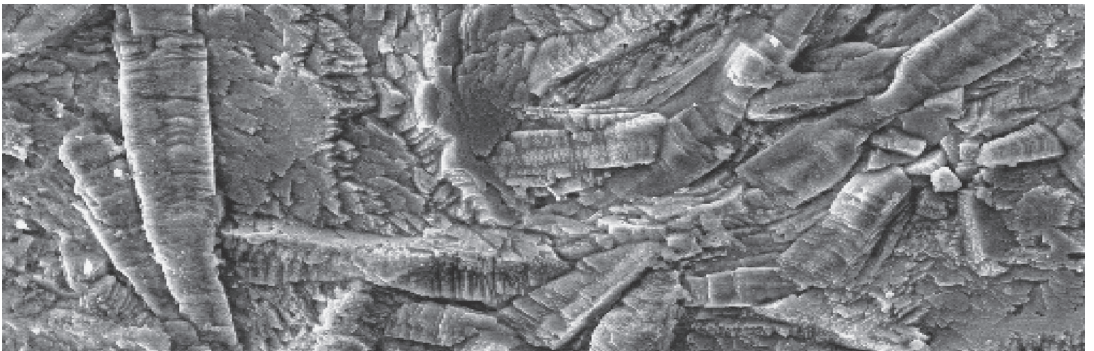
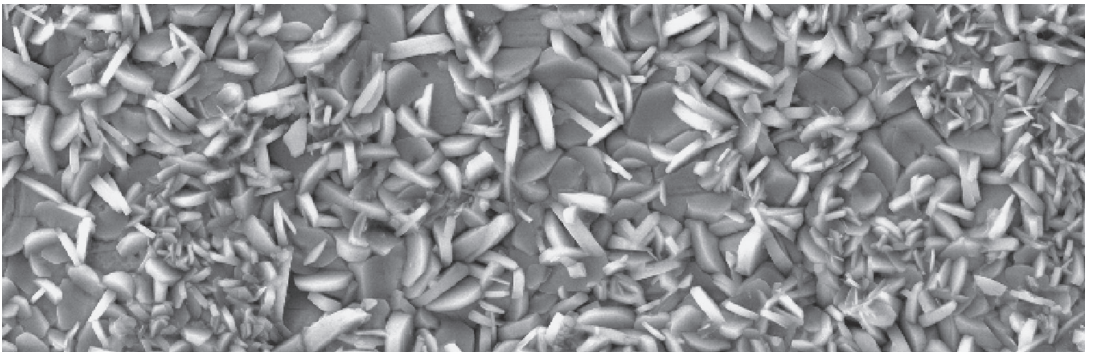
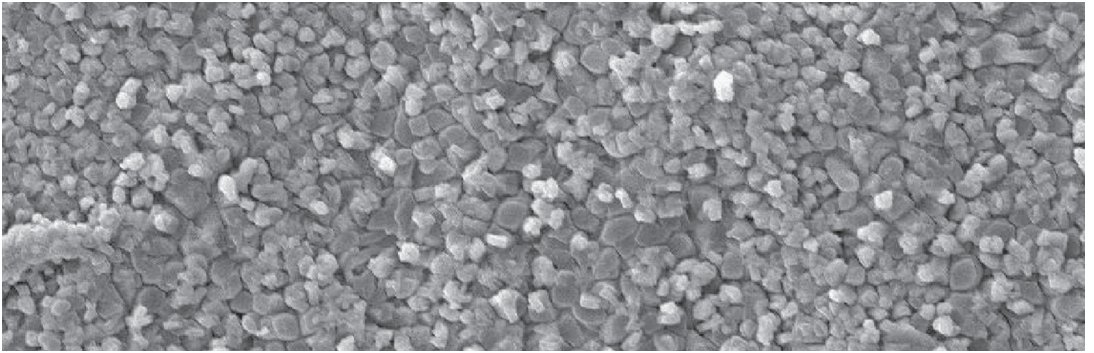


