

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	9
2. Grundlagen . . . . .	11
2.1 Nickelstähle in der Schmelzmetallurgie . . . . .	11
2.2 Grundsätzliches zur Pulvermetallurgie von Legierungssystemen . . . . .	12
2.3 Bedeutung der Ausgangsstoffe . . . . .	13
2.3.1 Chemische Zusammensetzung . . . . .	13
2.3.2 Teilchenform und Teilchengröße der verwendeten Metallpulver . . . . .	16
2.4 Verfahrenstechnische Einflußgrößen . . . . .	18
2.5 Der Einfluß der Dichte . . . . .	18
3. Aufgabenstellung . . . . .	19
3.1 Allgemeines . . . . .	19
3.2 Einfluß des Ni-Gehaltes auf die Eigenschaften gesinterter Eisen-Nickel-Legierungen . . . . .	19
3.3 Einfluß verfahrenstechnischer Varianten auf die Festigkeitseigenschaften . . . . .	19
3.4 Einfluß von Rohstoffeigenschaften . . . . .	20
4. Versuchsdurchführung . . . . .	20
4.1 Rohstoffe . . . . .	20
4.1.1 Prüfung der Rohstoffe . . . . .	21
4.1.2 Ergebnisse der Rohstoffprüfung . . . . .	22
4.2 Probenform und Probenherstellung . . . . .	24
4.2.1 Probenform . . . . .	24
4.2.2 Probenherstellung . . . . .	24
4.3 Untersuchungsmethoden . . . . .	36
4.3.1 Dichte . . . . .	36
4.3.2 Maßänderung . . . . .	36
4.3.3 Härte . . . . .	36
4.3.4 Zugfestigkeit und Bruchdehnung . . . . .	36
4.3.5 Elastizitätsmodul und $\sigma_{0,2}$ -Grenze . . . . .	36
4.3.6 Dauerfestigkeit . . . . .	37
4.3.7 Schlagzähigkeit . . . . .	37
4.3.8 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	37
4.3.9 Magnetisierungskurve . . . . .	38
5. Ordnungssystem bei der Darstellung der Versuchsergebnisse . .	38
5.1 Allgemeines . . . . .	38
5.2 Gliederung nach den Hauptverfahrensschritten . . . . .	39
5.3 Untergliederung der Kapitel 6., 7. und 8. . . . .	39

6. Einfachpreßtechnik . . . . .	41
6.0.1 Allgemeines . . . . .	41
6.1.0 Einfluß des Nickel-Gehaltes auf die physikalischen Eigenschaften von einfach gepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	43
6.1.1 Allgemeines . . . . .	43
6.1.2 Zugfestigkeit . . . . .	43
6.1.3 $\sigma_{0,2}$ -Grenze . . . . .	44
6.1.4 Elastizitätsmodul . . . . .	44
6.1.5 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	45
6.1.6 Brinellhärte . . . . .	45
6.1.7 Schlagzähigkeit . . . . .	45
6.1.8 Dauerfestigkeit . . . . .	46
6.1.9 Ausdehnungskoeffizient . . . . .	46
6.2.0 Einfluß der Teilchengröße auf die mechanischen Eigenschaften von einfach gepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	46
6.2.1 Zugfestigkeit, Dehnung, Härte, elektrische Leitfähigkeit . . . . .	46
6.2.2 Schlagzähigkeit . . . . .	49
6.3.0 Einfluß der Eisenpulversorte auf die mechanischen Eigenschaften von einfach gepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	49
6.3.1 Zugfestigkeit, Dehnung, Härte, Leitfähigkeit, Schwund . . . . .	49
6.3.2 Schlagzähigkeit . . . . .	52
6.4.0 Einfluß der Sinterbedingungen auf die mechanischen Eigenschaften von einfach gepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	52
6.5.0 Einfluß der Wärmebehandlung auf die mechanischen Eigenschaften einfach gepreßter Eisen-Nickel- Legierungen . . . . .	55
6.5.1 Vergütungsbehandlung . . . . .	55
6.5.2 Einsatzhärtung . . . . .	55
7. Doppelpreßtechnik . . . . .	58
7.0.1 Allgemeines . . . . .	58
7.1.0 Einfluß des Nickelgehaltes auf die physikalischen Eigenschaften von doppelgepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	59
7.1.1 Allgemeines . . . . .	59
7.1.2 Zugfestigkeit . . . . .	59
7.1.3 $\sigma_{0,2}$ -Grenze . . . . .	60
7.1.4 Elastizitätsmodul . . . . .	62
7.1.5 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	62
7.1.6 Brinellhärte . . . . .	63
7.1.7 Schlagzähigkeit . . . . .	63
7.1.8 Dauerfestigkeit . . . . .	65
7.1.9.0 Besondere physikalische Eigenschaften . . . . .	66
7.1.9.1 Allgemeines . . . . .	66
7.1.9.2 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	66
7.1.9.3 Magnetische Eigenschaften . . . . .	67
7.1.9.4 Ausdehnungskoeffizient . . . . .	68
7.2.0 Einfluß des Eisenpulvers . . . . .	68

