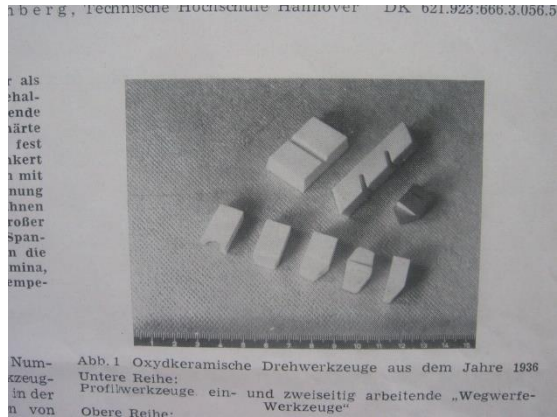


Hartdrehen in der Lagerindustrie – neue Aspekte bei der Anwendung von Schneidkeramik und PCBN

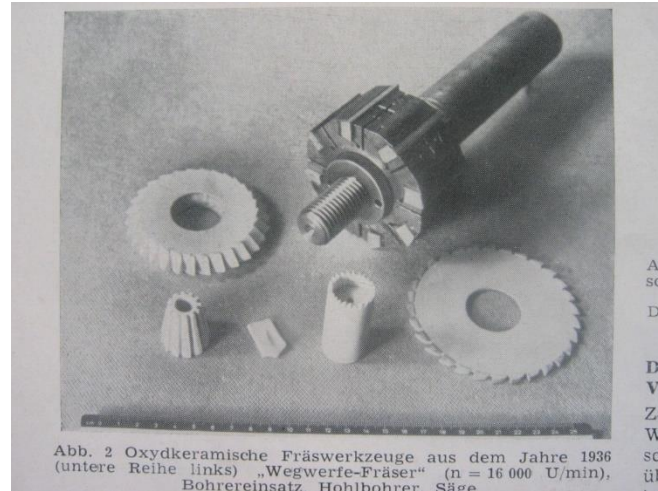
AMB Technologieforum 2020
Stuttgart, 17.Sept. 2020

Johannes Schneider
Senior Product Manager Cutting Tools
CeramTec GmbH; Ebersbach

Historie keramischer Schneidstoffe

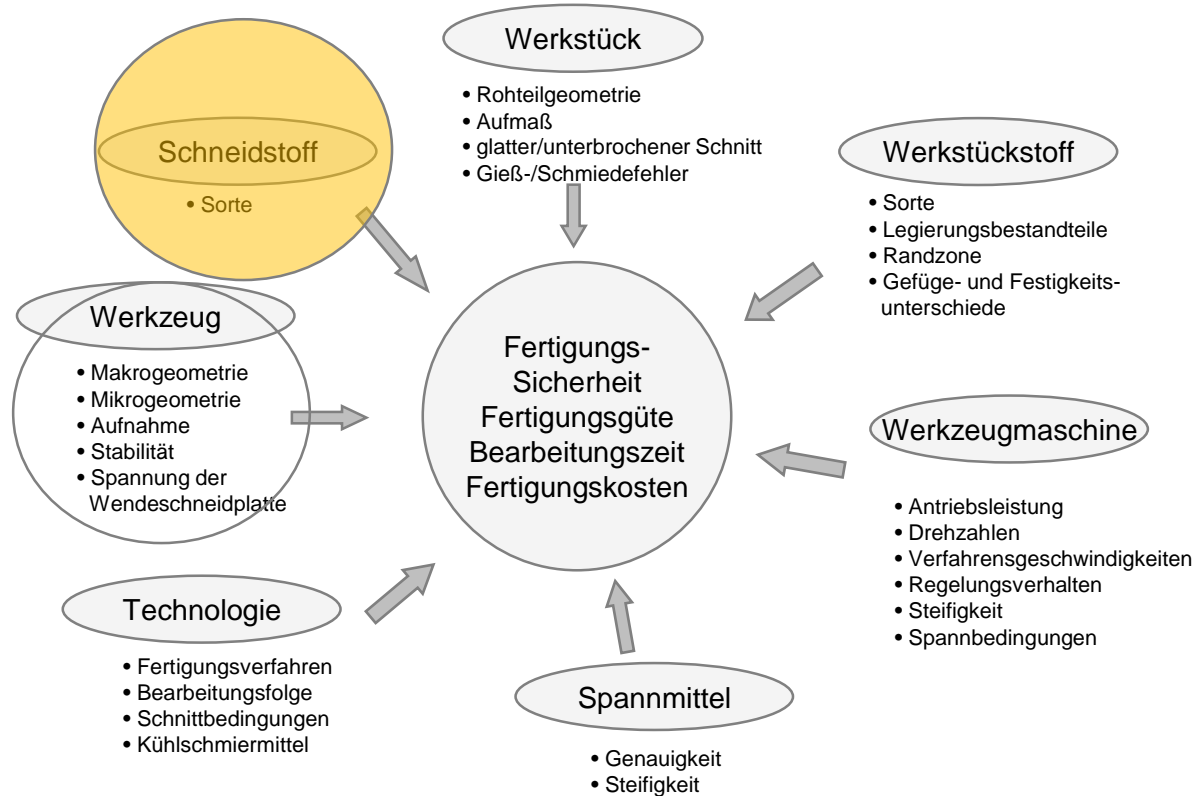


Erste Schneidplatten und „Fräser“ 1936



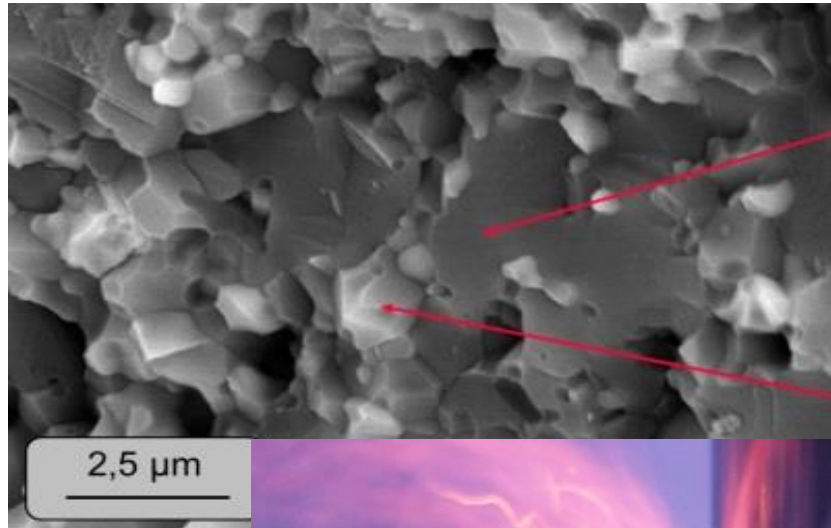
SPK 1957

Schneidkeramik in der Fertigungstechnik



Schneidkeramiken

Mischkeramik – Dispersionskeramik / Al₂O₃ mit TiCN



Aluminiumoxid

Ti(C,N)



Schneidkeramiken

Mischkeramik – Dispersionskeramik / Al₂O₃ mit TiCN

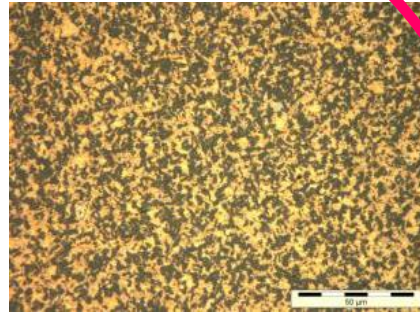
- ◆ Keramik: Ti(C,N)- Hartstoff dispergiert in Al₂O₃-Matrix
- ◆ Sorten: SH2, SH4, WXM155
- ◆ Farbe: schwarz
- ◆ Eigenschaften: sehr hohe Härte und Kantenfestigkeit
- ◆ Anwendung: **GJL/GJS:** Schlichten und Feinschlichten
Gehärtete Stähle: Hart- Feindreihen

PcBN Schneidstoffe

Gefügevergleich – niedrig und hoch CBN haltig

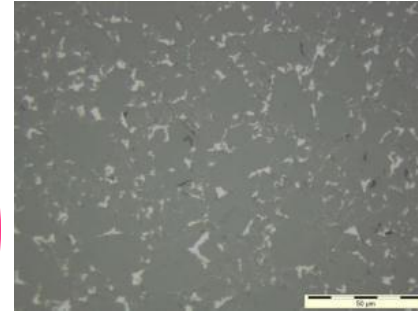


Drehen
geh. Stahl:
WXM255
WXM355
WBN565



Niedrig CBN haltig
(45%-73 %)

Haupteinsatzgebiet:
gehärteter Stahl 58 – 63
HRC;
Finish-Bearbeitung



Hoch CBN haltig
(73% -95%)

Haupteinsatzgebiet:
Grauguss;
Hochgeschwindigkeits-
bearbeitung

Drehen
GJL:
WBN115
WBN108
WBN101
WBN750

Einflußgrößen: CBN Anteil; Korngrößen und
Verteilung, Art der Bindephase; Härte des Verbunds