Dr. Werner Rausch

Die Phosphatierung von Metallen

3. Auflage



Inhaltsverzeichnis

1	Geschichtliche Entwicklung und technisch-wirtschaftliche Bedeutung	15
2	Phosphorsäurebeizen	24
2.1	Entstehung von Zunder und Rost auf Stahl	25
2.2	Grundlagen des Beizens von Stahl	26
2.2.1	Lösen von Zunder und Rost	26
2.2.2	Lösen von Eisen	29
2.3	Beizen in Phosphorsäure	32
2.3.1	Beizen in nichtinhibierter Phosphorsäure	35
2.3.2	Beizen in inhibierter Phosphorsäure	35
2.3.2.1	Theorie und Wirkung von Beizinhibitoren	36
2.3.2.2	Anforderungen an Beizinhibitoren	37
2.3.2.3	Untersuchungsmethoden zur Prüfung von Beizinhibitoren	38
2.3.2.4	Beizinhibitoren für die Phosphorsäurebeize	38
2.3.3	Beizentfettung in inhibierter Phosphorsäure	40
2.4	Phosphorsäurebeizen verschiedener Metalle	42
2.5	Durchführung der Beizung	42
3	Phosphatierverfahren	45
3.1	Schichtbildende Phosphatierung	45
3.1.1	Lösungsgleichgewichte	46
3.1.2	Kinetik der Schichtbildung	54
3.1.2.1	Beizreaktion	55
3.1.2.2	Keimbildung und Kristallwachstum	62
3.1.2.3	Elektrochemische Modelluntersuchungen zur Phosphatierung	89
3.1.2.3.1	Problem, Ziel	89
3.1.2.3.2	Modell	92

	3.1.2.3.3	Methoden	93
	3.1.2.3.4	Resultate	97
3.1.3		Die Schicht und ihre Eigenschaften	108
	3.1.3.1	Aufbau und Zusammensetzung der Schicht	108
	3.1.3.2	Haftung der Schicht auf dem metallischen Untergrund	116
	3.1.3.3	Physikalische Schichteigenschaften	117
	3.1.3.4	Chemische Schichteigenschaften	118
3.1.4		Beeinflussung der Eigenschaften des Grundmetalles	122
3.1.5		Phosphatierverfahren	125
3.2		Nichtschichtbildende Phosphatierung	132
	3.2.1	Kinetik der Schichtbildung	132
	3.2.2	Zusammensetzung der Alkaliphosphatbäder	137
	3.2.3	Die Schicht und ihre Eigenschaften	138
	3.2.3.1	Aufbau und Zusammensetzung der Schicht	138
	3.2.3.2	Physikalische und chemische Eigenschaften der Schicht	141
	3.2.4	Verfahren zur nichtschichtbildenden Phosphatierung	142
3.3		Phosphatierung in nichtwässriger Phase	142
	3.3.1	Korrosionsvorgänge in nichtwässriger Phase	142
	3.3.2	Systeme in halogenierten Kohlenwasserstoffen	142
	3.3.3	Systeme in halogenfreien Lösemitteln	143
	3.3.4	Phosphatierende Schmierstoffe	143
	3.3.5	Washprimer	143
3.4		Einbrennphosphatierung	144
4		Technische Anwendung der Phosphatierung	149
	4.1	Allgemeine Verfahrenshinweise	149
	4.2	Korrosionsschutz ohne zusätzliche Nachbehandlung	150
	4.3	Korrosionsschutz in Verbindung mit einer Nachbehandlung	152
	4.3.1	Nachbehandlung mit anorganischen Verbindungen	153
	4.3.2	Nachbehandlung mit Ölen und Wachsen	154
	4.3.2.1	Allgemeines zur Nachbehandlung mit Ölen und Wachsen	154
	4.3.2.2	Das Zusammenwirken von Phosphatschichten und Korrosionsschutzölen	155
	4.3.2.3	Die praktische Anwendung geölter und gewachster Phosphatschichten	157

4.3.3	Nachbehandlung mit Nachbehandlungsfarben	158
4.3.4	Technische Durchführung der Phosphatierung für den Korrosionsschutz ohne spezielle oder in Verbindung mit einer Nachbehandlung	159
4.4	Haftgrund für Lacke und Kunststofffilme	160
4.4.1	Vorbehandlung vor dem Beschichten mit Flüssiglacken	161
4.4.1.1	Allgemeines zur Flüssiglackierung	161
4.4.1.2	Das Zusammenwirken von Phosphatschichten und Flüssiglackierung	162
4.4.1.3	Praktische Anwendung	166
4.4.2	Vorbehandlung vor der Elektrotauchlackierung	167
4.4.2.1	Allgemeines zur anodischen Elektrotauchlackierung	167
4.4.2.2	Physikalisch-chemische Reaktionen während der anodischen Elektrotauchlackierung	168
4.4.2.3	Das Zusammenwirken von Phosphatschicht und anodischer Elektrotauchlackierung	169
4.4.2.4	Allgemeines zur kathodischen Elektrotauchlackierung	177
4.4.2.5	Physikalisch-chemische Reaktionen während der kathodischen Elektrotauchlackierung	178
4.4.2.6	Zusammenwirken von Phosphatschicht und kathodischer Elektrotauchlackierung	178
4.4.3	Technische Durchführung der Phosphatierung vor der Beschichtung mit Flüssiglacken oder Elektrotauchlacken	185
4.4.3.1	Spritzverfahren	185
4.4.3.2	Tauchverfahren	187
4.4.3.3	Hochdruckspritzverfahren	188
4.4.3.4	Die Phosphatierung von Automobilkarosserien vor der Lackierung	188
4.4.4	Vorbehandlung vor der Pulverlackierung	189
4.4.4.1	Allgemeines zur Pulverlackierung	189
4.4.4.2	Das Zusammenwirken zwischen Oberflächenvorbehandlung und Pulverlackierung	191
4.4.4.3	Praktische Anwendung	198
4.4.5	Stahlblech als Lackieruntergrund	198
4.4.5.1	Herstellung von kaltgewalztem Stahlband	199
4.4.5.2	Variationsbreite des Korrosionsschutzes von phosphatiertem, lackiertem, kaltgewalztem Stahlblech	201
4.4.6	Vorbeschichtetes Stahlblech als Lackieruntergrund	206

