

FRANÇAIS

## Découpe au jet d'eau - Possibilités et limites

Contrairement aux sources laser, gaz ou plasma, la découpe au jet d'eau présente l'avantage majeur de fonctionner « à froid ». Elle est donc particulièrement adaptée aux matériaux sensibles tels que l'acier inoxydable, le titane, la céramique, les plastiques et les composites.

Une nouvelle technologie de micro découpe au jet d'eau répondant à des exigences de précision élevées, par exemple en horlogerie, en technique médicale ou en micromécanique a été développée comme alternative aux systèmes actuellement utilisés pour des applications industrielles ayant des exigences de tolérances moins strictes.

«Le point de départ pour le développement d'une toute nouvelle génération de systèmes de haute précision pour la découpe au jet d'eau a été une crise qui a débuté en 2001», se souvient Walter Maurer, propriétaire de Waterjet AG à Aarwangen. Jusqu'alors, cette entreprise de taille moyenne était un prestataire de services en découpe par jet d'eau pour un grand nombre de clients : entreprises industrielles et artisanales, instituts de recherche mais aussi artistes et architectes. Lorsque la longue crise qui a débuté en 2001 a entraîné un effondrement des ventes jusqu'à 30 %, il a fallu élaborer une nouvelle stratégie pour l'avenir. Au lieu de se replier, de réduire les coûts ou même d'envisager de réduire les effectifs de l'entreprise, Waterjet a décidé de prendre le taureau par les cornes et de mettre toutes ses réserves dans un projet de développement. L'objectif était de développer une nouvelle gamme de systèmes de découpe au jet d'eau 10 fois plus précise que la technologie disponible à l'époque sur le marché. Walter Maurer était en effet contrarié depuis un certain temps de ne pouvoir répondre à des demandes particulièrement lucratives parce que les systèmes existants ne permettaient pas de garantir les précisions exigées. A l'avenir, les nouveaux systèmes devraient pouvoir servir des marchés exigeants et lucratifs tels que l'industrie horlogère ou la technique médicale.

### Plus petits, plus légers et plus précis : telles sont les exigences du futur

«Dans l'industrie, on observe une tendance à long terme vers des solutions plus petites, plus légères et nécessitant moins de matériaux et de ressources qu'auparavant», explique W. Maurer. Cela augmente naturellement aussi les exigences de précision lors de l'usinage. Ceci s'applique à pratiquement tous les processus d'usinage et donc également à la découpe au jet d'eau,

qui est préférée pour les matériaux sensibles comme l'acier inoxydable, le titane, la céramique, le plastique, le verre, la pierre ou le bois. Les systèmes précédents, qui fonctionnaient principalement avec des buses d'un diamètre de 0,8 mm, ont été développés principalement dans le but d'obtenir les meilleures performances de coupe possibles. C'est pourquoi les pièces fabriquées avec ces systèmes n'atteignaient généralement que des tolérances dimensionnelles de l'ordre de  $\pm 0,1$  mm. Waterjet a travaillé dès le début sur une mécanique d'axe commandée par CNC, dont le système de mesure de déplacement avait une résolution de  $\pm 6 \mu\text{m}$  et expérimenté des diamètres de buse plus fins de 0,5 à 0,17 mm.

### Une chaîne de processus très complexe

«Nous sommes rapidement parvenus à la conclusion qu'il était loin d'être suffisant de simplement réduire les dimensions du jet d'augmenter la précision de trajectoire de la machine», révèle W. Maurer. La découpe au jet d'eau est un processus complexe dans lequel la dynamique des fluides, la mécanique, la minéralogie et les techniques de transport pneumatique et mécanique interagissent de diverses manières. Ici, le facteur décisif est le comportement circulatoire du jet après son passage à travers la buse de sortie lorsqu'il capte les particules de matière abrasive fournies dans la chambre de mélange puis dans le canon de focalisation et les accélère en direction de la pièce. La taille des particules minérales et leur forme jouent un rôle important. Plus elles sont angulaires et tranchantes, plus elles coupent efficacement. Un autre critère est leur répartition dans le jet d'eau : la meilleure façon d'obtenir des performances de coupe élevées est d'accélérer les particules au milieu du jet d'eau. Par contre, si elles sont éparpillées sur la circonférence du faisceau, elles reconstituent mieux le diamètre du canon de focalisation sur la pièce. Bien que cela réduise légèrement la performance de coupe, cela augmente la netteté des arêtes et réduit la rugosité de la surface de coupe.

