



Leseprobe

Oberflächentechnik in der Kunststoffverarbeitung

Vorbehandeln, Beschichten, Bedrucken, Funktionalisieren, Prüfen

Herausgegeben von Markus Lake

ISBN (Buch): 978-3-446-44675-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-44949-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44675-5>

sowie im Buchhandel.

Vorwort zur 2. Auflage

Die erste Auflage des Buches wurde in der Fachwelt sehr positiv aufgenommen, was vermutlich damit zusammenhing, dass es bis dato kein vergleichbares Werk zum Thema „Oberflächentechnik in der Kunststoffverarbeitung“ gab. Der Aufbau und der Grundgedanke zur Gliederung der einzelnen Kapitel wurden auch in der zweiten Auflage beibehalten, wodurch dieses Buch für den erfahrenen Praktiker als auch für den Einsteiger interessant ist. Am Lehr- und Forschungsgebiet „Produktionstechnik und Beschichtungsverfahren“ der Hochschule Niederrhein wird dieses Fachbuch in der Lehre und Ausbildung von Bachelorstudierenden mit dem Schwerpunkt „Produktionstechnik“ und Masterstudierenden der Fachrichtung „Oberflächentechnik“ mit großem Erfolg eingesetzt. Eine wesentliche Neuerung besteht darin, dass dieses Fachbuch erstmalig zusätzlich mit einer elektronischen Version (E-Book Inside) ausgestattet wird. Die farbigen Darstellungen und Abbildungen werden über ein downloadbares E-Book bereitgestellt.

Mein Dank an dieser Stelle gilt den Autorinnen und Autoren, die mit ihrem fundierten Wissen die zweite Auflage des Fachbuches inhaltlich mit Leben gefüllt und praxisnah gestaltet haben.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meiner Lektorin Frau Wittmann vom Carl Hanser-Verlag bedanken, die mit stetem Interesse und ebenso viel Geduld den Fortschritt des Buches verfolgt hat. Ferner möchte ich auch Herrn Strohbach danken, der wesentlich zur Herstellung der zweiten Ausgabe beigetragen hat.

Markus Lake

Krefeld, Juni 2016

Vorwort zur 1. Auflage

Die Oberflächen von Kunststoffprodukten werden vielfach durch nachgeschaltete Prozessschritte modifiziert und veredelt, um definierte Eigenschaften und Funktionen einzustellen. Beispiele hierfür sind das Lackieren von Komponenten im Fahrzeugbau, das Bedrucken und Etikettieren von Verpackungen, das Laserbeschriften von Computertastaturen, die Beschichtungstechnik für das Aufbringen von Verschleißschutz- und Barrierschichten bis hin zum Beflocken von Bauteilen zur Verbesserung der Reibeigenschaften. Hierbei stellt die Oberflächentechnik Werkzeuge und Prozesse bereit, um Komponenten und Produkte aus Kunststoff für die spätere Anwendung zu funktionalisieren und zu veredeln. Aufgrund der vielfältigen Fragestellungen aus den unterschiedlichen Bereichen, z. B. der Kunststofftechnik, der Vorbehandlung, der Applikations- und Prüftechnik, kann die Oberflächentechnik als ein interdisziplinäres Arbeitsgebiet angesehen werden. Die Einzelschritte zur Behandlung von Kunststoffoberflächen müssen in der Abfolge wohl durchdacht und differenziert aufeinander abgestimmt werden, um die gewünschten Oberflächeneigenschaften am Endprodukt abzubilden. So kann es beispielsweise unabdingbar sein, vor der Lackierung oder dem Aufbringen von Klebetiketten die Kunststoffoberfläche durch geeignete Vorbehandlungsprozesse vorzubereiten, damit eine ausreichende Haftung der Lackschicht oder des Labels sichergestellt wird.

In dem Fachbuch werden industriell etablierte Verfahren der Oberflächentechnik, z. B. die Vorbehandlung, die Lackier- und Drucktechnik, das Aufkleben und Etikettieren, das Laserbeschriften, die Dünnschichttechnik, das Beflocken, die Oberflächenstrukturierung bis hin zum Folienhinterspritzen sowie die verfahrensspezifische Prüftechnik grundlegend beschrieben und vorgestellt. Ausgehend von einer Betrachtung der verfahrenstechnischen Besonderheiten werden Vor- und Nachteile im Hinblick auf kunststofftechnische Anwendung diskutiert und die Einsatzgrenzen aufgezeigt. Zahlreiche Praxisbeispiele weisen die Möglichkeiten der verschiedenen Oberflächentechniken auf und vermitteln dem Leser einen Eindruck über die Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten. Der Aufbau der einzelnen Kapitel orientiert sich an dem Grundsatz „vom Allgemeinen zum Speziellen“, sodass die Leser in die Lage versetzt werden, hinsichtlich der verschiedenen Verfahren der Oberflächen-

technik zu differenzieren und das für ihren speziellen Anwendungsfall am besten geeignete Verfahren auszuwählen.

Bedanken möchte ich mich bei den Autorinnen und Autoren, die mit ihrem fundierten Praxiswissen das Fachbuch inhaltlich mit Leben gefüllt und selbst hochkomplexe Sachverhalte gut verständlich aufbereitet und somit zu einem guten Verständnis beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Lektorin Frau Monika Stüve, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand sowie Frau Christine Strohm und Herrn Steffen Jörg vom Carl Hanser Verlag. Frau Birgit Nauland danke ich ganz herzlich für die sehr gewissenhafte Durchführung der Korrekturarbeiten und für die tatkräftige Unterstützung bei der organisatorischen Abwicklung.

Markus Lake

Würzburg, Oktober 2009

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage	V
Vorwort zur 1. Auflage	VII
Die Autoren	XXIII
Kurzzeichen von Kunststoffen	XXV
1 Einleitung und Einführung in die Oberflächentechnik	1
2 Reinigung und Aktivierung	3
2.1 Einleitung	3
2.2 Grundlagen zu Benetzung und Oberflächenenergie	4
2.3 Reinigungsverfahren	8
2.3.1 Manuelle Reinigung	8
2.3.2 Mechanische Reinigung	9
2.3.3 Schwertbürstenreinigung	10
2.3.4 Ionisation	15
2.3.5 Trockeneisreinigung	19
2.3.6 Laserreinigung	22
2.3.7 Nasschemische Reinigung	27
2.4 Aktivierungsverfahren	29
2.4.1 Beflammung	30
2.4.2 Corona-Behandlung	34
2.4.2.1 Direkte Coronaentladung	35
2.4.2.2 Indirekte Coronaentladung	36
2.4.3 VUV-Vorbehandlung	41
2.4.4 Plasmatechnologie	45
2.4.4.1 Atmosphärendruckplasma (AD-Plasma)	45
2.4.4.2 Niederdruckplasma (ND-Plasma)	49
2.4.4.2.1 Plasmamodifizierung/-aktivierung	50

2.4.4.2.2	Plasmareinigung	50
2.4.4.2.3	Beschichtung im Niederdruckplasma (Plasmapolymerisation)	50
2.4.4.2.4	Plasmaätzen	51
2.4.5	Fluorierung	54
2.5	Schlussbetrachtung	57
	Literatur zu Kapitel 2	58
3	Beschichtungstechnik	61
3.1	Einleitung	61
3.2	Galvanisieren von Kunststoffen	62
3.2.1	Verfahrensschritte	63
3.2.1.1	Beizen	64
3.2.1.2	Reduzieren	65
3.2.1.3	Aktivieren und Beschleunigen	65
3.2.1.4	Chemische Metallisierung	66
3.2.1.5	Elektrolytische Galvanisierung	67
3.2.1.5.1	Vornickel	68
3.2.1.5.2	Kupfer	69
3.2.1.5.3	Nickel	69
3.2.1.5.4	Chrom	70
3.2.2	Spezielle Aspekte	71
3.2.2.1	Partielle Galvanisierung	71
3.2.2.2	Ausschussproblematik	72
3.2.2.3	Kunststoff- und galvanisiergerechte Konstruktion	73
3.2.2.3.1	Scharfe Ecken und Kanten	74
3.2.2.3.2	Gestellaufnahme und Kontaktierungsstellen	75
3.2.2.3.3	Sacklöcher und Hinterschneidungen	75
3.2.2.3.4	Nuten, Schlitze und Bohrungen	75
3.2.2.3.5	Große und ebene Flächen	76
3.2.2.3.6	Anschnittposition	76
3.2.2.3.7	Vorteile	76
3.2.2.3.8	Nachteile	76
3.2.3	Prüftechnik	77
3.2.4	Verarbeitbare Kunststoffe	78
3.2.4.1	Acrylnitril-Butadien-Styrol	78
3.2.4.2	Polyamid	79
3.2.4.3	Polypropylen	81
3.2.4.4	Weitere Kunststoffe	82
3.2.5	Anwendungsgebiete und Praxisbeispiele	82
3.3	Physikalische Dampfphasenabscheidung (Physical-Vapor-Deposition)	86

3.3.1	Verhalten der Kunststoffe im Vakuum	88
3.3.2	Reinigung und Vorbehandlung	89
3.3.3	Thermisches Verdampfen	92
3.3.3.1	Direkte Widerstandsbeheizung	92
3.3.3.2	Indirekt beheizte Quellen	94
3.3.4	Elektronenstrahlverdampfen	95
3.3.5	Hochleistungs-Kathodenzerstäuben	97
3.3.6	Anlagentechnik und Bauteilbestückung.	99
3.3.7	Anwendungsbeispiele.	103
3.3.7.1	Bedampfung von Bahnware	103
3.3.7.1.1	Anwendungen auf Kunststofffolien	104
3.3.7.1.1.1	Antistatische Verpackungen.	104
3.3.7.1.1.2	Kondensatorfolien	105
3.3.7.1.1.3	Lebensmittelverpackung.	105
3.3.7.2	Optische und dekorative Schichten	106
3.3.7.3	Schichten für Elektronik und Elektrotechnik.	112
3.3.7.3.1	Abschirmschichten	112
3.3.7.3.2	Aluminium-Abschirmschichten	113
3.3.7.3.3	Kupfer-Abschirmschichten	115
3.3.7.3.4	Ableitung von Ladungen.	116
3.4	Thermisches Spritzen	117
3.4.1	Flamecon-Verfahren	117
3.5	Lackiertechnik.	119
3.5.1	Lacksysteme	120
3.5.1.1	Klassifizierung und Aufgaben der Lacksysteme	121
3.5.1.1.1	Grundlack.	121
3.5.1.1.2	Zwischenlack	121
3.5.1.1.3	Decklack	121
3.5.1.2	Einteilung nach Farbe und Effekt.	122
3.5.1.3	Typische Lackaufbauten für die Kunststofflackierung	122
3.5.1.4	Zusammensetzung der Lacksysteme.	124
3.5.1.4.1	Bindemittel.	125
3.5.1.4.2	Lösemittel	125
3.5.1.4.3	Pigmente, Farbstoffe und Effektmittel.	126
3.5.1.4.4	Additive.	127
3.5.1.5	Filmbildungsprozess und Reaktionsmechanismen	127
3.5.1.5.1	Polyaddition	128
3.5.1.5.2	Polykondensation.	129
3.5.1.6	Wirtschaftlichkeit von Lacksystemen	130
3.5.2	Applikationstechnik	130
3.5.2.1	Applikationsverfahren	131

3.5.2.1.1	Direkte Applikationsverfahren.....	131
3.5.2.1.1.1	Tauchen.....	131
3.5.2.1.1.2	Fluten.....	132
3.5.2.1.1.3	Rakeln.....	132
3.5.2.1.2	Indirekte Applikationsverfahren.....	132
3.5.2.1.2.1	Sprüh-/Spritzapplikation.....	133
3.5.2.1.2.2	Airlesszerstäuben.....	133
3.5.2.1.2.3	Pneumatisches Zerstäuben.....	133
3.5.2.1.2.4	Hochrotationszerstäubung.....	134
3.5.2.1.2.5	Hochrotationszerstäubung mit elektrostatischer Unterstützung.....	135
3.5.2.2	Charakteristik und Einflüsse des Spritz-/Sprühstrahls	138
3.5.2.2.1	Pneumatischer Spritz-/Sprühstrahl.....	138
3.5.2.2.2	Hochrotationszerstäubter Spritz-/Sprühstrahl.....	140
3.5.2.3	Weitere Einflussfaktoren auf das Lackierergebnis.....	141
3.5.2.4	Machbarkeitsanalyse von Oberflächenqualitäten.....	143
3.5.2.5	Methoden zur Optimierung der Oberflächenqualität ..	144
3.5.2.6	Entwicklungsarbeiten.....	146
3.5.3	Anwendungen.....	148
3.5.3.1	Automobilindustrie Pkw.....	149
3.5.3.1.1	Außenteile.....	150
3.5.3.1.2	Innenteile.....	151
3.5.3.1.3	Motorraumkomponenten und Aggregate.....	152
3.5.3.1.4	Karosseriebauteile (Thermoplastische Werkstoffe)....	153
3.5.3.1.4.1	Karosseriebauteile, Heckdeckel, Kofferraumdeckel und Dachmodule (Duromere Werkstoffe).....	155
3.5.3.1.5	Antennendachmodul (Thermoplast-Duromer- Kombination).....	155
3.5.3.1.6	Carbonfaser-Sichtoptik.....	157
3.5.3.1.7	Glasersatz und Automotive-Glazing.....	158
3.5.3.2	Nutzfahrzeugindustrie.....	159
3.5.4	Gründe für die Lackierung von Kunststoffen.....	160
3.5.4.1	Schutzwirkung und Protektion.....	161
3.5.4.2	Aussehen, Optik und Dekoration.....	162
3.5.4.3	Besondere Funktionen und spezielle Eigenschaften ..	162
3.5.5	Lackeigenschaften.....	163
3.5.6	Lackentwicklung.....	164
3.5.6.1	Reduzierung der Zahl der Schichten.....	164
3.5.6.2	Niedrigere Schichtdicken der Einzelschichten.....	165
3.5.6.3	Schnellere Trocknung.....	165
3.5.6.4	Wirtschaftlichere Applikationen.....	166

3.5.6.5	Standardisierung zu Einheitsprodukten	166
3.5.6.6	Neue Produkttechnologien	166
3.5.6.7	Neue Applikationstechniken	167
3.5.7	Spezifikationen, Fehlersuche, Fehleranalyse und Fehlerbilder ...	167
3.5.7.1	Spezifikationen	167
3.5.7.2	Fehlersuche und Fehleranalyse	169
3.5.7.3	Kategorisierung von Fehlerbildern	170
3.5.7.3.1	Blasen	171
3.5.7.3.2	Fasereinschluss	173
3.5.7.3.3	Fremdpartikeleinschluss	173
3.5.7.3.4	Substratfehler	174
3.5.7.3.5	Krater	174
3.5.7.3.6	Rückstand auf Substrat	175
3.5.7.3.7	Härterhaut	175
3.5.7.3.8	Lackhaftfestigkeitsschaden nach HDW-Test DIN 55662	176
3.5.7.3.9	Fehlstellen nach Bewitterung	177
3.5.7.3.10	Pilzbefall	178
Literatur zu Kapitel 3		179
4	Drucktechnik	183
4.1	Einleitung	183
4.2	Siebdruck	186
4.2.1	Verfahren	186
4.2.1.1	Grafischer Siebdruck	187
4.2.1.2	Industriesiebdruck	188
4.2.1.3	Schaltungsdruck	188
4.2.1.4	Glasbedruckung und Beschichtungen	188
4.2.1.5	Bedruckung von Formteilen und Spezialdrucke	188
4.2.1.6	Textil-Siebdruck	189
4.2.2	Siebdruckform	189
4.2.2.1	Siebdruckrahmen	189
4.2.2.2	Schablonenträger	190
4.2.2.3	Kennzeichnung und Geometrie des Schablonenträgers	192
4.2.2.4	Bindeart	193
4.2.2.5	Gewebegeometrie	193
4.2.2.6	Spannen des Schablonenträgers	195
4.2.2.7	Schablonenherstellung	197
4.2.2.7.1	Gewebevorbehandlung	198
4.2.2.7.2	Schablonenherstellungsverfahren	198
4.2.2.7.3	Fotomechanische Verfahren	198