4.4.7	Haftgrund für organische Überzüge auf Band	207
4.4.7.1	Phosphatierung	208
4.4.7.2	Organische Beschichtungsstoffe	212
4.4.7.3	Praktische Durchführung der Bandbeschichtung	214
4.4.7.4	Anwendung der beschichteten Bänder	218
4.5	Anwendung bei der spanlosen Kaltumformung	218
4.5.1	Geschichtlicher Rückblick	218
4.5.1.1	Reibungsvorgänge bei der Kaltumformung	219
4.5.1.2	Zusammenwirken von Schmierstoffen und Phosphatschicht	221
4.5.1.3	Haftung und Umformbeständigkeit der Phosphatschichten	223
4.5.1.4	Phosphatierv Verfahren für die Kaltumformung	224
4.5.1.5	Einfluss der Phosphatschicht auf das umgeformte Werkstück	228
4.5.1.6	Oberflächenbehandlung nach erfolgter Kalt- umformung	229
4.5.2	Ziehen von Drähten und Vollprofilen	230
4.5.2.1	Allgemeines	230
4.5.2.2	Ausgangsmaterial	232
4.5.2.3	Maschinen	234
4.5.2.4	Werkzeuge	236
4.5.2.5	Phosphatierung	237
4.5.2.6	Durchführung der Phosphatierung	240
4.5.2.7	Schmierstoffe	241
4.5.2.8	Fertigungsbeispiel	243
4.5.3	Ziehen von Röhren und Hohlprofilen	243
4.5.3.1	Allgemeines	243
4.5.3.2	Ausgangsmaterial	244
4.5.3.3	Ziehverfahren	244
4.5.3.4	Ziehmaschinen	247
4.5.3.5	Werkzeuge	248
4.5.3.6	Phosphatierung	248
4.5.3.7	Durchführung der Phosphatierung	250
4.5.3.8	Schmierstoffe	250
4.5.3.9	Anwendungsbeispiele	251
4.5.3.10	Weiterverarbeitung der gezogenen Rohre	251

4.5.4	Kaltfließpressen	252
4.5.4.1	Allgemeines	252
4.5.4.2	Ausgangsmaterial	253
4.5.4.3	Maschinen	254
4.5.4.4	Werkzeuge	255
4.5.4.5	Phosphatierung	255
4.5.4.6	Durchführung der Phosphatierung	256
4.5.4.7	Schmierstoffe	258
4.5.4.8	Fertigungsbeispiele	259
4.5.5	Tiefziehen	261
4.5.5.1	Allgemeines	261
4.5.5.2	Maschinen und Werkzeuge	263
4.5.5.3	Stahlbleche für Zieh- und Tiefziehzwecke	264
4.5.5.4	Phosphatierung	264
4.5.5.5	Schmierstoffe	267
4.5.5.6	Fertigungsbeispiele	268
4.6	Verbesserung der Gleiteigenschaften	269
5	Phosphatieranlagen	273
5.1	Anlagenelemente	274
5.1.1	Behälter für die Behandlungslösungen	274
5.1.1.1	Behälter für die Tauchphosphatierung	274
5.1.1.2	Behälter für die Spritzphosphatierung	276
5.1.2	Badheizung	277
5.1.3	Transporteinrichtungen	282
5.1.4	Spritzeinrichtungen	283
5.1.5	Einrichtungen zum Auftrag abgemessener Flüssigkeitsmengen	285
5.1.6	Trocknung	286
5.1.7	Entschlammung	286
5.1.8	Lagerung, Transport und Dosierung von Phosphatierchemikalien	288
5.1.9	Werkstoffe für den Anlagenbau	289
5.1.10	Prozesswasser, Spülbäder und Wasserführung	289
5.2	Behandlungsanlagen	290
5.2.1	Tauchanlagen für Einzelteile	291
5.2.2	Spritzanlagen für Einzelteile	295

