

In kürzester Zeit zum fertigen Zahnrad

## Flexible Zahnradfertigung mit hochpräzisen 5-Achs-Bearbeitungszentren



Auf 5-Achs-Fräsbearbeitungszentren von Röders entstehen innerhalb kürzester Zeit hochwertige Zahnräder direkt aus gehärteten Rohlingen (Foto: Klaus Vollrath)

Die Herstellung von Zahnrädern für den Einsatz im Maschinenbau erfolgt zumeist mithilfe von speziell hierfür ausgelegten Maschinen. Wichtige Verfahren sind u. a. Wälzfräsen, Wälzstoßen, Wälzhobeln, Profilfräsen oder Profilräumen. Meist sind



Zufriedene Gesichter: Projektleiter Carsten Wendt, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Jürgen Röders und Vertriebsleiter Dr. Oliver Gossel (v.l.n.r.) (Foto: Klaus Vollrath)

spezialisierte Werkzeuge mit exakt an das Werkstück angepasster Geometrie erforderlich. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Härte der Zahnoberflächen erfolgt die Herstellung oft dreistufig:

**Weichbearbeitung, Härten und Endbearbeitung. Neue Entwicklungen im Bereich**

Hartzerspanung ermöglichen inzwischen die schnelle, einstufige Herstellung mithilfe universell nutzbarer 5-Achs-Bearbeitungszentren.

„Bei der Herstellung von Zahnrädern für den industriellen Einsatz, z. B. im Maschinenbau, kommt es oft auf Schnelligkeit und Flexibilität an“, erläutert Dipl.-Ing. Jürgen Röders, Geschäftsführer der Röders GmbH in Soltau.

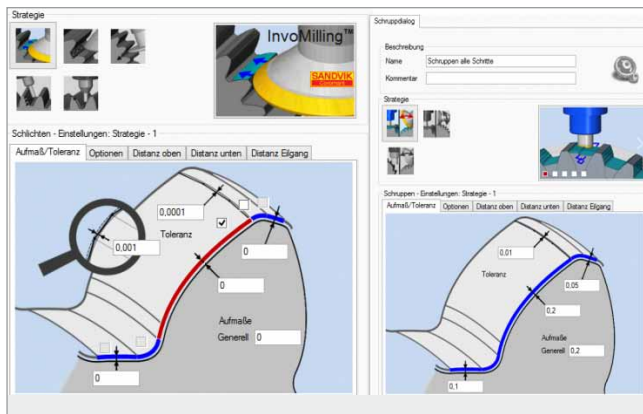
Während in Bereichen wie der Automobilindustrie große Stückzahlen im Vordergrund stehen, sind die Serienlosgrößen im Maschinenbau deutlich kleiner. Manchmal werden weniger als zehn Exemplare und fallweise sogar nur Einzelstücke benötigt.

Dabei ist der Termindruck häufig erheblich. Gerade dann

erweisen sich die Mehrstufigkeit der Bearbeitung sowie die aufwendige Vorab-Herstellung von Werkzeugen mit speziell angepasster Geometrie als Handicap. Vor allem für die sogenannten



Dieses pfeilverzahnnte Stirnrad mit 450 mm Ø und 250 mm Zahnbreite aus 16MnCr5 mit einer Härte von 60-62 HRC wurde auf einer Röders RXU 1001 DSH in 18 h und 45 min einsatzfertig gefräst (Foto: Klaus Vollrath)



Euklid Gear-CAM unterstützt den Anwender bei der Herstellung hochgenauer Zahnräder auf Standard-Fräsmaschinen (Grafik: Euklid)



Die großformatigen Werkzeuge für die Zahnradherstellung sind in einem separaten Magazin unterhalb des Portals untergebracht (Foto: Klaus Vollrath)

Job-Shopper, die sich auf die Herstellung von Industriezahnradern in kleineren Stückzahlen und innerhalb kurzer Fristen spezialisiert haben, sei daher eine Anlagentechnologie interessant, mit deren Hilfe sich ein Zahnrad mittlerer Größe in guter Qualität aus einem gehärteten Rohling innerhalb von etwa einem Arbeitstag herstellen lasse.

