

Inhaltsübersicht

- 1 Einführung
- 2 Kunststoffauswahl, Probekörper und Modellgehäuse
- 3 Beschichtungstechnische Grundlagen
- 4 Schirmungstechnische Grundlagen
- 5 Messung der Schirmdämpfung
- 6 Messung weiterer Schichteigenschaften / Qualitätssicherung
- 7 Naßchemische Beschichtungsverfahren
- 8 Vakuumtechnische Beschichtungsverfahren
- 9 Beschichten durch thermisches Spritzen
- 10 Recycling beschichteter Kunststoffgehäuse
- 11 Hinweise für Entwickler und Konstrukteure
- 12 Stichwortverzeichnis
Anzeigenteil

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	15
	Literatur zu Abschnitt 1	20
2	Kunststoffauswahl, Probekörper und Modellgehäuse	21
2.1	Übersicht	21
2.2	Auswahl der Kunststoffe	21
2.3	Gestaltung der Probekörper	22
2.4	Konzept und Abmessungen der Modellgehäuse	22
	Literatur zu Abschnitt 2	25
3	Beschichtungstechnische Grundlagen	26
3.1	Übersicht	26
3.2	Überblick über Metallisierungsverfahren für Kunststoffe	26
3.3	Galvanotechnische Verfahren für die Metallisierung von Kunststoffen	28
3.3.1	Begriffsbestimmung	28

3.3.2	Elektrolytische Metallisierung von Kunststoffen	29
3.3.3	Chemische Metallisierung von Kunststoffen	30
3.4	Physikalische Verfahren für die Metallisierung von Kunststoffen	31
3.4.1	Begriffsbestimmung	31
3.4.2	Metallisieren von Kunststoffen durch Aufdampfen	32
3.4.3	Metallisieren von Kunststoffen durch Aufstäuben	34
3.4.4	Metallisieren von Kunststoffen durch thermisches Spritzen	34
3.4.5	Metallisieren von Kunststoffen durch Lackieren	34
3.5	Kombinierte Verfahren für die Metallisierung von Kunststoffen	35
	Literatur zu Abschnitt 3	35
4	Schirmungstechnische Grundlagen	36
4.1	Übersicht	36
4.1.1	Gegen welche elektromagnetischen Phänomene muß ein Elektronikgehäuse schützen?	36
4.1.2	Was gibt es für Feldtypen?	37
4.1.3	Welche Schirmmaterialien bieten Schutz gegen die verschiedenen Felder?	38
4.1.4	Welche grundsätzlichen Probleme bestehen?	38
4.2	Welche Eigenschaften haben zeitlich veränderliche Felder?	39
4.2.1	Feldkenngrößen	39
4.2.2	Nahfeldbereich / Fernfeldbereich	40
4.2.3	Wie ändert sich die Feldintensität mit dem Abstand von der Feldquelle?	41
4.3	Wie werden die Dämpfungseigenschaften von Metallschichten charakterisiert?	41
4.3.1	Der Schirmdämpfungsfaktor SE (Shielding Effectiveness)	41
4.3.2	Die Zahlenwerte des Schirmdämpfungsfaktors und die Güte der Schirmung	42
4.4	Von welchen Einflußgrößen hängt der Schirmdämpfungsfaktor ab?	43
4.4.1	Übersicht	43
4.4.2	Der Mechanismus der Schirmwirkung	43
4.4.3	Die Schirmdämpfungsfaktoren für einlagige Schichten	48
4.4.4	Der Einfluß von Aperturen	49
4.5	Anforderungen an Abschirmschichten aus Sicht der EMV	50
	Literatur zu Abschnitt 4	50
5	Messung der Schirmdämpfung	51
5.1	Übersicht	51
5.2	Schirmdämpfungsmessungen an beschichteten Probescheiben	52

