

Motorspindeln

# Bearbeitungseinheit auf fünf Beinen

Metrom fertigt seit Jahren parallelkinematische Bearbeitungszentren. Die Modularität der mobilen Anlagen schafft neue Möglichkeiten für die kombinierte Bearbeitung mittels additivem 3D-Auftrag und Zerspanung. Eine zentrale Rolle dabei übernehmen Motorspindeln von SPL.

von Marcus Witt und Mathias Fiege

Die Herausforderungen bei der additiven Fertigung und der fast immer notwendigen Nachbearbeitung sind enorm. Eine möglichst hohe Produktivität fordert immer höhere Auftragsraten, wobei zugleich die Güteaspekte ›Materialhomogenität‹ und ›Oberflächenqualität‹ das Niveau der bisherigen Fertigungsverfahren erreichen oder gar übertreffen sollen. Zudem müssen sich die Anwender bei der Auswahl eines Anbieters entscheiden, ob die Auslegung des Maschinenparks auf der Kunststoff- oder der Metallbearbei-



1 Blick in den Arbeitsraum der Hybrid-Werkzeugmaschine von Metrom und auf die eigensteife 5-Achs-Parallelkinematik für die additive und subtraktive Fertigung © Metrom

## INFORMATION & SERVICE



### HERSTELLER

**SPL Spindel und Präzisionslager GmbH**  
04720 Döbeln  
Tel. +49 3431 6784-0  
[www.spindelhersteller.com](http://www.spindelhersteller.com)

### ANWENDER

**Metrom Mechatronische Maschinen GmbH**  
09232 Hartmannsdorf  
Tel. +49 3722 598630  
[www.metrom-mobil.com](http://www.metrom-mobil.com)

### DIE AUTOREN

**Marcus Witt** ist Chief Technical Officer bei Metrom in Hartmannsdorf  
[marcus.witt@metrom.com](mailto:marcus.witt@metrom.com)

**Mathias Fiege** ist Chief Sales Officer bei SPL in Döbeln  
[m.fiege@spl-spindel.de](mailto:m.fiege@spl-spindel.de)

tung basiert, schließlich unterscheiden sich diese gravierend bezüglich der Systemsteifigkeit und -genauigkeit sowie hinsichtlich der Anschaffungskosten.

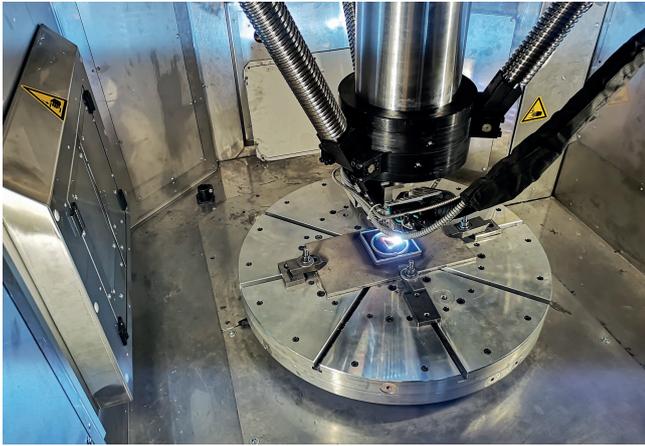
Der vielleicht wesentlichste Aspekt ist jedoch der hohe Zeitverlust durch die Ausricht- und Einmessvorgänge zwischen den Arbeitsprozessen, um die aufwendig generativ hergestellten Bauteile ohne Qualitätsverlust weiterverarbeiten zu können. Dabei kann es passieren, dass die Logistik mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die eigentliche Druck- und Nachbearbeitungszeit.

### 5-Achs-Parallelkinematik

Diese komplexen Herausforderungen meistert die Lösung von Metrom auf Parallelkinematik-Basis. Die Anwen-

dung dieser Bearbeitungszentren erfolgt beispielsweise beim Fräsen von Sandkernen oder bei der Bearbeitung von Siliziumcarbid und CFK. Infolge des dabei kritischen Aufkommens von Prozessstaub werden hohe Anforderungen an den Schutz aller Maschinenteile gestellt. Den typischen Aufbau der Maschinen zeigt Bild 1, wobei sich durch die zentrale Positionierung der Hauptspindel im Raum sehr große Werkstückabmessungen bearbeiten lassen.

