

Borazon

**Ein synthetisches
Schleifmittel
für gehärtete Stähle**

**Erfahrungsbericht
vier Jahre
nach dem ersten Einsatz**

Mit freundlicher Empfehlung:

LACH-DIAMANT + BORAZON-WERKZEUGFABRIK, D-6450 HANAU

Bruchköbeler Landstrasse 39-41

Telefon (06181) 81014, Telex 4-184836

Borazon

Günter Hobohm*

Ein synthetisches Schleifmittel für gehärtete Stähle

Was ist Borazon?

Dieser Bericht gibt einen Überblick über Einsatzbedingungen, Möglichkeiten und erzielte Ergebnisse des synthetischen Schleifmittels «Borazon»¹, dessen Ausgangsstoffe Bor und Stickstoff sind. Nach dem Pressen dieser Verbindung erhält man das kubisch-kristalline Bornitrid (ähnlich wie bei der Herstellung von synthetischen Diamanten). Es ist mehr als doppelt so hart wie Korund und temperaturbeständig bis rund 1400 °C. Das spezifische Gewicht liegt bei 3,48 gegenüber 3,50 von Diamant. Aufgrund der geringeren Härte nach Knoop von 4700 gegenüber Diamant von 7000 ist es für das Schleifen von Hartmetall nicht geeignet. Ungeeignet ist es auch für ungehärteten Stahl.

Schleifmittel	Knoop-Härte bei 100 g Belastung
Diamant	7000
Borazon	4700
Borkarbid	2750
Siliziumkarbid	2480
Korund	2100
Quarz	820

Von seinen Ausgangsstoffen her hat Borazon absolut nichts mit synthetischen Diamanten zu tun. Es ist auch kein Ersatzdiamant, sondern ein vollkommen neues synthetisches Schleifmittel für gehärtete Stähle; nach Diamant das zurzeit zweithärteste bekannte Schleifmittel.

Es hat ein genau abgegrenztes Anwendungsgebiet, bei gehärteten Stählen ab einer Härte von >55 HRC, insbesondere bei der Bearbeitung von HSS- sowie HSS-E-Stählen, Werkzeugstählen für Kalt- und Warmarbeit, Einsatzstählen und ähnlichen Werkstoffen. Generell gilt: Je härter (bezüglich Rockwellhärte) und je zäher (bezüglich Legierungsbestandteile) der Werkstoff ist, um so schleifzeitparender arbeitet Borazon.

Selbstverständlich handelt es sich dabei eindeutig um den Arbeitsgang Schleifen. Aber als Folge der Aggressivität und Schleiffreudigkeit des Borazon-Kornes entstehen beim Schleifen des gehärteten Werkstoffs eine Art Rollspäne, ähnlich des Drehspanes, so dass die Vermutung naheliegt, es könne sich hier um einen Schleif-Fräseffekt handeln. Hier zeigt sich bereits der Hauptvorteil dieser Schleifkörper: Die Schleifzeiteinsparung beträgt gegenüber dem Schleifen mit Korund- und Siliziumkarbid-Schleifkörpern, bedingt durch das aggressive und freischneidende Korn, in der Regel bei allen Schleifarten mindestens 50%.

Borazon-Schleifscheibe

Bei der Borazon-Scheibe handelt es sich, ähnlich wie bei der Diamant-Scheibe, nicht um eine «Vollkornscheibe» in der Aus-

Erfahrungsbericht vier Jahre nach dem ersten Einsatz

führung der bisher bekannten Schleifmittel nach DIN-Norm, deren Schleifberührungsfläche sich je nach Belieben durch Abrichten verkleinern, vergrößern oder generell verändern lässt. Der arbeitende Teil der Schleifscheibe besteht aus einem auf einem Metall- oder Aluminium-Kunststoffkörper aufgedruckten Schleifring. Die Borazon-Belaghöhe und -dicke ist je nach Scheibenform vielfältig verschieden.

Schleifscheibenformen

Welche Borazon-Schleifscheibenformen verwendbar sind, hängt in erster Linie von der Schleifaufgabe ab. Grundsätzlich lassen sich die Erfahrungen mit den bekannten Ausführungen herkömmlicher Schleifkörper und Diamant-Schleifscheiben anwenden.

Für das Innenschleifen kommen sowohl Schleifstifte in zylindrischer und Profilform für Spannzangen als auch Schleifscheiben zur Aufnahme auf einem Schleifdorn in Frage. Für Werkzeug-Scharfschleifarbeiten sind es in erster Linie Topf- und Teller-scheibenausführungen. Für das Aussenrund- und Flachscheifen sind es Scheiben, die am Umfang belegt sind. Für das Profilschleifen werden je nach dem zu schleifenden Profil Spezialformen hergestellt.

Bindemittel und Schnittgeschwindigkeiten

Als Bindungen kennen wir Kunststoffbindung K-MX, Bronzebindung Bz-MX und Galvanikbindung G-MX. Von deren Arbeitsweise ist bekannt, dass kunststoffgebundene Scheiben weich, bronzegebundene verhältnismässig hart und galvanischgebundene äusserst griffig und freischneidend arbeiten.

Kunststoffbindungen umklammern das metallüberzogene Bornitrid-Kristall und geben ihm die Möglichkeit, sich angriffsfreudig freizuarbeiten. Voraussetzung dafür ist jedoch die Einhaltung bestimmter Schnittgeschwindigkeiten oder Drehzahlen im Trocken- und Nassschliff. Für diese Bindungsart gelten Schnittgeschwindigkeiten für Trockenschliff von 18 bis 22 m/s und für Nassschliff von 22 bis 30 m/s.

Läuft die Scheibe zu schnell oder zu langsam, hat das Borazon-Korn keine Möglichkeit, sich von dem ihm umgebenden Kunststoff zu befreien, der Schleifbelag gleitet über die zu schleifende Fläche hinweg, ohne zu schleifen, und der Binder verbrennt.

Wo die Kunststoffbindung verständliche Schwächen zeigt, bemüht man sich, Bronze als Binder einzusetzen, so zum Beispiel bei der Herstellung von Profilschleifscheiben aller Art oder empfindlichen, zum Ausbruch neigenden Profilen. Bei bronzegebundenen Scheiben ist es für das Kristall schwieriger, sich von dem umklammernden Bindematerial zu befreien. Daher weisen Scheiben mit Bronzebindung längere Profiltreue, aber auch kleinere Zustellmöglichkeiten auf.

Schwierigkeiten bisher genannter Arten entstehen bei der Galvanikbindung nicht. Das nur im untersten Grund auf dem Schleifkörper verankerte Borazon-Kristall kann sich nach Belieben schleiffreudig in den zu schleifenden gehärteten Stahl «ein-graben». Eine gewisse Schwäche dieser Bindung ist der verhältnismässig dünne Borazon-Belag auf dem Grundkörper von maximal 0,3 mm. Die wirtschaftlichen Schnittgeschwindigkeiten lie-

* Günter Hobohm, Ing. (grad.), Jakob Lach, Diamant-Werkzeugfabrik, Hanau BRD

¹Borazon ist der eingetragene und geschützte Name des amerikanischen Herstellers General Electric

gen hier in einem Bereich von 10 bis 30 m/s für Trocken- und Nassschliff.

Daraus geht hervor, dass sich Schnittgeschwindigkeiten, deren Beachtung bei Kunststoff- und Bronzebindung für ein Freilegen des Kristalles zwingend vorgeschrieben sind, bei galvanischer Bindung über einen grossen Spielraum erweitern lassen.

Die Eigenart dieser G-MX-Bindung, das freiliegende Kristall, wird sich nur bei jenen Anwendungen kritisch auswirken, bei denen Rauhtiefen R_t unter $6 \mu\text{m}$ verlangt werden. Die scharfen Schneiden in den Kanten verringern selbst bei der Wahl noch feinerer Korngrössen und mehrmaligem Ausfeuern dieses Rauhtiefenbild unwesentlich.

Schleifscheibenzustellung

Die Wahl der wirtschaftlich vertretbaren Zustellung ist vom Bindemittel, dem zu schleifenden Werkstoff, der Grösse der Berührungsfläche zwischen Werkstück und Schleifscheibenbelag (Schleifkontaktfläche), und vor allem, wenn es um das Schleifen mit hohen Zustellungen geht, von der Stabilität des eingesetzten Schleifscheibenkörpers und dem Zustand der Schleifmaschine abhängig.

Beim Werkzeugscharfschleifen, beispielsweise von HSS-Werkzeugen, wie Fräsern und Reibahlen, sind Zustellungen bis 0,05 mm je Doppelhub wirtschaftlich vertretbar und technisch möglich. Beim Innenrundscheifen beträgt die maximale Zustellung 0,01 mm, beim Aussenrundscheifen 0,015 mm, und beim Flachscheifen 0,02 mm je Doppelhub.

