

mav

Innovation in der spanenden Fertigung

09-2014

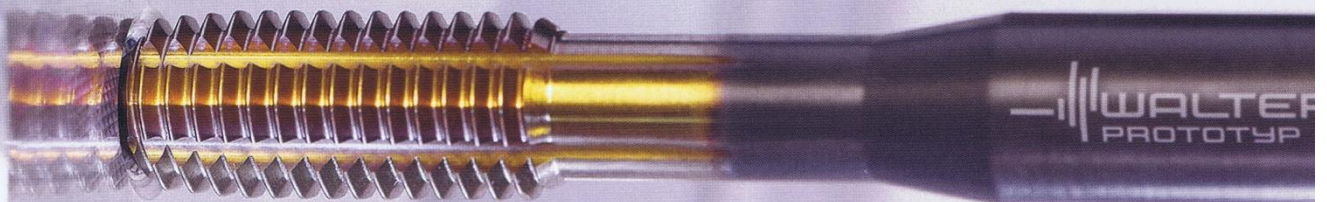
Demografischer Wandel Die Zeitbombe tickt Seite 32

Reportage Präzision hat man im Griff, wenn man alles selber macht Seite 54

Automation Industrial Security kann man nicht von der Stange kaufen Seite 174

www.mav-online.de | € 18,-

Special
Automation von
Werkzeug-
maschinen
Seite 174



konradin
mediengruppe

AMB
Internationale Ausstellung
für Metallbearbeitung
18. - 20.09.2014
MESSE STUTTGART

Ultrakurzpulslaser verbessert die Möglichkeiten in der Oberflächenveredelung

Schneller und glatter dank Laserpolieren

Die Anforderungen an eine möglichst geringe Rauheit von Oberflächen steigen – teils aus ästhetischen Gründen, vor allem aber wegen funktioneller Notwendigkeiten, wie der Reibungsminderung. Konventionelle Polierverfahren stoßen hier inzwischen an ihre Grenzen. Als Alternative testeten die Lasermikrobearbeitungsspezialisten der GFH GmbH jetzt Ultrakurzpulslaser, die bisher aufgrund ihrer typischen, weitgehend schmelzlosen Arbeitsform gar nicht in Betracht gezogen worden waren.

Großteil der Anwendungen bewegt sich jedoch im Bereich der technischen Rauheit von $R_a = 0,05$ bis $0,4 \mu\text{m}$, wobei sich die Prozesszeit beispielsweise für eine mittlere Rauheit von $0,1 \mu\text{m}$ auf $1 \text{ cm}^2/\text{min}$ beläuft.

Problematiken gängiger Politurverfahren

Im Burstbetrieb erreichten sie jedoch nicht nur eine signifikante Verminderung der Oberflächenrauheit, sondern auch eine Verkürzung der Prozesszeiten und erfüllten damit alle Ansprüche an ein Hochleistungs-polierverfahren. Die neue Lösung wird bereits in ersten Bearbeitungszentren von GFH eingesetzt.

Wo die Feinheit der konventionellen, spanenden Bearbeitung nicht ausreicht, kamen bisher vor allem mechanische und elektrochemische Polierverfahren zum Einsatz. Bei ersterem wird das Metall mittels eines Politarträgers, einer rotierenden Scheibe mit Stoff- oder Lederbezug, und eines Politarmittels auf Hochglanz gebracht. Allerdings lassen sich Körper so nur großflächig bearbeiten, während kleine, filigrane Bereiche nicht gezielt oder gar nicht poliert werden können. Bei der elektrochemischen Methode wird das Metall in eine spezielle Elektrolytlösung getaucht und unter Zunahme von Spannung geglättet, wobei die Rauheitsspitzen schneller abgetragen werden als die -täler. Dieses Verfahren erfordert jedoch den sachkundigen Umgang mit Gefahrstoffen, um Gesundheits- wie auch Umweltschäden zu vermeiden.

