

Superfinition performante des microperçages

Microcut Ltd

Rolliweg 21, CH-2543 Lengnau
www.microcut.ch

Cet article est paru dans le bulletin d'informations n° 1171 Janvier 2009

Août 2009

37

Bulletin SSC n° 61

Déjà avancée dans l'électronique, les systèmes d'analyse, l'automobile, les télécommunications et le médical, la miniaturisation progresse aussi dans les constructions mécaniques. Le marché des microtechniques et leur poids macroéconomique connaissent une évolution dynamique, et ils sont appelés à croître encore fortement dans les prochaines années. Ce développement se vérifie à tous les niveaux de la chaîne de création de valeur [1].

Pour réussir à miniaturiser un produit, il ne suffit généralement pas d'en réduire toutes les dimensions. Il faut par exemple reconsidérer le choix du matériau car en micromécanique, l'usinage des matières ductiles par enlèvement de copeaux est extrêmement critique, la plupart des applications ne tolérant pas la moindre bavure ni la moindre déformation plastique [2]. C'est l'une des raisons qui impose l'utilisation du carbure, de la céramique, du silicium ou du diamant polycristallin. De plus, les procédés d'usinage conventionnels avec les machines et les outils qui leur sont dévolus ne peuvent pas toujours être ramenés à l'échelle du micron, cela nécessite souvent un changement de système. En général, les matériaux durs et cassants sont usinés par des procédés de rectification ou de polissage qui utilisent le diamant. En micromécanique, l'usinage des perçages pose un véritable défi, principalement du fait de la mauvaise accessibilité de la surface à usiner et du rapport d'aspect souvent élevé (longueur du perçage par rapport au diamètre).

Les petits perçages

Le perçage conventionnel avec des outils à enlèvement de copeaux, le perçage par laser, l'estampage, l'électroérosion ou l'injection de poudre (PIM), pour ne citer que quel-

ques exemples, sont des procédés rentables qui ont déjà été validés pour les applications microtechniques. L'exécution de microperçages n'est donc pas un problème en soi, si les contraintes de précision (forme, dimensions, etc.), d'état de surface et de reproductibilité ne sont pas trop fortes. La rectification ou le honage conviennent pour la finition des perçages de plus de 2 mm de diamètre, mais ces techniques atteignent leurs limites dès que les diamètres sont inférieurs à 1,2 mm, et on ne peut pas raisonnablement pousser plus loin leur miniaturisation.

Micro Bore Sizing

La société Microcut s'est penchée sur cette situation et propose le Micro Bore Sizing (MBS), une solution économique pour usiner les perçages jusqu'à un diamètre minimal de 15 microns, adaptée en particulier aux matériaux durs [3, 4].

Des solutions d'usinage faciles à manier permettent d'amener la géométrie (diamètre, circularité, cylindricité) dans des plages de tolérance étroites et d'améliorer la rugosité de surface. Le Micro Bore Sizing (fig. 1) est un système convivial qui se compose d'une machine, d'un outillage et de services.

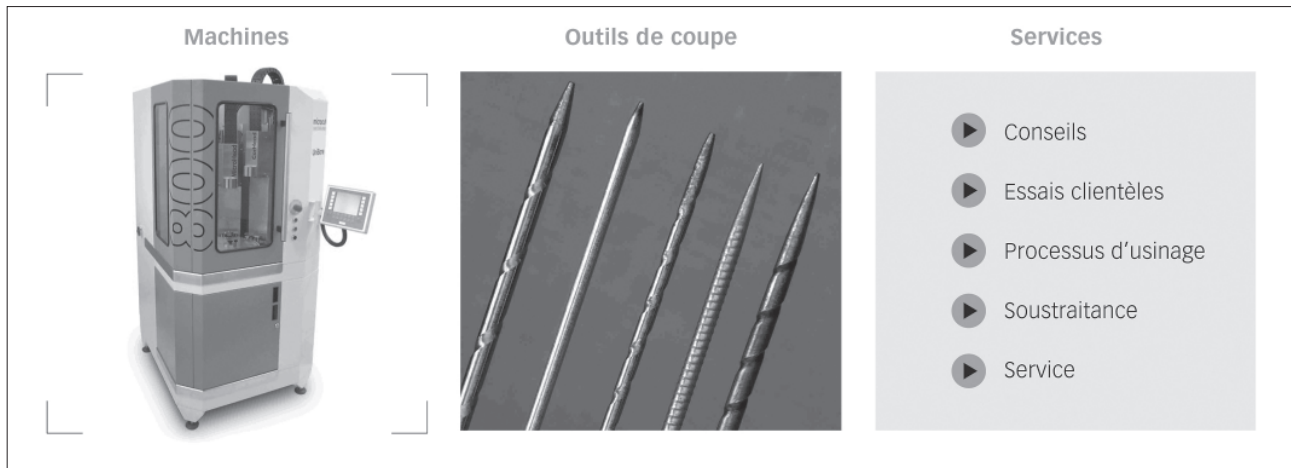


Fig. 1 : Le système Micro Bore Sizing

Le procédé Micro Bore Sizing usine les pièces par enlèvement de copeaux, avec des outils précis. L'usinage (à froid) exclut toute fragilisation structurelle du matériau dans

les zones marginales. En fonction du matériau à usiner ou des exigences à respecter, l'utilisateur a le choix entre deux procédés (fig. 2).

