

SCHRIFTENREIHE GALVANOTECHNIK

ROBERT BRUGGER

# Die galvanische Vernicklung

Glanz- und Halbglanzvernicklung, Korrosionsfragen,  
Dickvernicklung, Nickelgalvanoplastik und Dispersionsschichten

Zweite erweiterte Auflage

12

EUGEN G. LEUZE VERLAG SAULGAU/WÜRTT.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Die geschichtliche Entwicklung der Vernicklung</b> . . . . .	15
<b>2. Die Nickelelektrolyte</b> . . . . .	19
2.1. Abscheidung des Nickels aus schwefelsaurer Lösung . . . . .	19
2.2. Die Hochchlorid-Elektrolyte . . . . .	20
2.2.1. Gemischte Sulfat-Chlorid-Elektrolyte . . . . .	21
2.2.2. Das Chloridbad nach Wesley . . . . .	22
2.3. Das Nickelsulfamatbad . . . . .	23
2.4. Das Nickelfluoroboratbad . . . . .	26
2.5. Alkalische und schwach saure, komplexe Nickelelektrolyte . . . . .	27
2.5.1. Abscheidung aus ammoniakalischer Lösung . . . . .	27
2.5.1.1. Elektrolytische Abscheidung aus Lösungen zur stromlosen Nickelabscheidung . . . . .	28
2.5.2. Abscheidung aus Pyrophosphatlösungen . . . . .	29
2.5.3. Abscheidung aus komplexen Nickelsalzlösungen . . . . .	29
2.5.4. Andere Bäder . . . . .	31
<b>3. Eigenschaften von Nickelelektrolyten</b> . . . . .	33
3.1. Mikrostreufähigkeit und Einebnung . . . . .	33
3.2. Die Streufähigkeit (Streukraft) – Makro- streufähigkeit . . . . .	34
3.2.1. Die Haring-Blum-Zelle . . . . .	35
3.2.1.1. Anwendung bei Nickelelektrolyten . . . . .	36
3.2.2. Die Hull-Zelle . . . . .	38
3.2.2.1. Anwendung bei Nickelelektrolyten . . . . .	38
3.2.3. Streufähigkeit u. Kathodenpotential-Stromdichtekurven . . . . .	40
3.2.4. „Plating Simulation“ . . . . .	41
3.3. Die Stromausbeute von Nickelbädern . . . . .	41
3.3.1. Die kathodische Stromausbeute . . . . .	42
3.3.2. Die anodische Stromausbeute . . . . .	44
<b>4. Eigenschaften von Nickelüberzügen</b> . . . . .	47
4.1. Porosität und Rissigkeit von Nickelüberzügen . . . . .	47
4.2. Die Struktur von Nickelüberzügen . . . . .	51
4.2.1. Die Stromdichte . . . . .	55
4.2.2. Einfluß des pH-Wertes . . . . .	56
4.2.3. Temperatur . . . . .	56
4.2.4. Andere Einflüsse . . . . .	56



