

Mit Wissenstransfer die Fertigung trockenlegen



Trockenbearbeitung bei der Fertigung von Druckmaschinen-seitenwänden; Bild: Heidelberger Druckmaschinen

Die Zerspaltung ohne Kühlschmierstoff beziehungsweise unter Minimalmengenschmierung birgt massive Einsparpotenziale und schont zudem die Umwelt. Für den Transfer des nötigen Know-hows stehen der Metall zerspanenden Industrie die Projektpartner im »Technologienetz Trockenbearbeitung« als Ansprechpartner zur Verfügung. Nach drei Jahren Beratungstätigkeit kann sich die Bilanz des Projekts sehen lassen.

JÜRGEN SCHMIDT UND MARTIN DYCK

■ Gemeinsam die Umsetzung der Trockenbearbeitung durch einen Wissenstransfer beschleunigen, der auf die Bedürfnisse der Anwenderindustrie ausgerichtet ist – mit diesem Ziel schlossen sich im Jahr 2000 vier Forschungsstätten und die zwei Verbände VDW und VDMA zusammen.

Zahlreiche Forschungsprojekte und einige industrielle Anwendungen belegten, dass die Zerspaltung ohne Kühlschmierstoff beziehungsweise unter Einsatz der Minimalmengenschmierung (MMS) bereits anwendungsreif ist und der Industrie massive Einsparungen bei den Produktionskosten ermöglicht. Daher förderte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) dieses Projekt im Rahmen des Programms »Forschung für die Produktion von morgen«. Kostengünstige, eintägige Seminare sowie Beratungsgespräche bei den Unternehmen erleichterten den Informationsfluss vor allem auch für kleine und mittelständische Unternehmen. Um die Technologieberatung auf die Bedürfnisse der Industrie auszurichten, wurde das Technologienetz von einem Lenkungskreis unterstützt, der sich aus fünf Unternehmen zusammensetzte, die sich bereits auf dem Gebiet der Trocken-

bearbeitung einen Namen gemacht hatten.

Die Industrie hat dieses Angebot sehr gut angenommen. Die vier Forschungspartner im Technologienetz veranstalteten

TECHNOLOGIENETZ TROCKENBEARBEITUNG

Projektpartner im Netzwerk:

Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW), Frankfurt

VDMA Fachverband Präzisionswerkzeuge, Frankfurt

Beratungs- und Forschungsstellen:

Institut für Werkzeugtechnik und Qualitätsmanagement (IWQ), Schmalkalden

Institut für spanende Fertigung (ISF), Dortmund

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk), Karlsruhe

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL), Aachen

www.trockenbearbeitung.de

in den letzten drei Jahren 48 Fachseminare mit insgesamt 1579 Teilnehmern, zudem fanden 171 Besprechungen mit Unternehmen statt. Die Beratungen reichten von der Erarbeitung der unternehmensindividuellen Herangehensweise an die Trockenbearbeitung über konkrete Fragestellungen der Technologieeinführung (zum Beispiel Maschinenkonzepte oder Werkzeugauswahl) bis hin zur Problemlösung beziehungsweise Optimierung an laufenden Produktionsprozessen. Die Leistungen des Technologienetzes nutzten Unternehmen aus allen Regionen Deutschlands.

Eine enge Zusammenarbeit mit der Fachpresse und die Präsenz des Technologienetzes auf den großen produktionstechnischen Messen stellten sehr schnell den Zugang zu den Kunden her.

Neben dem Wissenstransfer geht es auch um Weiterentwicklung

Um diese Kunden sowie bei unzähligen Anfragen per Telefon oder E-Mail bestmöglich zu beraten, wurde das Experten-Netzwerk weit über den kleinen Kreis der Projektpartner hinaus geknüpft. Die Zusammenarbeit mit Unternehmen, welche

die Trockenbearbeitung in der industriellen Anwendung weiterentwickeln, basierte zunächst auf den Kontakten aus vergangenen Forschungsprojekten. Daraus wurde ein weites Netzwerk geknüpft, in dem Fachleute zu Werkzeugen, Beschichtungen, Minimalmengenschmierstoffen, MMS-Systemen, Werkzeugmaschinen, Absaugtechnik sowie erfahrenen Anwendern zu unterschiedlichen Werkstoffen und Groß- beziehungsweise Kleinserienfertigung bei Fragestellungen herangezogen werden können.