5.2.1	Grundlagen	52
5.2.2	Meßverfahren für die Bestimmung der Schirmdämpfung im Nahfeldbereich	54
5.2.3	Meßverfahren für die Bestimmung der Schirmdämpfung im Fernfeldbereich	56
5.2.4	Vorbereitung der Messungen / Zielstellungen	58
5.2.4.1	Dynamikbereiche der Meßeinrichtungen	58
5.2.4.2	Meßkonzept	59
5.2.4.3	Einfluß des Kunststoffsubstrats auf die Schirmdämpfung ..	59
5.2.5	Messungen an Probescheiben im magnetischen Nahfeld	60
5.2.5.1	Flamm- und plasmagespritzte Schichten	61
5.2.5.2	PVD-Schichten	63
5.2.5.3	Chemisch-galvanische Schichten	64
5.2.5.4	Galvanisch nachverstärkte PVD-Schichten	66
5.2.5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse für das magnetische Nahfeld	67
5.2.6	Messungen an Probescheiben im Fernfeld	68
5.2.6.1	Flamm- und plasmagespritzte Schichten	68
5.2.6.2	PVD-Schichten	70
5.2.6.3	Chemisch-galvanische Schichten	72
5.2.6.4	Galvanisch nachverstärkte PVD-Schichten	73
5.2.6.5	Zusammenfassung der Ergebnisse für das Fernfeld	74
5.2.7	Vergleich von berechneten und gemessenen Schirmdämpfungswerten	75
5.2.8	Schlußfolgerungen	76
5.3	Kopplungsimpedanzmessungen an beschichteten Modellgehäusen	77
5.3.1	Meßaufbau / Meßverfahren	77
5.3.2	Vorbereitung der Messungen / Zielstellungen	78
5.3.3	Kopplungsimpedanzmessungen an Modellgehäusen	80
5.3.3.1	Selektiv chemisch-galvanisch beschichtete Modellgehäuse	80
5.3.3.2	PVD-beschichtete Modellgehäuse	80
5.3.3.3	Flammgespritzte Modellgehäuse	84
5.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der Kopplungsimpedanzmessungen	84
5.3.5	Korrelation zwischen Probescheiben- und Kopplungsimpedanzmessungen	86
5.4	Schirmdämpfungs- und Widerstandsmessungen an beschichteten Modellgehäusen	87
5.4.1	Vorbemerkungen / Zielsetzungen	87
5.4.2	Meßaufbau und Meßverfahren für Feldmessungen	90
5.4.2.1	Meßverfahren für den magnetischen Nahfeldbereich 10 kHz - 10 MHz	90

5.4.2.2	Meßverfahren für den elektrischen Nahfeldbereich 30 MHz - 1 GHz	91
5.4.2.3	Meßverfahren für den Fernfeldbereich 30 MHz - 1 GHz	92
5.4.2.4	Meßverfahren zur Bestimmung der Funkstörfeldstärke 30 MHz - 1 GHz	94
5.4.3	Schirmdämpfungsmessungen an beschichteten Modellgehäusen	94
5.4.3.1	Schirmdämpfung im magnetischen Nahfeldbereich	94
5.4.3.2	Schirmdämpfung im elektrischen Nahfeldbereich	99
5.4.3.3	Schirmdämpfung im Fernfeldbereich	101
5.4.4	Funkstörfeldstärkemessungen an beschichteten Modellgehäusen	103
5.4.5	Widerstandsmessungen an beschichteten Modellgehäusen	105
5.4.6	Korrelation zwischen Kopplungsimpedanz und Schirmdämpfung	106
5.4.7	Korrelation zwischen Probescheiben und Modellgehäusever- messungen	108
5.4.8	Korrelation zwischen Oberflächenwiderstand und Schirmdämpfung	111
5.4.9	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	112
	Literatur zu Abschnitt 5	114
6	Messungen weiterer Schichteigenschaften / Qualitätsmanagement	116
6.1	Übersicht	116
6.2	Bestimmung der Schichtdicke und der Aufwachsrate	116
6.2.1	Schwingquarz-Verfahren [6.1, 6.2]	116
6.2.2	Abtast-Verfahren	118
6.2.3	Kalottenschliff-Verfahren	118
6.2.4	Coulometrisches-Verfahren	119
6.2.5	Widerstands-Verfahren	119
6.3	Bestimmung der Haftfestigkeit	121
6.3.1	Definition der Haftfestigkeit	121
6.3.2	Modelle für die Haftung von Metallen auf Kunststoffen	121
6.3.3	Einflußgrößen auf die Haftfestigkeit	123
6.3.4	Meßverfahren für die Haftfestigkeit dünner Schichten auf Kunststoffen	123
6.3.4.1	Stirnabzugstest	123
6.3.4.2	Schältest	125
6.3.4.3	Scotch-Tape-Test	125
6.3.4.4	Gitterschnitttest	127
6.4	Bestimmung des Flächenwiderstandes	127
6.5	Qualitätsmanagement durch standardisierte Prüfverfahren	130
6.5.1	Bausteine des Qualitätsmanagements	130
6.5.2	Standardisierung der Meß- und Prüftechnik	131