Bei allen Schleifoperationen mit Borazon gilt im Hinblick auf die Zustellung: Zustellwert = Abtragswert, das heisst, die Schleifscheibenabnutzung bewegt sich in kaum messbaren Bereichen.

Besondere Bedeutung erlangt die Zustellfrage bei dem sich sicherlich in Zukunft noch stärker durchsetzenden Tiefschleifen, das vor allem für das schnellere Schleifen von HSS-Abwälzfräsern mit Zustellungen bis 0,5 mm im Schleichgang gefordert wird. Hier werden Tischgeschwindigkeiten von rund 200 mm/min angewendet.

So wurden auf den Hannover-Messen 1971 bis 1973 von einem deutschen Borazon- und Diamant-Schleifscheibenhersteller kunststoffgebundene K-MX-Schleifscheiben mit dem schleifaktivierenden Füllstoff tressex vorgestellt, der beim Schleifen mit langsamer Tischgeschwindigkeit selbst im Trockenschliff Zustellungen bis 2 mm für einen einzigen Durchgang ermöglicht. Im Nassschliff lässt sich die Zustellung noch grösser wählen. Die Tischgeschwindigkeiten bewegten sich bei etwa 20 bis 30 mm/min.

Kornkonzentration

Die Kornkonzentration ist einer der wichtigsten Punkte, der die Borazon-Schleifscheibe nicht nur zu einer schleifenden, sondern auch zu einer wirtschaftlichen Schleifscheibe macht.

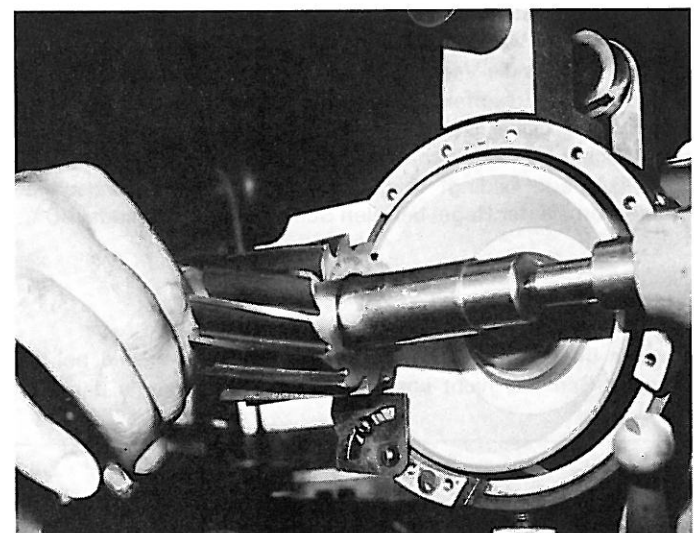
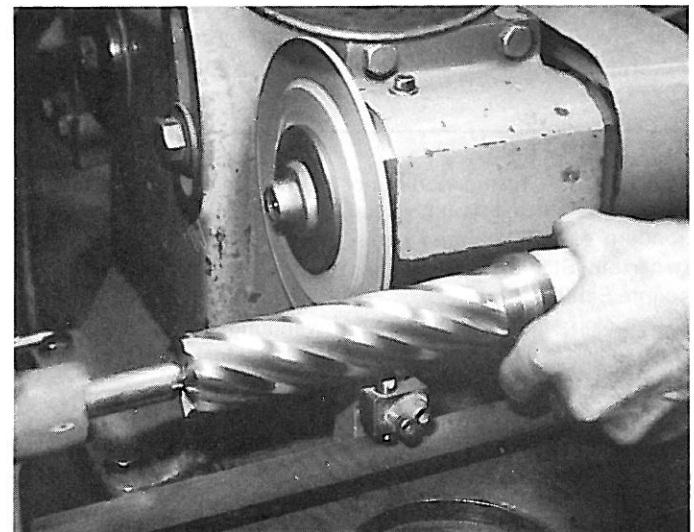
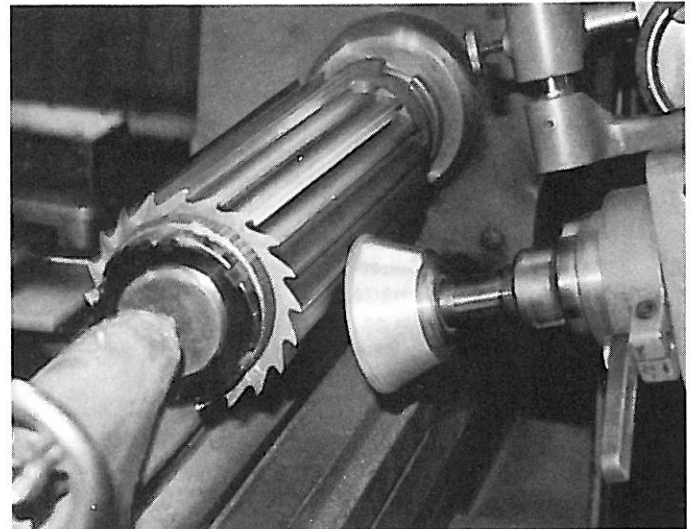
Bei den Diamant-Schleifscheiben kennt man den Basiskonzentrationwert $100 = 4,4 \text{ crt Diamant/cm}^3 = 25\% \text{ Diamantvolumen}$. Alle anderen Konzentrationswerte werden aus dieser Basis abgeleitet. Borazon-Kristalle hingegen werden nicht wie Diamanten nach Mengeneinheiten in Karat ($1 \text{ crt} = 0,2 \text{ g}$) geliefert. Der Preis wird vielmehr je g ermittelt. Als Basiswert der Konzentrationsbestimmungen gilt der 25%ige Volumenanteil, oder der besseren Teilung wegen der Wert V 240.

Gängige und eingesetzte Borazon-Schleifscheibenkonzentrationen sind V 120, V 180 und V 240. (Diese Konzentrationsangaben für Borazon entsprechen bei Diamant jenen von 50, 75 und 100). Welche Konzentrationen für den jeweiligen Einsatzfall zu wählen sind, sollte man einem erfahrenen Borazon-Werkzeughersteller überlassen, nachdem man ihm das Einsatzgebiet geschildert hat.

Bild oben: Schleifscheibe K-MX 7 für Trockenschliff beim Scharfschleifen eines Walzenfräasers aus 12%igem Chromstahl auf einer Saacke-Werkzeugschleifmaschine

Bild Mitte: Schleifscheibe K-MX 7 für Trockenschliff beim Scharfschleifen von HSS-Schaftfräsern auf einer Clarkson-Werkzeugschleifmaschine

Bild unten: Schleifscheibe K-MX 7 für Trockenschliff beim Scharfschleifen von HSS-Walzenfräsern auf einer Simon-Werkzeugschleifmaschine



Korngrösse

Bezüglich der Korngrösse steht eine ganze Reihe von Körnungen zur Verfügung. Die Angabe der Korngrösse erfolgt in mesh. Es werden Körnungen von 40/60 bis 325/400 mesh angeboten. Dabei entspricht die kleinere Zahl der grösseren Körnung.

Da es sich beim Borazon-Korn um ein sehr aggressives und schleiffreudiges Korn handelt, dürfen auf keinen Fall Körnungsangaben der bisher eingesetzten keramischen Schleifscheiben, im Hinblick auf die gewünschte Oberflächengüte, auf ein Borazon-Korn bezogen werden.

Für den praktischen Einsatz bei allen Schleifarten haben sich Standardkörnungen herauskristallisiert. Es sind dies die Körnungen 100/120, 120/140 und 140/170 mesh. Für Einsatzfälle, bei denen es ausschliesslich um Abtragsleistungen und nicht auf Oberflächengüte ankommt, hat sich auch die Körnung 60/80 mesh bewährt. Feinere Körnungen als 140/170 mesh bringen keinerlei Verbesserungen der Oberflächengüte; sie vermindern im Gegenteil die Abtragsleistung der Scheibe.

Voraussetzung an die Schleifmaschine

Die Borazon-Schleifscheibe ist eine Präzisionsschleifscheibe, die der Diamant-Schleifscheibe ähnlich ist. Für einen erfolgreichen Einsatz müssen die Schleifmaschinen folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Hohe Schleifspindelgenauigkeit
- Gute Belastbarkeit von der Antriebsseite her (grosse kW-Werte)
- Gute Zustellgenauigkeit
- Je nach Schleifart möglichst regelbare Tischgeschwindigkeiten
- Gute Schwingungsdämpfung

Aus den erwähnten Bedingungen geht hervor, dass ein einfacher Stahleschleifbock, bei dem man die HSS-Werkzeuge von Hand an die Scheibe heranführt, in keinem Fall geeignet ist, die Leistungen der Borazon-Schleifscheibe auch nur annähernd zu nutzen.

