



Le rectifiage aux limites du réalisable

Le rectifiage permet de garantir respect des géométries et qualités de surfaces à peine imaginables par des procédés d'usinage par enlèvement de matière traditionnels. Ceci est rendu possible grâce au réaffûtage régulier et très fin des outils de coupe produit par l'éclatement continu des grains abrasifs en contact avec la matière usinée. Cela permet une découpe beaucoup plus fine qu'avec un processus de découpe ou d'affûtage pré-défini avec pour résultat une surface plus régulière et lisse. Les professionnels ont aujourd'hui à leur disposition des systèmes et combinaisons de technologies qui leur permettent de générer des géométries à la fois très petites et très complexes avec un très haut degré de précision et de qualité de surface.

«Plusieurs années de spécialisation nous permettent aujourd'hui de rectifier des profils extrêmement exigeants avec une précision que peu sont capables d'atteindre», nous dit Anton Flury, directeur de l'entreprise Flury Tools à Arch (Suisse). Cette société de taille moyenne s'est spécialisée dans les tâches particulièrement exigeantes pour lesquelles les impératifs se nomment complexité de la géométrie, précision des pièces, flexibilité face aux demandes spécifiques des clients ainsi que maîtrise de la gamme de procédés et installations utilisés. Depuis qu'Anton Flury a mis en service sa première installation de rectifiage par projection optique il y a plus de 40 ans, l'entreprise s'est développée en un centre de compétences utilisant pratiquement toutes les technologies actuelles de rectifiage avec un équipement des plus moderne. En outre, l'accent n'est pas mis sur la production de masse, mais bien plus sur des travaux qui demandent expérience et savoir-faire et qui ne sauraient être réalisés sur simple pression d'un bouton, même sur des installations modernes. Il faut donc être conscient que les séries vont généralement de l'unité à quelques douzaines de pièces. Une exception toutefois avec le rectifiage en plongée où les séries peuvent atteindre un nombre à cinq ou six chiffres. D'un autre côté, quand on vise des marchés de niche avec des spécialités de haute valeur, on a moins à craindre la concurrence qui travaille de manière automatisée pour des grandes séries. Certaines de ces entreprises font au contraire partie de la clientèle. Elles se manifestent par exemple lorsqu'il est question de dispositifs et calibres particulièrement précis pour leurs propres produits.

Géométrie complexe

«Après un vaste travail de préparation visant à combiner plusieurs procédés, nous arrivons désormais à maîtriser le rectifiage haute précision de pièces exceptionnellement minces et à la géométrie très complexe», ajoute Matthias Flury, issu de la deuxième génération et qui dirige l'entreprise avec son père. A titre d'exemple, un poinçon pour l'horlogerie qui, avec une épaisseur comprise entre 0,2 et 0,4 mm seulement, présente aussi bien des parties convexes que concaves. Les exigences de précision sont de l'ordre de +/- 2,5 µm. L'élément est fait de métal dur, un matériau qui réagit de manière sensible aux sollicitations thermiques lors du rectifiage. Une exigence particulière supplémentaire pour cette pièce est la longueur du profil rectifié, qui tourne autour de 20 mm. Une autre caractéristique remarquable est la rugosité de surface Ra de seulement 0,06 à 0,08 mm.

