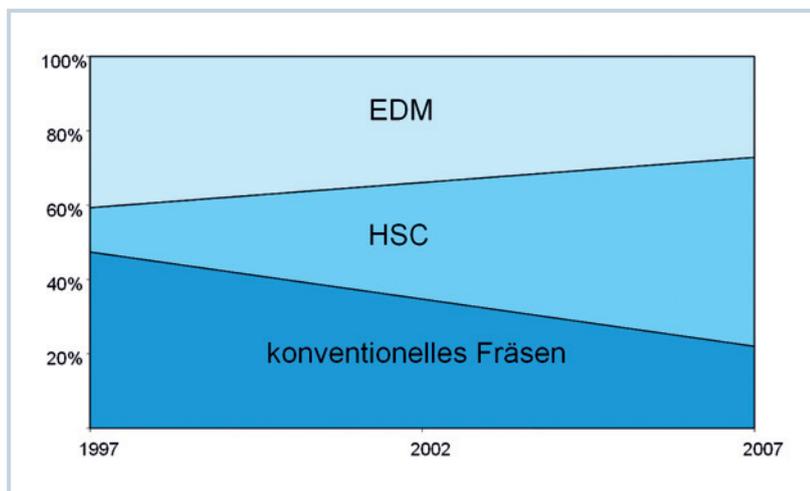


ERODIEREN UND HOCHLEISTUNGSFRÄSEN

Gegner oder Dreamteam?

Während das Schneiderodieren mit ablaufender Drahtelektrode weitgehend konkurrenzlos bei der Herstellung von Schnitt- und Stanzwerkzeugen, in der Medizintechnik, Uhrenindustrie und Mikrotechnik ist, stehen sich die funkenerosive Senkbearbeitung (EDM) und das Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC) im Formenbau als konkurrierende Fertigungsverfahren direkt gegenüber. Man kann sie aber auch als ein Technologiepaar ansehen.



Verdrängt: Das HSC-Fräsen hat im Verlauf der letzten zehn Jahre sowohl der EDM-Bearbeitung als auch dem konventionellen Fräsen Anteile abgenommen.

IN DEN VERGANGENEN zehn Jahren hat sich im Werkzeug- und Formenbau ein starker Wandel vollzogen. In kaum einem anderen Bereich sind die Spuren der Globalisierung deutlicher zu erkennen als in diesem Industriezweig. Zum einen wurden viele lohnintensive Arbeitsplätze nach Osteuropa und Asien verlagert, zum anderen hielten neue technologische

Möglichkeiten Einzug, die die Unternehmen zu einer Neuordnung ihrer Produktionsprozesse sowie zu überlebensnotwendigen Investitionen zwingen und zwingen. Es gilt, die neuen Potenziale gezielt auszuschöpfen. Die funkenerosive Senkbearbeitung und das Hochleistungsfräsen in Form des HSC-FräSENS dienen vor allem der Erzeugung von komplexen dreidimen-

sionalen Kavitäten und Formkernen für Spritz- oder Druckgießformen sowie der Herstellung von Schmiedestempeln und -gesenken, von Presswerkzeugen, Prägestempeln, Sinterpressmatrizen und Blasformen. Während die funkenerosive Bearbeitung thermisch abtragend und nahezu kräftefrei wirkt, gehört das Hochgeschwindigkeitsfräsen zu den mit geometrisch bestimmter Schneide abspannenden Verfahren. Bereits aus diesen oft zu wenig beachteten Unterschieden ergeben sich Eigenschaften, die für bestimmte Anwendungen eine grundsätzliche Eignung festlegen. Das HSC-Fräsen hat sich per ›Quereinstieg‹, aber auch bei der Herstellung von Grafit- und Kupferelektroden eta-

sionalen Kavitäten und Formkernen für Spritz- oder Druckgießformen sowie der Herstellung von Schmiedestempeln und -gesenken, von Presswerkzeugen, Prägestempeln, Sinterpressmatrizen und Blasformen. Während die funkenerosive Bearbeitung thermisch abtragend und nahezu kräftefrei wirkt, gehört das Hochgeschwindigkeitsfräsen zu den mit geometrisch bestimmter Schneide abspannenden Verfahren. Bereits aus diesen oft zu wenig beachteten Unterschieden ergeben sich Eigenschaften, die für bestimmte Anwendungen eine grundsätzliche Eignung festlegen. Das HSC-Fräsen hat sich per ›Quereinstieg‹, aber auch bei der Herstellung von Grafit- und Kupferelektroden eta-

bliert und ist schon unter diesem Gesichtspunkt ein komplementäres Verfahren zur Senkerosion.

