

Inhalt

Vorwort

HANS BERNS	1
------------------	---

Autorenverzeichnis	3
---------------------------------	----------

Einleitung

HANS BERNS	5
1 Definition und Charakterisierung	5
2 Bedeutung und Umfeld	6
3 Ziel und Weg	6
4 Werkstoffbezeichnung	7

Teil A: Gefüge	11
-----------------------------	-----------

A.1 Entstehung des Gefüges bei der Fertigung

HANS BERNS	13
A.1.1 Fertigungsstufen	13
A.1.2 Fertigung und Gefüge von Hartlegierungen	16
A.1.3 Fertigung und Gefüge von Hartverbundwerkstoffen	19
A.1.4 Auswirkung der Fertigung	22

A.2 Gefügebestandteile und -arten

WERNER THEISEN	27
A.2.1 Hartphasen	27
A.2.2 Metallmatrizes	33
A.2.2.1 Fe-Basis Metallmatrizes	33
A.2.2.2 Ni-Basis Metallmatrizes	36
A.2.2.3 Co-Basis Metallmatrizes	38
A.2.3 Hartlegierungen	39
A.2.3.1 Schmelzmetallurgische Hartlegierungen	39
A.2.3.2 Pulvermetallurgische Hartlegierungen (PM-Hartlegierungen)	48
A.2.4 Hartverbundwerkstoffe	49

A.3 Eigenschaften der Gefügebestandteile

JÖRG KLEFF, SINESIO FRANKO, MARTIN LÜHRIG	53
A.3.1 Prüfverfahren und Kennwerte	53
A.3.1.1 Mikroindentation	54
A.3.1.2 Mikroritzen	55
A.3.2 Eigenschaften bei Raumtemperatur	56
A.3.2.1 Metallmatrix	57
A.3.2.2 Hartphasen	59
A.3.3 Eigenschaften bei erhöhter Temperatur	63
A.3.3.1 Metallmatrix	63
A.3.3.2 Hartphasen	66
A.3.4 Folgerungen für die Anwendung	68
A.3.4.1 Wechselwirkung von Hartlegierungen und abrasiven Teilchen	68
A.3.4.2 Wechselwirkung zwischen Metallmatrix und Hartphasen	69

A.4 Mikroeigenstressungen im Gefüge

ANKE PYZALLA	73
A.4.1 Klassifizierung und Entstehung von Eigenstressungen	73
A.4.1.1 Definition und Klassifizierung der Eigenstressungen	73
A.4.1.2 Entstehung von Eigenstressungen	74
A.4.2 Verfahren zur Mikroeigenstressungsanalyse	75
A.4.2.1 Berechnungsverfahren	75
A.4.2.2 Experimentelle Verfahren	76
A.4.3 Einfluß des Gefüges auf die thermischen Mikroeigenstressungen ..	77
A.4.3.1 Modellwerkstoffe	77
A.4.3.2 Prinzipieller Verlauf der Mikroeigenstressungen	78
A.4.3.3 Einfluß der Hartphasenform	80
A.4.3.4 Einfluß der Hartphasengröße und des Hartphasengehaltes ...	81
A.4.3.5 Einfluß der physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Gefügebestandteile	82
A.4.3.6 Einfluß chemischer Interaktionen	82
A.4.3.7 Mikroeigenstressungen und Versetzungen	83
A.4.4 Auswirkungen einer Phasenumwandlung	84
A.4.5 Zusammenfassung und Folgerungen	85

Teil B: Eigenschaften

B.1 Verschleißwiderstand

B.1.1 Verschleiß bei Raumtemperatur

HANS BERNS	91
B.1.1.1 Furchungverschleiß	91
B.1.1.2 Korngleitverschleiß	100
B.1.1.3 Andere Verschleißarten	105