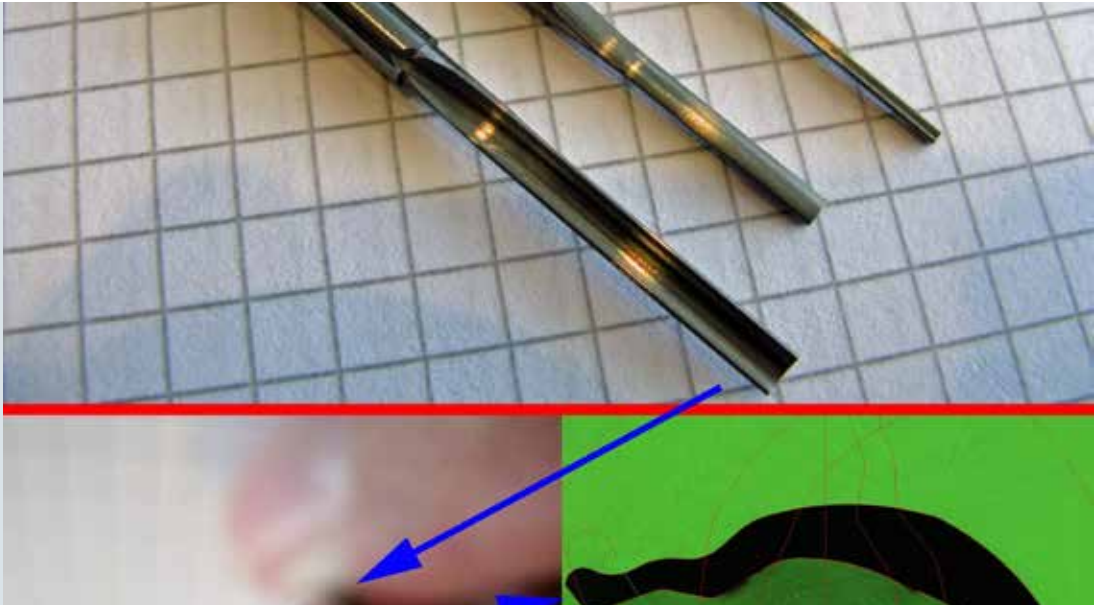
Combinaison de procédés divers

«Les opérations de ce type nécessitent impérativement la mise en œuvre de différentes techniques de rectification car les géométries demandées ne seraient pas réalisables autrement», assure A. Flury. Pour lui, la richesse des équipements de l'entreprise se révèle un avantage déterminant. Elle dispose en effet, pour la rectification par projection optique de profils, de machines à commande numérique 4 axes ultramodernes du constructeur Amada qui sont capables d'exécuter des déplacements extrêmement faibles avec des pas de seulement 0,1 µm. Ces machines spécifiquement conçues pour un niveau de précision extrême sont dotées de systèmes de mesure d'une résolution de 50 nanomètres et de systèmes de régulation de température pour les composants critiques tels que la broche, l'huile hydraulique et la lampe. Leur commande numérique autorise un fonctionnement semi- ou entièrement automatique ainsi que l'adoption de programmes d'usinage externes. Ces machines permettent de fabriquer des poinçons, des outils et des profils en métal dur, en alliages spéciaux ou encore en céramique qui servent par exemple de gabarits de contrôle dans la fabrication en série. Flury dispose également d'équipements Rollomatic pour l'usinage trochoïdal qui permet de fabriquer des pièces longues à parois extrêmement minces en assurant un degré élevé de précision et un bon état de surface. Ces machines fonctionnent avec deux meules positionnées suivant des angles différents selon qu'elles

Outil de découpage en métal dur extrêmement filigrane pour l'horlogerie qui présente à la fois des parties convexes et concaves pour une épaisseur de paroi qui ne dépasse généralement pas 0,2 à 0,4 mm.

Extrem filigranes Hartmetall-Stanzwerkzeug für die Uhrenindustrie, das bei Wanddicken von zumeist nur 0,2 bis 0,4 mm sowohl konvexe als auch konkave Partien aufweist.

Extremely delicate hard metal punching tool for the watch-making industry where a wall thickness of 0.2 to 0.4 mm is common as well as convex and concave form parts.



réalisent une opération d'ébauche ou de finition. En déplaçant les axes des meules horizontalement de façon synchrone par rapport à la rotation de la pièce, il est possible de rectifier non seulement des contours arrondis mais aussi des géométries plus complexes comme des surfaces planes, des polygones ou des profils non cylindriques. Pour d'autres opérations telles que l'usinage de surfaces planes ou de géométries complexes de plaquettes de coupe, la société utilise des centres de rectification cinq axes de Haas qui sont employés pour réaliser des pièces moulées de formes diverses telles que des plaquettes de coupe réversibles, des plaquettes de coupe standard ou des éjecteurs avec des géométries spécifiques. Autre domaine d'application : les composants comportant des surfaces libres tridimensionnelles comme par exemple les implants de genoux. L'une des forces de la société Flury est de connaître parfaitement les possibilités et les limites des différents procédés et d'être en mesure de les combiner les-uns aux autres pour obtenir des géométries impossibles à réaliser avec une seule technologie.

