

Bibliographische Beschreibung

Voll, Martin

Modelle zur thermischen Optimierung von Trockenschleifprozessen

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik
der Technischen Universität Chemnitz,
Institut für Werkzeugmaschinen, Chemnitz, 2000

Seiten	244
Abbildungen	100
Tabellen	49
Literaturquellen	100

Referat

Die negativen Einflüsse des Kühlschmierstoffs auf Bedienergesundheit und Umwelt machen auch beim Schleifen eine Trockenbearbeitung, wie sie bei den Zerspanungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide vielfach üblich ist, wünschenswert. Der im Vergleich höhere spezifische Energiebedarf des Schleifens führt aber bei Trockenbearbeitung zu einem höheren Wärmeeintrag in das Werkstück und damit zu einer höheren Gefahr von Beeinträchtigungen der Werkstückqualität durch unzulässige Erwärmung.

Im Rahmen dieser Arbeit wird auf der Basis einer Grundlagenuntersuchung zum Schleifen mit keramisch gebundenen Korundschleifkörpern ohne Kühlschmierstoff eine Modellierung der Temperaturfelder im Werkstück in Abhängigkeit von Einstellparametern, Schleifkörperspezifikation und Werkstückeigenschaften durchgeführt. Aus den ermittelten Zusammenhängen werden Strategien zur thermisch optimierten Prozessauslegung unter Vermeidung thermisch induzierter Beeinflussungen der Werkstückqualität wie Gefügeveränderungen, Eigenspannungen und Durchmesserabweichungen abgeleitet. Den Abschluss bilden Hinweise auf mögliche Anwendungsbereiche des Trockenschleifens.

Schlagworte

Trockenschleifen, Modellierung, Temperaturfelder, Eigenspannungen, Gefügebeeinflussung, Durchmesserabweichung, Bearbeitungsstrategie, Schleifkörperoptimierung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Stand der Technik	11
2.1	Funktionen des Kühlschmierstoffs beim Schleifen.....	11
2.2	Trockenbearbeitung beim Schleifen.....	12
2.3	Handlungsbedarf	13
3	Zielstellung	15
3.1	Ziel der Arbeit.....	15
3.2	Vorgehensweise.....	16
4	Wirkzusammenhänge im Schleifprozess.....	19
4.1	Mechanismus der Spanbildung.....	19
4.1.1	Spanbildung am Einzelkorn	19
4.1.2	Energieverteilung an der Eingriffsstelle	21
4.1.3	Eingriff aufeinanderfolgender Schneiden.....	22
4.2	Thermische Beeinflussung der Werkstückqualität	23
4.2.1	Maß- und Formabweichungen	23
4.2.2	Oberflächenqualität	27
4.2.3	Entstehung von Eigenspannungen	28
4.2.4	Gefügebeeinflussung durch Werkstückerwärmung	35
4.3	Hypothesen zur thermisch günstigen Prozessgestaltung.....	38
4.3.1	Einfluss der Einstellparameter	38
4.3.2	Forderungen an die Schleifkörperspezifikation.....	40
4.3.3	Einfluss der Werkstückeigenschaften	41

5	Experimentelle Untersuchungen	43
5.1	Durchgeführte Versuche.....	43
5.1.1	Allgemeiner Versuchsablauf	43
5.1.2	Versuchsaufbau	44
5.1.2.1	<i>Versuchsmaschine</i>	44
5.1.2.2	<i>Messeinrichtungen</i>	45
5.1.3	Versuchsplan.....	47
5.1.3.1	<i>Systematische Variation der Einstellparameter</i>	47
5.1.3.2	<i>Statistische Versuchsplanung</i>	48
5.1.3.3	<i>Variation der Schleifkörperspezifikation</i>	49
5.1.3.4	<i>Variation der Werkstückeigenschaften</i>	50
5.1.4	Versuchsauswertung	51
5.2	Interpretation der Versuchsergebnisse	51
5.2.1	Modellbildung.....	51
5.2.1.1	<i>Logarithmische Modelle mit linearen Argumenten</i>	51
5.2.1.2	<i>Logarithmische Modelle mit quadrierten</i> <i>Eingangsgößen</i>	53
5.2.1.3	<i>Logarithmische Modelle mit kombinierten</i> <i>Eingangsgößen</i>	54
5.2.2	Modellierung des Prozessverhaltens einzelner Schleifkörper.....	54
5.2.2.1	<i>Spezifische Wirkleistung</i>	55
5.2.2.2	<i>Kontaktleistung</i>	57
5.2.2.3	<i>Spezifische Schleifenergie</i>	57
5.2.2.4	<i>Temperaturanstieg</i>	59
5.2.2.5	<i>Oberflächenrauheit R_a</i>	62
5.2.2.6	<i>Bewertung der Hypothesen zum Einfluss der</i> <i>Einstellparameter</i>	64
5.2.3	Einfluss der Schleifkörperspezifikation	65
5.2.3.1	<i>Physikalische Beschreibung der</i> <i>Schleifkörpereigenschaften</i>	65
5.2.3.2	<i>Modelle zur Beschreibung des</i> <i>Schleifkörperverhaltens</i>	71
5.2.3.3	<i>Bewertung der Hypothesen zum Einfluss der</i> <i>Schleifkörperspezifikation</i>	80
5.2.4	Einfluss des Werkstückwerkstoffs	82

