

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15
2	Stand der Technik	19
2.1	Methode zur Prozeßüberwachung	19
2.2	Verfahrensgrenzen und Versagensarten	27
2.2.1	<i>Grenzziehverhältnis</i>	28
2.2.2	<i>Reibungsmechanismen</i>	29
2.2.3	<i>Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf das Reibungsverhalten</i>	32
2.2.4	<i>Einfluß der Schmierstoffe auf das Reibungsverhalten</i>	36
3	Aufgabenstellung	39
3.1	Zielstellung	39
3.2	Untersuchungsgegenstand	41
3.3	Meßtechnische Möglichkeiten	41
3.4	Verfahrenstechnische Randbedingungen	42
4	Temperaturmessung in der Blechumformung	45
4.1	Erwärmung durch Umformung und äußere Reibung	45
4.2	Temperaturveränderung durch den Umformprozeß	47
4.2.1	<i>Temperaturveränderung durch Umformung</i>	47
4.2.2	<i>Temperaturveränderung durch äußere Reibung</i>	49
4.3	Der Mechanismus der Wärmeübertragung	50
4.3.1	<i>Wärmeleitung</i>	50
4.3.2	<i>Wärmestrahlung</i>	52
5	Anwendung der Thermografie in der Blechumformung	55
5.1	Anforderungsprofil	55
5.2	Strahlungsphysikalische Einflüsse	56

5.2.1	<i>Einfluß der Meßentfernung</i>	56
5.2.2	<i>Einfluß des Emissionsgrades</i>	56
5.2.3	<i>Einfluß des Emissionswinkels</i>	58
5.3	Eingesetzte Temperaturmeßtechnik	58
5.3.1	<i>Meßeinrichtung und Meßverfahren</i>	58
5.3.2	<i>Zeitliche Extrapolation des Temperaturverlaufes zum Umformzeitpunkt.</i>	60
6	Bewertung der Oberflächenreibung durch Thermografie	65
6.1	Laboruntersuchungen	65
6.1.1	<i>Versuchsstand</i>	65
6.1.2	<i>Versuchswerkzeuge</i>	66
6.2	Messung der Oberflächentemperatur	71
6.2.1	<i>Versuchsplanung</i>	71
6.2.2	<i>Thermografische Bestimmung der Oberflächentemperatur</i>	73
6.2.3	<i>Ergebnisdarstellung</i>	78
6.2.4	<i>Einflüsse auf die Meßgenauigkeit</i>	80
6.3	Eignung als Meßverfahren	82
7	Thermografische Untersuchungen zum Produktionsanlauf	85
7.1	Ausgangssituation	85
7.2	Vorgehensweise	85
7.3	Temperatur-Zeit-Verhalten	88
7.4	Bestimmung der Maximaltemperatur	100
7.5	Überprüfung der Wechselwirkungen	103
7.5.1	<i>Einfluß der Blechdicke</i>	103
7.5.2	<i>Einfluß der Werkstückoberfläche</i>	104
7.5.3	<i>Einfluß des Ziehstickenwerkstoffs auf das Reibungsverhalten</i>	106
7.6	Ziehspaltverhalten bei thermischer Belastung	110

8	Thermografische Untersuchungen bei stabiler Produktion	115
8.1	Ausgangssituation	115
8.2	Kritische Bauteilzonen	116
8.3	Versuchsdurchführung	119
8.3.1	<i>Ermittlung der Temperaturbelastung</i>	<i>119</i>
8.3.2	<i>Ermittlung der signifikanten Einflußgrößen</i>	<i>128</i>
8.3.3	<i>Schmierstoffmenge, Materialcharge, Blechhalterweg</i>	<i>130</i>
8.3.4	<i>Schmierort, Schmierart, Schmierstoffcharge</i>	<i>137</i>
8.4	Ermittlung der oberen und unteren Eingriffsgrenzen.	140
8.5	Bedeutung der Ergebnisse für die Produktion	145
9	Verbesserung der Meßgenauigkeit.	147
9.1	Korrektur von emissionsbedingten Temperaturmeßfehlern	147
9.2	Lösungsweg.	147
9.3	Anwendungsbeispiel	154
9.3.1	<i>Bestimmung der Emissionskoeffizienten</i>	<i>154</i>
9.3.2	<i>Nachweis der Leistungsfähigkeit.</i>	<i>157</i>
10	Zusammenfassung	161
11	Schrifttum	163
12	Verzeichnis der Anlagen	173