Ces équipements sont complétés par des installations de rectification plane et de rectification cylindrique intérieure et extérieure. Compte-tenu des exigences de précision élevées, l'environnement de travail de ces machines a également été soigneusement adapté, la stabilité thermique jouant un rôle capital. C'est la raison pour laquelle de nombreuses installations sont situées dans des salles climatisées, et l'huile de rectification est soigneusement filtrée et maintenue en température.

Dispositifs de maintien spéciaux

«Ce passage d'un système d'usinage à l'autre nécessite bien sûr beaucoup d'expérience et de savoir-faire dans le domaine des dispositifs de maintien et des systèmes de serrage», ajoute M. Flury. Selon lui, le défi consiste à bien maîtriser à la fois les défauts de positionnement et les défauts d'alignement, tant lors du serrage des pièces dans le dispositif de serrage lui-même que lors du positionnement au sein du système d'usinage. Il précise que respecter une tolérance de par exemple $\pm 2 \mu\text{m}$ ou $\pm 2,5 \mu\text{m}$ au sein d'un dispositif de serrage n'est pas en soi un exploit insurmontable ; en revanche, y parvenir en changeant plusieurs fois de système d'usinage est tout sauf évident.

M. Flury poursuit en mentionnant une contrainte supplémentaire : la nécessité de disposer de moyens de serrage extrêmement fins de façon à laisser suffisamment de passage aux meules qui sont volumineuses comparativement à la taille des pièces. On ne

trouve de tels dispositifs à peu près nulle part, notamment pour ce qui est de la précision demandée. C'est la raison pour laquelle l'entreprise fabrique elle-même ses prismes, ses pinces de serrage ou ses étaux dans la plupart des cas.

Les matériaux les plus divers

«Une autre de nos spécificités est le large éventail de matériaux que nous savons travailler», indique A. Flury. Il s'étend des matériaux «classiques» – aciers, aciers pour outils et métaux durs – à des matériaux plus exotiques comme les céramiques, l'aluminium, le titane ou le cobalt. Sans parler des implants biomédicaux qui constituent une catégorie à part puisqu'ici il faut également respecter des normes particulières en ce qui concerne la biocompatibilité.

Par ailleurs, aucun matériau ne ressemble à l'autre. Pour chacun d'eux, il convient de savoir précisément quel équipement de rectification et quelle granulation utiliser, ainsi que quels paramètres respecter pour obtenir un serrage optimal entre précision, qualité de surface et productivité. C'est l'expérience qui prime ici car les recommandations des fabricants se caractérisent souvent par une prudence excessive pour des raisons que l'on comprend. Par ailleurs, il y a toujours de nouveaux alliages qui se comportent de manière étonnamment différente de ce à quoi on s'attendait.

L'intérêt du client avant tout

«Compte-tenu de la complexité des tâches et du niveau élevé d'exigences de nos clients, nous attachons une grande importance à leur prodiguer des conseils approfondis», explique M. Flury. L'entreprise analyse ici la nature de l'application et donne par exemple son avis au client en ce qui concerne le matériau le mieux adapté. La géométrie souhaitée est également soigneusement étudiée du point de vue de la faisabilité et de la rentabilité. Il en va de même pour l'optimisation de géométries complexes d'outils de coupe, par exemple pour les tours où la finesse d'exécution a des conséquences considérables sur la productivité des machines. Des conseils sont également apportés dans le domaine des revêtements, par exemple pour les outils de coupe. Flury collabore étroitement ici avec des sociétés de renommée mondiale implantées à proximité. Dans ce contexte, il existe également des possibilités de réaliser des développements et des tests en commun. Enfin, M. Flury considère essentiel que cette collaboration profite de plus en plus à ses clients sur le long terme. Pour lui, c'est la meilleure garantie pour des relations commerciales stables et durables.