### Etat actuel de la technique

«En collaboration avec des partenaires universitaires, nous avons investi beaucoup de temps, d'argent et d'efforts dans la

*recherche de ces interrelations*», explique W. Maurer. L'actuelle quatrième génération (F4) des machines de découpe au jet d'eau développées en interne est basée sur un bâti de machine dont les axes atteignent une précision de positionnement de  $\pm 0,5 \mu\text{m}$ . La tête du faisceau, qui a également été retravaillée à plusieurs reprises, peut atteindre une précision radiale du diamètre du faisceau allant jusqu'à  $\pm 1,5 \mu\text{m}$  pour un diamètre de 0,2 mm, en fonction des contraintes limites, de sorte que la précision finale nominale peut atteindre  $\pm 2 \mu\text{m}$ . En fonction du matériau et de la largeur de coupe, il est possible d'obtenir une rugosité de surface de coupe jusqu'à Ra 0,5  $\mu\text{m}$ . Cela a permis à l'entreprise d'atteindre l'objectif qu'elle s'était fixé de dépasser de 10 fois la précision de la technologie des systèmes conventionnels. Le système de commande joue également un rôle important, lui qui comprend des fonctionnalités développées par l'utilisateur telles que la correction des écarts de circularité du jet ainsi qu'une option de contrôle pour le débit.

### Un savoir-faire essentiel

«Avec nos machines, la découpe au jet d'eau avec des précisions allant jusqu'à 10  $\mu\text{m}$  et des largeurs de fente allant jusqu'à 0,2 mm peut être maîtrisée de manière fiable,» affirme W. Maurer. Cependant, en raison des nombreux paramètres et contraintes, l'engagement de nouveaux processus exige un personnel expérimenté, attentif et consciencieux. C'est pourquoi Waterjet attache une grande importance à fournir à ses clients une assistance globale, qu'il s'agisse des services de découpe ou lors de l'achat de machines. La gamme de services pour l'exécution des travaux de découpe va des prototypes de recherche aux grandes séries en passant par les petites séries. Si le client sou-

haite mettre en place sa propre production, le système requis peut être fourni soit comme machine autonome soit, si besoin, avec l'automatisation nécessaire. Selon l'accord, le déroulement complet du processus de production jusqu'à la production en série est couvert. Facteur décisif, le client bénéficie dans toutes les situations de l'ensemble du savoir-faire accumulé en interne. L'entreprise s'occupe de toutes les tâches, du conseil lors du développement de nouveaux produits jusqu'à la mise à disposition de capacités de réserve en cas de pannes ou de goulets d'étranglement. La recherche interne continue assure que ce service soit toujours à la pointe de la technologie.

### Jusqu'où ira la miniaturisation?

«Les clients nous demandent souvent s'il y aura une étape supplémentaire dans la miniaturisation de la découpe au jet d'eau et quand», ajoute W. Maurer. Des recherches dans ce sens sont bien entendu en cours et certains composants ont déjà été développés. Les obstacles sont cependant élevés, en raison notamment de la nécessité d'avoir un matériau abrasif beaucoup plus fin. Le plus gros handicap est le taux d'ablation nettement plus faible. Des particules abrasives plus petites peuvent en effet transférer moins d'énergie cinétique. Cela rappelle un peu la situation de la miniaturisation dans l'usinage laser. Les lasers dits femtoseconde peuvent être utilisés pour des procédés beaucoup plus fins que les systèmes couramment utilisés dans l'industrie aujourd'hui, mais là aussi les taux d'ablation sont si faibles que le marché pour ces applications est extrêmement limité. Il n'est pas encore possible d'estimer si et quand il y aura une percée sur le marché pour une technologie de découpe au jet d'eau «ultramicro».