4.3. Elektrischer Widerstand . . . . .	57
4.4. Magnetische Eigenschaften . . . . .	57
4.5. Wärmeausdehnung bzw. Wärmeausdehnungskoeffizient . . . . .	58
4.6. Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt von Nickelüberzügen . . . . .	59
4.7. Schwefelgehalt von Nickelüberzügen . . . . .	60
4.8. Kohlenstoffgehalt von Nickelüberzügen . . . . .	61
4.9. Chloridgehalt von Nickelüberzügen . . . . .	61
4.10. Bruchdehnung (Elongation) . . . . .	61
4.10.1. Allgemeines . . . . .	61
4.10.2. Einfluß des pH-Wertes . . . . .	63
4.10.3. Einfluß der Temperatur . . . . .	65
4.10.4. Andere Einflüsse . . . . .	66
4.11. Innere Spannungen . . . . .	69
4.11.1. Allgemeines . . . . .	69
4.11.2. Einfluß der Temperatur . . . . .	72
4.11.3. Einfluß des pH-Wertes . . . . .	75
4.11.4. Einfluß der Stromdichte . . . . .	77
4.11.5. Andere Einflüsse . . . . .	80
4.11.6. Messung der inneren Spannungen . . . . .	83
4.12. Härte und Verschleißfestigkeit von Nickelüberzügen . . . . .	84
4.12.1. Allgemeines . . . . .	84
4.12.2. Einfluß der Temperatur . . . . .	86
4.12.3. Einfluß des pH-Wertes . . . . .	86
4.12.4. Einfluß der Stromdichte . . . . .	87
4.12.5. Einfluß des Chloridgehaltes . . . . .	87
4.12.6. Einfluß des Nickelgehaltes . . . . .	87
4.12.7. Die Prüfung der Härte und Verschleißfestigkeit . . . . .	88
4.13. Sulfatgehalt . . . . .	89
4.14. Spez. Wärme von Nickelüberzügen . . . . .	89
4.15. Dauerfestigkeit . . . . .	89
4.16. Spez. Gewicht . . . . .	90
4.17. Elastizitätsmodul . . . . .	90
4.18. Die Zugfestigkeit . . . . .	91
4.19. Haftfestigkeit . . . . .	93
4.20. Weitere Eigenschaften . . . . .	93
<b>5. Die Glanzvernicklung . . . . .</b>	<b>97</b>
5.1. Die Anwendung der Glanzvernicklung . . . . .	97
5.2. Die Theorie der Abscheidung . . . . .	98
5.2.1. Die Theorie der Glanzbildung . . . . .	98
5.2.1.1. Die Feinstkorntheorie . . . . .	99
5.2.1.2. Texturtheorie . . . . .	100
5.2.2. Mechanismus der Glanznickelabscheidung . . . . .	100
5.2.2.1. Die Adsorptionstheorie . . . . .	100



<b>7. Mattvernicklung</b> . . . . .	180
7.1. Die Anwendung der Mattvernicklung . . . . .	180
7.2. Abscheidung aus Matt-, Halbglanz- und Glanznickelelektrolyten . . . . .	180
7.3. Abscheidung mit suspendierten Feststoffen . . . . .	182
7.4. Abscheidung mit Zwischenschichten . . . . .	183
7.5. Abscheidung aus Emulsionen . . . . .	183
7.6. Abscheidung aus feindisperser Lösung . . . . .	185
7.7. Andere Verfahren . . . . .	189
<b>8. Die Massenvernicklung</b> . . . . .	190
8.1. Die Elektrolyte . . . . .	190
8.1.1. Die Grundzusammensetzung . . . . .	191
8.1.2. Die Zusätze . . . . .	191
8.1.3. Arbeitsbedingungen . . . . .	193
8.1.3.1. pH-Wert . . . . .	193
8.1.3.2. Temperatur . . . . .	193
8.1.3.3. Stromdichte . . . . .	193
8.1.3.4. Abscheidungsgeschwindigkeit . . . . .	194
8.1.4. Besondere Regeln für die Massenvernicklung . . . . .	195
8.1.5. Die Verchrombarkeit von vernickelten Massenteilen . . . . .	195
<b>9. Die Schwarzvernicklung</b> . . . . .	197
9.1. Die Elektrolyte zur Schwarzvernicklung . . . . .	197
9.2. Die Abscheidungsbedingungen . . . . .	198
9.3. Eigenschaften und Entstehung der Schwarznickelschichten . . . . .	199
<b>10. Die Dickvernicklung (Hart- und Starkvernicklung)</b> . . . . .	201
10.1. Die Anwendung der Dickvernicklung . . . . .	201
10.2. Die Elektrolyte zur Dickvernicklung . . . . .	204
10.2.1. Die Badzusammensetzung . . . . .	205
10.2.1.1. Das <i>Watts</i> 'sche Bad . . . . .	205
10.2.1.2. Das Nickelchloridbad . . . . .	205
10.2.1.3. Das Nickelsulfamatbad . . . . .	206
10.2.1.4. Das Nickelfluoroboratbad . . . . .	209
10.2.1.5. Andere Bäder . . . . .	210
10.2.2. Die Zusätze . . . . .	210
10.2.2.1. Dispersionsnickel – Mechanische Zusätze . . . . .	212
10.2.3. Arbeitsweise bei der Hart- und Dickvernicklung . . . . .	224
10.2.3.1. Spezielle Arbeitsbedingungen . . . . .	224
10.2.3.2. Handwerkliche Maßnahmen . . . . .	227
10.2.3.2.1. Nachbehandlung von Hart- und Dicknickelschichten . . . . .	229
10.2.3.3. Besondere Vorschriften bezüglich der Elek- trolytführung und Fehlerbeseitigung . . . . .	230