Schleifen an der Grenze des Machbaren

Durch Schleifbearbeitung lassen sich Geometrietreuen und Oberflächenqualitäten erreichen, die mit normalen spanabhebenden Bearbeitungsverfahren kaum darstellbar sind. Grund hierfür sind die extrem feinen, durch das stetige Ausbrechen der Schleifkörner immer wieder nachgeschärften Schneiden, welche den Materialabtrag bewirken. Dadurch erfolgt dieser viel kleinteiliger als bei den Verfahren mit definierter Schneide. Das Resultat sind sehr gleichmäßige und glatte Oberflächen. Zudem kann man beim Schleifen besonders geringe Zustellungen fahren, da keine minimale Spandicke zu beachten ist. Dem Fachmann stehen heute Systeme und Technologiekombinationen, mit deren Hilfe auch sehr komplexe und kleinteilige Geometrien mit hoher Maß- und Formgenauigkeit sowie Oberflächengüte erzeugt werden können.



Gabarits de contrôle Go/NoGo usinés sur mesure par rectification par projection optique.

Mithilfe des projektionsoptischen Schleifens hochgenau bearbeitete kundenspezifische Go/ NoGo-Prüflehren.

Optical precision grinder for high-quality customer-specific Go/NoGo test gauges.

«Dank langjähriger Spezialisierung können wir heute auch extrem anspruchsvolle Profile mit einer Genauigkeit schleifen, an die nur wenige herankommen», erläutert Anton Flury, Seniorchef der Fa. Flury Tools AG in Arch (Schweiz). Das mittelständische Unternehmen hat sich auf besonders anspruchsvolle Aufgabenstellungen spezialisiert, bei denen die Komplexität der Geometrie, die Präzision der Teile, die Flexibilität bezüglich der Erfüllung von besonderen Kundenwünschen sowie die Bandbreite der eingesetzten Verfahren und Anlagentypen im Vordergrund stehen. Seit Anton Flury vor mehr als 40 Jahren seine erste Anlage für das projektionsoptische Profilschleifen in Betrieb nahm, hat sich die Firma zu einem Kompetenzzentrum entwickelt, in dem nahezu alle modernen maschinellen Schleiftechnologien mit modernster Ausrüstung zum Einsatz kommen. Dabei konzentriert man sich weniger auf Massenfertigung als vielmehr auf solche Aufgabenstellungen, die selbst mit modernen Anlagen nicht so ohne weiteres «auf Knopfdruck und nach Programm» bewältigt werden können, sondern Erfahrung und Know-how erfordern. Dafür nimmt man in Kauf,

dass die Serienlosgrößen sich zumeist vom Einzelstück bis hin zu einigen Dutzend Exemplaren bewegen. Eine Ausnahme bildet nur das Tiefschleifen, wo man Stückzahlen in fünf- und sechsstelliger Größenordnung erreicht. Auf der anderen Seite bedient man mit den hochwertigen Spezialitäten eine Marktnische, in der man Wettbewerber, die vor allem auf automatisierte Prozesse in großen Stückzahlen setzen, kaum zu fürchten braucht. Im Gegenteil, man habe sogar eine gewisse Anzahl derartig ausgerichteter Betriebe in der Kundschaft. Diese klopfen beispielsweise an, wenn es um besonders genaue Vorrichtungen und Lehren für ihre eigenen Produkte geht.