4.2.2.7.4	Direktschablonen	199
4.2.2.7.5	Direktfilm/Kapillarfilm	201
4.2.2.7.6	Indirektschablone	202
4.2.2.7.7	Galvanische- und Laserverfahren	202
4.2.2.8	Bebildung der Siebdruckform	203
4.2.2.8.1	Kontaktkopie	203
4.2.2.8.2	Projektionsbelichtung	205
4.2.2.8.3	Filmlose Bebilderung Computer-to-Screen	206
4.2.3	Druckvorgang	207
4.2.3.1	Rakel	207
4.2.3.2	Hauptdruckprinzipien	209
4.2.3.2.1	Flachbett-Siebdruck	209
4.2.3.2.2	Flachform-Zylindersiebdruck	211
4.2.3.2.3	Rotationsiebdruck	211
4.2.3.2.4	Rund- und Körpersiebdruck	213
4.2.4	Trocknung	213
4.2.5	Ausblick	213
4.3	Flexodruck	214
4.3.1	Bauweisen von Flexodruckmaschinen	215
4.3.1.1	Zentralzylinderdruckmaschinen	215
4.3.1.2	Reihenflexodruckmaschinen	216
4.3.1.3	Bogenflexodruckmaschinen	217
4.3.2	Aufbau und Herstellung von Flexodruckformen	218
4.3.2.1	Fotopolymere Flexodruckformen	219
4.3.2.2	Direktgravur	221
4.3.3	Druckbildlängenänderung und die erforderliche Verkürzung	222
4.3.4	Handling und Vorbereitung für die Montage und den Druck	222
4.3.4.1	Druckwerk	224
4.3.4.2	Druckformsleeve und Druckformzylinder	224
4.3.4.3	Rasterwalzensleeve, Rasterwalze und Rakelsystem	227
4.3.5	Besonderheiten beim Rüsten der Druckmaschine	231
4.3.6	Einsatz von Flexodruckmaschinen in der Druckindustrie	232
4.4	Offsetdruck	233
4.4.1	Offsetdruckform und Herstellungsprozess	234
4.4.1.1	Druckwerk – Komponenten Druckplatten-, Gummituch- und Gegendruckzylinder	237
4.4.1.2	Druckwerk – Komponente Farbwerk und unterschiedliche Varianten	238
4.4.1.3	Druckwerk – Komponente Feuchtwerk	242
4.4.2	Maschinenbauweisen	244
4.4.2.1	Bogenoffsetdruckmaschinen in Reihenbauweise	244

4.4.2.2	Bogenoffsetdruckmaschinen in Fünf-Zylinder- und Satellitenbauweise	245
4.4.2.3	Rollenoffsetdruckmaschinen	246
4.4.2.4	Heat-Set-Rollenoffsetdruck	246
4.4.2.5	Zeitungsrotationen (Coldset)	247
4.4.3	Anwendung des Offsetdrucks	248
4.5	Tiefdruck	248
4.5.1	Einsatzgebiete	250
4.5.2	Aufbau der Tiefdruckform	251
4.5.2.1	Dünnschichtverfahren	253
4.5.2.2	Ballardhautverfahren	253
4.5.2.3	Dickschichtverfahren	253
4.5.3	Herstellung der Tiefdruckform	254
4.5.3.1	Elektromechanische Gravur	255
4.5.3.2	Laser-Ätz-Verfahren	259
4.5.3.3	Lasergravur	262
4.5.4	Tiefdruckfarbe	265
4.5.5	Tiefdruckmaschinen	266
4.5.5.1	Trocknung	268
4.5.5.2	Schön- und Widerdruck	269
4.5.5.3	Automatischer Rollenwechsel	270
4.5.5.4	Elektrostatische Druckunterstützung (ESA)	271
4.6	Digitaldruck	272
4.6.1	Kategorien des Digitaldrucks	272
4.6.2	Einsatzgebiete	274
4.6.3	Datenaufbereitung für den Digitaldruck	275
4.6.3.1	Raster Image Processor	275
4.6.3.2	Raster	275
4.6.4	Elektrofotografie	277
4.6.4.1	Druckprozess	277
4.6.4.1.1	Aufladung	277
4.6.4.1.2	Belichtung	277
4.6.4.1.3	Entwicklung	277
4.6.4.1.4	Farbübertragung	278
4.6.4.1.5	Tonerfixierung	278
4.6.4.1.6	Reinigung	278
4.6.4.2	Systemkomponenten	279
4.6.4.2.1	Fotoleiter	279
4.6.4.2.2	Bebilderungseinheit	280
4.6.4.2.2.1	Aufladungseinheit	280
4.6.4.2.2.2	Zeichengenerator	281

4.6.4.2.3	Entwicklungseinheit und Toner	281
4.6.4.2.4	Tonerfixiereinheit	283
4.6.4.3	Maschinenkonzepte	283
4.6.4.4	Einsatzgebiete	284
4.6.5	Magnetografie	284
4.6.5.1	Druckprozess	284
4.6.5.1.1	Bebilderung	285
4.6.5.1.2	Entwicklung	285
4.6.5.1.3	Retouching	285
4.6.5.1.4	Farbübertragung	285
4.6.5.1.5	Fixierung	286
4.6.5.1.6	Reinigung	286
4.6.5.1.7	Löschen der Trommel	286
4.6.5.2	Maschinenkomponenten	286
4.6.5.2.1	Bebilderungstrommel	286
4.6.5.2.2	Bebilderungseinheit	286
4.6.5.2.3	Toner	286
4.6.5.2.4	Fixierungseinheit	287
4.6.6	Thermografie	287
4.6.6.1	Direkte Thermografie	287
4.6.6.2	Transferthermografie	288
4.6.6.2.1	Thermotransfer	288
4.6.6.2.2	Thermosublimation	289
4.6.6.3	Maschinenkomponenten	290
4.6.6.3.1	Farbträgerband	290
4.6.6.3.2	Bebilderungseinheit	291
4.6.6.4	Einsatzgebiete	291
4.6.7	InkJet	292
4.6.7.1	Continuous-InkJet-Technologie	294
4.6.7.1.1	Binary-Deflecting	294
4.6.7.1.2	Multi-Deflecting	295
4.6.7.2	Drop-on-Demand-Technologie	295
4.6.7.2.1	Thermoelektrische Tintendruckwerke (Bubble-Jet)	295
4.6.7.2.2	Piezo-InkJet	296
4.6.7.3	Verdruckstoffe	297
4.6.7.4	Maschinenkonzepte	298
4.6.7.4.1	InkJet-Arrays	298
4.6.7.4.2	Oszillierende oder stationäre Drucksysteme	298
4.6.7.5	Einsatzgebiete	299
4.7	Tampondruck	301
4.7.1	Druckform	302

4.7.1.1	Klischeetypen	302
4.7.1.2	Kunststoffklischee	303
4.7.1.3	Band- und Dünnstahlklischee	304
4.7.1.4	Stahlklischees	305
4.7.1.5	Keramikklichees	305
4.7.1.6	Laser-Klischee	306
4.7.2	Rasterung im Tampondruck	306
4.7.3	Stanzung und Lochung	307
4.7.4	Klischeetiefe	307
4.7.5	Tampon	307
4.7.5.1	Herstellung	308
4.7.5.2	Tamponeigenschaften	308
4.7.5.3	Tamponform	308
4.7.5.4	Tamponhärte	309
4.7.5.5	Tamponvolumen	309
4.7.6	Druckvorgang	309
4.7.7	Druckfarben	311
4.7.8	Maschinentechnik	311
4.7.8.1	Farbsystem	311
4.7.8.1.1	Offenes System	311
4.7.8.1.2	Geschlossene Systeme	313
4.7.8.2	Tamponbewegung	314
4.7.8.2.1	Vertikale Tamponbewegung	314
4.7.8.2.2	Vertikale und horizontale Tamponbewegung	315
4.7.8.2.3	Rotative Bewegung	316
4.7.8.3	Antriebstechniken	317
4.7.8.3.1	Elektro-mechanischer Antrieb	317
4.7.8.3.2	Pneumatischer Antrieb	317
4.7.8.3.3	Hydraulischer Antrieb	318
4.7.8.4	Druckformat	318
4.7.8.5	Anzahl der Druckfarben	318
4.7.8.6	Werkstückaufnahmen und Bedruckstoffzufuhr	319
4.7.8.6.1	Carreetisch	320
4.7.8.6.2	Rundschaltteller	321
4.7.8.6.3	Linearband	321
4.7.8.6.4	Taktvorschubgerät	322
4.7.9	Rotationsdruck	323
4.8	Vergleich der Druckverfahren und deren Bewertung	324
4.8.1	Offsetdruck	326
4.8.2	Flexodruck	327
4.8.3	Tiefdruck	328

4.8.4	Tampondruck	329
4.8.5	Siebdruck	330
4.8.6	Non-Impact-Printing	331
4.8.7	Zusammenfassung	333
	Literatur zu Kapitel 4	334
5	Laserstrahlbeschriftung	335
5.1	Einführung	335
5.2	Warum Laserbeschriftung?	337
5.3	Lasertypen für das Beschriften	338
5.3.1	Sealed-off CO ₂ -Laser	338
5.3.2	Excimerlaser	338
5.3.3	Diodengepumpte Q-switch Festkörperlaser	338
5.3.4	Faserlaser	340
5.3.5	Diodenlaser	341
5.4	Laserbeschriftungstechniken	342
5.4.1	Prinzip der Vektorbeschriftung	342
5.4.2	Prinzip des Maskenprojektionsverfahrens	343
5.4.3	Prinzip des Rasterverfahrens	344
5.4.4	Verfahren im Vergleich	344
5.5	Strahlqualität	345
5.6	Effekte bei der Laserbeschriftung	348
5.6.1	Kunststoffe	348
5.6.1.1	Die Rolle der Laserwellenlänge	350
5.6.1.2	Effekte bei der Laserbeschriftung von Kunststoffen	351
5.6.1.3	Welche Kunststoffe sind beschriftbar?	353
5.6.2	Metalle	357
5.6.3	Tiefengravur	359
5.7	Rückverfolgbarkeit in der Industrie	361
5.7.1	Codierungen (DataMatrix-Code, Barcode)	362
5.7.2	Aufbau des DataMatrix-Code	363
5.7.3	Herstellungsmöglichkeiten von DataMatrix-Codes	364
5.7.4	Auslesen der Codes	365
5.7.4.1	Kernpunkte der AIM	365
5.7.4.1.1	Kontrast (Symbol Contrast)	365
5.7.4.1.2	Zellengröße (Print-Growth)	365
5.7.4.1.3	Achsiale Unförmigkeit (Axial-Nonuniformity)	366
5.7.4.1.4	Ungenutzte Fehlerkorrektur (Unused-Error-Correction)	366
5.7.4.1.5	Gesamtgüte (Overall-Grade)	366
5.7.4.2	Prozesssichere Lesbarkeit	367

5.7.4.3	Besonderheiten	368
5.8	Tag-Nacht-Design.....	369
5.9	Laserbeschriftungsfolien	371
5.10	Leiterplattenbeschriftung.....	371
5.11	Weitere Anwendungsbeispiele.....	373
5.12	Handlingsysteme.....	375
5.12.1	Doppelkopfsystem.....	376
5.12.2	Marking-on-the-Fly.....	376
5.12.3	Kostenaspekte	377
5.12.4	Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit	378
5.13	Bewertung und Fehlermöglichkeiten	379
5.14	Zusammenfassung	380
	Literatur zu Kapitel 5.....	381
6	Etikettieren	383
6.1	Kaltleim-Etikettierung	385
6.2	Heißleim-Etikettierung.....	386
6.3	Sleeve-Etikettierung	387
6.4	Haftetikettierung.....	388
	Literatur zu Kapitel 6.....	389
7	Beflocken von Kunststoffen.....	391
7.1	Einführung.....	391
7.2	Technische Grundlagen der Beflockung.....	391
7.3	Verfahrensablauf.....	396
7.3.1	Vorbehandlung	396
7.3.2	Klebstoffauftrag.....	396
7.3.3	Beflockung.....	397
7.3.4	Trocknung	397
7.3.5	Endreinigung.....	397
7.4	Flockklebstoffe.....	398
7.5	Flockfasern.....	399
7.6	Flockgeräte und Flockanlagen	401
7.7	Prüfgeräte und Prüfverfahren	408
7.7.1	Bestimmung des elektrischen Widerstandes von Flock.....	408
7.7.2	Springprüfung.....	410
7.7.3	Trennfähigkeitsprüfung.....	414
7.7.4	Bestimmung der Flockdimensionen und Geometrienanalyse	417
7.7.5	Restflockmessung.....	418
7.7.6	Hochspannungsprüfung.....	419
7.7.7	Abriebprüfung.....	420

7.7.8 Ausreißprüfung.....	422
7.8 Eigenschaften beflockter Oberflächen und Anwendungsbeispiele	423
Literatur zu Kapitel 7.....	430
8 Oberflächenstrukturierung	431
8.1 Einleitung.....	431
8.2 Funkenerosion.....	434
8.3 Photoätztechnik.....	438
8.4 Strahlverfahren	441
8.5 Laserstrukturieren	442
8.6 Course4 [®] -Technologie.....	444
8.7 Sprengprägen.....	446
8.8 Cera-Shibo-Technologie.....	450
Literatur zu Kapitel 8.....	451
9 Folienhinterspritzen	453
9.1 Einleitung.....	453
9.2 Inmold-Decoration (IMD-Verfahren)	453
9.2.1 IMD-Prozess.....	454
9.2.2 IMD-Folien.....	456
9.2.3 IMD-Werkzeug.....	457
9.2.4 IMD-Vorschubgerät.....	457
9.2.5 Spezielle Aspekte	459
9.2.6 Prüftechnik	460
9.2.7 Verwendbare Kunststoffe.....	460
9.2.8 Anwendungsgebiete und Praxisbeispiele.....	461
9.3 Klassisches Folienhinterspritzen.....	464
9.3.1 FIM-Prozess.....	464
9.3.2 Bedrucken von Folien.....	467
9.3.3 Verformen von Folien	467
9.3.4 Beschneiden von Folien	468
9.3.5 Fixierung im Werkzeug.....	469
9.3.6 Werkzeugtechnik	469
9.3.7 Spezielle Aspekte	470
9.3.8 Prüftechnik	472
9.3.9 Verwendbare Kunststoffe.....	472
9.3.10 Anwendungsgebiete und Praxisbeispiele.....	473
Literatur zu Kapitel 9.....	479
10 Prüftechnik	481
10.1 Einleitung.....	481

10.2 Glanz und Glanzmessung.....	484
10.2.1 Einstrahlungswinkel.....	487
10.2.2 Bild-Aperturwinkel.....	487
10.2.3 Blenden-Aperturwinkel.....	488
10.2.4 Reflektometerwert.....	488
10.3 Farbwahrnehmung und Farbmessung.....	489
10.4 Rauigkeits- und Topographiemessung.....	498
10.5 Kratzbeständigkeitsprüfungen und Abrieb.....	502
10.5.1 Erichsen-Härteprüfung.....	502
10.6 Beständigkeitsprüfungen gegen Temperatur, Witterung und Alterung ..	512
10.7 Haftung.....	520
Literatur zu Kapitel 10.....	526
Stichwortverzeichnis.....	527

und Prozessschritte erfolgt immer unter Berücksichtigung der zu erzielenden Oberflächeneigenschaften, der zu bearbeitenden Stückzahlen und der Reproduzierbarkeit, sodass eine hohe Produktivität unter ökonomischen Gesichtspunkten realisiert werden kann.

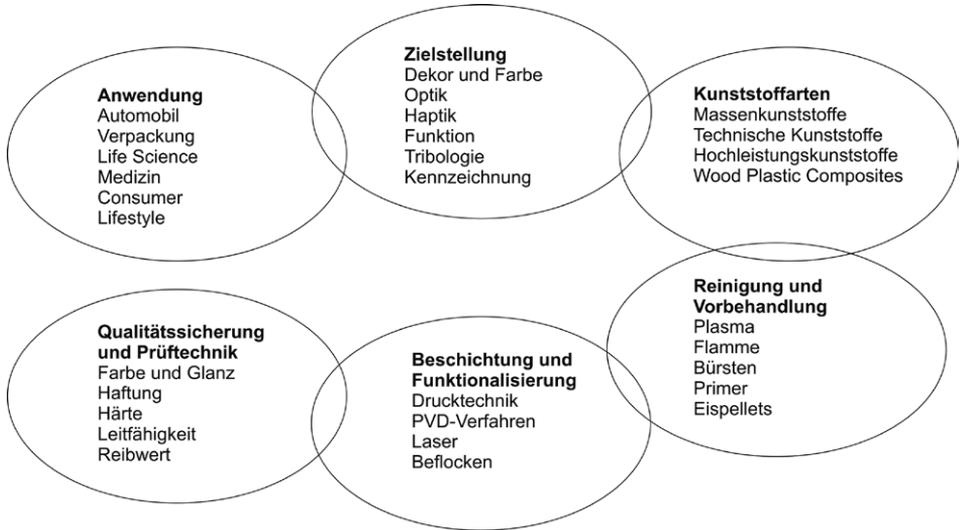


Bild 1.1 Spannungsfeld Oberflächentechnik

2

Reinigung und Aktivierung

Simone Fischer

■ 2.1 Einleitung

Als Oberfläche wird im allgemeinen Sprachgebrauch eine dünne äußere Randschicht bezeichnet, die Farbe, Glanz und Rauheit eines Werkstücks bestimmt.

Werden technische Oberflächen betrachtet, so zeigen diese Welligkeiten und Rauheiten oder sind mit Verarbeitungshilfsmitteln belegt. Neben der von außen sichtbaren Oberfläche ist für die spätere Produktqualität auch die Zusammensetzung dieser dünnen Schichten und der Aufbau der Grenzfläche zwischen Grund- und Beschichtungsmaterial von entscheidender Bedeutung. Je nachdem welche technologisch wichtigen Eigenschaften und Prozesse betrachtet werden, wird die Dicke dieser Grenzschicht von $< 1 \text{ nm}$ bis zu $1 \text{ }\mu\text{m}$ angenommen (siehe Bild 2.1).