### DIE ZAHNRADBEARBEITUNG MIT EUKLID GEAR-CAM ...

„Für die Herstellung von Zahnrädern wird eine speziell hierfür ausgelegte CAM-Software benötigt, welche auch die verschiedenen Varianten von Zahnflankenkorrekturen abdeckt“, ergänzt Carsten Wendt, der das entsprechende Entwicklungsprojekt betreut. Technologiepartner ist hierbei der CAM-Softwareentwickler Euklid, der mit Euklid Gear-CAM ein genau auf diese Aufgabenstellungen hin ausgelegtes Programm entwickelt hat. Dieses komfortable Software-Modul unterstützt den Anwender bei der Herstellung hochgenauer Zahnräder auf Standard-Fräsmaschinen. Interessant ist diese Lösung insbesondere für solche Unternehmen, die – parallel bzw. ergänzend zur sonstigen Produktion – schnell Einzelstücke oder Kleinstserien als Prototyp, als Spezialausführung oder als Ersatz für ausgefallene Teile in vorhandenen Getrieben benötigen. Das Programm berücksichtigt auch die wichtigsten Korrekturfunktionen wie Breiten- und Höhenballigkeit sowie Kopf- und Fußrücknahme. Zu den Vorteilen der Herstellung auf einem 5-Achs-Bearbeitungszentrum gehört auch, dass keine Korrektur der sogenannten Zahnflankenverschränkung erforderlich ist, die bei manchen der herkömmlichen Herstelltechnologien als Folge von Beschränkungen der Maschi-



Die im Röders-Technikum für die Zahnradbearbeitung eingesetzte RXP 601 DSH (Foto: Röders)

nenkinematik erforderlich wird. Bei Verwendung einer 5-Achs-Fräse kommt es dagegen gar nicht erst zu diesem Problem.

### ... ERFORDERT EIN HOCHPRÄZISES 5-ACHS-BEARBEITUNGSZENTRUM ALS BASIS

„Bei der Zahnradherstellung spielt die Präzision des eingesetzten Bearbeitungszentrums eine entscheidende Rolle“, sagt Vertriebsleiter Dr.-Ing. Oliver Gossel. Da Röders seine Anlagen für den Einsatz im besonders anspruchsvollen Werkzeug- und Formenbau entwickle, genügten sie von Haus aus höchsten Anforderungen sowohl bezüglich Präzision als auch Dynamik und das bei hoher Belastbarkeit. In diesem Marktsegment müssen Werkstoffe mit Härten bis zu mehr als 60 HRC bearbeitet werden, wobei teils Genauigkeiten bis herab zum einzelnen Mikrometer einzuhalten sind. Die für dieses Projekt eingesetzten Anlagen, wie z. B. die RXP 601 DSH, eignen sich zudem nicht nur zum Einsatz als Fräse, sondern auch für das Koordinatenschleifen. Ihre Genauigkeit wird durch ein ganzes Bündel von konstruktiven Merkmalen sichergestellt, die vom Einsatz eines massiven Maschinenbetts aus Polymerbeton über hochgenaue Führungssysteme und reibungsfreie Linear-Direktantriebe bis zu einem ausgefeilten Temperaturmanagement mit innenliegenden Medienkanälen in allen wesentlichen Komponenten reichen. Temperierte Zwischenelemente unterbinden die Diffusion von Wärme aus den Antrieben in das Maschinenbett. Besonderes Augenmerk gilt auch der temperaturabhängigen Längung der Hauptspindel, was mittels Sensor überwacht und durch die Steuerung kompensiert wird. Ein wichtiges Merkmal ist zudem die mit 32 kHz außergewöhnlich hohe Taktfrequenz der Regelungsintervalle („Racecut“), welche die schnelle Erkennung und Korrektur kleinster Bahnabweichungen ermöglicht. Weitere Pluspunkte sind Glasmaßstäbe mit einer Auflösung von 5 Nanometer sowie ein patentierter Gewichtsausgleich der Z-Achse.

Eine besondere Rolle spielt zudem die umfassende Kompensation aller Positions- und Winkelabweichungen des Dreh-Schwenktischs. Hierfür wird die Einheit bei der Herstellung durch mehr als 400 verschiedene Positionen der beiden Drehachsen verfahren und dabei jedesmal mit hoher Genauigkeit vermessen. Die dabei ermittelten Daten zu Lagen und Winkeln werden in der Steuerung als Referenz hinterlegt.