Schneidkeramiken

PcBN – Polykristallines kubisches Bornitrid

- ◆ Keramik: cBN-Körner mit AlN / Ti(C,N)-Bindephase

- ◆ Sorten: **WBN565, WXM255, WXM355**
WBN101, WBN108, WBN115, WBN750

- ◆ Farbe: anthrazit, schwarz

- ◆ Eigenschaften: extrem hohe Härte, extrem abrasionsbeständig

- ◆ Anwendung: *GJL*: Drehen (Schruppen und Schlichten)
Gehärtete Stähle: Drehen ((Fein)-Schlichten)
Schlichten HRSA

Hartdrehen – Vorteile

Substitution des Schleifens durch Drehen

- geringere Fertigungskosten
- geringere Investitionshöhe
- höhere Flexibilität im Fertigungsprozess
- kürzere Prozessketten
- höhere Umwelt- und Humanverträglichkeit



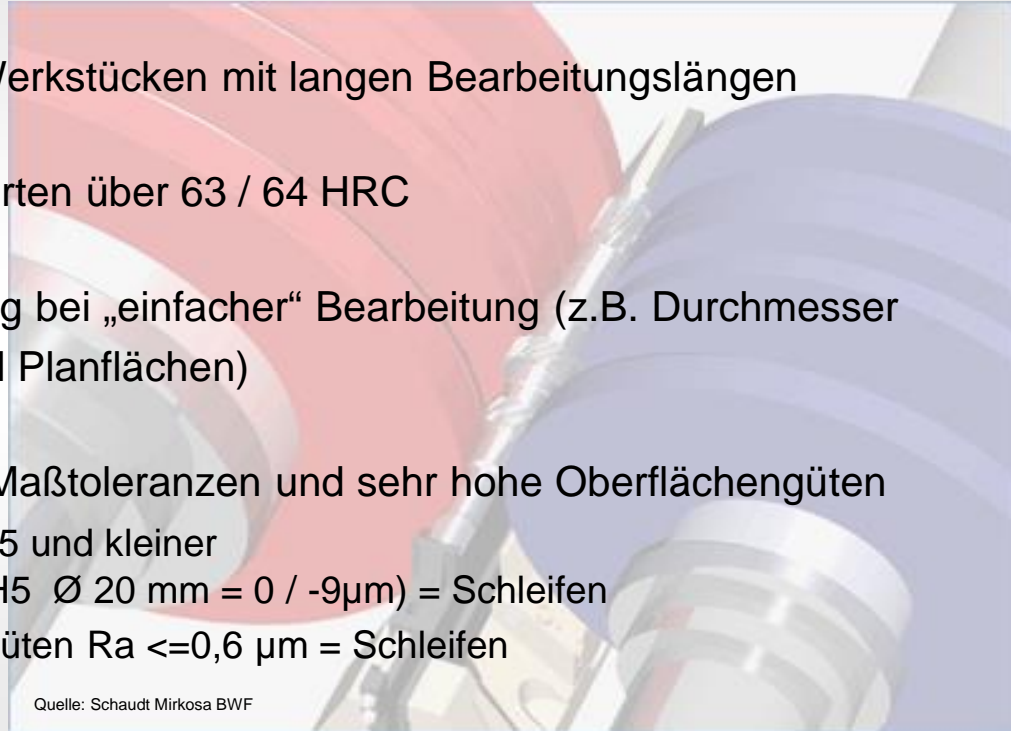
Quelle: MAG

Hartdrehen – Grenzen

Anwendungsgebiete des Schleifens

- Bearbeitung von Werkstücken mit langen Bearbeitungslängen
- Werkstücke mit Härten über 63 / 64 HRC
- Großserienfertigung bei „einfacher“ Bearbeitung (z.B. Durchmesser ohne Einstiche und Planflächen)
- sehr enge Form-/ Maßtoleranzen und sehr hohe Oberflächengüten
 - Toleranzen IT5 und kleiner
(z.B.: Schaft H5 Ø 20 mm = 0 / -9µm) = Schleifen
 - Oberflächengüten Ra <=0,6 µm = Schleifen

Quelle: Schaudt Mirkosa BWF



Hartdrehen – Allgemeine Parameter

Typische Daten:

- Schneidstoffe: HD-Line (WXM155; WXM255; WXM355; WXM455) oder Mischkeramik SH2; SH4
- WSP- Ausführungen: gefast T (.44); gefast und verrundet S (.46; .47)
Eckenradius $r_{\square} = \text{konst.}$ oder ZZ-Geometrie
- Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 100 - 140 - 200 - 220 - 240$ m/min
- Vorschub: $f = 0,05 - 0,08 - 0,16 - 0,20 - 0,3$ mm/U
- Schnitttiefe: $a_p = 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5$ mm
- meist „ohne KSM“/ trocken, aber auch „mit KSM“ (abhängig von Anwendung)

Entscheidende Faktoren:

- Art der Bearbeitung (Gestalt, Werkstück, Werkstoff, geforderte Maß- / Formtoleranzen, geforderte Oberflächengüte)
- Stabilität des Werkstücks und der Spannung
- Prozesszuverlässigkeit, Produktivität, Wirtschaftlichkeit der Bearbeitung
- **Typische Härtebereiche 58 – 60 (62) HRC**

