

Kürzere Prozessketten durch Verfahrenskombination

Lasern in der Drehmaschine

Kurze Lieferzeiten werden immer wichtiger. Monforts verkürzt die Prozesskette beim Drehen durch Verfahrenskombination in einer Maschine: Integriert werden Weichzerspanung, Laserhärten und -beschichten sowie Hartzerspanung.

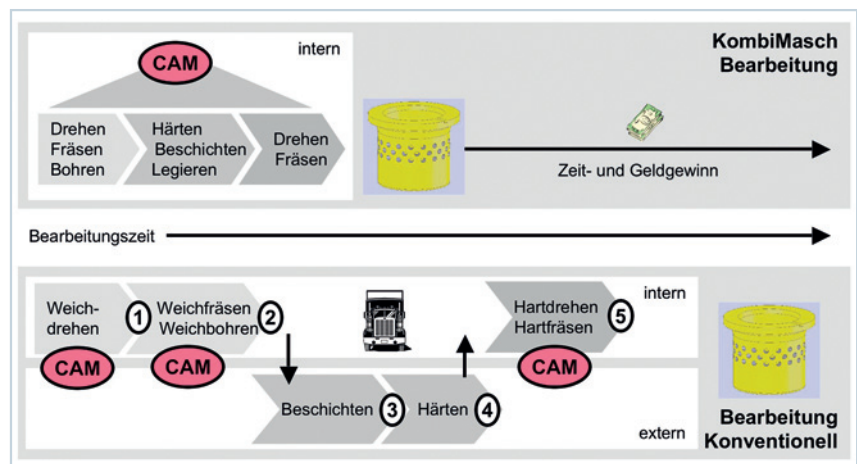
VON DOMINIC DEUTGES

→ Werkzeugmaschinen sind in der Regel stark spezialisiert auf nur ein Fertigungsverfahren. Rotationssymmetrische Bauteile werden daher heute – besonders bei hoher Bauteilbeanspruchung – in mehreren Schritten auf verschiedenen Maschinen gefertigt: Weichbearbeitung (Drehen/Fräsen/Bohren), Härten/Beschichten, Hartbearbeitung (Drehen/Fräsen). Der Einsatz spezialisierter Maschinen verursacht dabei lange Durchlaufzeiten und logistischen Aufwand (Bild 1). Der Markt fordert bei immer komplexeren Bauteilen in einer hohen Variantenvielfalt kürzere Lieferzeiten bei sinkenden Losgrößen.

BMBF-Projekt ›KombiMasch‹ führt zu modulare Maschinenkonzept

Unter dem Namen ›KombiMasch‹ wurde eine Werkzeugmaschine für rotationssymmetrische Bauteile entwickelt, die eine Verkürzung der Prozesskette durch Verfahrenskombination erreicht. Die auf der EMO 2007 vorgestellte Maschine vereint die konventionelle Weichzerspanung, die Laserbearbeitung (Härten, Beschichten und Legieren) sowie auch die Hartzerspanung. Dies ermöglicht eine Komplettbearbeitung in einer Aufspannung.

Die Vorteile liegen auf der Hand: Der Fertigungsablauf (Rüst-, Transport- und Liegezeiten) verkürzt sich, die Kosten (Logistik, Maschinenauslastung) gehen zurück, dafür steigt die Produktqualität (automatisierte Abläufe in einer Aufspannung). Die kombinierte Werkzeugmaschine wird dort am sinnvollsten eingesetzt,



1 Prozesskettenverkürzung spart Zeit und Geld: Die Fertigung mit ›KombiMasch‹ schlägt den herkömmlichen Ablauf

wo es auf kurze Lieferzeiten und eine flexible Reaktion auf Kundenwünsche ankommt, wie etwa bei kurzfristiger Ersatzteilerfertigung und im Prototypenbau.

Für die Verfahrensintegration wurde ein neues Dreh-Fräs-Zentrum ›UniCen 504‹ (Bild 2) nach dem Baukastenprinzip konstruiert. Die wesentlichen Maschinenkomponenten sind (Bild 3):

- Haupt- und Gegendrehspindel
- oberer Werkzeugträger als schwenkbare Motorfrässpindel

- Werkzeugwechsler und Werkzeugmagazin
- unterer Werkzeugträger als Werkzeugrevolver
- Reitstock
- Lünette
- Vorsatzkopf zum Laserhärten
- Vorsatzkopf zum Laserbeschichten.

Die Motorfrässpindel besitzt Freiheitsgrade in der Z-, X-, Y- und B-Achse. Damit lassen sich beliebige Positionen präzise anfahren. Für eine erhöhte Steifigkeit bei der Zerspanung ist eine Verrastung der B-Achse und auch der Motorfrässpindel mit einer Haltebremse möglich. Eine interpolierende Bearbeitung mit allen Achsen unter Verwendung der Drehspindeln im C-Achsbetrieb ermöglicht die Herstellung sehr komplexer Geometrien (Bild 4) – bis hin zu Freiformflächen.

