

Dipl.-Ing. Ralph Funck, Kaiserslautern

**Entwicklung innovativer  
Fertigungstechniken zur  
Verarbeitung kontinuierlich  
faserverstärkter Thermo-  
plaste im Wickelverfahren**

Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **393**

## Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	VII
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Bedeutung der Faserkunststoffverbunde .....	1
1.2 Bedeutung des Faserwickelverfahrens .....	3
<b>2 Stand der Technik</b> .....	5
2.1 Einsatzgründe für faserverstärkte Thermoplaste .....	5
2.2 Halbzeugformen .....	9
2.3 Verfahrenstechnik .....	11
2.3.1 Infrarot-Verfahren .....	14
2.3.2 Laser-Verfahren .....	15
2.3.3 Heißgas-Verfahren .....	17
2.3.4 Flamm-Verfahren .....	17
<b>3 Aufgabenstellung und Zielsetzung</b> .....	19
<b>4 Auswahlkriterien für Aufheizmethoden</b> .....	20
4.1 Ermittlung der Gesamtwirkungsgrade .....	20
4.2 Simulationsmodell zur Vorhersage der Wickelgeschwindigkeit .....	25
4.3 Verifikation der Simulationsergebnisse .....	33
4.4 Hauptheizungen im Vergleich .....	35
<b>5 Entwicklung der Anlagenkonfigurationen</b> .....	42
5.1 Wickelanlage mit Flamm-Aufheizung .....	42
5.2 Wickelanlage mit Laser-Aufheizung .....	44
5.3 Prozeßüberwachung .....	47
5.3.1 Analoge Prozeßüberwachung .....	47
5.3.2 Digitale Prozeßüberwachung .....	48

<b>6</b>	<b>Gezieltes Einbringen von Eigenspannungen</b> . . . . .	<b>51</b>
6.1	Einführung . . . . .	51
6.2	Methoden zur Bestimmung der Eigenspannungen . . . . .	52
6.2.1	Dehnungsmeßverfahren . . . . .	54
6.2.2	Sehnenmeßverfahren . . . . .	54
6.3	Experimentelle Untersuchungen an umfangsverstärkten Rohrsegmenten . . .	56
6.3.1	Einfluß der Verarbeitungsparameter . . . . .	56
6.4	Vergleich der analytischen Betrachtungen mit experimentellen Ergebnissen .	62
<b>7</b>	<b>Fertigung zylindrischer Bauteile</b> . . . . .	<b>64</b>
7.1	Hochgeschwindigkeitswickeln . . . . .	64
7.2	Armieren innendruckbelasteter thermoplastischer Rohre . . . . .	70
7.3	Aufbringen vorgespannter Umfangsverstärkungen . . . . .	72
7.3.1	Entwickeln der Bremseinrichtung . . . . .	72
7.3.2	Vorspannen metallischer Liner . . . . .	73
<b>8</b>	<b>Fertigung von Strukturbauteilen</b> . . . . .	<b>77</b>
8.1	Aufbringen von Axialverstärkungslagen . . . . .	77
8.2	Fertigen rohrförmiger Strukturbauteile . . . . .	83
8.3	Beeinflussen der Oberflächengüte . . . . .	87
8.4	Fertigen hyperbolisch gekrümmter rotationssymmetrischer Bauteile . . . . .	90
<b>9</b>	<b>Fertigung von Druckbehältern</b> . . . . .	<b>96</b>
9.1	Einführung . . . . .	96
9.2	Vollarmieren von Druckbehältern mit thermoplastischem Liner . . . . .	101
9.3	Prüfen der Druckbehälter . . . . .	107
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	<b>111</b>
<b>11</b>	<b>Anhang</b> . . . . .	<b>113</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>122</b>