

Zeitliche Pulsformung in der Lasermikromaterialbearbeitung

Temporal pulse shaping in laser micromachining

Projekträger | Fördermittelgeber: Bayerisches Laserzentrum GmbH
Executing Organisation: Bavarian Laser Center GmbH

Aufgabenstellung

Fortlaufende Entwicklungen von Strahlquellen im Bereich kurzer und ultrakurzer Laserpulse eröffnen gänzlich neue Ansätze, Mechanismen der Strahl-Material-Wechselwirkung gezielt zu untersuchen und zu beeinflussen. So erlauben Strahlquellen mit zeitlich variabel geformten ns-Pulsen die gezielte Einstellung der Wechselwirkung bei ansonsten konstanten Laser- und Anlagenparametern wie Intensität oder Fluenz. Am blz wird das Potential der flexiblen Prozessanpassung durch Pulsformung bei der Mikromaterialbearbeitung experimentell untersucht und anhand von zeit- und orts aufgelöster Sensorik validiert.

Vorgehensweise

Der Einfluss der zeitlichen Pulsform im ns-Bereich bzw. der zeitliche Energieeintrag in das Material wird anhand der Mikroablation von Metallen untersucht. Ziel ist es, sowohl die Prozessgeschwindigkeit (z. B. Abtragsrate) als auch die Bearbeitungsqualität für verschiedene Prozesse durch angepasste Pulsformen zu optimieren. Des Weiteren kann - bei Kenntnis der zeitlich aufgelösten Wechselwirkungsphasen - eine Erhöhung der Prozesseffizienz erreicht werden, indem Verluste, die beispielsweise durch Plasmaabschirmung entstehen, bei der Bearbeitung mit ns-Pulsen gezielt vermieden werden.

Ergebnisse

Es zeigt sich, dass die zeitliche Verteilung der Energie innerhalb eines Nanosekundenlaserpulses zu signifikanten Unterschieden im Bearbeitungsergebnis führt. Variiert man die Pulsform, z. B. im Vergleich einer vorausseilenden und einer nachlaufenden Intensitätsspitze bei ansonsten konstanten Parametern, kann die Abtragseffizienz um den Faktor 2,5 gesteigert werden. Abhängig von der zeitlichen Pulsform können schließlich Charakteristiken wie eine hohe Abtragsqualität, hohe Effizienz oder das Volumen der erzeugten Schmelze systematisch eingestellt werden.

Task

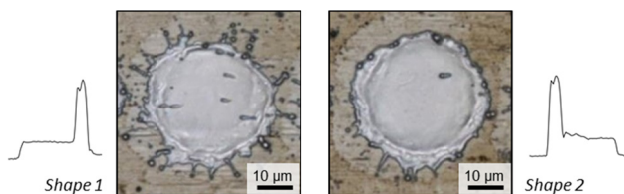
Ongoing developments in short and ultra short pulsed lasers open up entirely new approaches for influencing and investigating laser-matter-interactions. Temporally shaped pulses allow the adjustment of specific processes at constant laser and system parameters such as intensity or fluence. The blz therefore experimentally investigates the potential of flexible pulse shaping technology in terms of micromachining applications and validates it by means of pump-probe-imaging.

Approach

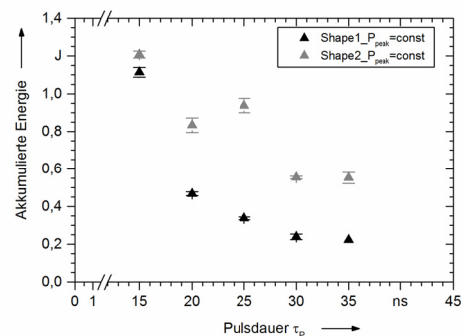
The impact of temporal shaped ns-pulses and thereby the temporal energy input into material is investigated for micro-ablation of metals. The aim is to optimize both the processing speed (e. g. ablation rate) and the machining quality for various processes by adapted pulse shapes. Furthermore, an increase in process efficiency can be achieved by avoiding losses as those induced by plasma shielding using the knowledge of time-resolved interaction phases in micromachining applications.

Results

It turns out that the temporal energy distribution within one single nanosecond laser pulse leads to significant differences in the processing result. Therefore, the ablation efficiency can nearly be increased by the factor of 2,5 by changing the pulse shape from trailing peak to leading peak under constant fluence and intensity. Depending on the temporal pulse shape high ablation efficiency, good ablation quality or a high amount of molten material can systematically be adjusted.



Einfluss der Pulsform auf den Einzelpulsabtrag (Auflicht-Mikroskop-Aufnahmen, Edelstahl 1.4310)
Impact of pulse shape on single pulse ablation (top-view microscope images, stainless steel 1.4310)



Einfluss der zeitlichen Pulsform auf die für eine Durchgangsbohrung erforderliche Energie für die im linken Bild dargestellten Pulsformen (Edelstahl 1.4310, Dicke 300 µm)
Influence of the temporal pulse shape on the required energy for a through-hole for the two different pulse shapes from left figure (stainless steel 1.4310, thickness 300 µm)