

2. Drehen

2.1 Allgemeines

Nach DIN 8589 versteht man unter Drehen das Spanen mit geschlossener, meist kreisförmiger Schnittbewegung und beliebiger, quer zur Schnittrichtung liegender Vorschubbewegung. In der Regel dreht sich das Werkstück und das Werkzeug führt die Vorschubbewegung aus. Man unterscheidet zwischen:

- Runddrehen
(Innen-, Außenlängsdrehen),
- Plandrehen,
- Schraubdrehen,
- Profildrehen und
- Formdrehen.

Während früher hauptsächlich auf Leit- und Zugspindeldrehmaschinen sowie mechanischen Nachformmaschinen gearbeitet wurde, konzentriert sich die Anwendung beim Drehen heute auf CNC-Drehmaschinen (CNC = Computerized Numerical Control). Bei Werkstücken mit sehr hoher Losgröße werden nach wie vor auch kurvengesteuerte Drehautomaten eingesetzt.

Bei scheibenförmigen Werkstücken, wie z. B. Schwungrädern oder Brems scheiben, verwendet man sogenannte Futterdrehmaschinen. Die Anordnung der Hauptspindel kann sowohl vertikal als

auch horizontal erfolgen. Bei langen Teilen wird zwischen Spitzen (Futter bzw. Stirnseitenmitnehmer und Reitstockspitze) gearbeitet.

Die Kenngrößen einer Drehmaschine sind:

P_M = Antriebsleistung (kW)

n_{max} = Maximale Drehzahl (min^{-1})

Spitzenhöhe und

maximale Drehlänge (Spitzenweite).

Übliche Antriebsleistungen betragen 25 bis 60 kW bei maximalen Drehzahlen bis 6300 min^{-1} . Häufig wird der Bereich hoher Drehzahlen durch die Spannmittel und die Unwucht des Teils begrenzt. Im erstgenannten Fall sind ggf. Spannfutter mit Fliehkraftausgleich zu verwenden.

Neuere Entwicklungen bei den Drehmaschinen gehen in Richtung sog. flexibler Fertigungssysteme. Im Rahmen solcher Konzepte werden bei einer oder mehreren Drehmaschinen folgende Arbeitsgänge automatisch durchgeführt:

- Werkstückwechsel,
- Werkzeugwechsel,
- Vermessen von Werkstück und Werkzeug,
- ggf. Futterwechsel,
- Werkzeugüberwachung.

Die Steuerung der Greifer und Transportsysteme sowie der Drehmaschine erfolgt über einen Zellenrechner im

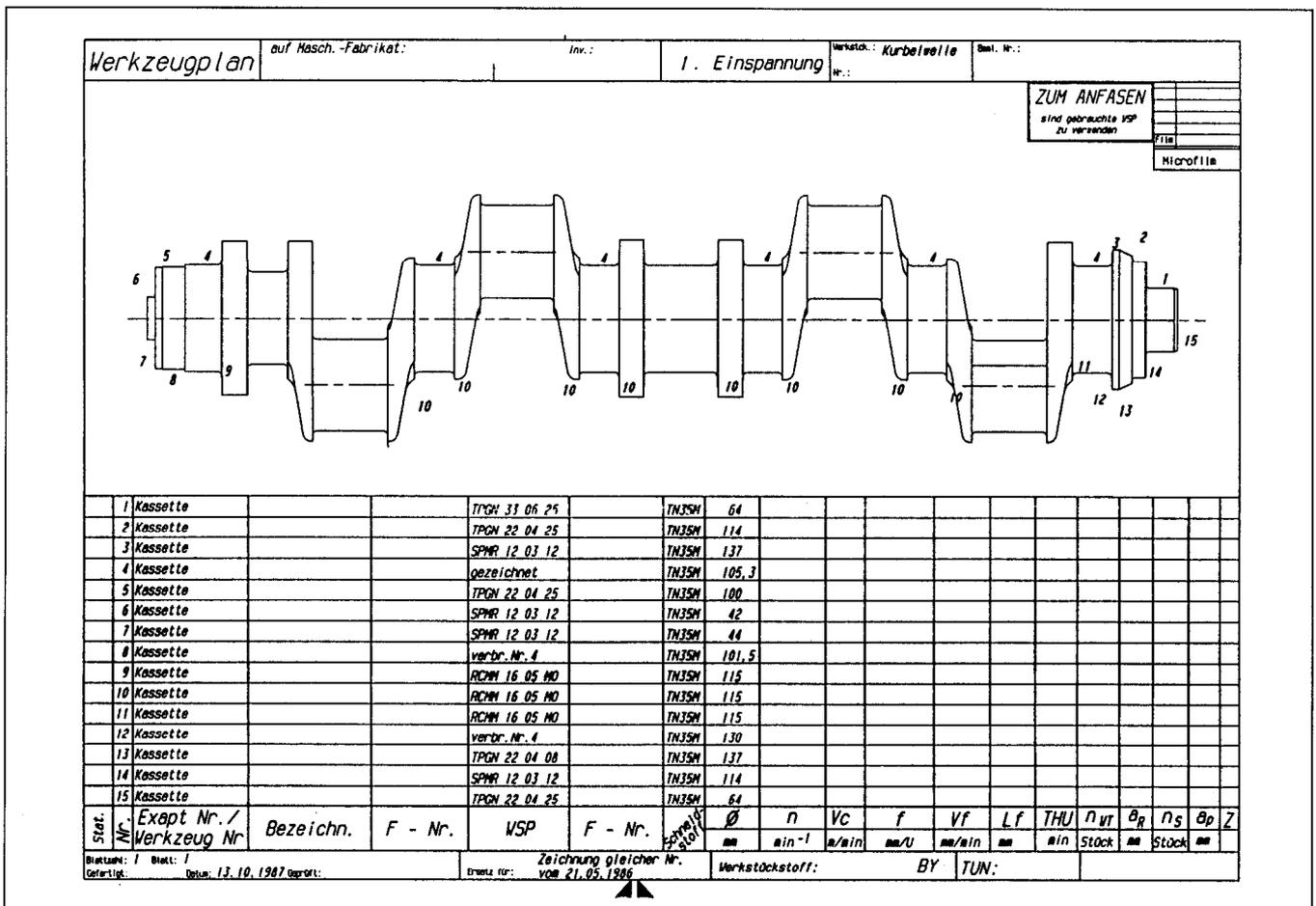


Bild 26: Werkzeugplan Kurbelwellenbearbeitung

DNC-Betrieb (DNC = Direct Numerical Control).

Sowohl bei hochautomatisierter Produktion als auch bei der manuellen Einzel- fertigung unterscheidet man zwischen der Schrupp- und Schlichtbearbeitung.

2.1.1 Schruppbearbeitung

Beim Schruppen (Vordrehen) soll das Zeitspanvolumen:

$$V = a_p \cdot f \cdot v_c$$

möglichst groß sein. Hohe Werte für die Schnitttiefe und den Vorschub sind daher anzustreben. Die maximale Schnittgeschwindigkeit wird durch den Werkzeugverschleiß bestimmt. Ob die Antriebsleistung der vorgesehenen Drehmaschine ausreicht, läßt sich mit folgender Faustformel für Schmiedeteile berechnen:

$$P_M = a_p \cdot f \cdot v_c / 20 \text{ (kW)}$$

a_p = Schnitttiefe (mm)

f = Vorschub (mm)

v_c = Schnittgeschwindigkeit (m/min)

Beispiel:

$a_p = 3 \text{ mm}$; $f = 0,5 \text{ mm}$; $v_c = 200 \text{ m/min}$

$P_M = 15 \text{ kW}$

Bei dieser Gleichung ist ein durchschnittlicher k_c -Wert (= spezifische Schnittkraft) und ein durchschnittlicher Wirkungsgrad der Werkzeugmaschine berücksichtigt. Für die Praxis reicht die hier angegebene Faustformel zum Drehen im allgemeinen aus. Eine exaktere Berechnung ist nach der Kienzle-Gleichung in Abschnitt 1.1.6 möglich.

Eine typische Schruppbearbeitung ist das Vordrehen der Hauptlager von geschmiedeten Kurbelwellen. Bei der Kurbelwelle aus BY-Material in *Bild 26* wird auf einer Sonderdrehmaschine mit zwei gegenüberliegend angeordneten Werkzeugschlitteneinheiten in einem Arbeitsgang die Lager- und Endenpartie bearbeitet. Durch die beschriebene Anordnung der Vorschubschlitten wird annähernd im Kräfteausgleich gearbeitet und somit der Verzug des Bauteils durch die mechanische Bearbeitung in engen Grenzen gehalten. Die Schnitttiefe schwankt zwischen 5 und 7 mm, der Vorschub je Umdrehung variiert von 0,125 bis 0,63 mm. Aufgrund der Unwucht der Kurbelwelle beschränkt sich die Drehzahl auf $n = 90 \text{ min}^{-1}$. Die aufgenommene Wirkleistung beträgt ca. 40 kW. Im vorliegenden Fall ergeben sich hohe Anforderungen an den Schneidstoff Hartmetall hinsichtlich Verschleißwiderstand und Zähigkeit. Das *Bild 27* zeigt das Bruchgefüge der verwendeten TiN-beschichteten Hartmetallschneidplatte, die eigentlich zum Fräsen konzipiert wurde.

Hartmetallgefüge mit Viellagenbeschichtung



Bearbeitung:
Drehen der
Kurbelwellen-
hauptlager

Bild 27: Mikrogefüge einer beschichteten Wendschneidplatte zum Kurbelwellendrehen

Sie ist aufgrund der außergewöhnlichen Randbedingungen jedoch für diese spezielle Drehbearbeitung optimal geeignet.

2.1.2 Schlichtbearbeitung

Beim Schlichten (Endbearbeitung) kommt es darauf an, die geforderte Oberflächenqualität sowie die Form- und Maßtoleranzen zu erreichen. Manchmal werden runde Schneidplatten zur Erzielung hoher Oberflächenkennwerte verwendet. Dies führt jedoch zu hohen Passivkräften mit der Gefahr von Ratterschwingungen, die die Oberflächenqualität beeinträchtigen. Daher ist es wichtig, daß das System Werkstück-Werkzeug-Werkzeugmaschine statisch und dynamisch ausreichend steif ist; ggf. ist bei Schwingungsgefahr ein kleinerer Schneidenradius r zu wählen. Beim Schlichten sollten Schnitttiefe a_p und Vorschub f möglichst klein sein.