Die Maschine ist mit einem Tellermagazin ausgestattet, das durch die Anzahl

i HERSTELLER

A. Monforts Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

41238 Mönchenglöblich

Tel. 021 61/401-0

Fax 021 61/401-490

→ www.monforts-werkzeugmaschinen.de

→ EMO Hannover Halle 17/B40



2 Neuentwicklung für die Komplettbearbeitung: ›UniCen 504‹ KombiMasch

der eingesetzten Scheiben eine skalierbare Anzahl von Werkzeugen verwalten kann. Im maximalen Ausbau sind 108 Werkzeuge möglich. Der NC-Werkzeugwechsler bestückt die Werkzeugaufnahme der Motorfrässpindel mit den Werkzeugen aus dem Magazin und sorgt mit schnellen Eilgängen für kurze Werkzeugwechselzeiten. Hinzu kommen noch die Werkzeugplätze auf dem optionalen unteren Revolver.

Die Vorsatzköpfe für die Laserbearbeitung werden in die HSK-Aufnahme des oberen Werkzeugträgers (Motorfrässpindel) aufgenommen. Damit stehen für die Laserbearbeitung auch alle Freiheitsgrade

der Zerspanungsbearbeitung zur Verfügung. Die Führung der Energie- und Medienleitungen für die Laserbearbeitung erfolgt in einem Schutz- und Zugentlastungsschlauch, der am Vorsatzkopf angeflanscht ist. Die Laserenergie wird per Lichtleitfaser an die Bearbeitungsstelle gebracht. Der Zugentlastungsschlauch wird über ein Trommelsystem mit der Schlittenbewegung mitgeführt, am Vorsatzkopf gewährleistet ein Spiegelsystem den Bewegungsausgleich. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Energieführung alle Maschinenbewegungen bei voller Flexibilität ausgleichen kann.

Präzise Hartbearbeitung durch Hydrostatik

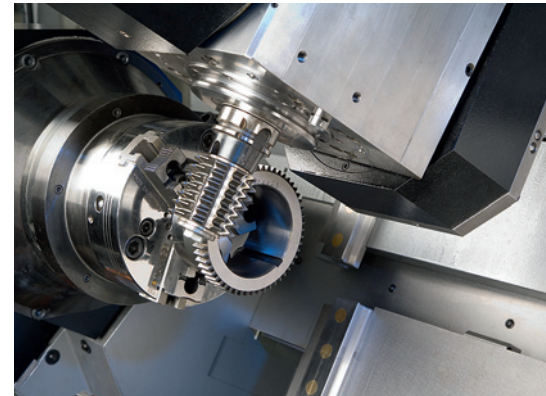
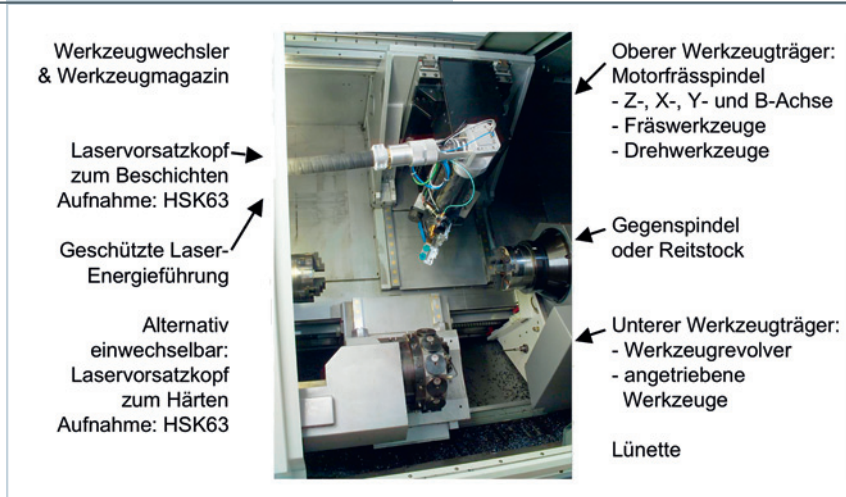
Als Maschinensteuerung kommt die neue ›Fanuc 31i‹ mit integriertem Sicherheitskonzept ›Dual Check Safety‹ zum Einsatz. In dieser Ausbaustufe der Steuerung ist auch eine 5-Achs-Bearbeitung mit der Maschine möglich. Die Nano-Interpolation der neuen Steuerungsgeneration von Fanuc ermöglicht dabei hohe Präzision

und Oberflächengüte. Der große 15"-Bildschirm sorgt dazu für optimale Bedienerfreundlichkeit.

