



SCHLEIFEN IM WERKZEUGBAU

ANLEITUNG ZUM SCHLEIFEN VON
KALTARBEITS-, WARMARBEITS-, SCHNELLARBEITS- UND
KUNSTSTOFFFORMENSTÄHLEN EINSCHLIESSLICH
DER PM-HOCHLEISTUNGSWERKSTOFFE

WERKSTOFFE FÜR DEN WERKZEUGBAU

Inhalt	
Einleitung	3
Werkzeugstahl (inklusive HSS und PM)	4
Schleifscheiben-Zusammensetzung	8
Schleifmittel	9
Korngröße	10
Härtegrad	11
Struktur	11
Bindemittel	11
Arbeitsweise der Schleifscheiben (Schleifparameter)	12
Bezogenes Zeitspanvolumen Q_w'	12
Geschwindigkeitsverhältnis q_s	13
Scheibenschnittgeschwindigkeit V_c	13
Werkstückgeschwindigkeit V_w	14
Zustellung a_e der Schleifscheibe	14
Änderung des Scheibendurchmessers	15
Kontaktfläche	16
Schleifprobleme und deren Gegenmaßnahmen	18
Die Schleifmaschine	20
Kühlschmierstoff	20
Abrichten	21
Praxisbeispiel	22
Empfehlungen für das Schleifen von BÖHLER Werkzeug- und Schnellarbeitsstählen	26



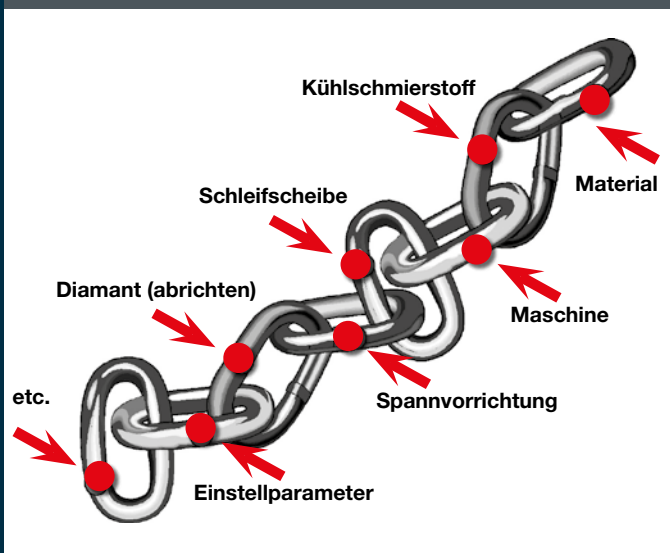
Einleitung

Wegen des hohen Legierungsgehaltes von Werkzeugstählen sind diese oft schwieriger zu schleifen als beispielsweise Baustähle. Um beim Schleifen von Werkzeugstählen zufrieden stellende Ergebnisse zu erzielen, muss die Schleifscheibe sorgfältig ausgewählt werden. Um aber die richtige Schleifscheibe und die richtigen Schnittdaten auswählen zu können, muss man über die Arbeitsweise von Schleifscheiben Bescheid wissen.

Diese Broschüre gibt einen Überblick über den Aufbau von Schleifscheiben, ihre Arbeitsweise und die Parameter, die über den Erfolg des Schleifens bestimmen. Sie enthält auch Empfehlungen für geeignete Schleifscheiben für die konventionellen und pulvermetallurgisch hergestellten BÖHLER-Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle.

Diese Broschüre ist in Zusammenarbeit mit der Rappold Winterthur Technologie GmbH entstanden.

Abb. 1: Einige Glieder im Schleifprozess –
**DAS SCHWÄCHSTE GLIED BESTIMMT
DIE LEISTUNGSGRENZE!**



WINTERTHUR
TECHNOLOGY GROUP

Rappold Winterthur
Technologie GmbH
St. Magdalener Straße 85
A-9500 Villach
Tel.: +43 (0) 4242 41 811-0
Fax: +43 (0) 4242 41 811-700

SCHLEIFRISS UND SCHLEIFSPANNUNGEN

Werkzeugstahl (inklusive HSS und PM)

Die Legierungsbestandteile eines Werkzeugstahls haben einen starken Einfluss auf seine Schleifbarkeit. Die Palette der BÖHLER-Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle reicht von niedriglegierten Stählen wie z.B. K245 bis zu sehr hochlegierten Stählen wie S290 MICROCLEAN.

Beim Schleifen von niedriglegierten Werkzeugstählen gibt es selten Schwierigkeiten. Beim Schleifen von hochlegierten, sehr karbidreichen Werkzeug- und Schnellarbeitsstählen können jedoch leicht Probleme auftreten. Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Auswahl der Schleifparameter erforderlich. Je höher der Verschleißwiderstand eines Stahls ist, desto schwieriger ist das Schleifen. Der Verschleißwiderstand eines Materials und damit auch die Schleifbarkeit werden sowohl durch die Grundhärte des Stahls als auch durch die Härte, Größe und den Volumenanteil der darin enthaltenen Karbide bestimmt.

Um den Verschleißwiderstand eines Werkzeugstahls zu erhöhen, wird der Stahl mit Karbidbildnern legiert, hier vor allem Wolfram, Molybdän und Vanadin. Zusätzlich muss für die Karbidbildung der Kohlenstoffgehalt im Stahl relativ hoch sein. Nur Bornitrid und Diamant sind härter als alle in einem Werkzeugstahl vorkommenden Karbide. Diamant ist allerdings für das Schleifen von Stahl nicht geeignet.

Anzahl und Größe der Karbide in einem Stahl haben auf die Schleifbarkeit einen großen Einfluss. Je mehr Karbide vorhanden sind und je größer diese sind, desto schwieriger wird das

Schleifen. Aus diesem Grund lassen sich pulvermetallurgisch hergestellte Stähle mit kleineren Karbiden leichter schleifen als schmelzmetallurgisch hergestellte Stähle mit ähnlicher Zusammensetzung.

Um beim Schleifen hochlegierter, karbidhaltiger Werkzeugstähle gute Schleifleistungen zu erreichen, ist es wichtig, die richtige Schleifscheibe zu wählen. Die MICROCLEAN-Stähle zum Beispiel enthalten eine große Anzahl an Wolfram-, Molybdän- und Vanadinkarbiden. Um aber durch diese Karbide schneiden zu können, wird ein Schleifmittel benötigt, das härter als Korund oder Siliziumkarbid ist. Für diese Art von Stählen werden daher hauptsächlich Bornitrid-Schleifscheiben empfohlen. MICROCLEAN Stähle können trotzdem mit Korund oder Siliziumkarbid abgeschliffen werden; allerdings wird hier die Stahlmatrix, die die Karbide umgibt, weggeschliffen, die Karbide selber werden aus der Matrix gerissen. Dies geschieht jedoch auf Kosten eines hohen Verschleißes der Schleifscheibe und des Risikos einer schlechten Schleifleistung.

Schleifrisse und Schleifspannungen

Die falsche Auswahl der Schleifscheiben und Schleifparameter führt zu einem beträchtlichen Risiko der Rissbildung im Werkstück. Normalerweise sind Schleifrisse nicht so deutlich zu erkennen wie in Abbildung 2. In der Regel muss das Teil unter einem Mikroskop oder mittels Farbeindringverfahren geprüft werden, um die Risse zu sehen. Alternativ dazu kann auch ein Heißätzen mit 50%iger HCl bei einer Temperatur von 70 °C und einer Einwirkzeit von 20 Minuten angewandt werden, um Schleifrisse sichtbar zu machen.

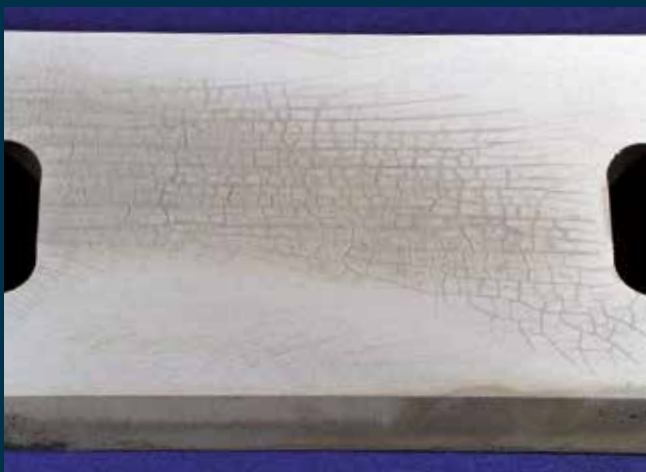


Abb. 2: Schleifrisse

Schleifrisse, die sich meistens senkrecht zur Schleifrichtung bilden, bedeuten normalerweise, dass das Werkzeug verschrottet werden muss. In gehärteten Werkzeugstählen entstehen Schleifrisse leichter als in ungehärteten Werkzeugstählen. Ein Werkzeugstahl bzw. Schnellarbeitsstahl, der gehärtet und nicht angelassen worden ist, soll nie geschliffen werden: gehärtete Werkzeug- bzw. Schnellarbeitsstähle müssen immer angelassen werden, bevor sie geschliffen werden.

Die Entstehung von Schleifrisse kann folgendermaßen erklärt werden:

Fast die gesamte Energie, die beim Schleifen aufgewendet wird, wird in Wärme umgewandelt, teils durch reine Reibung, teils durch die Verformung des Materials. Wenn die richtige Schleifscheibe gewählt worden ist, wird der größte Teil der Energie in Form von Wärme in die Späne abgeleitet, und nur ein kleiner Teil erwärmt das Werkstück selbst.

