

Scripts Precision and Microproduction Engineering — Band 4

Henning Zeidler

Schwingungsunterstützte Mikro-Funkenerosion



Impressum

Schwingungsunterstützte Mikro–Funkenerosion

Autor:

Henning Zeidler

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Schubert

Wichtiger Hinweis:

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

© 2012

Professur Mikrofertigungstechnik
Technische Universität Chemnitz

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

ISBN: 978-3-942267-44-1

Bibliografische Beschreibung

Zeidler, Henning

Thema

Schwingungsunterstützte Mikro-Funkenerosion

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz,
Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse, Chemnitz, 09.02.2012

Anzahl der Seiten	180
Anzahl der Abbildungen	76
Anzahl der Tabellen	18
Anzahl der Literaturzitate	289

Referat

Im Rahmen der Arbeit wurde die Wirkung überlagerter Schwingungen auf die Mikro-Funkenerosion von hochpräzisen Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen untersucht und bewertet. Es konnte gezeigt werden, dass sich mit der Einkopplung von Schwingungen im Niederfrequenz- und Ultraschallbereich ein großes Optimierungspotenzial hinsichtlich Prozessstabilität und -Geschwindigkeit erschließen lässt. Relevante Stellgrößen der Schwingung sowie der Werkzeugmaschine wurden detailliert betrachtet, um quantitative Aussagen zu Einfluss und Wirkung auf den Prozess der Mikro-EDM treffen zu können.

Schlagworte

Mikrofertigungstechnik, Funkenerosives Abtragen, Mikroerodieren, EDM, Mikrobohrungen, Ultraschall, Schwingungsüberlagerung

Inhaltsverzeichnis

Bibliografische Beschreibung	6
Nomenklatur	10
1 Einleitung	14
2 Stand der Wissenschaft und Technik	16
2.1 Grundlagen der Funkenerosion	16
2.1.1 Abtragprinzip	16
2.1.2 Maschinenaufbau	20
2.1.3 Anwendungsbereiche	23
2.2 Mikro-Funkenerosion	24
2.2.1 Besondere Randbedingungen der Mikro-EDM	24
2.2.2 Aktuelle Entwicklungen der Mikro-EDM	28
2.2.3 Handlungsbedarf	46
3 Ziele der Arbeit	47
3.1 Charakterisierung der Effekte überlagerter Schwingungen bei der Mikro-EDM	47
3.2 Prozessoptimierung der Mikro-EDM durch Schwingungsüberlagerung	48
4 Schwingungsunterstützte Mikro-EDM: Vorbetrachtungen	50
4.1 Ausgangssituation	50
4.2 Thesen zur Wirkung überlagerter Schwingungen	51
4.2.1 Homogenisierung des Dielektrikums	51
4.2.2 Erhöhter Austrag schmelzflüssigen Materials	54
4.2.3 Periodisches Erreichen der optimalen Funkenspaltweite	54
4.3 Möglichkeiten zur Bewertung des Prozesses	55
4.3.1 Form und Oberfläche der erzeugten Strukturen	55
4.3.2 Prozessverlauf	61
4.3.3 Reproduzierbarkeit	64
4.3.4 Kosten-Nutzen-Abschätzung	64
4.4 Nachweisführung zum Einfluss der Schwingungsüberlagerung	65

5 Experimentelle Realisierung	67
5.1 Werkstoffe	67
5.1.1 Erodierwerkzeug	67
5.1.2 Werkstück	67
5.2 Mikro-EDM Maschinentchnik	68
5.3 Wahl der Schwingungsbereiche	74
5.4 Auslegung der Schwingsysteme	79
5.4.1 Werkstück	79
5.4.2 Direkte Einkopplung von niederfrequenten Schwingungen	80
5.4.3 Direkte Einkopplung von Ultraschallschwingungen	83
5.5 Stellgrößen und erwartete Prozessveränderungen	85
5.5.1 Schwingungsfrequenz	85
5.5.2 Schwingungsamplitude	86
5.5.3 Elektrische Parameter des Erodierprozesses	86
5.5.4 Dielektrikum	87
5.5.5 Durchmesservariation der Elektroden	88
5.5.6 Spülungsintensität	88
5.6 Versuchsreihen	89
5.6.1 Konventionell (Vergleichsbasis)	89
5.6.2 Niederfrequenz	91
5.6.3 Ultraschall	92
6 Bewertung der schwingungsunterstützten Mikro-EDM anhand der Stellgrößen	94
6.1 Schwingungsfrequenz	94
6.1.1 Niederfrequenz	94
6.1.2 Ultraschall	96
6.2 Schwingungsamplitude	96
6.2.1 Niederfrequenz	97
6.2.2 Ultraschall	98
6.3 Elektrische Parameter des Erodierprozesses	100
6.4 Elektrodendurchmesser	103
6.5 Spülungsintensität	104

7 Bewertung der schwingungsunterstützten Mikro-EDM anhand der erzeugten Strukturen und des Prozesses	106
7.1 Analyse der Form und Oberfläche	106
7.1.1 Bohrungsform	106
7.1.2 Oberfläche	109
7.2 Messtechnische Analyse des Erodierprozesses	111
7.2.1 Strom-/Spannungsmessung	111
7.2.2 Weg-Zeit-Verlauf	118
7.3 Reproduzierbarkeit	121
7.3.1 Bearbeitungszeit	121
7.3.2 Durchmesser und Bohrungsform	123
8 Bewertung des Anwendungspotenzials	125
8.1 Optimierung der Mikro-EDM durch Schwingungsüberlagerung	125
8.1.1 Überblick	125
8.1.2 Überlagerung niederfrequenter Schwingungen	126
8.1.3 Überlagerung von Ultraschallschwingungen	126
8.2 Anwendungsbezogene Systemeinschätzung	128
8.2.1 Randbedingungen der EDM-Maschine	128
8.2.2 Flexibilität des Einsatzes	130
8.2.3 Aufwand	131
8.3 Einsatzbereiche der jeweiligen Verfahren	133
8.3.1 Werkstückspektren und Losgrößen	133
8.3.2 Auswahl des günstigsten Verfahrens	135
9 Zusammenfassung und Ausblick	137
Literatur	143
Abbildungsverzeichnis	175
Tabellenverzeichnis	178
Curriculum Vitae	179
Danksagung	180