Komplexe Geometrien

«Nach umfangreicher Vorarbeit zur Kombination mehrerer Verfahren sind wir jetzt soweit, dass wir das hochgenaue Schleifen selbst außergewöhnlich filigraner und dünnwandiger Teile mit sehr komplexer Geometrie beherrschen», ergänzt Matthias Flury, der das Unternehmen zusammen mit seinem Vater in zweiter Generation leitet. Beispiel sei ein Stanzwerkzeug für die Uhrenindustrie, das bei Wanddicken von zumeist nur 0,2 bis 0,4 mm sowohl konvexe als auch konkave Partien aufweise. Die Genauigkeitsanforderungen liegen bei $\pm 2,5 \mu\text{m}$. Das Bauteil besteht aus Hartmetall – einem Werkstoff, der empfindlich auf thermische Überbeanspruchung beim Schleifen reagiert. Im Profil weist es sowohl konvexe als auch konkave Konturbereiche auf, wobei es zwischen diesen zahlreiche Übergänge gibt. Besondere Herausforderung ist bei diesem Teil zudem die Gesamtlänge des geschliffenen Profils, die bei rund 20 mm liegt. Weiteres herausragendes Merkmal ist eine Oberflächenrauigkeit Ra von lediglich 0,06-0,08 mm.

Kombination unterschiedlicher Verfahren

«Solche Aufgaben erfordern zwingend den Einsatz unterschiedlicher Schleiftechnologien, weil die geforderten Geometrien anders nicht dargestellt werden könnten», weiß A. Flury. Hier erweise sich die sehr breitbandige Ausrichtung des Unternehmens als entscheidender Vorteil. So verfügt man über hochmoderne, CNC-gesteuerte 4-Achs-Anlagen des Herstellers Amada für das projektionsoptische Profilschleifen, die kleinste Zustellbewegungen mit einer Schrittweite von lediglich 0,1 μm ausführen können. Diese speziell für höchste Präzision ausgelegten Anlagen verfügen über Messsysteme mit einer Auflösung von 50 Nanometer sowie Temperiersysteme für die wesentlichen Komponenten wie Spindel, Hydrauliköl und Lampe. Ihre CNC-Steuerung ermöglicht den teil- oder vollautomatischen Betrieb sowie die Übernahme von Bearbeitungsprogrammen, die vorab extern erstellt wurden. Auf diesen Anlagen werden hochpräzise Stempel, Werkzeuge und Profile aus Hartmetall, Sonderlegierungen oder auch Keramik hergestellt, die beispielsweise als Prüflehren in der Serienfertigung zum Einsatz kommen. Als weitere Anlagentypen verfügt man über Rollomatic-Anlagen für das Schältschleifen, mit deren Hilfe selbst extrem dünne und zugleich lange Teile mit hoher Genauigkeit und Oberflächengüte hergestellt werden können. Die Anlagen arbeiten mit zwei in unterschiedlichen Winkeln angeordneten Schleifscheiben, von denen eines das Schruppen und das andere das Schleifen übernimmt. Da hierbei die Möglichkeit besteht, die Achsen der Schleifscheiben winkelsynchron zur Rotation des Werkstücks horizontal zu verfahren, lassen sich damit nicht nur runde Konturen, sondern darüber hinaus auch komplexere Geometrien wie Flächen, Vielecke oder unrunde Profile schleifen. Für wieder andere Aufgabenstellungen wie die Bearbeitung von Flächen oder komplexen Schneidengeometrien bei Schneidplatten kommen fünfschneidige Schleifzentren von Haas zum Einsatz, die für beliebig geformte Teile wie Wendeschneidplatten, Standard-schneidplatten oder Auswerferstifte mit speziellen Geometrien eingesetzt werden. Ein weiterer Einsatzbereich sind Bauteile mit dreidimensionalen Freiformflächen wie beispielsweise Implantate für Kniegelenke. Zu den besonderen Stärken von Fa. Flury gehört die genaue Kenntnis von Möglichkeiten und Grenzen der



Machines de rectification par projection optique Amada, capables d'exécuter des déplacements extrêmement faibles avec des pas de seulement 0,1 µm.

Projektionsoptische Schleifmaschinen von Amada, die kleinste Zustellbewegungen mit einer Schrittweite von lediglich 0,1 µm ausführen können.

