



## MECHANISCHE MIKROBEARBEITUNG

12 SPECIAL: Aerostatische Werkzeugspindeln und feinstgewuchtete Werkzeugaufnahmen verbessern die Präzision und Oberflächengüte

# 0115

[www.mikroproduktion.com](http://www.mikroproduktion.com)

# Mikroproduktion

### Verzögerungsfrei

**42** Steigerung der autonomen Produktionszeit

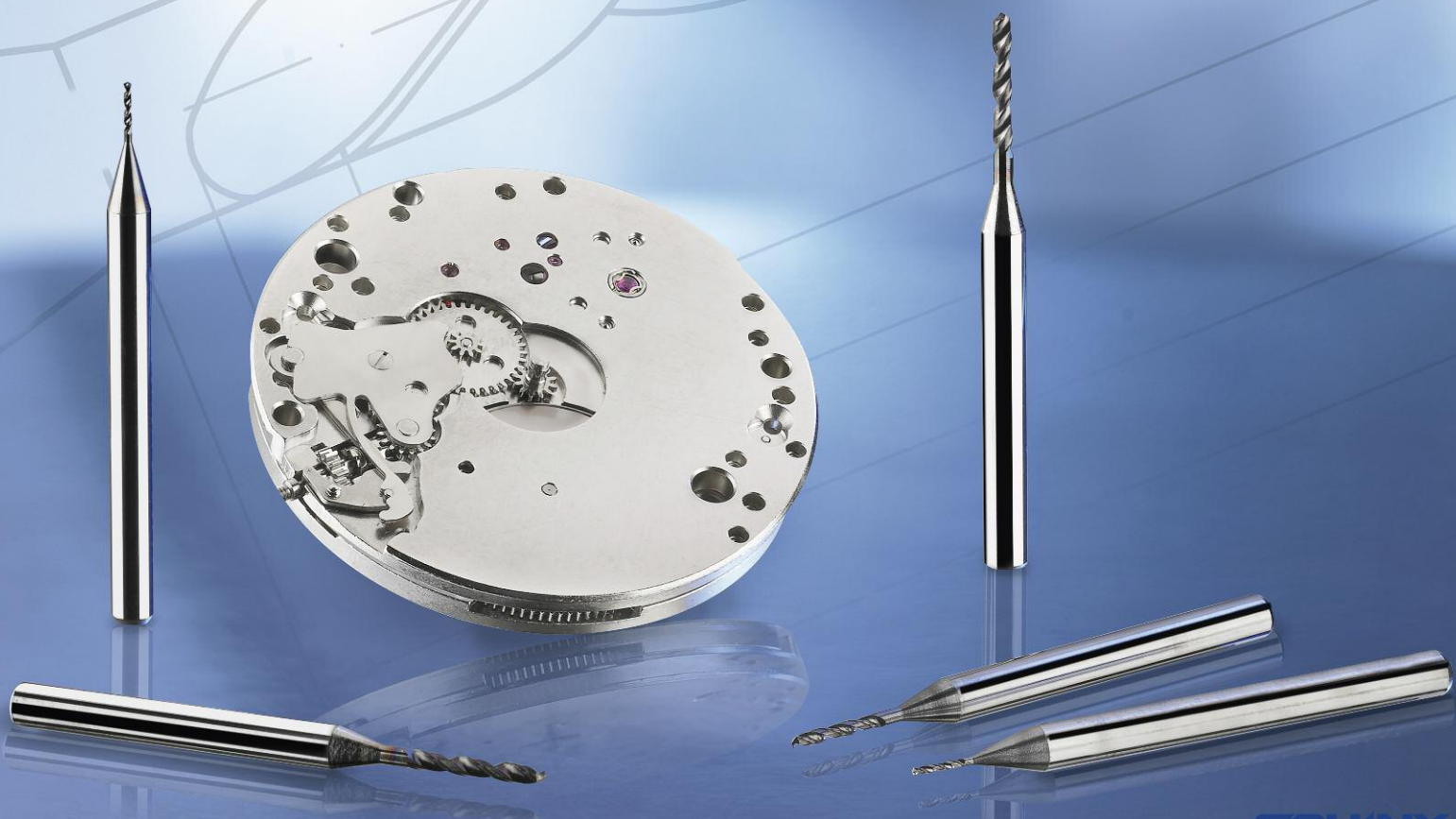
### Verschleißfrei

**46** UKP-Laser für die Bearbeitung von Keramikfilmen



### Fehlerfrei

**48** Positionierung eines Probenhalters mit Parallelkinematik



**SPHINX**  
Swissmade tools  
Your partner

# Komplexe Mikrobauteile ›von der Stange‹ bearbeiten

Die Komplettbearbeitung von Mikrobauteilen gelingt nur mit Bearbeitungszentren, die auch das Bauteilhandling sowie die Spann- und Inprozess-Messtechnik integrieren. Wesentlichen Anteil an der **PROZESSSICHERHEIT** haben zudem VHM-Mikrowerkzeuge, die mittlerweile in großer Vielfalt zur Verfügung stehen.



**Bild 1. Drehen, Fräsen, Bohren:** Mit ihren fünf bis acht CNC-Achsen realisieren Dreh-Fräszentren von Willemin-Macodel eine Komplettbearbeitung für Mikrobauteile

## KONRAD MÜCKE

**P**latinen, Ziffernblätter und Gehäuse für Taschen- und