B.1.1.4 Werkstoff und Herstellung	105
B.1.2 Verschleiß bei erhöhter Temperatur	
ALFONS FISCHER	108
B.1.2.1 Einzelfurchung	109
B.1.2.2 Korngleitverschleiß	114
B.1.2.3 Andere Verschleißarten	120
B.1.2.4 Werkstoff und Herstellung	121
B.2 Mechanische Eigenschaften	
CHRISTOPH BROECKMANN	125
B.2.1 Elastische Verformung	126
B.2.2 Plastische Verformung	130
B.2.2.1 Plastische Verformung bei Raumtemperatur	130
B.2.2.2 Plastische Verformung bei erhöhter Temperatur	132
B.2.3 Bruch durch einsinnige Beanspruchung	134
B.2.3.1 Einfluß der Hartphasen	138
B.2.3.2 Einfluß der Grundmasse	141
B.2.3.3 Wechselwirkung von Hartphasen und Matrix	143
B.2.4 Bruch durch schwingende Beanspruchung	146
B.2.4.1 Einfluß der Hartphasen	149
B.2.4.2 Einfluß der Matrix	153
B.3 Chemische Eigenschaften	
SABINE SIEBERT	155
B.3.1 Verhalten bei Naßkorrosion	157
B.3.1.1 Naßkorrosion der Metallmatrix	157
B.3.1.2 Naßkorrosion von Hartphase und Metallmatrix	159
B.3.1.3 Kombinerter Verschleiß- und Korrosionsangriff	167
B.3.1.4 Folgerungen	169
B.3.2 Verhalten bei Hochtemperaturkorrosion	170
B.3.2.1 Oxidation der Metallmatrix	170
B.3.2.2 Oxidation von Hartphase und Metallmatrix	172
B.3.2.3 Folgerungen	175
B.4 Physikalische Eigenschaften	
IRINA HUCKLENBROICH	177
B.4.1 Dichte	177
B.4.1.1 Einfluß der Gefügebestandteile	178
B.4.1.2 Dichte von Hartlegierungen	180
B.4.2 Wärmeausdehnung	181
B.4.2.1 Einfluß der Gefügebestandteile	181
B.4.2.2 Wärmeausdehnung von Hartlegierungen	182
B.4.3 Spezifische Wärme	183
B.4.4 Wärmeleitfähigkeit	184

