

Scripts Precision and Microproduction Engineering – Band 6

Andreas Nestler

Erzeugung definierter Oberflächeneigenschaften bei der Drehbearbeitung von partikelverstärkten Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen

Impressum

Erzeugung definierter Oberflächeneigenschaften bei der Drehbearbeitung von partikelverstärkten Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen

Autor:

Andreas Nestler

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Schubert

Wichtiger Hinweis:

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2013

Professur Mikrofertigungstechnik
Technische Universität Chemnitz

Verlag Wissenschaftliche Scripten
www.verlag-wiss-scripten.de

ISBN: 978-3-942267-71-7

Bibliografische Beschreibung

Nestler, Andreas

Thema:

Erzeugung definierter Oberflächeneigenschaften bei der Drehbearbeitung von partikelverstärkten Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse, Chemnitz, 2012

211 Seiten

95 Abbildungen

6 Tabellen

155 Literaturzitate

Referat:

Die spanende Bearbeitung von Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen durch Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide ist mit Oberflächenunvollkommenheiten, insbesondere in Form von Poren, verbunden. Diese können sich unter dynamischer Belastung negativ auf die Bauteilfestigkeit auswirken. Ziel ist daher die Entwicklung von Technologien zur prozesssicheren Erzeugung von Oberflächeneigenschaften, die eine hohe Dauerfestigkeit begünstigen. Dazu gehören neben einer geringen Rautiefe und einer weitgehend von Unvollkommenheiten freien Oberfläche auch betragsmäßig große Druckeigenstressungen in der Randschicht. Die umfangreichen experimentellen Untersuchungen zur Drehbearbeitung werden am Beispiel einer mit 25 Volumenprozent SiC-Partikeln verstärkten Aluminiumlegierung durchgeführt. Dabei kommen CVD-Diamant-bestückte Wendeschneidplatten mit verschiedenen Geometrien zum Einsatz. Bei den Versuchen werden die Komponenten der Zerspankraft, die mittlere Rautiefe, Oberflächenunvollkommenheiten und die Eigenstressungen in der Randschicht ausgewertet. Die Untersuchungen zeigen, dass die Anzahl und Größe der Oberflächenunvollkommenheiten durch die Zerspanung bei sehr kleinen Vorschüben beziehungsweise die Verwendung von Werkzeugen mit einer mittleren Verschleißmarkenbreite deutlich reduziert werden können. Betragsmäßig hohe Druckeigenstressungen sind durch die Nutzung von Wendeschneidplatten mit kleinen Eckenradien oder einer mittelgroßen Verschleißmarkenbreite sowie bei sehr geringen Vorschüben realisierbar. Die Ergebnisse lassen erwarten, dass eine geeignete Kombination einer Schneidkantenfase mit einer Wipergeometrie die Erzeugung von Oberflächen mit starken Druckeigenstressungen und nur wenigen Poren bei vergleichsweise hohen Vorschüben ermöglicht.

Schlagworte:

Aluminium, Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffe, Drehen, Eigenstressungen, Endbearbeitung, Oberflächeneigenschaften, Partikelverstärkung, Surface Integrity, Verbundwerkstoffe, Zerspanung

Abstract:

A challenge in the cutting of aluminium matrix composites is the avoidance of surface imperfections such as microcracks and voids as well as tensile residual stresses on the workpiece. Under dynamic loads during service, these imperfections and stresses can be detrimental to component integrity. The aim of this work is to develop cutting technologies for the generation of surface layers that increase the fatigue strength of the workpieces. To this end, the cutting process is required to generate surfaces with small roughness values, surface layers without cracks and voids and to impart compressive residual stresses. Comprehensive turning experiments are performed on a SiC particle-reinforced aluminium alloy with a volume fraction of 25 % using CVD diamond-tipped inserts with different geometries. The components of the resultant cutting force, the surface roughness, microcracking, void formation and residual stresses of the surface layer were analysed. The results show that the number and size of the imperfections can be reduced markedly by cutting with very small feeds or by using tools with a flank wear land of medium width. High absolute values of compressive residual stresses in the surface layer can be realized at small feeds, by use of inserts with a small corner radius or with a flank wear land of medium width. It is also concluded that an appropriate selection of cutting edge chamfer and wiper geometry enables the generation of turned surfaces with strong compressive residual stresses and minimal void formation even at relatively high feeds.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Kurzzeichenverzeichnis | 10 |
| Glossar | 14 |
| 1 Einleitung | 15 |
| 2 Stand der Technik und Forschung | 16 |
| 2.1 Einordnung der Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffe in die Gruppe der Komposite ... | 16 |
| 2.2 Stand der Technik zur Drehbearbeitung von Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen... | 20 |
| 2.3 Stand der Forschung zur Drehbearbeitung von Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen | 22 |
| 2.3.1 Werkzeugverschleißverhalten | 22 |
| 2.3.1.1 Einfluss des Schneidstoffs..... | 22 |
| 2.3.1.2 Einfluss der Werkzeuggeometrie | 30 |
| 2.3.1.3 Einfluss des Werkstoffs..... | 30 |
| 2.3.1.4 Einfluss der Schnittwerte | 32 |
| 2.3.1.5 Einfluss der Kühlschmierstrategie | 33 |
| 2.3.1.6 Grundlegende Aspekte zum Werkzeugverschleiß und abgeleitete Schlussfolgerungen | 33 |
| 2.3.2 Oberflächeneigenschaften | 35 |
| 2.3.2.1 Einfluss der Drehbearbeitung..... | 35 |
| 2.3.2.2 Einfluss des Schneidstoffs..... | 37 |
| 2.3.2.3 Einfluss der Werkzeuggeometrie | 38 |
| 2.3.2.4 Einfluss des Werkstoffs..... | 40 |
| 2.3.2.5 Einfluss der Schnittwerte | 43 |
| 2.3.2.6 Einfluss der Kühlschmierstrategie sowie des Einsatzes von Zusatzenergien | 45 |
| 2.3.2.7 Grundlegende Aspekte zu den Oberflächeneigenschaften und abgeleitete Schlussfolgerungen | 46 |
| 2.3.3 Mechanismen der Spanbildung | 47 |
| 2.3.3.1 Grundlagen der Spanbildung..... | 47 |
| 2.3.3.2 Interaktionen zwischen dem Werkzeug, den Partikeln und der Matrix .. | 51 |
| 2.3.3.3 Spannungsverhältnisse in der Scherzone | 53 |
| 2.3.3.4 Verformungen und Materialtrennung in der Scherzone..... | 55 |
| 2.3.3.5 Spanformung und ihre Einflussgrößen..... | 57 |
| 2.3.3.6 Zerspankräfte..... | 60 |

| | |
|--|------------|
| 2.3.3.7 Grundlegende Aspekte zur Spanbildung und abgeleitete Schlussfolgerungen | 62 |
| 3 Problem- und Zielstellung | 64 |
| 3.1 Ableitung von Forschungsbedarf..... | 64 |
| 3.2 Zielstellung | 66 |
| 4 Versuchsplanung und -durchführung | 67 |
| 4.1 Versuchsplanung..... | 67 |
| 4.1.1 Methodik und Vorgehensweise | 67 |
| 4.1.2 Werkstoffauswahl und -charakterisierung..... | 69 |
| 4.1.3 Festlegung der Versuchsbedingungen..... | 71 |
| 4.1.4 Werkzeugauswahl und -charakterisierung | 72 |
| 4.1.5 Oberflächencharakterisierung und -bewertung | 75 |
| 4.1.5.1 Einführung und Systematisierung..... | 75 |
| 4.1.5.2 Oberflächenfeingestalt | 76 |
| 4.1.5.3 Physikalische Eigenschaften der Randschicht | 84 |
| 4.2 Versuchseinrichtungen und -durchführung | 87 |
| 4.2.1 Maschine | 87 |
| 4.2.2 Messsysteme..... | 88 |
| 5 Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften | 90 |
| 5.1 Einfluss der Schnittwerte..... | 90 |
| 5.2 Einfluss des Werkzeugeckenwinkels..... | 105 |
| 5.3 Einfluss des Spanwinkels | 109 |
| 5.4 Einfluss des Eckenradius | 117 |
| 5.5 Einfluss der Schneidenmikrogeometrie..... | 130 |
| 5.6 Einfluss des Werkzeugverschleißes..... | 142 |
| 6 Ansätze zur Optimierung der Werkzeuggeometrie | 158 |
| 6.1 Modifikation der Werkzeugeckengeometrie | 158 |
| 6.2 Modifikation der Schneidkeilgeometrie durch Variation des Freiwinkels..... | 166 |
| 6.3 Ableitung von Handlungsbedarf..... | 175 |
| 7 Empfehlungen zur Erzeugung definierter Oberflächeneigenschaften..... | 177 |
| 8 Zusammenfassung und Ausblick | 180 |
| Literaturverzeichnis..... | 185 |
| Anlagen..... | 195 |