Armbanduhren, Instrumente für die minimalinvasive Chirurgie, medizinische Implantate für Knochen und Zähne, Gerätegehäuse, Trägerplatten und Lagerungen für Navigations- und Gyrossysteme in der Luftfahrt haben eines gemein: Ihre Abmessungen betragen meist nur wenige Millimeter oder gar nur einige Zehntelmillimeter. Diese Mikrobauteile müssen in kleinen und mittleren Serien äußerst präzise gefertigt

werden. Genauigkeiten von Mikrometern oder mitunter nur Nanometern sind Standard. Um wirtschaftlich und kundennah zu arbeiten, fertigen spezialisierte Produktionsbetriebe solche hochgenauen Mikrobauteile inzwischen weltweit an einer Vielzahl von Produktionsstandorten. Geeignete Maschinen, Bearbeitungs- und Dreh-Fräszentren konzipieren und realisieren allerdings überwiegend Hersteller in Europa und speziell in der Schweiz. Nur diese verfügen über das ausreichende Know-how sowie über mehrere Jahrzehnte gesammelte Erfahrungen, um die geforderte Qualität, die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit der Maschinen und des gesamten Produktionsablaufs gewährleisten zu können.

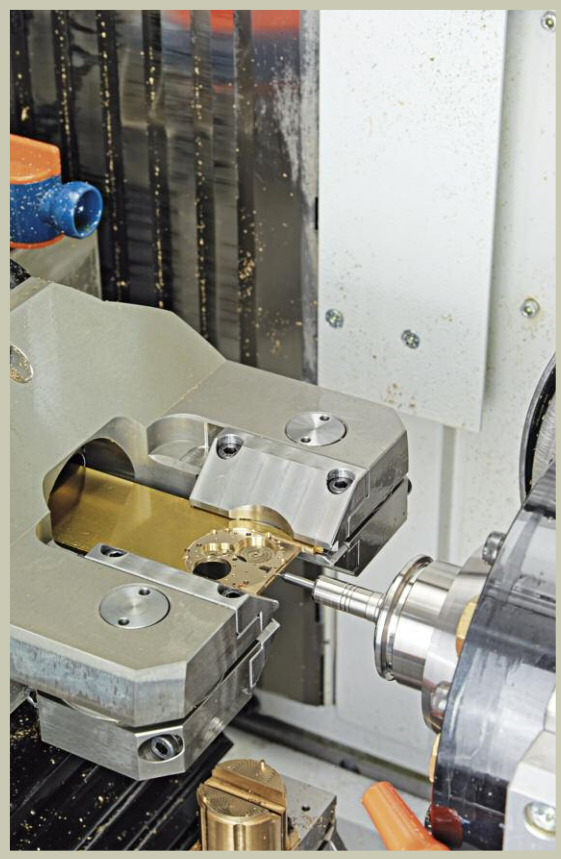
## Mikrobauteile in einem Ablauf komplett bearbeiten

