von Kobaltmetall	387
5. Verwendung und Wirtschaftliches	390
a) Allgemeines	390
b) Kobalt bei der Stahlherstellung	390
c) In Kobaltbasislegierungen	391
d) Kobalt in Hartmetallen	391
e) Kobalt bei der Gußeisenherstellung	392
f) Entwicklung des Preises	392
Literatur	392
IV. Ferromangan und Manganmetall (G. VOLKERT, C. BACALU, W. DAUTZENBERG, K.-D. FRANK, J. WILLEMS, G. ZIEGER)	393
1. Geschichtlicher Rückblick	393
2. Ferromanganlegierungen und deren chemische und physikalische Daten . .	396
3. Rohstoffe	399
a) Reduktionsmittel	399
b) Manganerze	400
c) Andere Rohstoffe	407

4. Erschmelzung von Ferromanganlegierungen	407
a) Allgemeines	407
b) Erschmelzung von Ferromangan-carburé im Hochofen	412
c) Erschmelzung von Ferromangan-carburé im Elektroniederschachtofen	419
d) Erschmelzung von Silicomangan im Elektrofen	427
e) Silicothermisches Erschmelzen von Ferromangan-affiné und -suraffiné	430
f) Metallothermisches Erschmelzen von Manganmetall	441
g) Elektrolytisches Herstellen von Manganmetall	451
h) Aufsticken von Manganmetall und Ferromangan	455
5. Verwendung und Wirtschaftliches	456
a) Bei der Stahlherstellung	456
b) Bei der Gußeisenherstellung	457
c) Bei der Herstellung von Preßmantelschweißelektroden	457
d) In der Leichtmetallindustrie	457
e) In der chemischen Industrie	461
f) Die Entwicklung des Preises und des Verbrauchs von Ferromanganlegierungen	461
Literatur	462
V. Ferromolybdän (G. VOLKERT)	463
1. Geschichtlicher Rückblick	463
2. Ferromolybdänlegierungen und deren chemische und physikalische Daten	464
3. Rohstoffe	466
4. Die Erschmelzung von Ferromolybdän	470
a) Allgemeines	470
b) Das Rösten von Molybdänglanz	471
c) Die carbothermische Erschmelzung von Ferromolybdän im Elektrofen	474
d) Die metallothermische Erschmelzung von Ferromolybdän	477
5. Verwendung und Wirtschaftliches	481
a) Bei der Stahlherstellung	481
b) Bei der Gußeisenherstellung	481
c) Entwicklung des Verbrauchs und der Preise für Ferromolybdänlegierungen	481
Literatur	482
VI. Ferronickel und Nickel (P. E. QUENEAU, H.-J. ROORDA)	483
1. Geschichtlicher Rückblick	483
2. Ferronickellegierungen und deren chemische und physikalische Daten	484
3. Rohstoffe	487
4. Die Gewinnung von Ferronickel und Nickel	492
a) Die Aufarbeitung von sulfidischen nickelhaltigen Erzen	492
b) Die Gewinnung von Nickelmetall	497
c) Die Aufarbeitung von oxidischen, nickelhaltigen Erzen auf naßmetallurgischem Wege zu Nickelmetall	504
d) Die Aufarbeitung oxidischer nickelhaltiger Erze auf pyrometallurgischem Wege zu Ferronickel und Nickelmetall	506
5. Verwendung und Wirtschaftliches	509
a) Allgemeine Verwendungstendenzen	509
b) Bei der Stahlherstellung	509
c) Bei der Gußeisenherstellung	511
d) Bei der Herstellung von eisenarmen und eisenfreien Nickellegierungen	511
e) Die Entwicklung des Nickelpreises	511
Literatur	512
VII. Ferrophosphor (G. BREIL)	513
1. Geschichtlicher Rückblick	513
2. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Ferrophosphorlegierungen	514
3. Die Rohstoffe	517
4. Die Erzeugung von Phosphor und Ferrophosphor	518