Optical precision grinding machines from Amada are able to achieve the smallest travel movements with a step as little as 0.1 µm.

einzelnen Verfahren sowie die Fähigkeit, diese in Kombination einzusetzen, um so Geometrien darzustellen, die mit nur einer Technologie allein gar nicht erzeugt werden könnten.

Ergänzt wird diese Ausstattung durch Systeme für das Flachschleifen sowie für das Innen- und Außenrundscheifen. Angesichts der hohen Genauigkeitsanforderungen wurde auch das Umfeld der Anlagen sorgfältig an die Aufgabenstellung angepasst, wobei Temperaturstabilität eine herausragende Rolle spielt. Viele Anlagen stehen daher in klimatisierten Räumen, und auch das Schleiföl wird sorgfältig feingefiltert und temperiert.

Spezielle Halterungen

«Dieser Wechsel zwischen verschiedenen Bearbeitungssystemen erfordert wiederum sehr viel Erfahrung und Know-how im Bereich der Halterungen und Spannsysteme», setzt M. Flury hinzu. Die Herausforderung bestehe darin, Positions- ebenso wie Fluchtungsfehler sowohl beim Spannen der Werkstücke im Spannmittel selbst als auch bezüglich der Positionierung innerhalb des Bearbeitungssystems sicher im Griff zu haben. Eine Toleranz von beispielsweise $\pm 2 \mu\text{m}$ oder $\pm 2,5 \mu\text{m}$ innerhalb einer Aufspannung einzuhalten sei im Prinzip noch keine besondere Kunst; dies bei mehrfachem Systemwechsel zu schaffen sei dagegen alles andere als trivial.

Hinzu komme die Forderung, dass die Spannmittel äußerst schlank sein müssen, damit die im Vergleich zu den Werkstücken vergleichsweise sehr großen Schleifscheiben noch den erforderlichen Auslauf haben. Solche Halterungen gebe es – vor allem mit Blick auf die geforderten Genauigkeiten – so gut wie nirgendwo «von der Stange». Deshalb stelle man die benötigten Prismen, Spannzangen oder Schraubstöcke in den meisten Fällen selbst her.

Unterschiedlichste Werkstoffe

«Weitere Besonderheit ist die Bandbreite der Werkstoffe, die wir verarbeiten können», sagt A. Flury. Dies reiche von den «klassischen» Materialien – Stähle, Werkzeugstähle und Hartmetalle – bis zu eher exotischeren Materialien wie Keramiken, Aluminium, Titan oder Cobalt. Eine Klasse für sich bilden darüber hinaus Implantate für die Medizintechnik, da hier noch besondere Vorschriften bezüglich Biokompatibilität einzuhalten sind.

Zudem gleicht kein Material dem anderen, bei jedem muss man genau wissen, mit welchen Schleifmitteln und Körnungen man ihm zuleibe rücken sollte und welche Parameter einzuhalten sind, um im Spannungsfeld zwischen Präzision, Oberflächenqualität

und Produktivität das jeweils optimale Ergebnis zu erzielen. Hierbei zählt vor allem Erfahrung, denn Empfehlungen von Lieferanten bewegen sich aus verständlichen Gründen zumeist konservativ auf der «sicheren Seite», zudem gibt es immer neue Werkstoffpaarungen, die sich dann überraschend anders verhalten können als erwartet.

Kundennutzen im Vordergrund

«Angesichts der Komplexität der Aufgabenstellungen und der hohen Anforderungen hat bei uns die ausführliche Beratung der Kunden einen besonders hohen Stellenwert», erklärt M. Flury. Hierbei analysiere man auch den Einsatzzweck und gebe z.B. Hinweise bezüglich der optimalen Werkstoffwahl. Auch die gewünschte Geometrie werde sowohl bezüglich ihrer Machbarkeit als auch mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit kritisch in Augenschein genommen. Dies gelte beispielsweise auch für die Optimierung komplexer Schneidengeometrien von Schnittwerkzeugen z.B. für Automattendrehbänke, wo Feinheiten der Ausführung erhebliche Auswirkungen auf die Produktivität der Anlagen haben können.