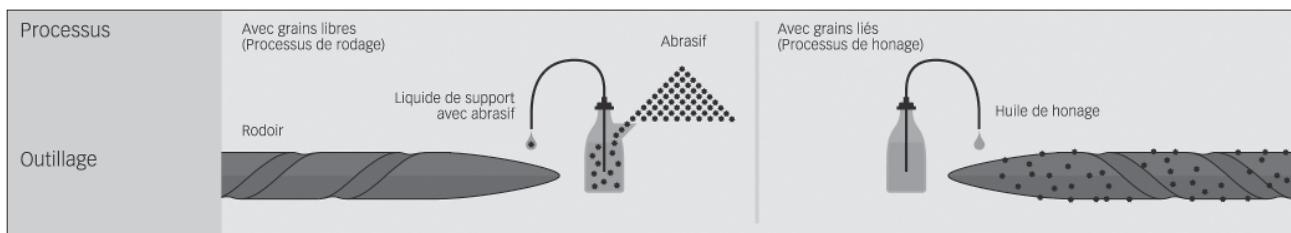


Fig. 2 : Représentation graphique du procédé Micro Bore Sizing

Le matériel

La finition des matériaux durs et cassants comme la céramique, le saphir ou le carbure est réalisée de préférence avec un grain abrasif dispersé dans un liquide (procédé de rodage). Ce procédé est adapté aux très hautes exigences d'état de surface. L'outil est constitué d'une tige ou d'un fil support, du liquide porteur et de l'abrasif (généralement du microdiamant). La tige qui sert de support à l'abrasif est arrosée de liquide et introduite dans le perçage préalablement usiné. La partie conique du support élargit le perçage brut et la partie cylindrique assure un diamètre final constant, même sur de grandes séries. Grâce à la précision définie de la tige support et aux conditions d'usinage stables, l'utilisateur ne perd pas de temps à tâtonner pour parvenir au diamètre et à la géométrie souhaités.

Le procédé Micro Bore Sizing s'apparente au honage lorsque l'usinage s'effectue avec un grain abrasif lié. Ce procédé est surtout utilisé pour les matériaux plus tendres comme l'acier. La géométrie de l'outil est la même que pour la tige support du procédé ci-dessus, à cette différence que

le grain de diamant est lié au support et n'est pas apporté par le liquide.

La gamme MBS comprend des machines modulaires, spécifiques et universelles. Les critères qui doivent guider le choix de la machine sont le diamètre du perçage à usiner, la symétrie de la pièce (symétrie de révolution ou non), le matériau, l'enlèvement de matière, la géométrie du perçage à réaliser et la taille des séries.

Les outils sont un élément important du système Micro Bore Sizing car c'est principalement leur précision qui donne la précision du diamètre. Le choix de l'outil influence aussi la rugosité de surface et le débit d'enlèvement de matière. Les outils sont monobloc et pourvus d'une partie conique et d'une partie cylindrique; ils sont proposés en exécution standard ou spécifique, dans la précision exigée. Les critères importants concernant l'outil sont, entre autres, la géométrie, une rainure à copeaux, la granulométrie du diamant ou encore un revêtement spécial qui dépend surtout du matériau usiné. Pour certaines machines de production, le fil porteur est confectionné sur la machine, à partir de la bobine, pour assurer le remplacement en continu du fil usé.

Les prestations de service proposées avec le système MBS comprennent le conseil, les essais pour le client, la définition du procédé, la fabrication à façon et le support technique.

Les critères d'usinage d'un perçage

On sait bien que la dimension, la forme et la surface sont indissociablement liées. De ce fait, lorsque l'on parle d'une tolérance de diamètre du perçage de 3 microns, par exemple, il faut garantir une circularité meilleure que 1 micron. La rugosité doit elle aussi se situer dans un certain rapport avec la précision dimensionnelle et la forme.

Nous prendrons quelques exemples d'usinages pour illustrer les capacités du Micro Bore Sizing et nous nous intéresserons aux critères susceptibles d'être considérablement améliorés par le système MBS.

