

5.2 Vom Lippenstift zum Superabrasive - Die unbegrenzten Anwendungsmöglichkeiten keramischer Werkstoffe am Beispiel von Bornitrid

- Dr. Bernd Ruisinger und
Ralf Damasch
ESK Ceramics
Kempten

Die Folien finden Sie ab Seite 446.

5.2.1. Einleitung

Hexagonales Bornitrid (HBN) – oft auch als weißer Graphit bezeichnet – gehört auf Grund seines Eigenschaftenprofiles mit zu den interessantesten keramischen Werkstoffen überhaupt. Obwohl bereits 1842 von W.H. Balmain aus Borsäure und Kaliumcyanid synthetisiert, wurde es erst ab Anfang der 40er Jahre in geringem Maße wirtschaftlich genutzt, als es gelang, die chemische Stabilität entscheidend zu verbessern. Zunächst standen die Anwendungen als dichtgesinterte keramische Formkörper, z. B. in den so genannten Verdampferschiffchen zur Al-Bedampfung, im Vordergrund. Später kamen Einsatzmöglichkeiten in der Gießereiindustrie hinzu, bei denen BN-haltige Suspensionen als Trennmittel eingesetzt werden. In der jüngeren Vergangenheit zeigt sich eine Verschiebung hin zu BN-Pulvern, die als funktionales Additiv in unterschiedlichste Kunststoffsysteme bzw. in Kosmetikprodukte eingearbeitet werden.

Parallel zur Ausweitung der Einsatzgebiete gelang es durch Prozessoptimierungen, sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Produktqualität wesentlich zu steigern, so dass heute eine breite Werkstoffpalette zur Verfügung steht, die in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen zum Einsatz kommt.

Um die Funktionalität des Bornitrids verstehen zu können, ist ein Blick auf seine wesentlichen Eigenschaften hilfreich.

5.2.2. Chemisch-physikalische Eigenschaften von Bornitrid

Vergleichbar zu Grafit besitzt Bornitrid eine Schichtstruktur, die aus einem hexagonalen Netzwerk aus $(\text{BN})_3$ -Ringen aufgebaut ist. Zwischen den Schichten wirken nur schwache van der Waals-Bindungskräfte, woraus die leichte Verschiebbarkeit entlang der Schichten resultiert.

Obwohl Grafit und Bornitrid chemisch gesehen isoelektronisch sind, d. h., die gleiche Anzahl an Elektronen aufweisen, zeigen sie hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften einen wesentlichen Unterschied: Beim Grafit sind die freien Elektronen innerhalb der Schichten in einem Leitungsband frei beweglich: Grafit ist damit ein metallischer Leiter und hat eine schwarz glänzende Farbe. Beim Bornitrid sind die freien Elektronen am Bor und Stickstoff lokalisiert (kovalente Bindung): Bornitrid ist ein elektrischer Isolator und weiß.

Hexagonales Bornitrid besitzt folgendes Eigenschaftsprofil:

- Exzellente Schmier- und Trennwirkung
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Hohe thermische Leitfähigkeit
- Elektrisch isolierend
- Schlechte Benetzbarkeit durch viele Metallschmelzen
- Chemisch weitgehend inert
- Nicht toxisch

Entscheidend für den Einsatz von Bornitrid ist dabei die nahezu einmalige Kombination von an sich konträren Eigenschaften, wie zum Beispiel hohe Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger elektrischer Isolation. Dies soll im Folgenden an ausgewählten Anwendungsbeispielen demonstriert werden.

5.2.3. Bornitrid in Kosmetikanwendungen

Um das Jahr 1940 wurde hexagonales Bornitrid in Japan erstmals in kosmetischen Formulierungen eingesetzt. Aufgrund mangelnder Verfügbarkeit in entsprechenden Reinheiten, sowie den daraus resultie-

renden Kosten für den Rohstoff, war der Einsatz zu diesem Zeitpunkt auf Luxusprodukte beschränkt. Bis etwa Mitte der 80er Jahre war Bornitrid in der Kosmetikindustrie mehr oder weniger in Vergessenheit geraten. Der Aufschwung in der färbenden Gesichtskosmetik und die gestiegenen Anforderungen der Verbraucher führten zur erneuten Verwendung – seit diesem Zeitpunkt allerdings auch in Massenanwendungen im unteren und mittleren Preissegment.

Die Kosmetikindustrie hat sich vor allem die folgenden Eigenschaften zu Nutze gemacht:

- Hervorragende Gleiteigenschaft und daraus resultierende Verbesserung der Haptik des Endproduktes
- Hohe Deckkraft speziell opaker BN-Typen
- Ausgezeichnete Haftung auf der Haut – Long Lasting Effect
- Hohe Ölabsorption
- Kleine Partikel boosten existierende SPF Inhaltsstoffe in Sonnenschutzprodukten

Die Verfügbarkeit in großen Mengen, die in diesem Industriezweig üblich sind, stellt seit Ende der 90er Jahre für die BN-Produzenten weltweit kein Problem mehr dar. Heute wird Bornitrid von nahezu allen führenden Herstellern von Kosmetikprodukten bei Grundierungen, Make-up, Lidschatten, Rouge, Kajal, Lippenstifte und einer Vielzahl von Hautpflegeprodukten eingesetzt.