Bei unsachgemäßem Schleifen eines gehärteten und angelassenen Werkzeug- bzw. Schnellarbeitsstahls kann an der geschliffenen Oberfläche eine solch hohe Temperatur entstehen, dass die Anlasstemperatur des Stahls überschritten wird. Die Oberflächenhärte wird dadurch herabgesetzt. Wenn die Temperatur noch höher steigt, kann sogar die Austenitierungstemperatur des Stahls erreicht werden, und es findet eine Umhärtung statt. Diese umgehärtete Oberflächenzone besteht aus nicht angelassenem Martensit und Restaustenit, wie in Abbildung 3 dargestellt ist. Sehr hohe Spannungen treten auf und führen in Folge zu Rissbildung. In Abbildung 4 ist der Härteverlauf durch die Oberflächenzone eines unsachgemäß geschliffenen Werkzeugs aus BÖHLER K110 dargestellt. Das unsachgemäße Schleifen führte in diesem Fall zu der oben angeführten Umhärtung. Wegen des nicht angelassenen Martensits zeigt die Oberfläche eine hohe Härte. Direkt unter der Oberfläche entsteht ein Bereich, in dem die Härte niedriger ist als der Grundhärte des Werkzeugstahls, da die Anlasstemperatur überschritten worden ist.

Unsachgemäßes Schleifen, das zu dieser umgewandelten Oberflächenschicht führt, kann sehr oft an der verbrannten Oberfläche erkannt werden – die geschliffene Oberfläche ist verfärbt. Um Verbrennungen und Schleifrisse zu vermeiden, muss die Temperatur im geschliffenen Teil niedrig gehalten werden, z.B. durch ausreichende Kühlung. Außerdem müssen gut abgerichtete Schleifscheiben verwendet werden, die den Werkzeugstahl mit scharfen Schneidkanten schneiden, anstatt übermäßig Wärme durch Reibung zu erzeugen.

Der Restaustenitgehalt eines gehärteten und angelassenen Werkzeug- bzw. Schnellarbeitsstahls kann das Schleifergebnis erheblich beeinflussen. Ein hoher Anteil von Restaustenit erhöht beim Schleifen das Risiko der Rissbildung. Bei den meisten Schleifverfahren kommt es zu Restspannungen im geschliffenen Oberflächenbereich.

Diese Spannungen sind in der Regel direkt unter der Oberfläche am größten und können zu dauerhaften Verformungen des geschliffenen Teils führen, vor allem beim Schleifen dünner Werkstücke. Von den Beispielen die in Abbildung 4 und 5 dargestellt werden, besteht das größte Risiko für Rissbildung im unsachgemäßen Schleifen. Die Zugspannungen im Oberflächenbereich führen, wenn sie die Zugfestigkeit des Werkzeugstahls überschritten haben, zu Rissen im Material. Beim richtigen Schleifen ist das Risiko für Rissbildung geringer – die Oberflächenspannungen sind hier Druckspannungen, die zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit führen können.

Schleifspannungen können durch ein nochmaliges Anlassen nach dem Schleifen abgebaut werden. Die Anlasstemperatur sollten in diesem Fall ca. 30 °C unterhalb der letzten Anlasstemperatur liegen, um einen Härteverlust am Werkstück zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit, um Schleifspannungen abzubauen, stellt das Strahlen der geschliffenen Teile dar (siehe Abbildung 5).



Abb. 3: neugehärteter Oberflächenbereich



Abb. 4: Härteverlauf durch die Oberflächen – 1.2379

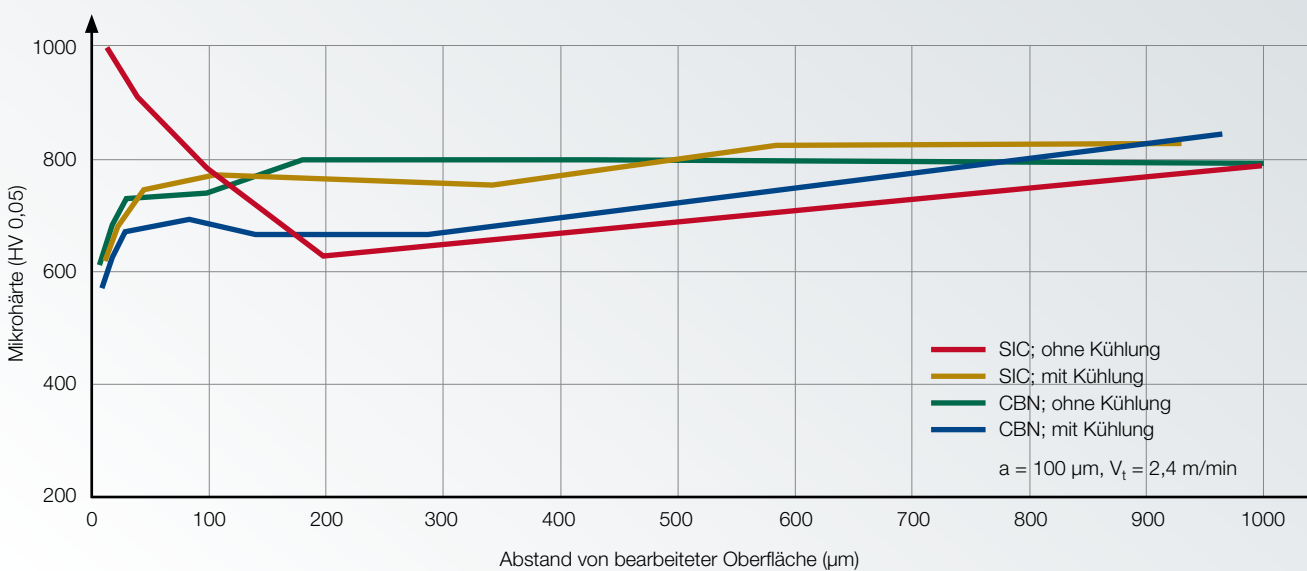
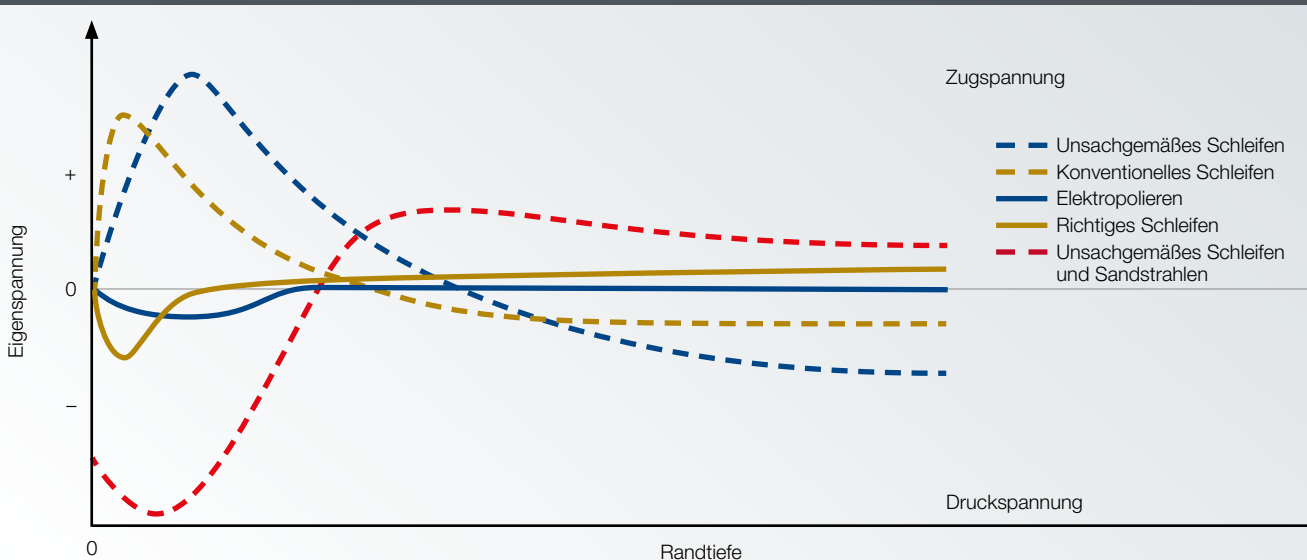


Abb. 5: Eigenspannungen beim Oberflächenschleifen von BÖHLER K110



SCHLEIFSCHEIBEN-ZUSAMMENSETZUNG

Schleifscheiben-Zusammensetzung

Im Prinzip besteht eine Schleifscheibe aus

- Schleifmittel,
- Bindemittel,
- Poren.

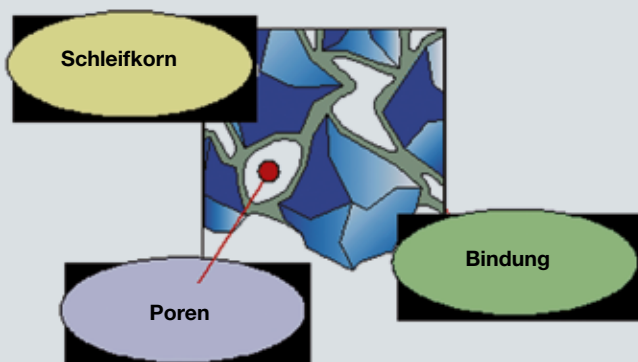


Abb. 6: Die Anordnung und das Verhältnis von Schleifkörnern, Poren und Bindemittel bestimmen die Wirkung einer Schleifscheibe.

Bestimmte Spezialschleifscheiben, wie z.B. solche mit metallgebundenen Diamanten, enthalten keine Poren. Es sind die Zusammensetzung und das Verhältnis der o.a. Bestandteile, die die Schleifeigenschaften einer Scheibe bestimmen. Die Zusammensetzung einer Schleifscheibe wird durch eine normgerechte Schleifscheibenbenennung, die mittlerweile durch ISO anerkannt ist, definiert. Sie besteht aus Buchstaben und Ziffern in einer festgelegten Reihenfolge, die das Schleifmittel, die Korngröße, den Härtegrad und das Bindemittel angeben.

