

Laboruntersuchung zur Prozessstabilität beim Niet-Clinchen

Dissertation zur Erlangung
des akademischen Grades

**Doktor-Ingenieur
Dr.-Ing.**

vorgelegt

der Fakultät für Maschinenbau der
Technischen Universität Chemnitz

von Dipl.-Ing. Marc Reinstettel
geboren am 18.09.1977 in Colmar / Frankreich

München, den 13.02.2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	14
2	Stand der Technik.....	17
2.1	Fügeverfahren.....	17
2.1.1	Mechanische Fügeverfahren.....	17
2.1.2	Thermische Fügeverfahren.....	26
2.1.3	Hybride Fügeverfahren.....	29
2.2	Fügeanlage.....	29
3	Zieldefinition und Aufgabenstellung.....	33
4	Prüfmethoden.....	37
4.1	Metallografische Untersuchungen.....	37
4.2	Festigkeitsuntersuchungen (Anhang 1).....	37
4.2.1	Quasistatische Zuguntersuchungen.....	38
4.2.2	Zyklische Zuguntersuchungen.....	39
4.2.3	Crashtest am Fallprüfstand (Anhang 5).....	42
5	Festigkeitsuntersuchungen.....	46
5.1	Festigkeitsuntersuchung ohne Klebstoff.....	46
5.1.1	Quasistatische Verbindungsfestigkeit.....	46
5.1.2	Zyklische Untersuchungen ohne Klebstoff (Anhang 4).....	60
5.1.3	Crash-Tests (Anhang 5).....	72
5.2	Festigkeitsuntersuchung mit Klebstoff.....	84

5.2.1	Quasistatische Verbindungsfestigkeit	85
5.2.2	Zyklische Verbindungsfestigkeit.....	90
5.2.3	Crash-Tests.....	95
6	Versuchsauswertung.....	100
6.1	Versuchsauswertung ohne Klebstoff	100
6.1.1	Quasistatische Verbindungsfestigkeit	100
6.1.2	Zyklische Verbindungsfestigkeit.....	101
6.1.3	Crash – Tests.....	103
6.2	Versuchsauswertung mit Klebstoff	104
6.2.1	Quasistatische Verbindungsfestigkeit	104
6.2.2	Zyklische Verbindungsfestigkeit.....	105
6.2.3	Crash – Tests.....	106
6.3	Zusammenfassung Versuchsauswertung.....	108
7	Weiterentwicklung beim Niet-Clinchen	114
7.1	Entwicklungsschritte des Fraunhofer Institut.....	115
7.2	Variantenentwicklung des Zielverfahrens Nietclinchen.....	116
7.2.1	Versuche mit Amboss und Amboss mit Außenring	117
7.2.2	Untersuchungen mit Matrizen aus dem Stanznieten.....	118
7.2.3	Untersuchungen mit dem Strukturklebstoff Betamate 1480... ..	120
7.2.4	Untersuchungen verschiedener Werkstoffpaarungen.....	121
7.2.5	Festigkeitsvergleich Stanznieten/Nietclinchen (Anhang 12).....	122

8	Prozessschwankungen beim Nietclinchen	125
8.1	Methodik und statistische Grundlagen	125
8.1.1	Zielgrößen und Faktoren	125
8.1.2	Wechselwirkungen	126
8.1.3	Versuchsplan und Matrixexperimente	127
8.1.4	Vollständige faktorielle Versuchspläne	127
8.1.5	Fraktionelle faktorielle Versuchspläne	128
8.1.6	Versuchspläne nach G.Taguchi.....	130
8.1.7	Statistische Auswertung.....	132
8.2	Untersuchungen mittels statistischer Versuchsplanung ..	137
8.2.1	Umsetzung der Versuchspläne	137
8.2.2	Auswertung der Versuchspläne	144
8.2.3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	150
8.3	FE-Simulation.....	157
8.3.1	Anpassung der Simulation.....	157
8.3.2	Einfluss der Niethärte	162
8.3.3	Sensitivitätsanalyse (Anhang 14)	164
9	Zusammenfassung	169
	Literaturverzeichnis.....	171