6.5.2.1	Reproduzierbarkeit, Genauigkeit, Vergleichbarkeit, Richtigkeit	131
6.5.2.2	Normen und normative Dokumente	131
6.5.3	Zertifizierung von Verfahren und Produkten	132
6.5.4	Akkreditierung von Prüflaboratorien	133
6.5.5	Stand und Defizite der Normung	133
6.5.5.1	Qualitätssicherung bei der Beschichtung	133
6.5.5.2	Schichteigenschaften und Bauteilverhalten	134
6.5.5.3	Randwinkelmessung	134
6.5.5.4	Flächenwiderstand	135
6.5.5.5	Schichtdickenmessung	135
6.5.5.6	Schichthaftung	140
6.5.5.7	Schirmdämpfungsmessung	142
6.5.5.8	Referenzmaterialien	143
	Literatur zu Abschnitt 6	143
7	Naßchemische Beschichtungsverfahren	144
7.1	Übersicht	144
7.2	Verfahren für die Metallisierung von Kunststoffen	144
7.2.1	Einseitige Metallisierung	145
7.2.1.1	Verfahrensbeschreibung	145
7.2.1.2	Anlagentechnik und Prozeßsicherheit	149
7.2.2	Beidseitige Metallisierung	151
7.2.2.1	Verfahrensbeschreibung	152
7.2.2.2	Beschichtungsverhalten einzelner Kunststoffe	155
7.3	Einfluß der Vorbehandlung auf den Oberflächenzustand des Kunststoffes	158
7.3.1	Oberflächenstruktur	158
7.3.2	Benetzungsverhalten	159
7.3.3	Oberflächenrauheit	159
7.3.4	Chemische Veränderungen	161
7.4	Auftragsabwicklung in einer Lohngalvanik	162
7.5	Schichteigenschaften / Qualitätssicherung	163
7.5.1	Schichtdicke	163
7.5.2	Haftfestigkeit	163
7.5.3	Langzeitverhalten	164
7.5.4	Elektrische Leitfähigkeit	164
7.6	Umweltaspekte bei der naßchemischen Metallisierung von Kunststoffen	165
7.7	Zusammenfassende Bewertung der Verfahren und Empfehlungen	167
	Literatur zu Abschnitt 7	168
8	Vakuumtechnische Beschichtungsverfahren	169
8.1	Übersicht	169
8.2	Thermisches Verdampfen und Sputtern	169

8.2.1	Verdampfen im Vakuum	169
8.2.1.1	Verfahrensbeschreibung	169
8.2.1.2	Elektronenstrahlverdampfen	171
8.2.2	Kathodenzerstäuben (Sputtern)	173
8.2.2.1	Verfahrensbeschreibung	174
8.2.2.2	Magnetron-Sputtern	174
8.2.3	Kombinierte Anlagen- und Verfahrenstechnik	177
8.2.4	Anlagentechnik für EMV-Metallisierung	177
8.2.5	Technologische Aspekte	178
8.2.6	Schichteigenschaften	179
8.2.7	Zusammenfassende Bewertung	184
8.3	Plasmagestütztes Aufdampfen	184
8.3.1	Das PLASCO®-Verfahren	185
8.3.1.1	Verfahrensbeschreibung und Anlagentechnik	185
8.3.1.2	Technologische Aspekte	188
8.3.1.3	Schichteigenschaften	188
8.3.1.4	Anwendungsgebiete	188
8.3.2	Lichtbogengestütztes Aufdampfen (VALICO®-Verfahren)	188
8.3.2.1	Verfahrensbeschreibung und Anlagentechnik	188
8.3.2.2	Technologische Aspekte	190
8.3.2.3	Schichteigenschaften	191
8.3.2.4	Anwendungsgebiete	194
8.3.3	Zusammenfassende Bewertung	194
8.4	Transparente Abschirmschichten	194
8.4.1	Besonderheiten	194
8.4.2	Beschichtungsverfahren und Anlagentechnik	195
8.4.3	Schichteigenschaften	195
8.4.4	Anwendungsgebiete	197
	Literatur zu Abschnitt 8	198
9	Beschichten durch thermisches Spritzen	199
9.1	Übersicht	199
9.2	Draht- und Pulverflammspritzen	200
9.2.1	Verfahrensbeschreibung und Anlagentechnik	200
9.2.2	Vor- und Nachteile/Anwendungsbeispiele	201
9.2.3	Technologische Aspekte	201
9.2.3.1	Bauteilvorbehandlung	201
9.2.3.2	Bauteilkühlung	202
9.2.4	Schichteigenschaften	202
9.2.5	Zusammenfassung/Bewertung	205
9.3	Atmosphärisches Plasmaspritzen	206
9.3.1	Verfahrensbeschreibung und Anlagentechnik	206
9.3.2	Vor- und Nachteile/Anwendungsbeispiele	206