Monforts setzt bei der neuen Maschine auf das bewährte Konzept der hydrostatischen Säulenführung. In der KombiMasch hat dies besonders für die Hartbearbeitung Vorteile (Bild 5). Die wartungs- und verschleißfreie Führung arbeitet ohne Reibkontakt. Ein Stick-slip-Effekt tritt nicht auf, was sich bei kleinsten Verfahrbewegungen günstig auswirkt. So können auch Weginkremente von 1 µm Stick-slip-frei verfahren werden. Der Längsschlitten bewegt sich dank der guten Steifigkeit des Gesamtsystems sehr gleichmäßig. Dies macht sich in sehr guten Oberflächeneigenschaften beim Hartdrehen bemerkbar. Der dünne Ölfilm zwischen Bohrung und Säule verleiht der Maschine zudem sehr gute Dämpfungseigenschaften.

Praxistaugliche Laserintegration zum Härten und Beschichten

Die Lasertechnik ist aufgrund ihrer optischen Komponenten besonders emp- >>>



3 Die wesentlichen Elemente des ›Maschinenbaukastens‹ KombiMasch

4 Zerspanungsbearbeitung im UniCen 504: Auch komplizierte Freiformgeometrien lassen sich mit allen Verfahren bearbeiten

››› findlich hinsichtlich der ›Randbedingungen‹ der Zerspanung: Späne und Kühlschmiermittel. Daher werden die Laserkomponenten und die empfindlichen Energieführungen bei KombiMasch außerhalb des Arbeitsraums untergebracht, solange sie nicht im Eingriff sind. Die Energieführungen des Lasers sind in einem Schutzschlauch geführt und damit vor schädlichen Einflüssen geschützt.

Bei der Laserquelle fiel die Wahl auf einen 3-kW-Diodenlaser. Das bei der KombiMasch eingesetzte System hat einen Flächenbedarf von nur 1400 × 770 mm. Das hilft, den Platzanspruch für die Maschine klein zu halten. Der hohe Wirkungsgrad moderner Diodenlaser erfordert zudem eine wesentlich geringere Kühlleistung als Gaslaser mit vergleichbarer Strahlleistung.

Die Laserschutzeinrichtungen wurden so konzipiert, dass keine Einschränkungen bei der Maschinenbedienung bestehen. So lassen sich die Laser-Sicherheitscheiben beim Zerspanen entfernen. Damit dies beim Laserbetrieb nicht zu Verletzungen führt, wird die Position der Laserschutzeinrichtungen von der Maschinensteuerung überwacht.

Beim Laserstrahlhärten werden die zu härtenden Zonen eines Werkstücks kurzzeitig stark erhitzt. Der Härteeffekt an der Randschicht resultiert aus der schnellen Wärmeableitung. So können zum Beispiel lokal beanspruchte Wellenbereiche (Lagersitze, Passfedernuten oder Keilnutverbindungen) martensitisch gehärtet werden, um den Verschleiß zu reduzieren. Der Vorteil gegenüber anderen Randschichthärtungsverfahren ist die geringe und gezielte Energieeinbringung. Das Nachbearbei-

tungsaufmaß kann verringert werden. Durch den lokalen Härtevorgang werden die Bauteile zudem an anderen Stellen nicht unnötig spröde gemacht. Zur Führung des Laserstrahls beim Härten wird ein Scannersystem eingesetzt. Damit können in Verbindung mit der rotierenden C-Achse der Maschine variable Spurbreiten erzeugt werden. Bei stehender C-Achse lassen sich mit dem Scannersystem sogar frei definierte Flächen härten.

i PROJEKTPARTNER

Laserline GmbH (Lasertechnik)
56218 Mülheim-Kärlich
Tel. 0 26 30/9 64-0
→ www.laserline.de

Precitec KG (Sensortechnologie)
76571 Gaggenau
Tel. 0 72 25/6 84-0
→ www.precitec.de

Exapt Systemtechnik GmbH
(CAD/CAM-Kopplung)
52062 Aachen
Tel. 0 2 41/4 7 79 40
→ www.exapt.de
→ EMO Hannover Halle 6/J27

Fraunhofer IPT (Laserintegration, technologischen Untersuchungen)
52074 Aachen
Tel. 0 2 41/8 9 04-0
→ www.ipt.fraunhofer.de

Sempell AG (Anwendung in der Armaturenfertigung)
41352 Korschenbroich
Tel. 0 21 61/6 15-0
→ www.sempell.com

