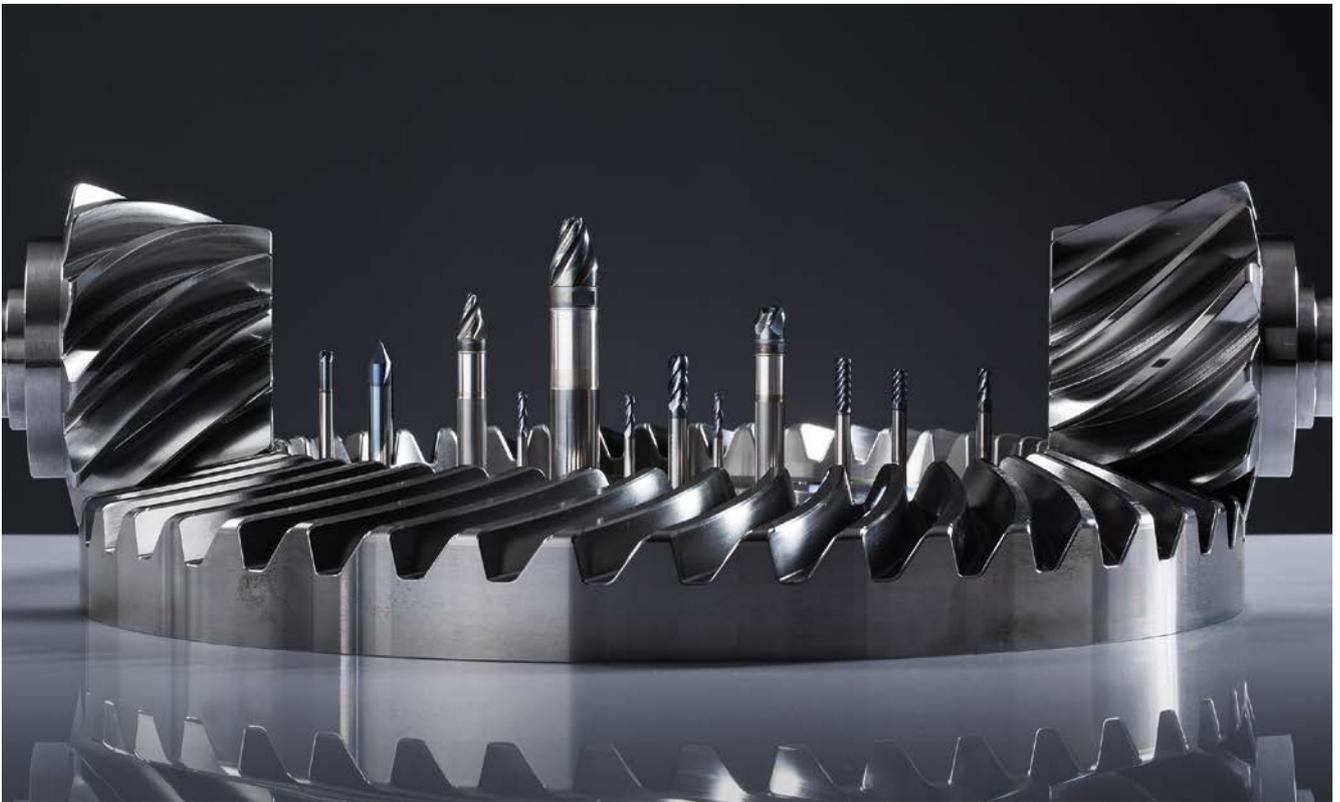


Universalmaschinen ■ Einzelteilverzahnung ■ Software

## Ganz leicht bis Modul 30

Ein Projekt von Horn und DMG Mori hat das Verzahnen auf universellen Werkzeugmaschinen deutlich vorangebracht. Es lassen sich nun auch bei Einzelteilen und Kleinserien hochwertige Geometrien aller Art bis Modul 30 wirtschaftlich mit Standardwerkzeugen generieren.



**1** Der Präzisionswerkzeugspezialist Horn entwickelte zahlreiche Standardwerkzeuge, die mit Unterstützung einer Steuerungssoftware alle Zahnradgeometrien bearbeiten können (© Horn)

**A**ls Ergebnis einer intensiven Zusammenarbeit mit dem internationalen Marktführer bei Werkzeugmaschinen DMG Mori hat der Tübinger Präzisionswerkzeugspezialist Horn sein bisheriges Angebot, Modulgrößen von 0,5 bis 6 im Programm zu führen – bis Modul 4 sogar als Standard – mit der nun möglichen Bearbeitung von Verzahnungen bis Modul 30 erheblich erweitert und flexibilisiert. In enger Abstimmung entwickelte ein Team aus Verzahnungsspezialisten auf der Werkzeugseite und Werkzeug-

maschinen-Fachleuten mit umfassenden Kenntnissen über hochmoderne 5-Achs-Fräszentren und leistungsfähige Drehfräszentren in Pfronten erfolgreich eine spezielle Steuerungssoftware zum Verzahnen unterschiedlicher Zahnradgeometrien.

