

Oberflächen-Feinstbearbeitung ■ Implantate ■ Höchstpräzisions-Werkzeugmaschine

Lange Lebensdauer von Endoprothesen

Bei der Gelenk-Endoprothetik stellt der Verschleiß der Implantate noch eine Herausforderung dar. Um den Anforderungen hinsichtlich Geometrie, Oberfläche und Festigkeit gerecht zu werden, müssen die Gleitflächen der Endoprothesen feinstbearbeitet werden.

von Wolfgang D. Riedel

Allein in Deutschland muss jedes Jahr bei etwa 400 000 Menschen ein künstliches Hüft- oder Kniegelenk eingesetzt werden. Vor allem Coxarthrosen, also der Verschleiß der Hüftgelenke, stellen häufige Indikationen dar und sind inzwischen fast zu einer Volkskrankheit geworden. Mit einer Fallzahl von etwa 220 000 stehen die Hüftoperationen an der Spitze aller orthopädischen Eingriffe (Bild 1).

Aufgrund der älter werdenden Gesellschaft ist damit zu rechnen, dass die Anzahl der Implantationen und die Nachfrage nach hochwertigen Endoprothesen weiter stark steigen wird. Schließlich gehören 80 Prozent der betroffenen Patienten der stetig wachsenden Altersgruppe über 60 Jahre an. Auch das allgemein zunehmende Übergewicht der Bevölkerung hat seinen Anteil. Selbst in der Veterinärmedizin ist das künstliche Hüftgelenk nicht mehr wegzudenken. Verbesserte Operationstechniken, Hochleistungswerkstoffe und vor allem präzise Bearbeitungsverfahren machen es möglich, dass die Hüftgelenk-Endoprothesen trotz hoher Belastung heute eine lange Lebensdauer haben.

Hohe Funktionalität und Langlebigkeit gefordert

Neue Studien haben gezeigt, dass nach zehn Jahren noch etwa 95 Prozent der Prothesen ohne Revision im Einsatz



1 Der Verschleiß der Hüftgelenke ist in Deutschland fast schon zu einer Volkskrankheit geworden. Etwa 220 000 Menschen müssen sich jährlich entsprechende Endoprothesen einsetzen lassen [Bild: psdesign1]

sind. Nach 20 Jahren sind es immerhin noch 70 bis 80 Prozent. Möglich wird dies durch die Höchstpräzisions-Bearbeitung der Gleitpaarungen auf Microfinish/Superfinish-Maschinen. Hierbei werden die geometrische Form der sphärischen Oberflächen sowie deren Rauigkeit optimiert. Das gilt insbesondere für Gelenkkugeln und das dazugehörige Gegenstück, die Gelenkpfannen.

Ziel der Implantathersteller ist es, mit der Endoprothese der natürlichen biomechanischen Form möglichst nahe zu kommen und die Oberflächenrauigkeit der Werkstücke extrem zu reduzieren. Eine sehr hohe Formgenauigkeit wird benötigt, um vor allem den Abrieb während der Nutzung möglichst klein zu halten. In den mikroskopisch kleinen Tälern der Oberflächen können sich Abrieb,

Knochenanteile oder auch Bakterien sammeln, die zu einer erhöhten Reibung, zu Entzündungen oder zur Lockerung der Prothese führen. Deshalb müssen die Oberflächen Spiegelglanz aufweisen, das heißt N2-poliert sein (Bild 2).

Darüber hinaus ist die Durchmessertoleranz verschwindend gering zu halten, damit der Chirurg vor oder sogar noch während der Operation entscheiden kann, welche Gelenkkugel mit welcher -pfanne er für den Patienten idealerweise paaren möchte. Je kleiner die Durchmessertoleranz, desto größer der Flächenkontakt und desto besser die Funktion und Haltbarkeit der Implantatteile.

Bei der Bearbeitung der künstlichen Gelenke ist höchste Präzision gefordert, denn ungenaue Kugel-Kalotten-Paarungen sind nicht nur in Bezug auf die Lebensdauer von Nachteil für den Patienten: Zu locker sitzende Kugeln können Probleme bei Bewegungen und zu ungenaue Kugelformen Quietschgeräusche durch starke Pressung an kleinen Flächenabschnitten verursachen. Die hohen Qualitätsanforderungen der Implantathersteller werden insbesondere von der speziell für die Bearbeitung sphärischer Werkstücke entwickelten Maschine EndoStar des Marktführers im Bereich Oberflächenfeinstbearbeitung, Thielenhaus Technologies, erzielt (Bild 3).