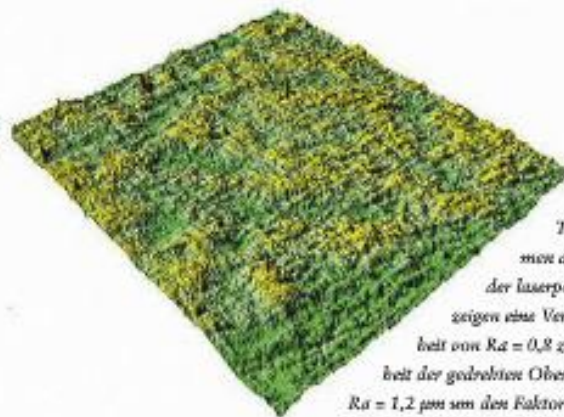
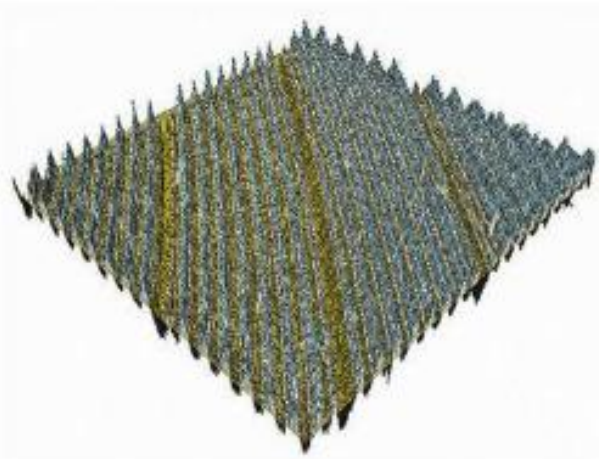
Polieren erfüllt Funktionsanforderungen

Das Polieren von metallischen Werkstoffen ist in der industriellen Fertigung in vielen Bereichen, wie der Feinwerktechnik oder dem Formenbau, von essenzieller Bedeutung: Zum einen ist das Minimieren von Rauheitsspitzen in zahlreichen Anwendungen notwendig, um bestimmte Funktionsanforderungen zu erfüllen, zum anderen werden dadurch Optik und Haptik verbessert. Bei der Güte der Politur wird in der Praxis in drei Bereiche unterteilt: Gängige Fertigungsverfahren wie Fräsen, Drehen und Schleifen erzeugen eher raue Oberflächen mit $R_a > 0,4 \mu\text{m}$. Bei optischen Komponenten wird eine Oberflächenrauheit von $R_a < 50 \text{ nm}$ gefordert. Der

Eine flexiblere und zugleich ungefährlichere Alternative stellt das Laserpolieren dar. Metallische Oberflächen

Die Umschmelzzone in der Randschicht dieser laserpolierten Probe beträgt circa $10 \mu\text{m}$
Quelle: GFH

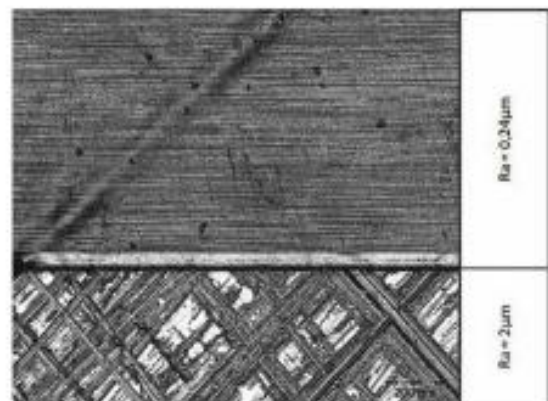




Topographische Aufnahmen der geschliffenen und der laserpolierten Oberfläche zeigen eine Verringerung der Rauheit von $R_a = 0,8$ zu $0,34 \mu\text{m}$. Die Rauheit der gedrehten Oberfläche konnte von $R_a = 1,2 \mu\text{m}$ um den Faktor 5 auf $R_a = 0,24 \mu\text{m}$ verbessert werden

werden dabei durch einen gebündelten Lichtstrahl berührungsfrei poliert, indem eine dünne Randschicht umgeschmolzen wird. Die lokal begrenzte Schmelze verflüssigt sich gleichmäßig, so dass eine ebene Fläche entsteht und Rauheitsspitzen geglättet werden. Verwendet werden hierzu bisher zwei Arten von Lasersystemen: Für Rauheiten von wenigen Mikrometern werden gepulste Laser mit einigen 100 ns Pulsdauer eingesetzt, bei raueren Oberflächen dagegen Dauerstrichlaser. Die Umschmelztiefe liegt bei beiden Varianten zwischen 100 nm bis 100 μm . Kleinste Veränderungen der prozessrelevanten Einflussgrößen, zum Beispiel Materialschwankung, können allerdings die Oberflächengüte beeinflussen. Aufgrund des dadurch sehr instabilen Polierergebnisses konnten sich die am Markt existierenden Laserpoliersysteme noch nicht gegen die konventionellen Polierverfahren durchsetzen.