Was sind die Merkmale der beiden Verfahren?

Das HSC-Fräsen ist erst durch die rasante Entwicklung der Schneidstofftechnologie und die genaue Kenntnis des Wirkprozesses zwischen Werkzeugschneide und Werkstück möglich geworden. Ein wesentliches Kriterium ist die Verteilung und Ableitung der durch das Abspanen entstehenden Wärme. Insbesondere bei der Bearbeitung gehärteter Werkzeugstähle ist der Bearbeitungsprozess so zu parametrisieren, dass im Schneidenbereich Temperaturen nahe oder oberhalb der Schmelztemperatur des Werkstückwerkstoffs entstehen. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, kommt es zu einem wirtschaftlichen und funktionierenden Bearbeitungsvorgang. Als Werkzeuge kommen moderne Feinstkornhartmetalle mit Beschichtungen zum Einsatz, die auf das Werkstückmaterial abgestimmt sind. Typische

Hart: Das HSC-Fräsen ist längst auch in die Hartbearbeitung vorgedrungen und hat damit der Senkerosion auch in der Umformtechnik den Rang streitig gemacht. Zum Fräsen der Kavitäten im Werkstück links oben wurden 360 min benötigt, die Bearbeitungszeit für das rechte obere Werkstück betrug 800 min.

Werkzeugdurchmesser im Werkzeug- und Formenbau reichen von $d = 0,2$ mm bis zu $d = 16$ mm, wobei ein größtes Verhältnis von Schneidlänge zu Durchmesser von $l/d = 10$ bis $l/d = 15$ möglich ist. Ausnahmen bestätigen die Regel. Beim funkenerosiven Senken (EDM) werden zwei mit elektrischer Spannung beaufschlagte Elektroden (Werkstück und Elektrode) in einer elek-



Göppinger Maschinenbautage 2007

Unter diesem Titel fand am 21. und 22. März in der Stadthalle Göppingen eine Tagung statt, die von der Wirtschaftsförderungsgesellschaft für den Landkreis Göppingen (WiF) organisiert wurde. Damit wollte man im EMO-Jahr 2007 in einem Zentrum des Werkzeugmaschinenbaus Herstellern, Händlern und Käufern hochwertiger Produktionstechniken die Möglichkeit zur Information über Trends, Neuigkeiten und Anforderungen bieten. »Werkzeugmaschinen für Ihre Fertigung – produktiv, präzise, preiswert«, war das Motto der Veranstaltung. Landrat Franz Weber, Schirmherr der Göppinger Maschinenbautage, konnte 270 Teilnehmer begrüßen. Die 14 Vorträge und die Möglichkeit, Werkzeugmaschinenbauer und Zulieferer in Göppingen und Umgebung, darunter auch Agie in Schorndorf, zu besuchen, dienten als Diskussionsgrundlage, »ob Werkzeugmaschinen aus Hochlohnländern ihren Preis wert sind«. Sicherlich hatte auch die »Aktuelle Situation des deutschen Werkzeugmaschinenbaus«, vorgetragen von Helmut v. Munschaw vom Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW), schon allein von der Stimmung her (»vier gute Jahre in Folge«) zum Gelingen der Veranstaltung in Göppingen beigetragen. K.M.



Gleichwertig: Die Bilder zeigen Beispiele von HSC-gefrästen Teilen. Man kann davon ausgehen, dass sowohl das HSC-Fräsen als auch die Senkerosion in Bezug auf die Bauteilgenauigkeit (Formfehler in der Größenordnung 2 bis 5 μ m) weitgehend gleichwertig sind.



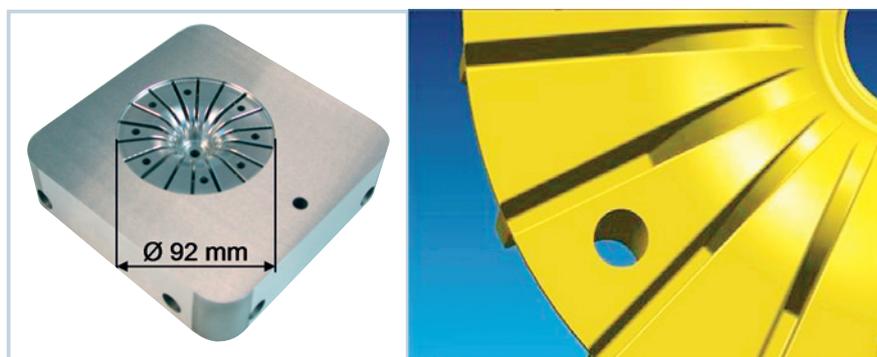
Obwohl erhebliche Vorteile für das Hochgeschwindigkeitsfräsen bestehen, bleiben andererseits mancherlei Geometrielemente, die sich genau und prozesssicher nur mit der Senkerosion bearbeiten lassen.

