



5-achsiges Bearbeitungszentrum in der Medizintechnik

Vielseitiger Knochenjob

Der Markt für Gelenkprothesen und Knochenimplantate wächst. Das Innovationstempo ist hoch, der Wettbewerb global, und der Kostendruck steigt. Flexible, reaktionsschnelle, zuverlässige und hochwertige Fertigungsstrukturen sind gefragt.

1 Die Funktionsflächen von Knieprothesen sind echte 3D-Topologien. Ausgangsmaterial sind Gussrohlinge aus einer Kobalt-Chrom-Legierung

VON KLAUS HENNECKE

→ Das menschliche Skelett ist mit über 200 Knochen ein biologisch-technisches Wunderwerk. Doch Knochen können brechen. Und: Mit der steigenden Lebenserwartung nimmt die Zahl degenerativer Gelenkerkrankungen zu. Gute Zeiten für die Hersteller von Implantaten? Der Kostendruck im Gesundheitswesen steigt. Zudem zwingt der globale Wettbewerb zu ständiger Innovation. Doch nicht alles Machbare ist wirtschaftlich vertretbar. Die chirurgischen Kliniken erwarten von den Herstellern ein ausgewogenes Preis-Leistungs-Verhältnis, unterstützt durch besten Service. Bei Standardindikationen sollen Systemlösungen und minimal-invasive Eingriffe den Operationsverlauf schonend und kostengünstig gestalten.

Die aap Implantate AG stellt sich seit der Gründung im Jahr 1990 diesen Herausforderungen. Aktuell entwickeln, produzieren und vermarkten 250 Mitarbeiter an drei Standorten Knochenzemente, Knochenersatzstoffe und Trägermaterialien für Antibiotika sowie Implantate für Frakturheilung und Gelenkersatz.

Hohe Ansprüche bei der Qualität von Geometrien und Oberflächen

Ein Schlüssel für den Markterfolg ist die schnelle und perfekte Umsetzung innovativer Ideen. Hierbei spielen zwei fünfachsige simultan CNC-gesteuerte Okuma-Bearbeitungszentren MU-400VA und das 3D-CAD-CAM-System für die NC-Programmierung eine entscheidende Rolle.

Produktionsleiter Bernhard Gottwald: »Das Entwicklungstempo bei Implantaten und Prothesen ist enorm. Unsere Anforderungen an die Qualität von Geometrien

und Oberflächen sind hoch, die Werkstoffe zerspanungstechnisch anspruchsvoll.«

Die Funktionsflächen von Knieprothesen sind echte 3D-Topologien (Bild 1). Ausgangsmaterial sind Gussrohlinge aus einer Kobalt-Chrom-Legierung mit 900 N/mm² und 27 HRC. Das Gussmaterial kann innere Spannungen haben, die sich bei der Zerspanung freisetzen, was die Genauigkeit der 5-achsigen Fräsbearbeitung negativ beeinflusst. Bei 0,6 mm Aufmaß darf die Formabweichung nach den drei Arbeitsgängen Schruppen, Vor- und Fertig-



2 Fliegender Wechsel: Die Okuma-CNC bietet viel Komfort und ist offen für Windows-Anwendungen wie etwa Excel. aap spart beim Einrichten durch die steuerungsintegrierte Messsoftware und den Renishaw-Messtaster viel Zeit

Bilder: Hennecke



3 Hoffnungsträger: aap fertigt auf den beiden Okuma-BAZ auch Spannvorrichtungen, Prägewerkzeuge und winkelstabile Platten für die Fixierung gelenknaher Frakturen

wie für seine sechs CAD-CAM- und Okuma-erfahrenen Kollegen einen gewissen Charme hat. Besonders freut sich Forster darüber, dass die NC-Programme sowohl auf der älteren Okuma-CNC OSP-E100 als auch auf der neuen OSP-P200 laufen. »Wir haben auf beiden BAZ an die 400 verschiedene Teile eingefahren. Die Kompatibilität macht uns sehr flexibel.«

Neben den Gelenkprothesen fertigt aap auf den beiden Okuma-BAZ auch Spannvorrichtungen, Prägewerkzeuge und immer mehr von den patentierten, anatomisch vorgeformten und winkelstabilen Platten für die Fixierung gelenknaher Frak-

schichten $\pm 0,1$ mm nicht überschreiten. Nach dem Gleitschleifen und Polieren gilt ein Mittenrauwert $Ra < 0,02 \mu\text{m}$ als iO. Gottwald: »Für das präzise Finish ist eine hochgenaue, reproduzierbare 3D-Fräsbearbeitung Grundvoraussetzung. Und dafür muss die Maschine einerseits sehr dynamisch und andererseits super solide sein.«

Die Sätze eines NC-Programms für Knieprothesen summieren sich schnell auf 2 MByte. Die reine Bearbeitung mit fünf unterschiedlichen Kugelfräsern dauert 90 Minuten, inklusive der »eingebauten« Messzyklen (Bild 2). Für die In-Prozess-Messung und als Einrichthilfe haben beide Okuma-BAZ in ihren 32er-MAS-BT-40-Werkzeugmagazinen einen Messtaster von Renishaw im Direktzugriff. Ferner hat aap beide MU-400VA mit einem Laser-Werkzeugmesssystem von Blum geordert.

