

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	10
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	18
Abkürzungsverzeichnis	19
Formelzeichen	20
1 Einleitung	21
2 Stand der Technik	23
2.1 Leichtbau	23
2.2 Mechanische Fügetechnik	23
2.3 Clinchen	24
2.4 Numerische Untersuchungen zum Clinchen	27
2.4.1 Fügeprozesssimulation	28
2.4.2 Modellierung der Reibung	28
2.4.3 Belastungssimulation beim Clinchen	29
3 Arbeitsschritte	30
3.1 Geplante und durchgeführte Arbeiten	30
3.2 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum	31
4 Analyse der Matrizenkinematik	33
4.1 Verbindungen mit Werkzeugen der BTM Blechverbindungstechnik GmbH	33
4.2 Verbindungen mit Werkzeugen der TOX PRESSOTECHNIK GmbH	34
4.3 Verbindungen mit Werkzeugen der Eckold GmbH & Co. KG	34
5 Werkstoffcharakterisierung	36
5.1 Aluminiumwerkstoff EN AW-5182	36
5.2 Stahlwerkstoff HX340LAD	38
6 Tribologische Untersuchungen	40
6.1 Linearer Reibprüfstand zur Untersuchung beweglicher Matrizen	40
6.2 Randbedingungsanalyse für matrizeninterne Kontakte	41
6.3 Lineare Reibuntersuchungen für matrizeninterne Kontakte	43
6.3.1 Reibversuche mit Werkzeugen von TOX PRESSOTECHNIK GmbH	44
6.3.2 Reibversuche mit Werkzeugen von BTM Blechverbindungstechnik GmbH	45
6.3.3 Reibversuche mit Werkzeugen von Eckold GmbH & Co. KG	45
6.4 Rotatorische Reibuntersuchungen für Kontakte zwischen Werkzeug und Fügeteil	46
6.4.1 Rotatorische Reibversuche mit Werkzeugen von Eckold GmbH & Co. KG	49
6.4.2 Rotatorische Reibversuche mit Werkzeugen von TOX PRESSOTECHNIK GmbH	50

6.4.3	Rotatorische Reibversuche mit Werkzeugen von BTM Blechverbindungstechnik GmbH	52
7	Numerische 3D-Fügeprozesssimulation	54
7.1	Verbindungen mit Werkzeugen der BTM Blechverbindungstechnik GmbH	55
7.2	Verbindungen mit Werkzeugen der TOX PRESSOTECHNIK GmbH	58
7.3	Verbindungen mit Werkzeugen der Eckold GmbH & Co. KG	61
8	Optimierung der 3D-Fügeprozesssimulation	65
8.1	Elementformulierung	65
8.2	Diskretisierung	66
8.3	Wiedervernetzung	68
8.4	Reibmodellierung	69
8.5	Schrittweite	70
8.6	Parallelisierung	71
8.7	Gesamtheitliche Parameteroptimierung	72
9	Anwendung der 3D-Fügeprozesssimulation für die Werkzeugentwicklung und Toleranzfeldanalysen	73
9.1	Einfluss von Winkel- und Lateralversatz	73
9.2	Einfluss der Reibung	74
9.3	Einfluss von Prozesskinematik und Werkzeuggeometrie	75
9.4	Anwendungsnahe Fügen	76
10	Tragfähigkeitsuntersuchungen	78
10.1	3D/3D-Prozesskette	79
10.1.1	HX340LAD 1,5 mm in EN AW-5182 1,5 mm mit starren Werkzeugen	79
10.1.2	HX340LAD 1,5 mm in EN AW-5182 1,5 mm mit Werkzeugen von BTM Blechverbindungstechnik GmbH	81
10.1.3	EN AW-5182 1,5 mm in HX340LAD 1,5 mm mit Werkzeugen von Eckold GmbH & Co. KG	82
10.1.4	EN AW-5182 1,5 mm in EN AW-5182 1,5 mm mit Werkzeugen von TOX PRESSOTECHNIK GmbH	84
10.2	2D/3D-Prozesskette	86
10.2.1	HX340LAD 1,5 mm in EN AW-5182 1,5 mm mit starren Werkzeugen	87
10.2.2	EN AW-5182 1,5 mm in HX340LAD 1,5 mm mit Werkzeugen von TOX PRESSOTECHNIK GmbH	89
10.2.3	EN AW-5182 1,5 mm in HX340LAD 1,5 mm mit Werkzeugen von Eckold GmbH & Co. KG	91
10.2.4	HX340LAD 1,5 mm in EN AW-5182 1,5 mm mit Werkzeugen von BTM Blechverbindungstechnik GmbH	93
10.3	Bewertung der Prozessrouten	95
10.3.1	Fügeprozesssimulation	95
10.3.2	Belastungssimulation	96

11	Ergebnisse und Ausblick	98
11.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU	100
12	Literatur	101
13	Anhang	103