

Inhalt

1	Einleitung	11
2	Wirkungen von Ultraschall bei der Materialbearbeitung.....	13
2.1	Allgemeines	13
2.2	Wirkung von Ultraschall auf Werkstoffeigenschaften.....	15
2.3	Wirkung von Ultraschall auf Kontaktvorgänge.....	17
2.4	Ultraschallbasierte Verbindungsverfahren.....	18
2.4.1	Ultraschallschweißen von Metallen und Drahtbonden	19
2.4.2	Flip-Chip Bonden mit Ultraschall	21
2.5	Ultraschallunterstützte Bearbeitung duktiler Werkstoffe	21
2.5.1	Ultraschallunterstütztes Drehen	22
2.5.2	Ultraschallbohren mit geometrisch bestimmter Schneide	24
2.6	Prozesse zur Ultraschallbearbeitung spröder Werkstoffe	26
2.6.1	Ultraschallbohren und –fräsen spröder Materialien	29
2.6.2	Ultraschallschleifen	32
2.6.3	Ultraschallschneiden	34
2.7	Prozesse mit hoch- und niederfrequenter Schwingungsüberlagerung.....	34
2.8	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	38
3	Charakterisierung unbelasteter Longitudinalschwinger	41
3.1	Das Gesamtsystem: Grundfunktionen und Halbwellensynthese	41
3.2	Analyse des piezoelektrischen Anregekonverters	44
3.2.1	Messung von Admittanzen	45
3.2.2	Frequenzgänge des Anregekonverters	48
3.2.3	Ersatzschaltbild eines piezoelektrischen Schallwandlers.....	50
3.2.4	Parameteridentifikation für das Ersatzschaltbild	51
3.2.5	Ersatzparameter für den Konverter	54
3.3	Transformationsstücke zur Steigerung der Amplitude	57

3.3.1	Modellbildung und elektromechanisches Ersatzschaltbild.....	58
3.3.2	Praktische Ausführung von Amplitudentransformatoren	63
3.3.3	Transformationsstufe mit radialem Querschnittsübergang	64
3.3.4	Experimentelle Untersuchungen an Transformationsstücken	69
3.3.5	Festigkeitsnachweis in Transformationsstücken	71
4	Charakterisierung von Longitudinalschwingern mit Belastung.....	73
4.1	Wirkung einer durch eine Feder und einen Dämpfer modellierten Last.....	73
4.1.1	Frequenzgänge mit Last	73
4.1.2	Identifikation der Lastparameter durch Messungen in Resonanz.....	75
4.2	Kontaktmodell.....	76
4.3	Optimierung.....	81
4.3.1	Energiefluss in Ultraschallwandlern	82
4.3.2	Wirkungsgrad am Ersatzschaltbild.....	83
4.3.3	Bestimmung des Wirkungsgrades durch Messungen in Resonanz.....	85
4.3.4	Lastanpassung durch Amplitudentransformation	86
4.4	Resonante Anregung piezoelektrischer Longitudinalschwinger	88
4.4.1	Konzepte für die elektrische Ansteuerung.....	88
4.4.2	Parallelabstimmung von Schallwandlern.....	89
4.4.3	Adaptiver Phasenregler für resonanten Betrieb	91
4.5	Experimentelle Untersuchungen.....	93
4.6	Praktische Anwendungen von Messungen unter Belastung	98
5	Entwicklung eines zylindrischen Ultraschallwerkzeugs	99
5.1	Anforderungen an das Ultraschallwerkzeug	99
5.2	Biegeplatte zur Anregung von Zylindern mit großem Durchmesser	101
5.2.1	Theoretische Untersuchung von Kreisplatten.....	102
5.2.2	Experimentelle Analyse von Kreisplatten	104
5.3	Zylinderschwingungen.....	106
5.3.1	Modalanalyse	106

5.3.2 Dimensionierung von Zylindern	113
5.4 Experimentelle Untersuchungen	114
5.4.1 Frequenzgang und Ersatzparameter	114
5.4.2 Messung der Schwingungsform: Auslenkung in axialer Richtung	117
5.4.3 Messung der Schwingungsform: Auslenkung in radialer Richtung	118
5.4.4 Schwingungsverhalten bei Belastung.....	120
5.5 Biegeplatte als Amplitudentransformator.....	126
5.5.1 Modellbildung und Dimensionierung abgesetzter Platten	126
5.5.2 Experimentelle Untersuchungen	131
6 Zusammenfassung.....	135
Literaturverzeichnis.....	137
Lebenslauf.....	143