TFC kompensiert den Einfluss von Temperaturschwankungen

Reinhard Dirks, Vertriebsingenieur der Hommel CNC-Technik, Köln: »Die Maschinen hier sind für die präzise und zugleich produktive 5-Achs-Bearbeitung bestens ausgestattet. Neben Messtaster und Laser haben beide die Okuma-eigenen AbsScale-Maßstäbe mit $0,1 \mu\text{m}$ Auflösung, die HSC-Funktion SuperNurbs und TFC.« Das von Okuma entwickelte und mehrfach prämierte Thermo Friendly Concept kompensiert den Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Bearbeitungsergebnis. Bei einem Temperaturwechsel von 8°C hält TFC die Abweichung unter $8 \mu\text{m}$.

Der Leiter der aap-Produktionsplanung Edmund Forster erinnert sich an einen sehr heißen Sommertag, an dem die Ab-



4 Multiplikator: aap praktiziert die Mehrfachaufspannung auf Wechselplatten. Prozessparallel bestückt, geht das Umrüsten schnell von der Hand

wärme aller Maschinen in Kombination mit der Sonneneinstrahlung die Produktionshalle auf 32°C aufgeheizt hatte. »Das war auch für TFC zu viel. Die Okuma hat sich dann einfach mit einer Warnmeldung abgeschaltet und so teuren Schrott vermieden. Beide Okuma-BAZ laufen sehr zuverlässig.« Und das mittlerweile zweischichtig, wobei die erste MU-400 schon seit 2004 im Dienst der Prothetik steht und auch die jüngere Schwester seit 2007 Cromo-Stähle und Titanlegierungen zuverlässig in Form und auf Maß bringt. Beide BAZ sind bis auf die Steuerungen identisch ausgestattet, was für den Produktionsplaner

turen (Bild 3). Gottwald: »Statt Durchgangsbohrungen haben die neuen Platten Gewindebohrungen, in die sich die Köpfe der Knochenschrauben eindrehen und eine feste, winkelstabile Verbindung der Frakturfragmente ermöglichen.« Die Gewinde müssen entsprechend der Oberflächennormalen fluchten und ihre Position präzise mit den winkelgenauen Bohrschablonen für den Operator korrespondieren. Auch dafür sind die 5-Achs-BAZ erste Wahl.

»Die NC-Programmierung kostet uns keine Maschinenzeit«

Forster: »Mit unserer geschlossenen Prozesskette für die 5-Achs-Bearbeitung können wir sehr flexibel disponieren. Die NC-Programme erstellen und testen wir mit unserem CAD-CAM-System. Änderungen und Detailoptimierungen sind damit keine Hexerei mehr. Und die NC-Programmierung kostet uns keine Maschinenzeit. Außerdem arbeiten wir mit Mehrfachaufspannungen (Bild 4). Da wir diese

i HERSTELLER

Hommel Gruppe

50767 Köln

Tel. 0221 59890

Fax 0221 59890

→ www.hommel-gruppe.de

→ EMO Hannover Halle 27, D20

auf Wechselplatten aufsetzen und prozessparallel bestücken, geht das Umrüsten schnell von der Hand. Beim Einrichten sparen uns der Messtaster und die steuerungsintegrierte Messsoftware viel Zeit.«

Maschinenbauliche Basis der sehr kompakt bauenden MU-400VA ist ein symmetrisch aufgebautes, FEM-optimiertes Portal. Die simultan ansteuerbaren Achsen vier und fünf werden durch eine Schwenkbrücke mit integriertem Drehtisch realisiert. Insgesamt ist der Maschinenbau extrem torsions- und biegesteif. Die Bauweise der MU-400VA reduziert die zu bewegenden Massen und garantiert (in Kombination mit Details wie Spindelkopf-kühlung, Maschinenkörperventilation und Temperaturkompensation) eine sehr gute thermische Stabilität der gesamten Maschinenkinematik. Der Wärmegang ist selbst über Schichten hinweg minimal. Okuma nennt für die Linearachsen X, Y, Z eine Positioniergenauigkeit von $\pm 4 \mu\text{m}$, als Wiederholgenauigkeit $\pm 1,5 \mu\text{m}$. Für die Rotationsachsen A und C soll die Indiergenauigkeit ± 4 Bogensekunden betragen, bei ± 1 s Wiederholgenauigkeit.