Die eigensteife Struktur ermöglicht es, selbst schwer zerspanbare Werkstoffe wie Chrom-Nickel-haltige Stähle, Duplexstähle oder auch Inconel zu bearbeiten. Der anhaltende Trend zur Automatisierung fordert zudem die Integration weiterer Bearbeitungstech-



2 Laser-Auftragsschweißen mithilfe des eingewechselten Schweißmoduls © Metrom

nologien, die sich per Schnellwechselsystem bedarfsweise abrufen lassen und so einen Beitrag zur Reduzierung der in Summe anfallenden Rüst- und Bearbeitungskosten leisten.

Metrom bietet hierfür eine mobile 5-Achs-Hybrid-Werkzeugmaschine, die in der Lage ist, in einer Aufspannung das Werkstück einzumessen, die Kontur via Auftragsschweißen zu erzeugen (hierbei kommt das 3DMP-Modul von Gefertec zur Anwendung, Bild 2) sowie anschließend die Fräsbearbeitung durchzuführen. Ist der Fräsprozess abgeschlossen, wird, etwa im Zuge von verschleißbedingten Reparaturarbeiten an Presswerkzeugformen, im Nachgang ein Werkzeug zum Einglätten der Oberflächenrauheit mithilfe des sogenannten Oberflächenhämmerns verwendet. Alle Werkzeuge und Technologien sind durch einen direkten Werkzeugwechsel im Arbeitsraum verfügbar.

### Die Spindeln als Herzstück

Als Bindeglied zwischen Werkstück und Maschine kommt der Spindel eine tragende Rolle zu. Daher baut Metrom auf die langjährige Erfahrung von SPL. Seit 1995 werden am Standort Döbeln Spindeln entwickelt, die hinsichtlich Leistung, Drehzahl und Werkzeugaufnahme auf die Anwendung abgestimmt sind (Bild 3). Zum Einsatz kommen ausschließlich direktangetriebene Spindeln mit integriertem flüssigkeitsgekühltem Motor. Entsprechend der benötigten Eigenschaften stehen Spindeln in unterschiedlichen Ausführungen bis  $20000 \text{ min}^{-1}$  sowie bis  $120 \text{ Nm}$  Drehmoment zur Verfügung.

Im Fokus steht zunächst die Aufhängung und Lagerung der Spindelpatrone. Sie ist dreh-, schwenk- und kippbar gelagert, um die parallelen Bewegungen der Kinematik entsprechend in eine Vorschubbewegung umzusetzen. Zusätzlich muss sie über eine hohe Steifigkeit verfügen, um die entstehenden Bearbeitungskräfte aufzunehmen.

Die Lagerung der Spindel selbst erfolgt in hochgenauen Lagern der Präzisionsklasse P4, die unter definierter Vorspannung in der Gehäusebohrung eingebaut sind. Dadurch weisen sie eine gleichförmige Lastverteilung in jedem einzelnen Lager auf, was wiederum die Basis für eine überdurchschnittliche Lebensdauer und eine verringerte Temperaturentwicklung im Gesamtsystem ist. Der maximal zulässige Rundlauf – gemessen an der Werkzeugaufnahme – ist mit  $0,002 \text{ mm}$  im untersten Bereich des mechanisch Machbaren angesiedelt.

Besonders anspruchsvoll gestalteten sich die Lagerberechnungen. Infolge der hochdynamischen Schwenk- und Vorschubbewegungen belasten zusätzliche Corioliskräfte die Lagerung. SPL ist es gelungen, trotz der kompakten Bauweise



3 Beispielhafte Motorspindel von SPL des Typs SPL 2780.0 mit  $75 \text{ Nm}$  Drehmoment, Maximaldrehzahl  $18000 \text{ min}^{-1}$  und verschiedenen HSK-A100-Werkzeugaufnahmen © SPL

eine hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit der Spindellagerung zu realisieren.

Entscheidend für die Langlebigkeit der Spindel ist aber auch eine zuverlässige Abdichtung, um das Innenleben der Spindel vor eindringender Verschmutzung zu schützen. Wie bei allen SPL-Systemen kommt ein speziell entwickeltes Labyrinth in Kombination mit aktiver Sperrluft zum Einsatz.

Sensorsysteme zur Überwachung der Lagerung, Auswuchtssysteme mit Schwingungssensoren oder auch Crashesensoren werden auf Kundenwunsch in die Motorspindel integriert. Somit erhält der Kunde ein optimal auf die Anwendung zugeschnittenes Spindelkonzept und ist immer über den Zustand seiner Motorspindel und den Bearbeitungsprozess informiert. ■