Zusätzliche Beratungsleistungen erbringe man auch im Bereich Beschichtungen z.B. für Schneidwerkzeuge. Hier kooperiert man eng mit unmittelbar benachbarten Firmen von Weltruf. In diesem Zusammenhang besteht auch die Möglichkeit zu gemeinsamen Entwicklungen und Erprobungen. Letztlich, so M. Flury, sei aus seiner Sicht entscheidend, dass seinen Kunden aus der Zusammenarbeit ein langfristiger Nutzen erwachse. Dies sei die beste Gewähr für langfristig stabile Geschäftsbeziehungen.

Grinding to the limit of the doable

Precision grinding enables attaining of form true parts with a high quality surface finish which would be difficult to achieve with normal chip removal machining processes. This is possible thanks to the extremely fine grinding surface with remains sharp due to the continuous breaking away of grinding grains in contact with the material worked. This enables far finer cutting than with a pre-defined cutting/grinding process. The resulting surface is extremely even and smooth. Moreover, it is possible to achieve particularly short travel distances during the smoothing process as no minimum chip thickness needs to be taken care of. Today's craftsmen have at their disposal a system and technology combination with which they are able to produce extremely complex and small forms with a very high level of dimensional precision, shape accuracy and surface finish.

"Thanks to our many years of specialisation, we are today in a position to precision-grind extremely complex parts which very few are able to equal" stated Anton Flury, head of the company Flury Tools AG in Arch (Switzerland). This medium-size company has specialised in particularly demanding tasks whereby form complexity, part precision, the flexibility needed to meet customer requirements, as well as the range of processes and machine types employed are key factors. Ever since Anton Flury set his first machine for optical precision profile grinding into operation over 40 years ago, the company has continued to develop its skill set using almost all state-of-the-art precision grinding technology systems available today. In this case, less attention is paid to mass production than to tasks which cannot be achieved by simply "pushing a button and running a programme", even using the most modern machines, but requiring experience and know-how. For this the company accepts that serial batches are mainly composed of one-off parts or up to a dozen or so parts. An exception

to this is deep grinding operations where part numbers may be in the five or six digit range. On the other hand, it covers a highly specialised added-value niche market where there is no need to fear the competition using automated processes for mass production. On the contrary in fact, Flury Tools AG has a certain number of companies equipped with this technology amongst its customers. These get into contact with Flury for example when they need particularly precise facilities and gauges for their own products.

Complex forms

"After extensive preparation for the combination of several processes, we are now at a point where we are able to carry out high-precision grinding operations, even on exceptionally delicate or thin-wall parts with complex forms", added Matthias Flury who manages the company with his father in the second generation. As an example, we may cite a punching tool for the watch-making industry where a wall thickness of 0.2 to 0.4 mm is common, as well as convex and concave form parts. The accuracy requirements are $\pm 2.5 \mu\text{m}$. The component is made of hard metal, a material which is sensitive to excessive heat generation during the grinding process. The profile is composed of both convex and concave contours with numerous transitions. A particularly demanding point with these parts is the total length of the ground profiles which is around 20 mm. Another specific characteristic is the surface roughness Ra as low as 0.06-0.08 mm.