10.3. Die Eigenschaften der Hart- und Dicknickelschichten . . . . .	231
10.3.1. Die Härte und Dehnfähigkeit . . . . .	232
10.3.2. Dauerfestigkeit . . . . .	236
10.3.3. Der Korrosionswiderstand . . . . .	237
10.3.4. Reibende Beanspruchung . . . . .	239
10.3.5. Temperaturverhalten . . . . .	240
10.4. Dispersionsüberzüge, tabellarische Übersicht . . . . .	240
<b>11. Galvanoformung (Nickelgalvanoplastik, Elektroformung) . . . . .</b>	<b>248</b>
11.1. Die Elektrolyte . . . . .	250
11.1.1. Die Grundzusammensetzung . . . . .	251
11.1.2. Die Zusätze . . . . .	253
11.2. Anwendungsgebiete . . . . .	254
11.2.1. Galvanoformen . . . . .	254
11.2.2. Galvanos . . . . .	262
11.2.3. Stereotypieplatten . . . . .	262
11.2.4. Nickelmatern . . . . .	263
11.2.5. Offsetplatten und Preßplatten . . . . .	263
11.2.6. Grammophonshells (Matrizen) . . . . .	264
11.2.7. Herstellung von Sieben, Rohren u. ä. . . . .	264
11.2.8. Herstellung von Nickelfolien . . . . .	266
11.3. Verschiedene handwerkliche Maßnahmen und Hinweise bezüglich der Nachbehandlung – Sonderformen der Abscheidung . . . . .	267
11.3.1. Schweißbarkeit . . . . .	267
11.3.2. Hinterfüllen von Galvanoformen . . . . .	267
11.3.3. „Sonderformen“ des Nickels . . . . .	268
11.3.3.1. Dispersionsnickel . . . . .	268
11.3.3.2. Nickel verstärkt mit hochfesten Fasern . . . . .	268
11.3.4. Diverses . . . . .	268
11.4. Eigenschaften des Nickels bei hohen und tiefen Temperaturen . . . . .	270
<b>12. Vernicklung und Korrosionsschutz . . . . .</b>	<b>274</b>
12.1. Allgemeines . . . . .	274
12.2. Die Korrosionsbeanspruchung . . . . .	275
12.2.1. Die verschiedenen Atmosphären . . . . .	275
12.2.2. Kurzprüfungen . . . . .	277
12.3. Beständigkeit einfacher Nickelschichten . . . . .	279
12.3.1. Mattnickelschichten . . . . .	280
12.3.2. Halbglanznickelschichten . . . . .	280
12.3.3. Glanznickelschichten . . . . .	281
12.4. Mehrfachsichten und ihre Schutzwirkung . . . . .	282
12.4.1. Doppelvernicklung . . . . .	283
12.4.1.1. Erzeugung und Funktion einer Doppelnickelschicht . . . . .	285
12.4.2. Die Dreifachvernicklung . . . . .	292
12.4.3. Sandwich-Nickel . . . . .	294
12.4.4. Das Nickel-Seal-Verfahren (Dur-Ni) . . . . .	295
12.4.5. Mikrorissiges Nickel . . . . .	298
12.5. Potentiale von Nickelschichten . . . . .	299