Die Abreinigung dieser für die Netzung, Haftfestigkeit und Oberflächenenergie störenden Grenzschichten von der Oberfläche ist äußerst wichtig, damit sich z. B. der aufgetragene Lack in der Polymeroberfläche verankern kann.

Die Haftfestigkeit auf vielen Kunststoffen ist problematisch, da diese meist eine viel niedrigere Oberflächenenergie als die Beschichtungsmedien aufweisen.

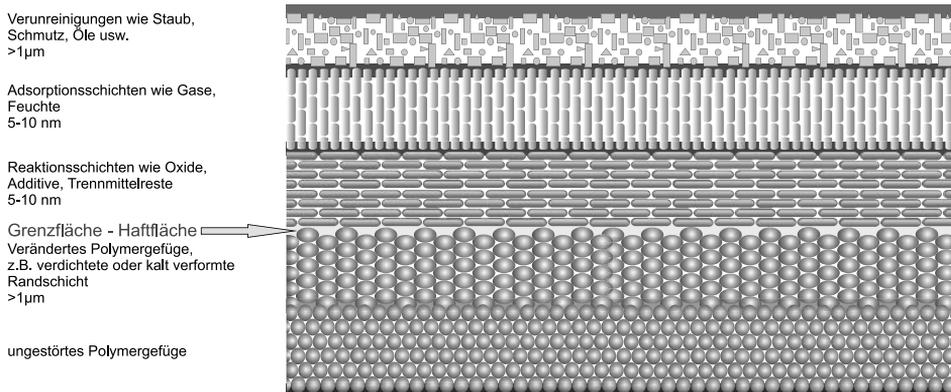


Bild 2.1 Äußere Grenzschichten beeinflussen entscheidend die Oberflächeneigenschaften

Grund dafür sind fehlende funktionelle Gruppen, die mit der applizierten Substanz wechselwirken bzw. Bindungen eingehen können. Eine Möglichkeit, solche Haftzentren an der Oberfläche zu erzeugen, ist ein Primerauftrag. Da diese Applikation mit einer Lackierung gleichzusetzen ist, wird in diesem Kapitel nicht darauf eingegangen. Polymere sind in ihrem molekularen Aufbau sehr vielfältig und erfordern deshalb jeweils eine spezielle, genau abgestimmte Vorbehandlung, die sehr gezielt an den jeweiligen Werkstoff und den nachfolgenden Auftrag angepasst werden muss.

■ 2.2 Grundlagen zu Benetzung und Oberflächenenergie

Zwischen Flüssigkeiten und Festkörpern wirken molekulare Kräfte, die sogenannten Kohäsionskräfte, die in oberflächennahen Bereichen eine nach innen gerichtete Kraft bewirken. Daher muss potenzielle Arbeit verrichtet werden, um die Flächeneinheit einer neuen Oberfläche zu erzeugen. Die Oberflächenspannung s ist das Verhältnis aus der zur Oberflächenvergrößerung benötigten Arbeit dW zur Oberflächenänderung dA , $s = dW/dA$. Die Einheit ist Milli-Newton pro Meter [mN/m].

Die Benetzbarkeit von Werkstoffoberflächen ist eine Grundvoraussetzung für haftfeste Beschichtungen. Nach Zisman gilt, dass eine Flüssigkeit auf einem Festkörper dann spreitet, d. h. die Oberfläche gut benetzt, wenn die Oberflächenspannung der Flüssigkeit kleiner oder gerade gleich der Oberflächenenergie des Festkörpers ist (siehe Bild 2.2).

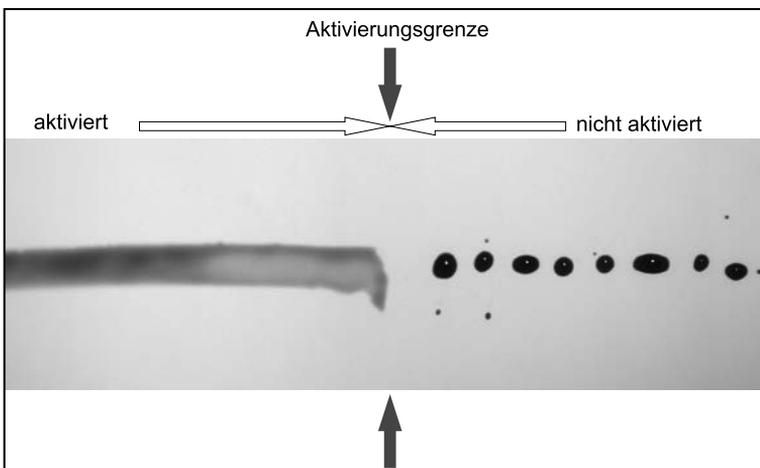


Bild 2.2 Benetzende und nicht benetzende Oberfläche

Die Oberflächenenergie kann als messbare Größe für die Bindungskräfte an der Oberfläche angesehen werden, hierbei gilt:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_d \quad (2.1)$$

mit

σ : Oberflächenenergie,

σ_p : polarer Anteil der Oberflächenenergie,

σ_d : disperser Anteil der Oberflächenenergie.

Die Oberflächenenergie setzt sich aus einem dispersen und einem polaren Anteil zusammen. Die polaren Kräfte haben ihre Ursache in unterschiedlichen Elektro-negativitäten der Atome eines Moleküls, woraus sich permanente Dipole ergeben. Die Dispersionskräfte entstehen durch temporär unsymmetrische Ladungsverteilungen und sind somit zwischen allen Molekülen vorhanden [1]. Die Praxis hat gezeigt, dass der polare Anteil der Oberflächenenergie für die Haftfestigkeit entscheidend ist. So ist die Haftfestigkeit dann am besten, wenn die polaren Anteile der Oberflächenenergie von Beschichtungsmedium und Substratoberfläche gleich groß sind [2].

Ermittelt wird die Oberflächenenergie mithilfe von Randwinkelmessgeräten. Es werden definierte Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser (polare Substanz) und Dijodmethan (wenig polare Flüssigkeit), auf die Polymeroberfläche getropft und die unterschiedlich ausgebildeten Randwinkel α an der Tropfengrenze gemessen (siehe hierzu Bild 2.3). Einen Zusammenhang zwischen dem Kontaktwinkel α , dem Verhältnis der Oberflächenspannung der flüssigen und der festen Phase wurde bereits 1805 von Young hergestellt. Die Young'sche Gleichung lautet:

$$\sigma_s = \sigma_{sl} + \sigma_l \cdot \cos \alpha \quad (2.2)$$

mit

σ_s : Oberflächenenergie Festkörper,

σ_l : Oberflächenspannung Flüssigkeit,

σ_{sl} : Grenzflächenenergie Festkörper/Flüssigkeit,

α : Randwinkel.

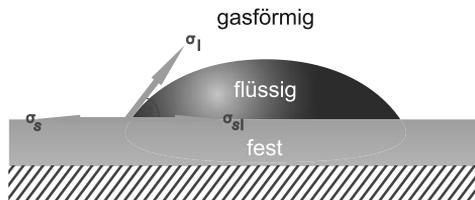


Bild 2.3 Flüssigkeitstropfen auf einer Polymeroberfläche

Tabelle 2.4 Mit VUV-Aktivierung an verschiedenen Polymeren erzielte Oberflächenenergie (ermittelt mit Testtinten) [30]

Material	Oberflächenenergie in mN/m
PP	56
PPGF30	72
Weich PVC	72
Hart PVC	72
PET	72
PET (UV stabilisiert)	72
PA	72
EPDM	64
PE	68

Die UV-induzierten Reaktionen beschränken sich auf die oberflächennahen Molekülschichten, sodass der Bulk des Grundmaterials und dessen mechanische Eigenschaften unverändert bleiben. Die Oberfläche wird gereinigt, dadurch deren Oberflächenenergie erhöht, sodass die Benetzung und Haftfestigkeit der Beschichtungsmaterialien verbessert wird.

Die VUV-Vorbehandlung wird für Anwendungen in der Optoelektronik und Halbleitertechnologie eingesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Vorbereitung der Oberfläche von Kunststoff-, Silikon- und Elastomerbauteilen unter anderem aus Sport/Freizeit, Medizintechnik und Automobil für Verklebungen oder Abdichtungen. Gereinigt werden außerdem optische Komponenten, lithographische Masken oder Metalloberflächen.

Der Schutz des Bedienpersonals vor der gesundheitsgefährdenden VUV-Strahlung wird durch geeignete Umhausungen oder Trennwände gewährleistet. Ebenso ist eine effektive Absaugung notwendig, um die Belastung des Arbeitsbereiches mit Ozon zu vermeiden.

Die Verbesserung der Benetzbarkeit wird in der Praxis mittels Testtinten oder Randwinkelmessungen charakterisiert.

Durch die analytische Untersuchung mit ESCA (Elektronen-Spektroskopie zur chemischen Analyse) ist es möglich die Menge des eingebauten Sauerstoffs zu bestimmen (Bild 2.37).

Neben der Bestimmung der Oberflächenenergie sollte letztlich immer die praktische Ermittlung der Haftfestigkeit geprüft werden. Ein Peel-Test oder 180°-Schälversuch geben bei verklebten Polymeroberflächen Aufschluss über die Verbesserung der Haftfestigkeit und bei lackierten oder bedruckten Polymeroberflächen die lacktechnologischen Prüfverfahren.

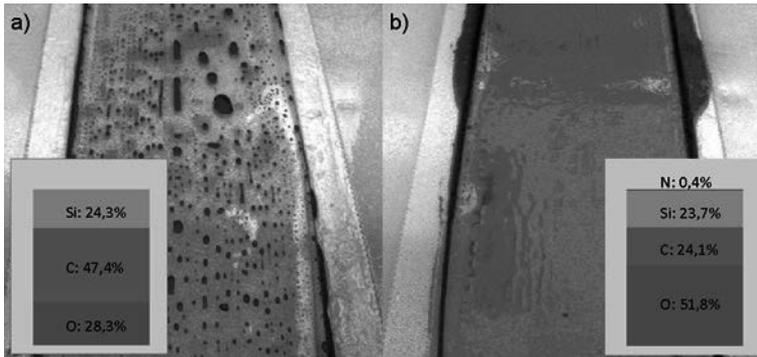


Bild 2.37 Die unbehandelte Silikonprobe (links) besitzt eine geringe Benetzbarkeit und bildet daher Tröpfchen aus. Die VUV-behandelte Silikonprobe (rechts) benetzt hingegen mit der Testflüssigkeit sehr gut und der Film bleibt stabil stehen. Dies spiegelt auch der Sauerstoffgehalt der Oberfläche, der mit ESCA-Untersuchung ermittelt wurde, wider. Dieser konnte durch die VUV-Aktivierung nahezu verdoppelt werden. (Werkbild: Fraunhofer IFAM) [28]

2.4.4 Plasmatechnologie

Der Plasmazustand wird häufig als der 4. Aggregatzustand bezeichnet. Er entsteht, wenn einem Gas bei Atmosphären- oder Niederdruck Energie zugeführt wird. Der Energieeintrag kann in Form von Wärme, dem Anlegen elektrischer Spannung oder durch die Einspeisung hochfrequenter elektromagnetischer Felder erfolgen. Es wird ein ionisiertes Gas mit elektrischer Leitfähigkeit erzeugt, das nach außen hin elektrisch neutral ist. Das Plasma setzt sich aus Molekülen, Atomen, Radikalen, Ionen, Elektronen, Photonen und elektronisch angeregten Spezies zusammen.

2.4.4.1 Atmosphärendruckplasma (AD-Plasma)

Das atmosphärische Plasma erschließt in der Industrie eine Vielzahl neuer Anwendungen bei Reinigungs-, Aktivierungs- und Beschichtungsprozessen. Seine Wirkung ist dreifach: Das Plasma aktiviert die Oberfläche durch Oxidationsprozesse, schafft gleichzeitig deren elektrische Neutralität und reinigt diese mikrofein.

Mittels Hochspannungsentladung wird in der Plasmaquelle (Bild 2.38) ein gepulster Lichtbogen erzeugt. Das Prozessgas, in der Regel ölfreie Druckluft, das an dieser Entladungsstrecke vorbeiströmt, wird angeregt und in den Plasmazustand überführt. Durch einen Düsenkopf gelangt der homogene Plasmastrahl anschließend auf die Oberfläche des zu behandelnden Materials. Das spezielle Design des Plasmajets erzeugt nur ein schwaches, elektrisches Feld außerhalb der Düse, was die Vorbehandlung von Polymeren und Metallen gleichermaßen ermöglicht [32].

3.2.4 Verarbeitbare Kunststoffe

3.2.4.1 Acrylnitril-Butadien-Styrol

ABS-Polymerisate lassen sich als Misch- und Pfröpfpolymerisate herstellen. Die anfangs produzierten ABS-Polymerisate waren die Mischpolymerisate. Sie bestehen aus einer Mischung von polymerem Styrolacrylnitril und Butadienacrylnitril, welches sich zu ungleichmäßig verteilten Fladen ausbildet. Durch das Spritzgießen entstehen lang gestreckte Butadienacrylnitrilphasen, die keinen geeigneten Untergrund für eine haftfeste Beschichtung bieten. Daher ist auf diesem Wege hergestelltes ABS zum Galvanisieren nicht geeignet.

ABS-Pfröpfpolymerisate bestehen aus polymerem Styrolacrylnitril und enthalten ein Polymer auf Butadienbasis, welches aufgrund der Unverträglichkeit mit der Matrix an der Oberfläche mit Acrylnitril gepfropft ist.

Der Butadienanteil ist für die Verarbeitbarkeit und die Galvanisierbarkeit wichtig. Die Menge, Beschaffenheit und Verteilungsbreite des Butadiens trägt wesentlich zur Höhe der Haftfestigkeit des Gesamtsystems bei. Sowohl durch diese Einstellparameter als auch durch die chemische Zusammensetzung der Butadienkomponente lassen sich die Eigenschaften des hergestellten ABS sehr verändern und an individuelle Anforderungen anpassen. Daraus ergibt sich, dass nur wenige, als speziell galvanotauglich gekennzeichnete ABS-Sorten zur Produktion eines einwandfrei galvanisierten Bauteils nutzbar sind. Es ist nur bedingt mit einem guten Ergebnis möglich, Regranulat oder sogenannte Industriequalität für die Herstellung des Formteils zu verwenden.

Wie schon zahlreiche empirische Untersuchungen in den 60er Jahren zeigten, beruht die Haftung zwischen Kunststoff- und Metalloberfläche auf dem sogenannten Druckknopfeffekt. Durch das Beizen des ABS-Teils werden die Butadienphasen aus der Kunststoffoberfläche geätzt. Für die Untersuchung des Haftungsursprungs wurden Mikrotomschnitte angefertigt und nach einer Kontrastierung mit Osmiumtetroxid mikroskopiert. Es wurde sichtbar, dass die durch das Beizen entstandenen Kavernen eine Tiefe von bis zu 1 μm erreichen, ohne dass die Styrolacrylnitril-Matrix angegriffen wird. Wird die Beizzeit erhöht, um die Kavernentiefe zu maximieren, kann das zu einer Schädigung der Hartphase (Styrolacrylnitril-Matrix) führen, da die ca. 60 °C heiße Chromschwefelsäure, die zum Beizen verwendet wird, auch die Hartphase angreift (siehe Bild 3.10). Es kommt zu einer Herabsetzung der Haftfestigkeit, da bei der Trennung von Metallschicht und Kunststoffoberfläche ein Kohäsions-Bruch im Kunststoff selbst stattfindet. Die gleiche Auswirkung ist auch bei spannungsreich gespritzten Rohlingen zu beobachten, weshalb auch die Herstellung der Werkstücke eine wichtige Rolle spielt. Es wurde in unterschiedlichen Versuchsreihen angestrebt, einen weiteren chemischen Haftmechanismus nachzuweisen. Da es aber bei der Trennung der Metallschicht von der Kunststoffoberfläche nie zu einer Ablösung

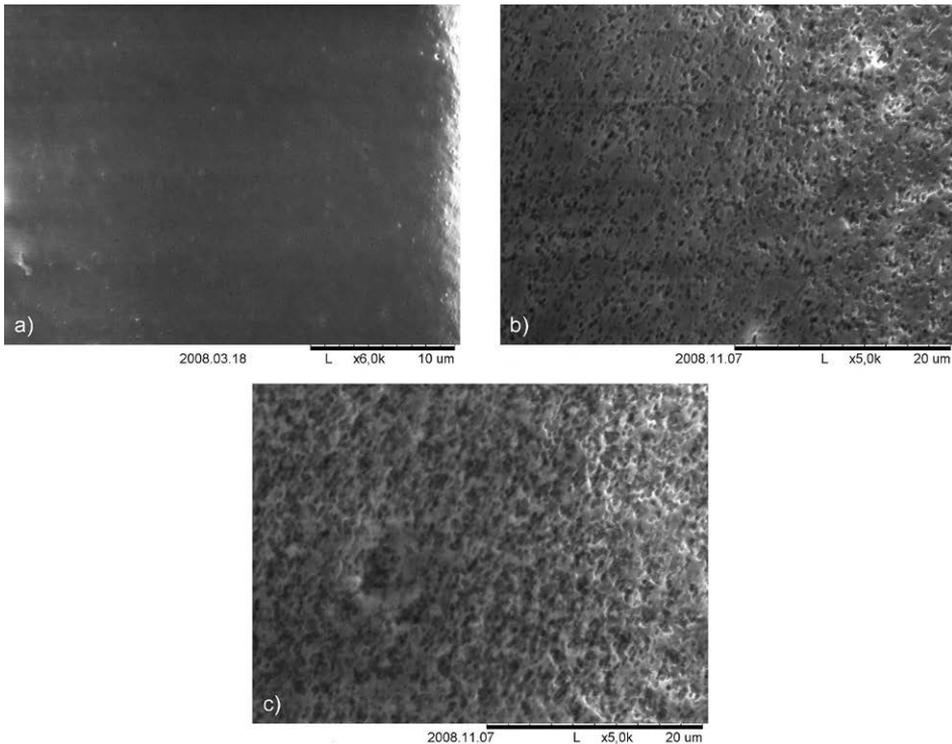


Bild 3.10 Beizzeiten; a) zu kurz gebeizt, b) gut gebeizt, c) zu lang gebeizt

der Matrix von der Metalloberfläche kommt, sondern nur, wie oben beschrieben, zum Bruch der Hartphase, lässt sich keine endgültige Aussage über eventuelle Auswirkungen machen [1].

