

Wasserstrahl-Microtechnologie für die hochgenaue Bearbeitung von Kleinstteilen

Perfekt gebändigter Wasserstrahl

Mit abrasiver Wasserstrahl-Microtechnologie setzen die WATERJET AG und die Fachhochschule Nordwestschweiz gemeinsam neue Massstäbe für die hochgenaue Bearbeitung von Kleinstteilen. Das in einem KTI-Projekt entwickelte AWJmm-Verfahren erhöht die Präzision um das Zehnfache und bietet eine echte Alternative zu Drahterodieren oder Laserschneiden.

Ob in Uhrenindustrie oder Medizinaltechnik, Flug- oder Fahrzeugbau – der Bedarf an hochpräzisen Bauteilen wächst mit fortschreitender Miniaturisierung, die rasch und wirtschaftlich herstellbar sind. Eine einzigartige und umweltfreundliche Methode für die hoch automatisierte Bearbeitung eines weiten Spektrums verschiedenster Materialien bietet die Wasserstrahltechnik. Thermische Methoden wie Laserschneiden können Verbrennungen, Verschmelzungen und Gasentwicklung an den Schnittkanten bewirken. Besonders gefährdet sind Titan, rostfreie Stähle, Kupfer und Aluminium. Laser- und Plasmaschneiden führen zu Spannungen, Mikrorissen und Gefügeveränderungen. Dagegen lassen sich mit Wasserstrahlen Werkstoffe fast ohne Erwärmung des Schneidgutes bearbeiten. Ausschlaggebend ist ein perfekt gebändigter Wasserstrahl. Dieser wird in einer Hochdruckpumpe bei ungefähr 3800 bar erzeugt. Er durchläuft mit rund 800 m/s – also 2,5facher Schallgeschwindigkeit von Luft – die Hochdruckleitungen Richtung Schneidkopf, wo ein Vakuum erzeugt wird. Dieser, mit Fokussierdüse ausgerüs-

tet, ist in einen Roboter integriert. Durch CNC gesteuerte Beimengung eines Abrasivs wie Olivin- und Granitsande oder Korund feinsten Körnung erhöht sich die Schneidleistung des Strahls erheblich und bewirkt eine Mikrozerspannung. Es ist kein leichtes Unterfangen, das geeignete Abrasiv für hochpräzise Schnitte zu wählen. Natürliche Abrasivmittel weisen eine ungleiche Körnung auf, was Spannungen verursachen kann, wogegen künstliche Abrasive eine bessere Rollfähigkeit aufweisen. Ein ideales Abrasiv kann teuer zu stehen kommen. So kostet beispielsweise Wolframkarbid ganze 50 Franken pro Kilo statt der 50 Rappen gebräuchlicher Abrasivmittel. Generell gilt: Je härter die Festkörper, umso effizienter der Abtrag. Der energiereiche Strahl trennt jedes Material, sei es hochfester und gehärteter Stahl bis 100 mm, übliche Metalle bis 120 mm und Weichstoffe bis 200 mm oder Schaum- und Flauschmaterialien bis zu 300 mm. Dank schwenkbarem Schneidkopf sind mit Schneidvektorsteuerung selbst komplexeste Formen in 3D bis zu einer gewissen Grösse realisierbar.

Mekka der Wasserstrahltechnik

Europaweit führend auf diesem Gebiet ist die Schweiz, wichtiger Lieferant von Höchstdruckpumpen, Wasserstrahlschneidsystemen und kritischen Komponenten wie Düsen. Von den fünf international tätigen Düsen-



Den Wasserstrahl radikal verkleinern und mit Höchstpräzision führen, ist Forschungsschwerpunkt am Schweizer Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie (SKWT). Im Bild ein abrasiver Präzisionswasserstrahl mit $d = 0,2$ mm. (Bild: Waterjet AG)

produzenten für Wasserstrahlanlagen sind drei in der Schweiz ansässig. Um auch in Zukunft dank Innovationen am Ball zu bleiben, entstand mit Unterstützung industrieller Kreise im Jahr 2001 das Schweizerische Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie (SKWT) an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Es ist zusammen mit dem Institut für Thermo- und Fluid-Engineering (ITFE) in die Maschineningenieurausbildung mit der Vertiefungsrichtung Energietechnik integriert. Das SKWT ist renommiert für seine Forschung in Wasserstrahltechnologie und Flüssigkeitszerstäubung sowie für die Optimierung von Wasserstrahldüsen-systemen. «Knackpunkt der Technologie ist die Bändigung des Strahls