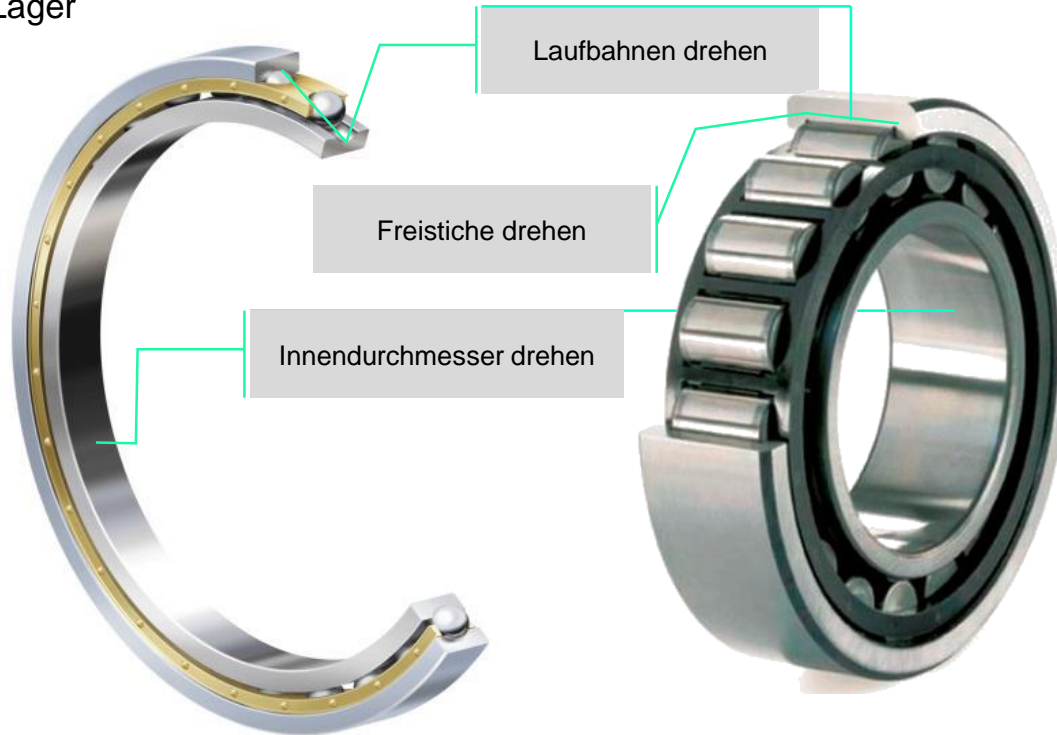
Hartdrehen – Werkstücke Antriebstechnik



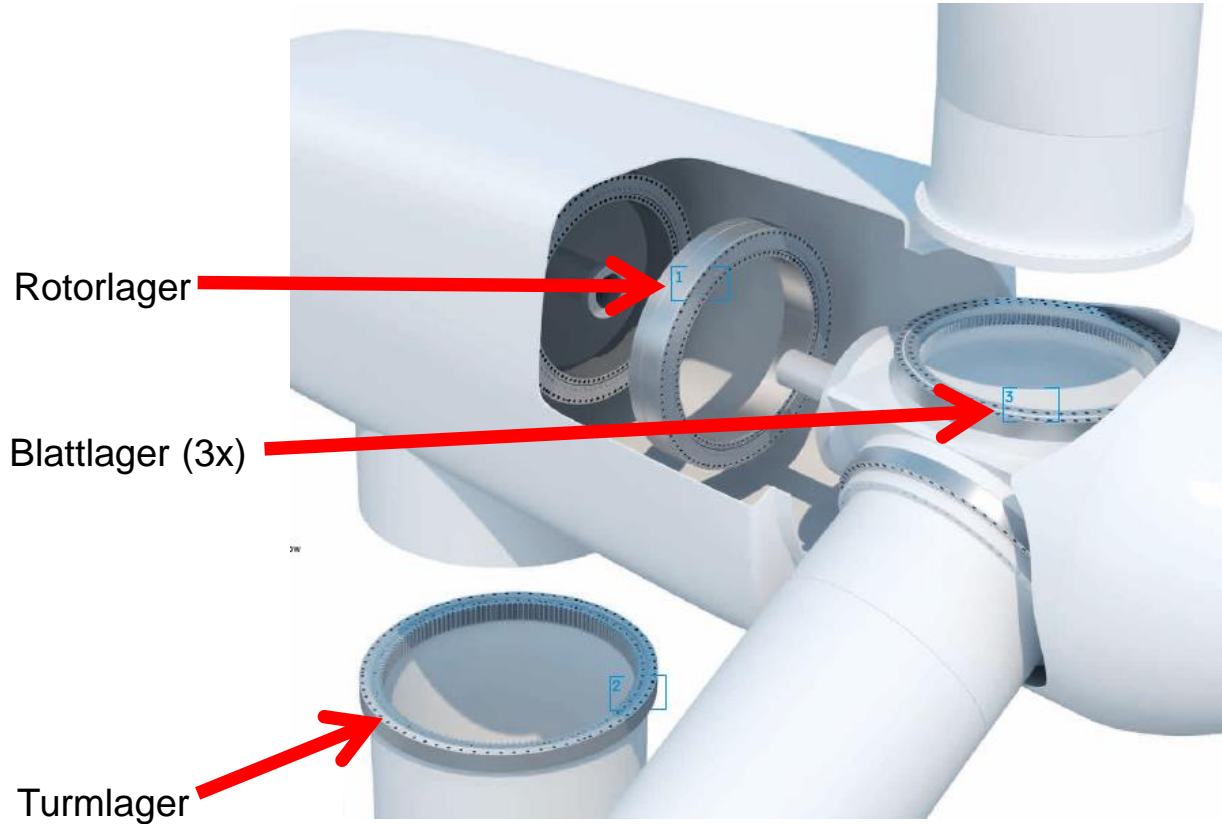
Hartdrehen – Wälzlager

Prozesskette verkürzen – Drehen statt Schleifen oder Drehen vor dem Schleifen

Lager

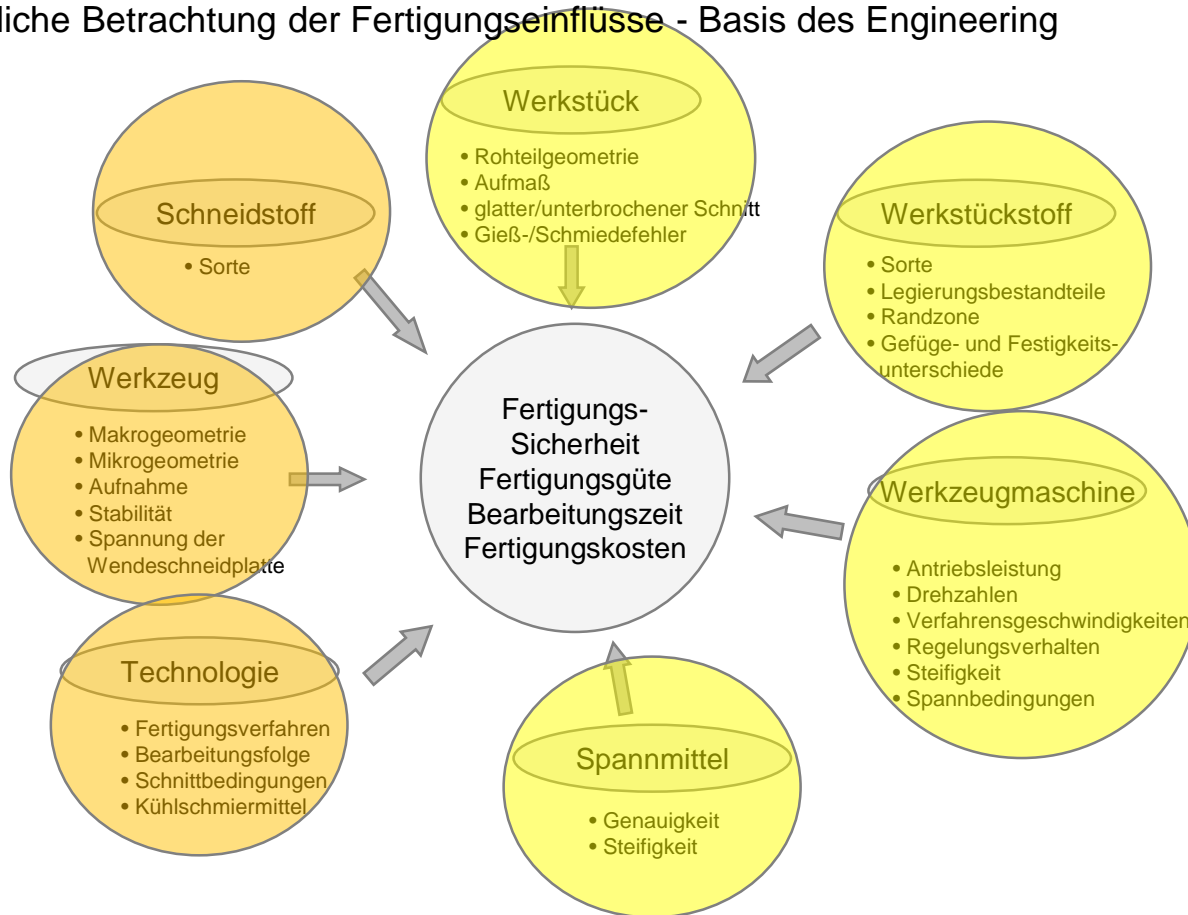


Großlager - Anwendungsbeispiele



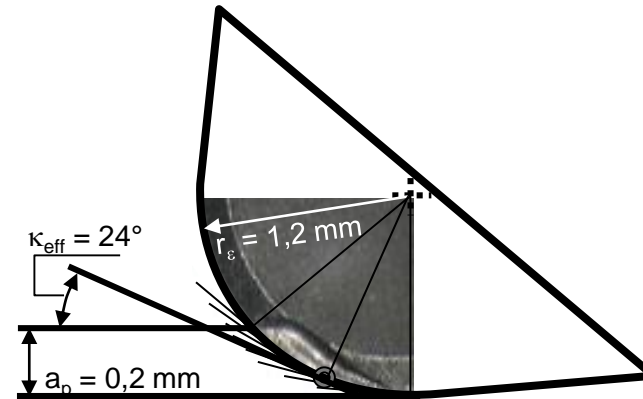
Engineering

Ganzheitliche Betrachtung der Fertigungseinflüsse - Basis des Engineering



Hartdrehen

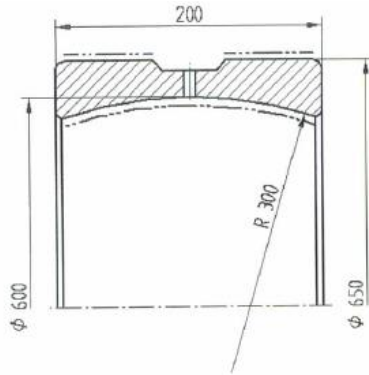
Eingriffsverhältnisse und typ. Verschleißentwicklung – PCBN und Mischkeramik



- ▶ Kleiner effekt. Einstellwinkel und kleine Schnittiefen (Schlichten / Feinschlichten)
- ▶ Höhere Passivkräfte
- ▶ Kolkverschleiß infolge hoher therm. Belastung und chem. Reaktionsprozessen
- ▶ Höherer Kolk- und Freiflächenverschleiß führt zu ansteigenden Passivkräften

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

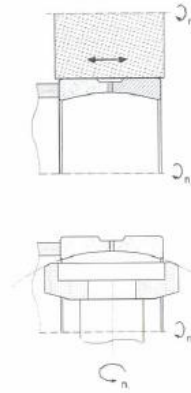


Toleranzen: Abmessungen und Geometrie

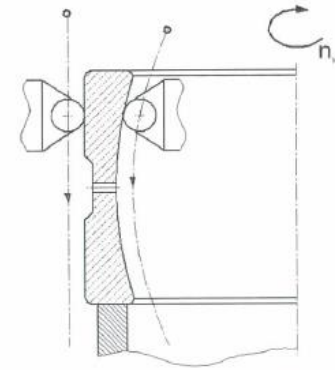
Durchmessertoleranz +/- 0,05 mm

Rundheit < = 0,05 mm

Quelle: VDMA „Eisbrecherbericht“



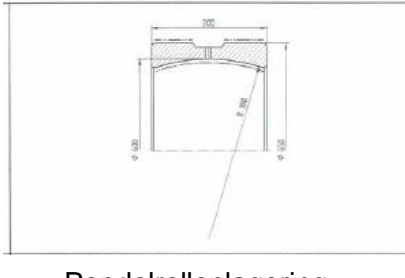
Früherer Prozess:
Schleifen



Neuer Prozess:
Hart Vor-Drehen

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Pendelrollenlagering -
Außenring

Großlager 100CrMo6; gehärtet 63 +-1 HRC

Abmessungen: 650 x 200 mm

Technologie: Hartdrehen der Laufbahn (unterbr. Schnitt) und
Passung (glatter Schnitt) in Serienfertigung.