10-13 MARS LA ROCHE-SUR-FORON | FRANCE

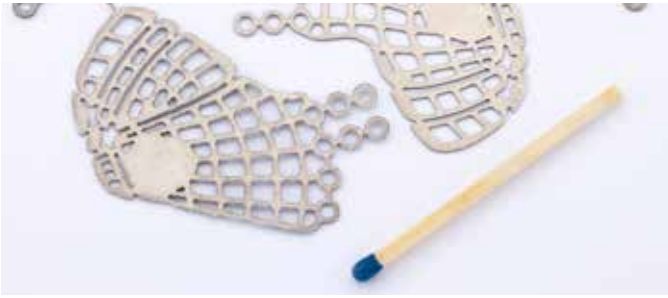
# SIMODEC

SALON INTERNATIONAL DE LA MACHINE-OUTIL DE DÉCOLLETAGE  
INTERNATIONAL BAR TURNING MACHINE TOOL SHOW

## 2020

EXHIBIT ? VISIT ? MORE INFORMATION ON [WWW.SALON-SIMODEC.COM](http://WWW.SALON-SIMODEC.COM)

CCI HAUTE-SAVOIE cetim MONT-BLANC SNDEC thesame la roche sur foron ROCHEXPO Foire de la Haute-Savoie Mont-Blanc



Implants découpés dans une feuille de titane pour la reconstruction de lésions osseuses graves, y compris au niveau des sourcils.

Aus Titanblech geschnittene Implantate für die Rekonstruktion schwerer Knochenverletzungen u.a. im Augenbrauenbereich.

Implants cut from a titanium sheet for the reconstruction of severe bone lesions, including eyebrows.

DEUTSCH

## Mikro-Wasserstrahlschneiden – Machbarkeiten und Grenzen

Das Wasserstrahlschneiden hat den entscheidenden Vorteil, dass es im Unterschied zum Laser, Gas- oder Plasmabrenner «kalt» arbeitet. Deshalb eignet es sich ganz besonders für empfindliche Werkstoffe von Edelstahl über Titan und Keramik bis zu Kunststoffen oder Verbunden. Als Alternative zu den marktüblichen Systemen für industrielle Einsatzfelder mit weniger strengen Toleranzforderungen wurde eine Mikro-Wasserstrahlschneidtechnologie entwickelt, die höhere Genauigkeitsanforderungen z.B. aus der Uhrenherstellung, der Medizintechnik oder der Mikromechanik erfüllen kann.

«Startschuss zur Entwicklung einer gänzlich neuen Generation von Hochpräzisionsanlagen für das Wasserstrahlschneiden war eine 2001 einsetzende Krise», erinnert sich Walter Maurer, Inhaber der Fa. Waterjet AG in Aarwangen (Schweiz). Bis dahin war das mittelständische Unternehmen ganz normaler Wasserstrahlschneid-Dienstleister für eine Vielzahl von Auftraggebern: Industrie- und Handwerksbetriebe, Forschungseinrichtungen oder auch Künstler und Architekten. Als die 2001 einsetzende mehrjährige Krise die Umsätze um bis zu 30 % einbrechen ließ, musste eine neue Zukunftsstrategie her. Statt sich einzugeln, Kosten zu kappen oder gar eine Verkleinerung der Firma ins Auge zu fassen, beschloss Waterjet stattdessen, den Stier bei den Hörnern zu packen und sämtliche Reserven in ein Entwicklungsprojekt zu stecken. Damit sollte eine eigene Linie neuartiger Wasserstrahl-Schneidanlagen entwickelt werden, die um den Faktor 10 genauer sein sollten als die bisher am Markt angebotene Technologie. Zu lange hatte sich Walter Maurer darüber geärgert, dass gerade die besonders lukrativen Anfragen nicht ausgeführt werden konnten, weil die geforderten Genauigkeiten mit den vorhandenen Anlagen nicht erreichbar waren. Mit den neuen Anlagen sollten künftig anspruchsvolle und lukrative Märkte wie die Uhrenindustrie oder die Medizintechnik bedient werden.

