

Charakterisierung von polymeren Peelsystemen durch Anwendung neuartiger Methoden der experimentellen Bruchmechanik

Habilitationsschrift

von Prof. Dr.-Ing. Michael Nase

geb. am 24.09.1979 in Halle (Saale)

zur Verleihung des akademischen Grades

Doktoringenieur habitatus (Dr.-Ing. habil.)

genehmigt von der Fakultät für Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
am 06.04.2022

Gutachter:

1. Herr Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Holm Altenbach
2. Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Grellmann
3. Herr Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
2 Stand der Wissenschaft zur bruchmechanischen Bewertung von Peelsystemen	5
2.1 Technischer Überblick zu polymeren Peelsystemen und Betrachtung der molekularen Prozesse zu deren Erzeugung	5
2.1.1 Einteilung polymerer Peelsysteme	5
2.1.2 Erzeugung polymerer Peelsysteme – Betrachtung der molekularen Prozesse	12
2.2 Möglichkeiten und Grenzen der mechanischen und bruchmechanischen Bewertung des Peelverhaltens	21
2.2.1 Anwendung von mechanischen Prüfungen zur Charakterisierung der Peeleigenschaften von Peelsystemen	21
2.2.2 Bewertung des Deformations- und Bruchverhaltens von Peelsystemen	27
2.2.3 Aussagefähigkeit von mechanischen und bruchmechanischen Mess- und Kenngrößen hinsichtlich technischer Auslegung von Peelsystemen	39
3 Werkstoffe und Untersuchungsmethoden	49
3.1 Untersuchte kohäsive, adhäsive und hybride Peelsysteme	49
3.2 Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung der verwendeten Peelsysteme	66
4 Weiterentwicklung der experimentellen Methoden zur energiebestimmten bruchmechanischen Charakterisierung von polymeren Peelsystemen	70
4.1 Methodische Weiterentwicklung des T-Peeltests und des Fixed-Arm-Peeltests unter Anwendung des G -Konzepts und Ableitung der Kenngrößen G_{alc}^* und G_{alc}^{**}	70
4.1.1 Ableitung der bruchmechanischen Kenngröße G_{alc}^*	72
4.1.2 Ableitung der bruchmechanischen Kenngröße G_{alc}^{**} durch Ermittlung der wahren Peelfläche	75
4.1.3 Die adhäsive Energiefreisetzungsrate als geometrieunabhängige bruchmechanische Werkstoffkenngröße	79
4.2 Methodische Weiterentwicklung des Cling-Peeltests mit dem Ziel der Anwendung im Kontext der experimentellen Bruchmechanik	87
4.3 Anwendung des Risswiderstands-(R-)Kurven-Konzepts zur Bewertung des Peelverhaltens von polymeren Peelsystemen	90

5	Anwendungsmöglichkeiten der weiterentwickelten Methoden der experimentellen Bruchmechanik zur anwendungstechnischen Optimierung von Peelsystemen	94
5.1	Vergleichende Bewertung des Peelverhaltens wärmekontaktgesiegelter und ultraschallgesiegelter Peelsysteme	94
5.2	Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Rezeptur auf die Peeleigenschaften von gesiegelten sowie nicht gesiegelten kohäsiven, adhäsiven und hybriden Peelsystemen	104
5.3	Alterungsbedingte Veränderungen von Struktur und Peeleigenschaften am Beispiel gesiegelter kohäsiver und nicht gesiegelter hybrider Peelsysteme	117
6	Bewertung der Aussagefähigkeit bruchmechanischer Kenngrößen im Ergebnis der weiterentwickelten Methoden mit dem Ziel der Ableitung von übergeordneten Zusammenhängen zwischen Struktur und Eigenschaften der betrachteten Peelsysteme	131
6.1	Verallgemeinerte Struktur-Eigenschafts-Korrelationen der untersuchten gesiegelten und nicht gesiegelten Peelsysteme	131
6.2	Darstellung der Struktursensitivität der bruchmechanischen Kenngröße adhäsive Energiefreisetzungsrates	133
6.3	Bewertung der Aussagefähigkeit der angewandten bruchmechanischen Kenngrößen	139
7	Zusammenfassung	142
8	Anhang	147
9	Literaturverzeichnis	152

Danksagung

Schriftliche Erklärung