

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Verwendete Formelzeichen	III
Verwendete Abkürzungen.....	VI
1. Einleitung	1
2. Stand der Erkenntnisse	2
2.1. Clinchen und Stanznieten	2
2.1.1. Verfahrensbeschreibungen.....	3
2.1.2. Eigenschaften umformtechnisch gefügter Verbindungen.....	5
2.2. Numerische Berechnung von Clinch- und Stanznietverbindungen	9
2.2.1. Simulation des Fügeprozesses.....	10
2.2.2. Simulation der Verbindungseigenschaften	13
3. Zielsetzung	17
4. Grundlagen und mathematische Beschreibung von Werkstoffversagen	19
4.1. Modellbildung des Grenzverhaltens von Werkstoffen	19
4.1.1. Stoffgleichungen.....	19
4.1.2. Werkstoffmodelle.....	19
4.1.3. Methodische Ansätze zur Formulierung werkstoffabhängiger Gleichungen	20
4.1.4. Grenzverhalten bei quasistatischer Belastung.....	21
4.2. Schädigungsverlauf und Bruchmechanismen	23
4.2.1. Spaltbruch	24
4.2.2. Gleitbruch.....	26
5. Bruchkriterien zur Beschreibung der duktilen Materialtrennung beim Stanznieten.....	29
5.1. Bruchkriterien für duktilen Versagen bei Blechumformvorgängen ...	30
5.1.1. Geometrische Bruchkriterien	30
5.1.2. Makromechanische Bruchkriterien	31
5.1.3. Mikromechanische Bruchkriterien.....	35
5.2. Bruchkriterien für duktilen Versagen bei Massivumformvorgängen.....	37
5.2.1. Geometrische Bruchkriterien	37
5.2.2. Makromechanische Bruchkriterien	38
5.2.3. Mikromechanische Bruchkriterien.....	39
5.3. Anwendbarkeit der Kriterien auf die Simulation des Stanznietprozesses.....	41
6. Experimentelle Untersuchungen.....	44
6.1. Verwendete Versuchswerkstoffe, Hilfsfügeteile und Werkzeuggeometrien.....	44
6.1.1. Versuchswerkstoffe	44
6.1.2. Hilfsfügeteile.....	46
6.1.3. Werkzeuggeometrien	48

6.2.	Analyse der lokalen Umform- und Materialtrennprozesse im Modellversuch.....	49
6.3.	Charakterisierung der realen Stanznietprozesse	56
6.3.1.	Beschreibung der Randbedingungen zur Verbindungserstellung.....	56
6.3.2.	Bestimmung der Fügeeteildeformationen mit Hilfe des Rasterverfahrens.....	58
6.3.3.	Analyse der Stanznietprozesse für den Werkstoff DC04	60
6.3.4.	Analyse der Stanznietprozesse für den Werkstoff DP500	65
6.3.5.	Analyse der Stanznietprozesse für die Werkstoffe AA 5182, AA 6009 und AA 6016	69
7.	Numerische Untersuchungen und Verifikation der Berechnungsergebnisse.....	74
7.1.	Voraussetzungen für die Stanznietsimulation	74
7.1.1.	Lösungsalgorithmus	74
7.1.2.	Elementtypen und Materialverhalten	75
7.1.3.	Kontakt und Reibung.....	76
7.1.4.	Werkstofftrennung	77
7.2.	Simulation des Modellversuchs und Verifikation der Berechnungsergebnisse	78
7.2.1.	Berechnungen mit PAM CRASH	79
7.2.2.	Berechnungen mit MSC.Autoforge und Verifikation der Ergebnisse	83
7.3.	Simulation der Stanznietprozesse mit MSC.Autoforge und Verifikation der Berechnungsergebnisse.....	88
7.3.1.	Ergebnisse und Verifikation der Fügeprozeßsimulationen für den Werkstoff DC04	91
7.3.2.	Ergebnisse und Verifikation der Fügeprozeßsimulationen für den Werkstoff DP500	99
7.3.3.	Ergebnisse und Verifikation der Fügeprozeßsimulationen für die Werkstoffe AA 5182, AA 6009 und AA 6016.....	105
7.3.4.	Analyse der Sensitivität des Berechnungsergebnisses bezüglich des Referenzwerts des Versagenskriteriums.....	111
8.	Fügeprozeßsimulationen zur Einflußanalyse verschiedener Prozeßgrößen	113
8.1.	Fügeprozeßsimulationen zur Analyse des Einflusses der Reibung auf den Stanznietprozeß.....	113
8.2.	Fügeprozeßsimulationen zur Analyse des Einflusses der Nietfußgeometrie auf den Stanznietprozeß.....	118
9.	Empfehlung zur Vorgehensweise bei der Simulation des Stanznietprozesses.....	120
10.	Zusammenfassung.....	121
11.	Literatur.....	124