### Kleiner, leichter und präziser – die Forderungen der Zukunft

«In der Industrie gibt es einen langfristigen Trend zu Lösungen, die kleiner und leichter sind und weniger Material und Ressourcen benötigen als bisher», erläutert W. Maurer. Naturgemäß steigen dadurch auch die Präzisionsanforderungen bei der Bearbeitung. Das gilt für so gut wie alle Bearbeitungsverfahren und damit auch für das Wasserstrahlschneiden, das bevorzugt bei empfindlichen Werkstoffen wie Edelstählen, Titan, Keramiken, Kunststoffen, Glas, Stein oder Holz zum Einsatz kommt. Die bisherigen Anlagen, die zumeist mit Düsendurchmessern von 0,8 mm arbeiten, wurden vor allem mit Blick auf möglichst hohe Schneidleistung entwickelt. Die damit her-

gestellten Teile erreichen daher in der Regel lediglich Maßtoleranzen in der Größenordnung von  $\pm 0,1$  mm. Waterjet begann in dieser Stunde Null mit einer CNC-gesteuerten Achsmechanik, deren Wegmesssystem eine Auflösung von  $\pm 6$   $\mu$ m hatte, und experimentierte darauf mit feineren Düsendurchmessern von 0,5 bis 0,17 mm.

### Eine sehr komplexe Prozesskette

«Wir kamen dann recht schnell dahinter, dass es bei weitem nicht ausreichte, einfach nur die Abmessungen des Strahls nach unten und Weggenauigkeiten der Maschine nach oben zu trimmen», verrät W. Maurer. Das Wasserstrahlschneiden ist ein komplexer Prozess, in dem Fluidodynamik, Mechanik, Mineralogie und pneumatische sowie mechanische Fördertechnik auf sehr vielfältige Weise zusammenwirken. Entscheidend ist hierbei das Strömungsverhalten des Strahls nach dem Passieren der Austrittsdüse, wenn er in der Mischkammer und danach im Fokussierrohr die zugeführten Schneidstoffpartikel aufnimmt und in Richtung Werkstück beschleunigt. Eine wichtige Rolle spielen die Größe der Mineralpartikel sowie ihre Form. Dabei gilt, dass sie umso wirksamer schneiden, je eckiger und scharfkantiger sie sind. Weiteres Kriterium ist ihre Verteilung im Strahl: Hohe Schneidleistung wird am besten erreicht, wenn die Partikel in der Mitte des Wasserstrahls beschleunigt werden. Werden sie dagegen eher am Umfang des Strahls mitgerissen, dann bilden sie den Durchmesser des Fokussierrohrs auf dem Werkstück besser ab. Das verringert zwar geringfügig die Schneidleistung, erhöht aber im Gegenzug die Kantenschärfe, wobei auch die Rauigkeit der Trennfläche verringert wird.

### Aktueller Stand der Technik

«In die Erforschung dieser Zusammenhänge haben wir zusammen mit universitären Partnern sehr viel Zeit, Geld und Mühen investiert», sagt W. Maurer. Die aktuell vierte Generation (F4) der selbst entwickelten Wasserstrahlschneidmaschinen basiert auf einem Maschinengestell, dessen Achsen eine Positionsgenauigkeit von  $\pm 0,5$   $\mu$ m



Découpe faite avec un jet d'eau pour étudier l'intégration de l'implant et de l'os.

Zur Untersuchung der Integration von Implantat und Knochen mit dem Wasserstrahl ausgeführter Trennschnitt.