7.2.1	Allgemeines . . . . .	68
7.2.2	Einfluß der Teilchengröße auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Doppelpreßverfahren aus Sieb- fraktionen von HVA-Star Elektrolyt-Eisenpulver . . . .	69
7.2.2.1	Allgemeines . . . . .	69
7.2.2.2	Zugfestigkeit . . . . .	69
7.2.2.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	69
7.2.2.4	Brinellhärte . . . . .	71
7.2.3	Einfluß von Teilchengröße und Teilchengrößenver- teilung auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Doppelpreßverfahren aus Absiebungen von HVA-Star-Elektrolyteisenpulver . . . . .	71
7.2.3.1	Allgemeines . . . . .	71
7.2.3.2	Zugfestigkeit . . . . .	71
7.2.3.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	71
7.2.3.4	Brinellhärte . . . . .	73
7.2.3.5	Schlagzähigkeit . . . . .	73
7.2.3.6	Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	73
7.2.4	Einfluß der Elektrolyteisenpulversorte auf die physi- kalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterle- gierungen, hergestellt nach dem Doppelpreßverfahren, in Absiebungen aus drei verschiedenen Elektrolyteisen- pulvern . . . . .	74
7.2.4.1	Allgemeines . . . . .	74
7.2.4.2	Zugfestigkeit . . . . .	74
7.2.4.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	75
7.2.4.4	Brinellhärte . . . . .	76
7.2.4.5	Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	76
7.2.5	Einfluß von Teilchengröße und Teilchengrößenver- teilung auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Doppelpreßverfahren aus Absiebungen von Reduktions- und Zerstäubungs-Eisenpulver . . . . .	77
7.2.5.1	Allgemeines . . . . .	77
7.2.5.2	Zugfestigkeit . . . . .	77
7.2.5.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	77
7.2.5.4	Brinellhärte . . . . .	78
7.2.5.5	Schlagzähigkeit . . . . .	78
7.2.5.6	Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	79
7.2.6	Vergleichende Betrachtung über den Einfluß des Rohstoffes Eisenpulver auf die physikalischen Eigen- schaften doppelt gepreßter Eisen-Nickel-Sinterle- gierungen . . . . .	79
7.3.0	Einfluß der Fertigsinterbedingungen auf die physi- kalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinter- legierungen . . . . .	81
7.3.1	Allgemeines . . . . .	81
7.3.2.0	Einfluß der Fertigsintertemperatur . . . . .	82
7.3.2.1	Allgemeines . . . . .	82
7.3.2.2	Zugfestigkeit . . . . .	82
7.3.2.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	83
7.3.2.4	Brinellhärte . . . . .	85

7.3.2.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	85
7.3.2.6 Weichmagnetische Eigenschaften . . . . .	86
7.3.3.0 Einfluß der Sinterzeit . . . . .	86
7.3.3.1 Allgemeines . . . . .	86
7.3.3.2 Zugfestigkeit . . . . .	88
7.3.3.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	88
7.3.3.4 Brinellhärte . . . . .	90
7.3.3.5 Besondere physikalische Eigenschaften . . . . .	90
7.3.4.0 Einfluß technischer Ofenbedingungen . . . . .	90
7.3.4.1 Allgemeines . . . . .	90
7.3.4.2 Zugfestigkeit . . . . .	91
7.3.4.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	92
7.3.4.4 Brinellhärte . . . . .	92
7.3.4.5 Besondere physikalische Eigenschaften . . . . .	92
7.3.6 Einfluß der Wärmebehandlung auf die mechanischen Eigenschaften doppelt gepreßter Eisen-Nickel- Legierungen . . . . .	95
7.3.7 Zusammenfassende Betrachtung über den Einfluß der Sinterbedingungen . . . . .	96
7.4 Vergleich von Einfach- und Doppelpreßtechnik im Hinblick auf die physikalischen Eigenschaften der nach diesen beiden Verfahren hergestellten Proben . . .	97
7.4.1 Allgemeines . . . . .	97
7.4.2 Zugfestigkeit . . . . .	99
7.4.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	99
7.4.4 Brinellhärte . . . . .	101
7.4.5 Schlagzähigkeit . . . . .	101
7.4.6 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	102
8. Warmpreßtechnik . . . . .	102
8.0.1 Allgemeines . . . . .	102
8.1.0 Einfluß des Nickelgehaltes auf die physikalischen Eigenschaften von warmgepreßten Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	103
8.1.1 Allgemeines . . . . .	103
8.1.2 Zugfestigkeit . . . . .	103
8.1.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	104
8.1.4 Brinellhärte . . . . .	104
8.1.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	106
8.2.0 Einfluß des Eisenpulvers . . . . .	106
8.2.1 Allgemeines . . . . .	106
8.2.2 Einfluß der Teilchengröße auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Warmpreßverfahren aus Sieb- fraktionen aus HVA-Star-Elektrolyteisenpulver . . . . .	106
8.2.2.1 Allgemeines . . . . .	106
8.2.2.2 Zugfestigkeit . . . . .	107
8.2.2.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	107
8.2.2.4 Brinellhärte . . . . .	107
8.2.3 Einfluß der Teilchengröße und Teilchengrößenver- teilung auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Warmpreßverfahren aus Absiebungen von HVA-Star-Elektrolyteisenpulver . . . . .	107