### Standardwerkzeuge und Software auf einem neuen Niveau

Alexander Kellner, Product Sales Manager gearMill bei DMG Mori, erläutert: »Mit der umfangreichen Software gear-Mill ist es uns gelungen, ein Programm

zu entwickeln, das die unterschiedlichen Geometrien von Zahnrädern berechnet und daraus die Fräsbahnen generiert.«

Das gelte für Stirnverzahnungen, gerade-, schräg- oder pfeilverzahnt, für Schneckenräder, für unterschiedliche Kegelräder wie Klingenberg, Zyκλο-Palloid-Verzahnungen oder diverse Gleason-Derivate.

Als Werkzeuge dienen Schafffräser, Kugelfräser, torische Fräser, Scheibenfräser, Topfscheibenfräser und konische Werkzeuge aus dem Standardprogramm von Horn. Max Zankl, Anwendungstech-

niker bei Horn und erfahrener Verzahner: »Theoretisch ist bei der Modulgröße keine Grenze gesetzt, aber in der Praxis beschränken wir uns erst einmal auf Verzahnungen bis Modul 30; viel entscheidender als eine bestimmte Modulgröße ist jedoch, dass mit der speziellen, hochentwickelten und wie ich meine Welt-Spitzen-Software gearMill universelle fünfschige Dreh- und Fräszentren ertüchtigt werden, hochkomplexe Zahnräder zu fertigen.«

Der wirtschaftliche Effekt sei enorm. So könne man auf universellen Bearbeitungszentren vorher die jeweilige Roh- teilgeometrie bearbeiten und dann in der gleichen Aufspannung Zahnräder in Einzelfertigung für den Prototypenbereich oder Klein- und Mittelserien – und anschließend wieder ganz andere Teile. Zankl: »Das ist ein großer wirtschaftlicher und zeitlicher Vorteil gegenüber der üblichen Bearbeitung auf teuren Verzahnungsmaschinen.«

Joachim Hornung, Key Account Manager bei Horn ergänzt: »Das Angebot an Werkzeugen zum Verzahnen beschränkt sich dabei nicht nur auf das Fräsen; auch im Stoßen von Außen- und Innenverzahnungen

auf universellen Bearbeitungszentren bietet Horn durch jahrzehntelange Erfahrung viele neue Lösungsansätze und bewährte Werkzeugsysteme wie die Typen 105 und 110 Supermini, Typ S117 und Typ 315.« Das Vor- und Fertigstoßen mit nur einer Schneidplatte verkürze dabei die Taktzeiten erheblich.

## Hohe Flexibilität und niedrige Kosten sind nur zwei der zahlreichen Vorteile

Max Zankl, der erfahrene Verzahner im Horn-Team, ist in seinem Element: »Ich kann Ihnen eine Fülle von Vorteilen aufzählen: Da wären die hohe Flexibilität, die niedrigen Kosten durch Standardwerkzeuge und deren schnelle Verfügbarkeit, die kurzen Rüstzeiten und die schnelle Reaktionszeit am Markt.« Ein Unternehmer könne jetzt seine Zahnräder einzeln, als Prototypen oder in Klein- und Mittelserie selbst fertigen und müsse sie nicht als Auftrag nach außen vergeben. »Ich habe individuelle Korrekturmöglichkeiten in der Zahn- und in der Flächengeometrie«, so Zankl. »Ich kann auf der Maschine messen, einen Soll-Ist-Vergleich betreiben und ein Protokoll schreiben »



**2** Bei einem Kegelrad übernimmt ein konischer Fräser des Typs DGZ sowohl das Vorschlichten als auch das Fertigschlichten der Zahnflanken und bearbeitet abschließend den Fußkreisradius

(© Horn)



**3** Ein DSM-Torus-Schaftfräser beim Fertigschlichten von Zahnflanken

(© Horn)

für die Qualitätssicherung. Ich kann Zahnräder sowohl weich als auch hart bearbeiten – Sie sehen, ich brauche keine teure Verzahnungsmaschine mehr mit teuren Werkzeugen; es sei denn, ich fertige Zahnräder in großen Serien.«

#### In enger Partnerschaft wird Kundennutzen generiert

Horn und DMG Mori pflegen schon seit vielen Jahren eine enge Partnerschaft bezüglich Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der allgemeinen Zerspanungstechnologie. Den Kundennutzen erhöhen, Kosten senken, Prozesszeiten reduzieren, die Prozesssicherheit erhöhen, Reaktionszeiten verringern und vor allem Standard-Werkzeuglösungen universell nutzen waren von Anfang an die gemeinsamen Ziele. Die Erfolge am Markt sprechen für sich.