Bei allen Schleifmaschinen, die in ihrer Antriebsleistung für keramische Scheiben gerade ausreichend bemessen sind, werden Schwierigkeiten beim Schleifen mit Borazon entstehen. Zu schwache Antriebsleistung kann ein Absinken der richtigen Schnittgeschwindigkeit oder Drehzahl in den belagzerstörenden und kritischen Bereich der Scheibe bringen.

Wenn man die Zustellmöglichkeiten der K-MX-Scheibe ausnutzen will, müssen die Antriebsleistungen von 0,7 bis 0,9 kW der in der Regel vorhandenen Schleifmaschinen erhöht werden. Für die Zukunft entsteht daraus die dringende Aufgabe für die Schleifmaschinenhersteller, die Antriebsleistungen diesen neuen Erfordernissen anzugleichen.

Abrichten der Schleifscheibe

Unter der Voraussetzung, dass der Schleifkörper unter richtigen Bedingungen eingesetzt wird, ist ein Abrichten oder Abziehen, ähnlich wie bei der keramischen Schleifscheibe, durch einen Diamanten nicht notwendig, ja auch gar nicht möglich. Der Borazon-Schleifkörper wird bei richtigen Einsatzbedingungen von Anfang bis Ende «scharf und schleiffreudig» sein.

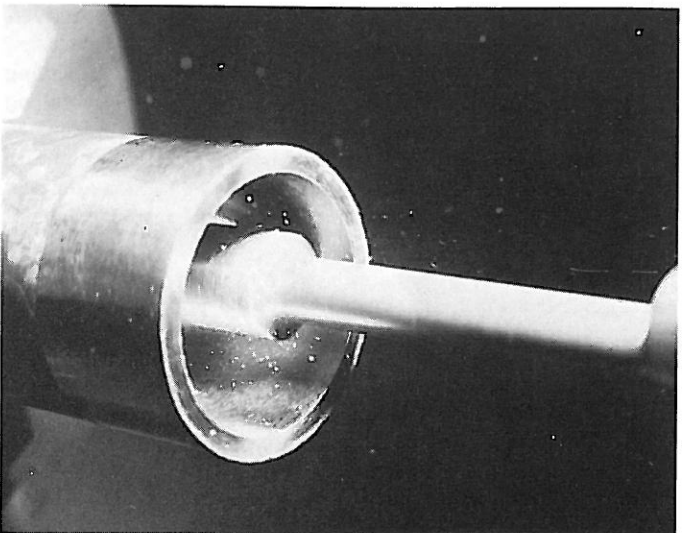
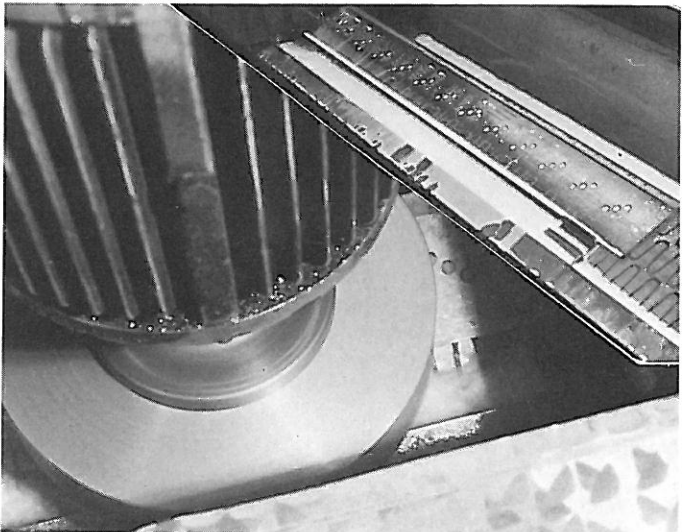
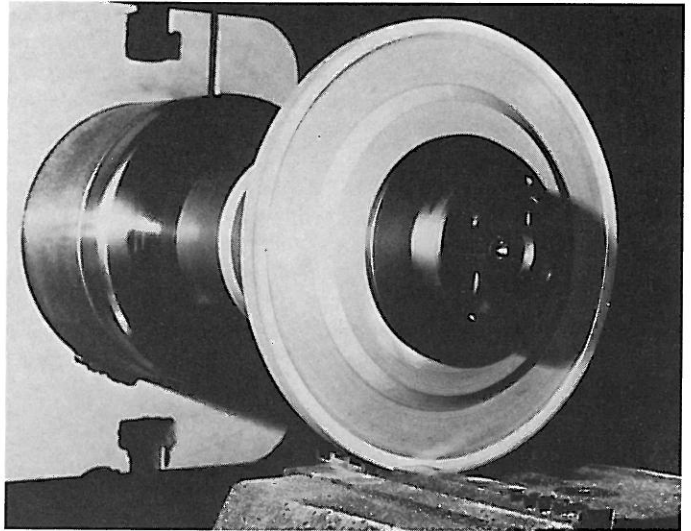
Aufnahme des Schleifkörpers

Bei Innenschleifstiften und -scheiben G-MX und K-MX ist es erforderlich, für genaue Schleifkörperaufnahmen zu sorgen. Die Aufnahmespindel für Innenschleifscheiben muss genauestens geschliffen sein und die Spannzange für Innenschleifstifte einen genauen Rundlauf aufweisen. Es ist zu beachten, dass von den Borazon-Herstellern für die Bohrungen für die Innenschleifschei-

Bild oben: Schleifscheibe K-MX 7-tressex für Trockenschliff beim Flachsleifen eines Werkstoffs aus DMO 5 mit Zustellungen bis 2mm im Tiefschliff mit Schleichgang auf einer Saacke-Werkzeugschleifmaschine

Bild Mitte: Schleifscheibe K-MS 3 für Nassschliff beim Scharfschleifen von Papiermessern aus 12%igem Chromstahl auf einer Rabenseifner-Schleifmaschine (oberer Bildausschnitt: fertig geschliffenes Werkstück; unterer Bildausschnitt: Schleifscheibe im Einsatz)

Bild unten: Schleifstift G-MX für Trockenschliff beim Ausschleifen einer Buchse aus 12%igem Chromstahl auf einer Innen-Rundschleifmaschine



ben und die Schaftdurchmesser des Innenschleifstiftes Angaben über genaue Passungen gemacht werden. Bei Erfüllung der vorgenannten Voraussetzungen besitzen die Schleifkörper hohe Lebensdauer und bringen innerhalb kürzester Zeit Abtragsleistungen, die bisher noch als nicht erreichbar bezeichnet wurden. Die Borazon-Schleifscheiben lassen sich in keinem Fall, wie es bei den keramischen üblich ist, auf den Aufnahmedorn aufkitten.

Bild oben: Schleifscheibe K-MX 7 für Trockenschliff beim Abziehen für genauen Rundlauf auf einer Flachsleifmaschine. Im Einsatz ein Lach-Abrichtgerät

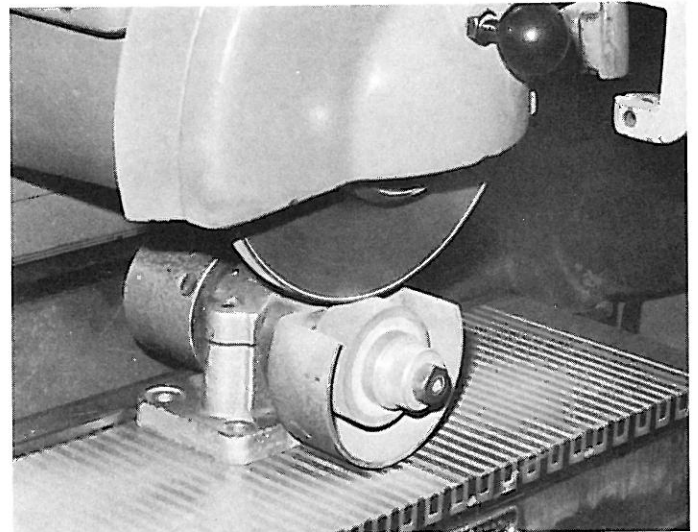
Bild Mitte: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Einrichten auf einer Karstens-Aussen-Rundschleifmaschine

Bild unten: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Aussenrundsleifen eines Teiles aus Werkstoff 1.2436 (12%iger Chromstahl) auf einer Karstens-Aussen-Rundschleifmaschine

Art des Schliffes

Beide Möglichkeiten, Trocken- und Nassschliff, werden vom Borazon-Hersteller empfohlen. Von der Erwärmung her, die beim Schleifen am geschliffenen Teil entsteht, ist es überraschenderweise beim Einsatz von Borazon nicht mehr erforderlich, nass zu schleifen. Diese Voraussetzung für kühles Schleifen wird dadurch erreicht, dass das Korn bis rund 1400 °C temperaturbeständig ist.