a) Allgemeines	518

b) Die Gewinnung von Phosphor und Ferrophosphor im Elektroniederschacht- ofen	519
c) Die Erzeugung im Hochofen	525
5. Verwendung und Wirtschaftliches	526
a) Allgemeines	526
b) Verwendung von Ferrophosphor bei der Eisen- und Stahlherstellung	527
c) Andere Anwendungsgebiete für Ferrophosphor	527
d) Die Aufarbeitung von Ferrophosphor auf Vanadin und Chrom	527
Literatur	528
VIII. Ferrosilicium (K. A. FELDMANN, K.-D. FRANK)	529
1. Geschichtlicher Rückblick	529
2. Die Ferrosiliciumlegierungen und deren chemische und physikalische Daten	530
3. Rohstoffe	537
a) Reduktionsmittel	537
b) Silicium- und eisenhaltige Rohstoffe	540
c) Andere Rohstoffe	543
4. Das Erschmelzen von Ferrosiliciumlegierungen	544
a) Allgemeines	544
b) Erschmelzen von Ferrosiliciumlegierungen im Hochofen	550
c) Erschmelzen von Ferrosiliciumlegierungen im Elektroniederschacht- ofen	552
d) Die Raffination von Ferrosiliciumlegierungen	560
e) Lagerung und Transport	562
5. Verwendung und Wirtschaftliches	563
a) Bei der Stahlherstellung	563
b) Bei der Gußeisenherstellung	565
c) Als Siliciumguß	565
d) In den Schwimm-Sink-Verfahren der Erzaufbereitung	565
e) Bei der Herstellung von Preßmantelschweißelektroden	565
f) In der Leichtmetallindustrie und Elektrotechnik	566
g) In der chemischen Industrie	566
h) Entwicklung des Verbrauchs von Ferrosiliciumlegierungen	566
i) Entwicklung der Verkaufspreise von Ferrosilicium	567
Literatur	567
IX. Calcium-Silicium (H. WALTER)	570
1. Geschichtlicher Rückblick	570
2. Die Calcium-Silicium-Legierungen und ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften	570
3. Die Rohstoffe	573
4. Herstellung der Calcium-Silicium-Legierungen	575
a) Allgemeines	575
b) Die Herstellung von binären Calcium-Silicium-Legierungen	576
c) Herstellung der Mehrstofflegierungen	579
d) Die Herstellung von Calciummetall	579
5. Verwendung und Wirtschaftliches	579
a) Bei der Stahlherstellung	579
b) Bei der Gußeisenherstellung	580
c) Entwicklung des Verbrauchs von Calcium-Silicium-Legierungen	580
d) Entwicklung des Preises von Calcium-Silicium	581
Literatur	581
X. Ferrotantal und Ferroniob (W. DAUTZENBERG)	582
1. Geschichtlicher Rückblick	582
2. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Ferrotantal- und Ferro- nioblegerungen	582
3. Die Rohstoffe	588
4. Die Erschmelzung der Ferrotantal- und Ferronioblegerungen	589
a) Die Aufarbeitung der Rohstoffe	589
b) Allgemeines	590

c) Das metallothermische Erschmelzen der Ferrotantal- und Ferronioblegierungen	592
5. Verwendung und Wirtschaftliches	594
a) Bei der Stahlherstellung	594
b) Bei der Gußeisenherstellung	595
c) Entwicklung der Preise und des Verbrauchs	595
Literatur	595
XI. Ferrotitan (W. DAUTZENBERG, G. VOLKERT)	596
1. Geschichtlicher Rückblick	596
2. Die chemischen und physikalischen Daten von Ferrotitanlegierungen	596
3. Die Rohstoffe	601
a) Die natürlichen Erze	601
b) Die titanoxidhaltigen Schlacken als künstliche Erze	601
c) Die Produktion von titanhaltigen Erzen und Schlacken	604
4. Die Erschmelzung der Titanlegierungen	604
a) Allgemeines	604