Combination of various processes

"Such tasks require the use of various types of grinding technologies, otherwise the forms required could not be achieved" noted A. Flury. In this case, the wide range of facilities available to the company offers a decisive advantage. The company is equipped with a state-of-the-art, CNC control, 4-axis machining centre from Amada for optical precision profile grinding with the smallest travel movements with a step as little as $0.1 \mu\text{m}$. These machines are specially designed for high precision machining and include a measurement system with a definition of 50 nanometres, as well as a tempering system for key components such as spindles, hydraulic oil and lamps. Its CNC control allows semi- or fully-automatic machining as well as the running of machining programmes which were created externally beforehand. These machines are used to produce high-precision punches, tools and profile elements made of hard metal, special alloys or ceramic to be used as test gauges for serial production runs for example. Another machine category includes Rollomatic machines for peel grinding whereby even extremely thin and at the same time long parts may be produced with high precision and surface quality. These machines function with two grinding disks offset at different angles to one another. One is used for rough machining and the other for smoothing. As in this case it is possible to run the grinding disks with horizontal synchronisation to the workpiece rotation, not only round contours, but also complex shapes such as flats, multiple facets, or out-of-round forms may also be machined. For other tasks such as the machining of surfaces or complex cutting forms on cutting inserts, a five-axis grinding centre from the company Haas is used. This machine produces any required shape or form on parts such as replaceable cutting inserts, standard cutting inserts or ejector pins with special design shapes. Another use of these machines is in the production of three-dimensional free formed surfaces for knee joint implants for example. One of the particularly strong points of the company Flury is its in-depth understanding of the possibilities and limits of each process and its ability to combine these processes in order to create shapes which could not be achieved using only one type of technology.

This equipment is completed by a system for surface grinding as well as internal and external circular grinding. Taking into account the high level of precision required, the machine peripheral

elements have also been carefully adapted as factors such as temperature stability play a major role. Many machines are for this reason installed in air conditioned rooms and even the machining oil is carefully filtered and brought up to the correct temperature.

Special holders

"This changeover between various machining systems also requires considerable experience and know-how in the field of holders and clamping systems" added M. Flury. The challenge is to guarantee total control of workpiece positioning and alignment errors in the clamping system itself, but also in relation to its positioning inside the machining system. For example, respect of a tolerance limit of $\pm 2 \mu\text{m}$ or $\pm 2.5 \mu\text{m}$ inside a clamping system is, in principle, not particularly difficult to attain; however, attaining this objective in a multiple system change is anything but trivial. In addition to this, a further requirement is that the means of clamping must be very narrow in order to ensure that the relatively large grinding disks, in comparison to the workpieces, still have the required space to manoeuvre. Such holders, in particular considering the precision requirements, are almost impossible to find "off-the-shelf". For this reason, we manufacture most of the prisms, clamping jaws or vices required ourselves.

A wide variety of materials

"Another particularity is the range of materials which may be machined" stated A. Flury. They range from "conventional" materials such as steel, tool steel and hard metals right up to exotic materials such as ceramics, aluminium, titanium or cobalt. Implants for medical purposes are in a class of their own as additional, strict biocompatibility regulations must be respected.

Furthermore, no material is exactly the same as the next and one must therefore fully understand which grinding material, with which grain size must be used in each case as well as which parameters are to be respected in order to obtain the best results with a careful balance between precision, surface quality and productivity. The main ingredient in this case is experience. Supplier's recommendations are, understandingly enough, usually quite conservative in order to be "on the safe side". Moreover, there are always new material combinations which surprisingly enough sometimes do not behave as would be expected.

Customer benefit as a priority

"Bearing in mind the complexity of the tasks at hand and the high level of requirements, customer advice is of primary importance for us" announced M. Flury. The company therefore analyses the task objectives and, if necessary, makes suggestions relative to selection of the most suitable materials. The shapes and forms required, as well as their machining feasibility are also closely examined from an economical point of view. This is the case for optimisation of complex cutting forms on cutting tools e.g. for automatic lathes when machining precision can have a considerable effect on machine productivity.

Additional consulting services are also provided in the field of coating e.g. for cutting tools. In this case we work in close cooperation with neighbouring, world-renowned companies. In association with this operation, there is also a possibility of joint development and trials. Finally, in the opinion of M. Flury, the key factor is that the customer obtains a long-term benefit from this cooperation. This is the best guarantee for a long-lasting, stable business relationship.

Klaus Vollrath

Flury Tools AG
Römerstrasse West 32
CH-3296 Arch
T. +41 (0)32 679 55 00
www.flurytools.ch