Autorin

Elsbeth Heinzelmann, Journalistin für Technik und Wissenschaft, Basel



Mit abrasivem Wasserstrahl in die Mikrowelt, beispielsweise für ein Präzisionsteil aus Titan: Im Bild ein 7 mm langes Verbindungselement aus Federstahl für die Präzisionsmesstechnik. (Bild: Waterjet AG)

Power mit Wasser

Welch gigantische Kräfte im Wasser schlummern, zeigen uns Erosionsphänomene wie die rund 1500 m tiefe Schlucht, die der Colorado River im Zeitraum von 40 bis 50 Millionen Jahren durch den Grand Canyon grub. Kein Wunder, dass der Mensch von der Natur abkupferte und begann, die Abtragungskraft des Elementes zu nutzen. Erstmals setzten in den 30er-Jahren amerikanische und sowjetische Bergbauingenieure Hochgeschwindigkeitsstrahlen zum Abtragen von Gestein ein – ein voller Erfolg.

Der Durchbruch gelang der Wasserstrahltechnik Ende der 60er-Jahre, als Boeing begann, im Flugzeugbau Kompositmaterialien zu verwenden. Diese reagierten besonders sensibel auf hohe Temperaturen und Drücke und waren mit herkömmlichen Trennverfahren nicht zu bearbeiten.

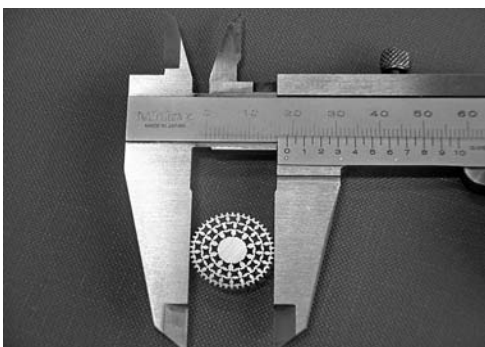
und die Beschleunigung der Abrasivpartikel in diesem Strahl», urteilt Dr. Kurt C. Heiniger, Leiter der beiden Institutionen und Dozent an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Zwar beschäftigen sich heute Forscher rund um den Erdball mit Wasserstrahltechnologie, aber über die Physik der Strahlerzeugung ist noch wenig bekannt. «Die Kunst besteht darin, den Strahl so zu lenken, dass er hinter der Düse nicht aufplatzt. Die einzelnen Wasserpartikel müssen sich im Strahl geordnet bewegen, damit eine flüssige Glassäule mit glatter Oberfläche entsteht.»

Das Kompetenzzentrum in Windisch ist die ideale Anlaufstelle für die

vielen einheimischen Unternehmen, die mit Wasserstrahlen arbeiten oder Nischenprodukte für den Sektor entwickeln und sich einen Marktvorsprung sichern wollen. So auch für Walter Maurer, rühriger Chef der Waterjet AG, in Europa Nummer 1 in der Anwendung von Wasserstrahltechnik. Ihm schwebte eine neuartige abrasive Wasserstrahl-Mikrobearbeitung vor, die sich – im Gegensatz zu Verfahren wie Laserschneiden und Drahterodieren – für alle Materialien eignet. Gleichzeitig hatte er das wirtschaftliche Ziel im Auge und gründete die Firma Micromachining AG, welche die neu entwickelten Teile umgehend fertigen und vermarkten sollte.

Starke Seilschaft für Marktvorsprung

Da der angepeilte Technologiesprung die Möglichkeiten des 24-Köpfe-Teams in Aarwangen überstieg, initiierte Professor Heiniger ein KTI-Projekt, für welches die Förderagentur für Innovation die Forschungsarbeiten finanzierte. Das Wissen um Düsen-systeme steuerte die MVT AG bei. Die rund ein Dutzend Köpfe zählende Firma in Nidau beliefert fast 30% des Weltbedarfs an Wasserstrahldüsen für Hochdruck- (bis 500 bar) und Höchstdrucktechnik (bis 5000 bar) für Schneide- und Reinigungstechnologien. Teil des Projektes war auch eine Software, die – unabhängig von



Dort Resultate erzielen, wo herkömmliche Verfahren ungenügend oder unvollständig sind, lautet das Motto der SKWT-Kooperation mit der Waterjet AG. Im Bild ein Präzisionsschleifkäfing zur Bearbeitung von Mikroteilen aus 0,5 mm dickem Titan. (Bilder: Waterjet AG)



Im Gespräch zwischen SKWT und Industriepartner entstehen kreative Lösungen wie dieser Mikrostecker aus Kupfer für die Elektroindustrie.