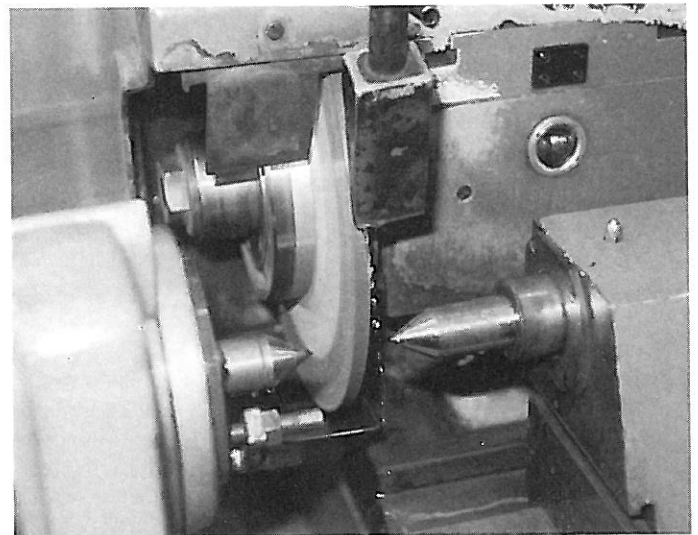
Keine mit einem G-MX- oder K-MX-Körper geschliffene Bohrung und kein mit einer K-MX-Schleifscheibe geschliffener HSS-Fräser werden im Trockenschliff an der geschliffenen Stelle mehr als handwarm. Nassschliff empfiehlt sich aber zur Erzielung einer besseren Oberfläche und weil die abgetragenen Späne sofort weggespült werden. Allerdings ist es erforderlich, ausschließlich mineralöhlhaltige Kühlmittlemulsionen zu verwenden.



Oberflächengüte

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Borazon-Korn in bezug auf Abtragsleistung sehr aggressiv arbeitet. Im Vergleich mit keramischen Schleifkörpern steht dem Vorteil der Schleifzeiteinsparung in Einzelfällen, bei denen hohe Oberflächengüten gefordert werden, ein gewisser Nachteil gegenüber bezogen auf die Rauhtiefe. Bei galvanisch gebundenen G-MX-Schleifkörpern ist es möglich, bei feinsten Körnung R_t -Werte um $6 \mu\text{m}$ zu erreichen. Eine bessere Oberfläche bringen hier die kunststoffgebundenen K-MX-Schleifkörper mit R_t -Werten um $2 \mu\text{m}$. Eine Läppscheibe oder ein Läppstift kann das Borazon-Werkzeug auf keinen Fall sein.

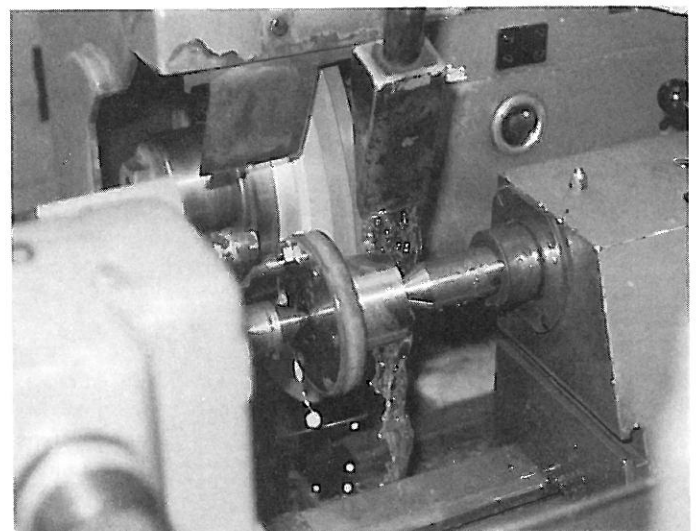
Auf jeden Fall sollte aber der potentielle Schleifzeitvorteil durch den Einsatz eines Borazon-Schleifkörpers auch dann ausgenutzt werden, wenn zur Erzielung hoher Oberflächengüten mit einem keramischen Schleifkörper nachgearbeitet werden muss.



Weichhautbildung

Die Weichhautbildung, bekannt und gefürchtet durch den Einsatz der keramischen Schleifmittel (blau werden) tritt bei Borazon nicht mehr auf. Dadurch erreichen mit Borazon nachgeschliffene HSS-Schneidwerkzeuge bis zu 3fache Standzeitverbesserung.

In einem Fall bestanden wegen der Weichhautbildung als Folge des Schleifens mit keramischen Scheiben, jahrelang Probleme beim Schleifen eines wichtigen Funktionsteiles, so dass die Ausschussquote dieses Teils hoch war. Durch den Einsatz der K-MX-Schleifscheibe wurde dieses Problem gänzlich behoben. Die Fehlerquote wurde eliminiert und dazu die Schleifzeit beträchtlich gesenkt.



Anschaffungskosten

Vom Preis des Borazon-Schleifkörpers ausgehend, können die Anschaffungskosten gegenüber keramischen Schleifkörpern das 20- und Mehrfache betragen. Den höheren Kosten stehen aber die Vorteile grosser Schleifzeiteinsparung, genauer, in engeren Toleranzen geschliffene Werkzeuge und metallurgisch durch kühleren Schliff nicht zerstörte Stähle gegenüber. Deshalb ist es

völlig falsch, diese synthetische Schleifmittel allein nach dem Anschaffungspreis zu beurteilen. Erst die Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Einbezugnahme der Anschaffungs- und Lohnkosten, ergeben ein echtes Kostenbild. Unter Zugrundelegung und Beachtung vorgenannter Einsatzbedingungen folgen für die einzelnen Schleifarten aufschlussreiche Zahlen, Daten und Einsatzbeispiele.

Bild oben: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Aussenrundsleifen von HSS-Bearbeitungswerkzeugen (Werkstoff DMO 5) auf einer MSO-Aussen-Rundschleifmaschine

Bild Mitte: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Abrichten (für genauen Rundlauf) auf einer Aussen-Rundschleifmaschine

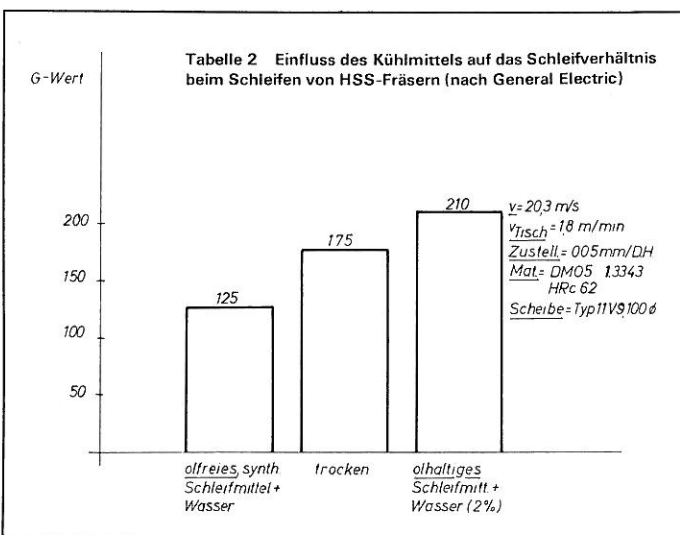
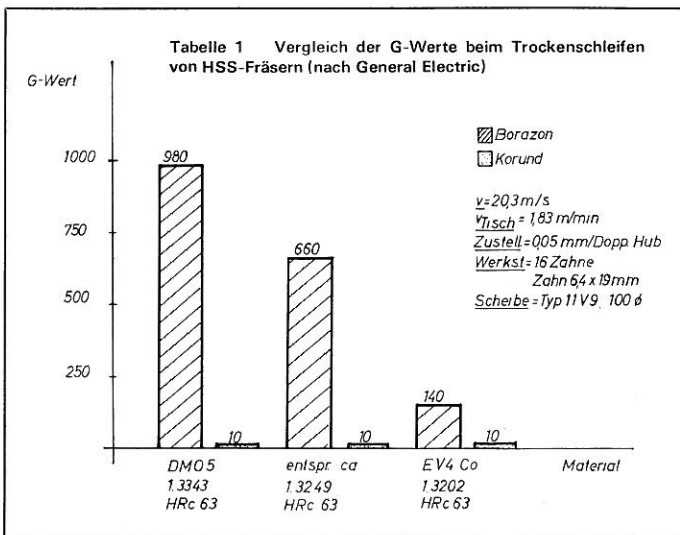
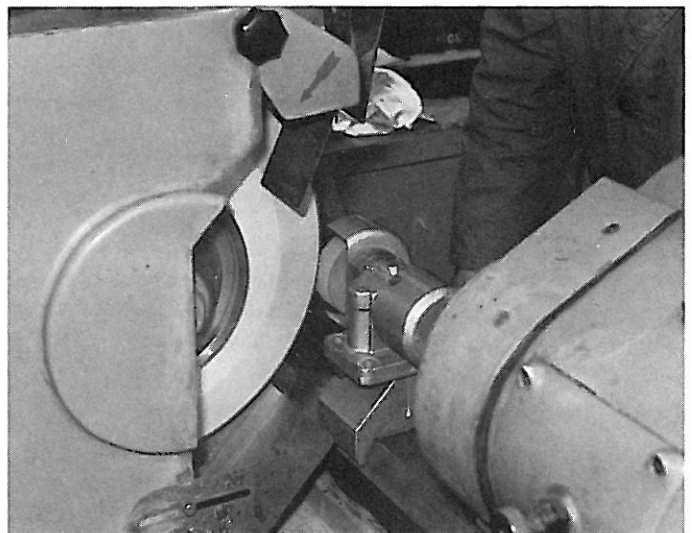
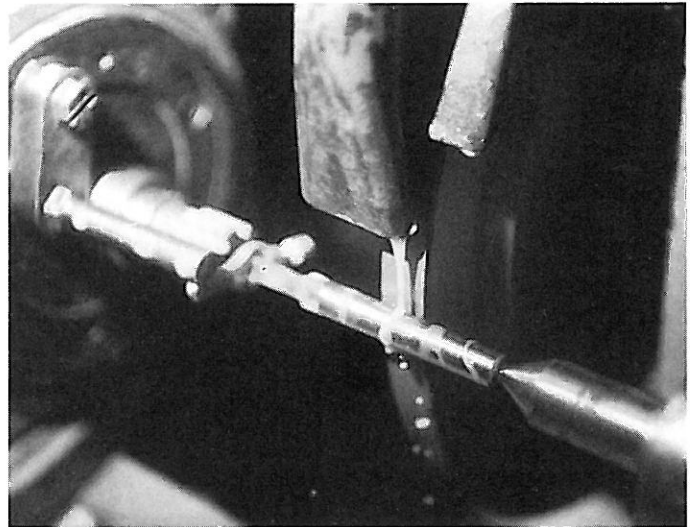
Bild unten: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Aussenrundsleifen von Walzen aus 12% igem Chromstahl auf einer MSO-Schleifmaschine

