

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung und Motivation der Arbeit</b> .....	<b>17</b>
<b>2 Beschreibung und Definition des umformenden Pineinpressens</b> .....	<b>19</b>
2.1 Phasen des umformenden Pineinpressens .....	19
2.2 Funktionseigenschaften und geometrische Beschreibung des Pins ...	20
<b>3 Stand der Technik</b> .....	<b>22</b>
3.1 Steckverbinder .....	22
3.1.1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	24
3.2 Grundlagen des umformenden Pineinpressens .....	25
3.2.1 Grundlagen des Pineinpressens .....	25
3.2.2 Der Einfluss der Pins auf das umformende Pineinpressen .....	27
3.2.3 Maschinen zum umformenden Pineinpressen .....	28
3.2.4 Abgrenzung des umformenden Pineinpressens zu Press-fit-Verbindungen .....	29
3.2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	30
3.3 Grundlagen des Fügens von Kunststoff mit Metall .....	30
3.3.1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	32
3.4 Grundlagen der Umformtechnik .....	32
3.4.1 Formänderung & Plastizitätstheorie .....	33
3.4.2 Hintergründe und Berechnungen der Kräfte beim Umformen .....	38
3.4.3 Reibung in der Umformtechnik .....	40
3.4.4 Finite Elemente Simulation von Umformvorgängen .....	42
3.4.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	43

3.5	Grundlagen der Thermoplaste .....	44
3.5.1	Grundlagen und molekularer Aufbau der Thermoplaste .....	44
3.5.2	Mechanische Eigenschaften der Thermoplaste .....	47
3.5.3	Verbundwerkstoffe mit Additiven .....	50
3.5.4	Eigenschaften von PBT und PPS .....	52
3.5.5	Spritzgießen von Thermoplasten.....	53
3.5.6	Umformen von Thermoplasten.....	55
3.5.7	Reibwerte von Kunststoff-Metall-Paarungen.....	56
3.5.8	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	56
<b>4</b>	<b>Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Versuchsdurchführung .....</b>	<b>60</b>
5.1	Versuchsaufbau zum Einpressen des Pins in die Kammer .....	60
5.2	Versuchsaufbau für die mechanische Qualitätsprüfung .....	64
5.3	Versuchskörper.....	64
5.3.1	Kunststoffgehäuse .....	65
5.3.2	Pin und dessen Nomenklatur .....	68
5.4	Versuchsauswertung .....	70
5.5	Fazit .....	71
<b>6</b>	<b>Modellbildung des umformenden Pineinpressens.....</b>	<b>72</b>
6.1	Beschreibung der Vorgänge beim umformenden Pineinpressen.....	72
6.2	Analytisches Modell .....	73
6.2.1	Positionieren des Pins über dessen Länge (Schritt 1).....	76
6.2.2	Zentrieren des Pins über dessen Haken (Schritt 2) .....	77
6.2.3	Umformen der Kammerstufe (Schritt 3) .....	78
6.2.4	Nachpressen (Schritt 4).....	85
6.2.5	Rückfedern (Schritt 5).....	86
6.3	Validierung des analytischen Modells .....	87

6.3.1	Schliffe .....	87
6.3.2	Kräfte .....	88
6.3.3	Finite Elemente Simulation .....	94
6.3.4	Sensitivitätsanalyse .....	97
6.4	Fazit.....	100
<b>7</b>	<b>Produktgestaltung .....</b>	<b>101</b>
7.1	Einfluss geometrischer Größen auf das umformende Pineinpressen 101	
7.1.1	Hakenform.....	101
7.1.2	Hakenkavität .....	106
7.1.3	Anzahl der Haken .....	107
7.1.4	Pindicke .....	109
7.1.5	Pinlänge .....	110
7.1.6	Führung des Pins in der Kammer .....	111
7.1.7	Überschneidung von Pin und Kunststoffkammer.....	116
7.1.8	Dicke der Kammerwandung .....	118
7.2	Einfluss der Gehäusewerkstoffe auf das umformende Pineinpressen 119	
7.2.1	Glasfasergehalt .....	119
7.2.2	Kunststoffmatrix.....	122
7.3	Fazit.....	124
<b>8</b>	<b>Prozessgestaltung .....</b>	<b>126</b>
8.1	Einfluss der Einpresstiefe auf das umformende Pineinpressen .....	126
8.2	Einfluss der Geschwindigkeit auf das umformende Pin-einpressen..	127
8.3	Einfluss des Versatzes auf das umformende Pineinpressen .....	128
8.4	Fazit.....	133
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>134</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>136</b>

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>155</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>157</b>
A. 1: Versuchsvariationen beim umformenden Pineinpressen.....	157
A. 2: Statistische Versuchsauswertung.....	167
A. 3: Details des Pindesigns .....	173
A. 4: Soll-Ist-Vergleich des Kunststoffgehäuses .....	177
A. 5: Datenblatt PPS .....	179
A. 6: Nanoindentation an einem Schliff mit PBT HR GF30.....	180