

Inhaltsverzeichnis

VERWENDETE KURZZEICHEN	XI
1. EINLEITUNG	1
2. HEUTIGER STAND DER ABNAHMEBEDINGUNGEN SPANENDER WERKZEUGMASCHINEN	3
2.1. Abnahmebedingungen allgemein	3
2.2. Abnahmebedingungen für das dynamische Verhalten im speziellen	10
3. EINFLÜSSE AUF DIE RATTERERSCHENUNG	14
3.1. Allgemeiner Überblick über Schwingungsursachen	14
3.1.1. Fremderregte Schwingungen	15
3.1.2. Selbsterregte Schwingungen	15
3.1.2.1. Grundrauschen der Schnittkräfte	15
3.1.2.2. Schwingbewegungen in Schnittgeschwindigkeits- richtung; fallende Schnittkraft-Schnittgeschwin- digkeitscharakteristik	16
3.1.2.3. Aufbauschneidenbildung	18
3.1.2.4. Regenerativeneffekt	18
3.1.2.4.1. Regenerativeneffekt bei Prozessen mit geometrisch definierter Schneide	18
3.1.2.4.2. Regenerativeneffekt beim Schleifprozeß	24
3.1.2.5. Lagekopplung	24
3.1.3. Folgerungen	25
3.2. Identifizierung der Schwingungsursachen	27
3.3. Einflussfaktoren auf das Ratterverhalten	29
3.3.1. Maschinenbedingte Einflüsse	30
3.3.1.1. Fundament; Aufstellbedingungen	30
3.3.1.2. Lage der Maschinenbauteile	33
3.3.1.3. Spindeldrehzahl	35
3.3.1.4. Schlitten- und Tischbewegungen	35
3.3.1.5. Lose, Umkehrspanne, Nichtlinearitätseinflüsse, Vorspannung	38

VIII

3.3.1.6.	Betriebstemperatur	40
3.3.2.	Richtungsorientierungsbedingte Einflüsse	41
3.3.2.1.	Einstellwinkel beim Drehprozeß	43
3.3.2.2.	Werkzeug-Werkstück-Konfiguration	45
3.3.3.	Werkstück-Werkzeug-Einflüsse	47
3.3.3.1.	Nachgiebigkeit des Werkstückes	47
3.3.3.2.	Masse des Werkstückes	49
3.3.3.3.	Werkstück- und Werkzeugdurchmesser	50
3.3.3.4.	Werkstückeinspannung	51
3.3.3.5.	Werkzeugnachgiebigkeit, Werkzeugeinspannung, Werkzeugmasse	52
3.3.4.	Schnittprozeßeinflüsse	55
3.3.4.1.	Werkstoffeinfluß	60
3.3.4.2.	Schneidengeometrie (Freiwinkel, Spanwinkel)	62
3.3.4.3.	Verschleißzustand	63
3.3.4.4.	Eckenradius	64
3.3.4.5.	Schnittgeschwindigkeit	65
3.3.4.6.	Vorschub	66
3.3.4.7.	Hysteresse bei der Bestimmung der Grenzspan- nungsbreite	67
3.3.4.8.	Werkzeug-Schneidstoff-Kombination; Ungleichteilung bei Mehrschneiden-Werkzeugen; Kühl- und Schmiermittel	67
3.3.5.	Massnahmen zur Verbesserung des Ratterverhaltens	68
3.3.6.	Folgerungen und Abteiling möglicher Maschinen- testverfahren	70
4.	MASCHINENBEURTEILUNG DURCH BEARBEITUNGSTESTS	73
4.1.	Messtechnische Erfassung der Grenzspanungs- leistung	73
4.2.	Internationale Entwicklungen auf dem Gebiet der Bearbeitungstests	76
4.2.1.	BAS-Bearbeitungstest	77
4.2.1.1.	Futter- und Spitzendrehmaschinen	79
4.2.1.2.	Fräsmaschinen und Bohrwerke	85
4.2.2.	UMIST-Bearbeitungstest	88
4.2.2.1.	Spitzendrehmaschinen	89
4.2.2.2.	Futterdrehmaschinen und Futterhalbautomaten	92