Allgemein gilt:

$$f_{\text{Schlichten}} \leq r/3.$$

Allerdings dürfen bei den gewählten Vorschüben je Umdrehung die Grenzspannungsdicken h_{min} nicht unterschritten werden, da sonst die Oberflächengüte wieder schlechter wird. Als Richtwerte gelten:

- unbeschichtetes Hartmetall:
 $f_{\text{min}} = 0,01 - 0,06 \text{ mm}$

- beschichtetes Hartmetall:
 $f_{\text{min}} = 0,07 \text{ mm}$
- Schneidkeramik:
 $f_{\text{min}} = 0,03 \text{ mm}$.

Mit unbeschichteten Hartmetallen lassen sich gewöhnlich bessere Oberflächengüten erzielen als mit beschichteten Sorten. Hohe Schnittgeschwindigkeiten, z. B. beim Einsatz von Schneidkeramik, führen ebenfalls zu geringen Rautiefen. Eine interessante Entwicklung ist bei den TiC-TiN-Basis-Sorten, den sog. Cermets, festzustellen. Diese Schneidstoffe erlauben nahezu die gleichen hohen Schnittgeschwindigkeiten wie Schneidkeramik bei entsprechend hoher Oberflächengüte des Werkstückstoffes (*Bild 28*). Cermets sind zäher als Oxidkeramik und verschleißfester als konventionelle Hartmetalle. Sie sind nicht für die Graugußbearbeitung geeignet, sondern finden bei der Schlichtbearbeitung von Stahlwerkstoffen ihre Anwendung.

2.2 Drehwerkzeuge

2.2.1 Drehlinge

Unter Drehlingen versteht man Drehwerkzeuge, die vollständig aus Schneidstoff in unterschiedlichen Formen und Abmessungen hergestellt sind. Als Schneidstoff kommt für Drehlinge überwiegend Schnellarbeitsstahl zum Einsatz. Die Grundformen und Abmessungen sind in DIN 4964 genormt. Die Schneidengeometrie wird durch Schleifen erstellt. Die Bereitstellung der Werkzeuge ist daher sehr kostenintensiv. Aus diesem Grund ist die Verwendung von Drehlingen stark rückläufig. Haupteinsatzgebiete für Drehlinge sind Abstechen, Einstechen, Formdrehen sowie die Innenbearbeitung sehr kleiner Teile in der Automattendreherei.

2.2.2 Gelötete Werkzeuge

Bei gelöteten Werkzeugen besteht nur die aufgelötete Schneidplatte aus dem Schneidstoff (HSS, Hartmetall, PKD, CBN). Der Schaftquerschnitt besteht meist aus unlegiertem Baustahl. Wie bei Drehlingen ist auch das Anschleifen der Geometrie bei gelöteten Werkzeugen kostenintensiv (Werkzeugkostenvergleich geklemmt : gelötet = 1:3).

Gelötete Hartmetallwerkzeuge werden fast nur noch bei Sonderformen verwendet oder dort, wo in kürzester Zeit beliebige Schneidenformen und -geometrien notwendig sind. Nachteile ergeben sich durch Lötspannungen, die zu Brüchen führen können und außerdem die Belastbarkeit gegenüber Werkzeugen mit geklemmter Schneidplatte einschränken. Wichtige Normen in diesem Zusammenhang sind: DIN 4971–4981 für die Formen, DIN 770 für die Schaftabmessungen, DIN 4950, 4966 und 4989 für die Schneidplatten. In DIN 4982 ist die Kennzeichnung genormt.

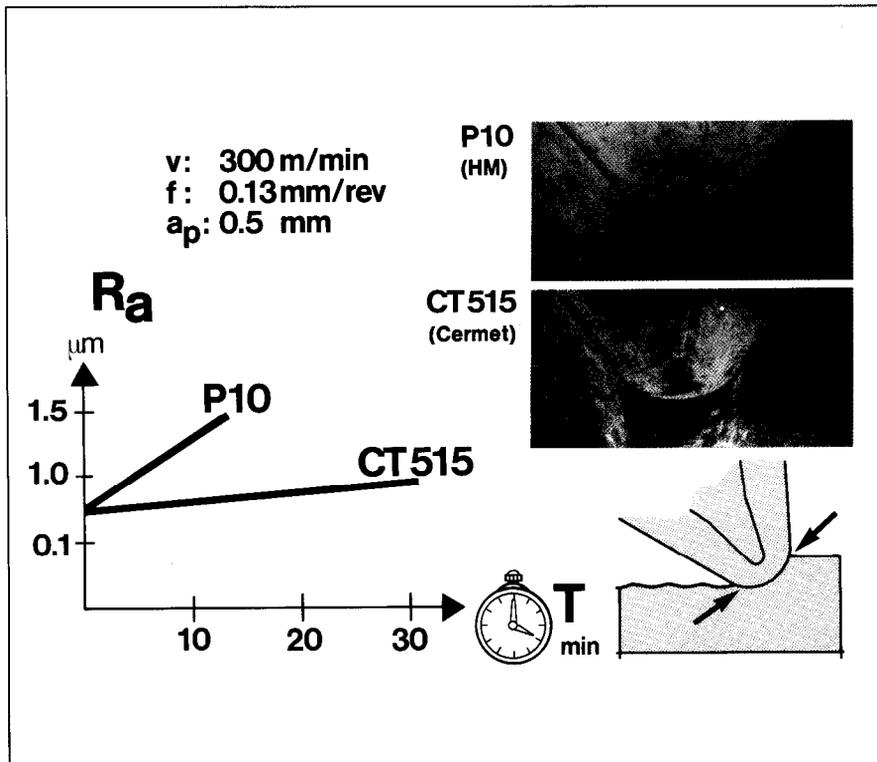


Bild 28: Oberflächengüte beim Einsatz von Cermets

2.2.3 Geklemmte Werkzeuge

Geklemmte Werkzeuge haben sich in der Zerspanungstechnologie klar durchgesetzt. Sie bestehen aus einem Stahl-schaft (legierter Baustahl) mit geklemmter oder gespannter Schneidplatte (DIN 4968, 4983, 4987, s. a. Bild 29). Klemmwerkzeuge sind heute fast ausnahmslos mit Wendeplatten bestückt. Es sind eine Reihe unterschiedlicher Befestigungsarten für Wendeschneidplatten entwickelt worden, die auch zu speziellen Ausführungen bei den Wendeschneidplatten geführt haben. Neben der bewährten Klemmpratzenspannung

gewinnt die Lochklemmung, z.B. als Kniehebelspannung in Bild 30 dargestellt, zunehmend an Bedeutung. Über die Befestigungsschraube wird auf das eigentliche Spannelement, den sog. Kniehebel, ein Kippmoment aufgebracht und die Schneidplatte in ihren Sitz gezogen und fixiert. Dieses Klemmsystem bietet einen sicheren Plattensitz, das Spannen und Lösen ist einfach, es gibt wenig Einzelteile und der Spanabfluß wird nicht durch Spannelemente behindert. Wendeschneidplatten bieten dem Anwender viele Vorteile, angefangen von dem schnellen Schneidkantenwechsel

über das Fehlen von Lötspannungen bis hin zur korrekten reproduzierbaren Geometrieausführung und einfacheren Lagerhaltung. Die Schneidplatten bestehen aus Hartmetall, Keramik, CBN, PKD und in sehr geringem Umfang HSS. Der Anteil von Wendeplattenwerkzeugen beträgt heute ca. 90%. Als Schneidstoff wird hauptsächlich Hartmetall verwendet. Unbeschichtete Sorten werden für die Feinbearbeitung, wo scharfe Schneidkanten und glatte Spanflächen verlangt werden, eingesetzt. Bei Schnittunterbrechung benötigt man zähe Sorten. Die in Bild 31 gezeigte unbeschichtete

BEZEICHNUNG VON KLEMMHALTERN UND KURZKLEMMHALTERN

nach DIN 4983 ISO
(Entwurf)

Auszugsweise Wiedergabe der Norm:

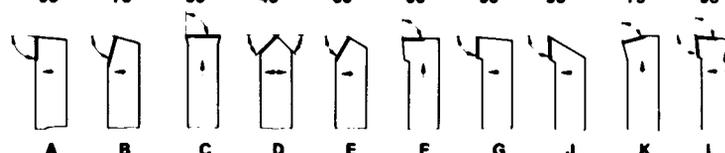
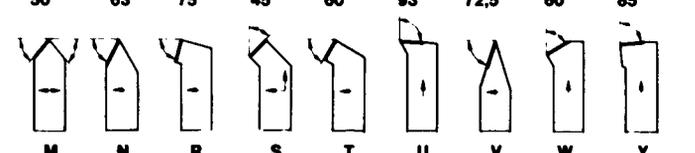
Begriff	Beispiel	Kennbuchstaben und Kennzahlen																																																								
Art der Befestigung	C	 <p style="text-align: center;">C M P S</p>																																																								
Form der Wendeschneidplatte	S	Kennbuchstaben entsprechend der Bezeichnung von Wendeschneidplatten (DIN 4987), zum Beispiel C rhombisch 80° S quadratisch D rhombisch 55° T dreieckig R rund																																																								
Form des Halters	B	<p style="text-align: center;">90° 75° 90° 45° 60° 90° 90° 93° 75° 95°</p>  <p style="text-align: center;">A B C D E F G J K L</p> <p style="text-align: center;">50° 63° 75° 45° 60° 93° 72,5° 60° 85°</p>  <p style="text-align: center;">M N R S T U V W Y</p>																																																								
Normal-Freiwinkel der Wendeschneidplatte	N	Kennbuchstaben entsprechend der Bezeichnung von Wendeschneidplatten (DIN 4987), zum Beispiel C 7°, N 0°, P 11°																																																								
Ausführung (Schneidrichtung)	R	R rechtsschneidend N rechts- und linksschneidend L linksschneidend																																																								
Höhe der Schneidenecke	16	Als Kennzahl wird die Höhe der Schneidenecke h_1 in mm angegeben. Bei Klemmhaltern ist die Höhe der Schneidenecke h_1 gleich und bei genormten kurzklemmhaltern ungleich der Schafthöhe.																																																								
Schaftbreite	16	Klemmhalter: Angabe der Schaftbreite b in mm. Kurzklammhalter: Angabe der Schaftbreite entfällt, sie wird durch die Buchstaben „CA“ ersetzt																																																								
Länge	H	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>32</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>110</td> <td>125</td> <td>140</td> <td>150</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td></td> <td>P</td> <td>Q</td> <td>R</td> <td>S</td> <td>T</td> <td>U</td> <td>V</td> <td>W</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>170</td> <td>180</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> <td>350</td> <td>400</td> <td>450</td> <td>Sonderlänge</td> <td>500</td> <td>Normlänge</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	mm	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150	160		P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y				mm	170	180	200	250	300	350	400	450	Sonderlänge	500	Normlänge		
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N																																													
mm	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150	160																																													
	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y																																																
mm	170	180	200	250	300	350	400	450	Sonderlänge	500	Normlänge																																															
Größe der Wendeschneidplatte	09	Kennziffer entsprechend der Bezeichnung von Wendeschneidplatten (DIN 4987) Schneidlänge in mm ohne Dezimalstellen, bei einziffrigen Zahlen 0 vorangestellt. Bei runden Wendeschneidplatten: Durchmesser in mm.																																																								

