

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort	11
2 Begriffe und Abkürzungen	13
3 Grundlagen	17
3.1 Verbundwerkstoffe	17
3.2 Der Markt für Faserverbundkunststoffe	18
3.2.1 Einordnung in die Kunststoffindustrie und Marktbeschreibung	18
3.2.2 Anwendungen und Verfahren	20
3.2.3 Marktchancen	20
4 Werkstoffe	22
4.1 Rohstoffe	22
4.1.1 Harze	22
4.1.1.1 Ungesättigte Polyesterharze	22
4.1.1.2 Vinylesterharze	35
4.1.1.3 Diallylphthalatharze	44
4.1.1.4 Methyl-Methacrylatharze	45
4.1.1.5 Epoxidharze	53
4.1.1.6 Polyurethane	65
4.1.1.7 Phenol-Formaldehydharze	72
4.1.1.8 Aminoharze	74
4.1.2 Thermoplaste – Polypropylen	75
4.1.2.1 Einführung	75
4.1.2.2 Polymeraufbau	77
4.1.2.3 Eigenschaftspektrum	86
4.1.2.4 Verarbeitungsverfahren und Anwendungsgebiete	94
4.1.2.5 Aktuelle Entwicklungstrends und Zukunftsaussichten	99
4.1.3 Biopolymere	103
4.1.3.1 Beschreibung der Ausgangskomponenten	103
4.1.3.2 Voraussetzungen für die Verarbeitung	105
4.1.3.3 Darstellung ausgewählter Typen und ihrer Charakteristika	105
4.1.4 Reaktionsmittel	114
4.1.4.1 Chemische Grundlagen	114
4.1.4.2 Reaktionsmittel für Polymerisate	115
4.1.4.3 Reaktionsmittel für Polyadditionsreaktionen	119
4.1.4.4 Sicherer Umgang mit Reaktionsmitteln	121
4.1.5 Verstärkungsfasern	122
4.1.5.1 Textilglasfasern	122
4.1.5.2 Aramidfasern	133
4.1.5.3 Kohlenstoff-Fasern	139
4.1.5.4 Naturfasern	147

4.1.6	Vliesstoffe	165
4.1.6.1	Einführung	165
4.1.6.2	Herstellungsverfahren	165
4.1.6.3	Verwendungszweck	170
4.1.7	Füllstoffe	173
4.1.7.1	Einführung/Geschichtliches	173
4.1.7.2	Morphologie und Kristallstruktur	173
4.1.7.3	Ausgewählte Füllstoffe – eine Übersicht	176
4.1.7.4	Verfahrenstechnik	179
4.1.7.5	Anwendungshinweise für GFK	180
4.1.7.6	Ausblick	181
4.1.8	Additive	182
4.1.8.1	Einführung	182
4.1.8.2	Beschreibung der Additive	184
4.1.9	Farbmittel	205
4.1.9.1	Einführung/Geschichtliches	205
4.1.9.2	Grundlagen	206
4.1.9.3	Farbmittel in Faserverstärkten Kunststoffen	207
4.1.9.4	Übersicht ausgewählter Pigmente	207
4.1.9.5	Pigmentpräparationen und Aufbereitung	211
4.1.9.6	Ausblick	213
4.1.10	Trennmittel	213
4.1.10.1	Einleitung	213
4.1.10.2	Trennmittelsysteme	214
4.1.10.3	Fehlerquellen	219
4.1.10.4	Beispielhafte Anwendungen	222
4.1.10.5	Schlusswort	222
4.2	Halbzeuge	223
4.2.1	Faserhalbzeuge	223
4.2.1.1	Herstellung von Faserhalbzeugen	223
4.2.1.2	Konfektion von Faserhalbzeugen	231
4.2.2	Prepregs	233
4.2.2.1	Einleitung	233
4.2.2.2	Herstellung und Eigenschaften von Duroplastprepregs	233
4.2.2.3	FKV Halbzeuge mit thermoplastischer Matrix	235
4.2.3	SMC/BMC	237
4.2.3.1	Werkstoff SMC	237
4.2.3.2	BMC Polyesterformmassen	261
4.2.4	Thermoplastische Formmassen	274
4.2.4.1	Einführung	274
4.2.4.2	Ausgangsstoffe	274
4.2.4.3	Herstellverfahren	275
4.2.4.4	Eigenschaften	279
4.2.4.5	Ausblick	284
4.3	Werkzeug-Werkstoffe	286
4.3.1	Werkstoffe für geschlossene Werkzeuge	286
4.3.2	Werkstoffe für offene Werkzeuge	288

