

Inhalt

Vorwort zur zweiten Auflage	V
Danksagung	VII
Die Autoren	IX
Abkürzungsverzeichnis	XVII
1 Einleitung	1
<i>Felipe Wolff-Fabris, Hauke Lengsfeld</i>	
1.1 Werkstoffe	1
1.2 Endlosfaserverstärkte Polymere	5
1.2.1 Eigenschaftsprofil	5
1.2.2 Herstellung	7
1.2.3 Anwendungsgebiete	9
2 Prepregs und deren Ausgangsmaterialien	13
<i>Felipe Wolff-Fabris, Hauke Lengsfeld, Johannes Krämer</i>	
2.1 Aufbau und Bereitstellung	15
2.2 Matrixsysteme	18
2.3 Fasern und Textilien	23
2.4 Prepreg-Systeme	26
2.4.1 Thermoset Prepregs	26
2.4.2 Thermoplastische Prepregs	31
3 Prepreg-Technologie	37
<i>Hauke Lengsfeld, Mike Turner</i>	
3.1 Entwicklungsgeschichte	37
3.2 Einleitung: Herstellungsmethoden	39
3.2.1 Aufbau einer Prepreg-Anlage	42
3.2.2 Herstellverfahren für Thermoset-Prepregs	42
3.2.2.1 Hot-Melt-Verfahren	42
3.2.2.2 Lösemittel-Verfahren Thermoset-Prepregs	47

3.2.3	Herstellverfahren für Thermoplast-Prepregs.....	50
3.2.3.1	Pulverbeschichtungsverfahren	50
3.2.3.2	Extrusionsverfahren.....	52
3.2.3.3	Lösemittel-Verfahren Thermoplast-Prepregs	53
3.2.4	Prepreg-Varianten.....	55
3.2.4.1	Slit-Tape	55
3.2.4.2	Towpreg	56
3.2.5	Einfluss von Herstellungsparametern	56
3.2.5.1	Matrixgehalt	57
3.2.5.2	Imprägnierungsgrad.....	59
3.2.5.3	Tack	61
4	Prepregs: Verarbeitungstechnologie	65
	<i>Hauke Lengsfeld, Javier Lacalle, Thomas Neumeyer</i>	
4.1	Einleitung	65
4.2	Zuschneiden von Thermoset-Prepregs (engl.: cutting).....	68
4.2.1	Manueller Zuschnitt.....	68
4.2.2	Automatisierter Zuschnitt	69
4.3	Handlaminieren von Thermoset Prepregs (Hand-Layup)	73
4.4	Automatisierte Ablegeverfahren: Automated-Tape-Laying (ATL) und Automated-Fiber-Placement (AFP)	76
4.4.1	Einleitung	76
4.4.1.1	Ziel der automatisierten Ablegeverfahren	80
4.4.1.2	Abläufe der automatisierten Ablegeverfahren... ..	81
4.4.1.3	Prepregs für automatisierte Ablegeverfahren	84
4.4.1.4	Maschinenarchitektur	90
4.4.2	Automatic-Tape-Laying (ATL)	96
4.4.2.1	Einführung.....	96
4.4.2.2	Thermoset Prepreg-Materialien für ATL.....	98
4.4.2.3	Funktionsprinzip des ATL-Verfahrens	99
4.4.2.4	ATL-Technologie und wichtige Teilsysteme	102
4.4.2.5	Auswahl der Maschinenkonfiguration für ATL-Verfahren.....	105
4.4.3	Automatic-Fiber-Placement (AFP).....	111
4.4.3.1	Einführung.....	111
4.4.3.2	Prepreg-Materialien für AFP	112
4.4.3.3	Funktionsprinzip des AFP-Verfahrens	115
4.4.3.4	AFP-Technologie und Konfigurationen	117
4.4.3.5	Kriterien für die Auswahl einer AFP-Konfiguration	128
4.4.4	Produktivität und Wirtschaftlichkeit der Ablegeverfahren	130
4.4.4.1	Ablege- und Floor-to-Floor Produktivität	131