Als besonders erfolgreich erwies sich die Technologie des Hochvorschubfräsens in dieser Partnerschaft. Horn hatte in den vergangenen Jahren auf diesem Gebiet besondere Schwerpunkte gesetzt und ein umfangreiches Standardprogramm entwickelt. Das breite Angebot an Hochvorschubfräsern zum Beispiel für die endkonturnahe Schruppbearbeitung von Zahnradern reicht von Messerköpfen der Reihen DAHM37 und DAHM25, VHM-Wechselköpfen der DGH-Baureihe bis in den VHM-Bereich der DSDS-Serie. Die vom Hersteller speziell entwickelten Hochleistungs-Hartmetall-Sorten zeichnen sich dabei wegen ihrer hohen Zähigkeit und Verschleißfestigkeit durch sehr lange Standzeiten aus, wie der Hersteller betont.



4 Peter Dreer von DMG Mori (links) und Max Zankl von Horn: Der eine ist zuständig für die Software, der andere für die Standardwerkzeuge. Beide freuen sich über den gemeinsamen Erfolg (© Horn)

Das gelte genauso für die Fräser zur Zahnflankenfertigbearbeitung; beispielsweise spezielle Geometrien und Wechselköpfe auf Basis des DG-Wechselkopfsystems mit der Bezeichnung DGVZ. Der Hauptvorteil: hohe Stabilität auch bei kleinen Moduln.

Die konische Geometrie mit hoher Stabilität erfordert nur geringe Ausgleichsbewegungen der Maschine. Selbst der Fußkreisradius kann mit dem gleichen Werkzeug erzeugt werden. DGVZ ist deshalb laut Horn als ein preisgünstiges Wechselkopfsystem mit hoher Rundlaufgenauigkeit und geringer Gratbildung aufzufassen. Das Wechselkopfsystem DGFF mit Durchmesserwerten von 10 bis 16 mm entfernt die verbleibenden kleinen Grate. Bei der Oberflächenqualität der Zahnflanken konnten  $R_a$ -Werte von

0,6  $\mu\text{m}$  erreicht und unterschritten werden. Sowohl Peter Dreer, Anwendungstechniker aus dem Bereich Fräsen in Pfronten, als auch sein Kollege Julian Sewing, Anwendungstechniker für den Bereich Drehfräsen aus Bielefeld, loben die erreichten Ergebnisse und sind vor allem begeistert von der Prozesssicherheit und den langen Standzeiten der Werkzeuge. Peter Dreer: »Was nützt die beste Software auf der Maschine, wenn die Werkzeuge nicht mithalten können?« Max Zankl: »Diese leistungsfähigen Zerspanwerkzeuge sind ein sichtbares Ergebnis aus großer Fertigungstiefe und den Erfahrungen durch die ambitionierten Eigenentwicklungen von Hartmetallen.« All das trage dazu bei, die hohen Prozesssicherheiten und Standzeiten zu gewährleisten, die bei der Zahnradfertigung mit hohen Zerspanraten unabdingbar sind. »Ich kann doch nicht zum Beispiel bei der Endkonturbearbeitung eines großen Zahnrades wegen vorzeitigem Verschleiß den Fräser wechseln«, so der Horn-Anwendungstechniker.

Das Verfahren Hochvorschubfräsen beim Schruppen hat gegenüber konventionellen Verfahren aufgrund der besonderen Spanbildung erhebliche Standzeitvorteile und ist unempfindlicher gegenüber abrasiven Werkstoffen. Beim Hochvorschubfräsen wirken die Zerspankräfte hauptsächlich in axialer Richtung und reduzieren die Radialkräfte, was sich schonend auf die Spindellager der Maschine auswirkt.

#### Ritzel mit Zylo-Palloid-Verzahnung ist eines von drei typischen Beispielen

Drei Beispiele sollen die Verfahrensweise beim Verzahnern mit gearMill und Horn-Werkzeugen erläutern. Das erste Beispiel



5 Max Zankl von Horn, Julian Sewing, Alexander Kellner und Peter Dreer von DMG Mori sowie Joachim Horning von Horn (von links) vor einem Zahnsegment mit Modul 30 (© Horn)

ist ein elfzahniges Ritzel mit dem Modul 7,6 aus MnCr5, das auf einer fünfsichtigen CTX beta 800TC zylo-palloid-weichverzahnt wird. Der große Durchmesser beträgt 145, der kleine 104 mm; die Zahnbreite misst 80 mm. Geschruppt wird mit Hochvorschub in drei Abstufungen mit drei Werkzeugen. Auf einen DGH-Fräser mit einschraubbarem Schneidkopf mit 12 mm Durchmesser folgen zwei Schaftfräser des Typs DSDS mit Doppelradius und 6 beziehungsweise 4 mm Durchmesser. Dann fräst ein VHM-Radiusfräser des Typs DPK den Fußkreis. Das Vorschlichten der Zahnflanken übernimmt ein VHM-DSM-Torus-Schaftfräser mit 6 mm Durchmesser. Ein weiterer VHM-DSM-Fräser mit 6 mm Durchmesser schlichtet die Zahnflanken fertig. Ein Schaftfräser Typ DPFF mit 60° und 10 mm Durchmesser fast und entgratet die Kanten. Die Hartbearbeitung nach dem Härten übernehmen CBN-Fräser oder Fräser mit besonderen HM-Sorten.