b) Die carbothermische Erschmelzung von Ferrotitanlegierungen	605
c) Die aluminothermische Erschmelzung von Titan-Aluminium-Legierungen	606
d) Die aluminothermische Erschmelzung von Ferrotitanlegierungen	609
e) Die Herstellung von Ferrotitan durch Umschmelzen	616
5. Verwendung und Wirtschaftliches	616
a) Bei der Stahlherstellung	616
b) Bei der Gußeisenherstellung	617
c) Bei der Metallherstellung	617
d) Die Entwicklung des Verbrauchs und der Preise	617
Literatur	617
XII. Ferrovandin und Vanadinmetall (O. SMETANA)	618
1. Geschichtlicher Rückblick	618
2. Ferrovandinlegierungen und deren chemische und physikalische Daten	619
3. Die Rohstoffe	622
a) Die Vanadinerze	622
b) Vanadin als Begleitelement in anderen Erzen und Rohstoffen	624
c) Entwicklung der Förderung von Vanadinerzen	624
4. Erschmelzung von Ferrovandin und Vanadinmetall	624
a) Die Aufarbeitung der Rohstoffe	624
Anreicherung aus eisenreichen Rohstoffen mit geringem Vanadiningehalt	624
b) Die theoretischen Grundlagen der Gewinnungsverfahren	638
c) Die carbothermische Erschmelzung von Ferrovandin	640
d) Die silicothermische Erschmelzung von Ferrovandin	640
e) Die aluminothermische Erschmelzung von Ferrovandin	643
f) Die pyrometallurgische Erschmelzung von Ferrovandin aus Vanadinschlacken	647
g) Die Herstellung von Vanadinmetall	647
5. Verwendung und Wirtschaftliches	648
a) Bei der Stahlherstellung	648
b) Bei der Gußeisenherstellung	649
c) Andere Anwendungsgebiete für Vanadinlegierungen	649
d) Die Entwicklung des Verbrauchs	649
e) Die Entwicklung der Preise	649
Literatur	650
XIII. Ferrowolfram (G. VOLKERT, W. DAUTZENBERG)	652
1. Geschichtlicher Rückblick	652
2. Ferrowolframlegierungen und deren chemische und physikalische Daten	653
3. Die Rohstoffe	655
4. Die Erschmelzung der Ferrowolframlegierungen	658
a) Allgemeines	658
b) Die carbothermische Erschmelzung von Ferrowolfram	659
c) Die metallothermische Erschmelzung von Ferrowolfram	668

5. Verwendung und Wirtschaftliches	671
a) Allgemeines	671
b) Bei der Stahlherstellung	671
Literatur	673
XIV. Ferrosilicozirkon (G. VOLKERT)	673
1. Geschichtlicher Rückblick	673
2. Die chemischen und physikalischen Daten der Ferrosilicozirkonlegierungen .	674
3. Die Rohstoffe	677
4. Die Erschmelzung der Ferrosilicozirkonlegierungen	679
a) Allgemeines	679
b) Die Herstellung der zirkonhaltigen Legierungen	680
5. Verwendung und Wirtschaftliches	682
a) Bei der Stahlherstellung	682
b) Bei der Gußeisenherstellung	682
c) Preisentwicklung und Verbrauchsentwicklung	682
Literatur	683
XV. Ferroborlegierungen (K.-D. FRANK)	683
1. Geschichtlicher Rückblick	683
2. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Ferroborlegierungen	683
3. Die Rohstoffe	687
4. Die Erschmelzung von Ferroborlegierungen	687
a) Allgemeines	687
b) Die carbothermische Herstellung	689
c) Die metallothermischen Verfahren	689
5. Verwendung und Wirtschaftliches	690
a) Bei der Stahlherstellung	690
b) Bei der Gußeisenherstellung	690
c) Preisentwicklung und Verbrauchsentwicklung	691
Literatur	691
Ausblick	692
Anhang	694
Sachverzeichnis	696