Einer der Spezialisten für Bearbeitungszentren zur Mikrofertigung ist die Willemin-Macodel SA in Delémont. Der Standort am Rande des schweizerischen Jura ist kein Zufall: Hier befindet man sich im Zentrum der schweizerischen Uhren- und Feinmechanik-Industrie. Das vor 40 Jahren gegründete Unternehmen wird bis heute als innovativer, solider Familienbetrieb geführt. Am Standort Delémont stellen über 230 Fachkräfte für Entwicklung, Konstruktion und

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**Sphinx Werkzeuge AG**  
CH-4552 Derendingen  
Tel. +41 32671 2100  
Fax +41 32671 2111  
[www.sphinx-tools.ch](http://www.sphinx-tools.ch)

ANWENDER  
**Willemin-Macodel SA**  
CH-2800 Delémont  
Tel. +41 3242 70303  
Fax +41 3242 65530  
[www.willemin-macodel.com](http://www.willemin-macodel.com)



**Bild 2. Besonders wirtschaftlich bei kleinen und mittleren Serien: Die Dreh-Fräszentren fertigen beispielsweise Platinen für Uhren hochgenau komplett von der Stange**

schwenkbare Fräseinheit mit Motorspindel (bis  $60\,000\text{ min}^{-1}$ ) sowie einen horizontal verfahrbaren Schwenktisch mit drei oder vier Stationen. Auf Letzterem sind eine Gegenspindel, eine Reitstockspitze und ein oder zwei Spannstöcke angeordnet (**Bild 1**).

So können die Maschinen an kleinsten Werkstücken jegliche Geometrien bei Genauigkeiten von wenigen Mikrometern beziehungsweise sogar Nanometern drehen, bohren und fräsen. Selbstverständlich sind die Maschinen auch mit optischen und tastenden Messsystemen zum Messen und Prüfen von Werkzeugen und Werkstücken im Arbeitsraum, mit innerer Kühlmittelzufuhr unter hohem Druck sowie mit Werkzeugmagazinen mit 40 bis 90 Plätzen ausgerüstet. Zudem ergänzt eine umfassende Peripherie die Bearbeitungsmaschine.