Zur Verarbeitung wird ausschließlich naturfarbenes, unvermisches Originalmaterial verwendet. Die Formgebung sollte so materialschonend wie möglich durchgeführt werden.

Um höheren thermischen Ansprüchen an den Kunststoff nachkommen zu können, lassen sich auch ABS-PC-Blends für das Galvanisieren verwenden. Hierbei sollte der PC-Anteil nicht zu hoch gewählt werden. Die Verwendung von ABS-PC erfordert lediglich leichte Veränderungen in der Prozesskette, wie z. B. eine Erhöhung der Beizzeit. Es ist mit einer Abnahme der Haftfestigkeit bei der Verwendung von ABS-PC gegenüber ABS zu rechnen.

3.2.4.2 Polyamid

Im Gegensatz zu ABS-Polymeren ist Polyamid ein teilkristalliner Kunststoff, der aus einer Phase besteht. Es ist nicht möglich, die Vorbehandlung analog zu der der

4.4.3 Anwendung des Offsetdrucks

Der Offsetdruck ist in Form vieler, alltäglicher Produkte zu finden. Betrachtet man die Bedeutung für das Bedrucken von Kunststoffen genauer, ist darin der konventionelle Bogenoffsetdruck (Nassoffset) vertreten, der Rollenoffsetdruck und der wasserlose Offsetdruck. Verschiedenste Druckereien haben sich mit einer speziell abgestimmten Kombination aus Druckmaschine und Farbsystemen einen Anteil am Markt der bedruckten Kunststoffe gesichert.

Ab einer bestimmten Materialstärke lassen sich Kunststoffe in Bogen geschnitten in konventionellen und wasserlosen Offsetdruckmaschinen bedrucken. Die verschiedensten Chipkarten, wie Krankenkassenkarte, EC-Karte, Kreditkarte, sind sehr häufig Produkte von Offsetdruckmaschinen. Mit den Rollenoffsetdruckmaschinen und spezieller den längenvariablen Rollenoffsetdruckmaschinen treten die Druckereien im Bereich Druck von Etiketten und Labels den Konkurrenzkampf zu den Druckern an, die Etiketten, Labels, flexible Verpackungen etc. im Flexodruck-Verfahren oder Tiefdruck-Verfahren produzieren.

In-Mould Labels, selbstklebende Etiketten für Kosmetika und Körperpflegemittel sowie Shrink-Sleeves bilden einen gemeinsamen Absatzmarkt für Produkte, die von Druckereien mit Reihenflexodruckmaschinen bedient werden. Seltener ist die Produktion von flexiblen Verpackungsmaterialien (Folienverpackungen) ein Markt für den Offsetdruck.

■ 4.5 Tiefdruck

Matthias Galus

Das Tiefdruckverfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die druckenden Elemente in der Druckform vertieft sind, während die nicht druckenden Elemente der Druckform auf gleichem Niveau liegen. Die vertieften, druckenden Elemente werden Nöpfchen genannt. Für den Druck wird die gesamte Druckform mit der Druckfarbe überflutet. Vor dem Kontakt mit dem Bedruckstoff wird die Druckfarbe von den nicht druckenden Elementen der Druckform wieder entfernt, sodass die Druckfarbe nur in den vertieften, druckenden Elementen der Druckform zurückbleibt. Dies geschieht mit einem Wischer bzw. im industriellen Einsatz mit einer Rakel (deshalb spricht man in diesem Zusammenhang auch vom Rakeltiefdruck). Das eigentliche Übertragen der Druckfarbe auf den Bedruckstoff findet dann unter starkem Anpressdruck statt. Dieser Druck und die Adhäsionskräfte zwischen Bedruckstoff und Druckfarbe führen zur Übertragung der Druckfarbe.



Bild 4.41 Rollentiefdruckmaschine für den Foliendruck (Werkbild: Windmüller & Hölscher KG)

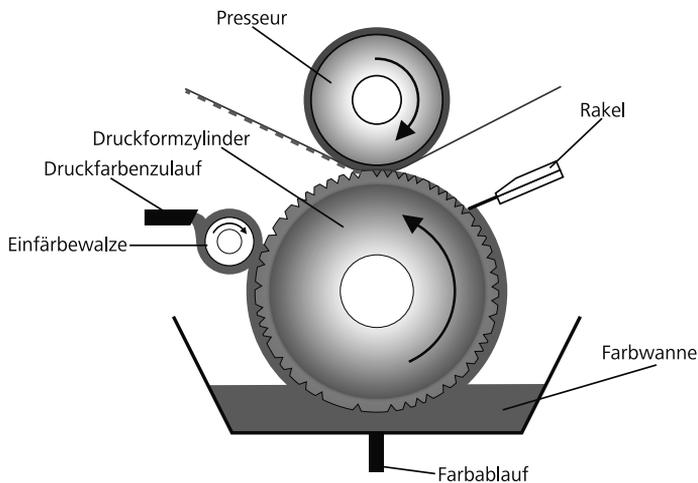


Bild 4.42 Prinzipskizze des Tiefdruckprozesses

Bild 4.41 zeigt eine moderne Tiefdruckmaschine. Das Prinzip des Tiefdrucks wird in Bild 4.42 vorgestellt.

Die wichtigsten Elemente eines Tiefdruckwerks sind der Druckformzylinder mit der darin eingebrachten Druckform, die Farbwanne zur Einfärbung der Druckform, die Rakel zum Entfernen der überschüssigen Druckfarbe von der Zylinderoberfläche und der Gegendruckzylinder (Presseur genannt). Die Druckfarbe im Tiefdruck hat meist eine sehr niederviskose (dünnflüssige) Konsistenz, da sie zum größten Teil aus Lösemittel besteht.

In der industriellen Anwendung des Tiefdrucks sind die Druckformen in der Regel zylindrisch, d. h. dass keine flachen Druckplatten auf einen in der Druckmaschine

Farbstoffe) auf den jeweiligen Bedruckstoff. Das latente Ladungsbild auf der Trommel wird, entsprechend den Ladungsverhältnissen, generiert durch die Bebilderungseinheit, eingefärbt. Ein Druckwerk befördert die Druckfarbe, ohne direkten Kontakt zwischen der Auftragswalze und der Fotoleitertrommel, unter Verwendung von Potenzialunterschied, auf den Fotoleiter. Allein über elektrische Ladungszustände wird das latente Bild eingefärbt und auf der Trommel sichtbar. Aufgrund dieses Ablaufes wird das Druckwerk als Entwicklungseinheit bezeichnet.

4.6.4.1.4 Farbübertragung

Die Farbübertragung von der Fotoleitertrommel auf den Bedruckstoff kann direkt oder indirekt über einen Zwischenträger durchgeführt werden. Bei der indirekten Variante wird die Druckfarbe auf eine weitere Trommel oder ein Band übergeben, bevor der Druck auf den Bedruckstoff erfolgt. Überwiegend wird im Direktverfahren gedruckt. An der Kontaktstelle zwischen Fotoleitertrommel und Bedruckstoff befindet sich unterhalb des Druckmediums eine Coroneinheit, die ausreichend Anziehungskräfte aufbaut, die die einzelnen Tonerpartikel auf den Bedruckstoff übertragen. Der direkte Kontakt zwischen Bedruckstoff und Fotoleitertrommel unterstützt diesen Prozess.

4.6.4.1.5 Tonerfixierung

Die einzelnen Farbpartikel befinden sich nach der Farbübertragung relativ lose auf der Bedruckstoffoberfläche. Die Fixiereinheit verankert die Partikel auf dem Bedruckstoff mittels Wärmezufuhr und Druckkontakt.

4.6.4.1.6 Reinigung

Es findet keine 100 %ige Farbübertragung zwischen Fotoleitertrommel und Bedruckstoff statt. Der Resttoner hat negativen Einfluss auf den weiteren Druckvorgang, wenn er auf dem Fotoleiter verbleibt. Eine Entladelampe neutralisiert die Ladungszustände auf der Fotoleitertrommel durch eine kontinuierliche Beleuchtung. Die mechanische Reinigung übernimmt eine Bürste oder ähnliche Mechanik. Nach der Reinigung beginnt der Druckprozess wieder von Neuem.

Bei jeder Umdrehung der Fotoleitertrommel werden alle Arbeitsschritte durchgeführt, auch wenn das Druckmotiv sich nicht verändert (Bild 4.82). Im Gegensatz zu den konventionellen Druckverfahren mit starrer Druckform kann bei jeder Umdrehung eine neue Bildinformation auf der Trommel generiert werden. Die Personalisierung, also der Druck variabler Datensätze, ist somit leicht realisierbar. Diese Drucktechnologie wird nicht nur für variable Druckdaten eingesetzt, sondern auch für Klein- und Kleinstauflagen.

Die Elektrofotografie kann, bedingt durch die physikalischen Vorgänge, Prozessschwankungen aufweisen. Die Generierung eines latenten Bildes, sowie die Einfär-

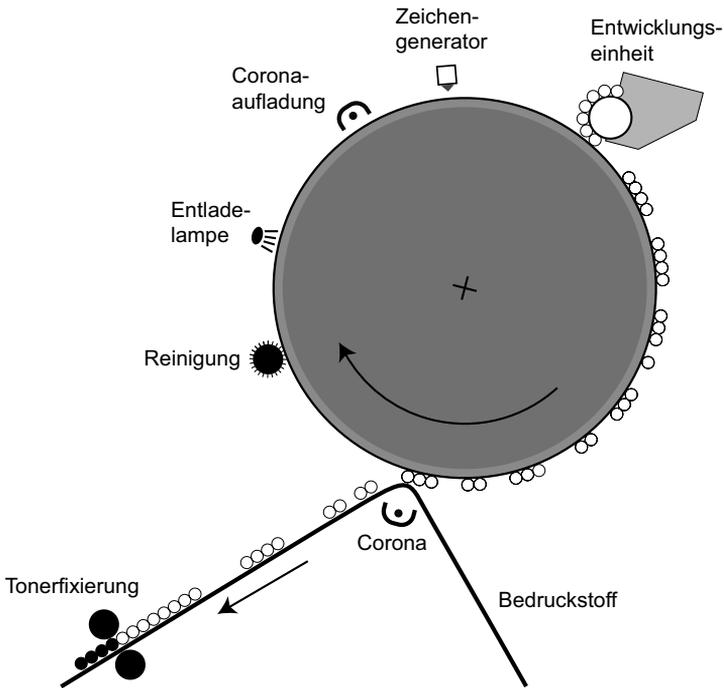


Bild 4.82 Druckprinzip der Elektrofotografie

bung der Fotoleitertrommel und die Farbübertragung sind durch eine große Anzahl an Einflussgrößen nur sehr schwer zu steuern und benötigen exakte Vorgaben.

Elektrische Felder können sich schon bei leichter Veränderung der Luftfeuchtigkeit oder Temperaturschwankungen modifizieren und dadurch verfälschte Informationen auf den Bedruckstoff übertragen. Die einzelnen Baukomponenten (Fotoleitermaterial, Bebilderungseinheit, Druckwerk) sind sehr komplexe und hoch technologisierte Elemente, um den möglichen negativen Einflussparametern entgegen zu steuern. Die Prozesssicherheit ist maßgeblich abhängig von der Kontrolle dieser Komponenten und somit von der Steuerung der elektrischen Ladungen innerhalb des Prozesses [8].

4.6.4.2 Systemkomponenten

4.6.4.2.1 Fotoleiter

Der elementare Bestandteil der Elektrofotografie ist die „dynamische“ Druckform. Diese Komponente weist die Eigenschaft auf, dass der Prozess der Bebilderung durch Konditionierung wieder gelöscht werden kann. Die technische Realisierung kann in Form einer Trommel oder als flexibles Band durchgeführt werden, welche eine spezielle Beschichtung aufweisen, die die elektrische Ladung speichern kann. Im Wesentlichen bestehen drei unterschiedliche Beschichtungsvarianten (Bild 4.83).

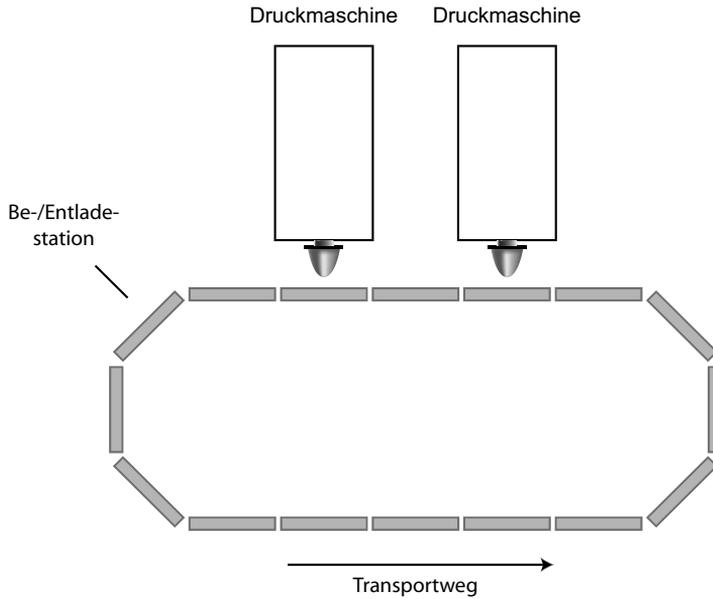


Bild 4.112 Transport über Linearband

4.7.8.6.4 Taktvorschubgerät

Eine Werkstückaufnahme wird auf einen elektrisch oder pneumatisch angetriebenen Schlitten montiert. Dieser Schlitten transportiert das Werkstück zu den einzelnen Druckwerken und fährt anschließend wieder in seine Ausgangsposition zurück. Dieses Beförderungssystem ist einfach einzurichten und benötigt nur eine Werkstückaufnahme (geringe Kosten). Gleichzeitig besitzt dieses System nur eine geringe Taktzahl (Bild 4.113).

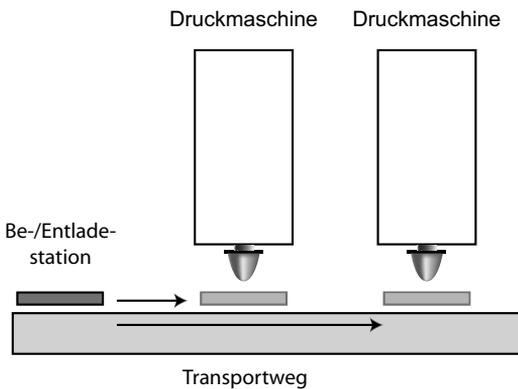


Bild 4.113
Transport über Taktvorschub

4.7.9 Rotationsdruck

Im Tamponrotationsdruck unterscheidet man primär nach dem Druckprinzip der Geometrie Rund-gegen-Flach und Rund-gegen-Rund (Rundumdruck). Der Rundumdruck, sprich der Druck auf den Umfang von zylindrischen Bedruckstoffen (Hülsen, Spritzen etc.) und der Druck auf flache Oberflächen (z. B. Verschlusskappen) erfordert jeweils andere Werkstückbeförderungssysteme. Im Rund-gegen-Flach-Druckprinzip werden die Werkstücke vereinzelt und auf einer Werkstückaufnahme positioniert. Eine große Anzahl von Werkstückaufnahmen ist in einer Linie hintereinander aufgebaut und mit einem Fördermechanismus verbunden. Mehrere solcher Linien können parallel angeordnet sein. Das Fördersystem kann durch ein Band realisiert werden, über welchem dann die einzelnen Druckwerke positioniert sind. Des Weiteren kann anstelle eines Förderbandes ein Förderrad eingesetzt werden, an dessen Umfang die einzelnen Druckwerke angebracht sind. Ein Förderrad reduziert den Platzbedarf der Druckmaschine. So werden Verschlusskappen mit diesen Druckmaschinen bedruckt.

Im Rundumdruck, Rund-gegen-Rund, werden die Werkstücke auf einem Dorn eingespannt, der eine rotative Bewegung durchführt. Diese Drehung ist mit der Tamponbewegung getaktet, was zur Folge hat, dass der Tampon und das Werkstück auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit gebracht werden. Flaschenhalshülsen oder Spritzen für die Medizinbranche werden mit solchen Systemen bedruckt.