trisch isolierenden Flüssigkeit (Dielektrikum) einander so lange angenähert, bis es an den Feldspitzen zum Ladungsüberschlag kommt und sich in der Folge zwischen den Elektroden ein Plasmakanal mit Materialabtrag bildet. Durch sequenzielles Wiederholen dieses Vorgangs können nennenswerte Materialvolumina von elektrisch leitenden Werkstoffen abgetragen werden. Ein genaues Einstellen optimaler Randbedingungen beeinflusst die Effizienz und Sicherheit des Prozesses stark. Das bedeutet Parametrisierung der elektrischen Entladung, »intelligentes« Ausspülen der abgetragenen Partikel und Auswahl besonders geeigneter Werkstoffe für die Werkzeugelektrode. Der Entwicklungsaufwand für entsprechende Werkzeugmaschinen liegt deshalb in erster Linie in der Bereitstellung geeigneter technologischer Parameter für den Endanwender sowie in der Implementierung moderner und schneller Elektronik.

Beide haben Stärken und Schwächen

Das HSC-Fräsen hat im Verlauf der letzten zehn Jahre sowohl der EDM-Bearbeitung als auch dem konventionellen Fräsen Anteile abgenommen. Das HSC-Fräsen ist auch in die Hartbearbeitung vorgedrungen. Man kann davon ausgehen, dass so-

wohl das HSC-Fräsen als auch die Senkerosion in Bezug auf die Bauteilgenauigkeit (Formfehler in der Größenordnung 2 bis 5 µm) weitgehend gleichwertig sind. Eine Besonderheit ist das fünfachsige Hochgeschwindigkeitsfräsen, das etwas weniger genau arbeitet. Diese Einschränkung gilt allerdings auch für Senkerodiermaschinen mit mehr als drei Achsen. Auch unter dem Aspekt der erreichbaren Oberflächengüte ($R_a = 0,1 \mu\text{m}$) erscheinen beide Verfahren zunächst gleichwertig, mit einem kleinen Vorteil für das HSC-Fräsen. In der Praxis gelten für die Senkerosion folgende Einschränkungen: Die erzielbare Oberflächengüte ist ab-



Ein Fall für EDM: Eine der Einschränkungen für das HSC-Fräsen gegenüber der Senkerosion besteht im realisierbaren Verhältnis von der Tiefe zur Breite einer Kavität. Die Bilder zeigen den Formeinsatz für ein Gebläserad eines Haartrockners mit 92 mm Durchmesser und einer Genauigkeit von $0,015 \mu\text{m}$ aus 1.2083 (X42Cr 13), 54 HRC. Ebenfalls vorgegeben waren ein R_a von $0,6$ bis $0,8 \mu\text{m}$ und eine Bearbeitungszeit von < 900 min.

Der Systemanbieter

GF AgieCharmilles (www.agiecharmilles.com), eine Tochtergesellschaft des Schweizer Industriekonzerns Georg Fischer, sieht sich als weltweit führender Anbieter von Maschinen und Systemlösungen für den Werkzeug- und Formenbau sowie für die Fertigung von Präzisionsteilen. Das Angebot an Werkzeugmaschinen hat die Schwerpunkte Funkenerosion (Agie und Charmilles) sowie Fräsen (Mikron). Im Bereich der Funkenerosion werden die traditionellen Verfahren der Senkbearbeitung (DED – Die Electro Discharge Machining) und des Drahtschneidens (WEDM – Wire Electro Discharge Machining) durch eine komplette Produktpalette abgedeckt (EDM ist das Kürzel für alle Verfahren der Funkenerosion). Die Produkte im Bereich Fräsen sind auf die Bereiche HPC (High Performance Cutting) und HSC (High Speed Cutting) und auf Fertigungsaufgaben in der Einzelteilfertigung sowie bei kleinen bis mittleren Serien fokussiert. Dabei reicht das Produktspektrum jeweils von der preiswerten Maschine für »Einsteiger« bis zur komplexen und hochgenauen High-End-Maschine. Zum Gesamtangebot gehören auch Automationslösungen und die Software, die die Einzelprozesse zu einem funktionierenden und effizienten Fertigungsprozess verbindet. Als weitere wichtige Aktivitäten gelten die Herstellung und der Vertrieb von Komponenten wie Frässpindeln, Zubehör und Verschleißteile. Kennzahlen: Im Jahre 2006 erarbeiteten 3099 Mitarbeiter weltweit einen Umsatz von 1,1 Milliarden CHF (710 Millionen Euro). Die globale Präsenz ist durch mehr als 50 Betriebsstätten gegeben, produziert wird in drei Ländern. Der von AgieCharmilles angegebene weltweit installierte Maschinenbestand beträgt über 100 000 Anlagen.