Beispiel: A46 H V

A Schleifmittel
46 Korngröße
H Härtegrad
V Bindemittel



Schleifmittel

Heutzutage werden folgende drei Grundtypen von Schleifmitteln zum Schleifen von Werkzeugstählen und HSS verwendet:

- | | | |
|-------------------|-------------|---|
| a) Korund | Bezeichnung | A |
| b) Siliziumkarbid | Bezeichnung | C |
| c) Bornitrid | Bezeichnung | B |

a) Korund

wird am häufigsten als Schleifmittel für das Schleifen von Eisen und Stahl benutzt und ist in verschiedenen Zusammensetzungen erhältlich. Er kann mit anderen Oxiden legiert werden –am häufigsten wird er mit Titanoxid legiert.

- z.B. 31A – Gemisch Normal-, Halbedel- und Edelkorund weiß
- 57A – Edelkorund rosa
- 54A – Edelkorund weiß mit grüner Bindung

Leider zeigt die Farbe einer Schleifscheibe nicht immer unbedingt den Typ des enthaltenen Schleifmittels an, da einige Schleifscheibenhersteller ihre Schleif- und Bindemittel färben. In den letzten Jahren wurde ein neuer Typ von Korund, der Sinterkorund (z.B. 93A), mit feiner kristalliner Struktur entwickelt, wodurch den Schleifkörnern eine besonders gute Selbstschärfung ermöglicht wird. Der beim Schleifen entstehende Druck führt zu einer Mikrosplitterung, die immer neue und scharfe Schneidkanten hervorruft.

Um das hohe Leistungspotential dieses Kornes voll auszunutzen, hat Winterthur eine genau abgestimmte Bindung entwickelt, welche die Selbstschärfungseigenschaften des Kornes erst zur Geltung bringt.

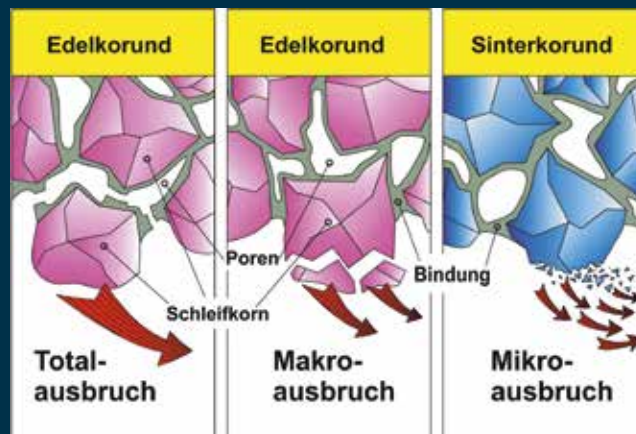


Abb. 7: Vergleich Edel- und Sinterkorund (Mikrokristalline Kornbeschaffenheit)

SCHLEIFSCHEIBEN-ZUSAMMENSETZUNG

Eigenschaften Sinterkorund:

- Hohe Abtragsraten, kürzere Taktzeiten
- Höhere Lebensdauer der Scheibe
- Konstante Schleifleistung verbunden mit kleineren Schleifkräften
- Geringe Formabweichung
- Kühlerer Schliff durch angepasste Bindung und Struktur
- Längere Abrichtintervalle aufgrund der hohen Standzeit

b) Siliziumkarbid (SiC)

wird am häufigsten als Schleifmittel für das Schleifen von Grauguss, Hartmetall, Kunststoff, Glas, Buntmetall und austenitischen rostfreien Stählen benutzt, obwohl es auch für gehärtete, hochlegierte Werkzeugstähle bis 65HRC eingesetzt werden kann.

Es gibt zwei Typen von Siliziumkarbid:

schwarzes Siliziumkarbid (Bezeichnung C) und ein etwas härteres, grünes Siliziumkarbid (Bezeichnung 11C), das spröder ist als das schwarze.

Winterthur Nomenklatur, konventionelle Schleifmittel								
54	A	80	H	15	V	P	MF	604W
11	A	grob	weich	1	kera- mische Bin- dung	künstl. Porosi- tät	L M H F G	Bin- dungs- typ
31	C	14	A	bis				
54	S	bis	bis	10				
93	EA	500	Z	11				
etc.	RA	fein	hart	bis 20				

Abb. 8: Qualitätsbezeichnung Schleifscheiben Ergänzung: Porosität 1 – 10 = Normalstruktur, ab Struktur 11 = hohe Porosität

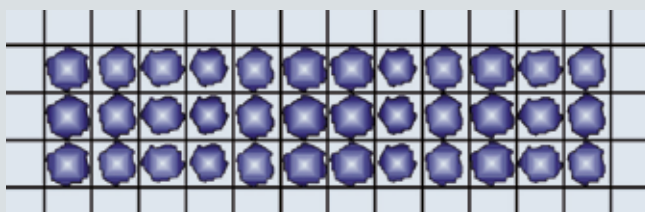


Abb. 10: Abbildung Korngröße F12

c) Bornitrid (CBN)

wird in ähnlicher Weise wie synthetische Diamanten hergestellt. Dieses Schleifmittel wird in erster Linie für das Schleifen von hochkarbidhaltigen Werkzeugstählen und Schnellarbeitsstählen benutzt. Ein Nachteil von Bornitrid ist der hohe Preis, welcher jedoch durch das Preis/Leistungsverhältnis wieder kompensiert wird.

Winterthur bieten leicht profilierbares CBN in Normal- und poröser Struktur an. Durch die überragende Wärmeleitfähigkeit von CBN wird ein kühlerer Schliff garantiert und mögliche Randzonenschädigungen werden stark reduziert. Durch die enorme Verschleißfestigkeit der CBN-Schleifkörner lassen sich erhebliche Produktionssteigerungen und Kosteneinsparungen realisieren.

Winterthur Nomenklatur, kubisches Bornitrit:

3B	126	P	5	V	C	100
3B	grob	weich	1	keramische Bindung	CBN Konzentr.	tief 50 bis 200 hoch
5B	213	N	bis			
32B	126	bis	18			
etc.	91	S				
	bis 46 fein	hart				

Abb. 9: Qualitätsanschiebung Schleifscheiben

Korngröße

Die Schleifmittelkorngröße ist bei der Auswahl der richtigen Schleifscheibe von großer Bedeutung. Korngrößen sind in Übereinstimmung mit einer internationalen Körnungsnummer klassifiziert (lt. FEPA). Die Körnungsnummern von F8 (grob) bis F1200 (super-fein) entsprechen der Maschenzahl eines Siebes auf 1 Zoll Kantenlänge.

Eine grobe Körnung wird für große Schleifleistung eingesetzt (hoher Materialabtrag), jedoch wird damit eine gröbere Oberfläche erzeugt. Eine feine Körnung wird zur Erzielung einer feinen Oberfläche eingesetzt oder wenn z.B. eine hohe Kantenhaltigkeit gefordert wird.

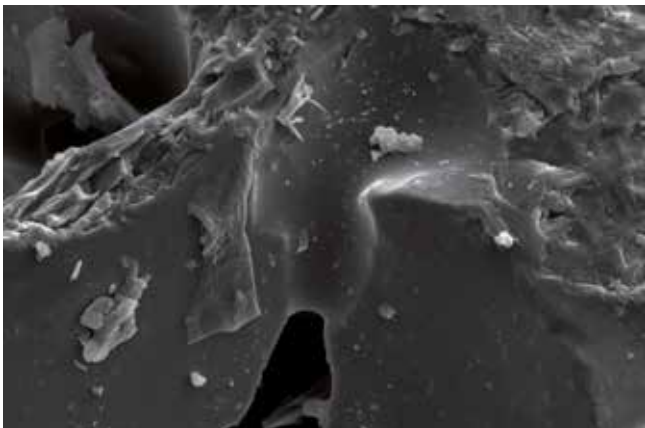


Abb. 10a: Ideale keramische Bindungsbrücke

Die Oberflächenrauigkeit des geschliffenen Werkstückes hängt nicht nur von der Körnung der Schleifscheibe ab. Die Schärfe der Scheibe, die Bindemittel und der Härtegrad der Scheibe sind ebenfalls für die Qualität der geschliffenen Oberfläche ausschlaggebend. Für Diamant- und Bornitridschleifscheiben geben die europäischen Schleifscheibenhersteller, im Gegensatz zu konventionellen Schleifmitteln, die Korngröße als Durchmesser der Körner in μm an.

Härtegrad

Der Begriff der „Schleifscheibenhärte“ bezieht sich nicht auf das Schleifkorn, sondern bezeichnet den Widerstand der Bindung gegenüber dem Ausbrechen der Schleifkörner. Das heißt, bei einer weicheren Scheibe bricht das Schleifkorn leichter aus als bei einer Härteren. Der Härtegrad wird vorwiegend vom Anteil des Bindemittels bestimmt. Der Härtegrad einer Schleifscheibe wird in Buchstaben A – Z angegeben, wobei A den weichsten und Z den härtesten Grad darstellt.

Struktur

Jede Schleifscheibe besitzt eine natürliche Porosität. Diese wird bei Winterthur in Strukturziffern von 1 – 9 ausgedrückt, die man als Normalstruktur bezeichnet. Je größer die Strukturziffer ist, umso poröser ist die Schleifscheibe. Die natürliche Porosität einer Scheibe kann künstlich erhöht werden, indem man der Mischung einen künstlichen Porenbildner beimengt.

Diese künstlich erhöhte Porosität wird in den Strukturzahlen 11 – 19 ausgedrückt. Schleifscheiben mit Strukturziffern 10 und 20 (porös) sind nach einem speziellen Gießverfahren hergestellt.