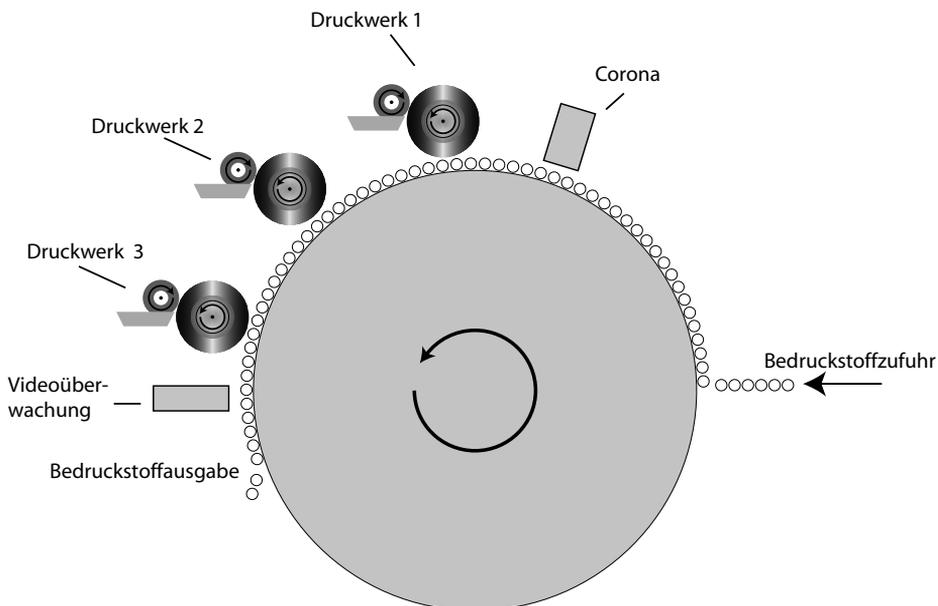


Bild 4.114 Schemazeichnung Tampoprint Rotoprinter

Bei einer höheren Leistung (z. B. 100 W) führen die durch Verluste induzierten thermischen Effekte zu einer leichten geometrischen Deformierung von optischen Elementen und dem Laserkristall (laseraktives Medium). Dieser sogenannte thermische Linseneffekt verursacht dann eine schlechtere Strahlqualität.

Wenn der Fokusbereich eines Laserstrahls bekannt ist, dann können die für die Bearbeitung zur Verfügung stehenden Intensitäten, Energien usw. leicht berechnet werden.

Der Fokusbereich d_f bestimmt die Leistungsdichte I_p , die für die Beschriftung zur Verfügung steht als Pulsleistung P_p pro bestrahlte Fläche:

$$I_p = \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d_f^2} \quad (5.4)$$

Die Pulsleistung ist bestimmt durch die mittlere Leistung des Lasers P_m (typisch zwischen 5 bis 100 W) und die Pulsfrequenz f_p (typisch 1 bis 120 kHz, bei Faserlaser bis zu 1 MHz) sowie Pulsdauer τ (typisch 20 bis 100 ns):

$$P_p = \frac{P_m}{f_p \cdot \tau} \quad (5.5)$$

Die Pulsenergie E_p , also die Energie, die in jedem einzelnen Puls steckt, ist dann zu berechnen aus der Pulsleistung P_p und der Pulsfrequenz f_p bzw. der mittleren Leistung P_m und der Pulsdauer τ :

$$E_p = \frac{P_p}{f_p} \quad \text{bzw.} \quad E_p = P_m \cdot \tau \quad (5.6)$$

Die Linienbreite einer Markierung ist nicht nur vom Fokusbereich, sondern auch von der Wechselwirkung mit dem Material abhängig. Je nach eingebrachter Energie und Absorptionsschwelle kann die Spurbreite vom Fokusbereich mehr oder weniger stark abweichen.

■ 5.6 Effekte bei der Laserbeschriftung

5.6.1 Kunststoffe

Resultierend aus der großen Materialvielfalt der synthetischen Materialien (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere, Compounds) und ihrer Bestandteile (Füllmaterialien, Stabilisatoren, Verarbeitungshilfsstoffe, Farbstoffe und Pigmente) ist die Laserstrahl-Materie-Wechselwirkung ebenfalls sehr variantenreich. Wichtig ist, dass die Laser-

strahlung zunächst in ausreichendem Maß im Material absorbiert wird. Bei Metallen wird der größte Anteil reflektiert während bei Kunststoffen die Transmission oder auch Streuung eine größere Rolle spielt (Bild 5.12, oben). Die geringe Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen resultiert in geringen Energieverlusten während des Beschriftungsprozesses. Dadurch können wesentlich höhere Beschriftungsgeschwindigkeiten als bei Metallen erzielt werden.

Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit ist deren Effekt auf die Temperaturverteilung im Werkstück relativ gering. Die Temperaturverteilung wird vorwiegend von den optischen Materialeigenschaften bestimmt: dem Absorptionsgrad und der optischen Eindringtiefe der Laserstrahlung. Die optische Eindringtiefe liegt bei Kunststoffen im Bereich einiger μm bis in den mm-Bereich.

Üblicherweise ist die optische Eindringtiefe sehr viel höher als die thermische Eindringtiefe, siehe Bild 5.12, unten. Die optische Eindringtiefe und der Absorptionsgrad in technischen Kunststoffen hängen stark von der makromolekularen Struktur (Polymermatrix), den verschiedenen Additiven und der Laserwellenlänge ab.

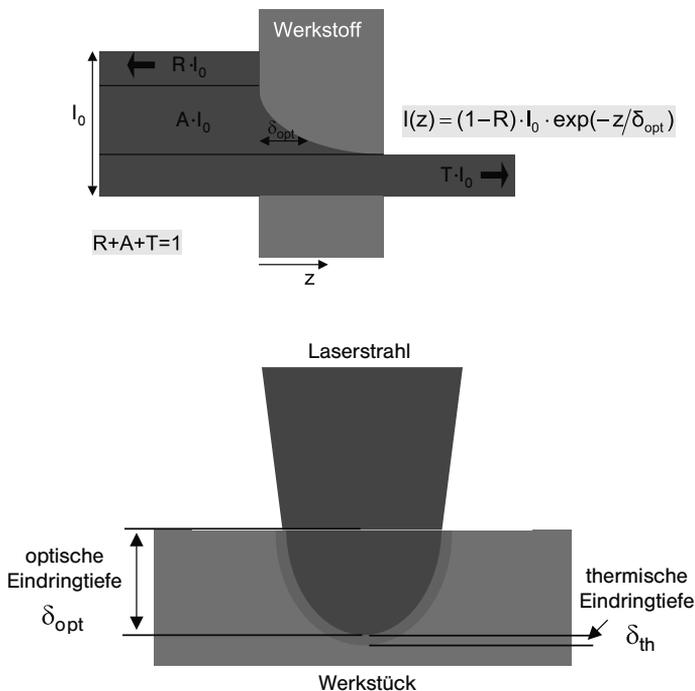
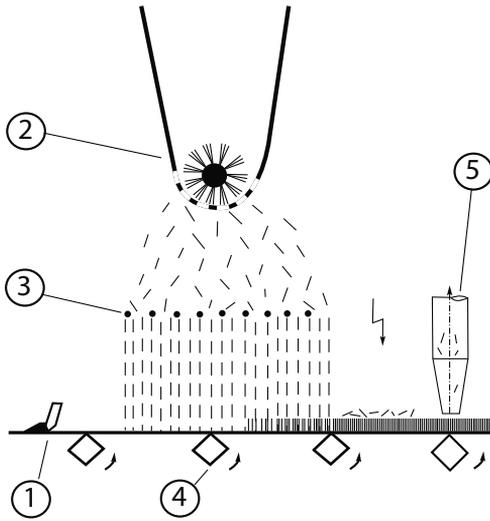
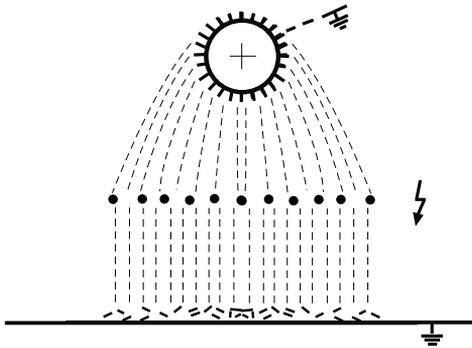


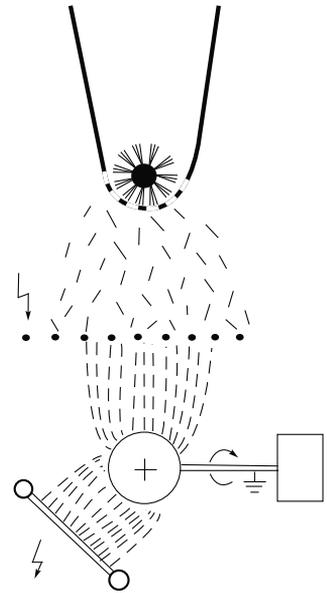
Bild 5.12 Absorption (A), Reflexion (R) und Transmission (T)/optische und thermische Eindringtiefe

**Bild 7.6**

Flächenbeflockung, 1 Klebstoffauftrag, 2 Dosierung, 3 Elektrode, 4 Vibration durch Schlägerwellen, 5 Vorreinigung

**Bild 7.7**

Beflockung von unten nach oben

**Bild 7.8**

Automatische Teilebeflockung

Die Elektrostatik hat aber auch ihre Eigenheiten, die beachtet werden müssen. So ist es schwierig, Spitzen und scharfe Ecken zu beflochten. Abgesehen davon, dass sich bei Spitzen ohnehin Schwierigkeiten durch mangelnde Klebstoffauflage ergeben würden, bildet sich dort eine störende Feldkonzentration, die ein Beflocken nur durch besondere Vorkehrungen ermöglicht. Bild 7.9 zeigt diesen Effekt, Bild 7.10 zeigt die optimale Formgebung.

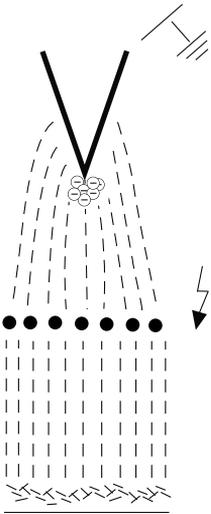


Bild 7.9
Feldlinienverlauf
bei scharfkantigen Elektroden

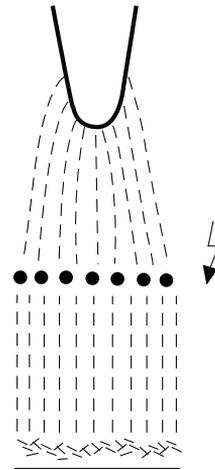


Bild 7.10
Feldlinienverlauf
bei abgerundeten Elektroden

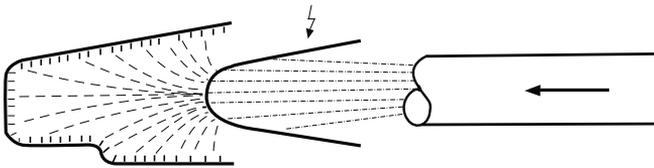


Bild 7.11 Elektrostatisch-pneumatische Beflockung

Ebenfalls ist es nicht möglich in Hohlräume elektrostatisch zu beflöcken, da sie einen Faradayschen Käfig bilden. Bei entsprechend geformten Objekten, wie z. B. Handschuhkästen für Autos, wird die Elektrostatik mit der Pneumatik kombiniert. Man bläst den Flock durch eine Hochspannungselektrode, wie in Bild 7.11 prinzipiell dargestellt. Dadurch bekommt der Flock eine kinetische Energie, die ihn in den Handschuhkasten fliegen lässt. Beim Durchfliegen der Elektrode erhält er seine Ladung, sodass er trotzdem noch senkrecht auf die jeweilige Oberfläche fliegt. Bei der Innenbeflockung erhält man keine so gute Flockdichte wie bei einer flächigen Beflockung, jedoch erfüllt sie meist die gestellten Anforderungen.

Damit der Flock schnell Ladungen annehmen, abgeben und einen Dipol bilden kann, ist es notwendig, dass er eine gute elektrische Leitfähigkeit besitzt. Diese erhält er durch die beim Flockhersteller aufgebraute Flockpräparation in Verbindung mit der relativen Luftfeuchte. Diese Präparation ist auch für die Rieselfähigkeit verantwortlich.

■ 10.2 Glanz und Glanzmessung

Den größten Einfluss auf die Formteileroberfläche und damit auf den Glanz (Mattigkeit) hat die Werkzeugoberfläche, da sich der Kunststoff spiegelbildlich an der Oberflächenkontur des Werkzeuges abbildet. Eine Ursache für die fertigungstechnische Entstehung von Glanzunterschieden an strukturierten Formteileroberflächen ist die ungleichmäßige bzw. nicht ausreichende Abformung der Werkzeugkontur durch die einströmende Kunststoffschmelze. Je höher die Abbildegenauigkeit der Schmelze von der Werkzeugkontur ist, desto höher ist die erreichbare Genauigkeit des Fertigteils. Die theoretisch maximale Mattigkeit eines Formteils ist demzufolge dann erreicht, wenn die Kunststoffoberfläche die gleiche Topographie/Rauigkeit besitzt wie die in das Werkzeug eingebrachte Struktur. Glanzunterschiede haben ihre Ursache im unterschiedlichen Abbildungsverhalten des Kunststoffs an der Werkzeugwand. Dies kann, wie in Bild 10.2 dargestellt, durch unterschiedliche Abkühlverhältnisse oder Schwindungsunterschiede hervorgerufen werden.



Bild 10.2 Glanzunterschiede an Kunststoff-Formteilen [1]

Eine ungenügende Abformung der Werkzeugoberfläche kann jedoch auch durch Formenbelag oder Verschleißerscheinungen an der Werkzeugoberfläche entstehen. Eine unmittelbare Messung des Glanzes ist nicht möglich, da die optische Eigenschaft einer Oberfläche nicht nur eine physikalisch, sondern auch eine physiologisch und psychologisch beeinflusste Größe darstellt. Als Vergleichsmaß für die messtechnische Erfassung des Glanzvermögens einer Oberfläche verwendet man heute den sogenannten Reflektometerwert, wie er auch nachfolgend noch eingehend beschrieben wird. Seine Größe wird vom Anteil bestimmt, den eine Oberfläche aufgrund ihrer Reflexionseigenschaft, wie in Bild 10.3 dargestellt, zur Entstehung des Glanzeindrucks beiträgt. Der Reflektometerwert ist somit eine optische Kenngröße für den Glanz einer Oberfläche.

In Bild 10.4 wird das Messprinzip nach DIN 67530 für die messtechnische Erfassung des Glanzvermögens gezeigt.

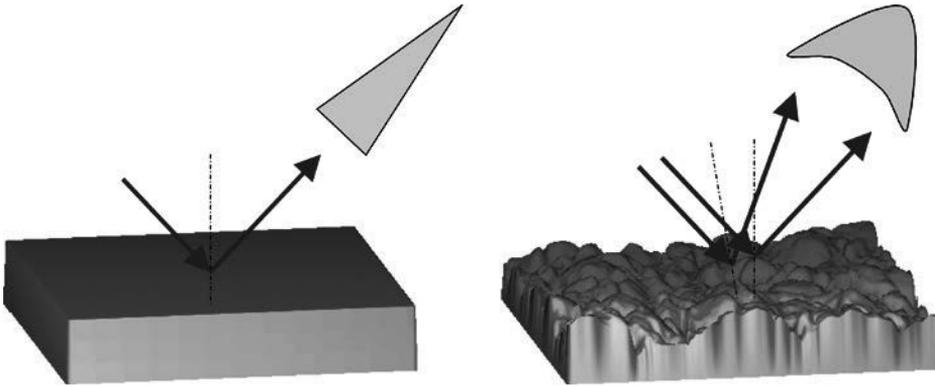


Bild 10.3 Glanzeindrücke durch Reflexion [1]

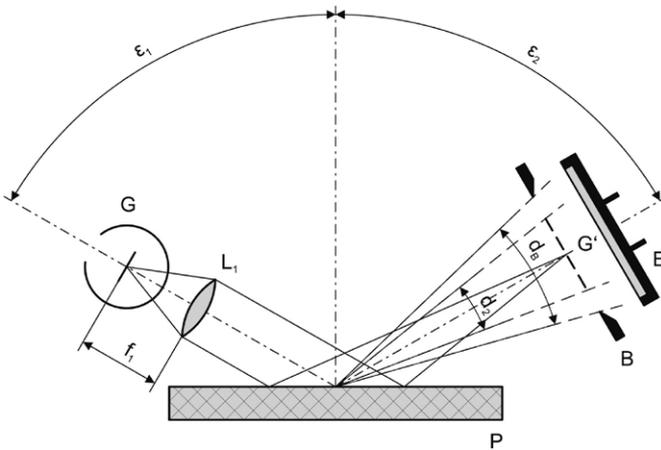


Bild 10.4 Reflektometer - Paralleler Strahlengang [1]

Das Reflektometer ist durch folgende Kenngrößen festgelegt (siehe Bilder 10.4 und 10.5):

ε_1 = Einstrahlungswinkel,

ε_2 = Abstrahlungswinkel,

σ_2 = Bild-Aperturwinkel,

σ_B = Blenden-Aperturwinkel.