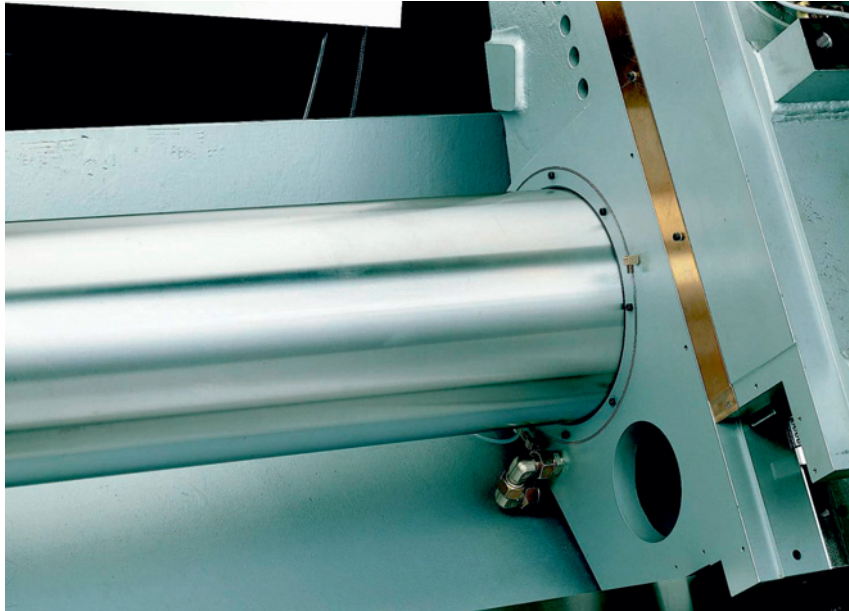
Das Laserstrahlbeschichten/-legieren erzeugt Oberflächenschichten mit variablen, anwendungsspezifischen Eigenschaften. Dabei werden niedrigschmelzende Zusatzwerkstoffe aufgetragen, zum Beispiel aus Gründen des Verschleiß- und Korrosionsschutzes. Die Lasertechnologie bietet hier deutliche Prozessvorteile gegenüber anderen Beschichtungsverfahren, unter anderem eine hohe Geometrietreue. Das erforderliche Zusatzmaterial wird in Drahtform an das Werkstück gebracht und dort mit dem Laser aufgeschmolzen. Diese Materialform bietet gegenüber der Pulveralternative den Vorteil, dass keine Feinstäube in die Maschine eingebracht werden, die eventuell eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit von Maschinenelementen nach sich ziehen.

Zur Qualitätskontrolle der Beschichtungsraupe wird ein Laser-Lichtschnitt-Sensor eingesetzt. Durch die prozessintegrierte Messtechnik kann die Fertigung von Ausschuss schnell und lückenlos erkannt und nachgelagerte Mehrkosten vermieden werden.

Benutzerunterstützung mit CAM-System

Die Verfahrensintegration erhöht die Komplexität der Maschine, die Anforderungen an die NC-Programmierung und den Maschinenbediener steigen. In der Regel ist das Personal aber nur auf ein Fertigungsverfahren spezialisiert. Daher muss die Programmerstellung automatisiert werden.

Bei herkömmlicher Fertigung werden die einzelnen Maschinen separat mit Daten aus einem CAM-System versorgt. Für einen praxistauglichen Einsatz wird bei



5 Die hydrostatische Säulenführung ist ein Qualitätsgarant, allen voran bei der Hartzerspannung

KombiMasch aus diesem Grund auf eine durchgängige CAD/CAM-Kopplung gesetzt. Das Planungstool von Exapt umfasst alle integrierten Prozesse und erstellt das Bearbeitungsprogramm für die Maschinensteuerung ›aus einem Guss‹. Das CAM-System erzeugt dabei nicht nur die geometrischen Anweisungen zum Verfahren der Maschinenachsen, sondern beherrscht auch die Prozesstechnologie –

sowohl beim Zerspanen als auch bei der Laserbearbeitung.

Anwendung Kraftwerkstechnik

Die Anwendung und Erprobung einer solchen Kombinationsbearbeitung erfolgt mit Bauteilen aus dem Bereich der Kraftwerkstechnik. Die hochbelasteten Bauteile aus Absperr- und Regelventilen der Firma Sempell sind häufig kundenspezifisch

ausgeführt. Im Ersatzteillfall muss eine schnelle Fertigung erfolgen, weil eine Lagerhaltung der vielen Varianten in der Regel nicht praktikabel ist. Für den Endkunden im Kraftwerk ist jeder Tag bei Anlagenstillstand sehr teuer. Eine Verkürzung der Lieferzeit von Ersatzteilen verringert Kosten und stellt ein großes Optimierungspotenzial dar.

Die erfolgreiche Projektbearbeitung wurde gewährleistet durch die sich ergänzenden Kompetenzen der Projektpartner (siehe Kasten). Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt KombiMasch wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Programms ›Forschung für die Produktion von morgen‹ gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA-PFT) betreut. ■

[www](#) → **WB101800**

Dr. Dominic Deutges ist Konstruktionsleiter bei A. Monforts Werkzeugmaschinen in Mönchengladbach

→ deutges@a.monforts.de