

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Analyse der Aufgabenstellung	3
1.3 Gliederung der Arbeit.....	6
2 Stand der Technik und Forschung	8
2.1 Faserverstärkte Kunststoffe	8
2.1.1 Matrixsysteme und Fasermaterialien	8
2.1.2 Textile Halbzeuge und Fertigungstechnologien	9
2.1.3 Resin Transfer Molding	10
2.2 Trennmittel.....	13
2.2.1 Trennmittel auf Werkzeugen und deren Reinigung	15
2.2.2 Folien in der Herstellung von faserverstärkten Kunststoffen	16
2.2.3 Vorbehandlung von FVK-Oberflächen für das Lackieren	20
2.3 Plasmaoberflächentechnik.....	21
2.3.1 Plasmazustand.....	21
2.3.2 Plasmapolymerisationsprozess	21
2.3.3 Niederdruckplasma.....	22
2.4 Beschichtungssysteme	24
2.4.1 Beschichtung von faserverstärkten Kunststoffen	26
2.5 Haftung.....	28
2.5.1 Definition der Haft- und Verbundfestigkeit	28
2.5.2 Adhäsionstheorien.....	29
2.6 Dichtungslösungen für Trennfolien im RTM Prozess	34
2.6.1 Dichtungsrahmen mit Dichtungsschnüren	34
2.6.2 Automatisierungsgrad für Fertigungsprozesse.....	34
3 Versuchsbeschreibung	36
3.1 Plasmareaktor und die durchgeführten Plasmabeschichtungen.....	36
3.2 Verwendete Trägerfolien und Lacke	40
3.3 Verfahren zur Charakterisierung von Oberflächen	42
3.3.1 Oberflächenenergie mittels Kontaktwinkelmessung.....	42
3.3.2 Oberflächenspannung mit Wilhelmy-Plattenmethode und polarer Anteil.....	43
3.3.3 Reflektometrische Interferenzspektroskopie	44
3.3.4 Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)	44
3.3.5 Messung der OH-Gruppendichte durch Dibutylzinnlaurat	45
3.3.6 Lichtmikroskop	46
3.3.7 Rasterelektronenmikroskop (REM).....	46
3.3.8 Bildbearbeitung und -auswertung der REM Aufnahmen	47
3.3.9 Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	47
3.3.10 Energiedispersive Röntgenanalyse (EDX).....	47
3.3.11 Profilometer	48
3.4 Prüfverfahren zur Quantifizierung der Verbundfestigkeit und Schichtdicke	48
3.4.1 Gitterschnittprüfung nach DIN 2409.....	48
3.4.2 Abreißversuch nach DIN 4624.....	49
3.4.3 Schälversuch nach DIN 8510-2 und DIN 29862	50

3.4.4	Zugversuch nach DIN 527	51
3.4.5	Schichtdicke bei biaxialer Dehnung	54
3.5	Versuchsstand zur Bestimmung der Schichtdicke von definiert gedehnten Folien	56
3.6	Bestimmung der Druckänderung durch strukturierte Folien	56
3.7	Methoden zur Charakterisierung von Dichtungslösungen	58
3.7.1	Leckage und externe Anpresskraft	59
3.7.2	Haltekraft	60
3.7.3	Anforderungen an die Automatisierung der Dichtungslösung	61
4	Charakterisierung von Lacktransferfolien in der FVK Produktion	62
4.1	Chemische Zusammensetzung der plasmapolymeren Beschichtung.....	62
4.2	Mechanisches Verhalten des Folie-Lack-Verbunds bei Dehnung	64
4.3	Einfluss der Querkontraktion auf die Schichtdickenänderung des Lacks.....	70
4.3.1	Uniaxialer Dehnungszustand	70
4.3.2	Biaxialer Dehnungszustand	71
4.4	Druckänderung durch strukturierte Folien	75
4.5	Übertragbarkeit von Strukturen auf die Lackoberfläche.....	77
5	Automatisierbare Dichtungslösung zur Applikation von Lacktransferfolien	79
5.1	Untersuchung der Einflussparameter auf die externe Anpresskraft.....	79
5.2	Untersuchung der Einflussparameter auf die Haltekraft	80
5.3	Untersuchung der Einflussparameter auf die Dichtigkeit	81
5.4	Automatisierungsgrad des Dichtungsrahmens	83
6	Grenzfläche zwischen Lack und Plasmabeschichtung	84
6.1	Einfluss der Gasverhältnisse bei der Plasmabeschichtung auf die Schälkräfte	84
6.2	Bruch plasmapolymerer Beschichtungen auf Trägerfolien	92
6.3	Übertrag der plasmapolymeren Beschichtung beim Abziehen der Folie	94
6.4	Überlackierbarkeit von RTM Bauteilen	97
6.5	Einfluss der Dehnung auf die Verbundfestigkeit.....	102
7	Modell für den Mechanismus des gedehnten Lacktransferprozesses	103
8	Zusammenfassung	106
9	Ausblick	110
Literaturverzeichnis		112
Anhang		126
A	Abbildungsverzeichnis	128
B	Tabellenverzeichnis	132
C	CAD Zeichnungen	133
D	Programmcode zur Auswertung der Rissbilder	137
E	Schichtzusammensetzung aus XPS Untersuchung	139
F	Durchmesser der O-Ringe	140
G	Rissbilder der plasmapolymeren Beschichtung unter Dehnung	141