Teil C: Bearbeitung	187
----------------------------------	-----

C.1 Allgemeine Gesichtspunkte

WERNER THEISEN	189
----------------------	-----

C.2 Drehen

KLAUS SEGTRUP	193
---------------------	-----

C.2.1 Versuchsdurchführung	193
----------------------------------	-----

C.2.1.1 Drehversuche	193
----------------------------	-----

C.2.1.2 Werkstückuntersuchung	194
-------------------------------------	-----

C.2.2 Schneidstoff	195
--------------------------	-----

C.2.2.1 Auswahl	195
-----------------------	-----

C.2.2.2 Verschleiß	196
--------------------------	-----

C.2.3 Spanabnahme	203
-------------------------	-----

C.2.3.1 Spanbildung	203
---------------------------	-----

C.2.3.2 Spanformen	207
--------------------------	-----

C.2.4 Oberflächenentstehung	209
-----------------------------------	-----

C.2.4.1 Werkstoffreaktion	210
---------------------------------	-----

C.2.4.2 Randzonenbeeinflussung	210
--------------------------------------	-----

C.2.5 Zerspanpendel	215
---------------------------	-----

C.2.6 Bearbeitungshinweise	218
----------------------------------	-----

C.3 Schleifen

WERNER THEISEN	221
----------------------	-----

C.3.1 Abtragmechanismus	222
-------------------------------	-----

C.3.2 Randzonenbeeinflussung (Surface Integrity)	226
--	-----

C.3.2.1 Metallmatrix	226
----------------------------	-----

C.3.2.2 Hartphasen	228
--------------------------	-----

C.3.3 Wasser-Abrasiv-Strahlschneiden	232
--	-----

C.3.3.1 Schneidversuche	232
-------------------------------	-----

C.3.3.2 Abtragmechanismus	233
---------------------------------	-----

C.3.3.3 Phänomenologische Untersuchung des Einzeleinschlags	234
--	-----

C.4 Abtragen

IRINA HUCKLENBROICH	239
---------------------------	-----

C.4.1 Thermisches Abtragen	239
----------------------------------	-----

C.4.1.1 Abtragmechanismen	240
---------------------------------	-----

C.4.1.2 Surface Integrity	243
---------------------------------	-----

C.4.2 Elektrochemisches Abtragen	251
--	-----

C.4.2.1 Abtragmechanismus	251
---------------------------------	-----

C.4.2.2 Surface Integrity	253
---------------------------------	-----

C.4.3 Folgerungen	254
-------------------------	-----

D.1 Verschleißbeständige Gußeisen

HANS BERNS 259

D.1.1 Hartphasen 259

 D.1.1.1 Art 259

 D.1.1.2 Morphologie 260

D.1.2 Metallmatrix 260

 D.1.2.1 Umwandlung in der Form 261

 D.1.2.2 Härten 262

 D.1.2.3 Anlassen 263

 D.1.2.4 Restaustenit 263

D.1.3 Werkstoffgruppe 264

 D.1.3.1 Hartguß 264

 D.1.3.2 Nickel-Hartguß 265

 D.1.3.3 Chrom-Hartguß 266

D.1.4 Zusammenfassende Betrachtung 267

D.2 Hitzebeständiger Stahlguß mit erhöhtem Verschleißwiderstand

STEFAN MISKIEWICZ 269

D.2.1 Gefüge 269

D.2.2 Eigenschaftsprofile der Legierungen 270

D.3 Heißisostatisch gepreßte Hartverbundwerkstoffe

HANS BERNS 275

D.3.1 Pulveranordnung 275

D.3.2 Pulverart 276

D.3.3 Pulverreaktionen 277

 D.3.3.1 $\text{FeNi}_2\text{Cr}_1\text{MoVC}_0.6 + 15\text{CrB}_2$ 278

 D.3.3.2 Ni + WC 279

 D.3.3.3 Weitere Beispiele 280

D.3.4 Werkstoffe 281

D.4 Hartverbundwerkstoff mit zweistufigem Dispersionsgefüge

HANS BERNS UND NGUYEN VAN CHUONG 283

D.4.1 Herstellung und Prüfung 284

D.4.2 Praxiserprobung 285

D.4.3 Zusammenfassung 286

D.5 Verschleißbeständige Schichten mit gradierter Struktur

HANS BERNS UND NGUYEN VAN CHUONG 287

D.5.1 Schichtherstellung und -eigenschaften 287

 D.5.1.1 Spritzschicht 287

 D.5.1.2 Heißisostatisch gepreßte Schicht 288

D.5.2 Zusammenfassung 290

D.6 Entwicklung einer rißfreien Hartauftragschweißung	
WERNER THEISEN	291
D.6.1 Legierungstechnische Maßnahmen	291
D.6.2 Verfahrenstechnische Maßnahmen	293
D.7 Warmverschleißbeständige Werkstoffe	
HANS BERNS	295
D.7.1 Metallmatrix	295
D.7.2 Hartphasen	296
D.7.3 Hartlegierungen	297
D.7.3.1 Eisenlegierungen	297
D.7.3.2 Nickel- und Kobaltlegierungen	298
D.8 Werkstoffauswahl bei überlagerter chemischer Beanspruchung	
WERNER THEISEN	299
D.8.1 Hartverbundstoffe	299
D.8.2 Hartlegierungen	301
D.9 Vermeidung von Wärmebehandlungsrissen	
HANS BERNS	305
D.9.1 Thermische Spannungen	307
D.9.1.1 Erwärmen	307
D.9.1.2 Abkühlen	307
D.9.2 Umwandlungsspannungen	309
D.9.3 Regeln	310
D.9.4 Besonderheiten von Verbundwerkstücken	312
D.9.5 Thermochemische Nebenwirkungen	313
Literatur	315
Sachwortverzeichnis	323