La forme

Dans le procédé MBS, le respect de la forme est donné par l'outil et amélioré par la superposition des mouvements d'usinage (rotation et translation), de sorte que la circularité du perçage fini est généralement meilleure que celle de l'outil lui-même.

Le perçage de la buse, sur la fig. 3, a été exécuté de manière conventionnelle avec un foret hélicoïdal, et présente une circularité de 5 microns. La finition par MBS ramène la circularité à 0,65 micron. Le procédé MBS permet même d'atteindre des circularités de 0,2 micron et une cylindricité < 1 micron.

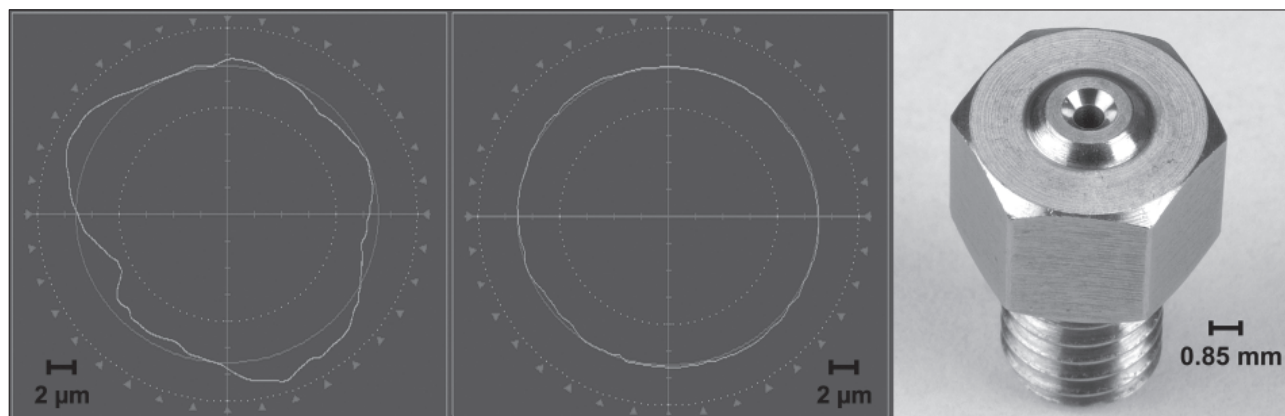


Fig. 3 : Mesure de la circularité d'une buse avec un perçage de 0.85 mm, avant et après la finition par le procédé MBS

Diamètre et précision dimensionnelle

Le procédé MBS permet, premièrement d'amener un perçage du diamètre initial au diamètre final souhaité, et deuxièmement, de respecter des tolérances serrées.

La fig. 4 montre une petite roue dentée d'horlogerie en acier trempé, qui a été usinée par tournage. La finition au moyen du procédé MBS est indispensable pour parvenir à la tolérance de diamètre de 2 microns et à l'état de surface $R_z = 0,2$ micron.

Pour la virole (élément principal en céramique de zircon pour un connecteur de lignes de fibres optiques), la tolérance de diamètre imposée pour une longueur de perçage d'environ 10 mm est la suivante: $125 \mu\text{m} +1/-0 \mu\text{m}$. Les buses de toutes sortes sont également des pièces typiques. Pour la buse en acier de la fig. 3, la tolérance de diamètre du perçage brut a été resserrée de $\pm 5 \mu\text{m}$ à $\pm 1 \mu\text{m}$.

Rugosité de surface

L'Institut physique et technique de Braunschweig (Allemagne) cherche à réduire l'incertitude des mesures effectuées par palpeur opto-tactile. Dans de nombreux secteurs industriels, les microperçages de diamètre 0,2 mm sont essentiels pour la fonction du système, comme par exemple les gicleurs dans la construction automobile ou encore les filières pour le tréfilage ou l'industrie textile. Les tolérances submicroniques posent de très fortes contraintes pour la mesure de ces microperçages. Actuellement, seul le palpeur opto-tactile permet d'effectuer ces mesures. Mais les influences qui s'exercent sur l'incertitude de mesure ne sont pas encore totalement connues. La mesure des microperçages profonds (profondeur > 0,2 mm) donne lieu à des écarts dus au système, notamment du fait d'obscurements optiques. Pour pouvoir déterminer ces écarts, l'institut a

développé un microperçage étalon avec un rapport d'aspect élevé, pour lequel il a déposé une demande de brevet [5]. L'état de surface et la circularité exigés pour ce perçage étalon ne pouvant être obtenus par électroérosion, ils ont été considérablement améliorés au moyen du procédé MBS.