Cutting made with a water jet to study the integration of the implant and bone.

erreichen. Der ebenfalls mehrfach überarbeitete Strahlkopf kann je nach Randbedingungen bei einem Durchmesser von 0,2 mm eine radiale Genauigkeit des Strahldurchmessers von bis zu  $\pm 1,5 \mu\text{m}$  erreichen, so dass die nominelle Endgenauigkeit bis zu  $\pm 2 \mu\text{m}$  betragen kann. Je nach Material und Schnittbreite sind Schnittflächenrauheiten bis herab zu  $\text{Ra } 0,5 \mu\text{m}$  erreichbar. Damit konnte das selbstgesteckte Ziel, die Genauigkeit der herkömmlichen Anlagentechnologie um den Faktor 10 zu übertreffen, erreicht werden. Eine wesentliche Rolle spielt auch die Steuerung, die selbst entwickelte Funktionalitäten wie eine Korrektur von Rundheitsabweichungen des Strahls sowie eine Kontrollmöglichkeit für den Strahlmitteldurchsatz beinhaltet.

### Knowhow entscheidend

«Mit unseren Maschinen ist das Mikro-Wasserstrahlschneiden mit Genauigkeiten bis  $10 \mu\text{m}$  bei Schlitzbreiten bis herab zu  $0,2 \text{ mm}$  sicher beherrschbar», weiß W. Maurer. Aufgrund der zahlreichen Parameter und Randbedingungen erfordere das Einfahren neuer Prozesse jedoch Personal mit Erfahrung, Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit. Deshalb legt Waterjet größten Wert auf die Bereitstellung umfassender Unterstützungsleistungen für seine Kunden, ganz unabhängig davon, ob es lediglich um Schneid-Dienstleistungen oder um den Kauf von Maschinen geht. Die Bandbreite bei der Ausführung von Schneidaufträgen reicht vom Forschungsprototyp über die Kleinserie bis zur Großserie. Falls der Kunde eine eigene Produktion aufbauen möchte, wird die erforderliche Anlage entweder als Einzelmaschine oder auf Wunsch auch mit erforderlicher Automation geliefert. Je nach Vereinbarung wird dabei auch das komplette Einfahren des Produktionsprozesses bis zur Serientauglichkeit abgedeckt. Entscheidend ist hierbei, dass man dem Kunden in jeder Situation mit dem gesamten im Hause angesammelten Knowhow zur Seite steht. Dabei kümmert man sich um alle Aufgabenstellungen von der Beratung bei neuen Produktentwicklungen bis zur Bereitstellung von Reservekapazität bei Pannen oder Engpässen. Die kontinuierlich im eigenen Hause betriebene Forschung gewährleistet hierbei, dass dieser Service stets auf dem neuesten Stand der Technik ist.

### Wieweit wird die Miniaturisierung noch gehen?

«Von Kunden werden wir öfters gefragt, ob bzw. wann es denn mit der Miniaturisierung des Wasserstrahlschneidens noch einen weiteren Schritt geben werde», setzt W. Maurer hinzu. Selbstverständlich forsche man in dieser Richtung weiter und habe bereits entsprechende Komponenten entwickelt. Die Hürden seien allerdings

www.schelldesign.ch

## THE HIGHWAY

TO YOUR PERFECT MATERIAL

### L. KLEIN SA

FINE STEEL AND METALS  
ACIERS FINS ET MÉTAUX

L. KLEIN SA | CH-2504 BIEL/BIENNE | SWITZERLAND  
PHONE ++41 (0)32 341 73 73

WWW.KLEINMETALS.SWISS

hoch, da hierfür erheblich feineres Abrasivmaterial erforderlich sei. Größtes Handicap sei die dadurch deutlich geringere Abtragsrate, da die kleineren Abrasivpartikel entsprechend weniger kinetische Energie übertragen können. Ein wenig erinnere ihn dies an die Situation bei der Miniaturisierung der Laserbearbeitung. Mit sogenannten Femtosekundenlasern lassen sich wesentlich feinere Bearbeitungen

