

# **Inhaltsverzeichnis**

<b>Bibliographische Beschreibung.....</b>	<b>3</b>
<b>Vorwort.....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>15</b>
<b>Formelzeichenverzeichnis.....</b>	<b>17</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>21</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>25</b>
<b>2 Stand der Technik.....</b>	<b>27</b>
2.1 Bilanzierung produktionstechnischer Flüsse.....	27
2.1.1 Begriffsdefinitionen und systemtheoretische Grundlagen.....	27
2.1.2 Bilanzierungsmethoden und -ansätze.....	32
2.1.3 Zusammenfassung.....	58
2.2 Presshärten.....	60
2.2.1 Charakteristik des Presshärteverfahrens.....	62
2.2.2 Industriell angewandte Presshärteprozessketten.....	66
<b>3 Zielstellung.....</b>	<b>71</b>
<b>4 Methode zur techno-energetischen Bilanzierung von Fertigungs- prozessketten.....</b>	<b>75</b>
<b>5 Anwendung der Methode auf Presshärteprozessketten.....</b>	<b>83</b>
5.1 Festlegung des Bilanzraumes und Analyse der direkten Presshärteprozesskette.....	83
5.2 Festlegung des Bilanzraumes und Analyse der indirekten Presshärteprozesskette.....	88
5.3 Fazit.....	89
<b>6 Erstellung der Prozess- und Prozesskettenbilanzen für das Presshärten....</b>	<b>91</b>
6.1 Prozessbilanz Erwärmung.....	91

6.1.1	Thermische Energie des Erwärmungsprozesses.....	91
6.1.2	Verlustenergie des Erwärmungsprozesses.....	92
6.1.3	Zusammenfassung.....	100
6.2	Prozessbilanz Verweilen.....	102
6.3	Prozessbilanz Transfer.....	104
6.3.1	Mechanische Energie des Transferprozesses.....	105
6.3.2	Verlustenergie des Transferprozesses.....	106
6.3.3	Zusammenfassung.....	106
6.4	Prozessbilanz Umformen.....	108
6.4.1	Ideelle Umformenergie.....	109
6.4.2	Verlustenergie.....	111
6.4.3	Zusammenfassung.....	113
6.5	Prozessbilanz Abkühlen.....	114
6.6	Prozesskettenbilanz für Presshärteprozesse.....	115
6.6.1	Direkte Prozesskette.....	116
6.6.2	Indirekte Prozesskette.....	116
<b>7</b>	<b>Kennwertermittlung für die Prozessbilanzen beim Presshärten.....</b>	<b>117</b>
7.1	Erwärmen.....	119
7.1.1	Anlagen für Erwärmungsprozesse.....	119
7.1.2	Kennwerte der Erwärmungsanlagen.....	121
7.2	Verweilen.....	129
7.2.1	Anlagen für Verweilprozesse.....	129
7.2.2	Kennwerte der Anlagen.....	129
7.3	Transfer.....	130
7.3.1	Anlagen und Vorrichtungen für Transferprozesse.....	131
7.3.2	Kennwerte der Transfereinrichtungen.....	133
7.4	Umformen.....	136
7.4.1	Demonstratorbauteil und -werkzeug.....	136
7.4.2	Bestimmung umformtechnischer Kenngrößen.....	138
7.5	Abkühlen.....	141

<b>8 Techno-energetische Bewertung des Presshärtens.....</b>	<b>143</b>
8.1 Vergleichende Betrachtungen.....	143
8.1.1 Vergleich von Prozessen mit unterschiedlicher technolo- gischer Umsetzung.....	144
8.1.2 Vergleich von Prozessen bei unterschiedlicher anlagen- technischer Umsetzung.....	148
8.1.3 Vergleich unterschiedlicher Prozessketten.....	150
8.2 Energetisches Optimum.....	159
8.2.1 Allgemeine Vorgehensweise.....	159
8.2.2 Energetisches Optimum der Presshärteprozessketten.....	160
8.2.3 Energieeffizienz von Presshärteprozessketten.....	164
8.2.4 Sensitivität der Prozessvariablen.....	165
8.3 Korrelation energiesensitiver Prozessvariablen.....	166
8.3.1 Erwärmungs- versus Anlagentemperatur.....	166
8.3.2 Erwärmungstemperatur und Transferzeit versus Umformtemperatur.....	168
8.4 Einordnung der Ergebnisse.....	170
<b>9 Zusammenfassung.....</b>	<b>173</b>
<b>10 Ausblick.....</b>	<b>177</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>179</b>
<b>Anlage.....</b>	<b>195</b>
<b>Lebenslauf.....</b>	<b>199</b>