Bei der Durchführung der Fachseminare stellte sich die Zusammenarbeit mit Organisationen wie zum Beispiel dem VDI Bildungswerk, der IHK, der Metallberufsgenossenschaft, dem Landesgewerbeamt, der Handwerkskammer und weiteren als sehr wertvoll heraus.

Die Arbeit mit Organisationen und Verbänden dient nicht allein dem Wissenstransfer, sondern auch der Weiterentwicklung der Technologie. So führen diese Organisationen gemeinsam mit ihren Mitgliedern Projekte zu aktuellen Fragen durch. Beispielhaft zu nennen sind hier das Projekt ›Arbeitsspindelabdichtungen für Trockenbearbeitung und Verschmutzung‹ des VDW, in dem maschinenseitig auf die geänderten Verschmutzungen bei Trockenbearbeitung reagiert wurde. Im Projekt ›Minimalmengenschmierung‹ der Süddeutschen Metallberufsgenossenschaft wurde die Luftbelastung mit den Stäuben und Partikeln des Zerspanprozesses mit MMS innerhalb und außerhalb des Maschinenarbeitsraums gemessen und mit den Emissionen bei konventioneller Kühlschmierung verglichen. Das Projekt lieferte Empfehlungen und Anleitungen zur Einführung und Maschinenausrüstung zur Trockenbearbeitung/MMS, klar bestätigt wurde zudem, dass die Luftbelastung am Arbeitsplatz bei MMS weit unterhalb der Belastung bei der Nassbearbeitung liegt.

Die Umsetzung der Trockenbearbeitung rechnet sich

Entscheidend für einen gelungenen Einstieg in die Trockenbearbeitung ist die unternehmensindividuelle klare Motivation. Einsparpotenzial ließ sich in erfolgreichen Trockenbearbeitungsprojekten in den folgenden Bereichen realisieren:

- Wegfallender Aufwand der Kühlschmierstoffbe-/entsorgung und entfallende Kühlschmierstoffanlagen,
- Einsparung von Reinigungsaufwand im Maschinenumfeld und am Werkstück,
- saubere Arbeitsplätze und zufriedener Mitarbeiter,

- umweltfreundlichere und ressourcenschonende Fertigung, Erfüllen von Umweltauflagen, Förderung umweltfreundlicher Technologien,

- Einsatz hoch produktiver Schneidstoffe und Prozesse.

Das Gewicht kühlenschmierstoffgebundener Aufwendungen im eigenen Unternehmen wird durch die vor allem in der Automobilindustrie ermittelten Zahlen von 1,8 bis 18 Prozent kühlenschmierstoffgebundenen Kosten pro Werkstück belegt. Die Firma ABAG-itm, Fellbach, die ebenfalls Unternehmen zur Trockenbearbeitung berät, kann diese Größenordnung aber auch für kleine und mittelständische Unternehmen bestätigen.

Immer häufiger stellt die spanende Fertigung auch auf Wunsch des Kunden auf Trockenbearbeitung um. Sowohl externe Kunden verlangen heute trocken gefertigte Bauteile als auch nachfolgende Prozesse im eigenen Haus, zum Beispiel eine anschließende Beschichtung, Verklebung oder auch schlicht der optische Eindruck der Oberfläche.

Die laufend steigende Zahl von Anwendungsbeispielen zeigt, dass viele Unternehmen den Aufwand zur Umsetzung und die Betriebskosten dieser neuen Technologie berechnet und für lohnenswert befunden haben.

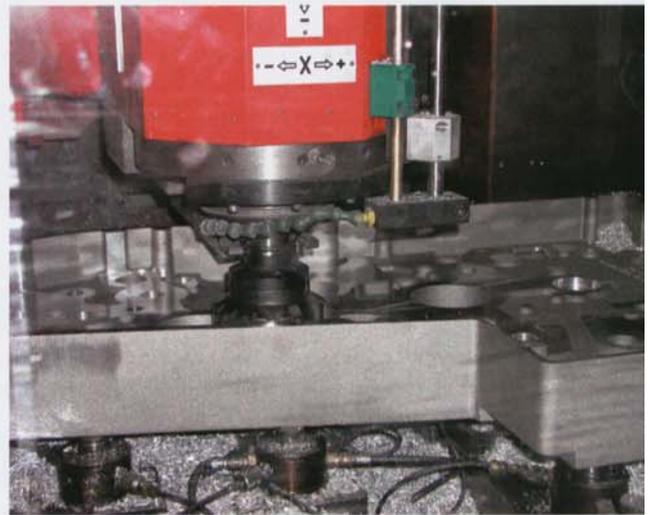
Trockenbearbeitung findet sich in vielen industriellen Anwendungen