Bild 29: Normung von Klemmhaltern

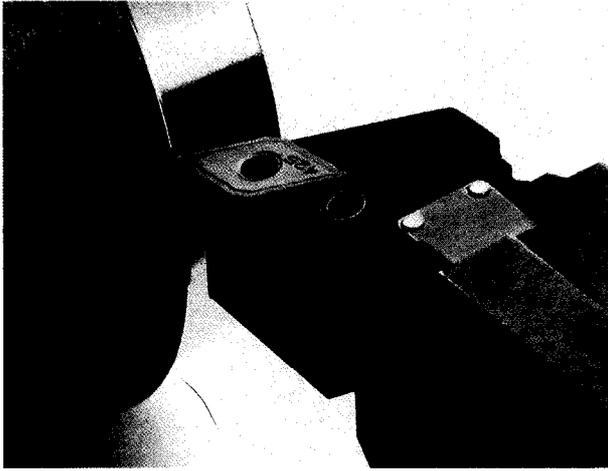
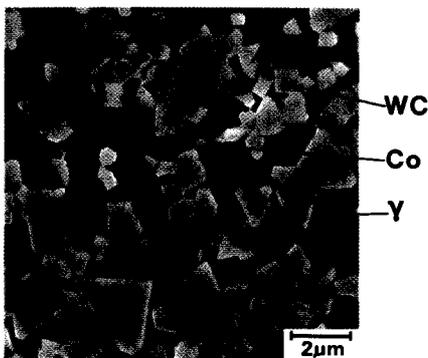


Bild 30: Beispiel für Kniehebelspannung: Loch-Wendeschneidplatte

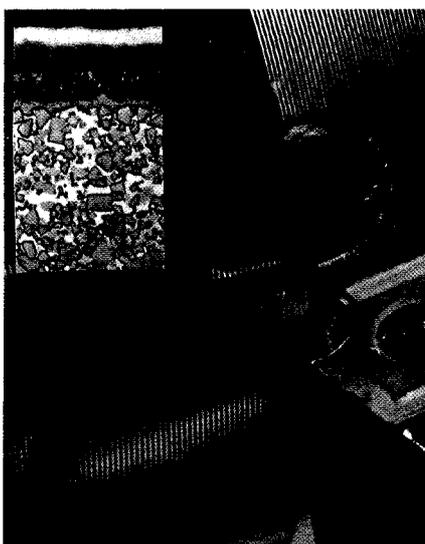
Mikrogefüge einer HM-WSP
zum Schlichten
bei Schnittunterbrechung



Bearbeitung:
Feindrehen
Pleuelauge

Co: Kobalt
WC: Wolframcarb
Y: Gammphase

Bild 31: Mikrogefüge einer zähen unbeschichteten Wendeschneidplatte



Mikrogefüge
einer beschichteten
Hartmetall-WSP
zum Drehen bei hohen
Zähigkeitsanforderungen

Bild 32: Beschichtetes Hartmetall für die Stahlbearbeitung

tete Sorte wird beim Drehen von geschmiedeten Pleuelstangen aus C 38 mod. BY in der Serienfertigung eingesetzt.

Im Pleuelzusammenbau z. B. wird die Hubzapfenbohrung mit dem Durchmesser 65 mm gedreht. Durch Fixiernuten für die Lagerschalen ergibt sich ein unterbrochener Schnitt. Die Schnittdaten betragen: Vorschub $f = 0,25$ mm; Schnitttiefe $a_p = 0,25$ mm. Es wird mit positiver Schneidengeometrie bei $v_c = 200$ m/min zerspannt. Dabei ergibt sich bei den Pleuel aus C 38 mod. BY eine Standzeit von 10 min bzw. ein Standweg von 3000 mm. Die Freifläche der Werkzeuge weist dann eine Verschleißmarkenbreite von 0,3 mm auf.

60–80% aller Anwendungsfälle beim Drehen werden mit beschichteten Sorten durchgeführt. Dabei werden jeweils spezielle Substrate für die einzelnen Beschichtungen entwickelt. In *Bild 32* ist das Mikrogefüge einer Mehrlagenbeschichtung (TiC/TiC-N/TiN) zu sehen. Die mit Co angereicherte Zone zwischen Substrat und Beschichtung sorgt auch bei schweren Schnittbedingungen für gute Verschleißbeständigkeit bei entsprechend hoher Zähigkeit. Der Anwendungsbereich reicht von hohen bis zu niedrigen Schnittgeschwindigkeiten (s. a. *Bild 40*).

Der Anwendungsbereich geklemmter Werkzeuge beschränkt sich nicht nur auf das Längs- und Plandrehen, sondern auch bei schwierigen Zerspanaufgaben, wie z. B. dem Abstechen, gibt es entsprechende konstruktive und technologische Lösungen (Beispiel s. *Bild 33*).

Untersuchungen mit unbeschichteten Hartmetallen und beschichteten Hartmetallen haben ergeben, daß die Verschleißbeanspruchung der Wendeschneidplatten durch BY-Stähle weitaus geringer ist als bei vergüteten Varianten.

Bild 34 zeigt den Freiflächenverschleiß nach 10 bzw. 20 min Schnittzeit. Die Verschleißmarkenbreite beim sonderdesoxydierten Ck 45 BY ist um $\frac{3}{4}$ geringer als beim Ck 45 V. Auch die anderen BY-Varianten führen zu einem vergleichsweise geringen Werkzeugverschleiß. Es wurde mit positiver Schneidengeometrie bei $v_c = 125$ m/min, $a_p = 2,5$ mm und $f = 0,25$ mm gedreht. Auch bei Einsatz von Schneidkeramik und entsprechend hohen Schnittwerten wurden diese Ergebnisse prinzipiell bestätigt. Bei den BY-Stählen fallen die Standzeit-Schnittgeschwindigkeiten günstiger aus als bei dem konventionell vergüteten Stahl. Der höher geschwefelte Ck 45 + S BY liegt unter den ersten Stählen (*Bild 35*). Eine andere Darstellung in *Bild 36* zeigt, welche Schnittgeschwindigkeiten für eine vorgegebene Standzeit von $T = 10$ min bzw. $T = 20$ min gefahren werden können, bis eine Verschleißmarkenbreite