Bei der gefräzten Probe verringerte sich die Oberflächenrauheit sogar um den Faktor 8 von $R_a = 2$ auf $0,24 \mu\text{m}$



Tests mit UKP-Laser an verschiedenen Stählen

An den Leistungsgrenzen der konventionellen Fertigung, insbesondere bei selektiven Bearbeitungen, etwa beim Abtragen, Bohren oder Schneiden, werden daneben bereits Strahlquellen mit ultrakurzen Laserpulsen eingesetzt. Diese nutzen die Dampfphase des Materials zur Bearbeitung, Schmelze und damit verbundene Nachbearbeitungsschritte entfallen. Solche Strahlquellen zum Laserpolieren zu verwenden, wurde bisher kaum in Betracht gezogen, da es dabei gerade darauf ankommt, Schmelze zu erzeugen. Nutzt man jedoch die Eigenschaft der sehr kurzen Laserpulse sowie die damit verbundene exzellente Absorptionseffizienz der Photonen im Elektronengitter und betreibt den Laser bei Wiederholraten $> 2 \text{ MHz}$ quasi im Dauerstrichbetrieb unter Verwendung von Bursts, lassen sich UKP-Laser durchaus als Polierwerkzeug einsetzen, wie Untersuchungen bei GFH gezeigt haben.

Um deren Potenzial zu bewerten, wurde eine Picoblade-Strahlquelle von Time Bandwidth Products an drei Stählen getestet, Vergütungsstahl 1.1191, Werkzeugstahl 1.2312 und Edelstahl 1.4301. Deren Oberflächen wurden jeweils mittels Stirnfräsen, Plandrehen und Schleifen vorbereitet, so dass sie unterschiedliche Strukturierungen und Rauheiten aufwiesen. Die Ausgangsrauheiten lagen für die gefräzten und gedrehten Oberflächen im Bereich von $R_a = 2$ bis $1,2 \mu\text{m}$, für die geschliffenen

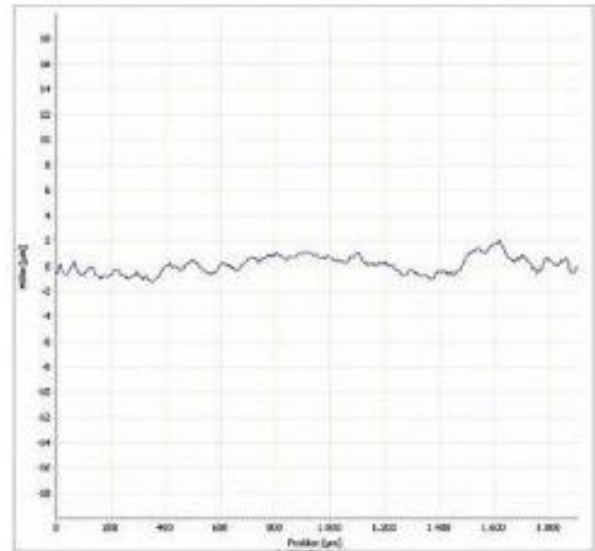
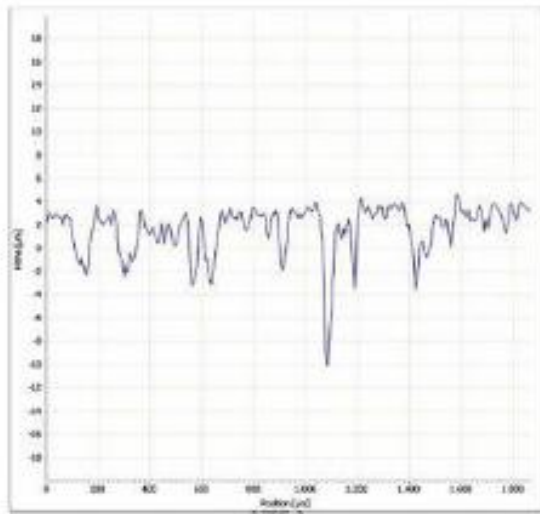
bei $R_a = 0,8 \mu\text{m}$. Die Strahlenquelle wurde zum Polieren auf kurze Laserpulse von rund 10 ps bei Wiederholraten bis zu 8,2 MHz und einer mittleren Leistung von 50 W eingestellt.

Achtmal geringere Oberflächenrauheit schnell erreicht

Auf den geschliffenen Stahlabschnitten ließen sich damit bereits gute Ergebnisse erreichen, die Oberflächenrauheit wurde von einer Ausgangsrauheit von $R_a = 0,8$ auf $0,34 \mu\text{m}$ reduziert. An den gedrehten Oberflächen konnte die Rauheit sogar um auf ein Fünftel des Ausgangswerts von $R_a = 1,2$ auf $0,24 \mu\text{m}$ vermindert werden. Das beste Ergebnis wurde jedoch für die gefräzten Bereiche erzielt: Die bei dieser Bearbeitungsform sehr rauen Oberflächen mit $R_a = 2 \mu\text{m}$ konnten mit Hilfe der ultrakurzen Pulse um den Faktor 8 auf eine Oberflächenrauheit von $R_a = 0,24 \mu\text{m}$ geglättet werden.