8.2.3.1 Allgemeines . . . . .	107
8.2.3.2 Zugfestigkeit . . . . .	109
8.2.3.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	109
8.2.3.4 Brinellhärte . . . . .	109
8.2.3.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	109
8.2.4 Einfluß der Elektrolyteisenpulver auf die physika- lischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterle- gierungen, hergestellt nach dem Warmpreßverfahren, in Absiebungen aus drei verschiedenen Elektrolyt- eisenpulvern . . . . .	110
8.2.4.1 Allgemeines . . . . .	110
8.2.4.2 Zugfestigkeit . . . . .	110
8.2.4.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	110
8.2.4.4 Brinellhärte . . . . .	111
8.2.4.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	113
8.2.5 Einfluß von Teilchengröße und Teilchengrößenver- teilung auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen-Nickel-Sinterlegierungen, hergestellt nach dem Warmpreßverfahren aus Absiebungen von Reduktions- und Zerstäubungseisenpulver . . . . .	113
8.2.5.1 Allgemeines . . . . .	113
8.2.5.2 Zugfestigkeit . . . . .	113
8.2.5.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	114
8.2.5.4 Brinellhärte . . . . .	114
8.2.5.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	114
8.2.6 Vergleichende Betrachtung über den Einfluß des Rohstoffes Eisenpulver auf die physikalischen Eigen- schaften warmgepreßter Eisen-Nickel-Sinterlegierungen	116
8.3.0 Einfluß der Fertigsinterbedingungen auf die physi- kalischen Eigenschaften warmgepreßter Eisen-Nickel- Sinterlegierungen . . . . .	117
8.3.1 Allgemeines . . . . .	117
8.3.2.0 Einfluß der Fertigsintertemperatur . . . . .	117
8.3.2.1 Allgemeines . . . . .	117
8.3.2.2 Zugfestigkeit . . . . .	119
8.3.2.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	119
8.3.2.4 Brinellhärte . . . . .	120
8.3.2.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	121
8.3.3.0 Einfluß der Sinterzeit . . . . .	121
8.3.3.1 Allgemeines . . . . .	121
8.3.3.2 Zugfestigkeit . . . . .	122
8.3.3.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	122
8.3.3.4 Brinellhärte . . . . .	124
8.3.3.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	124
8.3.4.0 Einfluß technischer Ofenbedingungen . . . . .	124
8.3.4.1 Allgemeines . . . . .	124
8.3.4.2 Zugfestigkeit . . . . .	124
8.3.4.3 Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	125
8.3.4.4 Brinellhärte . . . . .	125
8.3.4.5 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .	125
8.3.5 Zusammenfassende Betrachtung über den Einfluß der Sinterbedingungen . . . . .	126

8.4	Vergleich von Warm- und Doppelpreßtechnik im Hinblick auf die physikalischen Eigenschaften der nach diesen beiden Verfahren hergestellten Proben . . . . .	128
8.4.1	Allgemeines . . . . .	128
8.4.2	Zugfestigkeit . . . . .	128
8.4.3	Bruchdehnung und Qualitätskoeffizient . . . . .	129
8.4.4	Brinellhärte . . . . .	129
	Schlußbetrachtung . . . . .	129
	Literaturverzeichnis . . . . .	131
	Abbildungen . . . . .	133