Bindemittel

Die Schleifkörper werden durch ein Bindemittel zusammengehalten. Folgende Bindemittel werden benutzt, um die Schleifkörner in das Gefüge der Schleifscheibe fest einzubinden:

Keramik	Bezeichnung	V
Kunstharz	Bezeichnung	B

Keramische Bindung

Keramische Bindungen bestehen heutzutage bei Winterthur zumeist aus synthetischen, technischen Gläsern, die als Niederbrandbindungen bezeichnet werden. Sie sind gegen chemische Einwirkungen unempfindlich und unbeschränkt lagerfähig. Abrupter Temperaturwechsel oder Schläge sind jedoch zu vermeiden.

Keramisch gebundene Schleifscheiben werden am häufigsten zum Schleifen von Werkzeugstählen benutzt. Kunstharz wird als Bindemittel für Schleifscheiben benutzt, die mit hoher Umfangsgeschwindigkeit laufen.

ARBEITSWEISE DER SCHLEIFSCHEIBE

Arbeitsweise der Schleifscheiben (Schleifparameter)

Das Schleifen ist eine spanabhebende Bearbeitung, bei der die Schleifkörner die Schneidkanten bilden. Für das Schleifen gelten die gleichen Prinzipien wie für andere spanabhebende Bearbeitungen, obwohl gewisse Faktoren es notwendig machen, die Theorie des Schleifens etwas anders zu betrachten.

Diese Faktoren sind:

- Das Zerspanungswerkzeug hat eine unregelmäßige Schneidgeometrie. Die Anordnung der Schleifkörner ist unregelmäßig.
- Die Schneidgeometrie ist veränderlich. In der Arbeitsweise der abrasiven Schleifwerkzeuge ist ein gewisser Grad an „Selbstschärfung“ enthalten – stumpfe Körner brechen teilweise oder vollkommen aus; dabei wird ein neues Korn freigelegt.
- Negative Schneidwinkel – Durch die unregelmäßigen und „stumpfen“ Formen der Schleifkörner sind die Spanwinkel oft negativ.
- Eine sehr große Anzahl von Schneidkanten
- Sehr hohe Schnittgeschwindigkeit – Die beim Präzisionsschleifen übliche Schnittgeschwindigkeit (35 m/Sek. = 2100 m/Min.) liegt weit über der bei anderen spanabhebenden Bearbeitungen üblichen.
- Sehr kleine Späne, d.h. eine sehr kleine Schnitttiefe für jede Schneidkante.
- Selbstschärfung der Scheibe – Der beim Schleifen entstehende Druck führt zu einer Mikrosplitterung, die immer neue und scharfe Schneidkanten hervorruft.

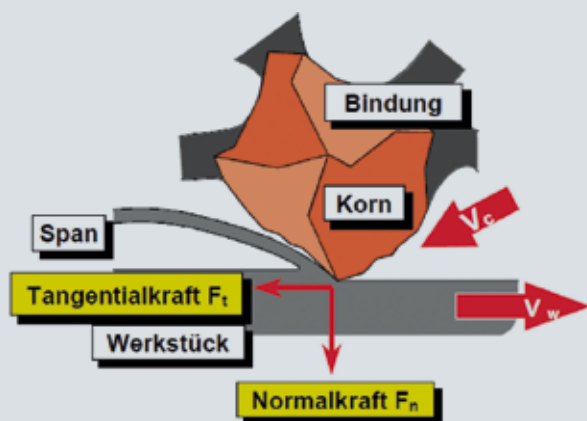


Abb. 11: Spanbildung beim Schleifen (sehr schematisch dargestellt). Spanwinkel sind normalerweise negativ.

Bezogenes Zeitspanvolumen Q_w'

Das bezogene Zeitspanvolumen, bekannt unter dem Kürzel Q_w' , beschreibt die Abtragsleistung einer Schleifscheibe in mm^3 pro mm Scheibenbreite und pro Sekunde. Dies erlaubt einen direkten Vergleich verschiedener Schleifprozesse, um die gefahrene Abtragsleistung zu beurteilen. Das Q_w' dient oft auch als Berechnungsgrundlage für das Bestimmen von Tiefenzustellung a_e und Vorschubleistung V_w .

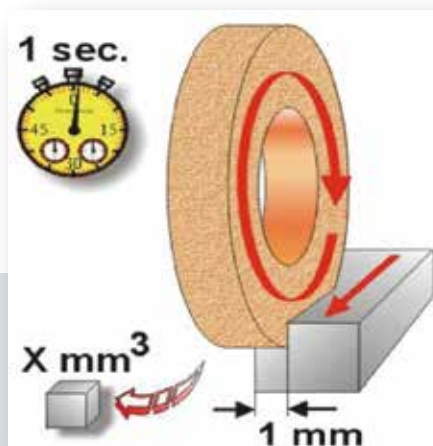


Abb. 12: Graphische Darstellung Q_w

Richtwerte und Zielvorgaben

Flachpendelschleifen:

- 1.5 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ Schichten
- 2.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ gehärteter, hochlegierter Stahl
- 3.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ guter Zielwert
- 5.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ hoher Zielwert
- 10.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ Hochleistungsprozess
- Abtragsleistungen von $>10\text{mm}^3/\text{mm/s}$ sind meistens Tiefschleifverfahren

Tiefschleifen:

- 7.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ gehärteter, hochlegierter Stahl
- 10.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ Mindest-Zielwert
- 20.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ guter Durchschnittswert

CD Tiefschleifen:

- 20.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ Mindest-Zielwert
- 50.0 $\text{mm}^3/\text{mm/s}$ Hochleistungsprozess

Geschwindigkeitsverhältnis q_s

Das Geschwindigkeitsverhältnis q_s ist ein wichtiger Indikator, ob ein Schleifprozess optimal abläuft. Dieser Faktor bezieht sich auf das Verhältnis zwischen der Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe und der Werkstückgeschwindigkeit.

$$q_s = \frac{\text{Umfangsgeschwindigkeit } V_c \text{ (m/s)} \times 1000 \times 60}{\text{Werkstückgeschwindigkeit } V_w \text{ (mm/min.)}}$$

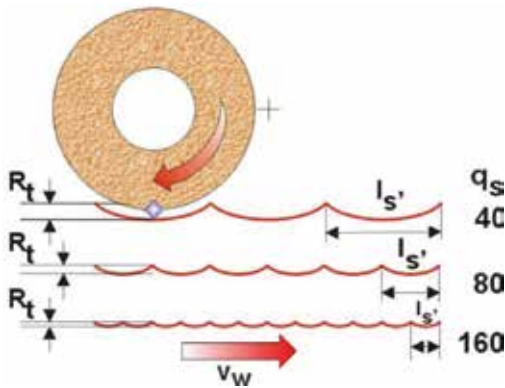


Abb. 13: l_s' = Eingriffbogenlänge vom Einzelkorn
 R_t = Oberflächengüte
 V_c = Umfangsgeschwindigkeit
 V_w = Werkstückgeschwindigkeit

Verschiedene Bereiche des Geschwindigkeitsverhältnisses:



Abb. 14: graphische Darstellung des kritischen Bereiches

Zielvorgaben:

Flach- und Außenrundscheifen:

Schruppen: 60 bis 80

Schlichten: 80 bis 120

$q_s < 50$: Gefahr von Rattermarken

$q_s > 120$: Gefahr von Schleifbrand

Kriechgangschleifen (Tiefschleifen):

$q_s > 1000$ bis 10 000

$q_s < 1000$: Gefahr von Schleifbrand

Durch Festlegen des q_s -Wertes und verwenden der Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe kann die entsprechende Werkstück- oder Tischgeschwindigkeit V_w leicht berechnet werden.

Scheibenschnittgeschwindigkeit V_c

Die Umfangsgeschwindigkeit einer Schleifscheibe hat einen direkten Einfluss auf die Anzahl der Schleifkanten, die die Zerspanung ausführen. Wenn z.B. die Geschwindigkeit verdoppelt wird, wird die doppelte Anzahl von Schleifkornern pro Zeiteinheit das Werkstück zerspanen. Damit ist die Selbstschärfung dann weniger wirksam, d.h., die Schleifscheibe wirkt im Endeffekt härter und erzielt eine feinere Oberflächengüte, allerdings mit dem Risiko, dass die Oberfläche verbrannt wird.

Umgekehrt führt eine Verringerung der Umfangsgeschwindigkeit einer Schleifscheibe zu dickeren Schleifspänen, mit der Folge, dass die Schleifscheibe weicher wirkt. Im Allgemeinen werden sowohl Umfangs- als auch Werkstückgeschwindigkeit erhöht, um die Abtragungsrate zu erhöhen.

Erhöhen von v_c :

- pro Zeiteinheit mehr Schneiden im Eingriff
- feinere Späne
- geringere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes kleiner

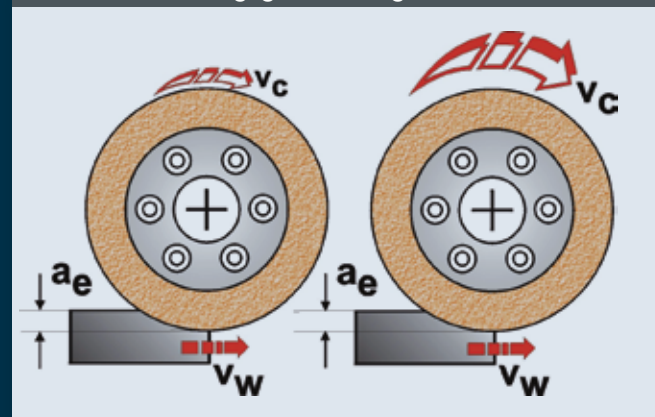
Verringern von v_c :

- pro Zeiteinheit weniger Schneiden im Eingriff
- größere Späne
- höhere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes höher

Die Scheibe wirkt härter.

Die Scheibe wirkt weicher.