Ein sehr gutes Beispiel für die Anwendungsbreite trockener Fertigungsverfahren ist die Herstellung von Verzahnungen. Bei der Getriebefertigung wird zum Beispiel beim Wälzfräsen gegenüber dem Nassprozess mit deutlicher Produktivitätssteigerung gearbeitet. Hier rechnen sich häufig auch die relativ hohen Werkzeugkosten für Vollhartmetallfräser.

Zum trockenen Wälzstoßen wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) der Trockenbearbeitungsprozess in Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller untersucht und optimiert. Das trockene Räumen wurde ebenfalls am wbk untersucht, DaimlerChrysler, Untertürkheim, hat den Prozess zur Herstellung einer Innenverzahnung aus Vergütungsstahl Mitte 2002 in Betrieb genommen und fertigt im 2-Schicht-Betrieb circa 1600 Teile pro Tag.

Am wbk wird die Trockenbearbeitung auch beim Räumen weiter untersucht, sowohl in verschiedenen Werkstoffen als auch an gehärteten Bauteilen und bei gesteigerten Schnittgeschwindigkeiten.

Auch bei der Aluminiumbearbeitung wird die Trockenbearbeitung in vielen Bereichen angewandt. Zurückgehend auf die sehr guten Ergebnisse im Verbundforschungsprojekt ›Trockenbearbeitung prismatischer Bauteile‹ hat sich die Trockenbearbeitung hier massiv in der Anwendung verbreitet. Die Automobilindustrie kann in der Großserienfertigung häufig die ho-



■ Ausschließlich trocken oder minimalmengengeschmiert: Bearbeitung von Alu-Gusswerkstücken, Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 850$ m/min, Wendeschneidplatten aus beschichtetem Hartmetall; Bild: mag-tec

he Produktivität der sehr teuren PKD-Werkzeuge bei Schnittgeschwindigkeiten von mehreren tausend m/min beim Fräsen und zwischen 500 und 1000 m/min beim Drehen, kombiniert mit großen Spanungsquerschnitten, ausnutzen.

Bei schwingungsanfälligen Werkstücken oder bei kleinen Serien wird allerdings auch mit jüngsten Hartmetallentwicklungen sehr wirtschaftlich zerspannt. Feinstkornhartmetalle bewähren sich zur Minderung von Mikrorissen und daraus folgendem mechanischen Verschleiß der Schneidkante. Neue Beschichtungen, etwa Kombinationen aus Hartstoffschichten mit einem trockenen Schmierstoff (MoS_2), die weniger hitzebeständige DLC-Schicht (Diamond-Like-Carbon) bis hin zur CVD-Diamantschicht minimieren die Reibung und die Verklebung des Aluminiums an der Schneide, auch bei den Aluminium-Knetlegierungen.

Häufig gelingt es heute beim Fräsen von Aluminium, auch mit Hartmetall bereits völlig auf Minimalmengenschmierung zu verzichten. Dies auch beim Drehen ►►



■ Dank überarbeitetem Werkzeugkonzept und optimierten Zerspanparametern prozesssicher: Trockenbearbeitung von Nutmuttern, C45 und St 52; Bild: SND, GFE

►► und Bohren zu realisieren ist aktuelles Arbeitsfeld zerspantechnologischer Entwicklungen.

Die Trockenbearbeitung liefert höchste Fertigungsqualitäten

Auch im Maschinenbau finden sich viele Anwendungen der Trockenbearbeitung. Der Werkzeugmaschinenhersteller Index, Esslingen, fertigt Teile für die eigene Produktion trocken, um die Erfahrungen in die Weiterentwicklung der Maschinen einfließen zu lassen. Bei der Bearbeitung von Dreh-Bohr-Teilen vornehmlich aus Vergütungsstählen konnten die Schnittwerte gesteigert werden. Auch wurde die neue Technologie von den Mitarbeitern sehr gut angenommen.