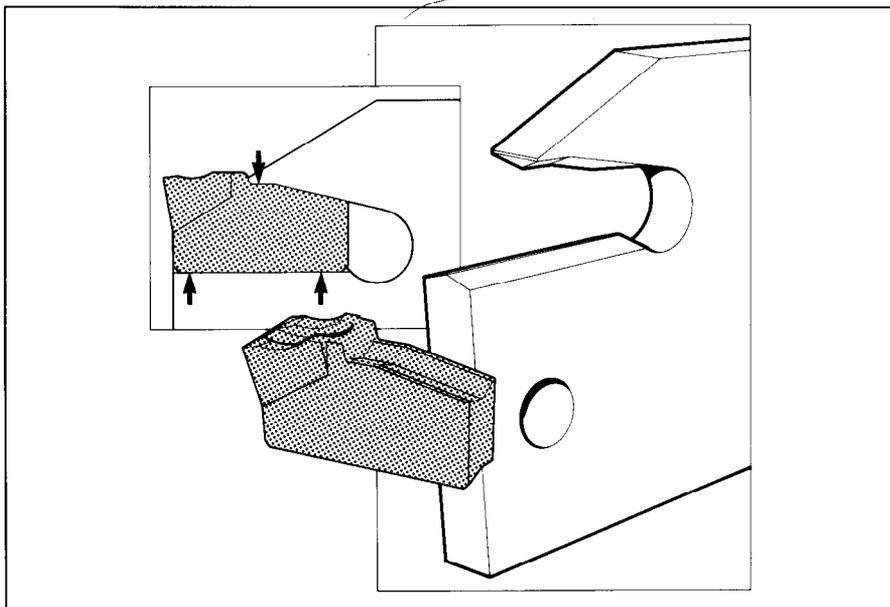


Bild 33: Stechwerkzeug in Wendeschneidplattenausführung

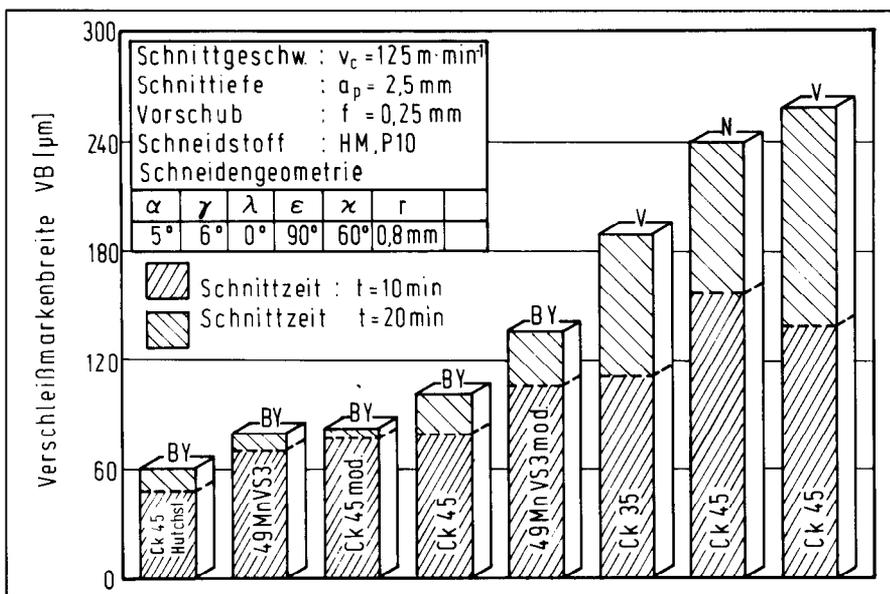


Bild 34: Freiflächenverschleiß bei unbeschichtetem Hartmetall

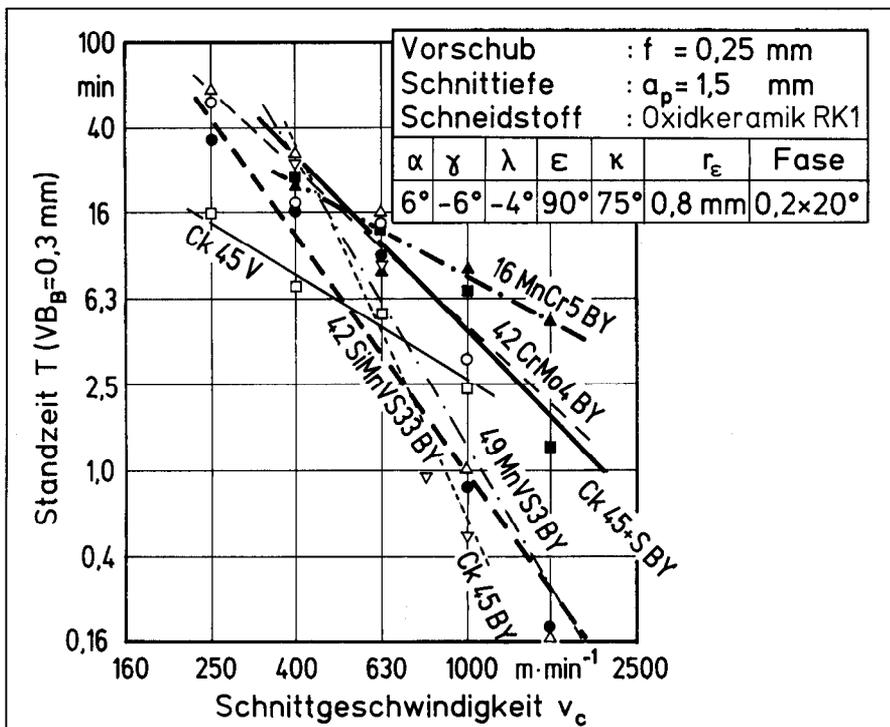


Bild 35: Standzeitgeraden beim Drehen von Schmiedewerkstoffen mit Keramik

Bild 36: Standzeit-Schnittgeschwindigkeiten bei beschichtetem Hartmetall

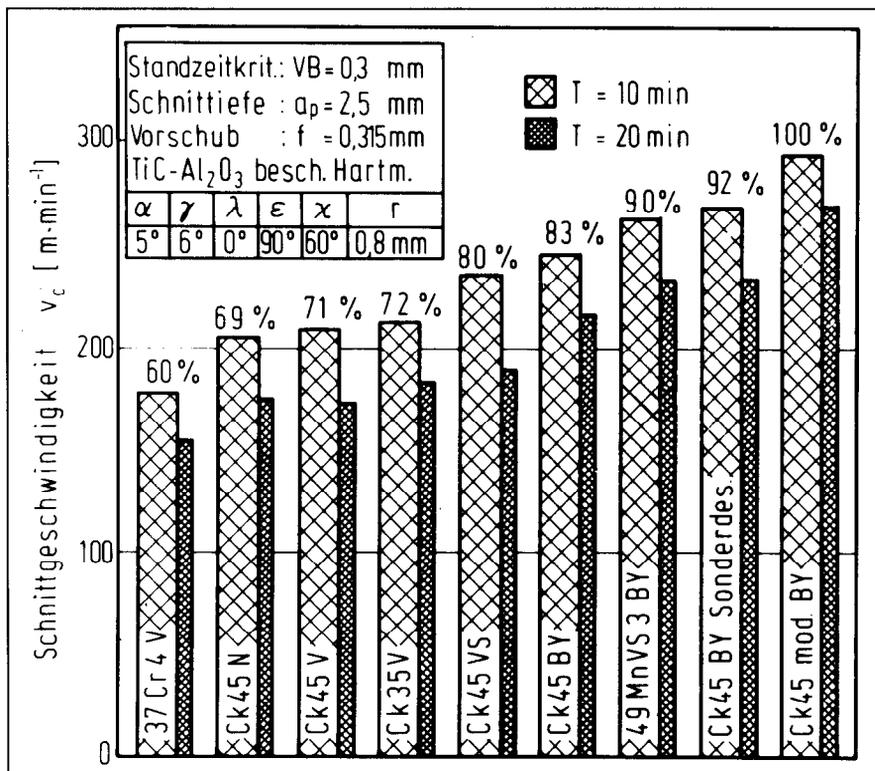
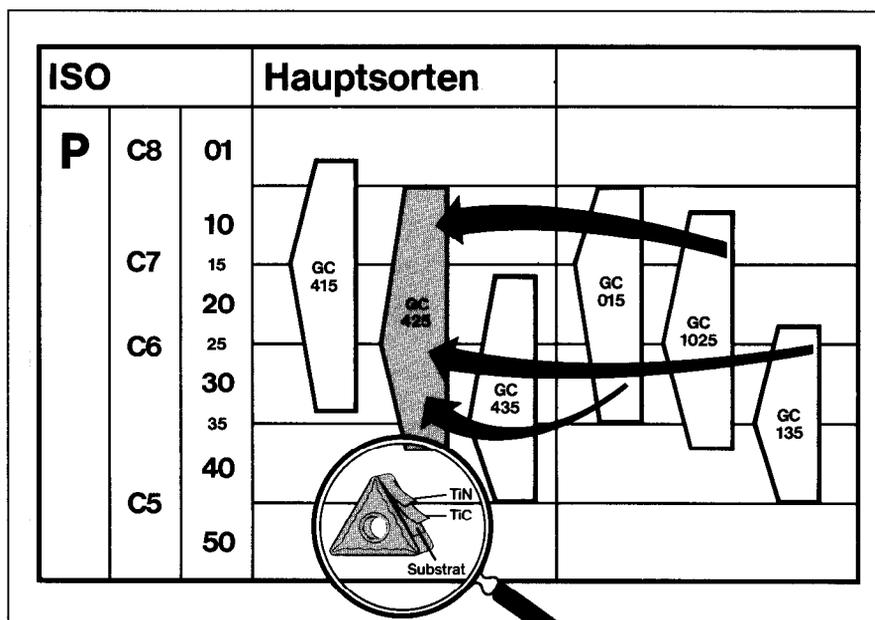


Bild 37: Sortenvereinheitlichung durch beschichtetes Hartmetall



von $VB = 0,3 \text{ mm}$ bei beschichtetem Hartmetall auftritt. Danach erlaubt beispielsweise der Ck 45 VS ca. 10% höhere Werte im Vergleich zu Ck 45 N bzw. Ck 45 V. Die höchsten Schnittgeschwindigkeiten und damit die kürzesten Fertigungszeiten ermöglichen die BY-Stähle wie z. B. der Ck 45 mod. BY. Die Schnittdaten betragen $a_p = 2,5 \text{ mm}$ und $f = 0,315 \text{ mm}$. Beschichtete Hartmetalle decken einen weiten Anwendungsbereich ab. Um die Lagerhaltungskosten gering zu halten und um flexibel auf neue Zerspanungsanforderungen zu reagieren ist es empfehlenswert sog. Univer-

salsorten zu verwenden. Bild 37 zeigt dies beispielhaft für eine Stahlsorte. Der Anwendungsbereich ist ausreichend groß. Auch wenn es Zerspanungsaufgaben gibt, wo vielleicht eine noch zähere oder in einem anderen Fall eine noch verschleißfestere Sorte geringfügig höhere Standzeitwerte ergibt, ist — im Rahmen einer Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtung — genau zu prüfen, ob es sinnvoll ist, eine oder zwei neue Lagerpositionen aufzunehmen. Es ist ferner darauf zu achten, daß Wendschneidplattensorten immer auf dem neuesten technologischen Stand beim

Anwender gehalten werden. Dazu ist die notwendige Transparenz z. B. durch rechnergestützte Verwaltung zu schaffen. Damit ist sicherzustellen, daß nach entsprechender Erprobung beim Anwender neue Sorten die alten Qualitäten ersetzen können. U. U. lassen sich mit einer neuen Sorte zwei oder mehrere alte Qualitäten ersetzen. Die wirtschaftlichen Vorteile durch eine laufende Aktualisierung der verwendeten Wendschneidplattensorten mit der Randbedingung, gleichzeitig eine Sortenreduzierung zu betreiben, sind nicht zu unterschätzen.

2.3 Spankontrolle

Während die ersten Generationen von Wendschneidplatten nur glatt, also mit ebenen Spanflächen ohne Mulden ausgeführt wurden, d. h. ohne Spanformelemente, erlauben Wendschneidplatten mit Spannbohrung das Einbringen von einseitigen oder doppelseitigen Spanformstufen. Die störungsfreie Produktion an modernen CNC-Maschinen erfordert eine verlässliche Spankontrolle. Moderne Spanformelemente werden heute mit CAD (= Computer Aided Design) konstruiert (Bild 38 zeigt ein Beispiel, eingesetzt beim Drehen von Nockenwellenrädern aus Ck 45 N mit $v_c = 250$ m/min und $f = 0,20$ mm). Weitere Beispiele aus der Praxis sollen verdeutlichen, wie durch Optimierung der Wendschneidplattengeometrie kurze Späne und gleichzeitig höhere Standmengen erreicht wurden. In den Bildern 39 und 40 sind Arbeitsbeispiele aus der Fertigung von geschmiedeten Kurbelwellen aus C 38 mod. BY aufgeführt. Die Zerspaltung erfolgt auf einer konventionellen Transferstraße ohne die Möglichkeiten der Variation der Schnittdaten. Im ersten Beispiel (Bild 39) kam anstelle der glatten Wendschneidplatte mit positiver Geometrie eine Wendeplatte mit eingesinteter Spanformstufe aus dem gleichen Schneidstoff zum Einsatz. Dies führt zu kurzen Wendelspanen und damit verbundener störungsfreier Produktion. In einem anderen Fall (Bild 40) konnte zusätzlich von einer unbeschichteten Sorte auf eine beschichtete Qualität umgestellt werden. Der Standmenvorteil ist entsprechend größer (Steigerung auf 160%). Die eingesinterte Spanformstufe führt zu kurzen Spänen. Es gibt auch Bearbeitungsfälle, wo die Möglichkeiten der Wendschneidplattengeometrien erschöpft sind. Hier hilft eine Modifikation des Wendestückstoffes (z. B. Erhöhung des Schwefelgehaltes; s. a. Abschnitt 3. Bohren).