Qualitätsbewusste Anwender wissen viele weitere Details zu schätzen: die THK-Schwerlast-Kugelumlauf Führungen mit 53 mm breiter Führungsschiene, der vibrationsarme, 5-fach gelagerte Hohlwellenmotor, das thermosymmetrisch spü-



6 Reinhard Dirks, Vertriebsingenieur der Hommel CNC-Technik, Köln: »Die Maschinen hier sind für die präzise und zugleich produktive 5-Achs-Bearbeitung bestens ausgestattet«

lende Spindelkopf Kühlsystem oder auch die sehr geringe Auskragung der Spindel. Ferner verspricht das hohe Maschinengewicht von 7700 kg hohe Stabilität und Steifigkeit. Die Vibrationsneigung ist minimal, was die Werkzeugstandzeiten verlängert und die Langzeitgenauigkeit erhöht.

Die hohen Achsbeschleunigungen bis 0,75 g und prozesssicher handhabbare Verfahrgeschwindigkeiten bis 40 m/min im Eilgang sowie bis zu 32 m/min unter Span heben die Performance. Die A-Achse schwenkt 20° bis -100° und bringt es im Eilgang auf 40 min^{-1} ; und bei der um 360° drehenden C-Achse sind es sogar 50 min^{-1} . Der Arbeitstisch hat 400 mm Durchmesser. Der maximale Werkstückdurchmesser darf 600 mm betragen, und die zulässige Tischbelastung geht bis 300 kg. Der 22 kW starke Spindeltrieb beschleunigt die Tools auf maximal 15000 min^{-1} und entwickelt dabei ein maximales Drehmoment von 199 Nm. Höhere Drehzahlen sind optional. Damit eignet sich das 5-Achs-BAZ sowohl für filigrane Arbeiten mit kleinen Werkzeugdurchmessern als auch für Hartbearbeitung, Highspeed-Cutting und die Volumenzerspanung mit Hochleistungsfräsern. In Stahl (SC45) realisieren Anwender ohne Probleme Zerspanvolumen bis $800 \text{ cm}^3/\text{min}$. Für den zuverlässigen Abtransport der Späne aus dem Arbeitsraum sorgen zwei links und rechts vom Arbeitstisch platzierte Schraubenspäneförderer. Das Bohren ins Volle funktioniert

bis $\text{Ø} 55 \text{ mm}$, und das synchronisierte Gewindeschneiden gelingt bis M36, wobei die um bis zu 200 Prozent erhöhte Rückzugsgeschwindigkeit Nebenzeiten reduziert.

Für kurze Span-zu-Span-Zeiten sorgt der NC-gesteuerte Doppelgreifer in Kombination mit dem seitlich in die Maschinenverkleidung integrierten Werkzeugmagazin, das wahlweise Platz für 20, 32 oder auch 48 MAS-BT40-Tools bietet. Auf Wunsch adaptiert Okuma aber auch eine Spindel mit HSK-63-Aufnahme. Die Werkzeugwechselzeit liegt bei nur 1,2 s.

Ergonomie, Servicefreundlichkeit und Umweltschutz im Fokus

Die MU-400VA ist komplett umhaust und damit prozesssauber. Auch baut die Maschine sehr kompakt. Die Arbeitshöhe des Schwenkrundtisches und die gute Zugänglichkeit von Arbeitsraum und Werkzeugmagazin ermöglichen ermüdungsfreies Arbeiten ohne Verrenkungen. Die wenigen zu wartenden Komponenten sind komplett

i ANWENDER

aap Implantate AG
12099 Berlin
Tel. 030 75019-0
Fax 030 75019-111
→ www.aap.de

auf der Maschinenrückseite konzentriert und ebenfalls leicht zugänglich. Die Führungsbahnen werden über eine Zentralfettschmierung versorgt. Dadurch gibt es kaum Verlustöl, was wiederum die Lebensdauer der Kühlschmiermittel verlängert.

Okuma setzt bei Steuerung, Antrieben und Wegmesssystemen konsequent auf eigene Qualitäten, sodass auch bei der MU-400VA alle Komponenten von Haus aus optimal aufeinander abgestimmt sind. Ein wesentlicher Vorteil sind die absoluten Wegmesssysteme. Da die MU-400VA keinen Referenzpunkt benötigt, können nach einer Störung selbst in A- und C-Achse angestellte Werkzeuge direkt aus dem Werkstück herausgefahren werden. ■

Artikel als PDF unter www.werkstatt-betrieb.de
Suchbegriff → **WB110445**

Klaus Hennecke ist freier Journalist in Olpe
→ klaus@retema.de



5 Bernhard Gottwald, Produktionsleiter aap Implantate AG, Berlin: »Die Anforderungen an die Qualität von Geometrien und Oberflächen sind sehr hoch«