Die Firma Heidelberger Druckmaschinen hat sehr früh bei dieser Technologieentwicklung mitgewirkt und die Trockenbearbeitung in den Bestrebungen zur Produktivitätssteigerung fest verankert. Heute wird am Standort Amstetten mit 19 Bearbeitungszentren der Hersteller Hüller Hille und Heller bei der Fertigung von Großteilen, etwa der Druckmaschinen-seitenwände, nur noch trocken beziehungsweise mit Einsatz der MMS zerspant (Titelbild).

Am Standort Wiesloch wird sukzessiv auf Trockenbearbeitung umgestellt, indem die trockene Zerspantung als Zielsetzung bei Neubeschaffung von Bearbeitungszentren zugrunde liegt. Die Fertigung von Druckmaschinenteilen ist ein sehr anschauliches Beispiel dafür, dass durch Trockenbearbeitung höchste Fertigungsqualitäten und -genauigkeiten herzustellen sind.

Gemeinsam mit Unternehmen der Automobilindustrie entwickelt Heidelberg seine Prozesse zur Hochleistungsbearbei-

tung weiter (HPC = High Performance Cutting). Heutige Schnittgeschwindigkeiten liegen beim Fräsen um einen Wert von 300 m/min sowohl in Guss als auch bei Stählen (bis Zugfestigkeit 800 N/m²), Zielsetzung sind 1000 m/min beim Stahl, 1500 m/min in Guss. Beim Bohren will man von derzeit 130 bis 150 m/min auf Werte von 300 m/min in Guss beziehungsweise 250 m/min in Stahl kommen. Sowohl beim Fräsen als auch beim Bohren sollen die Vorschübe um 50 bis 100 Prozent gesteigert werden.

Auch Auftragsfertiger arbeiten zunehmend mit Trockenbearbeitung

Die Firma mag-tec, Geislingen, bearbeitet Aufträge in Stahl, Alu und Gusswerkstoffen, vornehmlich für den Maschinenbau (Bild 1). Auf fünf Bearbeitungszentren wird ausschließlich trocken oder mit Minimalmenge zerspant. Das notwendige Prozess-Know-how und die Erfahrungen im Umgang mit der Trockenbearbeitung bietet mag-tec produzierenden Unternehmen als Technologieberatung an.

Die Verunreinigung der Fertigungsstätte durch die Verschleppung der Kühlschmierstoffe war auch für EZU, Königshelm, der Grund, am neuen Standort im schwäbischen Trossingen-Schura die spannende Endbearbeitung einer Produktgruppe von Tiefziehbauteilen trocken durchzuführen. EZU baut das Know-how dieses sehr anspruchsvollen Zerspanprozesses in Unternehmen auf, um dauerhaft Aufträge solcher Bauteile möglichst wirtschaftlich zu erfüllen. Zu diesem Zweck arbeiten derzeit Mitglieder des Arbeitskreises ›Troia‹ (Trockenbearbeitung in der industriellen Anwendung) gemeinsam mit EZU an der Optimierung dieses Prozesses.

Im Arbeitskreis Troia arbeiten die Forschungspartner des Technologienetzes Trockenbe-

arbeitung eng mit Fachleuten aus der Industrie zusammen, um Metall verarbeitende Unternehmen bei der Einführung der Trockenbearbeitung zu unterstützen. Informationen und Kontakt zu Troia erhält man über das Technologienetz unter www.trockenbearbeitung.de.

Die Firma SND Norm- und Drehteile in Schwallungen hat sich auf die Herstellung von Normteilen, insbesondere Nutmuttern, spezialisiert. Die Bearbeitung erfolgt auf zweispindligen Horizontal-drehmaschinen unter Verwendung einer 5-prozentigen Emulsion. In zwei Aufspannungen werden eine Drehbearbeitung der Außen- und Innenkontur des in Form eines Rings vorhandenen Rohteils sowie die Herstellung des Innengewindes realisiert.