hängig von der aktiven Fläche der Elektrode. Wenn die aktive Oberfläche größer wird, nimmt die erreichbare Oberflächenqualität ab. Gleichzeitig steigt die erforderliche Bearbeitungszeit überproportional an, wenn eine definierte Oberflächengüte erzeugt werden soll. Im Vergleich dazu bleibt beim HSC-Fräsen die Größe einer zu bearbeitenden Oberfläche ohne Einfluss auf die Oberflächenqualität. Eine Begrenzung kann durch die Lebensdauer des Fräswerkzeugs gegeben sein. Der Nachteil der funkenerosiven Senkbearbeitung wird kompensiert und zum Vorteil, wenn die verfahrensspezifische Oberflächenstruktur der Kavität oder des Formkerns zur Strukturierung von Sichtteilen aus Kunststoff ausdrücklich erwünscht ist. Ist keine Struktur erwünscht, zum Beispiel bei Kunststoffteilen mit glatter oder glänzender Oberfläche sowie bei



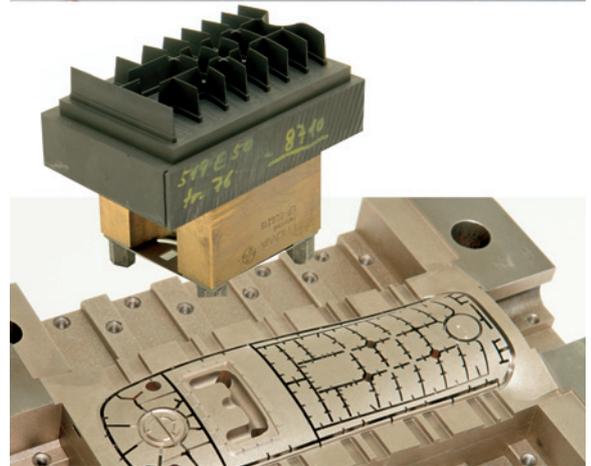
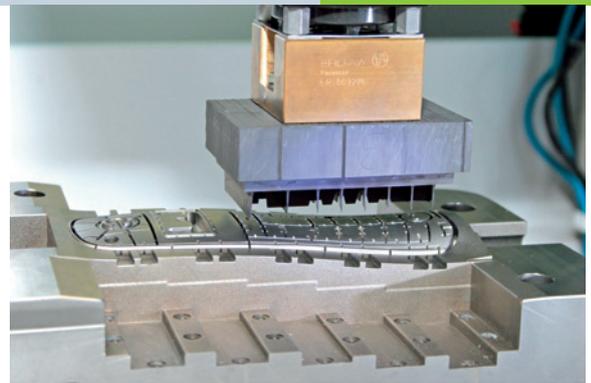
Schmiedegesenken und -stempeln oder in Druckgusswerkzeugen, so ist das HSC-Fräsen mit Blick auf die Oberflächengüte das geeignetere, weil schnellere Bearbeitungsverfahren. In Bezug auf den erzielbaren Materialabtrag je Zeiteinheit beim Schruppen oder die realisierbare Fläche je Zeiteinheit beim Schlichten hat das HSC-Fräsen Geschwindigkeitsvorteile mit dem Faktor 3 bis 4. In diesem Zusammenhang erwähnt sei aber auch die prozessichere Automatisierbarkeit von EDM-Anlagen für den bedienerlosen Betrieb, der nach der Tagesarbeit »weiterlaufen« kann.