9.3.3	Technologische Aspekte	207
9.3.3.1	Bauteilvorbehandlung	207
9.3.3.2	Bauteilkühlung	207
9.3.4	Schichteigenschaften	208
9.3.5	Zusammenfassung/Bewertung	210
9.4	Atmosphärisches Lichtbogenspritzen	210
9.4.1	Verfahrensbeschreibung und Anlagentechnik	210
9.4.2	Vor- und Nachteile / Anwendungsbeispiele	212
9.4.3	Technologische Aspekte	213
9.4.3.1	Werkstoffe	213
9.4.3.2	Technologische Parameter	214
9.4.3.3	Vorbehandlung / Oberflächenzustand	215
9.4.4	Erzielbare Schichteigenschaften	216
9.4.4.1	Haftzugfestigkeit	216
9.4.4.2	Abschirmeigenschaften	220
9.4.4.3	Weitere Eigenschaften	225
9.4.5	Umweltaspekte	226
9.4.6	Zusammenfassung / Ausblick	226
	Literatur zu Abschnitt 9	227
10	Recycling beschichteter Kunststoffgehäuse	228
10.1	Übersicht	228
10.2	Einführung in die Problemstellung	228
10.3	Verfahrensschritte beim mechanischen Recycling metallisierter Kunststoffe	229
10.3.1	Vorbehandlung	229
10.3.2	Aufschlußzerkleinerung	230
10.3.3	Sortierung	230
10.4	Aufschlußzerkleinerung	230
10.4.1	Zerkleinerungsgeräte	230
10.4.1.1	Hammermühle (Condux-Laborhammermühle)	230
10.4.1.2	Schlagkreuzmühle „Record A“	231
10.4.1.3	Schneidgranulator GS 300/200	231
10.4.1.4	Pralltellermühle	231
10.4.2	Voruntersuchungen zum Zerkleinerungsverhalten der Kunststoffe	231
10.4.2.1	Zerkleinerungsversuche mit der Hammermühle	232
10.4.2.2	Zerkleinerungsversuche mit der Schlagkreuzmühle	233
10.4.2.3	Zerkleinerungsversuche mit dem Schneidgranulator	233
10.4.2.4	Schlußfolgerungen für die Aufschlußversuche	233
10.4.3	Aufschlußuntersuchungen an beschichteten Kunststoffen	233
10.5	Sortierung	234
10.5.1	Sichtung	234
10.5.2	Setzsortierung	235

10.5.3	Herdsortierung	236
10.5.4	Magnet- und Elektroscheidung	236
10.6	Ergebnisse mit beschichteten Kunststoffen	236
10.6.1	Flammgespritzte Kunststoffe	239
10.6.2	Vakuumtechnisch beschichtete Kunststoffe	239
10.6.3	Naßbeschichtete Kunststoffe (chemisch bzw. chemisch/ galvanisch)	239
10.6.3.1	Aufschlußversuche mit dem Schneidgranulator	240
10.6.3.2	Aufschlußversuche mit der Pralltellermühle	240
10.7	Spritzgußversuche mit Recyclingmaterial	240
10.8	Zusammenfassung der Ergebnisse und Auswertung	241
10.9	Technologievorschlag und Kostenabschätzung	242
	Literatur zu Abschnitt 10	243
11	Hinweise für Entwickler und Konstrukteure	244
11.1	Übersicht	244
11.2	Hinweise zur Gehäusekonstruktion	244
11.2.1	Anforderungen an die Gehäusekonstruktion	244
11.2.2	EMV-gerechtes Konstruieren von Gehäusen	245
11.2.3	Beschichtungsgerechtes Konstruieren von Gehäusen	245
11.2.3.1	Anforderungen der galvanotechnischen Metallisierung ..	245
11.2.3.2	Anforderungen der vakuumtechnischen Metallisierung ..	248
11.2.3.3	Anforderungen des thermischen Spritzens	253
11.3	Hinweise zur Auslegung von Spritzgießwerkzeugen und zum Spritzgießprozeß	255
11.3.1	Allgemeines	255
11.3.2	Zur Auslegung von Spritzgießwerkzeugen	256
11.3.3	Hinweise zum Spritzgießprozeß	260
11.4	Auswahl des Beschichtungsverfahrens	262
11.4.1	Vorgehensweise bei der Auswahl eines Beschichtungsverfahrens	262
11.4.2	Eingangsgrößen für die Bewertung des Beschichtungsverfahrens	262
11.4.3	Ermittlung des technisch geeigneten Beschichtungsverfahrens	264
11.4.4	Beschichtungskosten	267
	Literatur zu Abschnitt 11	268
12	Stichwortverzeichnis	269
	Anzeigenteil	