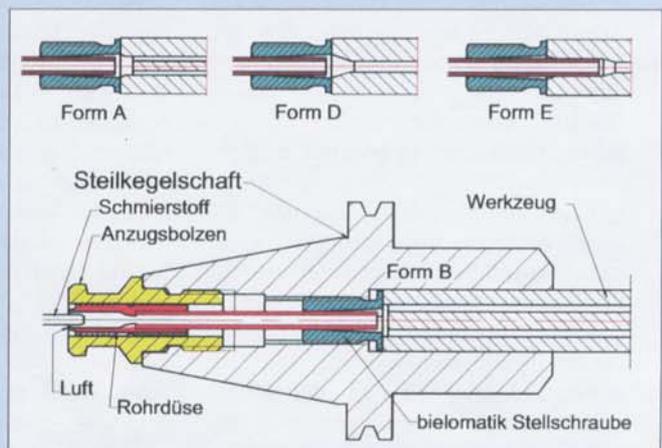
Das Institut für Werkzeugtechnik und Qualitätsmanagement der GFE Schmalkalden erarbeitete die Technologie zur Bearbeitung des beschriebenen Teilespektrums trocken, ohne MMS (Bild 2). Durch Überarbeitung des Werkzeugkonzepts und Optimierung der Zerspanparameter gelang es, die Bearbeitung prozesssicher trocken durchzuführen. Darüber hinaus konnte die Bearbeitungszeit von 92 s auf 59 s pro Werkstück reduziert werden.

Maschinenseitig gilt es spezielle Anforderungen zu berücksichtigen

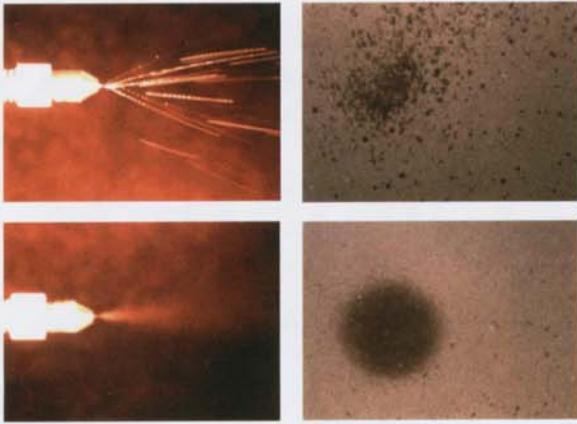
Bei den Trockenbearbeitungsmaschinen haben, wenn man von den grundlegenden Konstruktionsmerkmalen einmal absieht, zwei Aspekte für eine prozesssichere Trockenbearbeitung Schlüsselfunktion.

Bei der Minimalmengenschmierung müssen die spontane Beistellung des Schmiermediums zum ›ersten Span‹ und

ÜBERGANG ZWISCHEN MMS-SYSTEM UND WERKZEUG



■ Keine Entmischung des Aerosols: MMS-Kanalführung im Werkzeughalter am Beispiel eines Steilkegel-Werkzeughalters und unterschiedlicher Trockenbearbeitungswerkzeuge; Bild: bielomatik Leuze



4 Sauberkeit der Düsen und Ausrichtung auf die Werkzeugschneide sind bei der äußeren Aerosol-Zufuhr entscheidend, wie ein Vergleich der Sprühbilder verdeutlicht; Bild: wbk

eine konstante, definierte, drehzahlfeste und nicht pulsierende Schmierstoffversorgung der Schneide sichergestellt sein. Tropfenbildung und Nachtropfen am Prozessende dürfen nicht auftreten, um Ausfälle der Maschine durch Verunreinigung zu vermeiden.

Die Gestaltung des Übergangs vom MMS-System durch das Werkzeugfutter in das Werkzeug ist bei der Spindel-internen MMS-Zufuhr kritisch. Die Kanalführung durch alle beteiligten Bauteile

muss konstruktiv so abgestimmt und gestaltet sein, dass eine Entmischung des Aerosols vermieden wird. Die Hersteller der MMS-Systeme und die Werkzeughersteller haben auf diesem Gebiet in den letzten Jahren gemeinsam einige Lösungen erarbeitet. Ein Beispiel hierfür sind Rohrdüse und Stellschraube des MMS-Systemherstellers bielomatik Leuze, Neuffen. Diese werden in das Spannfutter eingesetzt und sichern die Übergabe des MMS-Aerosols in markterhältliche Trockenbearbeitungswerkzeuge (Bild 3).