2.4 Werkzeugwahl

Die Wahl der Plattengröße und der Schaftabmessungen richtet sich nach den Schnittdaten. So gilt als obere Grenze der Belastung in bezug auf die Spantiefe ca. $\frac{1}{3}$ der Schneidkantenlänge bei Platten mit Spitzenwinkel 80° und größer sowie ca. $\frac{1}{2}$ der Schneidkantenlänge bei Wendeplatten mit Spitzenwinkel 60° und kleiner. Für den Vorschub gelten ca. $\frac{1}{3}$ des Plattenradius als obere Grenze. Die eigentliche Werkzeugform richtet sich nach der Lage der Schneide und der Kopfkontur des Halters in Abhängigkeit von der Werkstückkontur. Dabei ist die Verwendung von DIN-Wendschneidplatten in Viereckform anzustreben. Neben den Schaftwerkzeugen mit der Aufnahme z. B. über VDI-Halter in

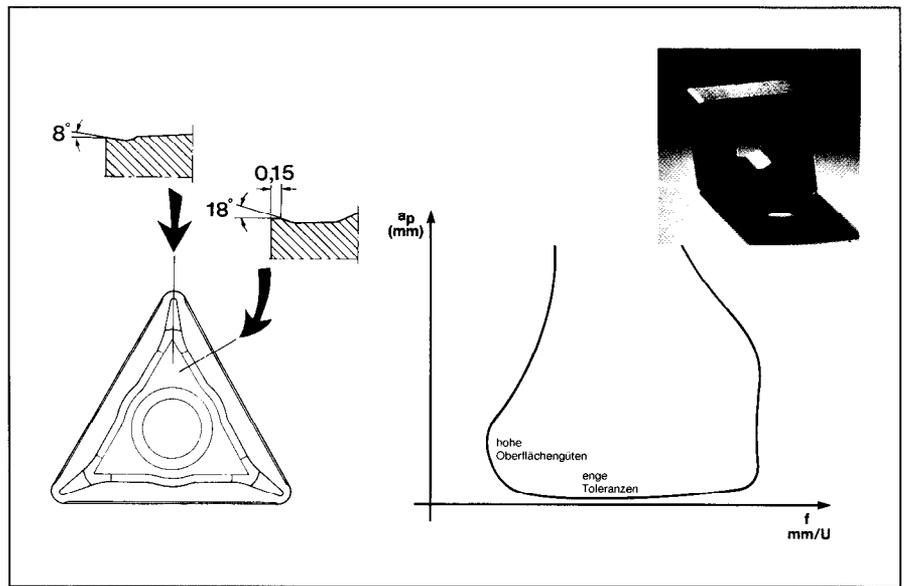


Bild 38: Wendschneidplatte mit Spanformstufe

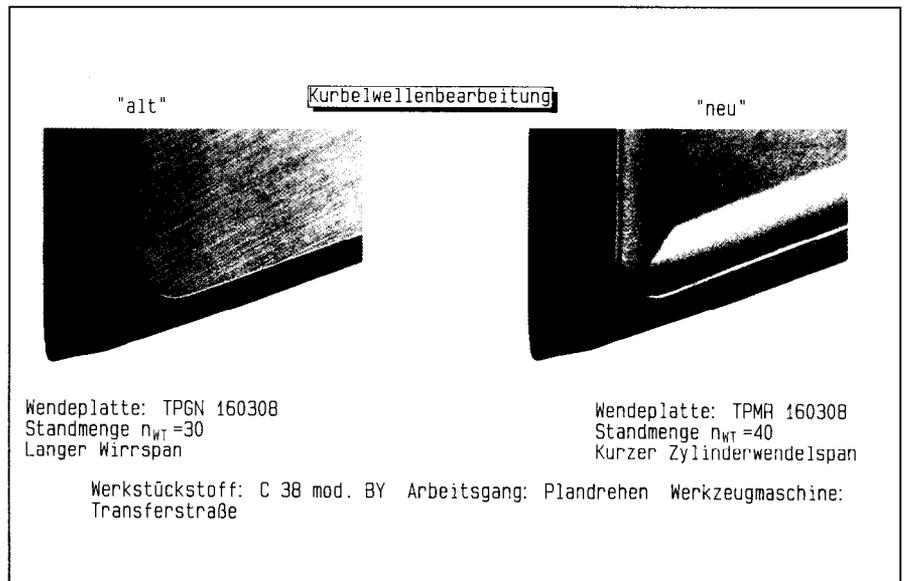


Bild 39: Spankontrolle bei der Kurbelwellenbearbeitung

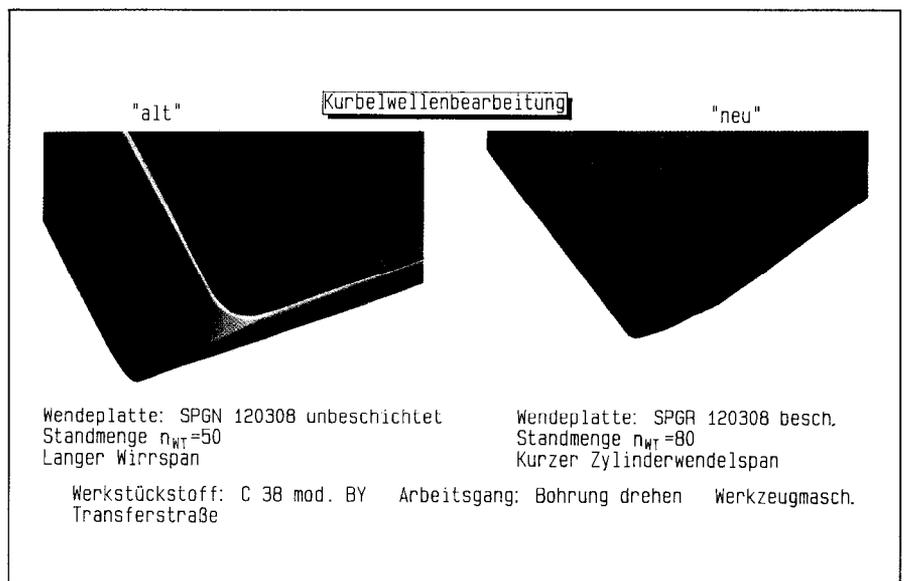


Bild 40: Spankontrolle bei der Kurbelwellenbearbeitung

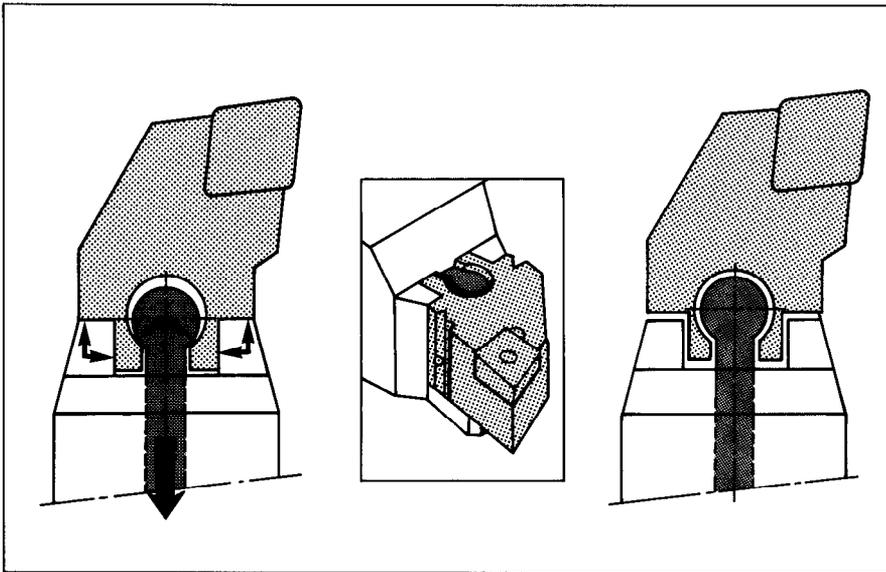


Bild 41: Schnell-Werkzeug-Wechselsystem

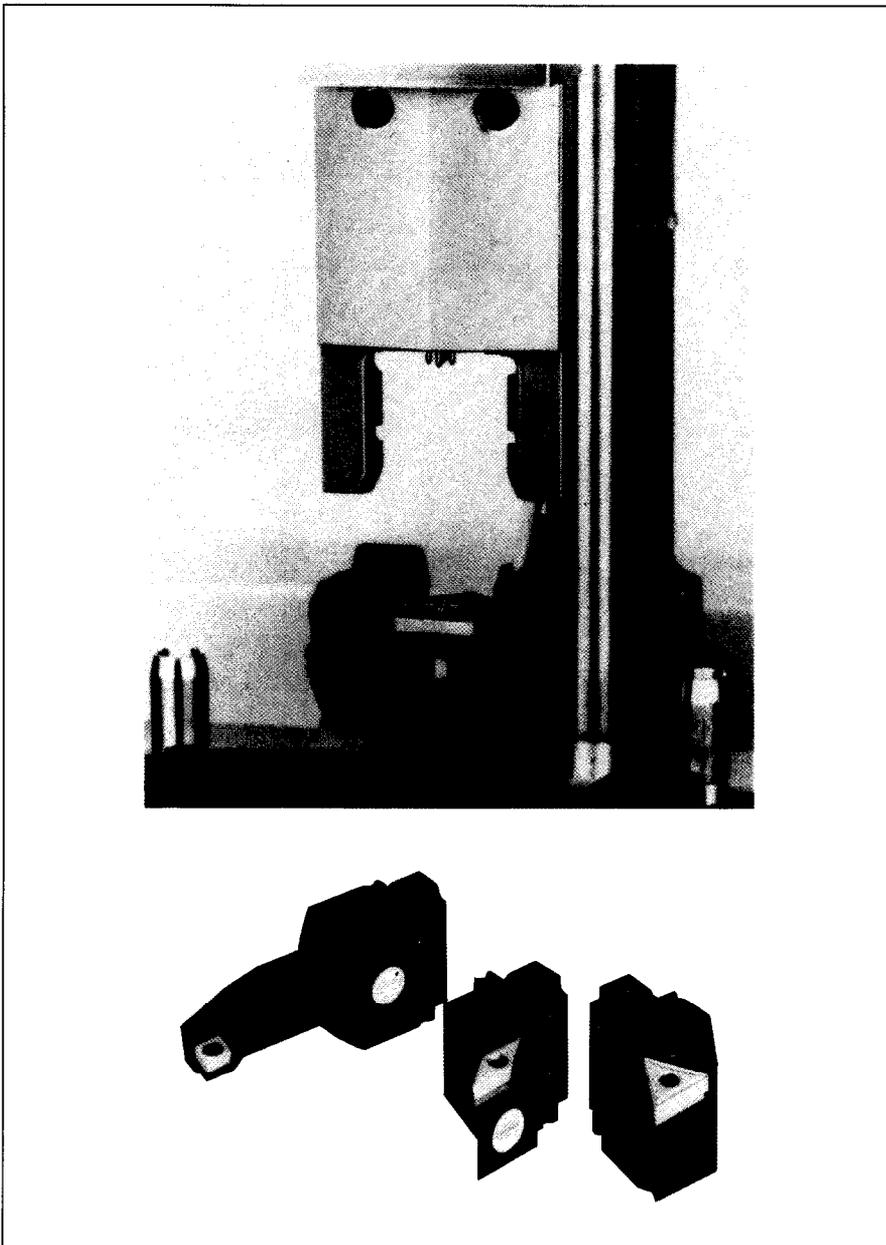


Bild 42: Werkzeug-Codierung über integrierten Chip

der Drehmaschine gibt es heute modulare Werkzeugsysteme. Damit sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Reduzierung des Rüstaufwandes
- vollautomatisierte Fertigung.