5.2.3	Anlagen für die Bandbehandlung	297
5.2.4	Anlagen für die Durchlaufbehandlung von Draht	299
5.2.5	Dampfstrahl- und Hochdruckbehandlung	299
5.2.6	Pflege der Anlagen	301
6	Aufbereitung von Abwasser aus Phosphatieranlagen	302
6.1	Gesetzliche Bestimmungen	302
6.2	Übersicht über die Abfallstoffe	303
6.3	Abwasserführung	304
6.4	Methoden der Aufbereitung	304
6.4.1	Neutralisation	304
6.4.2	Chromat-Entgiftung	306
6.4.3	Nitrit-Entgiftung	306
6.4.4	Spülwasser-Kreislaufführung mit Ionenaustauschern	307
6.4.5	Emulsionsspaltung	307
6.4.6	Eindicken von Schlämmen aus Abwasseranlagen	308
6.5	Aufbereitungsanlagen	309
6.5.1	Diskontinuierliche Arbeitsweise	309
6.5.2	Kontinuierliche Arbeitsweise	310
6.6	Zinkphosphatieranlage mit totaler Kreislaufführung	311
6.7	Abwasser-Kontrolle, Analysenmethoden	312
7	Methoden zur Charakterisierung von Phosphatschichten	313
7.1	Bestimmung des Flächengewichtes	313
7.1.1	Flächengewichtsbestimmung nach dem Ablöseverfahren durch Wägung	314
7.1.2	Flächengewichtsbestimmung nach dem Ablöseverfahren ohne Wägung	315
7.1.3	Flächengewichtsbestimmung nachbehandelter Phosphatschichten	316
7.1.4	Messung des Flächengewichtes mittels Infrarot-Absorption	317
7.2	Bestimmung des Beizabtrages	317
7.3	Messung der Schichtdicke	318
7.3.1	Zerstörende Schichtdickenmessverfahren	318
7.3.2	Zerstörungsfreie Schichtdickenmessverfahren	319
7.4	Beziehungen zwischen Flächengewicht und Schichtdicke	320
7.5	Bestimmung der Porenfläche und Porenverteilung	321
7.6	Bestimmung der Rauheit	323

7.7	Bestimmung der Kristallgröße	324
7.8	Bestimmung des Phasenbestandes	325
7.9	Bestimmung elektrischer Eigenschaften	327
7.10	Nachweis und Identifikation von Phosphatschichten auf Metallen	328
7.10.1	Phosphat-Nachweis	330
7.10.2	Mangan-Nachweis	330
7.10.3	Zink-Nachweis	330
7.10.4	Calcium-Nachweis	330
7.11	Bestimmung des Kohlenstoffes in der Stahloberfläche	331
8	Analytische Kontrolle der Phosphatierchemikalien	332
8.1	Bestimmung der Freien Säure	333
8.2	Bestimmung des Gesamt-P ₂ O ₅	334
8.3	Bestimmung der Gesamt-Säure bzw. der Gesamt-Punktzahl	336
8.4	Bestimmung des Säureverhältnisses	338
8.5	Point of incipient precipitation (PIP)	338
8.6	Sonstige Bestimmungsmethoden	339
8.7	Automatische Konzentrationsregelung	340
8.8	Kontrolle der Konzentrate	347
9	Die anwendungstechnische Prüfung von Phosphatschichten	348
9.1	Prüfung des Korrosionsschutzes	348
9.1.1	Erscheinungsformen der Korrosion	348
9.1.2	Verfahren zur Prüfung des Korrosionsschutzes	351
9.1.2.1	Langzeitprüfverfahren	352
9.1.2.2	Salzsprühtest	352
9.1.2.3	Beanspruchung im Kondenswasserklima	353
9.1.2.4	Beanspruchung im Kondenswasserklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre	353
9.1.2.5	Prüfung der Filiformkorrosion	353
9.1.2.6	Waschlaugentest	354
9.1.2.7	Prüfungen mit zyklisch wechselnder Beanspruchung	354
9.1.2.8	Korrosionsprüfung im Automobilfahrttest	354
9.1.2.9	Weitere, auch elektrochemische Kurzprüfungen	354
9.2	Prüfung der Haftfestigkeit	355
9.2.1	Dornbiegeprüfung	355
9.2.2	Gitterschnittprüfung	356

9.2.3	Erichsentiefung	356
9.2.4	Schlagtiefung	356
9.2.5	Näpfchenzug	356
9.2.6	T-Bend-Test	357
9.2.7	Steinschlagprüfung	357
9.3	Kombinierte Haftungs- und Korrosionsprüfungen	357
9.4	Prüfung der Gleiteigenschaften	358
9.5	Prüfung der elektrischen Isolation	358
10	Literatur	359
11	Stichwortverzeichnis	382
	Anzeigenteil	393