Eine äußere Zufuhr mit Schmiermittelaerosol erfordert es daher, die Sauberkeit der Düsen, ihre Ausrichtung auf die Werkzeugschneide sowie das Sprühbild regelmäßig zu überprüfen (Bild 4).

Alternativ dazu muss bei Benetzung der Schneide durch Beschuss mit einem definierten Schmiermitteltropfen die Ausrichtung auf die Werkzeugschneide regelmäßig kontrolliert werden.

Absaugung und Luftreinigung stellen den zweiten Themenkomplex dar. Die Auslegung der Absaugung im Maschinen-

arbeitsraum eventuell auch mit werkzeugnahen Absaugeinrichtungen und die Anpassung der Luftreinigung an Stäube und minimale Öl-Beladung der Luft sind wichtig zur Vermeidung von Maschinenausfällen durch Staub- und Späneansammlungen beziehungsweise Versagen der Filteranlagen. Auch Hersteller dieser Systeme haben in Trockenbearbeitungsprojekten und Arbeitskreisen Erfahrungen gesammelt und diese technisch umgesetzt.

Die Erfahrungen aus drei Jahren Zusammenarbeit mit der Industrie belegen also, dass die Trockenbearbeitung in unterschiedlichsten Produktionssituationen als lohnende Technologieeinführung genutzt wird. Die gezeigten Beispiele verdeutlichen die heutige Anwendungsvielfalt – und für eine erfolgreiche Umsetzung erhalten Unternehmen weit reichende Unterstützung.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmidt ist Mitglied der kollegialen Institutsleitung des wbk an der Universität Karlsruhe; schmidt@wbk.uka.de

Dipl.-Ing. Martin Dyck betreut das Thema Trockenbearbeitung als wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk in der Arbeitsgruppe Fertigungstechnologie; Martin.dyck@mach.uni-karlsruhe.de

Cermet: Stark in der Feinzerspanung ohne KSS

■ Cermet-Sorten entsprechen dem heutigen Trend der Hochleistungszerspanung. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie den Verzicht auf Kühlschmiermittel ermöglichen, optimal unter anderem beim Drehen mit hohen Schnittgeschwindigkeiten. Mit der Sorte ›TCM407‹ will Plansee Tizit, Reutte/Tirol, maximale Verschleißfestigkeit beim Drehen und Feinschlichten erzielen. Kleine Vorschübe und Spantiefen vorausgesetzt, sind mit TCM407 optimale Bedingungen gegeben, um enge Toleranzen über einen langen Zeitraum präzise einzuhalten.

Die Sorte TCC410 ist ein Cermet mit spezieller CVD-Beschichtung. Der Einsatz dieser Sorte deckt die Bereiche Feindrehen und mittlere Zerspanung ab. Die Mehrlagen-CVD-Beschichtung sorgt für besondere Kolkfestigkeit und erweitert das Einsatzfeld über eine breite Werkstoffpalette: Stahl, rostfreier Stahl und Eisengüsse lassen sich mit ausgezeichnetem Ergebnis zerspanen. Weil Cermets auf eine lange Tradition bei der Schlichtzerspanung

zurückblicken, müssen die verwendeten Hartstoffe Eigenschaften aufweisen, die für die Erzeugung von maßgenauen, sauberen Werkstücken besonders wichtig sind.

Problemloses Spanen bei richtigem Umfeld

Zu erwähnen sind hier die geringe Reibung zwischen Span und Schneidstoff, die geringe Verklebneigung, die gute Oxidationsbeständigkeit und die ausgesprochene Eignung für die Trockenzerspanung. Der Cermet-Einsatz verläuft dann besonders erfolgreich, wenn auf ein Cermet-gerechtes Umfeld geachtet wird. Die wichtigsten Kriterien hierbei sind

- eine stabile Bearbeitungssituation,
- keine schweren Schnittunterbrechungen, Krusten oder Einschlüsse,



Feinschlichten mit beschichtetem Cermet: auch ohne Kühlschmierstoff sind hohe Schnittwerte möglich

- keine zu großen Spantiefen und Vorschübe und
- keine stark wechselnden Schnitte.

Plansee Tizit AG,
A-6600 Reutte/Tirol,
Tel. +43/56 72/6 00-0,
Fax +43/56 72/6 00-5 02,
www.plansee.com