Werkstoffe und Paarungen

Die EndoStar ist von ihren einstellbaren Prozessparametern, insbesondere ihren Schnittgeschwindigkeiten, so konzipiert, dass Endoprothesen aus sämtlichen Materialien feinstbearbeitet werden können. Die klassischen Hüftgelenk-Paarungen aus Kugel und Kalotte bestehen heute meistens aus einer harten, konvexen und einer weichen, konkaven Fläche. Für die weiche Komponente, das sogenannte Inlay, wird oft abriebfestes ultrahochmolekulares Polyethylen verwendet. Bei der harten Komponente sind Kobalt-Chrom-Legierungen, Titan oder Keramik üblich. Oft bestehen die Weich-Hart-Paarungen aus hoch- und quervernetzten Polyetherketonen und Aluminiumoxid-Keramik.

Metallische Werkstoffe sind in der Regel gefordert, wenn Knochen und Prothese nicht mechanisch miteinander ver-



2 Hüftgelenkkugeln und -pfannen müssen nicht nur exakt zueinander passen, sondern auch Spiegelglanz aufweisen (Bild: Thielenhaus Technologies)

ten mehr als 15 Jahre beträgt, wurden von den Implantatherstellern auch Hart-Hart-Paarungen wie Keramik/Keramik und Metall/Metall entwickelt. Neben Hüftgelenken lassen sich auf der EndoStar zum Beispiel auch Bandscheiben-Implantate für die Wirbelsäule bearbeiten.

Die beim Bearbeitungsprozess verwendeten Werkzeuge sind abhängig vom Material des Werkstücks. Bei keramischen Implantaten kommen Diamantwerkzeuge zum Einsatz, bei metallischen Werkstücken sind alle konventionellen Werkzeuge bis hin zum CBN möglich.

Um das optimale Werkzeug zu finden, führt der Maschinenhersteller für jeden Werkstoff der Kunden Probebearbeitungen an den unterschiedlichen Original-Implantaten durch und erstellt dazu entsprechende Werkzeuglisten.

Anforderungen übertroffen

Die EndoStar ist mit einer um 90° schwenkbaren Werkstückspindel ausgestattet, sodass Kugeln oder Kalotten von allen Seiten prozesssicher bearbeitet werden können. Das hier zur Anwendung kommende Microfinish-Verfahren führt zu entscheidenden Verbesserungen der Mikro- und Makrogeometrie des Implantats, sichert einen hohen Traganteil und verringert die spezifische Flächenbelastung. Der Reibwert des Werkstücks wird dadurch erheblich reduziert. Zusätzlich beseitigt die Bearbeitung die amorphe Werkstoffschicht, die durch Vorbearbeitungsverfahren entstehen kann, sodass das Grundmaterial mit seiner vollen Härte und Belastbarkeit zum Tragen kommt. Ein weiterer Vorteil ist die Erhöhung der Druckeigenspannung in der Werkstückrandzone (Bild 4).

Die tolerierten Formabweichungen werden mit der Maschine um mehr als 50 Prozent unterschritten (Tabelle). Damit lässt sich die gerade bei Endoprothesen erforderliche hohe Sicherheit erreichen. Für solche Genauigkeiten ist die EndoStar extrem steif gebaut. Um sicherzustellen, dass die bearbeiteten Werkstücke die Zeichnungsforderungen



3 Auf der EndoStar können sowohl Gelenkkugeln als auch -pfannen so bearbeitet werden, dass die technische Basis für eine optimal abgestimmte Implantatwahl, verbesserte Gleitpaarungen, weniger Probleme mit Abrieb, mehr Sicherheit und Langlebigkeit der Endoprothese gegeben ist (Bild: Thielenhaus Technologies)

gen deutlich übertreffen, hat der Hersteller alle verwendeten Bauteile sowie die Spindellagerung besonders hochwertig ausgeführt. Leistungsfähige Antriebe der Werkzeug- und der Werkstückspindel mit 15000 beziehungsweise 5700 min^{-1} sorgen für eine hohe Bearbeitungsqualität und Verfügbarkeit. Ein vollautomatischer Werkzeugwechsler auf Schlitzen mit bis zu zehn Werkzeugen erlaubt eine mehrstufige Bearbeitung in einer Aufspannung. So werden Spannfehler vermieden und die Qualität weiter optimiert (Bild 5).

