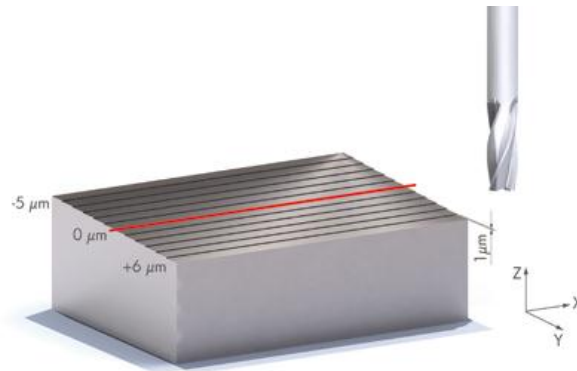


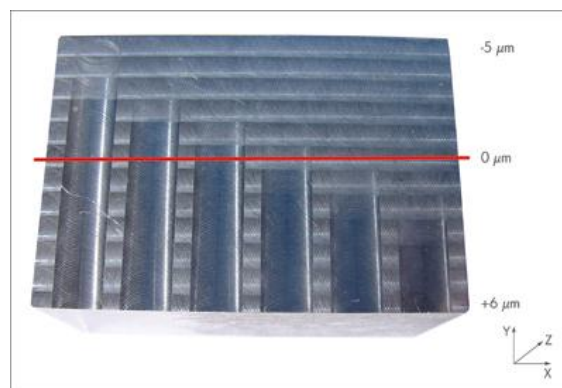
Im Grenzbereich

Die Miniaturisierung der Werkzeug- und Schneidengrößen, zunehmende Bearbeitungsdrehzahlen und berührungssensitive Beschichtungen stellen eine ständig wachsende Herausforderung für die Werkzeugeinstellung dar. Auf Maschinen im Bereich der Mikrobearbeitung werden aus diesem Grund fast ausschließlich berührungslose Lasermesssysteme eingesetzt, denn nur mit ihnen können alle Einflussgrößen erfasst und gegebenenfalls kompensiert werden. Wichtig bei der Auswahl des richtigen Systems ist, dass es auch innerhalb der rauen Bedingungen eines Bearbeitungszentrums eine möglichst hohe Absolutgenauigkeit vorweisen kann.



Vorbereitend wird entlang der X-Achse Bahn für Bahn ein Treppensprofil gefräst. Der Höhenunterschied pro Stufe beträgt jeweils 1 µm.

Die Genauigkeit eines Lasermesssystems wird einerseits durch die reine Schichtpunkt-Wiederholgenauigkeit beschrieben, andererseits durch seine absolute Messgenauigkeit. Für den Anwender ist hierbei vor allem die Letztere von Bedeutung, da sie angibt, wie präzise die Messergebnisse sind, wenn Werkzeuge mit extrem variierenden Charakteristiken vermessen werden. Der Grund hierfür liegt im Funktionsprinzip der Systeme: Vereinfacht dargestellt ist ein Lasermesssystem eine hochpräzise Lichtschranke. Unterbricht das rotierende Werkzeug den Strahl, wird bei einem bestimmten prozentualen Abschattungsgrad ein Schaltsignal erzeugt und an die Steuerung zur Erfassung der Achspositionen übermittelt. Eine in der Maschinensteuerung integrierte Standardsoftware verwendet den Messwert und einen Referenzwert für die Berechnung von Werkzeuglänge und -radius und trägt sie automatisch in den Werkzeugspeicher ein.



Mit den Querfräsungen von +Y in Richtung -Y wird die Positioniergenauigkeit der Maschine überprüft. Bei High-End Maschinen hat das Werkzeug den ersten qualifizierten Oberflächenkontakt exakt an den vom Bediener festgelegten µm-Stufen.

