

■ Untersuchte Schaftenden mit zugehörigen Schrauben; von links: 1) planes Schaftende ohne Schlitz mit planer Schraube, 2) planes Schaftende mit Sichelschlitz zur Verbindung der beiden Kühlkanäle mit planer Schraube, 3) kegeliges Ende mit rundem Schlitz und kegeliger Schraube sowie 4) abgesetztes Schaftende (Labyrinthdichtung) ohne Verbindungsschlitz mit korrespondierender Schraube (mit Indexvorrichtung zur Orientierung der Kühlkanäle)

MMS-gerechte Gestaltung des Bohrerschaftes

Die Minimalmengenschmierung, kurz MMS, erobert sich zunehmend Anwendungsfelder in der Zerspangung. Umweltverträglichkeit einerseits und bessere Kostenbilanz andererseits sind die Gründe dafür. Für die Hersteller von MMS-Werkzeugen gilt das Hauptaugenmerk der Prozesssicherheit. Diese steht und fällt beim Bohren mit der Gewährleistung, dass die geringen Schmierstoffmengen auch tatsächlich an die Schneide gelangen. Gühring hat diesbezüglich in Versuchen wertvolle Erkenntnisse für die geometrische Gestaltung des Bohrerschaftes gewonnen und diese direkt im eigenen MMS-Programm umgesetzt.

PETER HÄNLE UND DIETER GSÄNGER

■ Bei der Zerspangung mit Minimalmengenschmierung wird mit extrem geringen Schmiermedien-Mengen gearbeitet. Deshalb kommt der gesicherten Zuführung der Medien zur Wirkstelle eine übergeordnete Bedeutung zu. Ein zentraler Aspekt dabei ist die geometrische Gestaltung des

Werkzeug-Schaftendes. Um den Forderungen nach Leistungsfähigkeit und Prozesssicherheit bei der MMS-Bohrungsbearbeitung Rechnung zu tragen, wurde von Gühring, Albstadt, die Gestaltung des Schaftendes und somit der Kühlmittelübergabe ins Werkzeug detailliert untersucht.

Konstruktive Grundanforderungen

Die geringen Schmiermittelmengen erfordern es, dass vier Grundanforderungen konstruktiv umgesetzt werden:

■ Toträume, die zu einer Versackung (Medien-Ansammlung) führen können, sind aus Gründen der Prozesssicherheit zu vermeiden.

■ Die Übergabefläche zwischen Schaftende und Übergabeschraube muss absolut dicht gestaltet sein, um ein Entweichen des Schmiermediums in den Spannbereich des Futters oder in den HSK-Innenraum zu vermeiden. Somit werden auch Spananklebung vermieden, die beim nachfolgenden Werkzeugwechsel zu Rundlauf Fehlern führen könnten.

■ Einfache Handhabbarkeit.

■ Preisgünstige Herstellung.

Die zur konstruktiven Auslegung dieses MMS-gerechten Schaftendes eingesetzten Technologien beruhen neben Sprühversuchen auch auf computerbasierenden Simulationsprogrammen. Als besonders effektiv hat sich die CAD-CFD-Kopplung

i HERSTELLER

Gühring OHG, 72458 Albstadt,
Tel. 0 74 31/17-0,
Fax 0 74 31/17-2 79,
www.guehring.de
EMO Halle 16.II / B 40

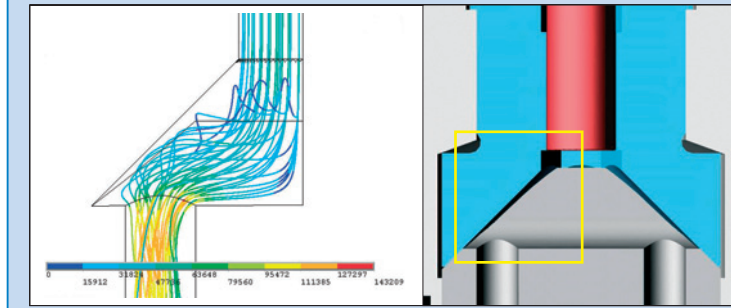
STRÖMUNGSPROFIL MIT GERINGER WIRBELBILDUNG

herausgestellt. CFD (Computational Fluid Dynamics) dient zur Bestimmung von Strömungsfeldern. Vier verschiedene Schaftenden und deren korrespondierende Verstellerschrauben wurden auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht (Bild 1).