Werkzeugmaschine: Vertikale Drehmaschine

Hartdrehen ersetzt Schleifen

Trockenbearbeitung / Kühlung via Luft;
Aufmaß 0,5 mm; Aufmaßschwankung durch Härteverzug ca.
+ 0,3 mm

Spannung: Magnettisch; Spannflächen vorbearbeitet

$vc = 120$ m/min; $ap = 0,8$ mm; $f = 0,1 - 0,3$ mm

Mischkeramik

Gedrehte Längen = 1380 m (Laufbahn)/ 1120 m (Passung)

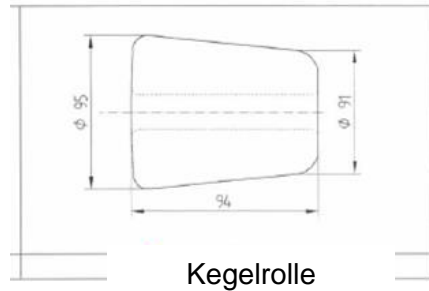
IT7

Werkstückkosten gesenkt = -10%; Bearbeitungsdauer = -20%

10.000 Teile p.J.

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Kegelrolle 100CrMo6; gehärtet

Abmessungen: 95 x 94 mm

Technologie: Hartdrehen

Glatter Schnitt, Planfläche und Mantelfläche

Werkzeugmaschine: Horizontale CNC Drehmaschine

Hartdrehen ersetzt Schleifen, mit KSM

Aufmaß 0,3 mm (planseitig) / 0,6 mm (Mantelfläche) ; Aufmaßschwankung durch Härteverzug ca. + 0,3 mm

Spannung: via Mitnehmer

$vc = 120$ m/min; $ap = 0,3 / 0,6$ mm; $f = 0,1$ mm; PCBN

Gedrehte Länge = 123 m / 185 m

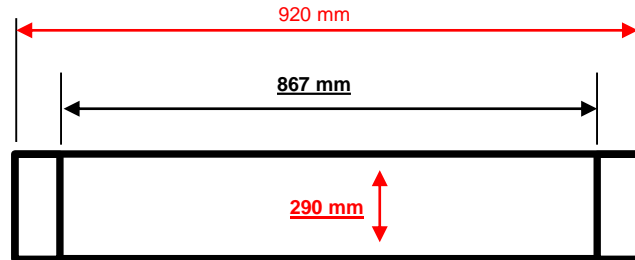
$Rz = 2\mu\text{m}$

Werkstückfertigungskosten = - 15%;

Bearbeitungszeit = - 60%

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Außenring - Außendurchmesser
Hartdrehen / Aufmaß abdrehen ca. 0,60 mm
3 Schnitte mit $a_p = 0,2$ mm

RNGN120400S (68); Schneidstoff WXM355

$vc = 140$ m/min

$f = 0,70$ mm

$a_p = 0,20$ mm

Schnittlänge = 290 mm (x 3)

Durchmesser = 920 mm

Leicht unterbr. Schnitt

Bearbeitungszeit je Schnitt $T_c = 26$ min

Bearbeitungszeit je Werkstück gesamt $T_c = 78$ min

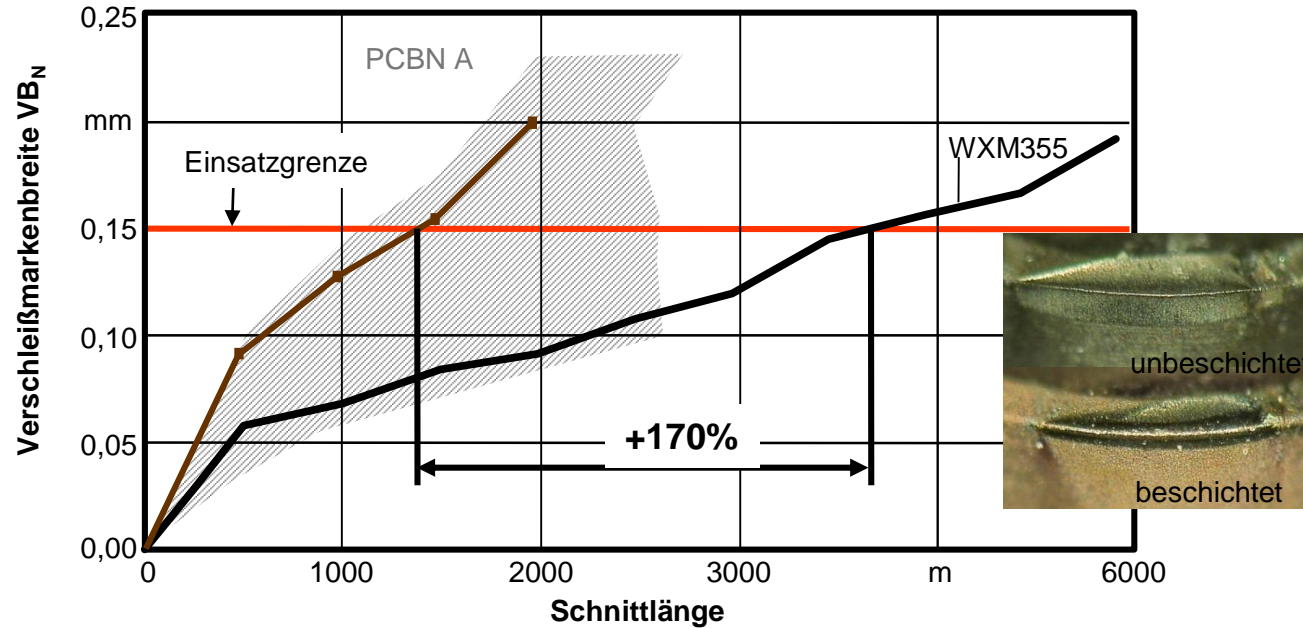
Mit KSM

Standmenge = 1 Teil

Standzeitkriterium: Rundheit und Oberflächengüte

Werkstoff: Einsatzstahl, gehärtet 58-63 HRC

Beschichtungen – Auswirkungen „Hartdrehen“ Verschleißverhalten



Werkstoff:	100Cr6; 60 HRC	Schnittgeschwindigkeit	$v_c = 140 \text{ m/min}$
Außen-Längsdrehen		Schnitttiefe	$a_p = 0,2 \text{ mm}$
Kühlung::	ohne	Vorschub:	$f = 0,12 \text{ mm}$



Großlagerbearbeitung

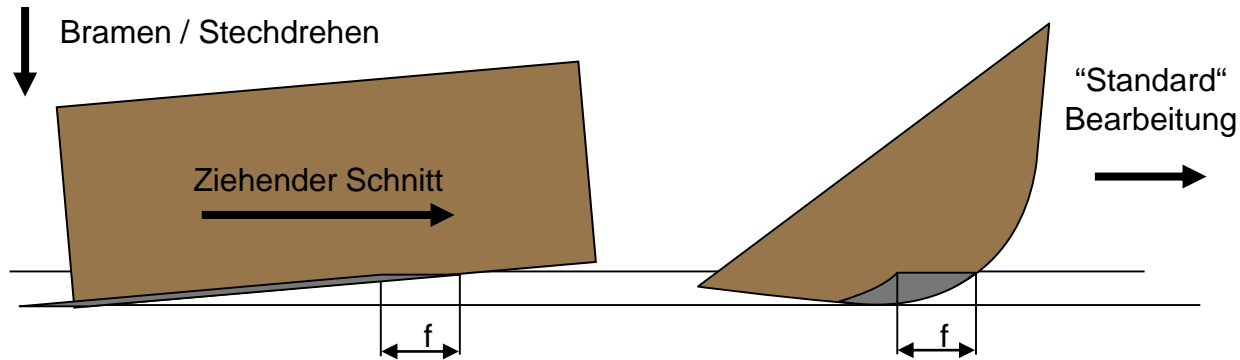
Neue Aspekte

Vorteile von Solid-PCBN gegenüber tipped PCBN-Schneidplatten

- ▶ Kein Ablöten der Schneidecke
- ▶ Lange Eingriffszeiten und Schnittlängen realisierbar (= große Bauteile, große Bearbeitungsdauer pro Werkstück; höhere Prozesssicherheit)
- ▶ Höhere max. Schnitttiefe: bis ca. $a_p = 2,0$ mm (tipped ca. 0,5 mm)
- ▶ Höhere Vorschübe: bis ca. $f = 0,6$ mm (tipped ca. 0,3 to 0,4 mm) – abhängig von der zu erzielenden Oberflächengüte und Bauteilhärte
- ▶ Gesteigerte Wiederholbarkeit mit Solid - PCBN