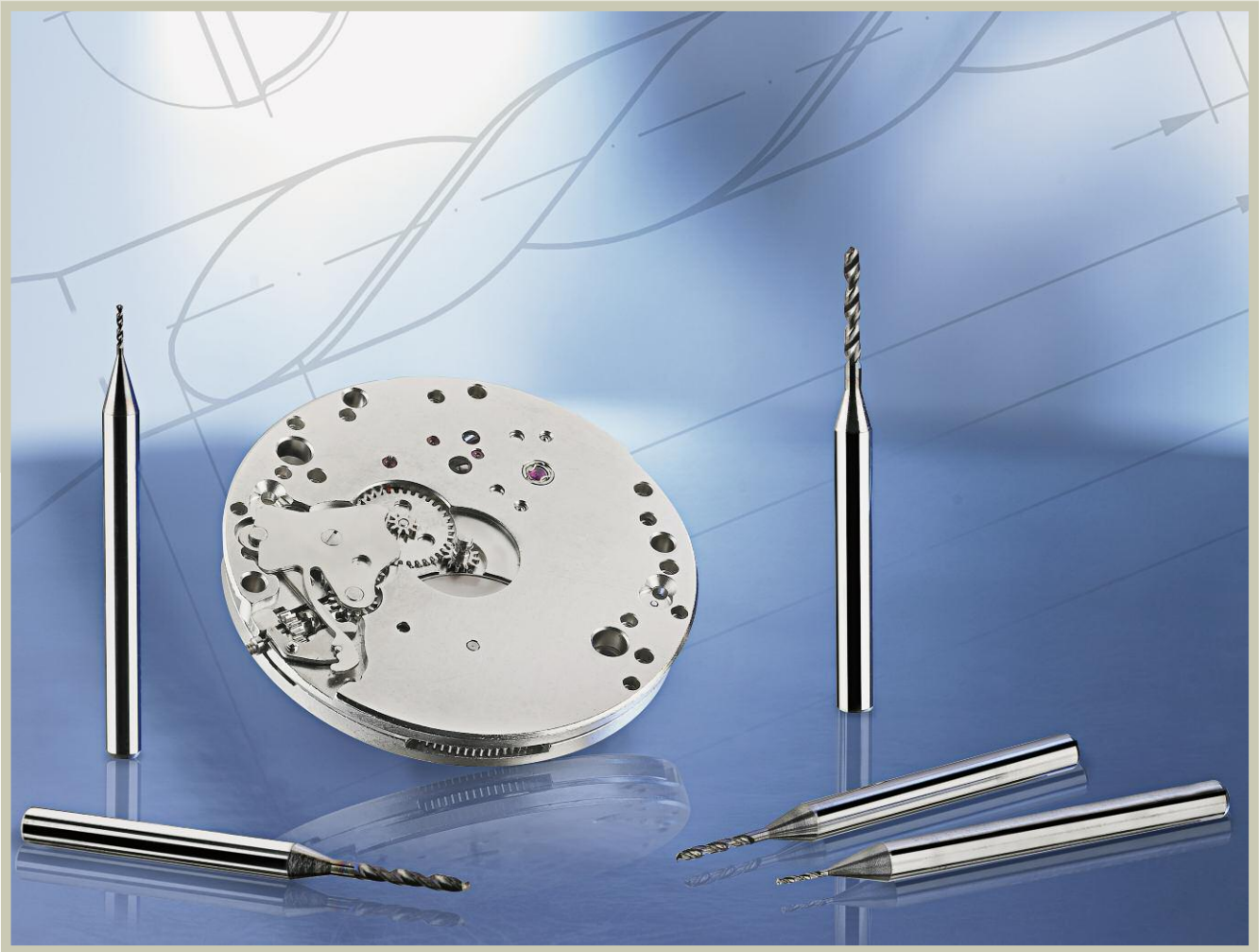
Dazu erläutert Denis Jeannerat, Direktor Technologie bei Willemin-Macodel: »Um wirtschaftlich und effizient zu arbeiten, erwarten Fertigungsbetriebe heute, dass die Mikrobauerteile in einem Ablauf montagefertig bearbeitet und bereitgestellt werden. Deshalb zielen unsere Maschinenkonzepte immer auf eine weitgehende Komplettbearbeitung. Wir statten unsere Maschinen so aus, dass sie von der Stange das benötigte Mikrobauerteil komplett produzieren (**Bild 2**). Das umfasst das entsprechende Handling mit Greifern und Spannsystemen im Bearbeitungsablauf, aber auch das Entnehmen und lagerrichtige, orientierte Ablegen auf Werkstückträgern mithilfe von Linearsystemen. Wir liefern also nicht nur eine Maschine, sondern stets den kompletten Fertigungsprozess.«

### **Ausgeklügelte Maschinenkonzepte**

Die große Vielfalt an Werkstücken erfordert äußerst geschickte Maschinenkonzepte. So basieren die Maschinen von Willemin-Macodel auf einer modularen Plattform in vier unterschiedlichen Baugrößen. Auch in der Produktion von Mikrobauerteilen fordern Kunden zunehmend, dass sie kleinere Losgrößen unterschiedlicher Werkstücke in raschem Wechsel wirtschaftlich nach Bedarf, also just in time, auf einer flexibel und wirtschaftlich umrüstbaren Maschine fertigen können. Nicht zuletzt müssen die einmal verwirklichten Fertigungsprozesse höchst zuverlässig und prozesssicher ablaufen. Denn die Maschinen werden in aller Welt

Montage jährlich etwa 400 hochwertige Präzisions-Bearbeitungszentren her.