Werkzeugscharfschleifen ausschliesslich mit K-MX-Kunststoffbindung

Einen Vergleich der Schleifverhältnisse (G-Werte) zwischen Borazon und Korund als Schleifmittel bei verschiedenen Werkstoffen zeigt Bild 1. Die G-Werte von 980 über 660 bis 140 mit Borazon als Schleifmittel, gegenüber jenen von durchschnittlich 10 bei Korund, sprechen eindeutig für Borazon.

Die Abhängigkeit des G-Wertes von der Kühlmittelwahl ist auf Bild 2 dargestellt. Bemerkenswert ist hier, dass Wasser, selbst vermischt mit einem synthetischen ölfreien Gemisch, ein weit geringeres Schleifverhältnis erbringt als der Trockenschliff (125:175). Da beim Werkzeugscharfschleifen rund 90% trocken geschliffen werden muss, ergeben sich hiermit sehr gute G-Werte. Noch bessere (210) erzielt man mit Emulsionskühlungen Öl-Wasser im Verhältnis 1:50. Optimales Schleifen lässt sich mit Schleiföl als gegeben bezeichnen.

Auf ein Verhalten der K-MX-Borazon-Scheibe, das man allzu gerne bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung vernachlässigt, dabei aber erheblich zu Buche schlägt, macht Bild 3 aufmerksam, nämlich die Standzeiterhöhung des geschliffenen Werkzeugs. Im Trockenschliff bringt ein mit Borazon geschliffener Bohrer



von 6,35 mm Ø aus EV 4 Co eine Mehrleistung von 35 Bohrungen oder 39% gegenüber einem mit Korund nachgeschliffenen. Im Nassschliff sind es 105 Bohrungen mehr, also eine Steigerung um 110%.

Einsatzbeispiel 1

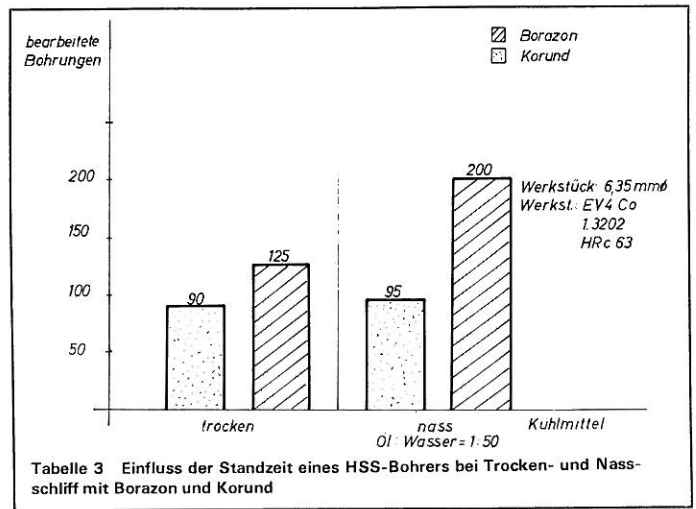
Aufgabe: HSS-Scheibenfräser an der Brust nachschleifen im Trockenschliff. Fräserdurchmesser etwa 100 mm, Zähnezahl 32; Maschine: Saacke-Universal-Werkzeugschleifmaschine

Bisher: Nachschleifen mit Korund-Scheiben

Schleifzeit 30 min/Fräserpaar
 Scheibenverbrauch 1 Scheibe für 8 Fräser
 Zustellung 0,03 mm/Doppelhub
 Spindeldrehzahl 5000 U/min
 Schnittgeschwindigkeit 20 m/s

Jetzt: Nachschleifen mit K-MX-Borazon-Schleifscheibe, Typ FEPA-Norm 4A2/75-4; Belagtiefe 2,0 mm

Schleifzeit 12 min/Fräserpaar
 Scheibenverbrauch 1 Scheibe für 200 Fräser
 Zustellung 0,05 mm/Doppelhub
 Spindeldrehzahl 5000 U/min
 Schnittgeschwindigkeit 20 m/s



Standzeiterhöhung der Fräser rund 20% gegenüber den mit Korund geschliffenen.

Wirtschaftlichkeitsberechnung

(Nur gültig für dieses Beispiel, bei anderen Einsatzbedingungen veränderte Werte möglich.)

	Edelkorund-Scheibe	Borazon-Scheibe
Schleifscheibenkosten, um 200 Fräser zu schleifen	25 Stück × DM 7,— je Stück = DM 175,—	DM 190,—
Schleifzeitkosten bei 200 Fräsern (gerechnet mit DM 0,30 je min) 20%ige Standzeiterhöhung der mit Borazon geschliffenen Fräser	= DM 900,— entfällt	DM 360,—
Gesamtkosten	= DM 1075,—	DM 550,—

Einsatzbeispiel 2

Aufgabe: Schleifen eines HSS-Walzenfräasers von 92 mm Ø und 80 mm Länge; mit 10 Zähnen spiralgenutet. Schleifscheibe K-MX 7 tressex, FEPA-Norm 11V9/100-3, Preis: DM 567,— je

Stück (einschliesslich Aufschlag für Füllstoff tressex, Stand Mai 1973). Maschine: Reinecker Typ WZS-5 mit 1,5 kW Antriebsleistung, Spindeldrehzahl 3750 U/min, Schnittgeschwindigkeit 19,8 m/s.

Wirtschaftlichkeitsvergleich	Borazon-Schleifscheibe mit tressex	Korund-Schleifscheibe
Zustellung je Umlauf	0,1 mm	0,04 mm
Abschliff je Umlauf	0,1 mm	0,02 mm
Anzahl Umläufe für eine Zerspanung von 0,1 mm	1	mindestens 7
Schleifscheibenabnutzung für eine Zerspanung von 0,1 mm	0,0003 mm (Erfahrungswert)	0,12
Schleifzeit je Umlauf	60 s	60 s
Schleifzeit für eine Zerspanung von 0,1 mm	60 s	mindestens 420 s

Kosten für das Zerspanen von 0,1 mm Werkstoff je Durchgang

Borazon-tressex-Schleifscheibe
 Schleifscheibenkosten: Abnutzung 0,0003 mm = 0,006% des zur Verfügung stehenden, gesamten ausnutzbaren Schleifbelags von 5,0 mm zu DM 567,— je Stück netto = DM 0,035

Schleifzeitkosten für eine tatsächliche Zerspanung von 0,1 mm je Umlauf multipliziert mit einem Lohn/Maschinen-Faktor von DM 0,30 je min (Stundensatz DM 18,—):
 60 s × DM 0,30 je min = DM 0,30
 Ermittelte Gesamtkosten für das Zerspanen von 0,1 mm je Durchgang: DM 0,34