10.3. Die Eigenschaften der Hart- und Dicknickelschichten . . . . .	231
10.3.1. Die Härte und Dehnfähigkeit . . . . .	232
10.3.2. Dauerfestigkeit . . . . .	236
10.3.3. Der Korrosionswiderstand . . . . .	237
10.3.4. Reibende Beanspruchung . . . . .	239
10.3.5. Temperaturverhalten . . . . .	240
10.4. Dispersionsüberzüge, tabellarische Übersicht . . . . .	240
<b>11. Galvanoformung (Nickelgalvanoplastik, Elektroformung)</b> . . . . .	<b>248</b>
11.1. Die Elektrolyte . . . . .	250
11.1.1. Die Grundzusammensetzung . . . . .	251
11.1.2. Die Zusätze . . . . .	253
11.2. Anwendungsgebiete . . . . .	254
11.2.1. Galvanoformen . . . . .	254
11.2.2. Galvanos . . . . .	262
11.2.3. Stereotypieplatten . . . . .	262
11.2.4. Nickelmatern . . . . .	263
11.2.5. Offsetplatten und Preßplatten . . . . .	263
11.2.6. Grammophonshells (Matrizen) . . . . .	264
11.2.7. Herstellung von Sieben, Rohren u. ä. . . . .	264
11.2.8. Herstellung von Nickelfolien . . . . .	266
11.3. Verschiedene handwerkliche Maßnahmen und Hinweise bezüglich der Nachbehandlung – Sonderformen der Abscheidung . . . . .	267
11.3.1. Schweißbarkeit . . . . .	267
11.3.2. Hinterfüllen von Galvanoformen . . . . .	267
11.3.3. „Sonderformen“ des Nickels . . . . .	268
11.3.3.1. Dispersionsnickel . . . . .	268
11.3.3.2. Nickel verstärkt mit hochfesten Fasern . . . . .	268
11.3.4. Diverses . . . . .	268
11.4. Eigenschaften des Nickels bei hohen und tiefen Temperaturen . . . . .	270
<b>12. Vernicklung und Korrosionsschutz</b> . . . . .	<b>274</b>
12.1. Allgemeines . . . . .	274
12.2. Die Korrosionsbeanspruchung . . . . .	275
12.2.1. Die verschiedenen Atmosphären . . . . .	275
12.2.2. Kurzprüfungen . . . . .	277
12.3. Beständigkeit einfacher Nickelschichten . . . . .	279
12.3.1. Mattnickelschichten . . . . .	280
12.3.2. Halbglanznickelschichten . . . . .	280
12.3.3. Glanznickelschichten . . . . .	281
12.4. Mehrfachsichten und ihre Schutzwirkung . . . . .	282
12.4.1. Doppelvernicklung . . . . .	283
12.4.1.1. Erzeugung und Funktion einer Doppelnickelschicht . . . . .	285
12.4.2. Die Dreifachvernicklung . . . . .	292
12.4.3. Sandwich-Nickel . . . . .	294
12.4.4. Das Nickel-Seal-Verfahren (Dur-Ni) . . . . .	295
12.4.5. Mikrorissiges Nickel . . . . .	298
12.5. Potentiale von Nickelschichten . . . . .	299

<b>13. Die Reinigung von Nickelbädern (einschl. Selektiv-Reinigung)</b>	<b>305</b>
13.1. Filtration	307
13.1.1. Asbestflocken	310
13.1.2. Kieselgur (Diatomeenerde)	311
13.1.3. Zellulose-Flocken	311
13.1.4. Aktivkohle	312
13.1.5. Andere Anschwemmmittel	312
13.2. Selektive Reinigung	312
13.3. Aktivkohlebehandlung	317
13.4. Behandlung mit Permanganat	320
13.5. Behandlung mit Kieselgur	321
13.6. Behandlung mit Wasserstoffperoxid	322
13.7.-13.11. Andere Verfahren	322
13.7. Behandlung mit Schwefeldioxid	322
13.8. Behandlung mit Chlor	322
13.9. Behandlung mit Eisen (II)-sulfat	323
13.10. Behandlung mit Kalk	323
13.11. Weitere Verfahren	323
13.12. Wirkung einiger wichtiger Verunreinigungen und deren Beseitigung	324
13.12.1. Kupfer	325
13.12.2. Zink	326
13.12.3. Kadmium	328
13.12.4. Chrom	328
13.12.5. Blei	329
13.12.6. Arsen	329
13.12.7. Eisen	329
13.12.8. Kalzium	330
13.12.9. Aluminium und Titan	331
13.12.10. Ammonium	332
13.12.11. Natrium und Kalium	332
13.12.12. Nitrate	333
13.12.13. Silikate	333
13.12.14. Phosphate bzw. Phosphorsäure	333
13.12.15. Organische Verunreinigungen	333
13.12.15.1. Überdosierung an Zusatzstoffen	334
13.12.15.2. Zersetzungsprodukte	335
13.12.15.3. Fremdstoffe aus Wannenauskleidung, Wasser usw.	335
13.12.15.4. Schimmel und Algen	335
13.12.15.5. Fett	335
13.12.16. Citratfällung	335
<b>14. Die analytische Untersuchung von Nickelelektrolyten</b>	<b>337</b>
14.1. Nickelgehalt, Nickelsulfatgehalt	337
14.1.1. Bestimmung mit Kaliumcyanid	337
14.1.2. Bestimmung mit EDTA	338



