



**Bild 1.** UP-Schleifmaschine zum 5-Achs-UP-Schleifen von Glaskeramiken (Zero-dur) während des Aufbaus, hier ohne Kabine

in Aktion erleben



#### AUTOR

Dr.-Ing. KURT HASKIC ist zuständig für Forschung und Entwicklung bei LT Ultra; [kurt.haskic@lt-ultra.com](mailto:kurt.haskic@lt-ultra.com)

Die Anforderungen an Gläser und Keramiken wachsen stetig. Es müssen größere Werkstücke bei geringeren Formfehlern produziert werden – und das aus anspruchsvollen Materialien sowie in kürzeren Durchlaufzeiten. Gängige, etablierte Schleif- und Polieranlagen stoßen hierbei oft an ihre Grenzen. Mit Ultrapräzisions-(UP-)Maschinen bietet sich für diese Probleme eine Lösung.

Bei LT Ultra ist neben der Fertigung von UP-Maschinen für Fräs- und Drehprozesse auch das Zerspanen mit geometrisch unbestimmter Schneide stets ein Thema gewesen. Schon seit fast 30 Jahren kommen kleinere UP-Polieranlagen von LT Ultra in Nischenanwendungen zum Einsatz. In den letzten Jahren ist der Bedarf jedoch gestiegen, sodass größere Anlagen, auf die im Folgenden eingegangen wird, häufiger ausgeliefert wurden.

#### UP-Schleif- und Poliermaschinen im Profil

Die Anlagen verfügen primär über aerostatisch oder hydrostatisch gelagerte Achsen, die gegenüber konventionell gelagerten Achsen keinerlei mechanischen Verschleiß aufweisen und auch nicht regelmäßig überarbeitet oder gewartet werden müssen, um die Performance über Jahrzehnte aufrechtzuerhalten. In Kombination mit Glasmaßstäben und eisenlosen Direktantrieben lässt sich eine Positionierung ohne feststellbares Umkehrspiel realisieren. Mit einer Auflösung im pm-Bereich und einer performanten

Bilder: LT-Ultra

Mit Ultrapräzisionstechnik besser schleifen und polieren

## Perfektion bis ins Finish

**Für die Bearbeitung von Hightech-Gläsern und -Keramiken sind höchste Präzision und reproduzierbare Ergebnisse entscheidend. Ultrapräzisionsmaschinen mit hydro- und aerostatischen Führungen, eisenlosen Direktantrieben und Granit als Basis ermöglichen Formgenauigkeiten von wenigen Nanometern. Damit lassen sich Schleif-, Polier- und Läppprozesse prozesssicher und effizient realisieren.**

**Bild 2.** Gesamtanlage ›MGC 2300H‹ mit Kabine und insgesamt zwei Zugangsbereichen für jeweils eine Bearbeitungsstation zum Schleifen und Läppen



SPS für schnelle Zykluszeiten – bei fast nicht messbarer Totzeit – werden Genauigkeiten von weniger als 100 nm pro 100 mm erreicht.

### Subsurface Damage wird reduziert

Granit als Maschinenbasis ist ein weiterer Erfolgsfaktor, der seit mehr als 30 Jahren Anwendung findet (Bild 1). Die thermischen und mechanischen Eigenschaften ermöglichen zusammen mit den Achsen auch ein sehr geringes ›Rauschen‹. Im UP-Drehen mit geometrisch bestimmter Schneide aus monokristallinem Diamant (MKD) sind Rauheitswerte von  $S_a \approx 1$  nm möglich. Beim Schleifen ist dies ebenfalls ein Vorteil, da dieser Aufbau den entstehenden Subsurface Damage (SSD) respektive Tiefenschädigung der Werkstücke erheblich reduziert. Dies wurde auch kundenseitig bereits bestätigt. Außerdem verringert sich somit die Anzahl der folgenden Polierschritte erheblich und erhöht zudem die Prozessstabilität.

Nach dem UP-Schleifen oder konventionellen Schleifen werden im Anschluss mit UP-Polieranlagen die erforderlichen Rauheitswerte erreicht, SSD entfernt und falls nötig noch kurzweilige Formfehler korrigiert. Mit Politurkorrekturmaschinen im UP-Aufbau lassen sich auch lange Werkstücke auf Formfehler von wenigen Nanometern polieren (Bild 3). Hierbei sind Zwischenmessungen mit Interferometern erforderlich, um die Korrekturwerte vorzuhalten. Durch die hohe Ablaufgüte von hydro- und aerostatisch geführten Achsen und deren hohe Systematik lässt sich die Anzahl der Korrekturschritte reduzieren.

Die maßgeblichen Ergänzungen im Vergleich zu etablierten UP-Maschinen für das Fräsen und Drehen sind hierbei die Fluidtechnik, die Anpassung an den anderen Prozessparameterbereich und das teilweise große Bauteilabmaß. In der UP-Technik

werden typischerweise Minimalmengensprühsysteme verwendet. Allerdings sind diese Systeme nicht für das Schleifen und Polieren geeignet, da ein wesentlich höherer

Volumenstrom erforderlich ist. Deshalb müssen zusätzliche Wannen, Ablaufsysteme und Kreisläufe integriert werden, die ein prozesssicheres Arbeiten ermöglichen. Vor allem der

## MIKROTECHNISCHE LÖSUNGEN NACH MASS

Seit 1887, Akribie und Präzision bringen aussergewöhnliche Ergebnisse.