5 Werdegang eines Produktes	289
5.1 Gestaltung eines Produktes	289
5.2 Konstruktion und Berechnung	294
5.2.1 Umdenken in Schichten und Faserkoordinaten	294
5.2.2 Eigenschaften des Verbundes aus Fasern und Matrix	295
5.2.3 Eigenschaften mehrschichtiger Lamine	299
5.2.4 Dimensionierung mit der Klassischen Laminattheorie (CLT)	300
5.2.5 Festigkeitsanalyse	304
5.2.6 Hilfsmittel für die Berechnung	307
5.2.7 Lebensdauer von FVK	308
5.2.8 Verhalten bei Crash	308
5.2.9 Krafteinleitungselemente	308
6 Herstellungsverfahren	311
6.1 Handlaminieren/Faserspritzen	311
6.1.1 Einleitung	311
6.1.2 Verfahrensgrundlagen	312
6.1.3 Betriebsmittel/Werkzeuge	315
6.1.4 Ausgangsstoffe für handlaminierter oder fasergespritzte Bauteile	319
6.1.5 Verfahrensablauf	321
6.1.6 Gestaltungsparameter	325
6.1.7 Eigenschaften/Qualität	327
6.2 Nasspressen	331
6.2.1 Einführung	331
6.2.2 Verfahrensgrundlagen	331
6.2.3 Verfahrensablauf	331
6.2.4 Betriebsmittel	332
6.2.5 Ausgangsstoffe	337
6.2.6 Qualität von Pressteilen	343
6.2.7 Mögliche Fehler und ihre Ursachen	344
6.2.8 Ausblick	345
6.3 Wickelverfahren	346
6.3.1 Einleitung	346
6.3.2 Verfahrensgrundlagen	346
6.3.3 Anlagentechnik	349
6.3.4 Thermoplastwickeln	354
6.3.5 Weitere Entwicklung	359
6.4 Profilziehverfahren	361
6.4.1 Einleitung/Geschichtliches	361
6.4.2 Verfahrensgrundlagen	362
6.4.3 Betriebsmittel	364
6.4.4 Ausgangsstoffe	365
6.4.5 Gestaltungsparameter	367
6.4.6 Eigenschaften	369
6.4.7 Weiterverarbeitung	370
6.4.8 Anwendungsbeispiele	371

6.5	Injektionsverfahren	375
6.5.1	Einführung	375
6.5.2	RTM-Verfahrensablauf	376
6.5.3	Verfahrensgrundlagen	377
6.5.4	Betriebsmittel	378
6.5.5	Ausgangsstoffe	380
6.5.6	Prozessvarianten/Gestaltungsoptionen	380
6.5.7	Zusammenfassung	381
6.6	Das Spaltimprägnierverfahren	383
6.6.1	Einleitung	383
6.6.2	Konzept des Spaltimprägnierverfahrens	384
6.6.3	Formfüllvorgang im Spaltimprägnierverfahren	385
6.6.4	Fertigung von ebenen, monolithischen Bauteilen	387
6.6.5	Analyse der Fertigung von gekrümmten Sandwichbauteilen mithilfe des Spaltimprägnierverfahrens	389
6.6.6	Fazit und Ausblick	390
6.7	Heißpressen von SMC/BMC	393
6.7.1	Einführung/Geschichtliches	393
6.7.2	Verfahrensgrundlagen	393
6.7.3	Betriebsmittel	394
6.7.4	Produktionswerkzeuge/Hilfsmittel	403
6.7.5	Gestaltungsrichtlinien	406
6.7.6	Nachbehandlung	417
6.7.7	Qualität/Eigenschaften	418
6.8	Hochdruckpressen von GMT/LFT	419
6.8.1	Einführung/Geschichtliches	419
6.8.2	Verfahrensgrundlagen	419
6.8.3	Betriebsmittel /Verfahrensablauf	420
6.8.4	Ausgangsstoffe	422
6.8.5	Produktionswerkzeuge/Hilfsmittel	424
6.8.6	Gestaltungsrichtlinien	424
6.8.7	Nachbehandlung	427
6.8.8	Qualität/Eigenschaften	428
6.9	Spritzgießen von BMC	430
6.9.1	Einführung	430
6.9.2	Verfahrensgrundlagen	430
6.9.3	Betriebsmittel	433
6.9.4	Produktionswerkzeuge	437
6.9.5	Nachbehandlung	438
6.9.6	Qualität und Eigenschaften	438
6.10	Spritzgießen langfaserverstärkter Thermoplaste (LFT)	439
6.10.1	Einführung	439
6.10.2	Prinzip der Langfaserverstärkung	439
6.10.3	Verfahrensgrundlagen	441
6.10.4	Betriebsmittel/Verfahrensablauf	442
6.10.5	Ausgangsstoffe	448
6.10.6	Ausblick und Entwicklungstendenzen	449

