



Leibniz
Universität Hannover

Institut für Fertigungstechnik
und Werkzeugmaschinen

Bo Wang

Herstellung funktionaler Riblet- Strukturen durch Profilschleifen



Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen.....	IV
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	3
2.1 Riblets.....	3
2.1.1 Funktionsprinzip von Riblet-Strukturen	3
2.1.2 Auslegung der Riblet-Geometrien	4
2.2 Andere mikrostrukturierte funktionale Oberflächen.....	8
2.3 Herstellung mikrostrukturierter Oberflächen	11
2.3.1 Nicht spanabhebende Herstellungsverfahren	11
2.3.2 Spanabhebende Herstellungsverfahren.....	16
2.4 Schleifwerkzeuge	20
2.5 Abrichtverfahren zur Erzeugung von Schleifscheibenprofilen.....	22
2.5.1 Formabrichten mittels Diamantformrolle	25
2.5.2 Profilabrichten mittels Diamantprofilrolle	27
2.5.3 Sonderabrichtverfahren.....	30
2.6 Fazit zum Stand des Wissens	34
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	35
4 Versuchseinrichtungen und Messtechnik.....	37
4.1 Versuchsmaschinen	37
4.2 Abrichttechnologie	38
4.2.1 Systeme zum Profilabrichten	38
4.2.2 System zum ECDD-Abrichten mittels Graphitelektroden	40
4.3 Schleifwerkzeuge	40
4.4 Versuchswerkstoff	42
4.5 Kühlschmierstoffe	42
4.6 Mess- und Analysetechnik.....	43
4.7 Öl- und Gitterwindkanal	47
5 Zielgeometrien und Versuchsplanung.....	49
5.1 Zielgeometrien der Riblets.....	49
5.2 Schleifscheibenprofilgeometrien und Schleifstrategie.....	50

5.3	Einfluss des Profilwinkels auf die Profilspitzengeometrie.....	53
5.4	Versuchsplanung	54
6	Abrichttechnologie zur Generierung von Mikroprofilen	57
6.1	Profilabrichten mit Shiftkinematik	57
6.2	Einfluss der Stellgrößen auf die Profilformgenauigkeit.....	59
6.3	Einfluss der Systemgrößen auf die Profilformgenauigkeit.....	61
6.3.1	Konventionelle Schleifscheiben	61
6.3.2	Hochharte CBN-Schleifscheiben	64
6.3.3	Soll-Profilwinkel des Dachprofils.....	66
6.4	Profilentstehungsmechanismen beim Abrichten	70
6.5	Einzelspanungsdicke h_{dcu} beim Profilabrichten	73
7	Profilschleifen von Riblet-Strukturen.....	77
7.1	Einfluss der Stellgrößen auf den Werkzeugprofilverschleiß	79
7.1.1	Schnittgeschwindigkeit	79
7.1.2	Vorschubgeschwindigkeit	80
7.2	Einfluss der Systemgrößen auf den Werkzeugprofilverschleiß	81
7.2.1	Soll-Profilwinkel des Dachprofils.....	81
7.2.2	Schleifwerkzeugspezifikation.....	83
7.3	Schleifkräfte und Werkzeugprofilverschleißmechanismen	85
7.4	Gratbildung und Entgraten beim Riblet-Schleifen	88
7.4.1	Einfluss der Stell- und Systemgrößen auf die Gratbildung	89
7.4.2	Gratentstehungsmechanismen.....	93
7.4.3	Prozessstrategie zum Entgraten	94
7.5	Anwendung auf Schaufelgeometrie mit lokal angepassten Riblets	95
7.6	Prozessgrenzen beim Einsatz keramisch gebundener Schleifscheiben	97
8	Möglichkeiten zur Herabskalierung der herstellbaren Riblet-Dimensionen.....	99
8.1	Lösungsansatz.....	99
8.2	ECDD-Abrichten zur Generierung des Schleifscheibendachprofils.....	101
8.2.1	Einfluss der Stellgrößen auf die Profilformgenauigkeit	101
8.2.2	Einfluss der Abrichtstrategie auf die Profilformgenauigkeit.....	103
8.2.3	Einfluss der Schleifwerkzeugspezifikation auf die Profilformgenauigkeit	104

8.3 Schleifen von Riblets mit metallisch gebundenen Schleifscheiben.....	105
8.3.1 Werkzeugprofilverschleißverhalten	105
8.3.2 Riblet-Schleifen mittels metallischer Bindung	106
8.3.3 Einfluss des Schärfprozesses auf das Riblet-Schleifen	108
9 Einsatzverhalten der Riblets und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	112
9.1 Ölkanaluntersuchungen an geschliffenen Riblet-Strukturen	112
9.2 Gitterwindkanaluntersuchungen an geschliffenen Riblet-Strukturen	115
9.3 Wirtschaftliche Betrachtung	118
10 Folgerungen für die Praxis	120
11 Zusammenfassung und Ausblick	122
12 Literaturverzeichnis	125