### PRÄZISION BEIM WERKZEUGWECHSEL

„Da bei der Verzahnungsbearbeitung Werkzeuge mit deutlich größerem Durchmesser als bei der üblichen Fräsbearbeitung zum Einsatz kommen, gibt es für diese ein zusätzliches Werkzeugmagazin“, verrät J. Röders. Das unterhalb des Portals angeordnete Magazin kann drei Werkzeuge mit bis zu 200 mm Ø



Die Temperierung aller wesentlichen Komponenten der Röders-Bearbeitungszentren ist Voraussetzung für eine hochgenaue Bearbeitung (Foto: Klaus Vollrath)

aufnehmen. Dadurch kann das interne Kettenmagazin der Maschine unverändert mit den üblichen Werkzeugen kleineren Durchmessers bestückt werden. Die Position des Magazins und der Schutz durch einen Rollladenverschluss verhindern das Eindringen kleinster Verschmutzungen oder Späne, die eventuell Winkelfehler zwischen Schnittstelle und Werkzeug hervorrufen könnten. Als weiterer Pluspunkt erfolgt die Übergabe dieser Sonderwerkzeuge dank der Vektorregelung der Hauptspindel in stets der gleichen Winkelposition, so dass es selbst nach mehrmaligem Werkzeugwechsel nicht zu Fluchtungsabweichungen der einmal abgerichteten Schleifwerkzeuge kommen kann. Weitere Besonderheit dieser Werkzeuge ist eine eigene Verrohrung für die Schleifölversorgung, die mit dem Werkzeug zusammen als Paket übergeben wird. Die entsprechende Düse ist daher stets exakt ausgerichtet und gewährleistet so eine optimale Ölversorgung der Kontaktzone zwischen Schleifwerkzeug und Werkstück.

### AUSSERORDENTLICHE FLEXIBILITÄT BEI WERKZEUGWAHL UND -EINSATZ

„Da wir bezüglich der Wahl der eingesetzten Werkzeuge kaum Restriktionen unterliegen, genießt der Bediener eine außergewöhnliche Wahlfreiheit“, freut sich O. Gossel. Statt teurer und aufwendiger Spezialwerkzeuge wie Schleifschnecken, Wälzfräser oder Schabräder können die Jobs mit vergleichsweise einfach gestalteten Fräsern, Schleifscheiben oder Schleifrädern durchgeführt werden. Bei den Schleifwerkzeugen ermöglicht der Einsatz eines Abrichtrads die Wahl zwischen einer einfachen ebenen Geometrie oder der Erzeugung einer genau nach Vorgaben formangepassten Kontur. Letzteres ermöglicht eine höhere Produktivität.

Die Software bietet die Wahl zwischen verschiedenen Bear-



Ein diamantbesetztes Abrichtrad sorgt für die präzise Formgebung der Schleifwerkzeuge (Foto: Klaus Vollrath)

Das Schleifrad für das Innen- und Außenrundsleifen verfügt über eine integrierte Schleifölführung, die mit dem Werkzeug eingewechselt wird. Dadurch wird der Kontaktbereich zwischen Werkzeug und Werkstück mit einer ausreichenden Menge an Öl gekühlt. (Foto: Klaus Vollrath)



beitungsstrategien und Werkzeugpräferenzen beim Schruppen und Schlichten. Gear-CAM minimiert aus der Zahngeometrie und den vorgegebenen Toleranzen automatisch die Zahl der Werkzeugbahnen dergestalt, dass die Toleranzen exakt eingehalten werden. Die entsprechenden Schnitt- und Leistungsdaten können einer einstellbaren Werkzeugdatenbank entnommen werden. Die Verzahnungsqualität kann je nach Vorgaben Stufe 2 oder 3 erreichen. Zu den Vorteilen der neuen Lösung zählt auch, dass Zylinderflächen wie Bohrung oder Schaft in einer Aufspannung fluchtend bearbeitet werden können.

Als neueste Variante steht mittlerweile mit InvoMilling eine Kombination aus speziellen, in Zusammenarbeit mit Sandvik entwickelten Fräsworkzeugen und einer hierauf optimal abgestimmten Frässtrategie zur Verfügung.



