
1	EINLEITUNG	1
2	STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK	2
2.1	Strukturelle Klebverbindungen	2
2.2	Betriebsfestigkeit	6
2.2.1	Experimentelle Schwingfestigkeitsanalyse	7
2.2.2	Nennspannungskonzept	11
2.2.3	Strukturspannungskonzept	13
2.2.4	Örtliches Konzept	14
2.2.5	Rissfortschrittskonzept	16
2.2.6	Einflüsse auf die Bauteilschwingfestigkeit	19
2.2.7	Schadensakkumulation	25
2.3	Schwingfestigkeitsanalyse struktureller Klebverbindungen	28
2.3.1	Versagensverhalten und Versagenskriterien	28
2.3.2	Probenformen	31
2.3.3	Rechnerische Schwingfestigkeitsanalyse von Klebverbindungen	32
2.3.4	Schwingfestigkeitsanalyse struktureller Klebverbindungen unter Belastung mit variablen Amplituden	38
2.4	Finite-Elemente-Methode	40
2.4.1	Berechnung von Spannungen und Verformungen	40
2.4.2	Berechnung der Energiefreisetzungsraten	42
3	ZIELSETZUNG UND VORGEHENSWEISE	44
4	VERSAGENSKRITERIEN UND ANRISSDETEKTION BEI SCHWINGEND BELASTETEN FEINBLECHFÜGEVERBINDUNGEN	45
4.1	Randbedingungen	45
4.1.1	Werkstoff und Fügeverfahren	45
4.1.2	Probenformen und Versuchsaufbauten	45
4.2	Definition geeigneter Versagenskriterien für die Schwingfestigkeitsanalyse von Fügeverbindungen	48
4.2.1	Schwingfestigkeitsversuche mit begleitender Anrissdetektion	49
4.2.2	Bewertung des Steifigkeitsverlaufs zur Anrissdetektion	57
4.2.3	Auswahl geeigneter Versagenskriterien und Messmethoden	61
5	ENTWICKLUNG EINER NEUARTIGEN PROBENFORM ZUR SCHWINGFESTIGKEITSANALYSE STRUKTURELLER KLEBVERBINDUNGEN	65
5.1	Anforderungen und Randbedingungen	65
5.2	Entwicklung der Probengeometrie	65
5.3	Realisierte bauteilähnliche „Teller-Probe“	67
6	EXPERIMENTELLE SCHWINGFESTIGKEITSANALYSE	70
6.1	Versuchsrandsbedingungen	70
6.1.1	Probenformen, Werk- und Klebstoffe	70
6.1.2	Versuchsaufbauten und -durchführung	74

6.1.3	Ausgewählte Lastkollektive für Belastung mit variablen Amplituden	78
6.2	Schwingfestigkeitsversuche mit ausgewählten Detailproben	80
6.2.1	Versuchsergebnisse unter Belastung mit konstanten Amplituden	80
6.2.1.1	Dicke Scherzugprobe	80
6.2.1.2	Schälzugprobe	83
6.2.2	Versuchsergebnisse unter Belastung mit variablen Amplituden	86
6.2.3	Betrachtung von Reihenfolgeeinflüssen	87
6.3	Schwingfestigkeitsversuche mit bauteilähnlicher Probe	89
6.3.1	Versuchsergebnisse unter Belastung mit konstanten Amplituden	89
6.3.2	Versuchsergebnisse unter Belastung mit variablen Amplituden	91
6.4	Versagenskriterien und Methoden zur Anrissdetektion im Vergleich	92
6.5	Experimentelle Bestimmung der Energiefreisetzungsraten unter schwingender Last	94
7	RECHNERISCHE LEBENDAUERANALYSE	97
7.1	Randbedingungen bei Verwendung der Finite-Elemente-Methode	97
7.2	FE-Modellerstellung und Verifikation	100
7.3	Rechnerische Lebensdaueranalyse unter Einstufenbelastung	103
7.3.1	Effektivspannungen auf Basis des Spannungsmittelungsansatzes	103
7.3.2	Effektivspannungen auf Basis des Spannungsabstandsansatzes	106
7.4	Rechnerische Lebensdaueranalyse unter Belastung mit variablen Amplituden	108
7.5	Bruchmechanische Abschätzung eines Versagensbereichs	119
7.5.1	Berechnung der Energiefreisetzungsraten	119
7.5.2	Abschätzung einer Versagensschwelle	121
8	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	125
9	LITERATUR	128
10	ANHANG	141
10.1	Versuchsergebnisse Schweißverbindungen	141
10.2	Dehnungsabgleich Schweißverbindungen	147
10.3	Versuchsergebnisse Klebverbindungen	148