4.4.4.2	Charakterisierung der Maschinenleistung.	132
4.4.4.3	Wirtschaftlichkeit der automatisierten Ablegeprozesse	135
4.4.5	Herstellung von Formteilen auf Basis von thermoplastischen UD-Tapes.....	136
4.4.5.1	Tape-Gelege auf Basis von UD-Tapes als flächige Halbzeuge	137
4.4.5.2	Verfahrenstechnik zur Herstellung von Gelegen auf Basis von UD-Tapes	139
4.5	Pultrusion	144
4.6	Hot-Forming	148
4.7	Same-Qualified-Resin-Transfer-Moulding-Verfahren (SQRTM) ..	155
5	Härtungs- und Konsolidierungstechnologien	161
	<i>Felipe Wolff-Fabris, Hauke Lengsfeld, Thomas Neumeyer</i>	
5.1	Grundlagen des Härtingszyklus	161
5.2	Autoklav-Verfahren	165
5.3	Härtung im Ofen	169
5.4	Quickstep™-Technologie	170
5.5	Pressverfahren	171
5.5.1	Pressverfahren für duroplastische Formteile	171
5.5.2	Pressverfahren zur Herstellung thermoplastischer Bauteile	173
5.5.2.1	Verfahren zur Vorkonsolidierung	174
5.5.2.2	Thermoformen von konsolidierten Tape-Gelegen	176
5.5.2.3	Profilherstellung aus thermoplastischen UD-Tapes	179
5.6	Induktionsverfahren	180
5.7	Mikrowellenhärtung	182
5.8	Elektronenstrahlhärtung.....	184
6	Tooling-Technologie	191
	<i>Hauke Lengsfeld, Hilmar Apmann</i>	
6.1	Anforderungen	192
6.2	Tooling-Materialien	194
6.2.1	Metallische Werkstoffe.....	195
6.2.2	Faserverbundmaterialien GFK/CFK.....	198
6.2.3	Andere Materialien.....	203
6.3	Tooling-Herstellung	204
6.3.1	Direkte Formherstellung	204
6.3.2	Indirekte Formherstellung.....	206

6.4	Tooling-Konzepte und Beispiele	209
6.4.1	Hot-Form-Toolings	209
6.4.2	Aushärtewerkzeuge	211
6.4.2.1	Einseitig geschlossene Aushärtewerkzeuge.....	216
6.4.2.2	Beidseitig geschlossene Aushärtewerkzeuge....	216
6.4.3	Trennmittel und Reinigung.....	217
7	Prüfung von Prepregs	219
7.1	Charakterisierung des unverarbeiteten Prepregs.....	220
7.1.1	Prepreg-Flächengewicht, Harzgehalt und Faserflächengewicht.....	220
7.1.2	Prozentualer Harzfluss	221
7.1.3	Tack	222
7.1.4	Drapierbarkeit.....	223
7.1.5	Flüchtige Bestandteile – Volatiles.....	223
7.1.6	Viskosität.....	224
7.1.7	Water-Pickup-Test (WPU-Test).....	226
7.1.8	Mikroskopie Schnitkantentest	227
7.1.9	Zugprüfung an thermoplastischen UD-Tapes (Single-Ply-Test)	228
7.2	Charakterisierung am Laminat	229
7.2.1	Faservolumengehalt.....	229
7.2.2	Messung der Glasübergangstemperatur	230
7.2.3	Cured-Ply-Thickness (CPT)	232
8	Design und Produktion	235
	<i>Hauke Lengsfeld</i>	
8.1	Bauweisen-Konzepte	235
8.1.1	Positiv-/Negativ-Bauweise.....	235
8.1.2	Integral-/Differenzial-Bauweise	237
8.1.3	Open-Mould-Konzepte	240
8.2	Einflussgrößen und Wechselwirkungen	246
8.2.1	Einflussgrößen bei der Bauteilherstellung.....	246
8.2.2	Wechselwirkungen bei der Bauteilherstellung	248
9	Fazit der Autoren	259
	Index.....	261