Konisches Schleifrad mit im Paket integrierter Schleiföldüse für das präzise Finishen der Zahnflanken (Foto: Röders)



Das Schruppen der Zahnkonturen in den gehärteten Zahnkranz erfolgt mit einem konischen Invo-Milling-Scheibenfräser (Foto: Röders)



Für die Herstellung der Zahnfußrücknahme kommen normale Schaftfräser aus dem Standard-Werkzeugmagazin zum Einsatz (Foto: Klaus Vollrath)

### AUTOMATISIERUNG UND SUPPORT

„Bei unseren Kunden hat das System solchen Erfolg, dass wir dafür inzwischen auch schon spezielle Optionen für die Automatisierung des Prozesses entwickelt haben“, bilanziert C. Wendt. In erster Linie sind dies kompakte RCS-Schrankmagazine mit integriertem Handling, die den automatisierten Werkstückwechsel und damit einen nahezu ununterbrochenen 24/7-Betrieb des Fräszentrums ermöglichen. So lassen sich niedrige Fertigungskosten selbst bei Einzelstücken erreichen. Dank der Technologiepartnerschaft mit Euklid könne man den Kunden beim Einsatz vollen Support nicht nur bezüglich des Fräsbearbeitungszentrums, sondern auch mit Blick auf die Möglichkeiten der CAM-Software Euklid Gear-CAM zukommen lassen.

Mit der Wahl einer solchen Lösung verfügten Kunden über gleich zwei hochinteressante Möglichkeiten. Zum einen könne man in außerordentlich kurzer Zeit aus einem bereits gehärteten Rohling ein einsatzbereites Zahnrad hoher Qualität herstellen. Auf der anderen Seite verfüge man damit zugleich über ein außergewöhnlich präzises und zugleich leistungsstarkes 5-Achs-Fräsbearbeitungszentrum, das sich auch für verschiedenste andere Aufgaben im Betrieb einsetzen lasse.

Klaus Vollrath, b2dcomm.ch



Die kegelige Form des Bearbeitungswerkzeugs ermöglicht die Bearbeitung sowohl der linken als auch der rechten Zahnflanken auch ohne Seitenwechsel (Foto: Klaus Vollrath)

### Adresse

Röders GmbH,  
Gottlieb-Daimler-Str. 6, 29614 Soltau, Deutschland  
Tel. +49-5191-603-43, Fax +49-5191-603-38,  
hsc@roeders.de, www.roeders.de

### DIE RÖDERS RXP 601 DSH

Die Röders HSC-Fünffachsfräsmaschine RXP 601 DSH wurde für höchste Genauigkeitsanforderungen bei zugleich hohen Zerspanungsleistungen selbst bei der Bearbeitung harter Werkstoffe ausgelegt. Sie verfügt über reibungsfreie Linear-Direktantriebe, die in Kombination mit 32-kHz-Reglern in allen Achsen eine ebenso dynamische wie auch hochpräzise Bearbeitung ermöglichen. Wesentliche Voraussetzungen hierfür sind hochgenaue optische Maßstäbe in allen Achsen – wenn es um Präzision geht, werden keine Kompromisse gemacht. Diese Maschine kann aufgrund ihrer Genauigkeit und Dynamik auch zum Koordinatenschleifen eingesetzt werden. Zusätzlich weist die Z-Achse einen patentierten reibungsfreien Vakuum-Gewichtsausgleich auf, um jegliche Umkehrmarkierungen in Z-Richtung zu vermeiden.

Zur Gewährleistung höchster thermischer Stabilität verfügen die Anlagen über ein ausgeklügeltes Temperaturmanagement. Die Temperatur des Mediums, das alle wesentlichen Anlagenkomponenten durchströmt, wird mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,1$  K, bei bestimmten Anwendungen auch  $\pm 0,02$  K, geregelt. Weitere Besonderheit ist eine eigene, auf PC-Technologie basierende Steuerung, deren Funktionalitäten genau auf die spezifischen Aufgabenstellungen HSC-Hochpräzisionsfräsen bzw. Koordinatenschleifen zugeschnitten sind. Als Besonderheit bietet Röders Steuerungsupdates an, so dass ein Veralten der Maschinen seitens ihrer Steuerung quasi nicht mehr vorkommt. Mit der aktuellen Ausbaustufe der Steuerung, dem Racecut, konnten nochmal deutliche Bearbeitungszeitreduktionen erreicht werden. <<