Absolutgenauigkeit ist ausschlaggebend

Werden Werkzeuge mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften vermessen (z.B. Durchmesser, Form, Schneidenradius, etc.) entstehen aufgrund des unterschiedlichen Abschattungsverhaltens vor allem bei einfach ausgestatteten Systemen Ungenauigkeiten. Bei der Vermessung kleinerer Werkzeuge wirkt sich in erster Linie der Einfluss der Schneidengeometrie auf das Messergebnis aus. Schließlich tauchen unterschiedliche

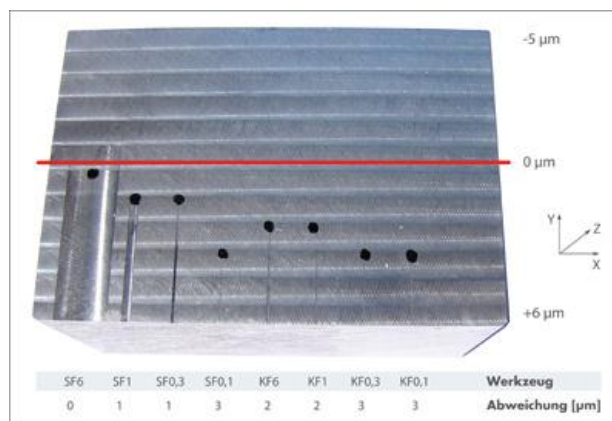
Schneidengeometrien ungleich tief in den Strahl ein, bis die entsprechende prozentuale Abschattung erreicht wird. Dadurch ergibt sich für jede Schneide ein systematischer Abschattungsfehler, der umso kleiner ist, je größer das Verhältnis von Strahldurchmesser zu Schneidenradius ist. Der Relation folgend haben große Strahldurchmesser einen entsprechend großen Abschattungsfehler. Für den Bearbeitungsprozess bedeutet dies, dass beim Einsatz sehr unterschiedlicher Werkzeuge Maßabweichungen am Werkstück entstehen, da beispielsweise kleine Werkzeuge im Vergleich zu großen Werkzeugen zu lang gemessen werden.



Die Absolutgenauigkeit ist das für den Anwender entscheidende Merkmal. Blum's LaserControl Nano NT erreicht bei Werkzeugen mit ähnlichen Charakteristiken eine Präzision von $\pm 0,5 \mu\text{m}$.

Fokussierter Laserstrahl

Um dem entgegenzuwirken, arbeiten beispielsweise Lasermesssysteme von Blum-Novotest mit Präzisionsoptiken zur Fokussierung des Laserstrahls und extrem hochwertiger Laserdioden. So kann ein sehr dünner und in seiner Lichtintensität äußerst homogener Strahl erzeugt werden, wodurch eine bestmögliche Präzision garantiert wird. Außerdem verfügen diese Systeme über die bewährte und patentierte NT-Technologie, wobei u.a. ein Mikroprozessor das Schaltsignal erst erzeugt wenn die längste Schneide den Strahl verlassen hat. Für Spezialanwendungen werden die Geräte mit High-End-Komponenten ausgestattet.



Die gemessenen Längenwerte dienen jeweils als Basis für die Querfräsung auf die Nulllinie. Im Versuch wurde für das Standardsystem LaserControl Nano NT bei Einsatz von sehr unterschiedlichen Werkzeugen eine max. Abweichung von $\pm 1,5 \mu\text{m}$ ermittelt.

Prozesssichere Fertigung

Was jedoch letztendlich bei der Zerspanung im Grenzbereich zählt, ist die erreichte Präzision am Werkstück. Hier gibt es viele Einflussgrößen, die eine Rolle spielen. Schwankungen der Maschinen- und Umgebungstemperatur, Werkzeugverschleiß und die drehzahlbedingte Längenänderung der Maschinenspindel wirken sich im Hundertstel Millimeterbereich auf das Bearbeitungsergebnis aus. All diese Faktoren sind mit