Die angebotenen Systeme bestehen aus einer Grundaufnahme und einem wechselbaren Schneidkopf mit Wendeschneidplatte. In *Bild 41* ist ein Schnellwechselsystem aufgeführt, das beim Drehen von Automobilteilen in der Serie eingesetzt wird. Die Stabilität der Verbindungsstelle genügt auch hohen Anforderungen. Dies ist u. a. auf die Stützwirkung des unter dem Schneidkopf angebrachten Elements zurückzuführen. Für derartige modulare Systeme gibt es manuelle, semiautomatische und vollautomatische Lösungen. Mit den am Markt angebotenen manuellen Standardspanneinheiten lassen sich nahezu alle existierenden Drehmaschinen auf modulare Systeme umrüsten. Die Vorteile derartiger Systeme liegen bei diesen Maschinen in der Reduzierung der Nebenzeiten für das Einrichten bzw. Umrüsten und im schnellen Wechsel verbrauchter Schneidkanten. Der Einsatz semiautomatischer Spanneinrichtungen konzentriert sich auf Neumaschinen. Die Spannung erfolgt i. a. über Federpakete, die hydraulisch zum Lösen des Schneidkopfs entspannt werden. bei einer vollautomatischen Drehbearbeitung werden die Schneidköpfe über Greifer aus einem Magazin geholt und eingewechselt. Nach Werkzeugherstellangaben sollen sich weltweit einige hundert vollautomatischer Maschinen im Einsatz befinden. Diese Maschinen kommen sowohl in der Großserienfertigung als auch in der Fertigung von Teilefamilien zur Anwendung. Für den vollautomatisierten Betrieb ist es sinnvoll, daß derartige Schneidköpfe mit maschinenlesbaren Informationsträgern, sog. Chips, ausgerüstet werden (*Bild 42*). Auf dem Chip können die Werkzeugidentifikationsinformationen, wie z. B. Werkzeugnummer, Abmessungen, Schneidstoff, Schnittdaten, Standmenge abgelegt werden. Beim Einwechseln in die Drehmaschine werden diese Daten wiederum gelesen und der Maschinensteuerung zur Verfügung gestellt. Manuelle Fehleingaben der Werkzeugkorrekturmaße werden so vermieden.

2.6 Werkzeugüberwachung

Ein weiterer wichtiger Baustein bei voll-automatisiertem Betrieb ist die Werkzeugüberwachung. Man unterscheidet Systeme zur:

- Standzeitüberwachung (Standmengenähler)
- Kollisionsüberwachung
- Bruchüberwachung
- Verschleißüberwachung.

Im erstgenannten Fall werden in der Planung Vorgabestandmengen festgelegt und an der Werkzeugmaschine einprogrammiert. Sobald der Vorgabewert abgearbeitet wurde, erfolgt ein akustisches bzw. optisches Signal als Aufforderung zum manuellen Werkzeugwechsel oder es erfolgt ein automatischer Werkzeugwechsel.

Prozeßüberwachungssysteme, wie Kollisions- oder Bruchüberwachung sollen Maschinenstillstandzeiten infolge von Werkzeugbruch vermeiden. Ebenso gilt es, Folgeschäden wie z. B. zerstörte Grundhalter oder zerstörte Spannvorrichtungen zu reduzieren. Werkzeugüberwachungssysteme ermöglichen darüber hinaus ein besseres Ausnutzen der Werkzeugstandzeiten, was zu einer Senkung der Werkzeugkosten beiträgt. Die viel diskutierte manarme Schicht oder das Überbrücken von Pausen sind ohne Werkzeugüberwachung nicht realisierbar.

Die Vielzahl der am Markt befindlichen Werkzeugüberwachungssysteme läßt sich nach direkten und indirekten Einrichtungen unterscheiden (Bild 44). Bei den meisten der heute angebotenen Systeme wird der Werkzeugbruch indirekt über entsprechende Meßgrößen erfaßt. Diese können die Zerspankräfte oder Antriebsleistungen sein. Zur Kraftmessung kommen hauptsächlich Piezo-Quarze als Aufnehmer zum Einsatz. Durch Einwirkung einer Kraft ändert sich die Ladungsverteilung eines Quarzes. Es gibt verschiedene Ausführungen am Markt. Am sichersten ist die Kraftmessung über direkt im Kraftfluß der Maschine angeordnete Quarzelemente oder sog. Meßplatten mit Quarzen. Für die Kollisionserfassung reichen sog. Dehnungsaufnehmer oder Meßdübel auf Piezo-Quarz-Basis aus. Diese sind auch leicht mechanisch nachzurüsten. Problematisch ist in der Regel die Anpassung der Auswertelektronik an die Maschinensteuerung.

Systeme zur Kollisions- und Brucherkenkung haben sich in der Serienfertigung bewährt. Zur Kollisionserkennung wird ein fester im Teach-in-Verfahren programmierter Festwert genutzt. Bei der Brucherkenkung wird von der Auswertelektronik ein Schwellband um das aktuelle Kraftsignal gelegt. Ein Über- und/oder Unterschreiten dieses Schwell-

bands dient zur Brucherkenkung. Bild 45 zeigt ein in der Serienfertigung eingesetztes Gerät. Diesem Bruchsensor ist ein Stopp-Modul nachgeschaltet, das direkt auf die Maschinensteuerung wirkt. Dadurch wird die Maschine innerhalb weniger Millisekunden stillgesetzt. Durch Einsatz des Bruchsenors lassen sich in der Regel die Vorgabestandmen-

gen erhöhen, die Werkzeugkosten werden reduziert. Bei entsprechend optimierter Einstellung des Bruchsenors lassen sich bis zu 90% aller Schneidenbrüche erkennen und Folgeschäden vermeiden.

Bei unterbrochenem Schnitt können diese Systeme allerdings nicht angewendet werden.

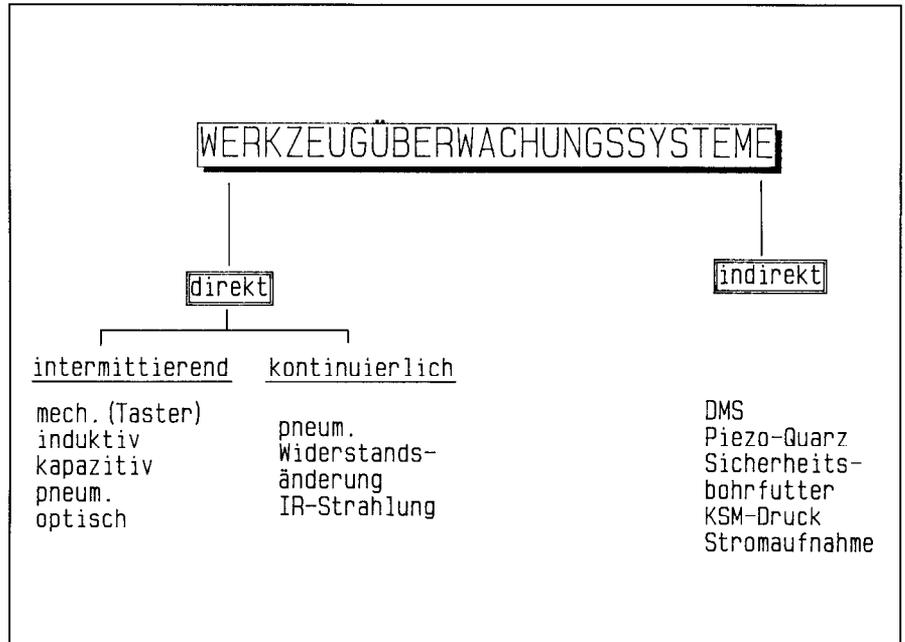


Bild 44: Übersicht der Werkzeugüberwachungssysteme

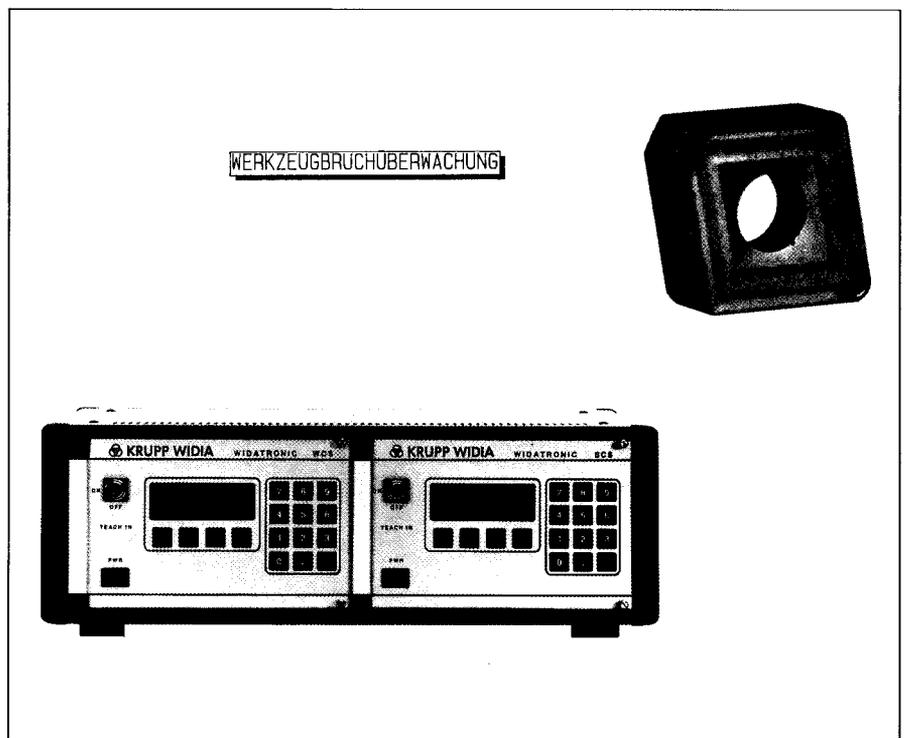


Bild 45: Bruchsensor

2.7 NC-Bearbeitung

Es ist sinnvoll, bei der Umstellung auf die NC-Bearbeitung die besonderen Möglichkeiten der NC-Programmierung zur Optimierung der Zerspanung zu nutzen. Vielfach wird stattdessen der vom konventionellen Kopierdrehen verwendete Ablauf 1:1 auf die NC-Drehmaschine übertragen. Lediglich im Bereich der Schneidkeramikbearbeitung von Schmiedeteilen wird die Anfasung als neue Technologie in die NC-Programmierung eingeführt. Durch das Anfasen werden die Lauffehler des Rohteils in der