Wichtig: praxisnahe Versuchsreihen

In einem ersten Versuch wurden mittels Intervall-Sprühversuch die verschiedenen Schaftenden auf Versackungen (Ölansammlung) im Spannungsbereich des Werkzeugschaftes und innerhalb des HSK geprüft. Während einer Versuchszeit von einer Stunde wurden dazu Sprühintervalle von 5 s bei einer Spindeldrehzahl von 10 000 min⁻¹ mit 2 s Trockenlauf bei stehender Spindel kombiniert. Dabei zeigten die Ausführungen 1 und 2 starke Öl-Kontamination von Spannraum und HSK-Innenraum, während die Ausführungen 3 und 4 dort keine Öl-Kontamination aufwiesen. Das kegelige Schaftende und das Schaftende mit Labyrinthdichtung ergaben demnach die beste Dichtigkeit.

Im zweiten Versuchsabschnitt wurden die verschiedenen Schaftenden auf ihre Ansprechzeit und Fördermengentreue untersucht. Andere Veröffentlichungen zeigen oft Sprühbilder, die mit einem stehenden Werkzeug auf eine plane, schwarze Fläche erzeugt wurden. Die Aussagefähigkeit ist jedoch ungenügend, weil der sich zwangsläufig bei der Werkzeugrotation ergebende Radialstrahl nicht erfasst wird. Aus diesem Grund wurde eine Vorrichtung gebaut, die den Radialstrahl mit sehr kleinen Verlusten berücksichtigen kann.



3 Strömungsverhältnisse im Kühlkanal-Verbindungsschlitz an der Stelle des kegeligen Übergangs

Ein geschlitztes Rohr wurde schräg in den Arbeitsraum der Werkzeugmaschine gebracht. In den Schlitz wurde das Werkzeug eingeführt. Während einer ZY-Verfahrbewegung wurde die MMS-Zufuhr an- und abgeschaltet. Der Innenraum des Rohres war mit Löschpapier ausgekleidet, das den MMS-Strom auffing und im Anschluss eine Untersuchung des Sprühbilds zuließ.

Entscheidend: Form und Größe des Verbindungsschlitzes

Das in die Ebene gelegte Löschpapier zeigt geometriebedingt ein Sprühbild in Parabelform. Durch eine Auswertung des Sprühbild-Starts und des Sprühbild-Endes unter gleichzeitiger Betrachtung des Lageregler-Signals der Werkzeugmaschinenachsen kann auf die Ansprechzeit der verschiedenen Übergabe-Konzepte rückgeschlossen werden. Es zeigen sich hier deutliche Unterschiede, abhängig von der Schaftenden-Gestaltung. Ferner konnte anhand der Sprühmittelmenge, die sich in einem fetteren Sprühbild zeigt, auf die während der Sprühzeit geförderte Menge rückgeschlossen werden. In beiden Aus-

wertungen (Fettheit und Ansprechzeit) waren das kegelige Schaftende und das Schaftende mit Labyrinthdichtung den anderen Lösungen mit planem Schaftende überlegen.

Für weitere Untersuchungen und Optimierungen wurden folglich nur noch das kegelige Schaftende und das Schaftende mit Labyrinthdichtung herangezogen. Eine CFD-Analyse sollte Aufschluss geben über die geeignete Form und Größe des Verbindungsschlitzes am Schaftende. Zudem wurden Sprühtests durchgeführt.

Zur Auswahl standen vier Schlitzformen: a) enger, b) breiter und c) trapezförmiger Schlitz jeweils mit rundem Grund sowie d) breiter Schlitz mit konvexem Grund (Bild 2).

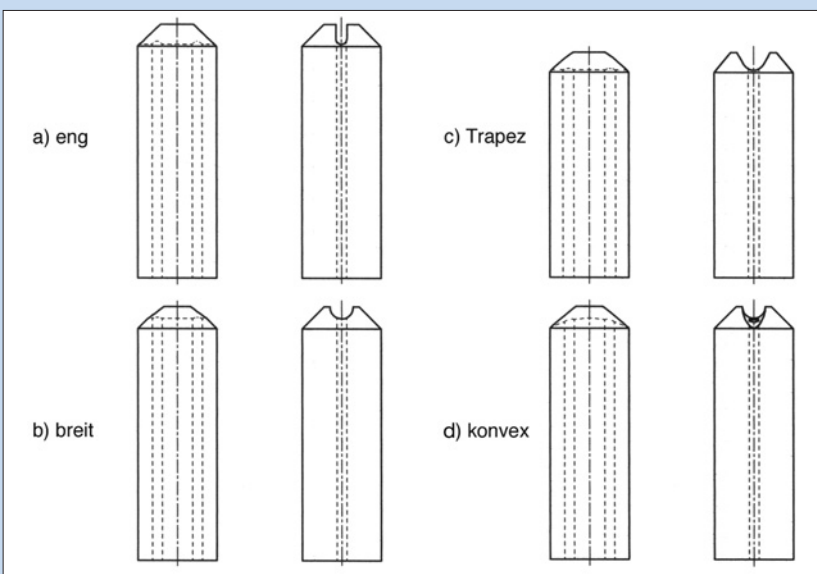
Die Sprühbilder zeigten eine Tendenz zur Lösung b, die Unterschiede waren allerdings marginal. Die CFD-Analyse ergab jedoch ein klareres Bild. Bild 3 zeigt ein Strömungsprofil innerhalb der Verbindung ›Schaftende-Verstellerschraube‹ für Variante b. Die Wirbelbildung ist deutlich geringer als bei den anderen Varianten. Weniger Wirbelbildung bedeutet geringere Entmischung bei Einkanalssystemen und weniger Ölversackung bei Zweikanalssystemen. Somit ist der breite Verbindungsschlitz mit rundem Nutgrund am besten für MMS-Werkzeuge geeignet. Eine Auswertung der beiden oben beschriebenen Anforderungen ›einfache Handhabbarkeit‹ und ›preisgünstige Herstellung‹ lieferte ein ähnliches Bild (Tabelle).