Ändern der Umfangsgeschwindigkeit



Eine übliche Sicherheitsgrenze für keramischgebundene Scheiben liegt bei 40 m/s. Einige Schleifscheiben sind jedoch bis zu einer Umfangsgeschwindigkeit von 100 m/s zugelassen. Eine geeignete Umfangsgeschwindigkeit für kunstharzgebundene Bornitridscheiben ist 35 – 40 m/s. Für keramischgebundene Bornitridscheiben ist oft eine Schnittgeschwindigkeit von 45 – 63 m/s nötig.

Werkstückgeschwindigkeit v_w

Mit einer Änderung der Werkstückgeschwindigkeit ist es möglich, das Schleifverhalten einer Scheibe zu verändern. Durch eine Erhöhung der Werkstückgeschwindigkeit arbeitet die Scheibe, als ob sie weicher wäre. Im umgekehrten Fall wirkt sie härter.

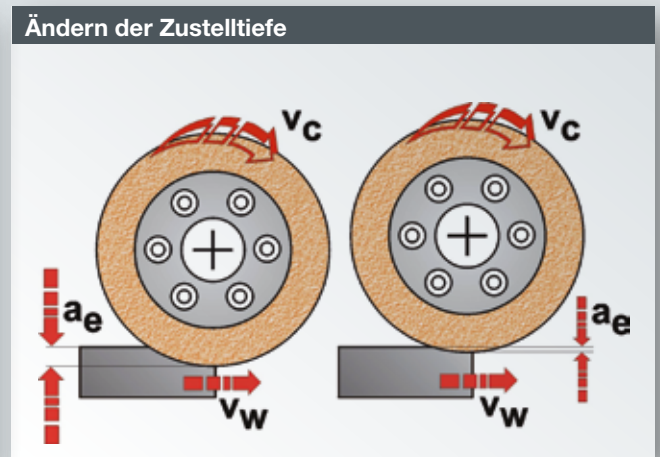
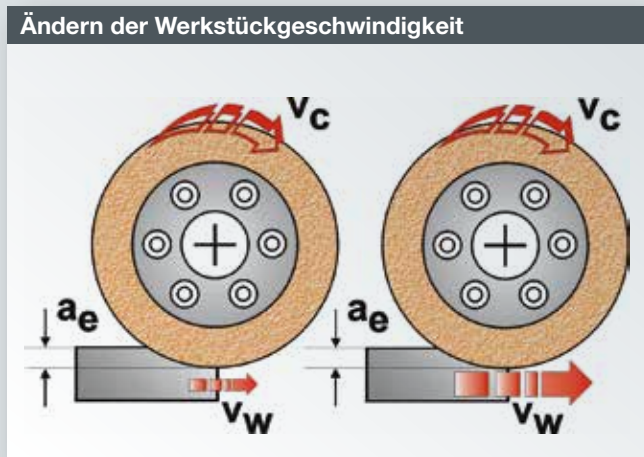
Zustellung a_e der Schleifscheibe

Die Zustellung der Schleifscheibe hängt ab vom Scheibentyp, von der Stabilität der Maschine und/oder davon, wie fest ein Werkstück eingespannt ist.

Richtlinienwerte für die Zustellung mit herkömmlichen Scheiben:

- Grobschleifen: ~ 0,05 mm/Übergang
- Feinschleifen: ~ 0,005 – 0,010 mm/Übergang

Beim Schleifen mit Bornitridscheiben sollten diese Zustellungen reduziert werden. Sind Scheiben mit gesinterter Korund im Einsatz, sollte die Zustellung etwas über den Richtlinienwerten liegen, um einen höheren Schleifdruck zu erreichen und dadurch eine gute Selbstschärfung.



Erhöhen von v_w :

- erhöhter Materialabtrag
- größere Späne
- höhere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes größer

Verringern von v_w :

- reduzierter Materialabtrag
- feinere Späne
- niedrigere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes kleiner

Die Scheibe wirkt weicher. Die Scheibe wirkt härter.

Erhöhen von a_e :

- erhöhter Materialabtrag
- größere Späne
- höhere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes größer

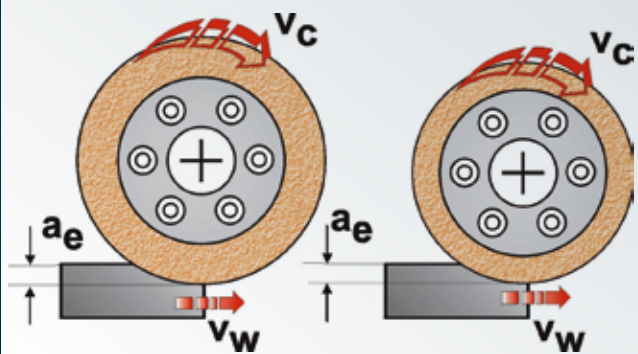
Verringern von a_e :

- reduzierter Materialabtrag
- feinere Späne
- niedrigere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes kleiner

Die Scheibe wirkt weicher. Die Scheibe wirkt härter.



Änderung des Scheibendurchmessers



Erhöhen von d_s :

- Kontaktfläche A_k zwischen Scheibe und Werkstück wird größer
- die Schleifkräfte bleiben praktisch unverändert
- geringere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes kleiner

Verringern von d_s :

- kleinere Kontaktfläche
- die Schleifkräfte bleiben unverändert
- höhere Einzelkornbelastung
- Splitterneigung des Einzelkornes höher

Die Scheibe wirkt härter. Die Scheibe wirkt weicher.

Kontaktfläche

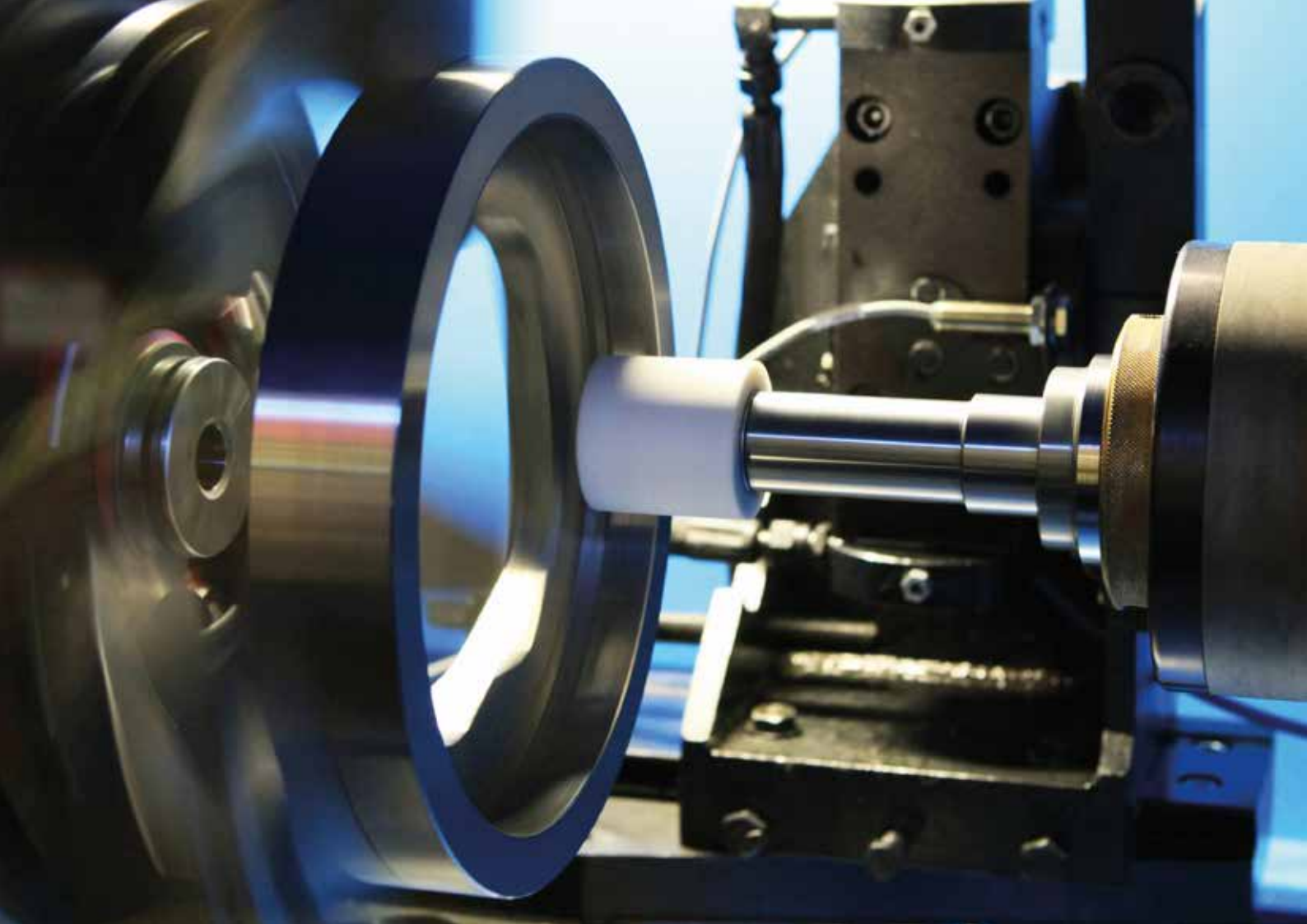
Die eigentliche Zerspanungsarbeit findet an der Kontaktfläche zwischen Schleifscheibe und Werkstück statt. Bei einer größeren Kontaktfläche ist eine größere Anzahl von Schneidkanten an der Zerspanung beteiligt. Dadurch sind die Späne kleiner und die spezifischen Kräfte geringer. Bei einer kleinen Kontaktfläche gilt das Gegenteil.