14.2. Chloridgehalt . . . . .	338
14.3. Bestimmung der Borsäure . . . . .	339
14.4. Bestimmung des pH-Wertes . . . . .	339
14.5. Organische Bestandteile . . . . .	339
14.5.1. Bestimmung von Netzmitteln in Nickelbädern . . . . .	340
14.6. Sonstiges . . . . .	341
14.7. Prüfung von Nickелеlektrolyten in der Hull-Zelle . . . . .	341
<b>15. Fehler beim Vernickeln . . . . .</b>	<b>343</b>
<b>16. Anlagen zur Vernicklung . . . . .</b>	<b>347</b>
16.1. Badbehälter . . . . .	347
16.2. Beheizung . . . . .	350
16.2.1. Elektrische Beheizung . . . . .	350
16.2.2. Heißwasser- oder Dampfheizung . . . . .	352
16.2.3. Gasheizung . . . . .	353
16.3. Anoden, Anodensäcke, Diaphragmen Anodenkästen . . . . .	354
16.3.1. Anoden . . . . .	354
16.3.2. Anodensäcke . . . . .	354
16.3.3. Diaphragmen . . . . .	354
16.3.4. Anodenkörbe (Anodenkästen) . . . . .	356
16.3.5. Fangnetze . . . . .	356
16.4. Filter . . . . .	357
16.5. Anlagen . . . . .	358
16.5.1. Glocken . . . . .	358
16.5.2. Trommelapparate . . . . .	358
16.5.3. Ringbäder, Wanderbäder . . . . .	360
16.5.4. Automaten . . . . .	360
16.5.5. Anlagen für Galvanoformung . . . . .	368
16.5.6. Automatische Be- und Entladungseinrichtungen . . . . .	369
16.5.7. Anlagen für die kontinuierliche Bearbeitung von Draht, Band und Rohr . . . . .	369
16.6. Elektrische Einrichtungen . . . . .	370
16.6.1. Gleichrichter . . . . .	370
16.6.2. Stromzähler . . . . .	370
16.6.3. Sonstiges . . . . .	371

<b>17. Verschiedenes</b> . . . . .	372
17.1. Anoden . . . . .	372
17.2. Das Entfernen von Nickelschichten . . . . .	375
17.2.1. Elektrolytische Verfahren . . . . .	375
17.2.2. Chemische Entnicklung . . . . .	376
17.3. Pufferung in Nিকেelektrolyten – Die Wirkung der Borsäure . . . . .	376
17.4. Einfluß des Grundmaterials auf die Vernicklung . . . . .	377
17.5. Arbeitsgänge für die Vernicklung verschiedener Grundmaterialien . . . . .	380
17.5.1. Kupfer-Nickel-Chromschichten auf Stahl, Gußeisen, Kupfer, Messing und Zinkdruckguß . . . . .	380
17.5.2. Nickel-Chromschichten auf Stahl, Kupfer und Messing . . . . .	380
17.5.3. Vernickeln von Messing und Bronze . . . . .	380
17.5.4. Vernickeln von Aluminium . . . . .	382
17.5.5. Vernickeln von Magnesium . . . . .	383
17.5.6. Vernickeln von legierten Stählen . . . . .	384
17.5.7. Vernickeln von Nickel . . . . .	384
17.5.8. Vernickeln von Chrom . . . . .	385
17.5.9. Vernickeln von nicht leitendem Material . . . . .	385
17.5.10. Andere Materialien . . . . .	387
17.6. Mechanische und Luftbewegung in Nিকেelektrolyten . . . . .	388
17.7. Elektrolytbewegung bei Nickelbädern . . . . .	389
17.8. Vernicklung und Ultraschall . . . . .	390
17.9. Abwasserfragen . . . . .	391
17.10. Tampon-Vernicklung . . . . .	393
17.11. Die Anwendung des Pulse Plating und Umpolens bei der Vernicklung . . . . .	394
17.12. Nickelkrätze . . . . .	395
17.13. Stichworte zur Normung . . . . .	396
 <b>18. Nickelkonstanten</b> . . . . .	 399
 <b>Autorenverzeichnis</b> . . . . .	 401
<b>Alphabetisches Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	409
<b>SI-Einheiten und ihre Umrechnung in bisher gebräuchliche Einheiten</b> . . . . .	445