

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung	1
1.2 Vorgehensweise und Aufbau	3
2 Grundlagen und Stand der Forschung	4
2.1 Stand der Wissenschaft	4
2.2 Chemische und physikalische Grundlagen	7
2.2.1 Adhäsion	7
2.2.2 Oberflächenenergie und Benetzbarkeit im Kontakt Festkörper-Flüssigkeit	11
2.2.3 Chemischer Aufbau und Eigenschaften von Polyurethan	15
2.3 Oberflächenqualität von spritzgegossenen Außenhautbauteilen im Fahrzeugbau	17
2.4 Probleme und deren Auswirkung beim Spritzgießen mit Polyurethan- Überflutung	19
2.5 Wirkung von Trennmitteln und Werkzeugbeschichtungen auf Polyurethan	21
2.6 Eigenschaften der verwendeten Materialien	23
2.6.1 Polyurethan	23
2.6.2 Trennmittel	23
2.6.3 Werkzeugbeschichtungen	24
3 Adhäsionsbeeinflussung von 2K-PUR-Lacken für automobiler Außenhautanwendungen	26
3.1 Versuchsaufbau und -beschreibung	26
3.2 Haftzugfestigkeitsuntersuchungen	30
3.3 Zusammenhang zwischen Oberflächenenergie und Verbundfestigkeit	37
3.4 Ableitung für den 2K-Spritzgießprozess	41
4 Berechnung von Bindungskräften	43
4.1 Modellierung des PUR-Moleküls und der Stahloberfläche	43
4.2 Positionierung des PUR-Moleküls auf der Stahloberfläche	45
4.3 Berechnung der Bindungsenergie und der Haftzugfestigkeit zwischen PUR und Metalloberfläche	48
4.4 Elementaranalyse und Modellierung der Antihaftbeschichtung	52
4.5 Reaktionen zwischen PTFE- und PUR-Modellmolekül	60
4.6 Reaktionen zwischen PVME- und PUR-Modellmolekül	63
4.7 Berechnung der Haftzugfestigkeit zwischen PUR und Antihaftbeschichtung	68
4.8 Zusammenfassung und Vergleich	70

5 Entformungsverhalten und Bauteiloberflächenqualität unter produktionsnahen Bedingungen	73
5.1 Werkzeug- und Versuchsaufbau	73
5.2 Messung der Entformungskräfte	76
5.2.1 Unbeschichtete Werkzeugoberfläche	76
5.2.2 Plasmapolymersationsbeschichtete Werkzeugoberfläche	79
5.2.3 Chemisch-Nickel beschichtete Werkzeugoberfläche	82
5.2.4 Kunststoffbeschichtete Werkzeugoberfläche	84
5.3 Beurteilung der Bauteiloberfläche	85
5.4 Optimierungsansatz	88
5.5 Fazit	95
6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	98
7 Zusammenfassung und Ausblick	102
8 Verzeichnisse	108
8.1 Literaturverzeichnis	108
8.2 Abbildungsverzeichnis	117
8.3 Tabellenverzeichnis	120
9 Anhang	121
9.1 Typische XPS-Spektren	121
9.2 Typische REM/EDX-Spektren	122
9.3 Typische ATR-Spektren	124
9.4 Typische SIMS-Spektren	125
9.5 Zeichnung Bauteil Plattenversuchswerkzeug	126
9.6 Auszug Versuchsreihe unbeschichtete Werkzeugplatte mit PUR	127
9.7 Versuchsreihe Plasmapolymersationsschicht	127
9.8 Auszug Versuchsreihe Chemisch-Nickel-Beschichtung	128
9.9 Auszug Versuchsreihe Kunststoffbeschichtung	128
9.10 Auszug Versuchsreihe Beschichtung Nr. 19	129
9.11 Auszug Versuchsreihe Beschichtung Nr. 19 poliert	129