Abrasive Wasserstrahltechnologie ist oft die einzige Methode für die Bearbeitung hochsensibler Mikrokomponenten, um thermische Belastungen und Gefügeveränderungen zu verhindern. Im Bild mit AWJmm-Technologie geschnittene Präzisionskleinstteile.



Professor Kurt Heiniger, Leiter des Instituts für Thermo- und Fluid-Engineering, will neueste Erkenntnisse in Wasserstrahltechnologie rasch in die Industrie transferieren, um gerade KMUs eine Chance im globalen Wettbewerb zu geben. (Bild: Elsbeth Heinzlmann)



Unterstützt von Industriepartnern, vor allem der Waterjet AG, baut die Crew von Professor Heiniger eine in der Schweiz einmalige Infrastruktur auf, wie diese Prototypanlage einer Präzisions-schneidmaschine, im Bild in Betrieb mit einem klassischen Schneidkopf. (Bild: Elsbeth Heinzlmann)

Steuerung und Maschine – Prozessparameter erfasst und sich auf jede beliebige Steuerung oder Maschine adaptieren lässt.

Innerhalb von zwei Jahren realisierten die Projektpartner einen abrasiven Wasserstrahlprozess für die 2D-Bearbeitung, der zehnmals präziser arbeitet als bisherige Verfahren. Im Fall von Stahl ist die Schnittleistung bis 10 mm Materialdicke fünfmal besser als mit Drahterosion, 1 mm dickes Material lässt sich mit einer absoluten Konturgenauigkeit von $\pm 10 \mu\text{m}$ schneiden. Mit wachsender Materialdicke nimmt die Schnitttoleranz um nicht mehr als $5 \mu\text{m}$ pro mm Materialstärke zu. Ein Düsenmanipulationssystem kompensiert bei dickerem Material die Schnittwinkelfehler bis 10 mm. Das als AWJmm (Abrasive Water-Jet micro machining) patentierte Verfahren ist eine echte Pionierleistung. «Die Zusammenarbeit schuf viele Synergien, die ermöglichten, die Wasserstrahltechnologie erstmals sinnvoll zu miniaturisieren», bilanziert Kurt Heiniger. «Die Kombination mit einem neu entwickelten intelligenten Präzisionsführungssystem sowie einer dynamischen Steuerung – basierend auf theoretischen Modellierungen und experimentellen Unterlagen – ist weltweit einzigartig.»

Die Konkurrenz scheint derzeit keine Bedrohung zu sein. «Mit 60% Markt-

anteil führt die amerikanische Flow International Corporation das Wasserstrahlbusiness an. Sie betreibt eigene Labors und unterstützt Forschung vor allem an amerikanischen Universitäten», erläutert Kurt Heiniger. «Zwar beschäftigt sie sich mit ähnlichen Fragestellungen, doch scheint Höchstpräzision momentan nicht ihr strategisches Ziel zu sein.» Und ausser Flow und der ebenfalls amerikanischen Omax, Nummer 2 im Markt, könnte nach Meinung des Fachhochschul-Professors niemand das Thema so systematisch angehen, wie dies die Partner im KTI-Projekt taten.

Bisher nicht erreichbare Geschäftsbereiche erschliessen

Als lohnend erwies sich Walter Maurers Plan, das im Projekt erarbeitete Wissen gleich in der Praxis umzusetzen. Indem Waterjet die entwickelten Düsensysteme, das Abrasivdosiersystem und die Präzisionsanlagen sukzessive herstellte und durch die eigene Firma Micromachining erste Präzisionsteile fertigen liess, konnte Maurer seine Position im Markt festigen. Um die Vorteile des neuen AWJmm-Hochpräzisionsverfahrens optimal auszuschöpfen, stellte er seine Anlagen auf ein erschütterungsfreies, schwimmendes Fundament, baute eigens einen voll

klimatisierten Produktionsraum, wo nun die Schneidsysteme im Bereich von $\pm 3 \mu\text{m}$ positionieren. Das erfolgreiche Projekt schafft die Grundlage, um bisher nicht erreichbare Geschäftsbereiche zu erschliessen, sowohl in der Uhren- und Instrumentenbranche, Elektronik und Medizintechnik, wie auch in der Flug- und Fahrzeugindustrie.

Infos

Professor Dr. Kurt C. Heiniger
Leiter Institut für Thermo- und Fluid-Engineering
Schweizerisches Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie (SKWT)
Fachhochschule Nordwestschweiz
5210 Windisch
056 462 44 00
kurt.heiniger@fhnw.ch
www.skwt.ch

WATERJET AG
4912 Aarwangen
062 919 42 82
info@waterjet.ch
www.waterjet.ch

KTI, Förderagentur für Innovation:
www.kti-cti.ch