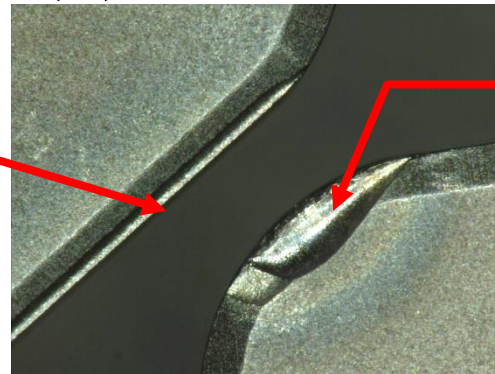
- ▶ Ermöglicht die Anwendung von neuen Bearbeitungsstrategien zur Steigerung der Produktivität beim Hartdrehen
 - ▶ Bramen / ziehender Schnitt :
 - Kürzere Bearbeitungsdauer (höherer Vorschub möglich)
 - Geringerer Verschleiß / Kolkbildung = höhere Prozesssicherheit und erhöhte Standzeit
 - Hohe Oberflächengüte

Solid PCBN – Neue Bearbeitungsstrategien beim Hartdrehen



Gleichmäßiger
Verschleiß über
die gesamte
Eingriffskante

Geringere
Spannungsdicke
= höhere Vorschübe



Kritisch: Kolkverschleiß
= Hauptgrund für Versagen /
Mikroausbrüche

Folge:
Toleranz / Oberfläche n.i.O.
= Standzeitende

$v_c = 160 \text{ m/min}$
 $f = 0,14 \text{ mm/u}$
 $a_p = 0,2 \text{ mm}$



3:36

Neue Bearbeitungstechnologie – Bramen / ziehender Schnitt

Ausgangssituation / konventionelle Bearbeitungstechnologie

Material: 20 Mn Cr Mo 5
Härte: 58 +4 HRC (EHT 0,8)

Prozess: Innen-Ø und planen

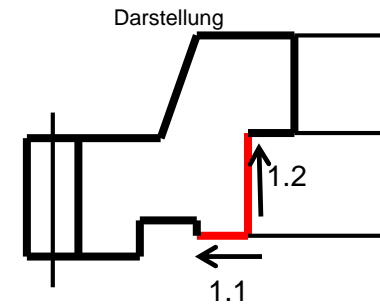
Ausgangssituation:

Schnittgeschw.: $v_c = 100 \text{ m/min}$
Vorschub: $f = 0,12 / 0,15 \text{ mm/u}$
Schnitttiefe: $a_p = 0,2\text{-}0,3 \text{ mm}$

Planen: Rz 6,3 μm

Schneidentyp: CNGA 120412 S01215

Standzeit: 120 Stück

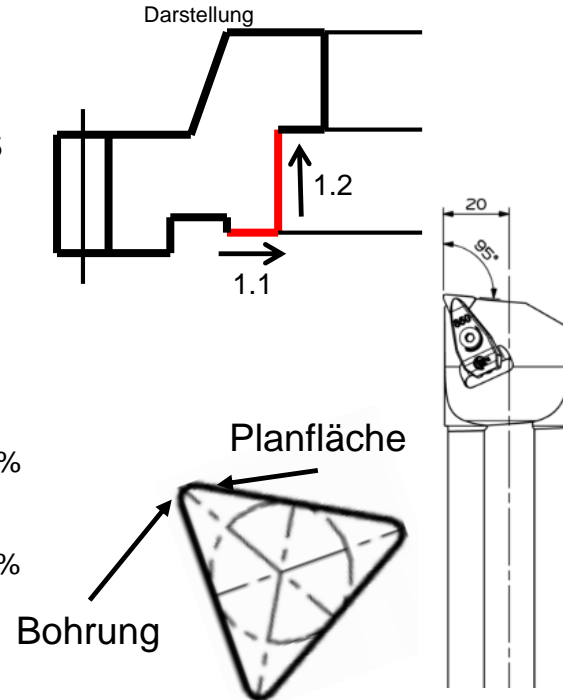
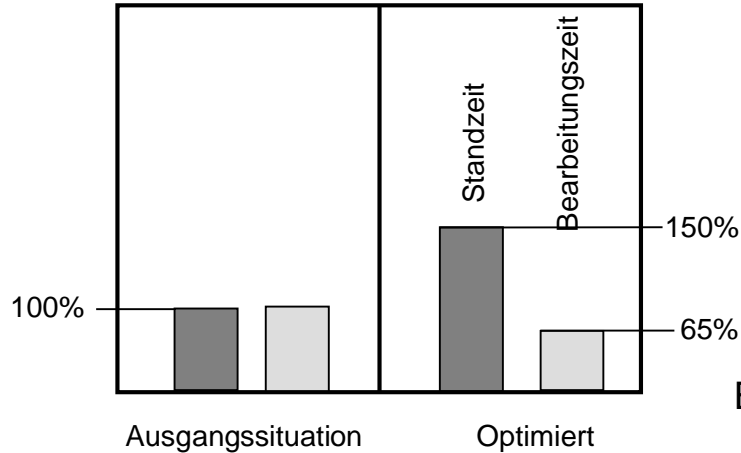


1.1 = unterbrochener Schnitt (Schmiernuten)
1.2 = Vorbearbeitung vor dem Schleifen

Neue Bearbeitungstechnologie – Bramen / ziehender Schnitt

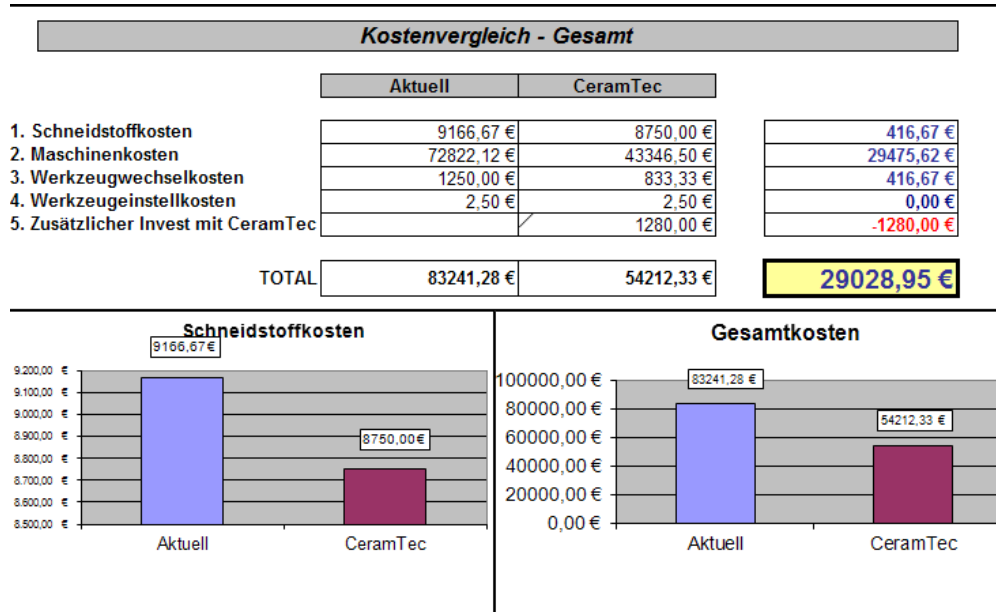
Optimierte Bearbeitung / Neue Technologie

Schnittgeschw.: $v_c = 160 \text{ m/min}$
Vorschub: $f = 0,25 / 0,18 \text{ mm}$
Schnitttiefe: $a_p = 0,2\text{-}0,3 \text{ mm}$
Schneidentyp: TNGX 110408 S-S WXM355
Standzeit: stabiler Prozess 180 Stück



Neue Bearbeitungstechnologie – Bramen / ziehender Schnitt

Kundeneinsparung pro Jahr



100 000 Stück p.a.

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

- Neue Bearbeitungsstrategien (Bramen / zieh. Schnitt) erhöhen Produktivität / Ausbringung auf vorhandenen Maschinen
- Abstimmung Halter / Schneidstoffe (Ein Haltersystem für alle Schneidstoffe – Keramiken und PCBN)
- Optimierte Werkzeuge (Kassette, KSS-Zufuhr; Hochdruck...)
- Verbesserte Spanbildung / Spanbruch durch gezielte KSS Zufuhr auf Schneide
- Erhöhung der Prozesssicherheit beim Drehen der Kugelbahnen durch WSP mit Indexierung (180°)
Ziel: Vermeidung von Nacharbeit, entstanden durch nicht ausreichendem drehen der WSP

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Unterschiedliche Schneidstoffe im selben Werkzeugsystem