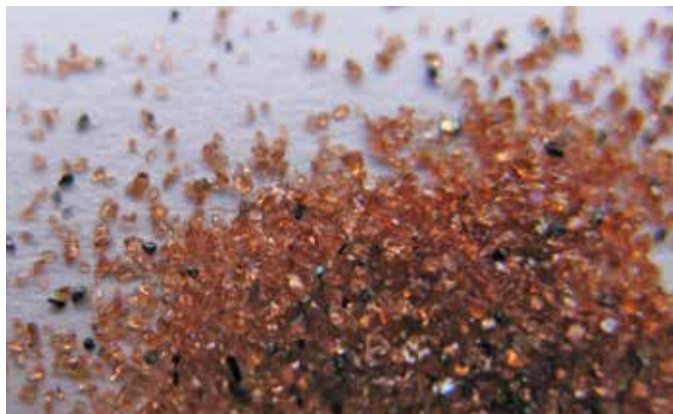
durchführen als mit den heute in der Industrie üblichen Systemen, doch seien auch hier die Abtragsraten so gering, dass der Markt für entsprechende Anwendungen außerordentlich begrenzt sei. Ob und wann es einen Marktdurchbruch für eine Ultramikro-Wasserstrahlschneidtechnologie geben werde, lasse sich derzeit noch nicht abschätzen.

ENGLISH

## Water jet cutting - Possibilities and limits

Water jet cutting has the decisive advantage that, unlike laser, gas or plasma torches, it works "cold". It is therefore particularly suitable for sensitive materials such as stainless steel, titanium, ceramics, plastics and composites. As an alternative to the commercially available systems for industrial applications with less stringent tolerance requirements, a micro waterjet cutting technology has been developed that can meet higher accuracy requirements, e.g. in watchmaking, medical technology or micromechanics.

"The starting signal for the development of a completely new generation of high-precision systems for waterjet cutting was a crisis that began in 2001," recalls Walter Maurer, owner of Waterjet AG in Aarwangen (Switzerland). Until then, the medium-sized company had been a normal waterjet cutting service provider for a large number of customers: industrial and craft enterprises, research institutions, artists and architects. When the multi-year crisis that began in 2001 caused sales to collapse by up to 30 %, a new strategy for the future had to be devised. Instead of settling in, cutting costs or even considering downsizing the company, Waterjet decided to grab the bull by the horns and put all its reserves into a development project. The aim was to develop a new line of waterjet cutting systems that would be 10 times more accurate than the technology currently available on the market. Walter Maurer had been annoyed for too long that the particularly lucrative enquiries could not be carried out because the required accuracies could not be achieved with the existing systems. In the future, the new systems should serve demanding and lucrative markets such as the watch industry or medical technology.



Le sable grenat de différentes granulométries est l'abrasif préféré pour la découpe au jet d'eau.

Als Abrasivstoff kommt beim Wasserstrahlschneiden bevorzugt Granat- und in unterschiedlichen Korngrößen zum Einsatz.

Garnet sand of different grain sizes is the preferred abrasive for waterjet cutting.

### Smaller, lighter and more precise - the demands of the future

"There is a long-term trend in industry towards solutions that are smaller, lighter and require less material and resources than before," explains W. Maurer. Naturally, this also increases the precision requirements during machining. This applies to virtually all machining processes and thus also to waterjet cutting, which is preferred for sensitive materials such as stainless steels, titanium, ceramics, plastics, glass, stone or wood. The previous systems, which mostly operate with nozzle diameters of 0.8 mm, were developed primarily with a view to achieving the highest possible cutting performance. Therefore, the parts produced usually only achieve dimensional tolerances in order of  $\pm 0.1$  mm. Waterjet started with a CNC-controlled axis mechanics, whose displacement measuring system had a resolution of  $\pm 6$   $\mu$ m, and experimented with finer nozzle diameters of 0.5 to 0.17 mm.

### A very complex process chain

"We soon realized that it was far from sufficient to simply trim the dimensions of the beam downwards and the path accuracy of the machine upwards," W. Maurer reveals. Waterjet cutting is a complex process in which fluid dynamics, mechanics, mineralogy and pneumatic as well as mechanical conveying technology interact in a variety of ways. The decisive factor here is the flow behaviour of the jet after passing through the outlet nozzle when it picks up the supplied cutting material particles in the mixing chamber and then in the focusing tube and accelerates them towards the workpiece. The size and shape of the mineral particles play an important role. The more angular and sharp-edged they are, the more effectively they cut. Another criterion is their distribution in the jet: high cutting performance is best achieved when the particles are accelerated in the middle of the water jet. If, on the other hand, they are torn along the circumference of the beam, they better reflect the diameter of the focusing tube on the workpiece. Although this slightly reduces the cutting performance, it in turn increases the edge sharpness and also reduces the roughness of the cutting surface.