Die Kontaktlänge hängt in erster Linie vom Schleifverfahren ab. Außerdem ist sie vom Durchmesser der Schleifscheibe, der Schnitttiefe und von den Abmessungen des Werkstücks abhängig. Unterschiede in der Kontaktlänge sind hauptsächlich ausschlaggebend für die Auswahl der geeigneten Scheibenzusammensetzung für das jeweilige Schleifverfahren.

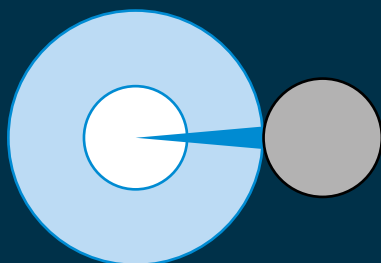
Wenn z.B. beim Innenrundscheifen eine Schleifscheibe eingesetzt wird, deren Durchmesser nur etwas kleiner ist als der Innendurchmesser des Werkstücks, ist die Kontaktlänge sehr

groß, was zu einer niedrigen Schnittkraft am Schleifkorn führt. Wenn die Scheibe einwandfrei selbstschärfend arbeiten soll, muss sie eine weichere Zusammensetzung haben als diejenige für das Außenrundscheifen eines ähnlichen Werkstücks. Die Kontaktbreite kann der Breite der Schleifscheibe entsprechen wie z.B. beim Einstechschleifen. Wenn es notwendig ist, kann durch ein Abrichten der Schleifscheibe die Kontaktbreite verringert werden. Die Kontaktfläche wird dabei verkleinert und dies führt zu dickeren Spänen und höheren Kräften auf die Schleifkörner. Die Scheibe wirkt weicher.

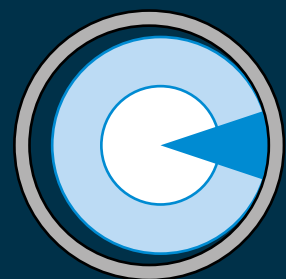
Die Anzahl der Schneidkanten hat einen beträchtlichen Einfluss auf den Schleifvorgang. Eine größere Anzahl von Schneidkanten pro Flächeneinheit bedeutet, dass die Zerspanungsarbeit auf eine größere Anzahl von Schleifkörnern verteilt wird (die spezifischen Kräfte werden geringer). Auch die Korngröße des Schleifmittels beeinflusst die Anzahl der Schneidkanten an der Kontaktfläche und führt dazu, dass feinkörnige Schleifscheiben härter wirken.



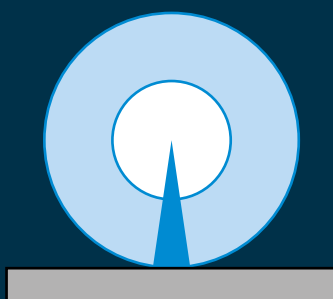
**Außenrundsleifen
(Centerless-Sleifen)**



Innenrundsleifen



Flachsleifen



Stirnsleifen

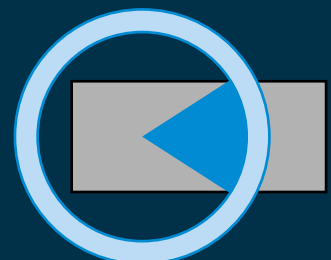


Abb. 11: Kontaktlängen bei verschiedenen Schleifverfahren

SCHLEIFPROBLEME UND DEREN GEGENMASSNAHMEN

Wenn Schleifscheibe zu hart oder zu fein wirkt:

Kennzeichen

- Scheibe stumpft schnell ab
- zu wenig schnittig
- wenn Brand
- neigt zum Rattern
- Scheibe muss oft abgerichtet werden, weil sie nicht mehr schneidet

Kontur / Abhilfe

- weichere Scheibe oder offenerere Struktur
- gröberes Korn wählen
- Drehzahl der Scheibe verringern
- Vorschub/Zustellung Werkstückdrehzahl erhöhen

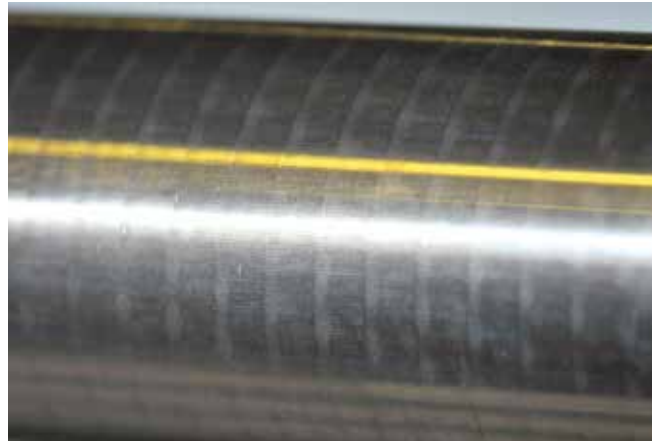
Wenn Scheibe zu weich oder zu grob wirkt:

Kennzeichen

- Scheibe verliert Profil
- Scheibe hält Mass nicht
- Scheibe muss oft abgerichtet werden, weil sie die Form nicht hält
- Scheibenverbrauch ist zu groß

Kontur / Abhilfe

- härtere Scheibe oder engere Struktur wählen
- feineres Korn wählen
- Drehzahl der Scheibe erhöhen
- Vorschub/Zustellung Werkstückdrehzahl verringern



Die häufigsten Schleifprobleme und deren Abhilfe sind:

a) Kennzeichen: „Gewinde“ auf Werkstückoberfläche sichtbar, dessen Steigung dem Tischvorschub entspricht

Abhilfe

- Mantellinie der Schleifscheibe ist nicht parallel zur Längsschlittenbewegung. (Verschiebung, thermische Beeinflussung oder Abnutzung des Abrichtwerkzeuges).
- Überwachung des Abrichtwerkzeuges und der thermischen Verhältnisse



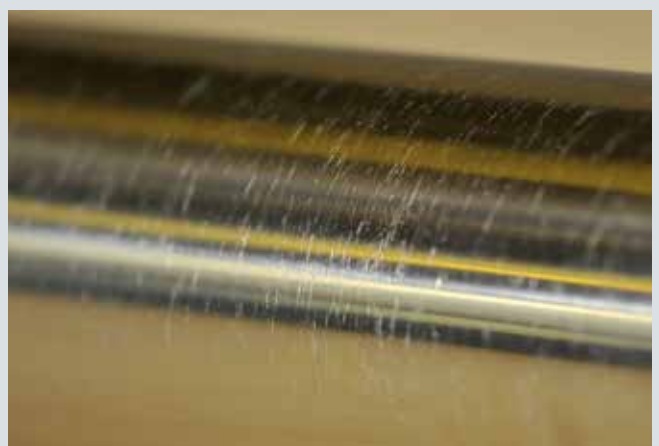
b) Kennzeichen: Oberfläche weist **Spiralen, Schrägmarken** oder ein regelmäßiges Muster auf

Ursache

- Fehlerhafter Abrichtvorgang erzeugte unrunde Scheibe, die den Fehler auf das Werkstück überträgt

Abhilfe

- Scheibe nur in einer Richtung abrichten, eventuell Abrichtvorschub reduzieren



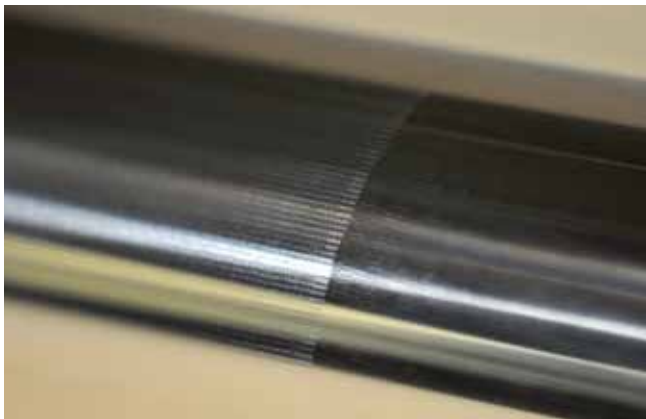
c) Kennzeichen: Werkstückoberfläche weist unregelmäßig verteilte kurze, kommaförmige Kratzer auf

Ursache

- Frei im Kühlschmierstoff schwebende Partikel oder Zusetzen der Scheibe

Abhilfe

- Schutzhaube reinigen
- Filtrierung überprüfen
- offenerere Scheibenstruktur wählen



d) Kennzeichen: Parallel zum Werkstück stehende **Rattermarken**

Ursache

- Unwucht der Schleifscheibe
- Schwingungen von Werkstück oder Maschine
- Geschwindigkeitsverhältnis Scheibe / Werkstück zu tief ($qs < 60$)

Abhilfe

- Werkstückaufnahme überprüfen
- Scheibe auf Unwucht/ Rundlauf prüfen
- nie Kühlschmierstoff über stehende Scheibe laufen lassen
- Setzstock verwenden? (prüfen) qs ? (prüfen?)



e) Kennzeichen: Spiralförmige oder örtlich gelbe oder braune **Verfärbung der Oberfläche**

Ursache

- Überhitzung im Schleifprozess!
- Ungenügende KSS Zufuhr?, Geschwindigkeitsverhältnis zu hoch ($qs = > 120$)?
- Scheibe zu fein abgerichtet?
- Scheibe zu hart

Abhilfe

- Abrichtvorschübe erhöhen, Geschwindigkeitsverhältnis < 120 , KSS Zufuhr erhöhen
- KSS mit höherem Mineralölanteil verwenden
- weichere Scheibe oder offenere Struktur wählen



f) Kennzeichen: Schliff mit **stumpfer Scheibe**, spiegeliger Glanz/Unebenheiten der Vorbearbeitung bleiben erhalten

Ursache

- Scheibe zu fein abgerichtet, zugesetzt oder zu feinkörnig

Abhilfe

- Abrichtvorschub erhöhen
- neuen Einkorndiamant einsetzen
- offenere (porösere?) oder gröbere Scheibe einsetzen



g) Kennzeichen: Parallel zur Werkstückachse auftretende **Facetten** (teilweise oder über den ganzen Umfang)

Ursache

- Störquelle inner- oder außerhalb der Maschine (z.B. KSS-Pumpen, Lüfter, Hubstapler, Stanzmaschinen, etc.)