Bild 10.4 stellt die optische Anordnung mit parallelem Strahlengang dar. Im Reflektometer wird die Lichtquelle G zentrisch in die Öffnung einer Blende B abgebildet. Die Lichtstrahlen werden dabei an der ebenen Prüfkörper-Oberfläche P gerichtet und/oder gestreut reflektiert. Im Falle der Streuung tritt eine diffus begrenzte Vergrößerung des Lichtquellenbildes G' ein, sodass von diesem, bei genügender Größe, die Randbereiche von der Blende abgefangen werden. Mit einem hinter der Blende

Stichwortverzeichnis

A

- Abbildegenaugigkeit der Schmelze 484
- Abdeckscheibe 48, 109
- Abdeckung 159
- Abformendes Verfahren 431
- Abformtechnik 444
- Ablagefach 404, 425
- Ablation 288
- Ableitung elektrischer Ladung 116
- Ableitung von Ladung 116
- Ablenkgeschwindigkeit 342
- Abrasive Wirkung 21
- Abreinigung 3
- Abrieb 502, 509
- Abriebbeständigkeit 396, 420, 482, 510
- Abriebprüfung 420
- Abriebtest 49
- Abrollverhalten 308
- ABS 64, 72, 159, 354, 460, 472
- Abschattungseffekt 75
- Abschirmen 76
- Absorption 349, 350
- Absorptionsgrad 349
- Absorptionsschwelle 348
- ABS/PC-Gemisch 88
- ABS-Polymerisat 78
- Abzugsverfahren 472
- Achsiale Unförmigkeit
(Axial-Nonuniformity) 366
- Acrylatfolie 371
- Acrylatklebstoff 398
- Acrylglas 188
- Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) 78,
88, 118
- Additiv 127, 350
- Adhäsionsversagen 176
- Aerosol 40
- Aggregat 152
- Airbagcover 151
- Airbagsensor 118
- Airlesszerstäuben 133
- Aktivierung 3, 65
- Aktivierungsverfahren 29
- Al₂O₃ 97
- Allyl-Diglycol-Carbonat 109
- Alterung 517
- Alterungsbeständigkeit 513
- Aluminium 34, 94, 97, 98, 99, 104,
105, 108, 112, 113, 116, 117, 374,
435
- Abschirmschicht 112, 113
- Aluminiumbedampfte Folie 105
- Aluminiumbronze 126
- Aluminiumdrahtnachführung 105
- Aluminiumfolie 38
- Aluminiumoxid 96
- Amtec Kistler Waschstraßentest 525
- Andreaskreuz 460, 472, 523
- Anlagentechnik 99
- Anlassbeschriftung 357
- Anlassfarbe 357
- Anquellen 8

- Anschnittposition 76
Antifogmittel 40
Antihafschicht 53
Anti-Reflection Coating 109
Antistatikbürste 9
Antistatikmittel 40
Antistatische Verpackung 104
Antriebstechnik 317
Anwendung 148
Applikationstechnik 130
Applikator für Lippenfarbe 428
Aramid 400
Arbeitsgeschwindigkeit 31
Arbeitsschutz 378
Arbeitssicherheit 378
Armatur 159
Armaturenblech 438
Arملهne 151
ASA 354, 460
Aspergillus niger 178
Atmosphärendruckplasma (AD-Plasma) 45
Atmosphärisches Plasma 45
Atom 45
Aufdampfquelle 102
Aufladung 277
Aufladungseinheit 280
Auflagenhöhe 325, 327, 328, 331
Auflösevermögen 414
Auflösung 291, 298
Aufnahme von Flüssigkeit und Paste 423
Aufrastern 306
Aufrauen 64, 396
Aufschäumen 352
Auftragswirkungsgrad 146
Ausgasungsprodukt 90
Ausreißprüfung 422
Außenbewitterung 512
Außen Spiegel-Gehäuse 53
Außenteil 150
Äußere Randschicht 3
Automatic-Identification-Manufacturers (AIM) 365
Automatischer Rollenwechsel 270
Automobilindustrie 33, 337
Automobilspezifikation 168
Automotive Glazing 158
- B**
Badverschleppung 75
Bahndehnung 268
Balkongeländer 438
Ballardhautverfahren 253
Ballenbreite 251
Bandklischee 304
Bandstahlklischee 304
Barcode 291, 336, 343, 362
Barrierschicht 1, 34
Baumpilz 444
Baumwolle 399
Baumwollflock 400
Bauteilbestückung 99
Beanspruchungszone 519
Bebilderung 203, 235, 254, 261, 285
Bebilderungseinheit 280, 286, 291
Bebilderungstrommel 286
Becher 38
Bedampfung 462
Bedampfungsprozess 87
Bedienelement 151, 159
Bedruckstoff 186, 283, 287
Bedruckstoffzufuhr 319
Bedruckung 1, 17, 29, 48
– von Formteilen 188
Befeuchten 397
Beflammung 30, 90, 396
Beflockte Tupfer 429
Beflockung 29, 48, 391, 396
Beizen 64
Beizezeit 65
Belastungseinfluss 177

Belichtung 235, 277
Benetzbarkeit 4, 8
Beryllium-Kupfer 439
Beschichtung 188, 482, 525
Beschichtungsprozess 53
Beschichtungstechnik 1
Beschleunigen 65
Beschneiden von Folie 468
Beschriftung 338, 341
Beschriftungsfeldgröße 342
Betriebskosten 378
Bewitterung 177
Bewitterungsschaden 177
Bewitterungszone 512
Binary 298
– Deflecting 294
Bindeart 193
Bindemittel 125, 265
Bindenaht 99
Bitmap 354
Blasen 72, 171
Blattstruktur 447
Blende 159, 438
Blinkerbirne 53
Bogenflexodruckmaschine 217
Bogenoffsetdruck 234
Bogenoffsetdruckmaschine 240, 244
Bohrung 75
Booklet 388
Bornitrid 96
Brechungsindex 109
Breitschlitzdüse 47
Brennerleistung 31
Brennweite 347
Brillenglas 38, 53, 109, 131
Broken Border 364
B-Säulenblende 132
Bubble-Jet 293
Büromöbel 438
Bürsten 9
Bürstentechnologie 9

C

CA 460
Carbon 461
Carbonfaser-Sichtoptik 157, 191
Carbonlook 461
Carbonylfunktion 46
Carbonylgruppe 50
Carboxyfunktion 46
Carboxylgruppe 50
Carreetisch 320
CASS-Prüfung 517
CASS-Technik 77
Cera-Shibo-Technologie 450
Charged Area Development 281
Chargenbetrieb 106
Chemikalienbeständigkeit 525
Chemische Beschriftung 365
Chemische Beständigkeit 525
Chemische Härtung 127
Chemische Metallisierung 66
Chemische Nickelschicht 68
Chipbonden 53
Chipkarte 241, 248
Chipkartenmodul 53
Chrom 67, 70, 91, 94, 97, 116, 254, 262
Chromatische Aberration 499
Chromoptik 461
CIE-Normfarbtafel 493
CMYK-Farbdruck 291
Coldset 247
Colormangement-Richtlinien 275
Compound 348
Computertastatur 1
Computer-to-Film 272
Computer-to-Paper-Technologie 273, 292
Computer-to-Plate 273
Computer-to-Press-Technologie 273
Computer-to-Print 273
Computer-to-Screen 206
Continuous-InkJet 293
– Technologie 294

- Continuous Tone 290
 Continuous Wave 338
 Cool-Touch-Effekt 61
 Coronaaktivierung 40, 41
 Coronaanlage 37
 Coronabehandlung 34, 40, 90, 268
 Coronadosis 36
 Coronaentladung 34
 Coulometrisch 77
 Course4[®]-Technologie 444
 CP 460
 Crack-Knacker 77
 Cremebeständigkeit 525
 Crockmeter 509
 Cubic-Printing-Verfahren 154
 Cycloolefin-Copolymere (COC) 109
 Cycloolefin-Polymere (COP) 109
- D**
- 3-dimensional geformtes Bauteil 373
 3D-MID-Technik 63
 3D-Struktur 476
 Dachbedieneinheit 159
 Dachelement 159
 Dachmodul 159
 Dachspoiler 150
 Dampfdruck 95
 DataMatrix-Code 336, 343, 362, 363
 Dauerprüfung 519
 Dauer-Warmlagerungstest 77
 Decklack 121
 Dekor 1, 251, 453
 Dekoränderung 454
 Dekoration 162, 454
 Dekorative Schicht 106
 Dekoriertes Formteil 431
 Delamination 176
 Denier 400
 Design 431
 Designeffekt 431, 481
 Design of Experiments (DoE) 144
- Dezitex 400
 Dichtung 53
 Dichtungsprofil 48
 Dickschichtverfahren 253
 Diffusionseffekt 288
 Diffusionssperrwirkung 1
 Digitaldruck 272
 Digitales Druckverfahren 186
 Digital Mirror Device 281
 Dijodmethan 5
 DIN 53494 472
 Diodengepumpte Q-switch
 Festkörperlaser 338
 Diodengepumpter Festkörperlaser 340
 Diodenlaser 341
 Direct Imaging 236
 Direktdruck 184
 Direkte Coronaentladung 35, 38
 Direktes Applikationsverfahren 131
 Direkte Thermografie 287
 Direkte Transferthermografie 287
 Direkte Widerstandsbeheizung 92
 Direktfilm 201
 Direktgravur 221
 Direktlasergravursystem 254
 Direktschablone 191, 199
 Discharged Area Development 281
 Dispergieradditiv 127
 Disperser Anteil 5
 Dispersionsklebstoff 398
 Dispersionskraft 5
 Dispersionsleim 385
 Doppelkopf 376
 Dosendeckel 48
 Dot Matrix-Code 291
 Drahtbonden 53
 Dreibereichsverfahren 496
 Drei-Zylinder-Prinzip 237
 Drop-on-Demand-Technologie 293,
 295
 Druckabwicklung 184

- Druckbildinformation 183
- Druckbildlängenänderung 222
- Druckbildspeicher 184, 190
- Druckfarbe 311, 318
- Druckform 189, 234, 302
 - dynamische 279
- Druckformat 318
- Druckformherstellung 183
- Druckformsleeve 224
- Druckformzylinder 224, 249
- Druckklischee 359
- Druckpaste 191
- Druckrakel 207
- Druckstrahl läppen 441
- Drucktechnik 183
- Druckverfahren 183, 325
- Druckvorgang 207, 309
- Druckvorstufe 183
- Druckwasserstrahlprüfung 169
- Druckwerk 224, 237, 238, 242
- Dual-Cure-Technologie 167
- Dual-Cure-Verfahren 129
- Dünne Metallschicht 112
- Dünnschichtverfahren 253
- Dünnstahlklischee 304
- Duo-Band 320
- Durchdruckverfahren 185, 186
- Duroplaste 9, 17, 107, 348, 351
- Dye Diffusion Thermal Transfer 289
- E**
- Ebene Fläche 76
- EB-PVD-Verfahren 95
- Echtheitszahl 510
- Echtholz 478
- Edelstahl 400
- Edelstahllook 82
- Effekt 122
 - lack 122
 - mittel 126
- Effektgebende Schicht 121
- Einfallstelle 99
- Einfärbewalze 250
- Einstoffdüse 133
- Einwegspritze 39
- Einwirkdauer 55
- Einzelbild 459
- Einzelbilddekor 462
- Eisenglimmerplättchen 126
- Eisessig 77
- Elastisches Element 301
- Elastomer 9, 17, 47, 348, 351
- Electron Beam (EB) 95
- Elefantenleder 444
- Elektrische Funkenbildung 268
- Elektrische Ladung 393
- Elektrische Leiterbahn 117
- Elektrische Leitfähigkeit 1, 112, 395
- Elektrischer Widerstand 408
- Elektrofotografie 273, 277, 331
- Elektrokleingerät 438
- Elektrolumineszentes Leuchtmittel 333
- Elektrolumineszierende Folie 476
- Elektrolytische Galvanisierung 67
- Elektrolytische Oberflächenbeschichtung 63
- Elektromagnetische Umweltbelastung 63
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 112
- Elektromechanische Gravur 255
- Elektromechanischer Antrieb 317
- Elektron 45
- Elektronegativität 5
- Elektronenstrahlkanone 96
- Elektronenstrahlverdampfen 95
- Elektronenstrahlverdampfer 86
- Elektronikindustrie 337
- Elektronisch angeregte Spezie 45
- Elektronische Baugruppe 49
- Elektrostat 401
- Elektrostatik 394, 469
- Elektrostatische Aufladung 268

- Elektrostatische Beflockung 391
 Elektrostatische Druckunterstützung (ESA) 271
 Elektrostatische InkJet 293
 Elektrostatische Ladung 469
 Elektrostatisches Entladungssystem 16
 Elektrothermisches Abtragen 434
 EMV-Prüfung 114
 Entfettung 9
 Entlüfter 127
 Entschäumer 127
 Entwicklung 277, 285
 Entwicklungseinheit 281
 Entwicklungsprozess 207
 EPDM 56
 EPDM-Profil 49
 EPDM/TPE-Verbund 38
 EPS 460
 Erichsen-Härteprüfung 502
 ESTA 141
 – Hochrotationszerstäubung 146
 Ethanol 265
 Etherfunktion 46
 Ethylacetat 265
 Etikett 38, 248, 332, 371, 383
 Etikettieren 1, 383
 Excimerlaser 338
 Expandiertes Polypropylen 451
 Explosives Gas-Luft-Gemisch 268
 Exterieur 461
- F**
- Fahrzeugbau 1
 Fahrzeuginnenraum 481
 Faltenbildung 467, 471
 Faltschachtel 48
 Faradayscher Käfig 395
 Farbauszug 184
 Farbbeständigkeit 509
 Farbdifferenz 494
 Farbe 1, 3, 122, 143, 369, 517
 Farbeffektmittel 126
 Farbeindruck 482, 490
 Farbgebende Schicht 121
 Farbmessung 489, 496
 Farbschicht 459
 Farbschichtdicke 213
 Farbspaltung 239
 Farbstoff 126
 Farbsystem 311
 Farbtonwert 184
 Farbträgerband 290
 Farbtransfer 184
 Farbübertragung 278, 285
 Farbumschlag 352
 Farbumschlaglabel 371
 Farbwahrnehmung 489
 Farbwerk 238
 Fasereinschluss 173
 Faserlaser 340
 Feder 444
 Fehleranalyse 169
 Fehlersuche 169
 Feldkonzentration 394
 Feldlinie 391
 Fensterantrieb 118
 Fensterführung 424
 Fertigungsdaten 336
 Festigkeit 518
 Festkörperlaser 338
 Festkörperreiche Grundierung 121
 Fett 90
 Feuchtwerk 242
 Filmbildner 125
 Filmbildungsprozess 127
 Filmlose Bebilderung 206
 FIM (Film-Insert-Molding) 464
 – Verfahren 464
 Fingerabdruck 90, 444
 Fixierung 286
 Fixierungseinheit 287
 Flachbett-Siebdruck 209

- Flachdruck 185
 - Flächenwiderstand 112
 - Flachform-Zylindersiebdruck 211
 - Flakebildung 459
 - Flamecon-Verfahren 117
 - Flammencharakteristik 31
 - Flammgeschützter Kunststoff 355
 - Flammschutzmittel 350
 - Flexible Verpackung 214, 233, 251
 - Flexodruck 183, 214, 325, 327
 - form 218
 - Fließlinie 121
 - Fließstruktur 99
 - Flock 400
 - abriebprüfung 10, 49
 - dichte 396
 - dicke 400
 - dosierung 401
 - präparation 395
 - springprüfgerät 410
 - trennfähigkeitsprüfgerät 414
 - Flockdosierung 401
 - Flockvorratsbehälter 401
 - Flopverhalten 138
 - Fluor 54
 - Fluorierung 54, 396
 - Fluorkonzentration 55
 - Fluorvorbehandlung 55
 - Flüssigtoner 281
 - Fluten 132, 207
 - Flutrakel 207, 312
 - Fokusedurchmesser 343, 348
 - Folien 32, 466
 - aktivierung 32
 - hinterspritzen 453
 - schwindung 467
 - technologie 167
 - verpackung 233, 248
 - werkstoff 88
 - Form 517
 - teil 32, 90, 188
 - Fotoelektrischer Effekt 277
 - Fotografie 274
 - Fotoleiter 279
 - Fotomechanisches Verfahren 198
 - Fotooxidation 41
 - Fotopapier 38
 - Fotopolymere Flexodruckform 219
 - Fotosensitive Lösung 304
 - Fräsen 471
 - Freibewitterung 512
 - Freilasern 72
 - Fremdpartikeleinschluss 173
 - Frontend 154
 - Frontteil 159
 - F-Theta-Objektiv 342
 - Füller 121
 - Füllstoff 350
 - Funkenerosion 434
 - Funktionsbauteil 1
 - Funktionsschicht 1
- G**
- Galvanischer Überzug 525
 - Galvanische Verfahren 202
 - Galvanisieren 61, 62
 - von Kunststoffen 62
 - Galvanisiergerechte Konstruktion 73
 - Galvano 62
 - Ganze Karosserie 159
 - Gasatmosphäre 40
 - Gasflamme 30
 - Gaußfunktion 345
 - Gauß'sche Grundmode 345
 - Gebrauchsgut 448
 - Gebürstete Chromoptik 461
 - Gehäuse 82
 - schirmung 113
 - Geometrie des Schablonenträger 192
 - Gepulster Betriebsmodus 338
 - Gepulster Lichtbogen 45
 - Gesamtgüte (Overall-Grade) 366