Sicherer Prozess und hohe Wiederholgenauigkeit

Zur höchstmöglichen Prozessstabilität ist die Maschine mit der patentierten Kraftregelung MicroSens ausgerüstet, die der NC-Achse überlagert ist und während des Prozesses die Kraft, welche das Werkzeug auf das Werkstück ausübt,

MICROFINISHING

Feinstbearbeitung mit der »EndoStar«

»Unsere Technologie sichert bei verkürzten Bearbeitungszeiten höchste geometrische Formgenauigkeit und engste Maßtoleranzen. Alle konventionellen Bearbeitungsverfahren haben ihre Grenzen, dabei ergeben sich Abweichungen von der mathematisch optimalen Form. Dem können wir entgegenwirken, indem unser Verfahren die Bearbeitungsbewegungen überlagert. Durch die Bearbeitung werden zudem die positiven Druckeigenschaften in der Oberfläche erhöht, sodass diese belastbarer wird.«



**Oliver Stammen, Vertriebsleiter
Thielenhäus Technologies GmbH**

im Grammbereich nicht nur überwacht, sondern auch steuert. So wird jedes Werkstück stets mit denselben Kraftparametern bearbeitet und eine sehr hohe Wiederholbarkeit des Prozesses sichergestellt. Darüber hinaus ist dadurch der Werkzeugverschleiß minimiert.

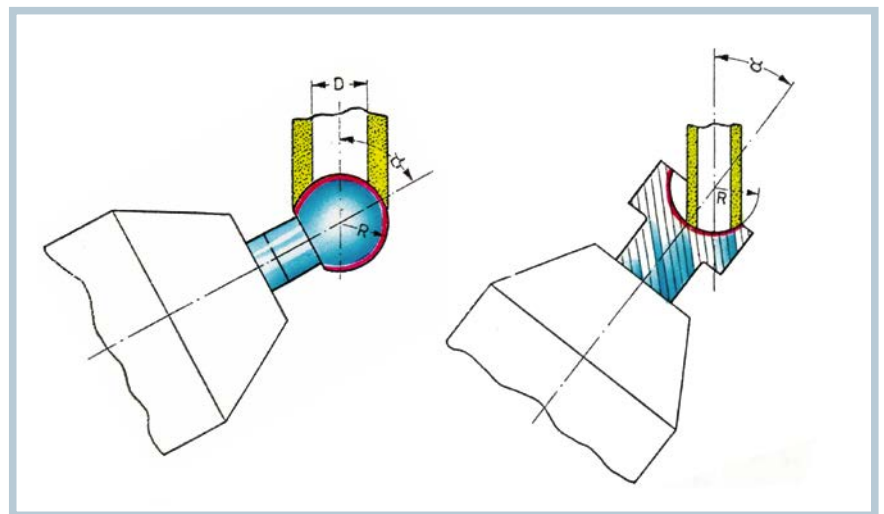
Durch zusätzliche Festlegung einer Maximalkraft, mit der die Maschine arbeiten darf, ist der Implantathersteller in der Lage, sehr dünnwandige Topscheiben einzusetzen, die ein extrem hohes Spanvolumen bringen, ohne dass sie überfordert werden. So dient die Kraftregelung nicht nur der Prozessstabilität, sondern auch dem Crasheschutz. Selbst der ebenfalls auf dieser Maschine mögliche Poliervorgang für die Nachbearbeitung wird damit vereinfacht, da es hierbei nicht nur auf das Poliermittel, sondern ganz wesentlich auch auf die Arbeitskraft ankommt.

Kompakte und ergonomische Form

Neben der hohen Präzision und Sicherheit sind die kompakte vertikale Bauform und die gute Zugänglichkeit das Beson-

dere an der EndoStar. Der Arbeitsraum öffnet nahezu über die gesamte Maschinenbreite, und die Bearbeitungsebene ist mit 1200 mm vom Boden aus ergonomisch optimal angelegt. Der Bediener kann so nicht nur alle Einrichtungen wie Aufnahme, Messsteuerung und Werkzeuge aufrecht stehend in Unterarmlänge erreichen, ohne sich in die Maschine zu beugen, sondern auch den Prozessablauf sehr gut verfolgen. Umrüstungen, zum Beispiel von Kugel auf Kalotte, sind dadurch schnell und einfach möglich. Das kompakte Design und der integrierte Schaltschrank der Hakenmaschine sorgen für eine leichte Aufstellung bei außerordentlich geringem Flächenbedarf.