Diese haben Arbeitsräume von  $200 \times 200 \times 250\text{ m}^3$  bis zu  $800 \times 500 \times 630\text{ m}^3$ . Sie sind als Bearbeitungszentren mit vertikaler Spindel sowie als Dreh-Fräszentren mit fünf (und mehr) CNC-Achsen ausgeführt. Neben der Drehspindel, je nach Maschinenausführung mit Spindeldurchlass zwischen 32 und 60 mm, verfügen die Dreh-Fräszentren über eine vertikale,



**Bild 3. Zwei- und dreischneidige Mikrobohrer von Sphinx Werkzeuge gewährleisten sichere Prozesse beim Bearbeiten von Mikrobauteilen auf hochproduktiven Dreh-Fräszentren**

installiert und genutzt, um Mikrobauteile für Uhren und Feinmechanik, für Medizinal- und Dentaltechnik sowie für Geräte in der Telekommunikation und der Luftfahrt möglichst nahe beim Weiterverarbeiter herzustellen.

Um die somit geforderten Kriterien – höchste Genauigkeit, Prozesssicherheit, Flexibilität und Verfügbarkeit – bei den realisierten Fertigungsprozessen zuverlässig einzuhalten, benötigt das Schweizer Unternehmen insbesondere auch hochwertige Bohr- und Fräswerkzeuge. Speziell bei Mikrowerkzeugen – das betrifft den Durchmesserbereich von einigen Hundertstel über Zehntel bis zu wenigen Millimetern – gibt es nach Ansicht von Jeannerat nur wenige wirklich kompetente Hersteller. Wie er bestätigt, haben sich die VHM-Mikrowerkzeuge von Sphinx Werkzeuge in Derendingen besonders gut bewährt **(Bild 3)**. »Mikrowerkzeuge von Sphinx aus unbeschichtetem und beschichtetem Vollhartmetall erfüllen höchste Ansprüche an Zuverlässigkeit und Genauigkeit. Das betrifft sowohl die Mikrobohrer und -fräser aus dem Standardprogramm als auch Sonderwerkzeuge, die entsprechend unseren Forderungen für den jeweiligen Fertigungsprozess individuell konzipiert und realisiert werden«, ergänzt Jeannerat **(Bild 4)**.

### Prozesssichere Mikrobohrer und -fräser

Eine besondere Herausforderung bilden die aktuell immer häufiger zu bearbeitenden exotischen Werkstoffe. Dazu zählen beispielsweise Titanlegierungen mit hoher Festigkeit, zähe und korrosionsfeste Stahllegierungen, aber auch Chrom-Cobalt-Legierungen für die Medizinal- und Dentaltechnik. Um diese Werkstoffe produktiv und prozesssicher zu bearbeiten, hat Sphinx Mikrowerkzeuge aus Feinstkorn-Hartmetallen mit ausgeklügelten Geometrien für Spitzen, Schneiden, Fasen und Spänenuten verwirklicht.

Beispielsweise beim Bohren auf unebenen Flächen zentrieren die Bohrer der Reihe ›Tricut‹ mit ihren drei Schneiden ohne spezielle Pilotbohrer exakt. Sie ermöglichen somit ein schnelles Bohren auch tiefer Bohrungen bei hoher Oberflächengüte in einem Arbeitsablauf. Speziell für Bohrungen bis  $30 \times D$  sind die Mikrohochleistungsbohrer ›Phoenix TC2‹ ausgelegt. Ihr Kopf ist mit einer harten, temperaturbeständigen Schicht aus ›AlCrTiN‹ beschichtet. Bei Durchmessern von 1,00 bis 8,00 mm, abgestuft um 0,1 mm, verfügen sie über innere Kühlmittelkanäle und eine extrem glatte Oberfläche. Für Bohrungen bis  $12 \times D$  stehen blanke beziehungsweise mit ›TiAlN‹ beschichtete Mikrobohrer der Reihen ›50621‹