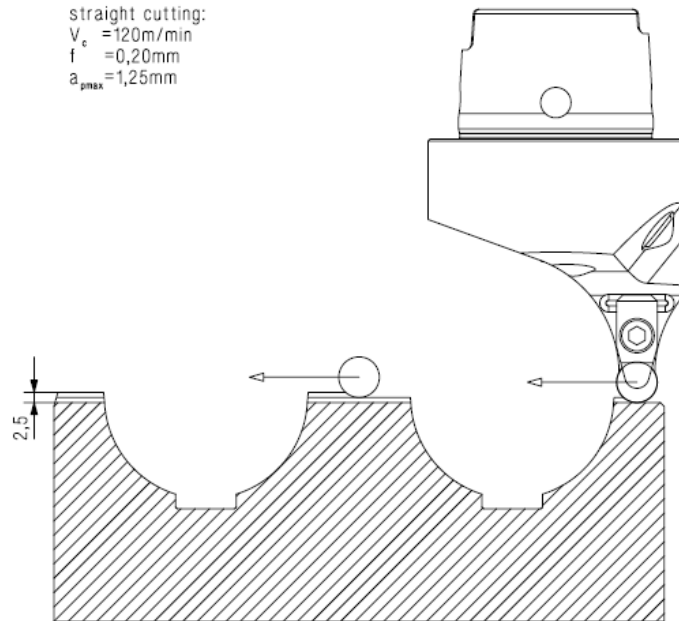
- Ein Grundhalter für alles - Keramik und PCBN Schneidstoffe
- WSP mit engerer IC-Toleranz für höhere Umschlag- und Fertigungsgenauigkeit

- SH 4 RBXN1004M0 S04030 (IK=+/-0.01) SH4 3819423305770
- WXM 155 RBXN1004M0 S-S WXM155 (IK=+/-0.01) 3512480585720
- WBN 565 RBXN1004M0 S-S WBN565 (IK=+/-0.01) 3522480584770
- WXM 355 RBXN1004M0 S-S WXM355 (IK=+/-0.01) 3512480584740

- Inkrestoleranz der WSP beträgt +/-0,01mm

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



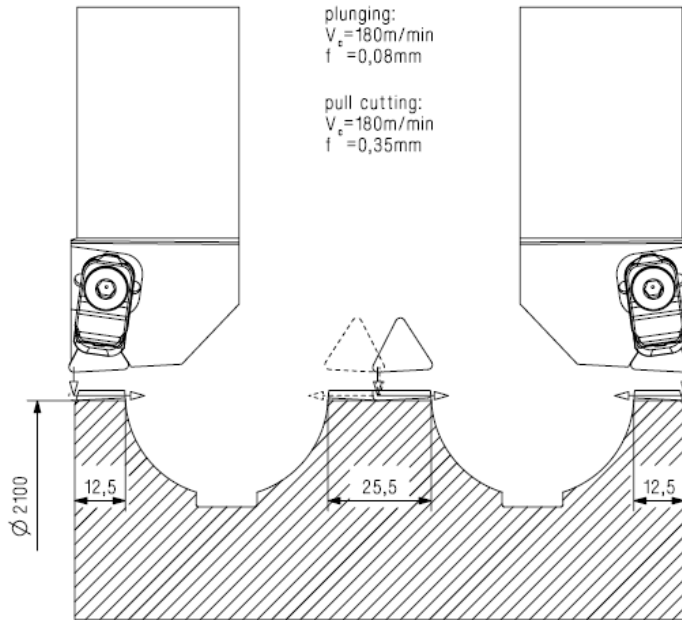
Konventionelle Planbearbeitung (Lagerdurchmesser)

Auftretende Probleme:

- Hohe Belastung der Schneide, daher häufiger Plattenbruch
- Geringere Prozesssicherheit
- Bruch der WSP beschädigt auch Klemmhalter
- Mehr Nacharbeit notwendig

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



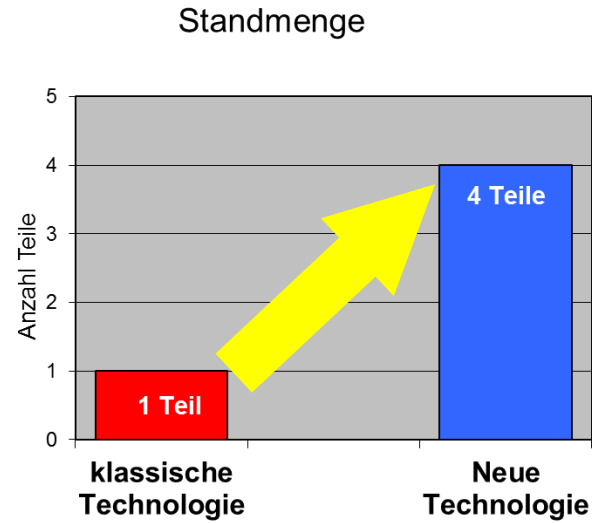
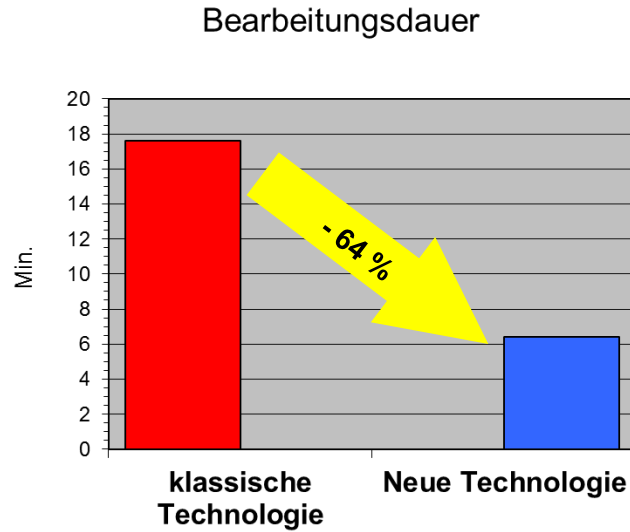
Neue Bearbeitungsstrategie Bramen und ziehender Schnitt (Lagerdurchmesser)

Vorteile:

- Höhere Schnittwerte
- Deutliche Reduzierung der Bearbeitungszeit (bis zu 60%)
- hohe Prozesssicherheit
- Standzeiterhöhung auf bis zu 4 Ringe (abhängig von Durchmesser)

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

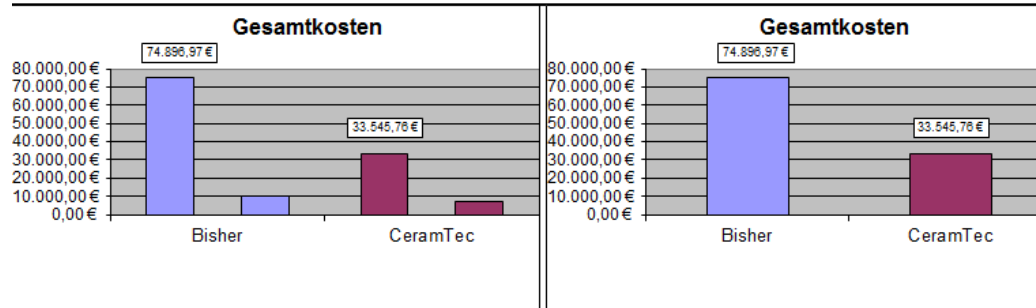


Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Kostenbilanz - GESAMT

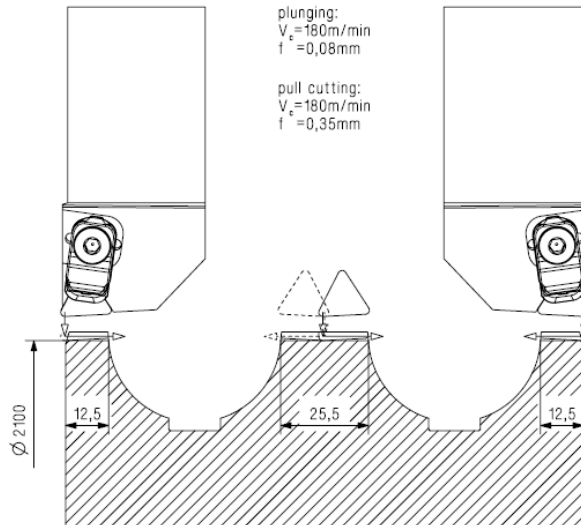
	Bisher	CeramTec	
1. Schneidstoffkosten	10.200,00 €	6.958,33 €	3.241,67 €
2. Werkzeugkosten	0,00 €	5.500,00 €	-5.500,00 €
3. Werkzeugwechselkosten	20.000,00 €	5.000,00 €	15.000,00 €
4. Werkzeugeinstellungskosten	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5. Maschinenkosten	44.696,97 €	16.087,43 €	28.609,54 €
6. Nachschleifkosten	- €	- €	0,00 €
7. Kühlmittelschmierstoffkosten	0,00 €	0,00 €	0,00 €
8. Ausschusskosten	- €	- €	0,00 €
9. Sonstige Kosten	- €	- €	0,00 €
TOTAL	74.896,97 €	33.545,76 €	41.351,21 €



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Kugelkäfgebearbeitung bzw. Dichtflächen