6	Berechnung des Temperaturfelds im Werkstück.....	83
6.1	Modelle zur Ermittlung der Temperaturverteilung im Werkstück.....	83
6.1.1	Grundlegende Annahmen.....	84
6.1.2	Temperaturfeld um bewegte linienförmige Wärmequelle.....	86
6.1.3	Lokales Temperaturfeld an der Eingriffsstelle.....	90
6.1.4	Erwärmung im Gesamtwerkstück.....	94
6.1.5	Berechnung des Wärmeverteilungsfaktors „k“.....	102
6.1.6	Temperaturverläufe im Werkstück.....	104
6.1.6.1	<i>Maximale Temperaturen in der Nähe der Eingriffsstelle.....</i>	<i>104</i>
6.1.6.2	<i>Zeitlicher Temperaturverlauf an der Eingriffsstelle.....</i>	<i>106</i>
6.1.6.3	<i>Temperaturgradient in Werkstücktieferichtung.....</i>	<i>108</i>
6.1.6.4	<i>Im Werkstück verbleibende Wärmemenge.....</i>	<i>109</i>
6.2	Einfluss der Schnittbedingungen auf die Temperaturen im Werkstück.....	110
6.2.1	Wärmeverteilungsfaktor und Wärmeübergangsleistung.....	111
6.2.2	Temperaturverlauf in Werkstücktieferichtung.....	114
6.2.3	Berechnung qualitätskritischer Temperaturkenngrößen.....	121
6.2.3.1	<i>Gefügebeeinflussung.....</i>	<i>121</i>
6.2.3.2	<i>Wärmespannungen.....</i>	<i>123</i>
6.2.3.3	<i>Energieeintrag in das Werkstück.....</i>	<i>126</i>
6.2.3.4	<i>Maßänderung durch Erwärmung.....</i>	<i>134</i>
7	Thermisch optimierte Prozessauslegung.....	137
7.1	Ermittlung thermisch optimaler Einstellparameter.....	137
7.1.1	Minimale Werkstückschädigung bei festem Zeitspanvolumen...	138
7.1.2	Einstufige Bearbeitung.....	144
7.1.2.1	<i>Einhaltung einer zulässigen Gefügebeeinflussung.....</i>	<i>145</i>
7.1.2.2	<i>Einhaltung einer zulässigen Eindringtiefe für Eigenspannungen.....</i>	<i>155</i>
7.1.2.3	<i>Einhaltung einer zulässigen Maßabweichung.....</i>	<i>160</i>
7.1.2.4	<i>Parameterwahl bei einstufiger Bearbeitung.....</i>	<i>171</i>

7.1.3	Mehrstufige Bearbeitung.....	173
7.1.3.1	<i>Qualitätsparameter</i>	174
7.1.3.2	<i>Kriterien zur Optimierung der Bearbeitungsparameter</i> ...	176
7.1.4	Gültigkeit der getroffenen Modellvorstellungen	179
7.2	Ableitung erforderlicher Schleifkörpereigenschaften	180
7.3	Anwendungsbereiche des Trockenschleifens	182
8	Zusammenfassung und Ausblick	185
A	Versuchsergebnisse	187
A.1	Versuchsdaten	187
A.2	Ergebnisse Modellierung	191
B	Temperaturfelder	209
C	Verzeichnis der Formelzeichen	215
	Exponentialgleichungen – Indexsystematik	218
	Grundsätzliche Gleichungsform.....	218
	Exponentialgleichung	218
D	Abbildungsverzeichnis	225
E	Tabellenverzeichnis	232
F	Literaturverzeichnis	235
	Tabellarischer Lebenslauf	244