**Bild 4. Für schwierige Bearbeitung bestens gerüstet: Mikrobohrer und -fräser aus unbeschichtetem und beschichtetem Vollhartmetall mit speziellen Geometrien an Spitzen, Schneiden und Fasen bearbeiten auch harte und zähe Werkstoffe produktiv und wirtschaftlich**

und ›50622‹, für Bohrungen bis  $6 \times D$  Mikrobohrer der Reihen ›51200‹ und ›51201‹ mit 0,03 bis 3,00 mm, abgestuft um 0,01 mm, ab Lager zur Verfügung. Sie haben allesamt eine Negativtoleranz von  $4 \mu\text{m}$ . Je nach Toleranzlage der zu erzeugenden Bohrung kann der Bohrer um ein oder zwei Hundertstelmmillimeter kleiner oder größer gewählt werden. Zum Gravieren kleinster trapezförmiger oder ausgerundeter Nuten insbesondere in der Uhrenindustrie sind die einzahnigen Gravierfräser der Reihe ›70xxx‹ mit 30 bis 90 Grad Spitzenwinkel und 0,02 bis 0,15 mm breiten Stirnflächen beziehungsweise 0,04 bis 0,1 mm kleinen Stirnradien ausgelegt.

Für die Gehäusebearbeitung, speziell auch zum helixförmigen Eintauchen und Ausräumen von Taschen, eignen sich die unbeschichteten und beschichteten Mikrofräser mit zwei und drei Zähnen sowie Nutzlängen bis  $8 \times D$ . Sie haben 30 beziehungsweise 35 Grad Drallwinkel und schneiden über die Mitte, können also auch zum Eintauchen genutzt werden. Es gibt sie ab 0,1 bis 3 mm Durchmesser in Stufen von 0,1 mm. Ergänzend zu



**Bild 5. Scharfer Zahn: Mikrofräser mit zwei oder drei Schneiden eignen sich vorteilhaft zum Bearbeiten von Komponenten für Zahnimplantate**

diesem umfassenden Programm an Standard-Mikrowerkzeugen fertigt Sphinx Vollhartmetall-Mikrobohrer und -fräser mit Sondergeometrien. Dazu gehören insbesondere zwei- und dreischneidige Stufenbohrer, die mehrere Bearbeitungsoperationen – zum Beispiel Anbohren, Aufbohren, zweite Stufe bohren und Anfasen – in einem Arbeitsablauf vereinen. Das erspart Werkzeugwechsel und erhöht somit die Produktivität der Bearbeitungszentren (**Bild 5**).

### **Partnerschaft für zuverlässige Mikrobearbeitung**

Wie Jeannerat berichtet, sorgt vor allem die geografische Nähe zum Werkzeughersteller in Derendingen und Porrentruy in Verbindung mit dem umfassenden Know-how der Werkzeugspezialisten für eine optimale Ausrüstung der Bearbeitungszentren von Willemin-Macodel. Er fährt fort: »In Zusammenarbeit mit den Technikern bei Sphinx optimieren wir die spanende Bearbeitung individuell für die Werkstücke und die Werkstoffe. Die Experten bei Sphinx unterstützen uns immer wieder mit ihren Empfehlungen zur Wahl der geeigneten Mikrowerkzeuge. Diese Partnerschaft sorgt dafür, dass wir effizient und in möglichst kurzer Zeit die erforderlichen Bearbeitungslösungen verwirklichen können.«

Besonders fokussiert der Direktor auch auf die Prozesssicherheit. »Bei Mikrowerkzeugen von Sphinx ist diese außerordentlich hoch. Zudem können wir uns auf die zugesicherten Qualitätsmerkmale absolut verlassen. Das ist für uns ein entscheidendes Kriterium bei der Wahl unseres Lieferanten. Denn einmal festgelegte und optimierte Fertigungsprozesse müssen an beliebigen Produktionsstandorten weltweit absolut zuverlässig arbeiten. Nur so können wir international wettbewerbsfähig agieren«, fügt er an. ■

MI110343

### **AUTOR**

KONRAD MÜCKE ist freier Fachjournalist für Maschinenbau in Schluchsee; [info@machpr.de](mailto:info@machpr.de)