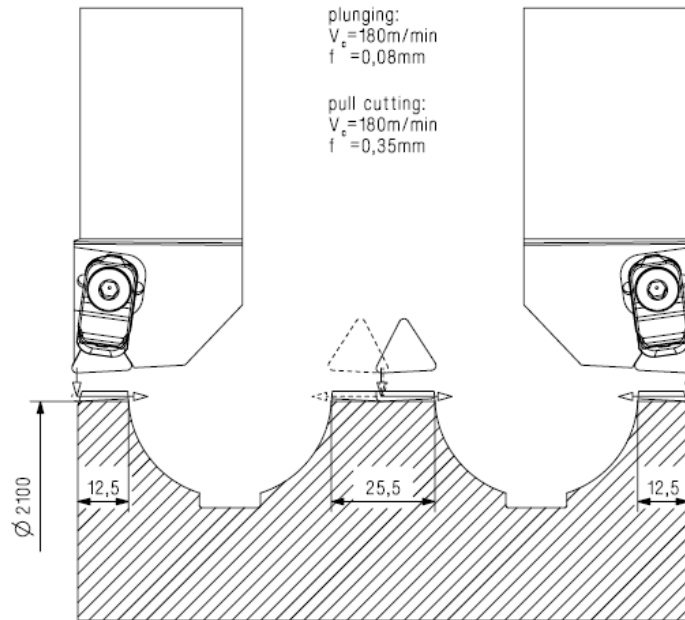
Anwendungstechnik:

- Max. Breite 12,5 mm pro Schnitt. Ansonsten in mehreren Schritten
- Schnittwerte: v_c : 150-180 m/min
- Stechen: $f = 0,08 \text{ mm}$
- Zieh. Schnitt: $f = \text{bis } 0,4 \text{ mm}$
- Reduzierung Bearbeitungszeit bis zu 60%, je nach Aufmaß und Bauteil
- Bearbeitung Weich => Hart

Bei Härteverzug-> Unrundheit des Bauteils
= Aufmaßschwankung, unterbr. Schnitt
= Schneidstoff PCBN

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Anwendungstechnik:

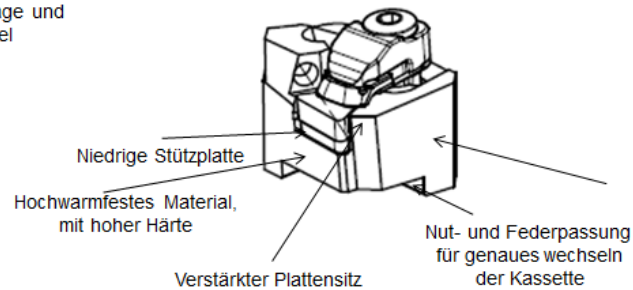
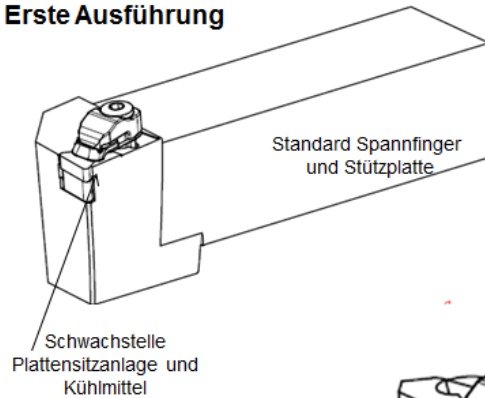
Falls beim Stechen / Bramen Vibrationen auftreten:

- Anfahren / Schruppen im Einstechverfahren mit 90° anstatt 93° Einstellwinkel
- Ziel: konstantes, gleichförmiges Aufmaß zum Schlichten erzeugen.
- Schlichten (zieh. Schnitt) mit 93°

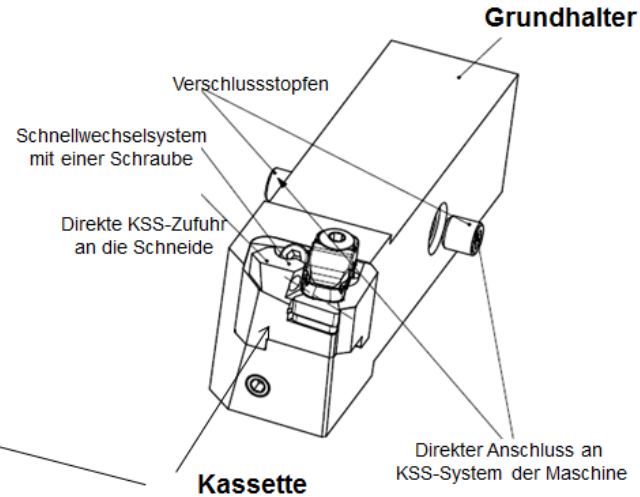
Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Erste Ausführung

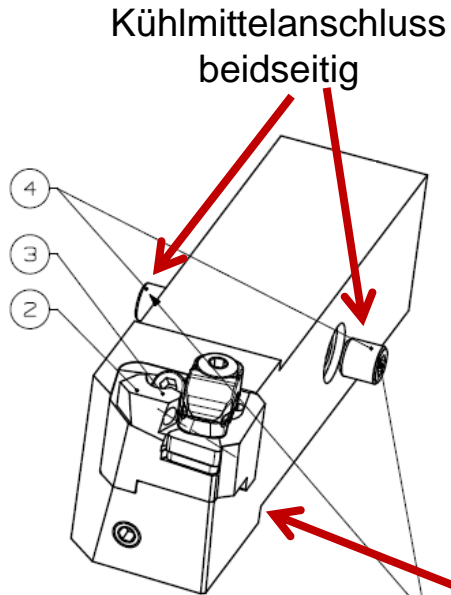


Weiterentwickelte Ausführung



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Vorteile Kassette:

- Kassette auf sämtliche Systeme übertragbar (Schaft, CMS, KM + HSK)
- Bei Beschädigung / Verschleiß: Werkzeugkostenreduzierung durch Tausch Kassette und nicht des kompletten Halter

Kraftübertragung durch
Formschluss (Anschlag)

Großlagerbearbeitung

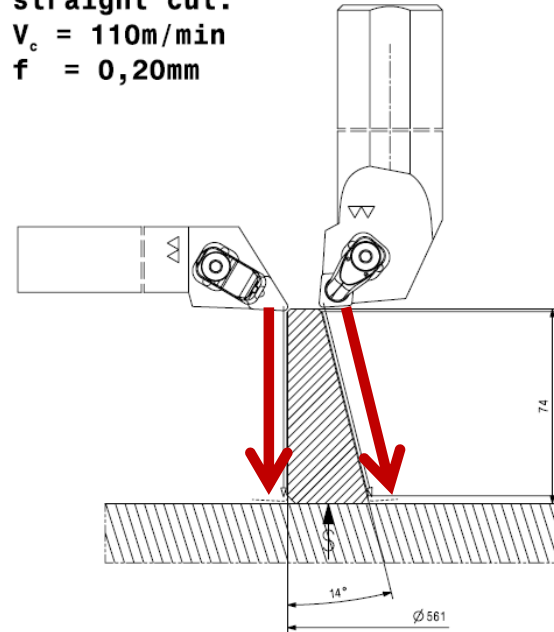
Neue Aspekte



Nachteil: Schneide fährt gegen Späne, welche die Schneide beschädigen können

Anwendungstechnik:

straight cut:
 $V_c = 110\text{m/min}$
 $f = 0,20\text{mm}$



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte



Vorteil: Schneide fährt entgegen der Späne,
keine Beschädigung der Schneide = Prozess-
sicherheit erhöht

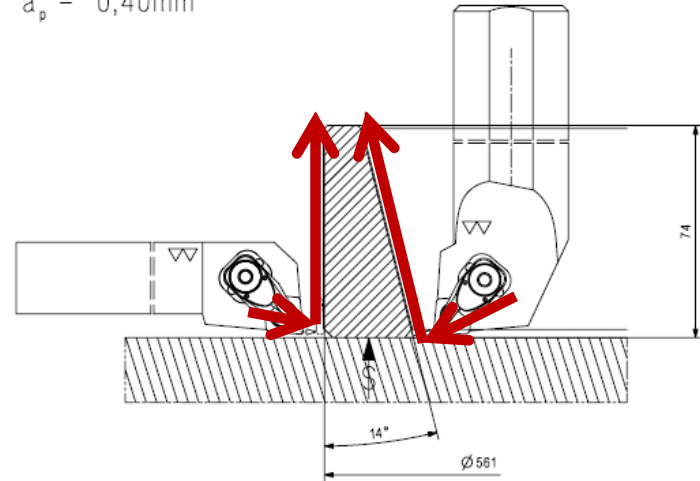
Anwendungstechnik:

pull cut:

$V_c = 160\text{m/min}$

$f = 0,40\text{mm}$

$a_p = 0,40\text{mm}$



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Optimierung KSS-Zufuhr

Bisherige Werkzeuge



Neue Werkzeuge



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Ohne Optimierung KSS-Zufuhr

Bisheriges
Werkzeugsystem

Bildung von
langen
Fließspänen



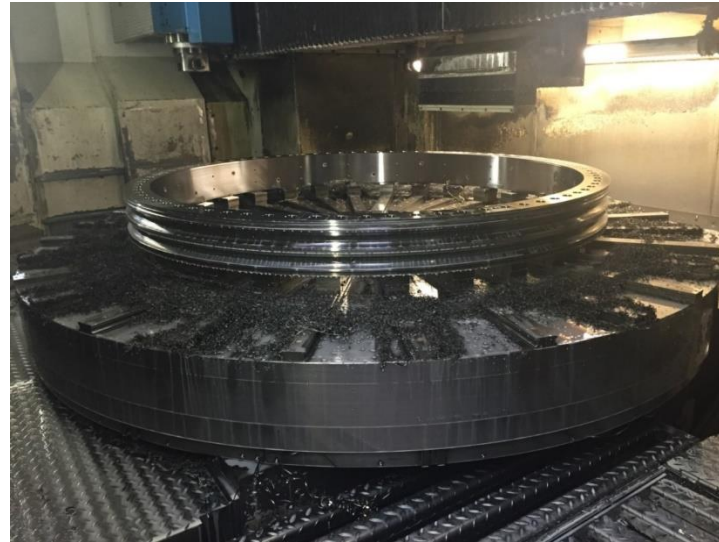
Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Optimierung KSS-Zufuhr

Neues
Werkzeugsystem

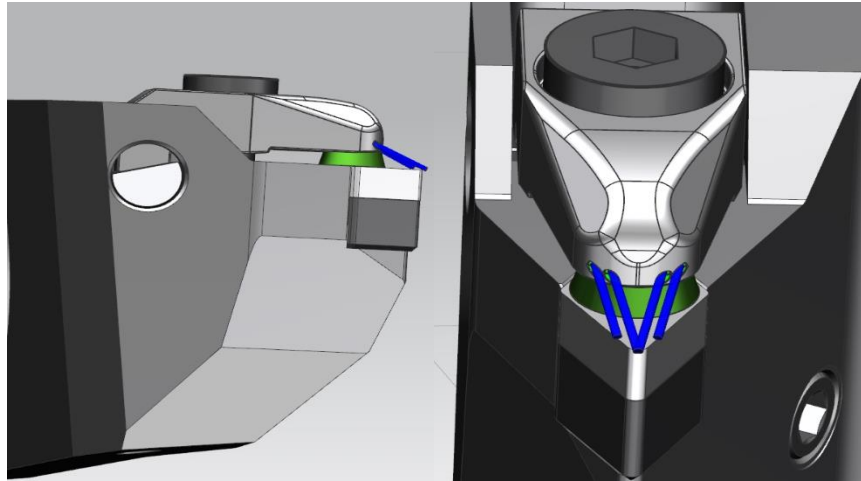
Späne sind weicher
und kürzer



Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Entwicklung

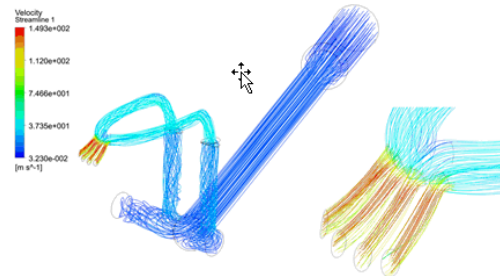
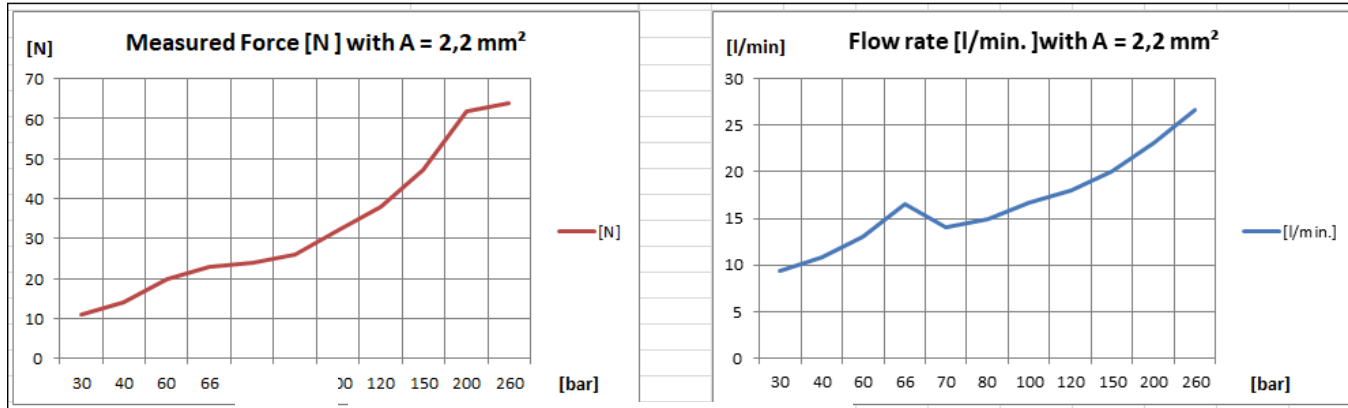


Hochdruck-Werkzeuge

Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Hochdruck Werkzeuge

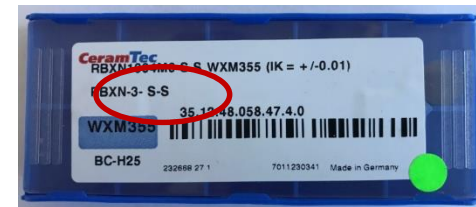


Großlagerbearbeitung

Neue Aspekte

Zusammenfassung

- WSP (RBXN) mit 180° Indexierung. Keine Nacharbeit weil Platte nicht weit genug gedreht wurde.
- Inkreis Toleranz von Runden Platten von +/-0,01mm -> Weniger Nacharbeit bei Plattenbruch. Platte muss nur getauscht werden, ohne erneute Ausmessung des Halter
- Mit gleichem Halter können sowohl CBN als auch Keramik WSP verwendet werden.
- Optimierte Kühlung: Direkt auf Schneide. Wesentliche Reduzierung des Thermoschock = Weniger Plattenbrüche führen zu weniger Nacharbeit, dadurch höhere Prozesssicherheit und gleichzeitig höhere Ausbringung
- Neue Bearbeitungsstrategien führen zu kürzerer Bearbeitungszeit und höherer Produktivität.
- Mit Solid CBN Bramen und ziehender Schnitt

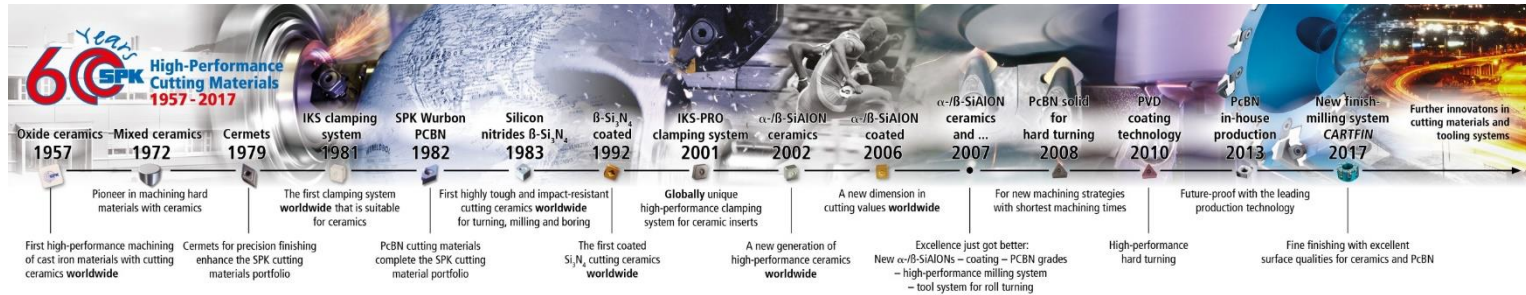


Hartdrehen – Zusammenfassung

- Maßtoleranz im Bereich IT6 (Bsp.: Toleranzbereich Welle H6 für $D=20\text{ mm}$ = $0 / -13\text{ }\mu\text{m}$).
- Oberflächengüte $R_a \leq 0,8\text{ }\mu\text{m}$ ($0,6\text{ }\mu\text{m}$).
- In Einzelfällen können auch engere Toleranzen oder höhere Oberflächengüten erreicht werden.
- Werkstückhärte i.d.R. max 62 HRC; Einzelfälle bis 64 HRC.
- KSM oder Öl versus Trockenbearbeitung = wird durch die Anwendung bestimmt. Schneidstoffseitig sind beide Alternativen möglich.
- *Achtung: Das Ergebnis beim Hartdrehen hängt nicht ausschließlich vom Schneidstoff sondern gleichermaßen von der Werkstückgeometrie, der Aufspannung, den Werkzeugmaschineneigenschaften und den geforderten Toleranzen (Oberfläche, Form und Maß) ab.*



Die Bearbeitung von harten Werkstoffen mit keramischen Schneidstoffen – eine Kernkompetenz mit langer Historie !



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte:

Johannes Schneider
Senior Product Manager Cutting Tools

CeramTec GmbH – Factory Applications
Hauptstrasse 56
73061 Ebersbach
Mail: j.schneider@ceramtec.de

Christian Heinzelmann
Business Development Mgr. “Bearings”

CeramTec GmbH – Factory Applications
Hauptstrasse 56
73061 Ebersbach
Mail: c.heinzelmann@ceramtec.de