Zur genauen Messung und Evaluierung der Politurergebnisse kam ein konfokal chromatischer Sensor mit einer axialen Auflösung von wenigen Nanometern zum Einsatz, der mehrere Tausend Messungen pro Sekunde ermöglicht. Die damit angefertigte 3D-Aufnahme der Werkstoffprobe 1.2312 zeigte eine deutliche Verbesserung der Oberflächenrauheit. Die regelmäßige Schleifstrukturierung und deren Rauheitsspitzen wurden voll-

01 Maschinen



Der Vergleich der Rauheitsprofile zeigt deutlich den Unterschied zwischen Ausgangszustand und UKP-Laserpolitur

ständig heseitigt. Auch die beim Werkstoff 1.4301 durch die mechanische Bearbeitung entstandenen Riefen waren nach der Laserpolitur weitgehend minimiert. Lediglich eine leichte Oberflächenwelligkeit stellte sich ein. Diese war für alle polierten Werkstoffe feststellbar und wurde in den gemessenen Rauheiten berücksichtigt. Generell verhielten sich die unterschiedlichen Stähle bei allen Tests nahezu identisch, die erreichbare Oberflächenrauheit mittels Laserpolitur mit ultrakurzen Pulsen ist demnach überwiegend von der Ausgangsrauheit der Bauteile abhängig. Die Varianz in der chemischen wie auch strukturellen Zusammensetzung der Metalle kann auf Grund der sehr kurzen Laserpulse unbeachtet bleiben.

Als positiver Nebeneffekt war an allen Proben eine Randschichtverdichtung feststellbar. Diese bewegte sich im Bereich von 5 bis 20 μm und entspricht der Umschmelztiefe beim Laserpolieren mit ultrakurzen Pulsen. Eine Versprödung, Mikrorisse oder ein Ablösen der bearbeiteten Randschicht waren dagegen trotz Ultraschallreinigung und mechanischer Einwirkung nicht messbar. Die Prozesszeiten für alle getesteten Werkstoffe lagen

zwischen 6 und 10 cm^2/min . Für einen höheren Durchsatz könnte die Poliertrate noch mit der Laserleistung skaliert werden, so dass Politurgeschwindigkeiten von $> 30 \text{ cm}^2/\text{min}$ erreichbar sind.

Wirtschaftliche und reproduzierbare Politur

Die Untersuchung belegt für ein sehr großes Gebiet der metallischen Werkstoffe von Vergütungsstahl über Werkzeugstahl bis hin zu den hochlegierten Stählen, dass diese mit einem UKP-Laser stabil polierbar sind. Die Oberflächenrauheiten konnten auf einen Bruchteil reduziert und dadurch auf das angestrebte Niveau für technische Oberflächen gebracht werden. Selbst Faktoren, die sich auf konventionelle Laserpolituren stark auswirken, wie beispielsweise die umgebende Atmosphäre oder die Temperierung der Oberfläche, hatten bei der Verwendung ultrakurzer Pulse keinen Einfluss auf das Polierergebnis. Gleichzeitig konnten Prozesszeiten erreicht werden, die die Möglichkeiten konventioneller Verfahren deutlich übertrafen. Zudem erlaubt die Laserpolitur eine selektive Bereichsauswahl auf den Bauteilen, wodurch sich die Taktzeiten auf Grund geringerer Fläche weiter verkürzen ließen.

Darüber hinaus sind die Polierergebnisse bei einer konventionellen Politur meist vom Bearbeiter abhängig. Demgegenüber liefert das Laserpolieren bedienerunabhängige und damit reproduzierbare Bearbeitungsergebnisse. GFH setzt das Verfahren beispielsweise bereits in ihren 5-achsigen Lasermikrobearbeitungsanlagen ein, wodurch selbst Freiformflächen wirtschaftlich und wiederholbar industriell poliert werden können. ■

In Verbindung mit dem 5-achsigen Bearbeitungszentrum von GFH ermöglicht es die neue UKP-Laserpolierlösung, selbst Freiformflächen wirtschaftlich und wiederholbar industriell zu glätten



GFH GmbH
www.gfb-gmbh.com