Einer der herausragenden Vorteile des Senkerodierens gegenüber dem HSC-Fräsen ist die vollständige Unabhängigkeit des Verfahrens von der Härte und Zähigkeit des zu bearbeitenden Materials. Realistisch betrachtet funktioniert das Verfahren Hochgeschwindigkeitsfräsen weitgehend problemlos bis zu einer Materialhärte von 58 bis 60 HRC. Übersteigt die Härte diesen Wert, ist von einem starken Anstieg des Werkzeugverschleißes auszugehen. In Verbindung mit der Härte des zu bearbeitenden Materials ist unbedingt auch die Zähigkeit zu sehen. Der Härte und der Zähigkeit wird durch spezielle Geometrien der empfohlenen Fräswerkzeuge entsprochen. Sind beide Merkmale sehr verschieden ausgeprägt, kann durch zielgerichtete Auswahl des Fräswerkzeuges eine optimale Lösung gefunden werden. Pro-

blematisch ist die Bearbeitung von Werkstoffen, die sehr hart und sehr zäh sind. Eine weitere Einschränkung für das HSC-Fräsen gegenüber der Senkerosion besteht im realisierbaren Verhältnis von der Tiefe zur Breite einer Kavität.

Ähnlich ist die Situation in Bezug auf das Verhältnis der Tiefe einer Kavität zum Radius ihrer Innenkanten. Die Problematik wächst, je kleiner der Radius und je schlechter die Zugänglichkeit ist. Grundsätzlich sind hierfür Fräswerkzeuge mit einem großen Aspektverhältnis (Verhältnis von Länge zu Durchmesser) nötig. Im Zusammenhang mit diesem Fertigungsproblem spielen einige Faktoren eine Rolle. Dazu zählen die Härte und Zähigkeit des Materials, die Bearbeitungssituation (Späneabfuhr, Schmiermittelzufuhr), die Qualität des Fräswerkzeugs, die Qualität der Werkzeugspannung (Rundlauf) sowie die Bearbeitungsstrategie. Mit der Senkerosion lässt sich eine derartige Fertigungsaufgabe relativ leicht lösen. Alternativ dazu kann eine Kombination beider Fertigungsverfahren, zum Beispiel in einer Fertigungszelle, sinnvoll sein. Dabei werden per Senkerosion diejenigen Partien bearbeitet, die durch HSC-Fräsen nicht bearbeitbar sind.

Die Betriebskosten von Senkerodiermaschinen und Hochgeschwindigkeits-Fräsmaschinen sind weitgehend identisch, vorausgesetzt, es werden Maschinen der gleichen Kategorie miteinander verglichen. Ein wichtiger Faktor bei diesem Vergleich ist die Betrachtung der Kosten für Werkzeuge (Fräswerkzeuge, Elektrodenherstellung), Hilfsstoffe (Dielektrikum, Öl für Minimalmengenschmierung), Ersatz- und Austauschteile (Spindeln) und Entsorgung (Dielektrikum, Späne, Erodierschlamm).



EDM im Vorteil: Elektrode und Formkern für das Schnurlos-Telefon Gigaset A165, eingesetzt und bearbeitet auf der Senkerodiermaschine Agietron Hyperspark HS.

Fazit

Die Frage nach einem »Gewinner« im Werkzeug- und Formenbau – ist es HSC oder EDM? – lässt sich nicht eindeutig und endgültig beantworten. Obwohl erhebliche Vorteile für das Hochgeschwindigkeitsfräsen bestehen, bleiben andererseits mancherlei Geometrielemente, die sich genau und prozesssicher nur mit der Senkerosion bearbeiten lassen. So sind beim heutigen Stand der Technik die beiden Verfahren eher komplementär zu sehen und anzuwenden. Da die Vorteile des HSC-FräSENS bei der Elektodenfertigung unbestritten sind, wählen viele Werkzeug- und Formenbauer diesen »Quereinstieg«, und lernen dabei das »Technologiepaar« HSC und EDM auch besser kennen. ■ FW100705

Der Beitrag basiert auf dem Vortrag »Erodieren und Hochleistungsfräsen – das effiziente Technologiepaar für den Werkzeug- und Formenbau, den **MICHAEL HAUSER**, Leiter Marketing und Sales Support und Leiter des Geschäftsbereichs Fräsen (Mikron), AgieCharmilles Management Ltd., Genf (CH), bei den Göppinger Maschinenbautagen 2007 gehalten hat.



Partnerschaft: Alternativ kann eine Kombination beider Fertigungsverfahren, wie in dieser automatisierten Fertigungszelle, sinnvoll sein. Dabei werden per Senkerosion (hier Agie) diejenigen Partien bearbeitet, die durch HSC-Fräsen (hier Mikron) nicht bearbeitbar sind.