

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise	4
2	Stand der Technik	7
2.1	Leichtbau	7
2.2	Metallische Werkstoffe	8
2.3	Faserverbundkunststoffe	11
2.3.1	Anisotropie von Faser-Verbund-Kunststoffen	12
2.3.2	Verstärkungsfasern	15
2.3.3	Matrixwerkstoffe	18
2.3.4	Halbzeuge	21
2.4	Hybridwerkstoffe aus Metallen und Faserverbundkunststoffen	23
2.4.1	Allgemeines	23
2.4.2	Prepreg-Pressen	24
2.5	Klebtechnisches Fügen	27
2.5.1	Bindungskräfte	27
2.5.2	Kleben von Faserverbundkunststoffen	28
2.5.3	Haftvermittler	29
2.6	Eigenspannungen	29
2.6.1	Einordnung	29
2.6.2	Eigenspannungen in faserverstärkten Kunststoffen	31

2.6.3	Eigenspannungen in Hybridwerkstoffen	32
2.6.4	Messung von Eigenspannungen in homogenen Werkstoffen	33
2.6.5	Messung von Eigenspannungen in heterogenen Werkstoffen	36
3	Analyse des Ausgangszustandes beim Prepreg-Pressen	39
3.1	Analytische Berechnung der Eigenspannungen	39
3.1.1	Ermittlung der Eigenspannungen im Faserverbundkunststoff	39
3.1.2	Ermittlung der Eigenspannungen im Hybridverbund	43
3.2	Experimentelle Ermittlung der Eigenspannungen im Hybridverbund	45
3.2.1	Bewertung der standardisierten Messverfahren	45
3.2.2	Verfahren zur Messung von Eigenspannungen im Hybridwerkstoff	49
3.2.3	Ergebnisse	50
3.3	Diskussion der Ergebnisse	51
4	Konzept zur Reduzierung der Eigenspannungen	53
4.1	Experimentelle Bestimmung der Temperaturen im Bauteil	57
4.2	Analytische Bestimmung der stationären Temperaturen im Werkstoff	63
4.3	Numerische Bestimmung der Temperaturen im Werkstoff	66
4.3.1	Diskretisierung der Geometrie	67
4.3.2	Aufstellen der Approximationsgleichungen für jeden Gitterpunkt	67
4.3.3	Aufstellen der Approximationsgleichungen für jeden Zeitschritt	68
4.3.4	Einarbeiten der Randbedingungen	69
4.3.5	Einarbeiten der Anfangsbedingung	70
4.3.6	Wiederholtes Lösen des entstandenen linearen Gleichungssystems	70
4.4	Analytische Bestimmung der Eigenspannungen	71

5	Optimierungen	75
5.1	Optimierungsschritt 1: Prozessparameter	77
5.1.1	Eigenspannungen.....	77
5.1.2	Scherzugfestigkeit	79
5.2	Optimierungsschritt 2: Haftvermittler	82
5.2.1	Eigenspannungen.....	83
5.2.2	Scherzugversuche	84
5.3	Optimierungsschritt 3: Harzsystem	87
5.3.1	Eigenspannungen.....	88
5.3.2	Scherzugversuche	90
5.4	Optimierungsschritt 4: Harzvariation in Dickenrichtung	94
5.4.1	Eigenspannungen.....	94
5.4.2	Scherzugversuche	96
6	Vergleich des klassischen und des optimierten Prepreg-Pressens	101
7	Methodik zur Entwicklung eigenspannungsoptimierter Hybridverbunde ...	107
7.1	Ausgangssituation	107
7.2	Erweiterung der bestehenden Methodik auf Eigenspannungen	108
7.2.1	Klären und Präzisieren der Aufgabe	109
7.2.2	Methodisches Gestalten	109
7.2.3	Planung des Herstellungsprozesses.....	110
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	111
9	Abkürzungen und Symbole.....	115
	Literatur.....	119
	Lebenslauf.....	129