Die Werkstückspindel nimmt zum Be- und Entladen sowie zum Begutachten eine vertikale Ausgangsposition ein. So kann das Implantat stets unter demselben Winkel und derselben Lichtbrechung betrachtet werden. Falls die Eingangsqualitäten schwanken und eine Nachbearbeitung erforderlich sein sollte, kann – ohne das Werkstück auszuspannen – ein Nachbearbeitungsprogramm

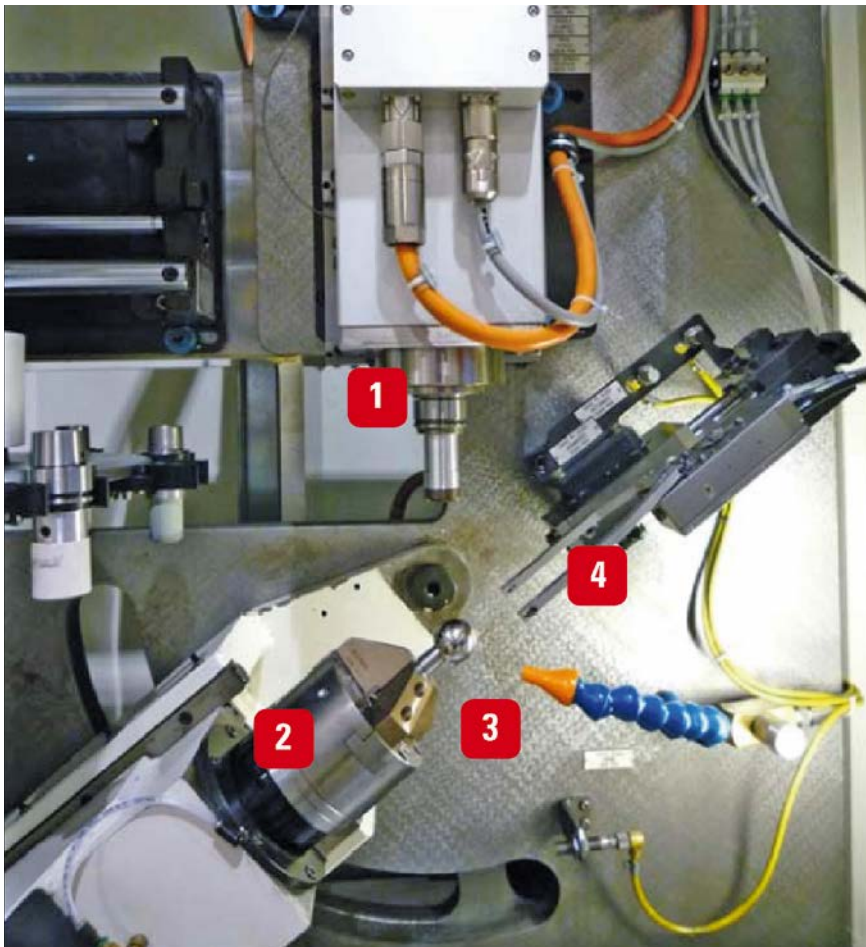


4 Das Microfinish-Feinstbearbeitungsverfahren sorgt für entscheidende Verbesserungen der Mikro- und Makro-Geometrie der Implantatteile, sichert einen hohen Traganteil und verringert die spezifische Flächenbelastung (Bild: Thielenhäus Technologies)

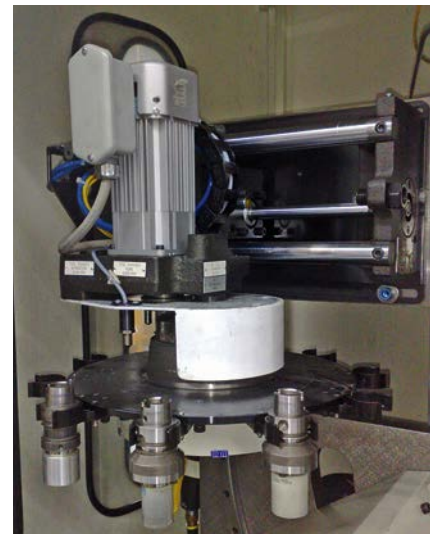
Werkstückspezifikationen (Arbeitsbeispiel Kugel)		
	Vor Microfinish	Nach Microfinish
Rautiefe (Ra)	Gedreht oder unbearbeitet	0,02 μm
Durchmesser	28,4 mm	27,9 +/- 0,005 mm
Rundheit	---	< 0,002 mm
Taktzeit	2 – 4 Minuten	