### Current state of technology

"Together with university partners, we have invested a lot of time,

# MICRONORA

SALON INTERNATIONAL DES MICROTECHNIQUES

money and effort in researching these interrelationships," says W. Maurer. The current fourth generation (F4) of the waterjet cutting machines developed in-house is based on a machine frame whose axes achieve a position accuracy of  $\pm 0.5 \mu\text{m}$ . The beam head, which has also been reworked several times, can achieve a radial accuracy of the beam diameter of up to  $\pm 1.5 \mu\text{m}$  at a diameter of 0.2 mm, depending on the boundary conditions, so that the nominal final accuracy can be up to  $\pm 2 \mu\text{m}$ . Depending on material and cutting width, cutting surface roughness down to Ra 0.5  $\mu\text{m}$  can be achieved. This enabled the company to achieve its self-imposed goal of exceeding the accuracy of conventional system technology by a factor of 10. A significant role is also played by the control system, which includes self-developed functionalities such as correction of roundness deviations of the blast as well as a control option for the blasting medium throughput.

## Knowhow is crucial

"With our machines, micro waterjet cutting with accuracies down to 10  $\mu\text{m}$  and slot widths down to 0.2 mm can be reliably mastered," says W. Maurer. Due to the numerous parameters and boundary conditions, however, the running-in of new processes requires personnel with experience, care and conscientiousness. That's why Waterjet places so much emphasis on providing comprehensive support services to its customers, whether it's just cutting services or buying machines. The variety of cutting orders ranges from research prototypes through small series to large series. If the customer wishes to set up his own production, the required system can be supplied either as a stand-alone machine or, if required, with the necessary automation. Depending on the agreement, the complete running-in of the production process up to series suitability is also covered. The decisive factor here is that the customer is supported in every situation by the entire know-how accumulated in the company. Care is taken of all tasks from advising on new product developments to providing reserve capacity in the event of breakdowns or bottlenecks. The continuous in-house research ensures that this service is always up-to-date.

## To what extent will miniaturisation still go on?

"We are often asked by customers if and when there will be another step with the miniaturization of water jet cutting," adds W. Maurer. Of course, further research is being carried out in this direction and corresponding components have already been developed. However, the hurdles are high, as considerably finer abrasive material is required. The greatest handicap is the significantly lower ablation rate, since the smaller abrasive particles can transfer correspondingly less kinetic energy. Let this remind him a little of the situation with the miniaturization of laser processing. So-called femtosecond lasers can be used to perform much finer processes than the systems commonly used in industry today, but here too the removal rates are so low that the market for such applications is extraordinarily limited. Whether and when there will be a market breakthrough for an ultramicro waterjet cutting technology cannot yet be estimated.

Klaus Vollrath

**WATERJET AG**  
Mittelstrasse 8  
CH-4912 Aarwangen  
T. +41 (0)62 919 42 82  
www.waterjet.ch



Précision / Miniaturisation  
Intégration de fonctions complexes



22 - 25 sept. 2020  
Besançon - France

Aéronautique, Luxe  
Médical, Automobile  
Télécommunications,  
Défense, Nucléaire...

Découpage fin, Micro-usinage, Outillage,  
Décolletage, Fabrication additive, Micro-  
assemblage, Automatisation, Robotique,  
Injection, Surmoulage, Métrologie, Mesure,  
Contrôle, Microfabrication, Nanotechnologie,  
Interconnexion, Packaging microélectronique,  
Ingénierie, Traitements, Laser, Technologies  
de production ...

[micronora.com](http://micronora.com)

CS 62125 - 25052 BESANÇON Cedex  
Tél. +33 (0)3 81 52 17 35



EXPOSEZ