Korund-Schleifscheibe

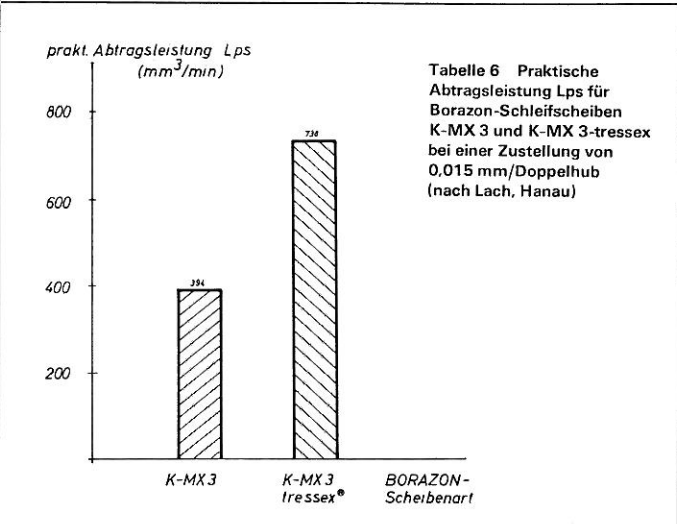
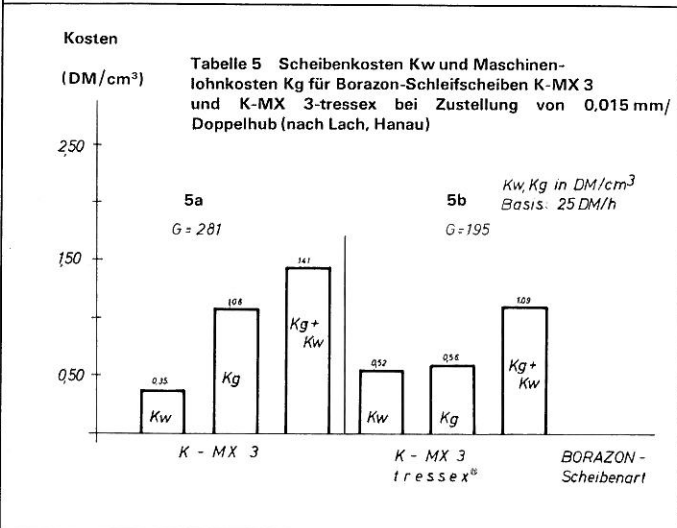
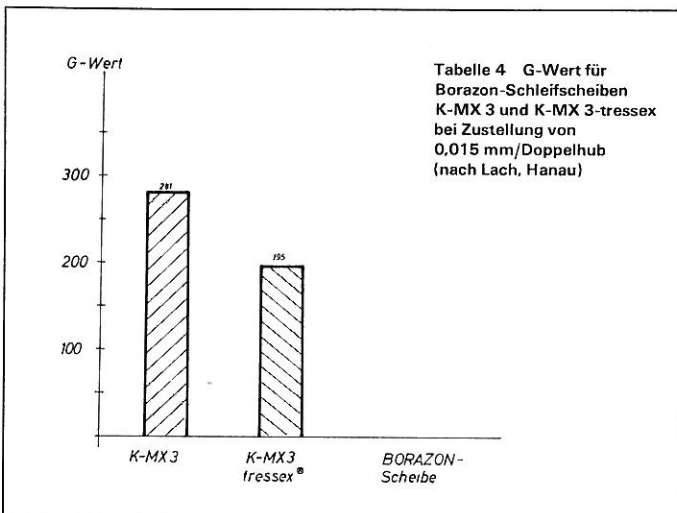
Schleifscheibenkosten: Abnutzung 0,12 mm = 0,8% des zur Verfügung stehenden, gesamten ausnutzbaren Schleifbelages von 15 mm = DM 6,— je Stück = DM 0,048

Schleifzeitkosten für eine tatsächliche Zerspanung von 0,1 mm je Umlauf multipliziert mit einem Lohn/Maschinen-Faktor von DM 0,30 je min (Stundensatz DM 18,—):
mindestens 420 s × DM 0,30 je min = DM 2,10

Ermittelte Gesamtkosten für das Zerspanen von 0,1 mm je Durchgang

DM 2,148

Einsparung: 84,4%



Ergebnis: Zugunsten der Borazon-tressex-Scheibe ergibt sich eine Gesamtkostenersparnis von 84,4% gegenüber dem bisherigen Schleifen mit Korund-Scheiben, bei einem angenommenen Lohn/Maschinen-Satz von DM 18 je h. Es fällt schwer anzunehmen, dass bei dieser absoluten Einsparung an Zeit und Schleifkosten selbst ein stärkerer messbarer Verschleiss der tressex-Schleifscheibe (durch ungünstigere Schleifbedingungen) als Kostenfaktor das Endergebnis nachteilig beeinflussen kann.

Flachschleifen ausschliesslich mit K-MX-Kunststoffbindung

Einsatzbeispiel 1

Aufgabe: Schleifen von Teilen im Flachschliff mit Borazon-Schleifscheiben K-MX 3 und K-MX 3-tressex. Werkstoffe: HSS (EV4) Werkstoff-Nr. 1.3302, HRc 63; Werkstoffanalyse: C 1,2 bis 1,3%, Si 0,4%, Mn 0,4%, P 0,03%, S 0,03%, Cr 4,5%, Mo 1,0%, V 4,0%, W 2,5%; Maschine: Flachschleifmaschine Fabrikat Matra Typ 60/30; Kühlmittel: Superedge 4 von Castrol.

Vergleich verschiedener Werte der Schleifscheiben K-MX 3 und K-MX 3-tressex

	K-MX 3	K-MX 3-tressex
Belagtiefe	2,0 mm	3,0 mm
Körnung	M 20	M 20
Konzentration	V 180	V 180
Bohrung	127 mm	127 mm
Form	1A1/200-9,5	1A1/300-12,5
Spindeldrehzahl	2675 U/min	1780 U/min
Schnittgeschwindigkeit	28 m/s	28 m/s
Tischgeschwindigkeit	20 m/min	20 m/min
Quergeschwindigkeit	2,5 mm/Doppelhub	4,0 mm/Doppelhub
Zustellung	0,015 mm/Doppelhub	0,015 bis 0,05 mm/Doppelhub

Schleifergebnisse und Ergebnisdiskussion

Zur Erläuterung der Schleifergebnisse dienen Bild 4 bis 7. Um das optimale Schleifergebnis zu erzielen, wurden zwei verschiedene Schleifscheiben bei Teilen aus HSS-Werkstoff eingesetzt:
– K-MX 3 für Zustellungen bis maximal 0,015 mm/Doppelhub
– K-MX 3-tressex für Zustellungen bis maximal 0,05 mm/Doppelhub

In Bild 4 sind die absoluten G-Werte der beiden Schleifscheiben dargestellt. Hierbei zeigt sich deutlich, dass die absolute Zahl des G-Wertes allein noch keine Aussagekraft bezüglich der Wirtschaftlichkeit oder des Gesamtkostenverhältnisses einer Schleifscheibe beinhaltet. Diese sind aber wesentlich für die Gesamtschleifkosten. (In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass sich zum Beispiel ein in seiner Höhe utopischer G-Wert dadurch erreichen lässt, dass während einer langen Schleifzeit viel Werkstoff mit wenig Zustellung abgetragen wird. Dadurch erhält man keinen oder nur wenig Verlust des Schleifscheibenbelages.) Hierfür die Zahlen: G-Wert von 195 bei K-MX 3-tressex gegenüber G-Wert von 281 bei K-MX 3. Die gemäss Bild 5 a weit kostengünstigere K-MX 3-tressex hat das niedrigere Schleifverhältnis von 195.

Bild 5 a und 5 b zeigen die Einzel- und Gesamtschleifkosten des in DM/cm³ abgeschliffenen Werkstoffes für beide Schleifscheiben: Bild 5 a für K-MX 3 und Bild 5 b für K-MX 3-tressex, jeweils basierend auf der gleichen Zustellung von 0,015 mm/Doppelhub. Die Schleifscheibenkosten Kw von DM 0,35 je cm³ abgeschliffenen Werkstoffes bei K-MX 3 stehen jenen von DM 0,52 je cm³ bei K-MX 3-tressex gegenüber (infolge des höheren Preises dieser Scheibe). Der Vergleich der Maschinen- und Lohnkosten Kg fällt infolge der längeren Standzeit und des dadurch schnelleren Schleifens eindeutig zugunsten der K-MX 3-tressex aus. Kg bei K-MX 3 mit DM 1,06 je cm³ stehen Kg bei

k-MX 3-tressex mit DM 0,56 je cm³ gegenüber. Damit ergeben sich Gesamtschleifkosten von DM 1,41 je cm³ bei K-MX 3 gegenüber DM 1,09 je cm³ bei K-MX 3-tressex. Hier zeigt sich, dass die Beurteilung der Schleifscheibe allein nach dem Anschaffungspreis nicht richtig ist. Erst durch das Einbeziehen der Maschinen- und Lohnkosten (denn nur hier schlagen sich eingesparte Schleifzeiten nieder) ergibt sich ein echtes Kostenbild.