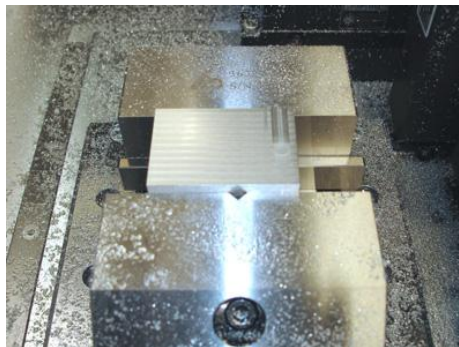
Lasermesssystemen, wie LaserControl NT von Blum-Novotest, durch die Vermessung bei Betriebsdrehzahl bzw. durch regelmäßige Kalibrierung einfach in den Griff zu bekommen. Wenn die Bearbeitungsmaschine aber nicht die entsprechende Positioniergenauigkeit vorweisen kann, stößt auch das präziseste Lasermesssystem an seine Grenzen. Blum bietet daher eigens entwickelte Verfahren und Lösungen. Diese ermöglichen eine Überprüfung der tatsächlichen Maschinengenauigkeit am Werkstück und liefern einen Nachweis über die hohe Absolutgenauigkeit der Lasermesssysteme.

Überprüfung der Maschinengenauigkeit

Um die Positioniergenauigkeit einer Maschine zu überprüfen, wird wie in Bild 1 dargestellt an einem Werkstück ein horizontales (entlang der X-Achse), in Richtung -Y abfallendes Treppenprofil, gefräst. Der Höhenunterschied von Stufe zu Stufe (in der Z-Achse) beträgt 1 µm. Die eigentliche Überprüfung der Positioniergenauigkeit erfolgt durch Querfräsungen an den µm-Treppenstufen aus Richtung Y+ in Richtung Y-. Die Zustellung pro Schnitt beträgt jeweils 1 µm. Bei sehr hochwertigen Maschinen ist der erste qualifizierte Oberflächenkontakt des Werkzeugs exakt an der erwarteten µm-Stufe zu erkennen – natürlich nur unter dem Mikroskop. Wie in Bild 2 dargestellt entsteht bei einer exzellenten Maschine ein gleichmäßiges, diagonal versetztes Schnittprofil. Der Anwender erhält so eine µm-genaue Aussage über die Qualität der Positioniergenauigkeit der Maschine.

Ermittlung der Absolutgenauigkeit

Mit einem abgewandelten Versuch kann nun auch die Absolutgenauigkeit des Lasermesssystems nachgewiesen werden. Grundvoraussetzung hierfür ist die vorangegangene Überprüfung der Maschinengenauigkeit. Bei diesem Test werden mehrere Werkzeuge mit sehr unterschiedlichen Charakteristiken (z.B. Werkzeugdurchmesser/-form) direkt vor dem Zerspanungsprozess berührungslos mit dem Lasersystem vermessen. Nach erfolgter Messung wird auf ein definiertes Z-Maß in der Mitte der Treppenstruktur gefräst (von Y+ in Richtung Y-). Abschließend wird wiederum unter dem Mikroskop für jedes Werkzeug ermittelt, an welcher µm-Treppenstufe der erste qualifizierte Span erzeugt wurde. Die ermittelte Position des jeweils ersten Spans gibt µm-genau Antwort darauf, wie präzise ein Werkzeug vermessen wurde. Im Falle einer positiven Abweichung wurde das Werkzeug zu lang gemessen und umgekehrt. Die linke Spur zeigt dabei die Bestätigung der Null-Linie des Werkzeugs, das die Treppenstruktur gefräst hat.



Die Versuche wurden auf einem High-End-Bearbeitungszentrum unter kontrollierten Arbeitsbedingungen durchgeführt.

Absolutgenauigkeit bei ±0,5 µm

Innerhalb des Versuchs wurden jeweils vier Schaftfräser und vier Kugelfräser mit einem Durchmesser von 0,1/0,3 / 1,0 und 6 mm vermessen. Die erreichten Messergebnisse sind beeindruckend. Wird wie in Bild 3 dargestellt, ein Blum Standardsystem »LaserControl Nano NT« eingesetzt, liegt die Streuung der Messwerte (Bild 4) bei gerade einmal ± 1,5 µm. Ist jedoch bei der Auswahl des Lasersystems bereits bekannt, dass ausschließlich Werkzeuge mit ähnlichen Charakteristiken auf der Maschine verwendet werden (s.a. Bild 4: Werkzeuge SF 0,1; KF6; KF1; KF0,3; KF0,1), ergibt sich eine Absolutgenauigkeit im Bereich von ± 0,5 µm.

