

## **Abstract**

The die-sinking EDM (electrical discharge machining) is very often applied for the fabrication of slots and cavities with high aspect ratios. Examples are seal slots in turbine blades and structural components in the aerospace industry. In this work, the die-sinking EDM-machining of seal slots with high aspect ratio in a turbine component was fundamentally investigated. These seal slots are machined in the nickel base casting alloy MAR-M247 applying graphite as tool electrodes. This machining task represents a challenge due to the increasing aspect ratio  $AR > 13$  and due to the inadequate flushing conditions at the active area. The results arising from the increasing aspect ratios are arcing, short circuiting and an unstable process, all resulting from the poor flushing conditions at the working gap and from the accumulation of debris in this region. Those factors lead to process break downs, to the high increase of machining time and to the burnout both at tool electrodes and at workpiece material, which may lead to form deviations at workpieces. This research work was motivated by the low understanding of the EDM process considering the high aspect ratios, the lack of adapted flushing strategies for machining high aspect ratio cavities, the so far missing evidence of application of vibration-assisted EDM in the "macro range" as well as the scarcely available information on automated dressing of graphite electrodes.

The main objective was the integrated development and optimization of a praxis-oriented die-sinking EDM technology for producing high aspect ratio cavities in nickel base casting alloy MAR-M247 applying graphite tool electrodes. The approach for achieving these objectives consisted on the following: process optimization through variation of process and machine tool control parameters, process automation through the development of an automated dressing technology for tool electrodes and process optimization through improved flushing conditions by vibration-assisted EDM. The development of the described technologies always considered the high requirements on the quality of workpieces, such as surface roughness  $R_a$ , thickness of the affected sub-surface and crack formation. The integration of process optimization and process automation concludes this work.

## Zusammenfassung

Die funkenerosiven Senkbearbeitung wird häufig zur Herstellung von Kavitäten mit hohem Aspektverhältnis Tiefe zu Breite angewendet. Beispiele sind Dichtschlitze in Turbinenschaufeln und Strukturbauteilen der Luft- und Raumfahrtindustrie. In der vorliegenden Arbeit wird die funkenerosive Senkbearbeitung von Dichtschlitzen am Beispiel eines Turbinenbauteils grundsätzlich untersucht. Die Dichtschlitze werden mittels Graphitelektroden in die Nickelbasislegierung MAR-M247 eingesenkt. Diese Bearbeitung ist aufgrund des hohen Aspektverhältnisses  $AR > 13$  und unzureichender Spülbedingungen an der Wirkstelle herausfordernd. Bedingt durch die schlechten Spülbedingungen sowie Ansammlungen von Abtragpartikeln im Arbeitsspalt treten vermehrt Lichtbogenentladungen und Kurzschlüsse sowie ein insgesamt instabiler Prozess auf. Folgen sind Prozessabbrüche, erhöhte Bearbeitungszeiten und übermäßiger Abbrand an Werkzeug- und Werkstückelektrode mit negativen Folgen für deren Form- und Geometriegenauigkeit. Bisher bestehende Defizite hinsichtlich Spülstrategien bei schwingungsunterstützter funkenerosiver Senkbearbeitung, geringes Prozessverständnis unter besonderer Berücksichtigung hoher Aspektverhältnisse sowie kaum verfügbare Informationen zum automatisierten Abrichten von Graphitelektroden führten zu dieser Arbeit.

Hauptziel der Arbeit ist die ganzheitliche Prozessuntersuchung zur Entwicklung einer praxisorientierten Technologie für die Herstellung von Kavitäten mit hohem Aspektverhältnis mittels funkenerosiver Senkbearbeitung in der Nickelbasislegierung MAR-M247 unter Verwendung von Graphitelektroden. Das systematische Vorgehen zur Erreichung des Zieles besteht in der Prozessoptimierung durch Variation von Prozess- und Werkzeugmaschinensteuerparametern, der Prozessautomatisierung durch die Entwicklung einer neuartigen automatisierten Abrichttechnologie für Werkzeugelektroden und der Prozessoptimierung durch verbesserte Spülbedingungen mit schwingungsunterstützter funkenerosiver Bearbeitung. Die Analysen, experimentellen Untersuchungen und praxisorientierte Technologieentwicklung erfolgen unter Berücksichtigung hoher Anforderungen an die Bauteilqualität wie die Oberflächenrauheit  $R_a$ , die Dicke der beeinflussten Randzone und die Rissbildung. Die Integration von Prozessoptimierung und Automatisierung schließt diese Arbeit ab.