- Geschlossene Blase 171
 - Geschlossenes System 313
 - Gestellaufnahme 75
 - Gestrahlte Störung 112
 - Gewebedraht 192
 - Gewebegeometrie 193
 - Gewebevorbehandlung 198
 - Gewichtsreduzierung 63
 - Gezielter Struktureindruck 481
 - Gitterausrichtungsbalken 364
 - Gitterschnitt 10, 49, 77, 460, 472, 503, 523
 - prüfung 520, 523
 - Glanz 3, 143, 484, 517
 - eindruck 482
 - falle 496
 - grad 431, 439, 481
 - messung 10, 484, 489
 - stelle 31
 - Glas 47
 - bedruckung 188
 - ersatz 158
 - faser 354
 - kugel 354, 441
 - Glättstrahlen 441
 - Gleiteigenschaft 1
 - Gleiten 423
 - Gleitmittel 90, 367
 - Glimmbehandlung 103
 - Glimmentladung 90
 - Glimmerplättchen 353
 - Glühlampenlicht 502
 - Gold 34, 94, 104, 108, 116
 - Gradientenlagenschicht 99
 - Gradientenschichtsystem 99
 - Grafischer Siebdruck 187
 - Granitlook 461
 - Graphit 96, 434
 - Gratbildung 471
 - Gravur 351, 357, 358
 - kupfer 253
 - tiefe 358
 - Grundkupfer 253
 - Grundkupferschicht 253
 - Grundlack 121
 - Gummituch 237, 238
 - Gurtführung 425
 - Güteschalter (Quality switch) 339
- ## H
- Haften 423
 - Hafteticket 388
 - Haftfestigkeit 40
 - Haftflock 424
 - Haftung 3, 482, 514, 520
 - Haftungsprüfung 8
 - Haftverbesserer 40
 - Haftvermittler 91
 - Haftzentrum 4
 - Halbglanz 69
 - Halterung 101
 - Hammerschlag 122
 - Handarbeitsplatz 375
 - Handflockgerät 401
 - Handlingsystem 375
 - Handscanner 368
 - Handschuhkasten 404, 425
 - Handschuhkastendeckel 151
 - Handy 82
 - Haptik 76, 400, 431, 514, 517
 - Hard-Coat 466, 471
 - Beschichtung 158
 - Härtemessung 502
 - Härterhaut 175
 - Hartmetall 358
 - Hauptdruckverfahren 183
 - Hautbildung 398
 - Hautverhinderungsmittel 127
 - Haze-Messung 508
 - Haze-Wert 508
 - HDW-Prüfung 169
 - Heat-Set-Rollenoffsetdruck 246

- Heckklappe 159
 - Heckmittelteil 154, 159
 - Heckspoiler 150
 - Heißformprägewerkzeug 437
 - Heißkanalsystem 457
 - Heißbleim-Etikettierung 386
 - Heißprägefolie 456
 - Heißprägen 453
 - Heizelement 295
 - Helixgravur 255
 - Helix-Vorschub 259
 - High-Pressure-Forming 468
 - Hinterer Kotflügel 154
 - Hinterschneidung 75
 - Hinterschnittig 471
 - Hochdruckreinigen 19
 - Hochdruckverfahren 185, 218
 - Hochdruckverformung 467
 - Hochdruckzerstäuben 134
 - Hochglänzende Oberfläche 369
 - Hochleistungs-Kathodenzerstäuben 97
 - Hochreaktive Spezie 30
 - Hochrotationszerstäubung 133, 134
 - mit elektrostatischer Unterstützung 135
 - Hochspannungselektrode 393, 401
 - Hochtemperaturthermoplaste 87, 88
 - Hochvakuum 88
 - Hohlglasbedruckung 188
 - Hohlzylinder 251
 - Holografische Nanostrukturierung 448
 - Holografisches Design 461
 - Holzdekor 453
 - Holz furnier 447
 - Holz narbung 438
 - Homogenität 369
 - Horizontalanlage 102
 - Hot-Melt 293
 - Technologie 297
 - Hydraulischer Antrieb 318
 - Hydroforming 467
 - Hydrolyselagerung 518
 - Hydrophil 65
 - Hydroxyfunktion 46
 - Hydroxylgruppe 50
- I
- Illustration 250
 - IMD-Folie 456
 - IMD-Prozess 454
 - IMD-Verfahren 453
 - IMD-Vorschubgerät 457
 - IMD-Werkzeug 457
 - IMF 464
 - IMI 464
 - IML 464
 - Indirekt beheizte Quelle 94
 - Indirekt druck 184
 - Indirekte Coronaentladung 36
 - Indirektes Applikationsverfahren 132
 - Indirektes Druckverfahren 301, 307
 - Indirektschablone 202
 - Indium-Zinn-Oxid 104
 - Industriesiebdruck 188
 - InkJet 274, 292, 332, 364
 - Array 298
 - Verfahren 292
 - Inmold-Decoration 453
 - Inmold-Labeling 464
 - In-Mould Label 248
 - Innenteil 151
 - Insert-Molding 464
 - Instrumententafel 151
 - Intensitätsverteilung 346
 - Interferenzoptische Entspiegelung 109
 - Investition 377
 - Ion 45
 - Ionenblaspistole 17
 - Ionenunterstütztes Bedampfen 91
 - Ionisation 15, 17
 - Ionisieren 397
 - Ionografie 274

- Iridium 96
Isolation 423
Isopropanol 8
- J**
Just-in-Time-Produktion 275
- K**
Kabel 38
Kaltleim-Etikettierung 385
Kamerasystem 368
Kapillarfilm 201
Karbonisieren 350, 352, 353
Karosseriebauteil 153
Kartonverpackung 251
Kaschieren 29
Kaseinleim 385
Kaufhauslicht 502
Keilschliff 208
Keilschnittverfahren 525
Kennzeichnung und Geometrie des
 Schablonenträgers 192
Keramik 47
 – klischee 305
Kesternich-Test 77, 516
KFW: Kondenswasser, Feuchte- (und
 Temperatur-) Wechselklima 516
KFZ-Kunststoffschalter 48
Kfz-Reflektor 107
Kissprint 232
KK: Kondenswasser-Konstantklima 516
Klappern 425
Klarlack 121
Klassisches Folienhinterspritzen 464
Klebstoff 396, 398, 399, 420
Klemmrahmen 457
Klimaschocktest 77
Klimatische Widerstandsfähigkeit 482
Klimawechselprüfung 460, 472
Klimawechseltest 77, 514
Klimazone 512
Klischee 218, 302
Klischeetiefe 307
Klischeetypen 302
Knarzgeräusch 426
Knospenbildung 74
Koaleszierung 127
Kocher 172
Kohäsionsbruch 176
Kohlendioxid 19
Kohlestofffaser 400
Kolloidale Aktivierung 65
Kondensatorfolie 105
Kondenswasser-Prüfklimare 514
Kontaktierungsstelle 75
Kontaktkopie 203
Kontaktstelle 75
Kontinuierlicher Verdampferbetrieb 103
Kontrast 350, 357, 363, 365, 367
Kontrastschärfe 354
Kopierlampe 192
Kopiervorlage 203
Korngröße des Strahlgutes 9
Korrosionsbeständigkeit 70
Korrosionsschutz 71
Kosmetikbranche 428
Kosmetikindustrie 33
Kostenaspekt 377
Kotflügel 159
Kraftfahrzeug-Innenausstattung 517
Krater 174
Kratzbeständigkeit 462, 482, 506, 514
Kratzbeständigkeitsprüfung 502
Kratzempfindlichkeit 439
Kratzer 99
Kratzfestigkeit 435, 437, 505, 509
Kratzunempfindliche Oberfläche 431
Kreide 355
Kreuzschnitt 523
KTW: Kondenswasser, Temperatur-
 Wechselklima 516
Kühlergitter 159

- Kühlergrill 150
Künstliches Licht 517
Kunststoffabdeckung 427
Kunststofffolie 38, 103, 215, 284
Kunststoffgehäuse 113
Kunststoffgerechte Konstruktion 73
Kunststoffkarte 299
Kunststoffklischee 303
Kunststoff-Nadelnabe 53
Kunststoffoberfläche 89, 91
Kunststoffstoßfänger 21
Kupfer 66, 69, 94, 97, 98, 112, 113, 117, 118, 262, 439
– Abschirmschichten 115
– legierung 434
Kurzwitterung 512, 513
Kurzfarbwerk 241
Kurzfaser 399
- L**
- Label 248
L-a*-b*-System* 493
Lack 99
– aufbau 122
– dicke 369
– eigenschaft 163
– entwicklung 124, 164
– haftfestigkeitsschaden 176
– haftungsstörungen 176
Lackierergebnis 141
Lackierfehler 169
Lackiertechnik 62, 119
Lackierung 1, 17, 29, 48, 53, 482, 525
Lackrezeptur 124
Lackschicht 453
Lackschichtdicke 143
Lacksystem 120
Lagenstruktur 95
Längsträgerverkleidung 159
Längsträgerverkleidungsteil 150
Langzeitstabilität 114
Laser 117, 259, 281, 306, 335, 469, 471
– additiv 353
– aktives Medium 340
– Ätz-Verfahren 259
– beschriftbarer Kunststoff 353
Laserbeschriftung 1, 351, 365
Laserbeschriftungsfolie 371
Laserbeschriftungssystem 336
Laserdrucker 365
Lasergravur 228, 262, 305, 306
Laser-Klischee 306
Laserkristall 339
Laserschutzbeauftragter 379
Laserschutzbedingung 378
Laserschutzklasse 378
Lasersensitives Additiv 353
Laserstrukturieren 442
Laserverfahren 202
Lautsprecher 118
Lautsprechermembran 38
Leadframereinigung 53
Lebensmittelindustrie 354
Lebensmittelverpackung 48, 105
Leder 478
– narbung 438
Legierungen 95
Leistungsdichte 348
Leiterbahn 118
Leiterplattenbeschriftung 371
Leitfähiges Metalloxid 116
Lesbarkeit 367
Lesegerät 368
Lesesicherheit 363
Lichtbeständigkeit 177
Lichteinheit 517
Lichteinheitsmaßstab 517
Lichtkabine 502
Lichtschutzmittel 127
Light Emitting Diode 281
Linearband 321
Linienbreite 348

- Linse 109
 Lipgloss-Pinselchen 428
 Lkw-Kühllaufbau 48
 Lochung 307
 Löschen der Trommel 286
 Lösemittel 8, 125, 127, 265
 Lötstopplack 371
 Lüfterdüse 151, 159
 Luftmengenmesser 49
 Lüftungskanal 159
 Lunker 172
- M**
- M^2 347
 Machbarkeitsanalyse 143
 Magnesiumfluorid 94, 115
 Magnetinduktives Wirbelstromverfahren 525
 Magnetografie 274, 284, 332
 Magnetron-Sputter-Ion-Plating (MSIP) 97
 Mahlflock 400
 Makromolekulare Polymermatrix 350
 Malerwalze 428
 Manuelle Reinigung 8
 Marking-on-the-Fly 377
 Marmordekor 453
 Maschinenbauweise 244
 Maskenbeschriften 343
 Maskiertechnik 207
 Maskierung 112
 Masterbatch 353
 Master-Screen 264
 Mattierung 31
 Mattierungsmittel 127
 Mattigkeit 484
 Mechanische Reinigung 9
 Mechanisches Tastschnittverfahren 498
 Mechanische Verformung 467
 Medienbeständigkeit 462
 Medizinisches Produkt 82
 Medizintechnik 33, 336, 337, 354, 357
 Mehrschichtaufbau 369
 Membranlautsprecher 333
 Messing 439
 Metall 47, 94, 357
 – beschriftung 357
 – effektpigment 355
 Metallenes Motorsteuergehäuse 49
 Metalliclack 122
 Metallischer Überzug 482
 Metallisch kalte Haptik 82
 Metallisierung 75, 112, 453
 Metal-Marking 507
 Mikrofunkenerosion 437
 Mikroporig 69
 Mikrorissig 69
 Mikroskopische Methode 10
 Mikroskopisches Verfahren 525
 Mikrospritzgießformeinsatz 437
 Mikrowellentrocknung 397
 Missing Dot 271
 Mittelarmlehne 151
 Mittelkonsole 53, 151, 159
 Mittlere freie Weglänge 86
 Mittlere Leistung 348
 Mobiltelefon 462
 Modulator 263
 Moiré-Effekt 257
 Molded Interconnect Devices (MID) 118
 Molekül 45
 Molybdän 92, 94, 96
 Monofile 391, 399
 Monolagensystem 99
 Motorraumkomponente 152
 Motorschutzschalter 355
 Multi Deflecting 293, 295
 Multifile 399
 Multilagensystem 99
 Multimode-Laser 347
 Multi-Pass-System 283
 Multizellplatte 38

N

Nadelprägen 364
Nadelstich 172
Näpfchen 227, 228, 248, 257, 259,
262, 271, 303
Nasschemische Reinigung 27
Nassetikettierung 48
Nd:YAG 340
Nd:YVO₄ 340
Netzadditiv 127
Nicht rostender Stahl 191
Nickel 66, 69, 93, 94
Nickel-Chrom 104, 116
– Legierungen 94
Niederdruckplasma (ND-Plasma) 49
Niederdruckzerstäuben 134
Niedrigtemperatur-Blitzlichttoner 287
Niob 96
NIP-Druckverfahren 287
NIP-Verfahren 185, 273, 331
No Label Look-Etikett 388
Non-Impact-Druckverfahren 332
Non-Impact-Print 273
Non-Impact-Printing 331
Non-Impact-Verfahren 183
Norm 482
– farbwert 491
– farbwertanteil 493
– lichtart 492
Nut 75
Nutzfahrzeug 160
Nutzfahrzeugindustrie 159

O

Oberflächen 369
– beschaffenheit 482
– energie 4, 98
– fehler 501
– parameter 500
– qualität 435, 482
– rauheit 98

– schutz 423, 466
– spannung 4
– technik 1
– topographie 498
Oberflächenstrukturierung 431
Offene Blase 172
Offenes System 311
Offene Zeit 398
Offsetdruck 183, 233, 326
– form 234
Öl 90
Optik 53, 162, 431, 514
Optische Eindringtiefe 349
Optische Schicht 87, 106
Organisches Halbleitersystem 280
Organische Siliziumverbindung 34
Orientierung 73
Oszillierender Druckkopf 298
Outline 261
Overspray 139
Owens-Wendt-Rabel-Kaelble 6
Oxid 94
Oxidentfernung 53
Oxidschicht 357
Ozon 37, 40

P

PA 63, 72, 79, 88, 89, 118, 159, 191,
354, 399, 400
PA 6 354
PA 66 354
Palladium 65
Papier 38
Papieretikett 385
Partielle Galvanisierung 71
Partielle Metallisierung 454
Passerproblem 268
PBT 87, 354
PBTP 354
PC 88, 109, 118, 158, 159, 188, 352,
354, 357, 460, 471, 472

- PC/ABS 64, 72, 159, 460, 472
- PC-Folie 466
- PC/PBT 153, 156, 159, 460
- PC/PBT-Folie 466
- PE 88, 105, 118, 284, 354, 357, 383, 386, 460
- PE-Behälter 56
- PEEK 354
- Peel-Test 40, 49
- PEI 63, 82, 87, 354
- Perlglanz 69
- Perlglanzeffektlack 122
- Perlglanzpigment 126, 355
- PES 354
- PET 88, 105, 109, 284, 354, 383, 461
- PET-Folie 466
- PETP 354
- Petrischale 38
- Pflegebeständigkeit 509
- PFM 464
- Photoätzen 438
- Photoätztechnik 438
- Photochemische Reaktion 350
- Photon 45
- Physical-Vapour-Deposition (PVD) 86
- Physikalische Dampfphasenabscheidung (Physical-Vapor-Deposition) 86
- PI 82, 88, 354
- Pickel 72
- Piezoelektrischer-Effekt 296
- Piezo-InkJet 296
- Piezo-Verfahren 293
- Pigment 126, 265, 350, 353, 367
- Pigmentkonzentration 265
- Pilzbefall 178
- Pinhole 172
- Pixel 275
- Pkw 149
- Plagiatschutz 448
- Planfeldlinse 342
- Plasma 29
 - atmosphärisches 45
- Plasmaätzen 51
- Plasmabehandlung 396
- Plasmagestützte chemische Dampfphasenabscheidung (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition, PECVD) 91
- Plasmajet 45
- Plasmamoaktivierung 50
- Plasmodifizierung 50
- Plasmapolymer 107, 115
- Plasmapolymerisation 50
- Plasmareinigung 50, 90
- Plasmatechnologie 45
- Plasmazustand 45
- Platin 96
- Plexiglas 355
- PMD 464
- PMMA 9, 88, 118, 354, 355, 357, 460, 471, 472
- PMMA-Folie 466
- Pneumatischer Antrieb 317
- Pneumatisches Zerstäuben 133
- Polare Kraft 5
- Polarer Anteil 5
- Polyacryl 399
- Polyaddition 128
- Polyester 191, 354, 386, 399
 - flock 400
 - gewebe 191
- Polyetheretherketon 118
- Polykondensation 129
- Polymerisationsprozess 303
- Polymethylmethacrylat 109
- Polyolefine 354
- Polyphenylenether (PPE) 88
- Polystyrol 118, 386
- Polyurethan 38, 399, 451
 - Schaum 28
- Polyvinylacetat 399
- Polyvinylchlorid 383, 386, 399