La fig. 4 montre, à gauche, une surface finie par électroérosion et à droite, la surface après la finition par le procédé MBS. L'usinage des perçages par électroérosion donne typiquement des valeurs de rugosité Rz de 10 microns (ébauche) ou 1,5 micron (finition). Le procédé MBS réalise des valeurs Rz de 0,1 à 0,2 micron.

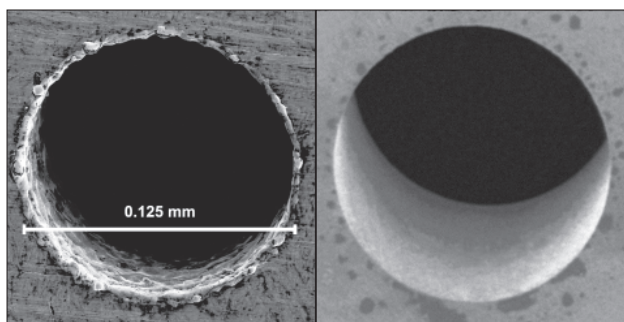


Fig. 4 : Petite roue dentée d'horlogerie

[5] U. NEUSCHÄFER Rube, Verfahren zur Herstellung von Prüfkörpern für die Überprüfung von Messgeräten für Mikrobohrungen, Patent DE 10318762

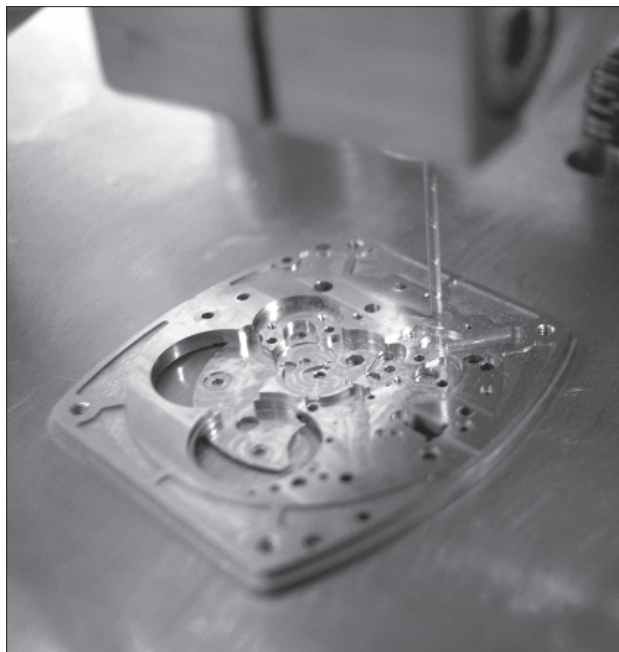


Fig. 5 : Pièce ne présentant pas une symétrie de révolution

Matériaux et pièces

Les pièces typiques qui peuvent bénéficier des avantages du procédé MBS sont les buses, les tubes fins et les douilles. La machine UniBore 800 permet désormais d'usiner aussi les petits perçages dans les grandes pièces qui ne présentent pas une symétrie de révolution (fig. 5) et que l'on trouve de manière classique dans la fabrication des outils de découpage ou des moules pour injection. Comme la conductibilité électrique n'intervient pas, on peut aussi usiner les matières non conductrices.

Les machines sont conçues en premier lieu pour les matériaux durs comme la céramique ou le carbure, mais elles sont également adaptées à des matériaux plus tendres comme l'acier ou le verre. Les domaines d'utilisation vont de la fibre optique à la construction automobile et à l'industrie du moule en passant par le médical et l'industrie des semi-conducteurs. ■

Bibliographie

[1] H. STEG, Studie VDI/VDE-IT, 2004.
 [2] W. EHRFELD, Handbuch Mikrotechnik, Carl Hanser Verlag 2002.
 [3] U. MAAG, Kleinste Bohrungen automatisch und präzise kalibrierten, Mikroproduktion 1, 20-23, 2003
 [4] P. MIKHAIL, Bearbeitungstechniken für Mikro- und Kleinstbohrungen, MikroSytemTechnik 2, 24-25, 2005

Publicité



LABORATOIRE
DUBOIS S.A.



Chronofiable
LABORATOIRE DUBOIS S.A.

Plus de 30 années d'expérience

- Expertises
- Contrôle des matériaux
- Analyses chimiques
- Electroplastie
- Tribologie

- Contrôles horlogers
- Fiabilité
- Homologation
- Assistance technique
- Tests de dispositifs électroniques, microtechniques et médicaux






Laboratoire accrédité
pour le contrôle
des matériaux
SN EN ISO/IEC 17025

Rue Alexis-Marie-Piaget 50
CH-2300 La Chaux-de-Fonds
Tél. + 41 32 967 80 00

Fax + 41 32 967 80 01
www.laboratoiredubois.ch
info@laboratoiredubois.ch