Im zweiten Beispiel wird ein Kegellrad aus 16MnCr5 mit 43 Zähnen und dem Modul 7,6 auf einer fünfsichtigen DMU 85 monoBlock zylo-palloid-weichverzahnt. Der Außendurchmesser beträgt 480, der Innendurchmesser 340 mm; die Zahnbreite misst 80 mm. In der ersten Operation fräst ein Scheibenfräser mit 100 mm Durchmesser zum Zahnformschruppen mit sehr hohem Spanvolumen die Kontur auf volle Tiefe. In der zweiten und dritten Operation bearbeitet der gleiche Scheibenfräser zuerst die konkaven Zahnflanken und anschließend die konvexen Flanken.

Vorgeschlichtet wird sowohl konkav als auch konvex mit einem konischen Fräser Typ DGVZ mit einschraubbarem Schneidkopf. Der gleiche Fräser übernimmt auch das Fertigschlichten und bearbeitet abschließend den Fußkreisradius. Ein Schneidkopf-Fasfräser des Typs DGFF mit 60° und 10 mm Durchmesser fast und entgratet beidseitig. Nach dem Härten übernehmen CBN-Fräser oder solche mit besonderen Hartmetallsorten die Endbearbeitung.

Das dritte Beispiel, ein geradeverzahntes Zahnsegment eines Stirnrades mit 4 mm Durchmesser aus 42CrMo4, Modul 30, wird auf einer fünfsichtigen DMU 210 P mit einem Evolventenprofil verzahnt. Das Zahnsegment mit 15 Zähnen (das gesamte Zahnrad hat 150 Zähne) misst in der Breite 200 mm bei einer Zahnhöhe von 68 mm. Das Zahnformschruppen bis zu einer Zahntiefe von 30 mm übernimmt

ein Hochvorschubfräser mit auswechselbaren Wendeschneidplatten Typ DAHM37 mit 40 mm Durchmesser. Das Hochvorschubfräsen erzeugt dabei ein Spanvolumen Q von 720 cm<sup>3</sup>/min.

### Unterschiedliche Standardfräser bilden die Zahnradfertigung ab

Bis auf 65 mm Tiefe fräst ein weiterer Hochvorschubfräser des Typs DGH mit einschraubbarem Schneidkopf, Durchmesser 20 mm mit vier Schneiden. Den Fußkreisradius bearbeitet ebenfalls im Hochvorschub ein Schneidkopffräser des Typs DGK mit vier Schneiden. Das zeilenweise achsparallele Schlichten übernimmt ein kegelförmiger Schneidkopffräser des Typs DGVZ mit 20 mm Durchmesser und sechs Schneiden. Für Fasen und Entgraten empfiehlt sich wieder ein DGFF-Schneidkopf-Fasfräser mit 12 mm Durchmesser.

Die genannten unterschiedlichen Fräser aus dem Standardprogramm von Horn bilden mit ihrer Operationenfolge die komplette und teils anspruchsvolle Fertigung der jeweiligen Zahnräder ab. Im Zusammenspiel mit der von DMG Mori in Pfronten entwickelten Steuerungssoftware gearMill ergibt sich ein flexibles, schnelles und besonders wirtschaftliches Bearbeiten von hochgenauen Zahnradkonturen in jeder Geometrie auf universellen Bearbeitungszentren bei Prototypen und kleinen und mittleren Stückzahlen. Die unflexible und teure Fertigung mittels spezieller Verzahnungsmaschinen und Verzahnungswerkzeugen kann somit durch beschleunigte Fertigungsverfahren abgelöst werden. Die Beispiele zeigen, wie ständig verfügbare Standardwerkzeuge besondere Verzahnungswerkzeuge, die erst konstruiert und in einem Optimierungsprozess anzupassen sind, effizient ersetzen können. ■

## INFORMATION & SERVICE



### HERSTELLER

#### Hartmetall-Werkzeugfabrik

**Paul Horn GmbH**

72072 Tübingen

Tel. +49 7071 7004-0

[www.phorn.de](http://www.phorn.de)

#### DMG Mori AG

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

### PDF-DOWNLOAD

[www.werkstatt-betrieb.de/1352086](http://www.werkstatt-betrieb.de/1352086)