1. Spannung ausgeglichen. Gleichzeitig wird die harte Außenhaut angeschnitten. Hierdurch werden für die nachfolgenden Drehbearbeitungen gleichbleibende Standmengen erreicht. In *Bild 46* sind einige Anfasvarianten dargestellt. Für das Anfasen können sozusagen zum Null-Tarif verbrauchte Wendeschneidplatten eingesetzt werden. Bei bereits abgelängten Teilen kann der Anfasvorgang entfallen, jedoch ist in diesen Fällen mit reduziertem Vorschub die Bearbeitung zu beginnen und zu beenden (s. a. *Bild 46* unten). Gegenüber dem

konventionellen Kopierdrehen lassen sich auf den NC-Drehmaschinen durch optimale Werkzeugwahl die Bearbeitungskosten und -zeiten reduzieren. Mit 8fach verwendbaren stabilen 4-kant-Wendeschneidplatten wird beispielsweise die in *Bild 47* dargestellte Kontur geschruppt. Die gleiche Werkzeuggeometrie läßt sich auch zum Schlichten verwenden (*Bild 47* unten). Lediglich für das Konturdrehen wird die schlanke Kopierplatte verwendet, die sonst bei der konventionellen Bearbeitung für den gesamten Drehprozeß verwendet werden

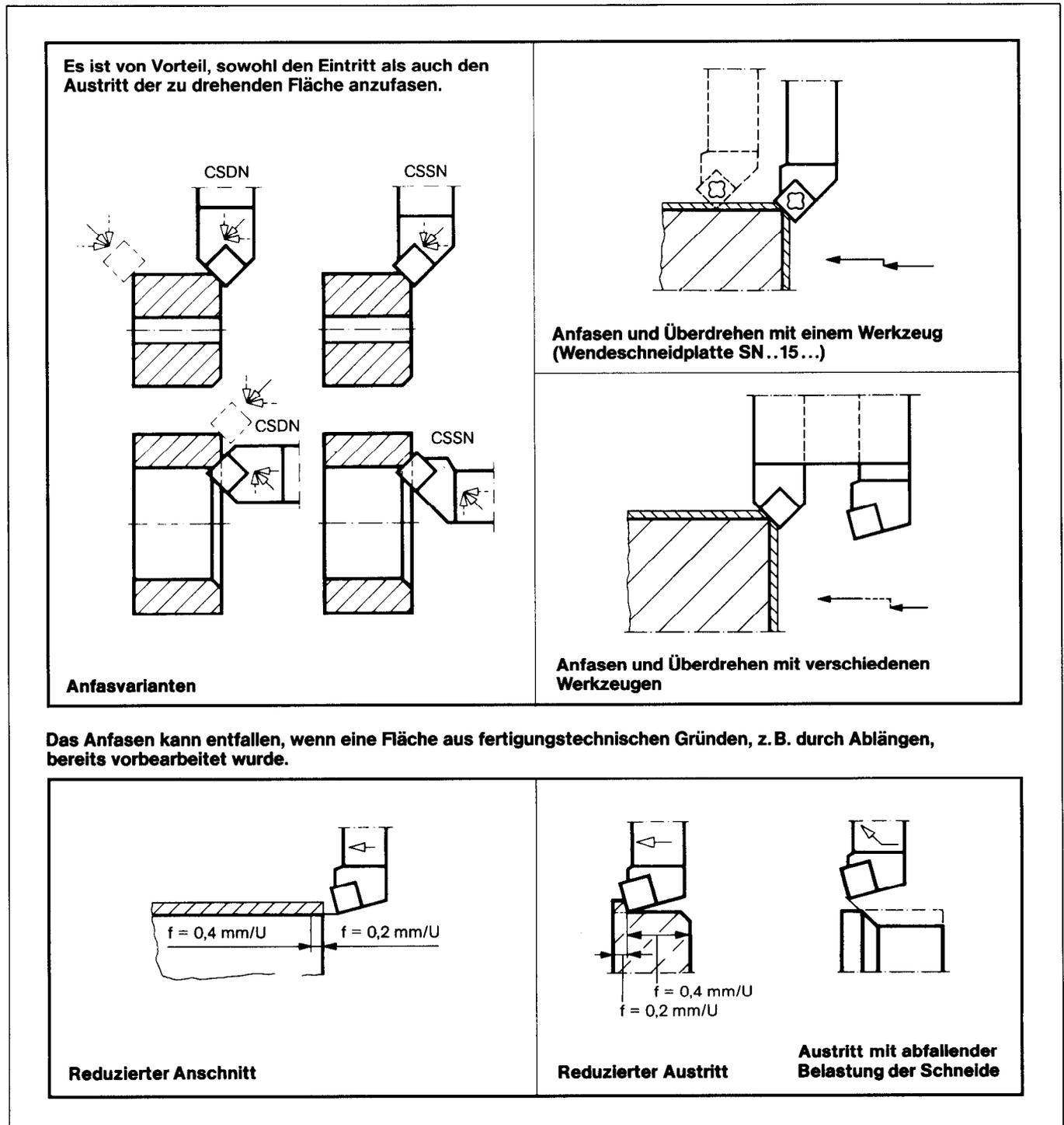


Bild 46: Anfasvarianten

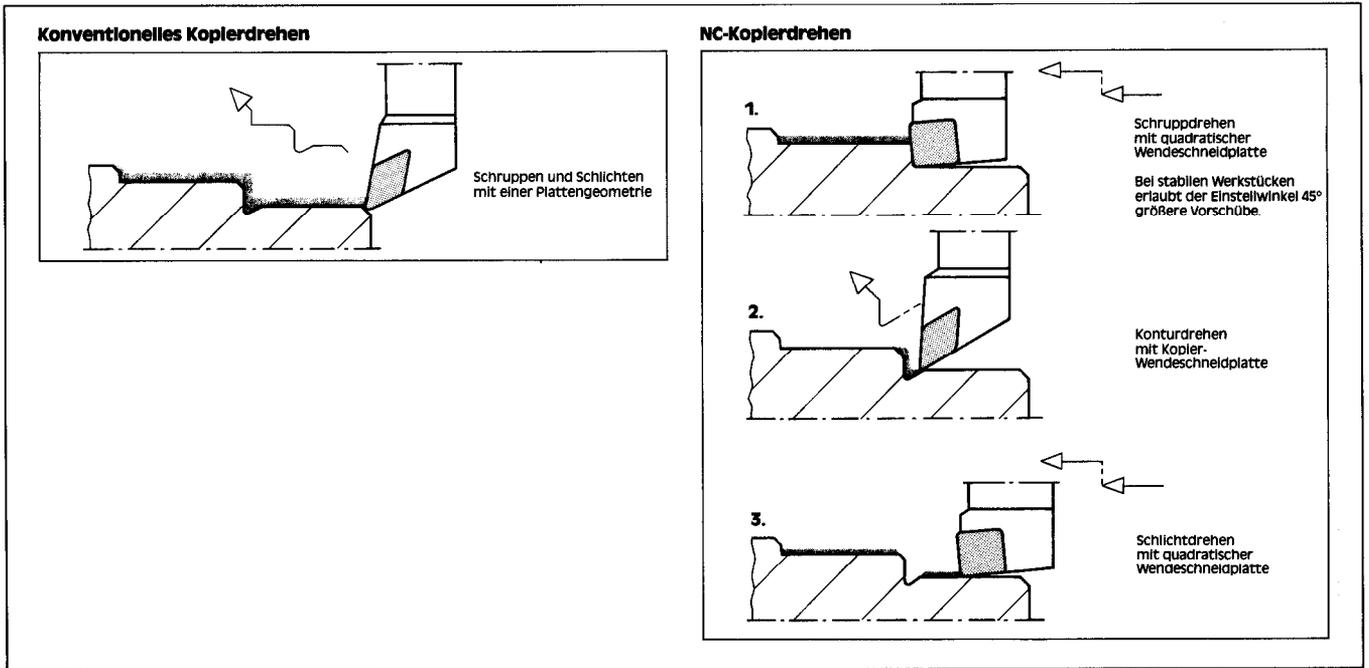


Bild 47: NC-Kopierdrehen mit Schneidkeramik

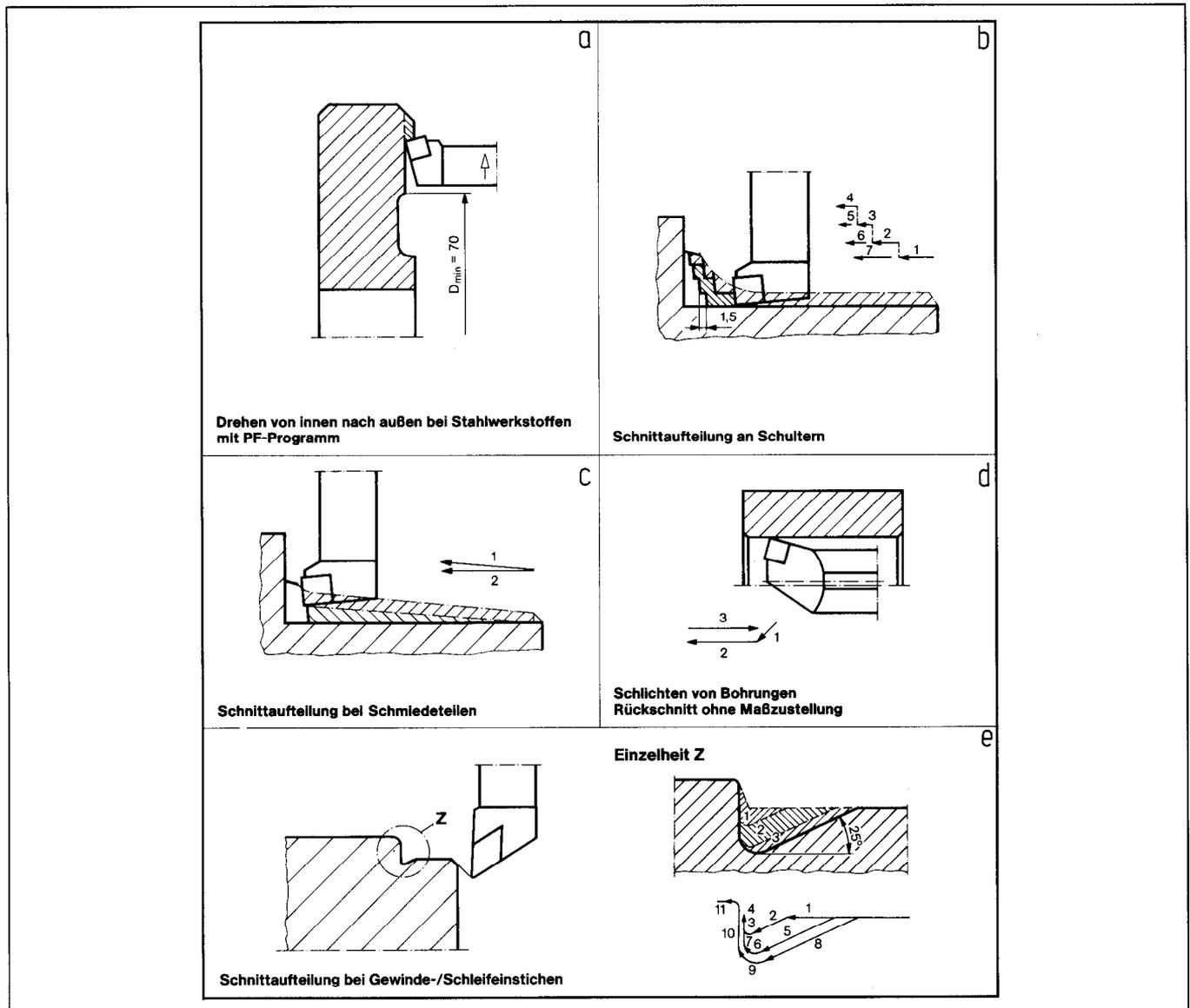


Bild 48: NC-gerechte Schnittaufteilung

mußte. Das *Bild 48* gibt einige Hinweise für eine NC-gerechte Bearbeitung von Schmiedeteilen mit Schneidkeramik. So empfiehlt es sich von innen nach außen zu planen. An Schultern ist die dargestellte Schnittaufteilung anzustreben. Im Teilbild c paß sich der Schruppschnitt der Schmiedekontur an. Es ist dabei sicherzustellen, daß die Schneidkante immer im Schnitt bleibt. Eine Schnittunterbrechung oder ein „Kratzen“ auf der Werkstückoberfläche verkürzt die Werkzeugzeit. Beim Schlichten von Bohrungen empfiehlt es sich, den Schlichtschnitt ziehend zu fahren. So wird vermieden, daß der ablaufende Span die gerade erzeugte Oberfläche zerkratzt. Durch fertigungsgerechte Werkstückformelemente kann der Konstrukteur die Wirtschaftlichkeit der Zerspaltung verbessern helfen (*Bild 49*). Schultern mit Eckenwinkeln über 95° erlauben die Verwendung von 4-kant-Platten mit 8 Schneiden statt rhombischer Platten mit nur 4 Schneiden. Große Eckenradien ermöglichen stabile Werkzeuge ($r \geq 1,2$ mm). Scharfe Kanten sind durch Freistiche zu ersetzen, wobei die Freistiche Typ A und C zu verwenden sind. Ein möglichst flacher Einwärts-Kopier-Winkel erlaubt ebenfalls stabile Schneidplatten. Schmutznuten o. ä. sollten so gewählt werden, daß der Winkel nicht im Bereich der Selbsthemmung liegt (s. a. *Bild 49* unten).

An Werkstückfasen ergibt sich oft beim Schnittaustritt Grat. Dieser läßt sich dadurch vermeiden, daß beim Bearbeitungsende ein Radius programmiert wird und so durch Verrunden der Werkstückkante Grat vermieden wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß nach dem Überdrehen das Werkzeug noch einmal aus der anderen Richtung kurz gegen das Werkstück fährt und so einen kleinen Kantenbruch erzeugt. Oder der Schnitt wird aufgeteilt, d. h. das Werkzeug fährt jeweils hälftig von links und rechts über die Kontur um so den Grat am Schnittaustritt an der Werkstückkante zu vermeiden (*Bild 50*).

Die Wahl optimaler Schnittdaten wurde bereits im Abschnitt 1. Grundlagen behandelt. Hinweise für die Wahl geeigneter Werte beim Drehen enthält die Tabelle *Schnittgeschwindigkeitsempfehlungen*, Seite 62.

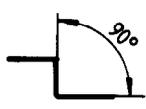
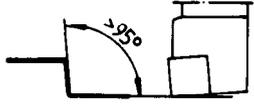