In vorerwähnten Maschinen- und Lohnkosten ist die praktische Abtragsleistung Lps in mm³ zerspantes Materialvolumen/min eine der entscheidenden Grössen (Bild 6). 394 mm³/min bei K-MX 3; demgegenüber bei K-MX 3-tressex 87% mehr Abtragsleistung mit 738 mm³/min, obwohl die G-Werte allein Gegenteiliges aussagen würden.

In Bild 7 sind einige Grössen der Schleifscheibe K-MX 3-tressex dargestellt, in Abhängigkeit der mit dieser Scheibe möglichen Zustellungen von 0,015 bis 0,05 mm/Doppelhub.

Kurve a zeigt die Abhängigkeit der angewandten Zustellung zu den Gesamtschleifkosten. Als Ergebnis ergibt sich bei der Zustellung von 0,03 mm/Doppelhub das geringste Gesamtschleifkosten-Aufkommen mit DM 0,87 je cm³ zerspantem Volumen. Dies trifft hauptsächlich als Ergebnis des zeitlich schnelleren Schleifens infolge der verhältnismässig hohen Zustellungen je Doppelhub zu.

Kurve b sagt aus, wie sich die G-Werte mit zunehmenden Zustellungen verringern. Ein mittleres Schleifverhältnis von 148, also nicht maximales Schleifverhältnis, ergibt die geringsten Gesamtschleifkosten. G-Wert 148 bei DM 0,87 je cm³.

Kurve c gibt den Scheibenverschleiss in mm³ bei den drei angewandten Zustellungen wieder. Der geringste Verschleiss der Scheibe ist selbstverständlich bei der geringsten Zustellung (0,015 mm/Doppelhub) vorhanden. Trotzdem liegen hier die Gesamtschleifkosten mit DM 1,09 je cm³ ungünstiger als beim Scheibenverschleiss von 152 mm³ bei einer Zustellung von 0,03 mm/Doppelhub mit DM 0,87 je cm³.

Punkt X markiert das Optimum der Gesamtschleifkosten bei den eingestellten Maschinendaten.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt: Höhere Zustellungen als 0,015 mm/Doppelhub sind mit den Schleifscheiben K-MX 3 ohne tressex zwar technisch möglich, aber die Schleifkosten werden durch zu hohen Scheibenverschleiss zu hoch.

Innenrundsleifen sowohl mit K-MX-Kunststoffbindung als auch mit G-MX-Galvanik-Bindung

Bild 8 zeigt den Schleifzeitvergleich bei Korund, Diamant und Borazon (G-MX) als Schleifmittel bei einem bestimmten zerspannen Volumen von 242 mm³. Stiftabmessung 7 mm Ø, Körnung 100/120 mesh, Bohrungsabmasse 8 mm Ø x 40 mm Länge; Maschine Hauser-Koordinaten-Schleifmaschine, Drehzahl 43000 U/min, Schnittgeschwindigkeit 16 m/s. Ergebnis: 10 min Schleifzeit mit Borazon-Schleifstift gegenüber 150 min mit Korund-Stift.

In Bild 9 gelten die gleichen Daten wie in Bild 8, jedoch eine konstante Schleifzeit von 10 min.

Ergebnis: Das zerspannte Werkstoffvolumen bei den einzelnen Schleifmitteln spricht mit 18:1 für Borazon gegenüber Korund.

Bild 10 zeigt einen Kostenvergleich der Schleifmittel Korund und Borazon bei einem Schleifstift von 6 mm Ø. Ein Borazon-Schleifstift G-MX der Körnung 100/120 mesh kostet zum Beispiel 18% mehr als ein Diamant-Schleifstift gleicher Abmessung und Bindung und sogar ein Vielfaches mehr als ein vergleichbarer Edelkorund-Schleifstift. Um zu prüfen, ob Borazon es wert ist, schleifzeitsenkend eingesetzt zu werden, sollte folgende Faustregel beantwortet werden: Beträgt die Schleifzeit vor dem Einsatz mit Borazon nur wenige Sekunden, wird der Borazon-Stift sich nur schwer amortisieren, ein Einsatz ist nicht empfehlenswert. Beträgt die Schleifzeit jedoch Minuten oder sogar Stunden, dann verschenkt man mit jeder Minute, die man länger wartet, viel Geld, das Borazon hätte sparen können, denn es bietet eine mindestens 50%ige Schleifzeitsparung und eine

Bild Mitte: Schleifscheibe K-MX 3 für Nassschliff beim Abrichten für genauen Rundlauf auf einer Karstens-Aussen-Rundschleifmaschine mit Lach-Abrichtgerät

Bild unten: Typische, durch eine Borazon-Schleifscheibe D-MX 7-tressex im Trockenschliff abgetragene HSS-Holzspäne beim Tiefschleifen mit Schleichgang

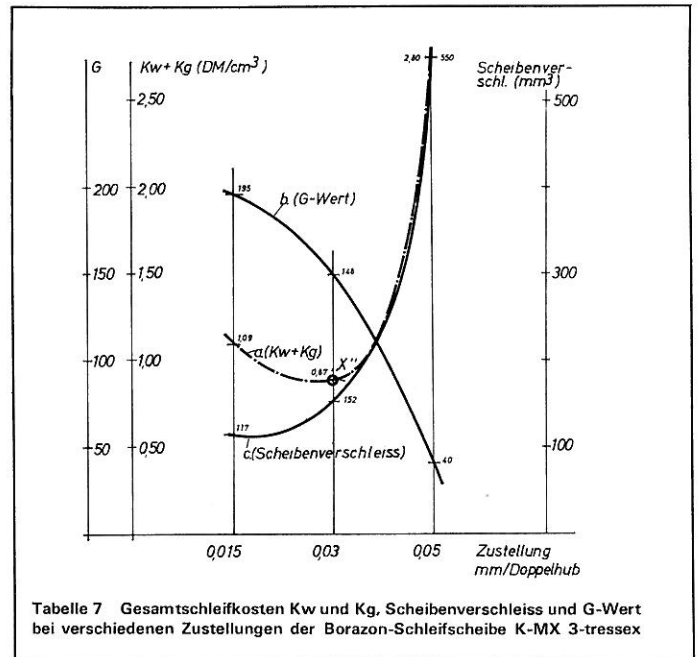
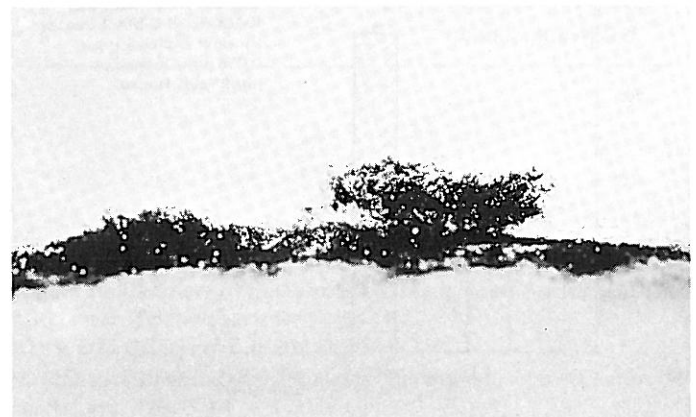
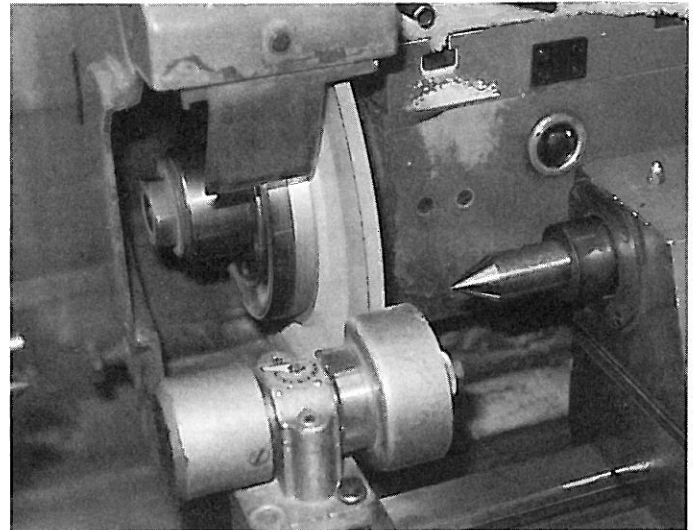


Tabelle 7 Gesamtschleifkosten Kw und Kg, Scheibenverschleiss und G-Wert bei verschiedenen Zustellungen der Borazon-Schleifscheibe K-MX 3-tressex



etwa 1,5mal schnellere Werkstoffzerspanung je Zeiteinheit gegenüber galvanischen Diamant-Stiften und mindestens eine 15mal schnellere Zerspanung gegenüber Korundstiften.