6.11	Kontinuierliches Laminieren	451
6.11.1	Einführung	451
6.11.2	Verfahrenstechnische Grundlagen	451
6.11.3	Ausgangsstoffe/Hilfsmittel	452
6.11.4	Kontinuierliche Herstellung planer Platten und Bahnen	459
6.11.5	Produkte – Konstruktion – Eigenschaften – Anwendungen	465
6.12	Schleuderverfahren	470
6.12.1	Einführung	470
6.12.2	Grundlagen des Schleuderverfahrens	471
6.12.3	Fertigungseinrichtungen	471
6.12.4	Verfahrenstechnik	472
6.12.5	Verfahrensbedingte Produktmerkmale	473
6.12.6	Qualitätssicherung	475
6.13	Umformen endlosfaserverstärkter Thermoplaste	477
6.13.1	Einführung	477
6.13.2	Ausgangssituation	477
6.13.3	Verfahrensablauf	478
6.13.4	Umformverfahren, Betriebsmittel und Einsatzmöglichkeiten	478
6.14	Automatisierte Legeverfahren	484
6.14.1	Einleitung	484
6.14.2	Verfahrensgrundlagen	484
6.14.3	Anlagentechnik	485
6.14.4	Duroplast-Tapelegen	486
6.14.5	Thermoplast-Tapelegen	486
6.15	LFI-Verfahren	487
6.15.1	Einleitung	487
6.15.2	Verfahrensablauf	487
6.15.3	Anlagentechnik	489
6.15.4	Prozessüberwachung	497
6.15.5	Prozessvarianten	498
6.15.6	Zusammenfassung und Ausblick	499
6.16	Fertigteilbearbeitung	502
6.16.1	Spanende Bearbeitung	505
6.16.1.1	Fräsen	505
6.16.1.2	Bohren	509
6.16.1.3	Stanzan	511
6.16.1.4	Ultraschallschwinglappen	512
6.16.2	Strahl-Bearbeitung	513
6.16.2.1	Wasserstrahlschneiden	513
6.16.2.2	Laserstrahlschneiden	516
6.16.3	Fügetechnik	518
6.16.3.1	Oberflächenbehandlung	518
6.16.3.2	Kleben von FVK	521
6.16.3.3	Schweißen von FVK	524
6.16.3.4	Mechanisches Fügen	527
6.16.3.5	Weitere in der Praxis angewandte Verbindungstechniken	536

7 Normung	543
7.1 Institutionen der Normungsarbeit	543
7.1.1 Der Fachnormenausschuss Kunststoffe (FNK) im Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN)	543
7.1.1.1 Aufgabenbeschreibung des FNK	544
7.1.1.2 Organisationsschema des FNK	544
7.1.1.3 Finanzierung der Normungsarbeit	546
7.1.1.4 Berichte und Arbeitsergebnisse aus den Gremien	548
7.1.2 Die „International Standard Organisation (ISO)“	551
7.1.3 Das „Comité Européen de Normalisation“ (CEN)	553
7.1.4 Die wichtigsten Gremien des FNK mit ihren Internat. Spiegelgremien	555
7.1.5 Das Europäische Normungsverfahren	556
7.2 Werdegang einer internationalen Norm	558
7.2.1 Verfahren	558
7.2.2 Kosten einer Norm	558
7.2.3 Weitere Komitees	559
8 Prüfverfahren	561
8.1 Einleitung	561
8.2 Die wichtigsten Bestimmungen im Überblick	561
9 Prüfzeichen	579
10 Die AVK stellt sich vor	582
Autorenverzeichnis	584