4.2.2.3.	Kopierdrehmaschinen	93
4.2.2.4.	Vertikalfräsmaschinen	94
4.2.2.5.	Horizontalfräsmaschinen	96
4.2.2.6.	Horizontalbohr- und -fräswerke	98
4.2.2.7.	Karusselldrehmaschinen	100
4.2.3.	VDF-Bearbeitungstest	102
4.3.	Allgemeine Kriterien zur Festlegung der Bearbeitungsbedingungen	103
4.3.1.	Horizontalfräsmaschinen	106
4.3.2.	Vertikalkonsolfräsmaschinen	108
4.3.3.	Portalfräsmaschinen	113
4.3.4.	Karusselldrehmaschinen (Einständer, Portal)	114
4.3.5.	Horizontalbohr- und -fräswerke	116
4.3.6.	Radial-, Ständer-, Säulenbohrmaschinen	117
4.3.7.	Hobel-, Stoßmaschinen	118
4.3.8.	Schleifmaschinen	119
4.4.	Folgerungen	121
5.	MASCHINENBEURTEILUNGSVERFAHREN MIT HILFE GEMES- SENER NACHGIEBIGKEITSFREQUENZGÄNGE	122
5.1.	Ableitung der theoretischen Zusammenhänge	125
5.1.1.	Beschreibung des Nachgiebigkeitsverhaltens	125
5.1.2.	Stabilitätsanalyse des Ratterwirkungskreises	133
5.1.2.1.	Regenerativeneffekt	133
5.1.2.2.	Lagekopplung	142
5.1.3.	Berücksichtigung des komplexen Schnittprozeß- übertragungsverhaltens bei der Stabilitäts- analyse des Ratterwirkungskreises	144
5.2.	Meßtechnik	147
5.2.1.	Analyseverfahren	147
5.2.1.1.	Analyse bei Verwendung sinusförmiger Test- kraftsignale	147
5.2.1.2.	Analyse bei Verwendung stochastischer Test- kraftsignale	148
5.2.1.3.	Analyse bei Verwendung aperiodischer Testkraftsignale	153
5.2.2.	Schwingungsformanalyse mit den verschiedenen Testkraftsignalarten	155

5.2.2.1.	Schwingungsformanalyse mit sinusförmigen Testkraftsignalen	155
5.2.2.2.	Schwingungsformanalyse mit stochastischen bzw. aperiodischen Testkraftsignalen	156
5.2.3.	Erreger zur Erzeugung der verschiedenen Testkraftsignalarten	158
5.2.4.	Gegenüberstellung der verschiedenen Erreger- und Analyseverfahren	164
5.3.	Hinweise zur Durchführung von Nachgiebigkeitsuntersuchungen	166
5.3.1.	Wahl der statischen Vorspannkraft und der dynamischen Erregerkraft	166
5.3.2.	Korrektur der gemessenen Frequenzgänge	169
5.4.	Vorschlag eines Verfahrens zur Maschinenbeurteilung auf der Basis gemessener Nachgiebigkeitsfrequenzgänge	176
5.4.1.	Meßvorschrift	177
5.4.1.1.	Lage der Meßstellen	178
5.4.1.2.	Betriebszustand der Maschine	184
5.4.1.2.1.	Aufstellungszustand der Maschine	185
5.4.1.2.2.	Bewegungszustand der Maschine	185
5.4.1.2.3.	Verspannungszustand der Maschine	191
5.4.2.	Auswertevorschrift	193
5.4.2.1.	Bestimmung von Steifigkeitskennwerten	194
5.4.2.2.	Berechnung von Grenzspannungswerten	197
5.4.2.3.	Herleitung einer dynamischen Leistungskenngröße (P_{dyn})	205
5.4.2.4.	Ermittlung statistischer Kennwerte	214
5.4.3.	Beurteilungsmaßstab	216
5.4.3.1.	Auswahl geeigneter Bezugsgrößen	217
5.4.3.2.	Bezogene dynamische Leistungskennzahl	224
5.4.3.2.1.	Dynamische Leistungskennzahlen für Drehmaschinen	225
5.4.3.2.2.	Dynamische Leistungskennzahlen für Fräsmaschinen	226
6.	ANWENDUNGSGRENZEN DES VERFAHRENS	230
7.	ZUSAMMENFASSUNG	235
8.	SCHRIFTTUM	238