Die für die Prozesssicherheit relevanten Eigenschaften ›kleine Toträume‹ und ›Dichtigkeit‹ ergeben Ausschlusskriterien für die beiden Ausführungen mit planem Schaftenden. So bleibt als zu favorisierende Version das kegelige Ende mit breitem Schlitz und rundem Nutgrund.

Systemaufbau bestimmt die Prozesssicherheit

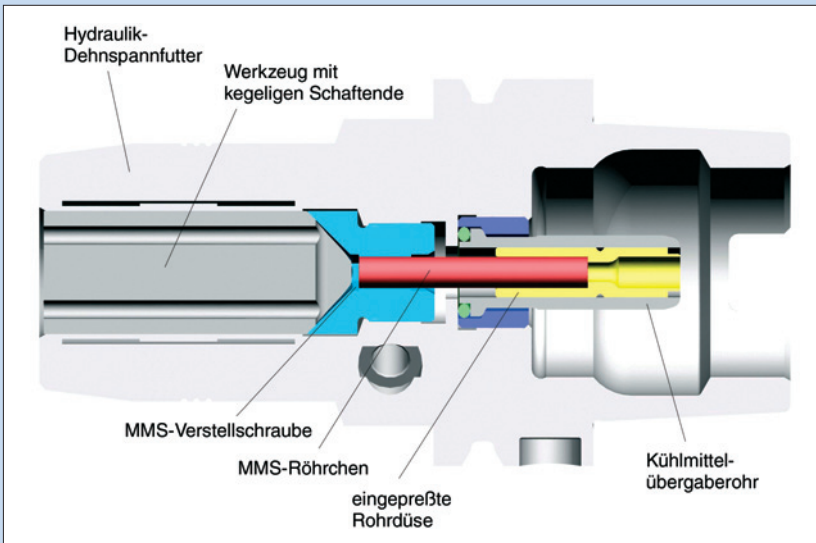
Ein weiteres, ausschlaggebendes Kriterium ist der problemlose Zusammenbau des Systems. Bild 4 zeigt den Zusammenbau eines MMS-Systems mit den Einzelkomponenten Kühlmittel-Übergeberohr, ▶▶

FORMEN DES KÜHLKANAL-VERBINDUNGSSCHLITZES IM VERGLEICH



2 Untersuchte Varianten des Kühlkanal-Verbindungsschlitzes

HERKÖMMLICHER AUFBAU EINES MMS-SYSTEMS



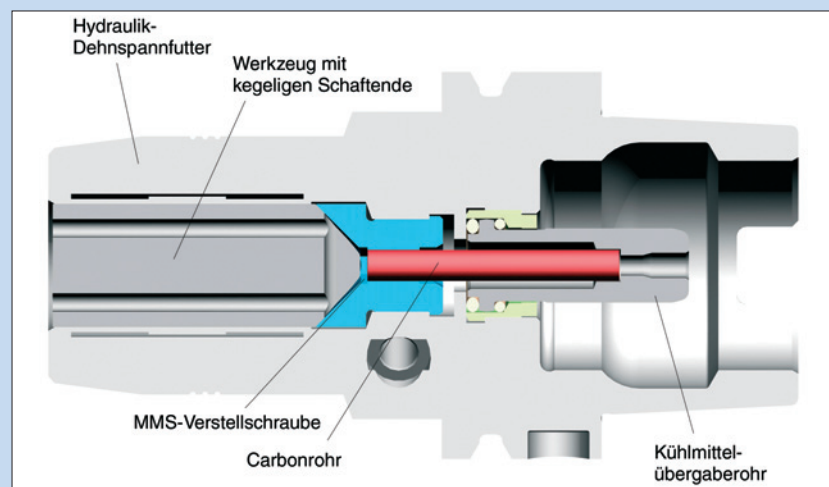
4 Zusammenbau eines MMS-Systems mit den Einzelkomponenten Kühlmittel-Übergaberohr und den darin eingepressten Komponenten Rohrdüse, MMS-Röhrchen und Verstellschraube

» die darin eingepresste Rohrdüse, MMS-Röhrchen und Verstellschraube. Dieses System bringt in der Großserienfertigung Nachteile mit sich, die sich jedoch mit wenigen konstruktiven Änderungen beseitigen lassen.