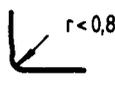
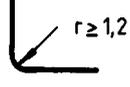
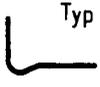
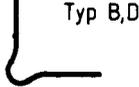
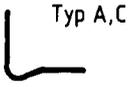
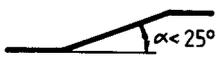
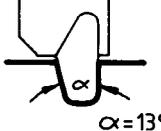
Formelement/Arbeitsgang-Regel	zu vermeiden	empfehlenswert
<u>Schultern</u> Schultern ohne Funktion $\geq 95^\circ$ legen		
<u>Eckenradien</u> Eckenradien so groß wie möglich		
<u>Ecken</u> Scharfe Ecken durch Freistiche ersetzen		
<u>Freistiche</u> Freistiche Typ B und D vermeiden		
<u>Einwärts-Kopierdrehen</u> möglichst „flach“ einwärts-kopierdrehen		
<u>Fasen</u> Fasen durch Radien ersetzen (angenehme manuelle Handhabung der Werkstücke)		
<u>Nutenstechen</u> Winkel im Bereich der Selbsthemmung vermeiden		

Bild 49: Fertigungsgerechtes Konstruieren

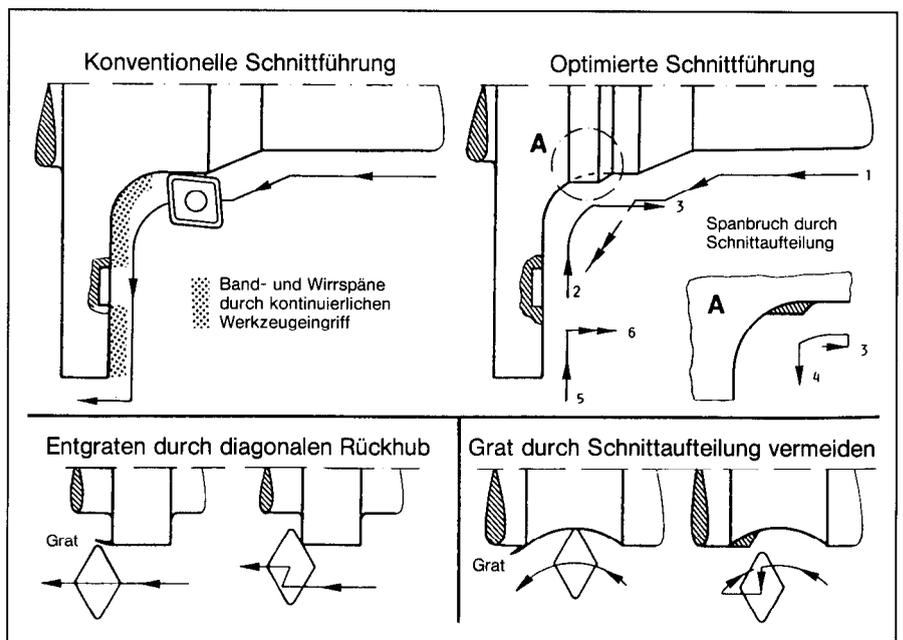


Bild 50: Gratfreie Drehbearbeitung durch NC-Technik

2.8 Praktische Tips

Drehprobleme

- Extrem hoher Verschleiß an
 - Freifläche

 - Spanfläche (Kolk)

 - Schneidkante (plast. Verformung)

 - Schneidkante (Aufbauschneide)

- Schneidkante bricht aus

- Schneidkante bricht ab

- Ungünstige Spanbildung (Wirr, -Bandspäne)

- Schlechte Oberflächengüte

- Rattermarken

- Maßschwankungen am Werkstück

- Erhöhter Wendeschneidplattenverbrauch

- Verwertung von Wendeschneidplatten

Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit reduzieren
- verschleißfestere Hartmetallsorte wählen
- Schnittgeschwindigkeit reduzieren
- Al₂O₃-beschichtetes Hartmetall verwenden
- positive Schneidengeometrie wählen
- Schnittgeschwindigkeit und Vorschub reduzieren
- verschleißfestere Hartmetallsorte wählen
- Schnittgeschwindigkeit erhöhen
- positive Schneidengeometrie wählen
- TiN-beschichtetes Hartmetall wählen

- zähere Hartmetallsorte wählen
- Schneidkante abziehen
- Spannverhältnisse prüfen
- Einstellwinkel verkleinern

- Plattensitz, Unterlegplatte auf Beschädigung hin prüfen
- dickere Wendeschneidplatten verwenden

- Vorschub erhöhen
- Einstellwinkel möglichst groß wählen
- Spanleitstufe verkleinern
- Schnitttiefe erhöhen

- Schnittgeschwindigkeit erhöhen
- Vorschub reduzieren
- Eckenradius vergrößern
- ggf. verschleißfestere Sorte wählen
- ggf. Spanleitstufe verwenden
- ggf. Schnitttiefe leicht erhöhen
- positive Schneidengeometrie wählen

- Einstellwinkel möglichst groß wählen
- kleinen Eckenradius wählen
- positive Schneidengeometrie verwenden
- Vorschub variieren (zuerst erhöhen)
- Spannverhältnisse prüfen (so kurz wie möglich spannen)
- Freiwinkel verkleinern
- Maschinenlagerungen prüfen
- Werkstückspannung prüfen

- Kühlung verbessern
- höhere Schnittgeschwindigkeit
- positive Schneidengeometrie wählen
- TiN-beschichtetes Hartmetall wählen
- Ansammlung von heißen Spänen in der Werkzeugmaschine vermeiden

- alle Schneiden der Wendeschneidplatte verwenden (Wenderichtung im Halter entgegen dem Uhrzeigersinn)
- Plattensitz vor dem Einsatz einer neuen Wendeschneidplatte stets reinigen
- Wendeschneidplatte beim Einspannen in den Plattensitz nach hinten drücken
- Schlüssel beim Spannen nicht zu fest anziehen
- beschädigte Unterlagen bei kleinen Ausbrüchen wenden, bei größeren Ausbrüchen tauschen
- Halter von Zeit zu Zeit reinigen
- auf kurze Einspannung achten

- verschlissene Wendeschneidplatten zum Fasen verwenden
- Wendeschneidplatten nach Verbrauch in die ursprüngliche Verpackung zurück; zum Verkauf anbieten oder auf kleinere Größe umschleifen