Werkzeuge ab 5 µm messbar

Der minimal messbare Werkzeugdurchmesser ist prinzipiell abhängig von den Bedingungen, in denen die Geräte eingesetzt werden. Blum-Systeme zum Beispiel, sind standardmäßig so ausgelegt, dass eine

prozesssichere und präzise Messung auch unter extremen Verhältnissen und in verschiedensten Maschinentypen immer gewährleistet ist. In Maschinen der Mikrobearbeitung herrschen jedoch grundlegend andere Verhältnisse als dies in Standardmaschinen der Fall ist. Daher gibt es für diese Messaufgaben und Umgebungen auch speziell angepasste Geräte. Sollen in Spezialanwendungen extrem kleine Werkzeuge gemessen werden, konfiguriert der Hersteller die Systeme vor der Auslieferung entsprechend der Kundenanforderung. Mit diesen kundenspezifischen Geräten ist es möglich, Werkzeuge ab einem Durchmesser von 5 µm präzise zu messen.

Letztlich ist es immer ein Zusammenspiel zwischen Bearbeitungszentrum und Messsystem. Sollen Werkstücke höchster Präzision hergestellt werden, benötigt man einerseits eine sehr gute Maschine, und andererseits eine hochgenaue Möglichkeit, die Werkzeuge in der realen Spannsituation und unter Arbeitsdrehzahl zu vermessen. Falls Genauigkeiten im Mikrometerbereich erreicht werden sollen, führt kein Weg an einem Lasermesssystem von Blum vorbei.

Kontaktdaten Blum-Novotest:

Telefon: +49 (0)751/6008-0
Fax: +49 (0)751/6008-156
Email: vk@blum-novotest.com
Internet: www.blum-novotest.com

Kasten 1: Rück- und Ausblick

Als Günther Blum 1987 das weltweit erste Lasermesssystem für Bearbeitungszentren vorstellte, konnte er noch nicht ahnen, welche Möglichkeiten es dem Anwender einmal bieten würde. Gedacht als reine Werkzeugbruchkontrolle, wird es jetzt zur berührungslosen Werkzeugeinstellung in Länge und Radius, Einzelschneidenkontrolle, Prüfung auf Einspann- und Rundlauffehler sowie zur Form- und Verschleißüberwachung im µm-Bereich eingesetzt. Aufgrund des sehr breiten Anwendungsfeldes sind die Systeme mittlerweile auf den Bearbeitungszentren sämtlicher Industriebereiche zu Hause, von der Kleinstserienfertigung in edlen Uhrenmanufakturen bis hin zur Massenproduktion in der Automobilindustrie. Da zerspanende Unternehmen zunehmend auf Maschinen setzen, die mehrere Fertigungsverfahren vereinen, hat Blum kürzlich auch ein kombiniertes Lasermesssystem »LaserControl NT-H 3D« vorgestellt. Rotierende Werkzeuge werden dabei berührungslos per Laser vermessen, stehende Werkzeuge (wie z.B. ein Ausdrehwerkzeug) berührend per Messtaster. Durch die konstruktive Verschmelzung von Taster und Laser stehen dem Anwender die Vorteile beider Messtechniken zur Verfügung.

Kasten 2: Blum-Novotest GmbH

Die 1968 gegründete Blum-Novotest GmbH mit Sitz in Ravensburg gehört zu den weltweit führenden Herstellern von qualitativ hochwertiger Mess- und Prüftechnologie für die internationale Werkzeugmaschinen-, Luftfahrt- und Automobilindustrie. Das Familienunternehmen beschäftigt heute über 250 Mitarbeiter an Standorten in Deutschland, Großbritannien, Italien, Frankreich, Tschechien, USA, China, Japan, Taiwan, Singapur und Korea. Zusammen mit eigens geschulten Händlern (auf Grund ihrer technischen Kompetenz auch Systemintegratoren genannt) und regionalen Vertriebsbüros garantiert dieses Vertriebs- und Servicenetzwerk die flächendeckende Betreuung von vielen Tausenden, sich weltweit im Einsatz befindlichen Blum-Systemen.