ISO 13485:2016

Piguet Frères SA  
Le Rocher 8  
1348 Le Brassus  
Schweiz

Tel. +41 (0)21 845 10 00  
Fax +41 (0)21 845 10 09

**P I G U E T**  
F R E R E S

info@piguet-freres.ch  
www.piguet-freres.ch



**Bild 3.** 5-Achs-UP-Poliermaschine ›GPM 2500‹ für das Subapertur-Korrektur-Polieren von großen Werkstücken mit einer Länge von mehr als 2000 mm

Bilder: HT-Ultra

Schutz der Führungen ist entscheidend, da es ansonsten zu ungewollten Reaktionen zwischen Hydrauliköl und Kühlschmiermittel (KSS) kommen kann, beispielsweise mikrobielles Wachstum. Die erforderlichen Anpassungen dürfen sich jedoch nicht negativ auf das Positionierverhalten auswirken.

Um auch größere Abtragsraten zu realisieren, wurden die Traglasten und Steifigkeiten erhöht, um die gesteigerten Prozesskräfte aufnehmen zu können. Auf diese Weise eignen sich die Anlagen nicht nur für die Finish-Bearbeitung, sondern auch noch für vorgelagerte Prozessschritte.

### Bearbeitung mit luftgelagerten Spindeln

UP-Technik wird bis jetzt vor allem bei technischen Gläsern wie BK7, Fused Silica, ›Zerodur‹ oder auch SiSiC verwendet, um nur einige zu nennen. Je nach Material und Geometrie kommen verschiedene Werkzeuge zur Anwendung. Typischerweise werden luftgelagerte Spindeln mit Rundlauf Fehlern von weniger als 50 nm eingesetzt, auf die dann Schleifwerkzeuge, Läppscheiben oder auch mit Luftdruck vorgespannte Bonets eingewechselt werden. Alternativ lassen sich auch verschiedene Polierköpfe verwenden, die eine höhere punktuelle Relativgeschwindigkeit erlauben. Zu nennen sind hier zum einen LT Ultra's Exzenter-Polierkopf mit definierbar kraftvorgespanntem Polierwerkzeug mit zusätz-

licher Exzenterbewegung, geeignet für flache Bauteile. Zum anderen der 3D-Polierkopf, der ebenfalls pneumatisch eine definierbare Kraft erzeugt, wobei sich das Polierrad nicht nur um seine eigene Achse dreht (in der XY-Ebene), sondern auch noch um Z rotiert (**Bild 4**). Die beiden Achsen schneiden sich orthogonal, und die Drehzahlen sind separat einstellbar. Diese Kinematik erlaubt auch das Polieren anspruchsvollerer Flächen.

Auch bei Läppköpfen aus dem Hause LT Ultra findet die Kraftaufprägung pneumatisch statt und kann auf wenige Newton genau eingestellt werden. Entgegen der klassischen Kräfteinkopplung über ein Gelenk wird bei diesem Aufbau das Werkstück nicht nur in der Ebene, sondern auch in den Winkeln zwangsgeführt. Somit ergibt sich ein stark systematischer Prozess, der für einen hohen Automatisierungsgrad geeignet ist und eine sehr gute Planparallelität ermöglicht.