Tabelle: Hochpräzise Geometrie und Oberflächen sind für die einwandfreie Funktionalität und Langlebigkeit der Endoprothesen eine wichtige Voraussetzung

(Bild: Thielenhäus Technologies)



5 Der Blick in den Arbeitsraum zeigt die Werkzeugspindel (1) mit MicroSens-Kraftregelung sowie die Werkstückspindel (2) auf 90°-schwenkbarem Längsschlitten mit 150 mm Hub, die werkstückspezifische Aufnahme (3) für Kugeln oder Kalotten und die Messeinrichtung (4) zur Durchmesserkontrolle während, vor und nach jeder Bearbeitung (Bild: Thielenhaus Technologies)



6 Das automatische Werkzeugwechselsystem der EndoStar kann bis zu zehn Werkzeuge aufnehmen, die automatisch im Prozess eingewechselt werden

wird diese Technologie auch für andere Aufgaben außerhalb der Medizintechnik eingesetzt, zum Beispiel in der Chemieindustrie, für die hochgenau dichtende Ventilkugeln oder hochpräzise Druckventile mit Blasenzahl null bearbeitet werden müssen. Bei Einspritzsystemen für Kraftfahrzeuge, wo heute Drücke von bis zu 3000 bar vorkommen, werden auf den Maschinen Dichtflächen bearbeitet, die so präzise gefertigt sein müssen, dass sie selbst bei diesen hohen Drücken immer noch abdichten. ■

angewählt und ein Poliervorgang in der Maschine ausgelöst werden, ohne die Geometrie zu verändern.

Der integrierte 10-fach-Werkzeugwechsler (Bild 6) erlaubt es, alle für die Bearbeitung benötigten Werkzeuge im Zugriff zu halten, ohne dass während des Prozesses ein manueller Wechsel erforderlich wird. Ist ein Werkzeug verbraucht, stellt die Maschine automatisch auf ein gleiches anderes um. Die Messsteuerung sorgt dafür, dass der Prozess automatisch abläuft und die Genauigkeit durch den Ausschluss von Bedienfehlern erhöht wird.

Ein weiterer Vorteil ist die einfache Bedienung über das Touchscreen-Display. Die Steuerung ist so programmiert, dass bei neuen Werkstücken nur noch die Zeichnungswerte in eine Bedienmaske eingegeben werden müssen. Sind die Parameter gefunden, können diese dann im Programm mit dem Namen des Werkstücks, der Zeichnungs- oder Sachnummer gespeichert und später immer wie-

der aufgerufen werden. In der Standardversion lassen sich 100 Werkstücktypen ablegen. Der Speicher ist nahezu beliebig erweiterbar.

Fazit

Mit dem Feinstbearbeitungsverfahren Microfinish und den entsprechenden Bearbeitungsmaschinen sind die Implantathersteller in der Lage, die hohen klinischen und medizintechnischen Anforderungen der modernen Endoprothetik zu erfüllen. So kann der Gelenkersatz in Verbindung mit einer modernen minimal-invasiven Operationsmethode für die betroffenen Patienten eine schnelle Schmerzfreiheit und einen enormen Mobilitätsgewinn bedeuten.

Neben der Bearbeitung von Kugeln und Kalotten ist die EndoStar für alle sphärischen Werkstücke oder für solche, in die eine Sphäre wie ein Kreisbogen, ein Kugelabschnitt oder Ähnliches eingearbeitet werden muss, verwendbar. So

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER

Thielenhaus Technologies GmbH

42285 Wuppertal

Tel. +49 202 481-0

www.thielenhaus.com

DER AUTOR

Wolfgang D. Riedel ist Stellvertretender Chefredakteur des Presseinformationsdienstes TECHNOPRESS
riedel@technopress.de

VIDEO

Über diesen QR-Code oder den Suchbegriff »EndoStar« lässt sich bei YouTube ein Demonstrationsvideo der EndoStar aufrufen



PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/980512