Abhilfe

- Störquelle eliminieren

DIE SCHLEIFMASCHINE UND DER KÜHLSCHMIERSTOFF

Die Schleifmaschine

Das Schleifverfahren und die eingesetzte Schleifmaschine haben einen bedeutenden Einfluss auf die Wahl der Scheibenzusammensetzung.

Eine Schleifmaschine soll so starr wie möglich sein, damit sie mit hohem Schleifdruck arbeiten kann. Dieser hohe Schleifdruck ist z.B. beim Einsatz von Sinterkorund ein Vorteil, da er den Selbstschärfeffekt ideal unterstützt. Durch die Starrheit der Schleifmaschine und die Art des Einspannens wird die Scheibenauswahl ebenfalls mitbestimmt.

Wenn die Maschine nicht starr genug ist, sollte eine weichere Scheibe oder eine kleinere Kontaktfläche zwischen Scheibe und Werkstück gewählt werden, um den notwendigen Grad an Selbstschärfung zu gewährleisten. Die Spindelgeschwindigkeit (Spindeltriebsleistung) der Schleifmaschine beeinflusst die Scheibenauswahl ebenfalls.

Kühlschmierstoff

Beim Schleifen wird, wie bei allen anderen Zerspanungsverfahren, Schneidflüssigkeit benutzt. Dieser Kühlschmierstoff wird in erster Linie benötigt, um

- das Werkstück zu kühlen
- als Schmiermittel zu wirken, damit die Reibung zwischen den Spänen, dem Werkstück und der Schleifscheibe verringert wird
- Vermeidung von Randzonenbeeinflussung des Werkstückes

- die Abführung der Prozesswärme aus der Kontaktzone zu garantieren
- die Späne von der Kontaktfläche fort zuspülen
- die Erhaltung konstanter Eigenschaften des Schleifmittels zu garantieren

Beim Schleifen werden hauptsächlich drei Arten von Schneidflüssigkeiten eingesetzt:

Wasserlösungen

Diese sind Flüssigkeiten, die aus Wasser mit synthetischen Zusätzen bestehen. Sie haben eine gute Kühlwirkung, die Schmiereigenschaften sind jedoch nicht so gut.

Emulsionen

Sie bestehen aus Wasser mit einer 3 – 5%igen Ölbeimischung in einer sehr fein verteilten Form. Wird diese unterschritten fällt der pH-Wert ab und es kann zu Geruchs- und Korrosionsbildung kommen. Zu hoch angesetzte Emulsion bewirkt, dass die Scheibe während des Schleifens zu macht und an Abtragsleistung verlieren kann, sprich der Spüleffekt ist schlechter. Auch Schaumbildung ist bei zu hoher Konzentration nicht auszuschließen, wenn auch der Härtegrad des Wassers zu gering ist. Emulsionen werden heutzutage für die meisten Schleifverfahren eingesetzt, weil sie umweltfreundlich sind und ihre Wirkung ausreichend ist.

Schneidöle

Sie bestehen normalerweise aus dem Grundbestandteil Mineralöl mit Zusätzen. Schneidöle haben sehr wirksame Schmiereigenschaften, die Kühlwirkung ist jedoch nicht so gut.



Abrichten

Mit dem Abrichten von Schleifscheiben wird der genaue Rundlauf und die korrekte geometrische Form erreicht. Das Abrichten dient auch zur Erzielung der gewünschten Wirkrautiefe und zur Beeinflussung der Schnittigkeit. Durch die kontrollierte Veränderung der Abrichtbedingungen lässt sich die Scheibentopografie verändern, was auf den Schleifprozess und das angestrebte Ergebnis erheblichen Einfluss nimmt.

Es gibt die Möglichkeiten stehend oder rotierend abzurichten. Bei stehendem Abrichten können als Werkzeuge EKD, Fliese oder MKD verwendet werden. Für rotierendes Abrichten werden rotierende Abrichtscheiben im Gleichlauf oder Gegenlauf verwendet. Für detaillierte Informationen zu Abrichtparametern wenden sie sich bitte an Rappold Winterthur Technologie GmbH.

Terminologie des Abrichtens

ad = Zustelltiefe des Diamantwerkzeuges (mm)

bd = Wirkbreite des Diamantwerkzeuges (mm)

ns = Schleifscheibendrehzahl (U/min)

sd = Vorschub des Diamantwerkzeuges pro Scheibenumdrehung (mm/U)

Ud = Überdeckungsgrad (Zahl)

Vd = Vorschubgeschwindigkeit des Diamantwerkzeuges (mm/min)

Grundsätzliches:

- es sollte generell nur mit kleiner Zustellung des Abrichtwerkzeuges gearbeitet werden (0,002 mm bis 0,03 mm), da ansonsten das Gefüge angegriffen wird.
- Um die Wirkrautiefe zu beeinflussen, soll in Richtung Abricht-Vorschubgeschwindigkeit v_d variiert werden.
> höhere Geschwindigkeit v_d = größere Rauhtiefe und umgekehrt

Wichtige Hinweise:

- immer mit dementsprechender Kühlung abrichten, Diamanten sind sehr wärmeempfindlich!
- NIE ohne Zustellung ($ad = 0$) über die Scheibe fahren, da diese sonst abstumpft.

AUS DER PRAXIS



WINTERTHUR
TECHNOLOGY GROUP


Ermittlung des optimalen Schleifmittels für den elektroschlackeumgeschmolzenen BÖHLER K340 ISODUR und den pulvermetallurgisch hergestellten BÖHLER K390 MICROCLEAN.

In einem Praxisversuch wurden die Werkstoffe BÖHLER K110, BÖHLER K340 ISODUR (elektroschlackeumgeschmolzener 8% Cr-Kaltarbeitsstahl mit optimierter Zähigkeit) und der pulvermetallurgisch hergestellte BÖHLER K390 MICROCLEAN außenrundgeschliffen.

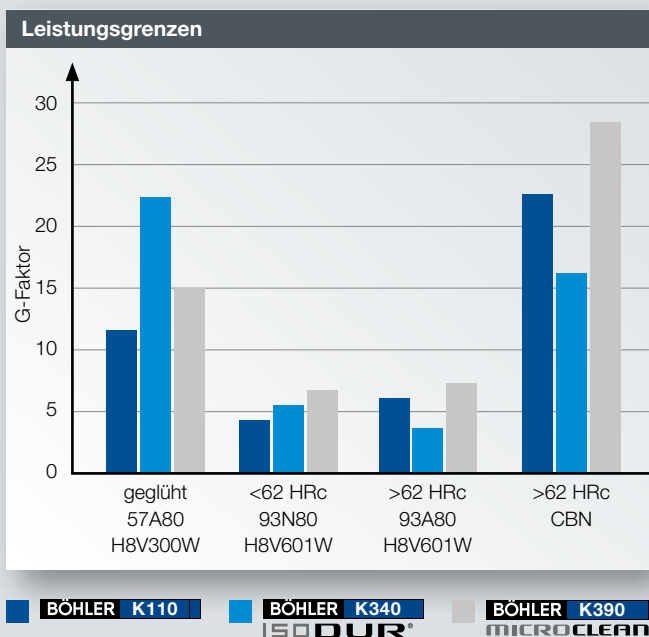
Die Wärmebehandlung der Wellen (\varnothing 80 mm, Länge 330 mm) wurde bei BÖHLER durchgeführt, alle Qualitäten wurden im geglähten Zustand und bei einer Härte $<62\text{HRc}$ und $>62\text{HRc}$ geschliffen. Die Schleifmittel wurden von der WINTERTHUR Technology GmbH zur Verfügung gestellt. Die Schleifversuche wurden in Kooperation mit dem Institut für Fertigungstechnik an der TU Graz durchgeführt. Das Ziel des Praxistests ist die Bestimmung des optimalen Schleifmittels für die oben angeführten Werkstoffqualitäten (BÖHLER K110, BÖHLER K340 ISODUR, BÖHLER K390 MICROCLEAN).



Es wurde mit folgenden Schleifparametern gearbeitet:

Schleifprozess	Außenrundscheifen / Pendeln												
Maschine:	Kellenberger Kelvaria UR175/1000 (7,5 kW)												
													
Härte:	durchgehärtet (ca. 62HRC)												
Scheibenspezifikation:	<table border="0"> <tr> <td>57A80 H8V300W-50 m/s</td> <td>- Edelkorund rosa</td> </tr> <tr> <td>64A80 H8V300W-50 m/s</td> <td>- Gemisch EK rosa / Einkristallkorund</td> </tr> <tr> <td>93N80 H8V902W-50 m/s</td> <td>- NanoWin® (Sonderkorund)</td> </tr> <tr> <td>93A80 H8V601W-50 m/s</td> <td>- Gemisch EK weiß / Sinterkorund</td> </tr> <tr> <td>11C80 J15VPLF-50 m/s</td> <td>- Siliziumkarbid</td> </tr> <tr> <td>32B126 O15CVP MFC75</td> <td>- CBN</td> </tr> </table>	57A80 H8V300W-50 m/s	- Edelkorund rosa	64A80 H8V300W-50 m/s	- Gemisch EK rosa / Einkristallkorund	93N80 H8V902W-50 m/s	- NanoWin® (Sonderkorund)	93A80 H8V601W-50 m/s	- Gemisch EK weiß / Sinterkorund	11C80 J15VPLF-50 m/s	- Siliziumkarbid	32B126 O15CVP MFC75	- CBN
57A80 H8V300W-50 m/s	- Edelkorund rosa												
64A80 H8V300W-50 m/s	- Gemisch EK rosa / Einkristallkorund												
93N80 H8V902W-50 m/s	- NanoWin® (Sonderkorund)												
93A80 H8V601W-50 m/s	- Gemisch EK weiß / Sinterkorund												
11C80 J15VPLF-50 m/s	- Siliziumkarbid												
32B126 O15CVP MFC75	- CBN												
Parameter:	<p>Es wurden für die Versuche immer dieselben Einstellungen mit jeder Schleifscheibe verwendet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichlauf: Ja • Scheibengeschwindigkeit $v_c = 40$ m/s • Werkstückdrehzahl $n_w = 200$ U/min • Zustellung $a_e = 0,008$ mm beidseitig • Zugabe = 1,0 mm am Durchmesser 												
Abrichten:	<p>mit PKD-Fliese</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scheibengeschwindigkeit $v_c = 40$ m/s • Abrichtgeschwindigkeit $v_d = 200$ mm/min • Abrichtzustellung $a_d = 0,02$ mm beidseitig 												
Kühlschmierstoff:	Blasocut Emulsion 3,5%, vollsynthetisch												