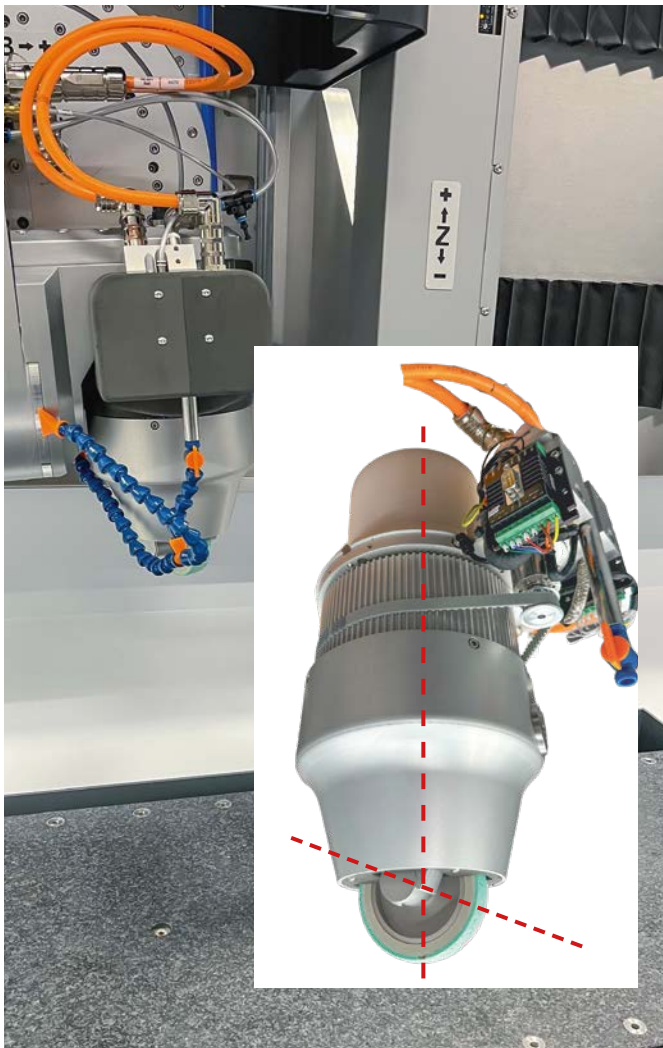
### Bis auf wenige Nanometer genau

Die GPM 2500 wurde bereits mehrfach gebaut und dient zum Subapertur-Korrektur-Polieren von langen, planen oder zylindrischen Optiken (**Bild 3**). Die lange Achse verfügt über einen Verfahrensweg von 2500 mm und wurde mit zusätzlichen Linear-motoren verstärkt, um höhere Beschleunigungen fahren zu können, da die feinste Regulierung des Abtrags

über die jeweilige Position verweilzeitgesteuert erfolgt. Die Anlage fährt je Bauteil stets die gleiche Kontur ab. Je nach Messung respektive Zwischenmessung wird für jeden Punkt beziehungsweise Bereich die Geschwindigkeit angepasst, um gezielt den Abtrag einzustellen. Kunden berichteten hierbei von erreichbaren Formgenauigkeiten von nur wenigen Nanometern über die gesamte Bauteilfläche. Typischerweise wird diese Anlage mit unserem bereits erwähnten 3D-Polierkopf ausgeliefert (**Bild 4**). Der Polierkopf kann jedoch ohne Weiteres über das integrierte Nullpunktspannsystem ausgewechselt werden, um beispielsweise zusätzliche Messmittel oder andere Werkzeuge einzuwechseln. Außerdem lässt sich der Polierkopf in zwei weiteren Freiheitsgraden kippen, sodass sich eine 3+2-Achs-Bearbeitung (XYZ+AB) ergibt.

In **Bild 1** ist LT Ultra's größte Schleifmaschine zu sehen, ebenfalls mit einer 5-Achs-Kinematik für größere Werkstücke aus Zerodur oder einem vergleichbaren Werkstoff. Die Hauptanwendung ist hier vor allem das Feinstschleifen der Flächen bei höchsten Genauigkeiten, um je nach Endanwendung gegebenenfalls sogar auf Folgeprozesse verzichten zu können. Die hier schräggestellte, luftgelagerte Spindel resultiert aus der Verwendung von schräggestellten Schleifwerkzeugen (**Bilder 1 und 2**).

Um auch im Mehrschichtbetrieb Bauteile mit höchsten Formanforderungen zu erzeugen, ist eine Maschinenraumtemperierung optional verfügbar, die eine Langzeit-Temperaturkonstanz von bis zu  $\pm 0,020$  K (20 mK) am Bearbeitungsort ermöglicht. Zusätzlich ist eine vollständig integrierte Abrichteinheit der Schleifwerkzeuge erhältlich. In Kombination mit dem Feinwuchten der Werkzeuge



**Bild 4.** UP-Maschine ›GMP 2500‹ mit 3D-Polierkopf, teilweise ohne Gehäuse abgebildet und mit eingezeichneten Rotationsachsen

in der Maschine, bis hin zu einer Restunwucht von wenigen Mikrogramm, ergibt sich mit der luftgelagerten Spindel eine ansonsten unerreichbare Laufruhe des Werkzeugs. Gängige Prozesstechnik wie taktile 3D-Inlinevermessung der Werkstücke oder Körperschallmessung (acoustic emission) sind ebenfalls verfügbar und vereinfachen die Automatisierung. Auf der anderen Seite des Portals lässt sich eine weitere Z-Achse montieren, auf der Messmittel, Polierköpfe oder auch Läppköpfe integriert werden können.

Mit der hier vorgestellten UP-Technik bietet LT Ultra für viele Schleif- und Polieranwendungen eine Lösung. Dabei erhalten die Kunden nicht nur UP-Maschinen und -Messanlagen, sondern können auch auf einen Erfahrungsschatz von über 30 Jahren zurückgreifen. Zusätzlich bietet LT Ultra auch Messtechnik wie unter anderem Fizeau-Interferometer und eine Lohnfertigung von UP- und mikrobearbeiteten Teilen an. ■

› HERSTELLER

**LT Ultra-Precision Technology GmbH**  
 D-88634 Herdwangen-Schönach  
[www.lt-ultra.com](http://www.lt-ultra.com)

**SARIX**  
 3D MICRO EDM MACHINING  
 SARIX.COM

**EXCITING AFFORDABLE  
 NEW SX30- $\mu$ m MACHINE!**



**BOOST YOUR PRODUCTIVITY  
 WITH THE ULTIMATE HIGH SPEED  
 MICRO EDM DRILLING TECHNOLOGY**