So kann sich das aus der Nassbearbeitung stammende Kühlmittel-Übergaberohr beim Einpressen der Rohrdüse stark verformen, was zu einem erhöhten Rundlauffehler des Außendurchmessers führen kann. Gühring löst dies mit einer Kühlmittel-Übergaberohr/Rohrdüsenereinheit aus *einem* Stück, die zudem preisgünstiger ist als ein herkömmliches Kühlmittel-Übergaberohr mit eingepresster Rohrdüse.

Das in bislang verfügbaren Systemen eingebaute MMS-Röhrchen ist wegen seiner hohen Flexibilität und geringen thermischen Beständigkeit für einen prozesssicheren Einbau nur bedingt geeignet. Dies liegt vor allem daran, dass sich nicht sicher nachprüfen lässt, ob das MMS-Röhrchen tatsächlich in die Verstellschraube eingeführt ist. Ferner kann dieses Röhrchen bei unsachgemäßem Schrumpfen in Thermoschrumpffuttern schmelzen. Gühring in-

AUFBAU EINES MMS-SYSTEMS MIT ÜBERGABEROHR AUS EINEM STÜCK



5 Zusammenbau eines MMS-Systems mit den Einzelkomponenten Kühlmittel-Übergaberohr aus einem Stück, Carbonrohr und Verstellschraube

tegriert hier ein Carbonrohr, das diese Nachteile nicht besitzt. Zudem liegen die Innendurchmesser der Carbonrohre stets über denen der herkömmlichen MMS-Röhrchen, was bessere Strömungsverhält-

nisse zur Folge hat. Die geforderte radiale Nachgiebigkeit des im Spannfutter eingebauten Kühlmittel-Übergaberohrs wird dadurch erreicht, dass das Carbonrohr nicht über seine gesamte Länge, sondern nur auf ein paar Millimetern eingeklebt ist. Nach der Klebestelle ist die Bohrung im Übergaberohr vergrößert, sodass die Nachgiebigkeit gegeben ist (Bild 5).

Die herkömmliche MMS-Übergabelösung musste für eine notwendige axiale Einstellung der Werkzeuge demontiert werden, weil der Verstell-Sechskant nur von der HSK-Seite her zu bedienen war. Demzufolge ergaben sich bei einem nachfolgenden Zusammenbau erneut die oben beschriebenen Probleme. Gühring gewährleistet die werkzeugseitige Zugänglichkeit, indem auch auf dieser Seite ein kurzer Sechskant eingebracht wird.

Alle hier vorgeschlagenen konstruktiven Eigenschaften für eine prozesssichere MMS-Übergabe und die MMS-gerechte

Gestaltung von Werkzeugen wurden für das gesamte Gühring-Werkzeugprogramm ausgearbeitet und stellen somit sicher, dass MMS-Bohr- und Fräsoptionen mit Vollhartmetall-Werkzeugen prozesssicher möglich sind.

Auf eine Patentierung der beschriebenen MMS-Übergabe wurde verzichtet, vielmehr wurde diese Lösung dem Deutschen Institut für Normung (DIN) zur Standardisierung vorgeschlagen.

Dr. Peter Hänle ist Leiter F&E, Dieter Gsänger ist Leiter Entwicklungskonstruktion bei Gühring in Sigmaringen-Laiz; dieter.gsaenger@guehring.de online.service@guehring.de

BEURTEILUNGSKRITERIEN DER SCHAFTGESTALTUNG

Schaftende	Handhabbarkeit	Preisgünstige Herstellung	Kleine Toträume (geom. Auswertung)	Dichtigkeit
Plan ohne Schlitz	++	++	-	-
Plan mit Sichelschlitz	++	+	-	-
Kegelförmig mit Schlitz	++	+	+	++
Abgesetztes Ende mit Labyrinthdichtung	-	-	++	++

++ = sehr gute Eigenschaften, + = gute Eigenschaften, - = schlechte Eigenschaften

Kegeliges Ende mit breitem Schlitz und rundem Nutgrund erweist sich als Favorit