Nachstehendes Diagramm zeigt zusammengefasst das Ergebnis der besten Schleifscheibenqualitäten bei den unterschiedlichen Stahlqualitäten:



Wirtschaftlichkeit:

Unter Wirtschaftlichkeit wird der geringste Scheibenverschleiß im Verhältnis zum max. Materialabtrag (G-Faktor) bei der jeweiligen Stahlsorte und Härte verstanden.

- Für den geglähten Zustand (~56 HRc) eignet sich am besten Edelkorund rosa (57A)
- Bei Materialhärte <62HRc zeigt sich die 93N Spezifikation (NanoWin[®]) als geeignetste Universalscheibe, dicht gefolgt von der Sinterkorundvariante 93A80 H8V601W
- Je härter das Material wird, desto wirtschaftlicher wird die CBN-Scheibe! Die CBN-Scheibe ist bei Vollhärte (>62HRc) bezüglich des G-Faktors mit Abstand die beste Variante, jedoch preislich auch um ein vielfaches höher als konventionelle Keramik.



Die folgenden Tabellen enthalten Details über das Schleifen an Werkzeugen oder Formen, hergestellt mit BÖHLER Warmarbeits-, Kunststoffformen-, Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstählen. Die Empfehlungen wurden in Zusammenarbeit zwischen BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG und Rappold Winterthur Technologie GmbH ausgearbeitet.

Schleifen von pulvermetallurgischen Werkstoffen

BÖHLER hat den Herstellungsprozess für pulvermetallurgische Schnellarbeitsstähle und Werkzeugstähle weiterentwickelt. Mit der weltweit modernsten Anlage in Kapfenberg werden MICROCLEAN-Werkstoffe der 3. Generation mit noch besseren Leistungsmerkmalen hergestellt.

Die mit BÖHLER MICROCLEAN bezeichneten Hochleistungsstähle definieren die Leistungsstärken in Bezug auf **Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Druckbelastbarkeit** und **Korrosionsbeständigkeit** überzeugend neu.

Ein umfangreiches Sortiment an Kaltarbeits-, Kunststoffformen- sowie Schnellarbeitsstählen verschafft unseren Kunden dadurch klare Wettbewerbsvorteile.

Es wurden auch Schleifempfehlungen für die pulvermetallurgisch hergestellten BÖHLER Stähle, welche aufgrund des hohen Legierungsgehaltes schwieriger zu schleifen sind, angegeben.

EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SCHLEIFEN VON BÖHLER WERKZEUG- UND SCHNELLARBEITSSTÄHLEN

BÖHLER Marke	Zustand	Außen- rundscheifen	Innen- rundscheifen	Centerless (Spitzenlos)	Flach- scheifen	Profil- / Tiefscheifen	
Mittellegierter Stahl							
BÖHLER K245 BÖHLER K455 BÖHLER K460 BÖHLER K510 BÖHLER K600 BÖHLER K605 BÖHLER K720 BÖHLER W300 BÖHLER W302 BÖHLER W303 BÖHLER W320 BÖHLER W321 BÖHLER W350 ISO BLOC® BÖHLER W360 ISO BLOC® BÖHLER W400 VMR® BÖHLER W403 VMR® BÖHLER W600 ISO BLOC®	weichgeglüht	57A80 J7V300W 57A60 K5V300W	54A80 H9V904W	Durchgang Einstechen	31A80 L6V301W 31A120 L6V301W	64A60 H15VP300W	54A80 H15VPMF904W
BÖHLER K510 BÖHLER K600 BÖHLER K605 BÖHLER K720 BÖHLER W300 BÖHLER W302 BÖHLER W303 BÖHLER W320 BÖHLER W321 BÖHLER W350 ISO BLOC® BÖHLER W360 ISO BLOC® BÖHLER W400 VMR® BÖHLER W403 VMR® BÖHLER W600 ISO BLOC®	gehärtet	54A60 J7V904W 54A80 H8V904W	93A80 H13VP601	Durchgang Einstechen	54A80 L6V604W 93A80 L6V601W 54A180 L6V604W 93A120 L6V601W	93A60 F15VPH601W	93A80 F15VPH601W
BÖHLER M200 BÖHLER M238 BÖHLER M261 BÖHLER M268 VMR® BÖHLER M300 ISO PLAST® BÖHLER M303 EXTRA BÖHLER M314 EXTRA BÖHLER M315 EXTRA	vorvergütet	54A60 J7V904W	54A80 H15VPMF904W	Durchgang Einstechen	31A80 L6V301W 31A120 L6V301W	54A60 H15VPMF904W	54A80 H15VPMF904W
BÖHLER M300 ISO PLAST® BÖHLER M303 EXTRA BÖHLER M314 EXTRA BÖHLER M315 EXTRA	gehärtet	54A80 H8V904W 93A80 H8V601W	32B91 P8CV600C100 ev. 93A80 H13VP601	Durchgang Einstechen	54A80 L6V604W 54A180 L6V604W	54A60 F15VPH904W	54A80 F15VPH904W



BÖHLER Marke	Zustand	Außen-rundscheifen	Innen-rundscheifen	Centerless (Spitzenlos)	Flach-scheifen	Profil- / Tiefscheifen
Hochlegierter Stahl						
BÖHLER K100 BÖHLER K110 BÖHLER K305	weichgeglüht	57A80 J7V300W 64A80 H8V300W	64A80 H8V300W 54A80 H15VPMF904W	Durchgang Einstechen	31A80 L6V301W 31A120 L6V301W	54A60 H15VPMF904W 54A80 H15VPMF904W
BÖHLER K306 BÖHLER K353 BÖHLER K340 ISO DUR BÖHLER K360 ISO DUR	gehärtet < 62HRc	93A80 H8V601W 93N80 H8V902W	93A80 H13VP601 11C60 H15VP	Durchgang Einstechen	93A80 J7V601W 93A120 J7V601W ev. 11C120 K4V	64A60 H15VP300W 93A80 F15VPH601W 54A80 F15VPH904W
BÖHLER S400 BÖHLER S500 BÖHLER S600 BÖHLER S700 BÖHLER S404 BÖHLER S607 BÖHLER S630 BÖHLER S705 BÖHLER M310 ISO PLAST BÖHLER M333 ISO PLAST BÖHLER M340 ISO PLAST	gehärtet > 62HRc	32B91 P5V600C100 ev. 93A80 H8V601W	32B91 P8CV600C100 ev. 93A80 H13VP601	Durchgang Einstechen	32B91 P8CV600C100 32B126 N5CV800C100	93A60 F15VPH601W 32B126 Q15CVPMF600C75 93A80 F15VPH601W
PM-Güten						
BÖHLER S290 MICROCLEAN BÖHLER S390 MICROCLEAN	weichgeglüht	57A80 H8V300W	54A80 H15VPMF904W	Durchgang Einstechen	54A80 J7V904W 54A120 J7V904W	54A60 H15VPMF904W 54A80 H15VPMF904W
BÖHLER S590 MICROCLEAN BÖHLER S690 MICROCLEAN	gehärtet < 62HRc	93N80 H8V601W	93A80 H13VP601	Durchgang Einstechen	93A80 J7V601W 93A120 J7V601W	64A60 H15VP300W 93A80 F15VPH601W 54A80 F15VPH904W
BÖHLER S790 MICROCLEAN BÖHLER K390 MICROCLEAN BÖHLER K490 MICROCLEAN BÖHLER K890 MICROCLEAN BÖHLER M368 MICROCLEAN BÖHLER M390 MICROCLEAN	gehärtet > 62HRc	32B91 P5V600C100 ev. 93A80 H8V601W	32B91 P8CV600C100	Durchgang Einstechen	32B126 P8CV600C100 32B126 N5CV800C100	93A60 F15VPH601W 32B126 Q15CVPMF600C75 93A80 F15VPH601W

Scheibenqualitäten:

31A... Gemisch Normal-, Halbedel-, Edelkorund weiss
 93A... Gemisch Sinterkorund + Edelkorund weiss
 11C... SiC grün
 32B... Kubisches Bornitrit (CBN)

93N... Nanowin, für weiche Legierungsbestandteile geeignet
 54A... Edelkorund weiss, mit rekristallinem Bindungssystem
 57A... Edelkorund rosa, Korn etwas zäher als 54A
 64A... Einkristallkorund - Edelkorund rosa Gemisch



SPECIAL STEEL FOR THE WORLD'S TOP PERFORMERS

Überreicht durch: _____

BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG
Mariazeller Straße 25
A-8605 Kapfenberg/Austria
Telefon: +43-3862-20-60 46
Fax: +43-3862-20-75 63
E-Mail: info@bohler-edelstahl.at
www.bohler-edelstahl.com