POM 159, 354, 355
Pore 99, 172
Porenzahl 77
Porosität 118
Positioniergenauigkeit 343
Potlife 128
PowerWash-Anlage, 5-Zonen 27
PP 63, 81, 105, 118, 159, 386, 400,
451, 460
PP/EPDM 153, 159, 460
PP-Folie 6
PPO-PA 159
PPS 87, 354
PPSU 354
Prägeplatte 448
Präzisionsschnittflock 400
Precursor 34, 47
Presseur 250
Presseurdruck 271
Primer 40, 99, 396
Print-Growth 365
Printing-on-Demand 274
Print-Mold-Design 464
Profil 38
– messung 498
Projektionsbelichtung 205
Protektion 161
Prüfklimate 516
Prüftechnik 77, 460, 472, 481
Prüfung im Automobilbereich 482
Prüfvorschrift 482
PTFE 56, 354
Pudertoner 281
Pulsenergie 348
Pulsfrequenz 342
Pulsleistung 348
Pulverlackierung 128
Pumpdiode 339
Pumplichtquelle 338
Punktraster 264
PUR 159

PUR RRIM 159
PVC 9, 284, 354, 460
PVD 86
– Technik 72
– Verfahren 61
Pyrosil-Verfahren 34

Q
Qualität 379, 398, 405
Qualitätsanforderung 481
Qualitätskontrolle 7
Qualitätsüberwachung 372
Quality switch 339

R
Radarsensor 49
Radikal 45
Radlaufverbreiterung 150
Rahmen 82
Rakel 207, 250, 309
– blatt 207
– druck 208
– system 227
Rammschutzleiste 29
Randwinkel 6
– messgerät 5
– messung 40
Raster 275
– beschriftet 344
– elektronenmikroskopie 10
– frequenz 275
– Image Prozessor 275
– Image-Prozessor 292
– kraftmikroskopie 10
– methode 263
– Optical Scanner 281
– punkt 184
– punktform 261
Rasterung 184, 306
Rasterwalze 227
Rasterwalzensleeve 227

- Rasterweite 275
Rasterzellen 275
Rauchabsaugung 375
Rauheit 3
Rauigkeit 254
Rauigkeitsmessung 498
Rautenförmiges Näpfchen 256
Rayleighlänge 346
Rayleighscher-Tropfenzerfall 294
Reaktionsmechanismus 127
Reaktives Verdampfen 95
Reckphase 82
Reflektometersystem 487
Reflektometerwert 484, 485, 488
Reflektorkörper 107
Reflexion 349
Reflexionsdämpfung 112
Reibechtheit 510
Reibeigenschaft 1
Reibgeräusch 425
Reihenflexodruckmaschine 216
Reinigung 3, 89, 278, 286, 423
Reinigungsschwamm 427
Reinigungsverfahren 8
Reinigungswalze 427
Releasemittel 40
Reproduktionsverfahren 184
Resistenz gegen chemischen Angriff 482
Resonator 339
Restreflexion 110
Retouching 285
Rezipient 100
RFID 389
– Antenne 333
– Transponder 389
Rieselfähigkeitsprüfgerät 414, 415
Rieselverhalten 414
Riffelung 438
Rissbildung 72
Ritzhärteprüfgerät 502
Ritzprüfung 503
Rohstoffgruppe 125
Rollenoffset 326
– druck 17, 234
– druckmaschine 240, 246
Rollenschälversuch 525
Rollenstern 270
Rollentiefdruckmaschine 250
Rolle-Rolle-Produktion 266
Röntgenfluoreszenz 77
Rotationsdruck 323
Rotationsdüse 46
Rotationssiebdruck 202, 211
Rotationstampondruck 313
Rotative Bewegung 316
Rotativer Tampondruck 301
Rückstand 175
Rückverfolgbarkeit 361
Ruhezone 364
Rundachse 373
Rundscheitler 321
Rundscheittisch 375
Rundschliff 208
Rundsieb 202
Rundmetikettierung 387
Rund- und Körpersiebdruck 213
Rußgehalt 355
Rüsten der Druckmaschine 231
- S**
Sacklöcher 75
Sägezahneffekt 258
SAN 460, 472
Sandriesel-Verfahren 525
Sandstrahlverfahren 19
Sanitär 82
Scanner 342
Schablone 186
Schablonendruck 185
Schablonendruckverfahren 186
Schablonenherstellung 197, 198

- Schablonenträger 187, 190
Schablonieren 242
Schalter 438
Schaltungsdruck 188
Scharfe Ecken 74
Scharfe Kanten 74
Schaum 38, 47
Scheinwerfergehäuse 48
Scheinwerferglas 38
Scheuerbeständigkeitstester 511
Scheuerzyklus 511
Schichtabtrag 353
Schichtabtrag von Lack 369
Schichtarchitektur 98
Schichtaufbau 98
Schichtdicke 143
Schichthaftung 98
Schichthärte 98
Schichtmaterial 94
Schichtmorphologie 98
Schichtstruktur 98
Schiffchen 92
Schildetikett 385
Schirmdämpfung 113
Schirmwirkung 114
Schleifen 9
Schlitz 75
Schmelzen 128
Schmelzklebe-Etikettierung 386
Schmirgeln 9
Schmiss 507
– beständigkeitsprüfung 507
Schmuck 448
Schneestrahlschneidtechnik 20
Schnellkorrosionsversuch 516
Schnittstellenarchitektur 343
Schöndruck 269
Schöpfender Hohlraum 75
Schrägschliff 208
Schraubendrehergriff 425
Schreibeffekt 400, 506
Schreibempfindlichkeit 507
Schrumpf-Sleeve-Etikettierung 387
Schubkastenführung 424
Schuhsohle 48
Schüttgut 27
Schutzklasse 378
Schutzlack 106, 456
Schutzschicht 95
Schutzwirkung 161
Schwebstoff 69
Schwefeldioxidhaltige Atmosphäre 516
Schwefelsäure 64
Schweller 27, 29
Schwerspat 355
Schwitzwassertest 515
Sealed-off CO₂-Laser 338
Second-surface Dekoration 462
Seitenverkleidungsteil 150
Sekundär-Korrosion 75
Selbsteilender Effekt 502
Selbstklebeetikett 388
Selektive Bedampfung 101
Selektive Innenbeschichtung 113
Seriennummer 336
Shielding-Effectiveness (SE) 113
Short Color Run 274
Shrink-Sleeve 248
Sicherheitsetikett 48
Sicherheitsschalter 378
Siebdruck 183, 186, 330, 396, 456
– form 189
– gewebe 190
– rahmen 189
– schablone 189
– verfahren 467, 476
Siebgewebe 187
Silber 34, 94, 108
Silikat 355
Silikon 472
Silikonteil 53
Silizium 96

- karbid 441
- monoxid 94
- oxid 91, 96, 115
- Single-Pass-System 283
- SiO₂ 97
- Skulptur 448
- Sleeve-Etikettierung 387
- Sleeve-System 251
- Sleeve-Technologie 327
- Slope-Profil 190
- Smart Label 389
- SMC 159
- Sn-dotiertes Indiumoxid 116
- Soft-Touch-Oberfläche 369
- Software 343
- Solid Border 364
- Sonnenblende 38
- Sonnensimulation 518
- Spange 82
- Spannen des Schablonenträgers 195
- Spannungsarm 65
- Spannungshaushalt 73
- Spannungsrisse 8
- Spektralphotometer 497
- Spektralverfahren 496
- Spezialdruck 188
- Spezieller Aspekt 71
- Spezifikation 167
- Spiegelgehäuse 29
- Spiegelschale 150, 159
- Spiegelschicht 107
- Spoiler 159
- Sprengprägen 446
- Sprengstoff 446
- Springcharakteristik 412
- Springprüfung 410, 416
- Springzeit 412
- Spritzen 38, 396
- Spritzgegossener Schaltungsträger 118
- Sprühapplikation 41
- Sprühnebelprüfung 516
- Sprühnebelverfahren 77
- Sprüh-/Spritzapplikation 132, 133
- Spülen 75
- Spülproblem 75
- Sputtern 86, 97
- Stabilisator 367
- Stahl 104
- Stahlklischee 305, 307
- Stahllegierung 94
- Stammfarbe 265
- Standardbild 523
- Stanzung 307
- Stärkeleim 385
- Stationärer Druckkopf 298
- Staub 16, 17, 90
- Steckerteil 53
- Steiler, harter und großvolumiger Tampon 307
- Steinschlagfestigkeit 525
- Stickoxid 49
- Stirnabzug (Peeltest) 169
- Stirnabzugsversuch 82
- Stirnabzugtest 524
- Stoßfänger 27, 29, 150, 159
- Strahldruck 9
- Strahldurchmesser 346
- Strahlen 9, 441
- Strahlmedium 441
- Strahlqualität 339, 343, 345
- Strahlverfahren 441
- Straußenleder 444
- Streichen 396
- Stretch-Sleeve-Etikettierung 387
- Streifähigkeit 70
- Strichzeichnung 306
- Struktureindruck 431
- Strukturergebnis 439
- Styrol 354
- Sublimation 288, 289
- Substrat 130
- Substratfehler 174

T

- Taber-Abraser-Test 507, 525
- Tachometerwelle 425
- Tag-/Nacht-Design 72, 369
- Taktvorschubgerät 322
- Taktzeit 379
- Talkum 355
- Tampon 17, 301, 302, 307
 - bewegung 314
 - druck 183, 301, 329, 365
 - eigenschaft 308
 - form 308
 - härte 309
 - volumen 309
- Tantal 92, 94, 96
- Tantaloxid 96
- Tauchen 131, 396
- Tauchlackierung 131
- Tauchverfahren 304
- Technische Lieferbedingung 482
- Technische Oberfläche 3
- Teichfolie 48
- Teileentgratung 9
- Telediagnose 343
- TEM 74
- TEM₀₀ 347
- Temperatur 55
 - ausdehnungskoeffizient 72
 - beständigkeit 513
- Testtinte 6, 33
- Textile Schmierung 425
- Textilfaser 391
- Textil-Siebdruck 189
- Theoretische Ergiebigkeit 130
- Thermal-InkJet 293
- Thermischer Linseneffekt 348
- Thermischer Verdampfer 86
- Thermisches Spritzen 62, 117
- Thermisches Verdampfen 92
- Thermochemische Reaktion 350
- Thermodynamischer Prozess 289
- Thermoelektrisches Tintendruckwerk (Bubble-Jet) 295
- Thermoformen 467
- Thermografie 274, 287
- Thermoplaste 9, 17, 28, 32, 38, 47, 88, 348, 351
- Thermosublimation 287, 289, 332
- Thermotransfer 287, 288
- Thermotransferdruck 364
- Thermotransfer-Verfahren 332
- Thixotropierungsmittel 127
- Tiefdruck 183, 248, 328, 396, 456
 - farbe 265
 - form 251
 - maschine 266
 - verfahren 248
- Tiefe 359
- Tiefenschärfe 346
- Tiefenvariables Näpfchen 305
- Tiefziehen 41
- Tintentropfenflusserzeugung 293
- Titan 34, 91, 94, 95, 97, 99
 - aluminiumnitrid 99
 - dioxid 351
 - nitrid 99
 - oxid 94, 96
- Titer 400
- TNP 77
- Toaster 82
- Toleranz 370, 425
 - ausgleich 423
- Toner 281, 286
 - fixiereinheit 283
 - fixierung 278
- Topographiemessung 498
- Torsionsmethode 524
- TPE 354
- TPU 159, 354, 472
- Traceability 361
- Trägerfolie 388
- Transferthermografie 287, 288

- Transmission 349
 Transparente Schicht 109
 Transportverpackung 186
 Transversaler Elektromagnetischer Mode 347
 Trennfähigkeitsprüfung 414
 Trennmittel 90
 Trilobale Flockfaser 400, 428
 Trockeneis 19
 – reinigung 19
 – strahlen 20
 Trockene Lackierweise 142
 Trockenstoff 127
 Trockenstrecke 267, 269
 Trockentoner 281
 Trocknung 165, 213, 268, 398, 405
 Tröpfchengrößenverteilung 138
 Tropfentest 525
 Tuben 38
 Tür 154
 Türeinstiegsteil 159
 Türgriff 53, 151, 159
 Türinnengriffbetätigung 83
 Türverkleidung 151
 Twistometer 524
- U**
- Überbeizung 65
 Überspritzen 467
 Überwachung 71
 Überzieh-Etikettierung 387
 Uhrengehäuse 48, 49
 Ulbricht Kugel 495
 Ultraschallmessverfahren 525
 Umschmelzzone 434
 Ungenutzte Fehlerkorrektur (Unused-Error Correction) 366
 Ungesättigtes Polyester 160
 Unilack 122
 UREA 354
 UV 350
- Behandlung 466
 – Beschriftung 355
 – Beständigkeit 400
 – Farbsystem 189
 – Härtung 129
 – lichtempfindliche Photopolymerschicht 303
 – Trocknung 165
- V**
- Vakuumbedampfung 88
 Vakuumbedingung 86
 Vakuummetallisierung 106
 Vakuumpumpstand 100
 Vakuumzerstäuben 86
 Variable Dot Thermal Transfer 289
 Vektorbeschriftung 342
 Verdampferquelle 86
 Verdampfungsverfahren 86
 Verdickungsmittel 127
 Verdruckstoff 187, 297
 Verfahrensspezifische Auflagenhöhe 325
 Verformen 467
 Verformungsgrad 456, 459
 Vergießen 53
 Verklebung 29, 48, 53
 Verkleidungsteil 159
 Verlaufsmittel 127
 Vermeidung von Geräuschen 423
 Vermeidung von Reflexion 423
 Vernetzte Silikatschicht 34
 Vernetzung 398
 Verpackung 1, 251, 448
 Verpackungsfolie 48, 105, 332
 Verpackungsindustrie 33
 Verpackungstechnik 383, 388
 Verschleißschutzschicht 1
 Verschlusskappe 48
 Verschlussicherung 387
 Verschwindeeffekt 462

- Versiegelung 48
Verstärkender Füllstoff 367
Verstärkungsstoff 354
Vertikalanlage 101
Vertikale Tamponbewegung 314
VE-Wasser 27
Viskoelastische Beschichtung 502
Viskose 399
Viskoseflock 400
Viskosität 266
Vollentsalztes Wasser (VE-Wasser) 27
Vorbehandlung 89, 91
Vorderkotflügel 154
Vorkonditioniert 268
Vornickel 68
Vorreinigung 89
Vorsatzscheibe 109
Vorschubgerät 455
- W**
- Walnusschale 444
Walzaluminium 439
Walze 437
Walzenfarbwerk 241
Wärmelagerung 514
Wärmeleitfähigkeit 349
Warmlagerung 77
Waschbeständigkeitstester 511
Wash-Out 467, 470
Wasserdampfpartialdruck 89
Wassergekühlter Brenner 32
Wasserstoffversprödung 69
Weichmacher 127, 367
Weiße Schicht 434
Weißlicht-Entfernungsmessung 499
Wellenlänge 350
Wendeln 92
Wendestange 269
Werbeartikel 48
Werksnorm 482
Werkstückaufnahme 319
Werkzeugintegrierter Plagiatschutz 444
Werkzeugtechnik 469
Wertpapier 251
Wetterbeständigkeit 177
Widerdruck 269
Widerstandsbeheiztes Boot 105
Widerstandsheizung 86
Widerstandsverdampfer 92
Wiedereinfärbesystem 250
Wiederholgenauigkeit 343
Windabweiser 159
Winkelschliff 208
Witterungsbeständigkeit 513, 514
Wolfram 34, 92, 93, 94, 96
Wu 6
Wurzelholzlook 461
- X**
- Xenonbogenlicht 517
X-Grafie 274
- Y**
- Young 5
Young'sche Gleichung 5
Ytterbium 340
- Z**
- Zahnriemen 425
Zamak 439
Zapfenzylinder 251
Zeichengenerator 281
Zeitungsrotation (Coldset) 247
Zellengröße 365, 368
Zentralzylinderbauweise 215
Zentralzylinderdruckmaschine 215
Zierleiste 151
Zink 94, 117, 254, 439
Zinkoxid 116
Zinksulfid 96
Zinn 94, 98
Zinnoxid 116

Zirkonoxid 96

Zisman 4, 6

Zündspule 53

Zweistoffdüse 133

Zwischenlack 121

Zyklusprüfung 519

Zykluszeit 379, 467

Zylindersegmentierung 373