Einsatzbeispiel 1

Aufgabe: Innenschleifen der Bohrung von Abwälzfräsern aus DMO 5, HRc 63 bis 65; Werkstoffanalyse: C 0,8 bis 0,85%, Si und Mn 0,1 bis 0,4%, Cr 4,0 bis 4,25%, Mo 4,75 bis 5,25%, V 1,7 bis 2,1%, W 6,0 bis 6,5%; Schleifscheibe: FEPA-Norm 1A1/30-38, Körnung 100/120 mesh; Maschine: Innenschleifmaschine.

Ergebnis: Bei dieser Schleifoperation wurden bisher mit einer Korund-Schleifscheibe drei Abwälzfräser/h bearbeitet, jetzt mit Borazon deren sechs. Geschliffen wurden 201 Werkstücke, dabei verlor die Scheibe 0,9 cm³, während 587 cm³ Werkstoff abgetragen wurden. Erzielter G-Wert: 652. Es ergeben sich Gesamtschleifkosten je Werkstück von DM 4,96 bei der Borazon-Scheibe und DM 9,52 bei der Korund-Scheibe. Damit beträgt Gesamteinsparung 48%.

Einsatzbeispiel 2

Aufgabe: Innenschleifen von Zahnradfräserbohrungen; Werkstück: Zahnräder aus HSS, HRc 63 bis 65; Werkstoffanalyse: C 1,1 bis 1,2%, Si und Mn 0,1 bis 0,4%, Cr 4,0 bis 4,25%, Mo 5,0 bis 6,25%, V 3,0 bis 3,3%, W 5,6 bis 6,25%; Schleifscheibe: K-MX; Körnung: 100/120 mesh; Maschine: Innenschleifmaschine.

Ergebnis: Nach dem dritten Fräser konnte der Schleifer ohne weiteres direkt – ohne Zwischenstufen zum Messen und Abziehen – auf das Endmass schleifen. Mit der Borazon-Scheibe erhöhte sich die Produktion von 10 Stück/h auf 25 Stück. Es ergaben sich folgende Gesamtschleifkosten: Bei Borazon DM 1,26 je Werkstück, bei Korund DM 2,91 je Werkstück; damit Einsparung bei den Gesamtkosten um 55%.

Aussenrundscheifen ausschliesslich mit K-MX-Kunststoffbindung

Einsatzbeispiel 1

Schleifen von Teilen 50 mm Ø × 50 mm Länge, gespannt auf einer Magnetplatte.

Werkstoff: X 210 Cr 12, Werkstoff-Nr. 1.2436, HRc 63; **Schleifscheibe:** Bindung K-MX 3, Form 1A1/350-10, Belagtiefe 2,0 mm, Konzentration V180, Körnung F20, Bohrung 127 mm Ø; **Maschine:** Karstens Typ ASE 16A, Kühlmittel: Wisura 2475; **Maschinen-Parameter:** Drehzahl 1750 U/min, Schnittgeschwindigkeit 32 m/s, Tischgeschwindigkeit 1,5 m/min, Zustellung 0,01 mm/Doppelhub.

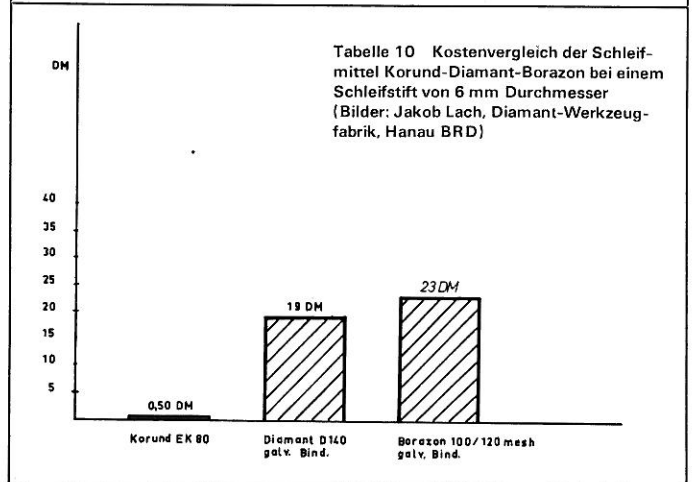
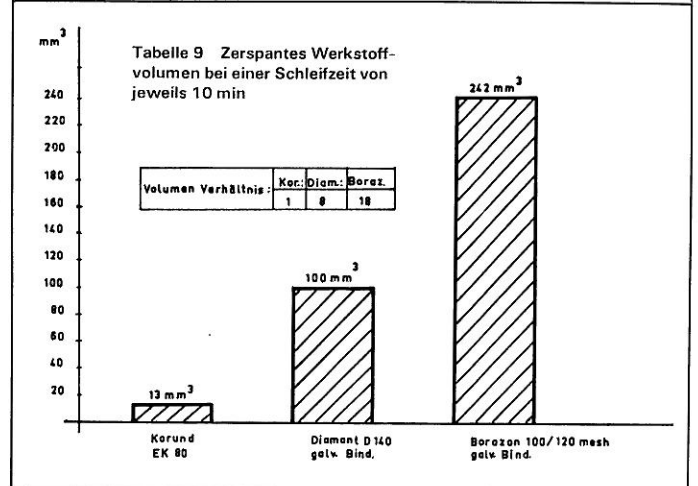
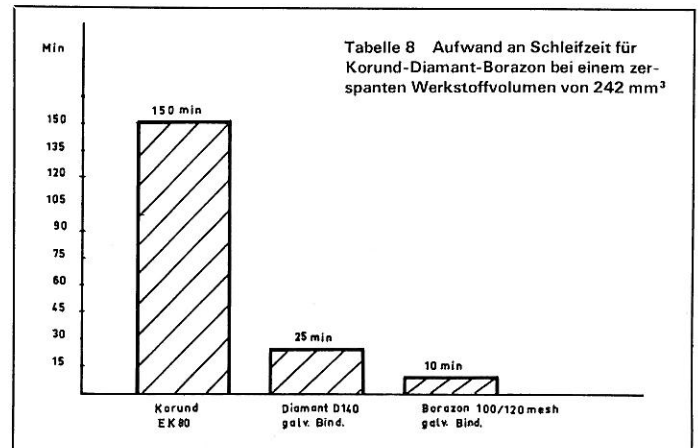
Ergebnis: Erreichte Oberflächengüte: Ra = 0,23 µm; Zeiteinsparung: 60% gegenüber der Korundscheibe.

Einsatzbeispiel 2

Aufgabe: Schleifen von Teilen 25 mm Ø × 30 mm Länge, gespannt zwischen Spitzen.

Werkstoff: EV4 CO, Werkstoff-Nr. 1.3202 HRc 62; **Schleifscheibe:** K-MX 3, Form 1A1/245-7, Belagtiefe 2,0 mm, Konzentration V180, Körnung F20, Bohrung 76 mm Ø; **Maschine:** Fortuna-Aussenrundscheifmaschine, Kühlmittel: Superedge 4 von Castrol, **Maschinen-Parameter:** Drehzahl 2500 U/min, Schnittgeschwindigkeit 32 m/s, Tischgeschwindigkeit 1,2 m/min, Zustellung: 0,01 mm/Doppelhub.

Ergebnis: Erreichte Oberflächengüte: Rt 0,9 µm; Zeiteinsparung: 78% gegenüber der Korundscheibe (35 min gegenüber 8 min).



Literatur

- Lach H.: Innenrundscheifen gehärteter Stähle. Oberfläche, Heft 4, 1971
- Lach H.: Diamanten in der modernen Fertigung. Revue 1971
- Lach H.: Borazon kontra Diamant. Schweizer Maschinenmarkt, Nr. 18, 1972
- Lach H.: Borazon kontra Diamant? Fachberichte für Oberflächentechnik, Nr. 1, 1972
- Lach H.: Die Borazon-Schleifscheibe. Oberfläche Nr. 10, 1970
- Lach H.: Zustellung rauf – Kosten runter. Oberfläche Nr. 11, 1972
- Hobohm G.: Aussenrundscheifen gehärteter Stähle. Oberfläche Nr. 4, 1972
- Hobohm G.: Werkzeugscharfschleifen gehärteter Stähle. Oberfläche Nr. 2, 1972
- Hobohm G.: Flachscheifen mit Borazon. Oberfläche Nr. 4, 1973
- Hobohm G.: Borazon – ein synthetisches Schleifmittel. Jahrbuch der Schleif-, Hon-, Läpp- und Poliertechnik 1973