5.2.4. Bornitrid als Additiv in Polymeren

Bornitrid ist ein neues Prozesshilfsmittel, das nicht nur den so genannten Effekt des Schmelzebruchs bei der Extrusion von geschmolzenen Polymeren verhindern kann, es kann auch den kritischen Schwellenwert der Scherrate, bei der das Phänomen des oberflächlichen Schmelzebruchs (shark-skin) auftritt, deutlich hin zu höheren Scherraten verschieben. In Abhängigkeit vom Polymersystem und der Konzentration, die für das Bornitrid typischerweise im Bereich zwischen 250 ppm und 1.000 ppm liegt, kann außerdem eine signifikante Reduktion des Innendrucks erzielt werden. Bornitrid ist mit allen üblichen olefinischen Polymeren verträglich und zeigt ein Bestreben, an die Oberfläche des Polymers zu migrieren. Die Partikel wandern also an die metallischen Oberflächen der Verarbeitungsmaschinen und

wirken dort, wie bereits beschrieben, wie eine Gleitschicht zwischen Polymer und Schnecke, Extruderwand oder Düse.

Bornitrid gefüllte Kunststoffe haben sich in verschiedenen Bereichen als Gleitwerkstoffe bewährt. Besonders vorteilhaft sind dabei die guten Trockenlaufeigenschaften sowie Geräusch- und Wartungsarmut. Das Gleit- und Verschleißverhalten ist dabei nicht unbedingt als Materialeigenschaft zu sehen, sondern wird speziell durch das tribologische System mit den verschiedenen Parametern wie Werkstoffpaarung, Oberflächenqualität, Belastung und Temperatur beschrieben. Verstärkende Zusätze wie Glasfasern, Glasperlen, oder andere mineralische Füllstoffe wirken sich in der Regel abrasiv auf den Gleitpartner aus. Dieser Effekt kann durch den Einsatz von geeigneten BN-Zusätzen zum Teil oder auch vollständig kompensiert werden.

5.2.5. Bornitrid in Thermal Management-Anwendungen

Kunststoffe sind ihrer Natur nach schlechte Wärmeleiter. Zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit können oxidische Materialien wie z. B. Al_2O_3 oder BeO eingearbeitet werden. Diese sind aber hinsichtlich Werkzeugverschleiß bzw. Toxizität als kritisch anzusehen. Ein wesentlicher Fortschritt ergibt sich aus der Verwendung von BN-Pulvern als funktionales Additiv.

Wesentliche Vorteile sind:

- Deutliche Steigerung der Wärmeleitfähigkeit
- Steigerung der elektrischen Isolationsfähigkeit
- Sehr gute Verträglichkeit mit nahezu allen Polymeren
- Nahezu kein zusätzlicher Verschleiß an Werkzeugen
- Geringe spezifische Dichte
- Sehr gute Verarbeitbarkeit der Verbunde
- Beibehaltung der Gestaltungsfreiheit

Die zunehmende Miniaturisierung der elektronischen Bauteile erfordert Materialien, die auf kleinstem Raum schnell und wirksam Wärme abführen können. Hoch wärmeleitfähige Kunststoffe werden dort eingesetzt, wo es um die Übertragung, Ausbreitung oder Ableitung thermischer Energie geht. Typische Einsatzgebiete sind daher:

- Computer / Elektronische Geräte
- Steuerungen in Automobiltechnik
- Klimatechnik
- Medizintechnik
- Beleuchtungstechnik

Moderne Thermal Management-Kunststoffverbundwerkstoffe werden in der Zukunft höchste Wärmeleitfähigkeiten bei beibehaltener Designfreiheit und Leistungsfähigkeit sowie den entsprechenden Kostenvorteilen bieten.

5.2.6. Bornitrid in der Aluminium-Extrusion

Das Strangpressen hat sich als wirtschaftlichstes Formgebungsverfahren zur Herstellung von Aluminiumprofilen etabliert. Da bei Prozesstemperaturen von 450°C Aluminium zum Kleben neigt, muss zwischen Pressstempel und Aluminiumblock ein Trennmittel eingesetzt werden. Hier hat sich BN-Pulver bestens bewährt.

Bei der Applikation wird die elektrische Isolation des Bornitrids ausgenutzt: BN-Pulver wird elektrostatisch aufgeladen und auf der metallischen Oberfläche abgeschieden.

Die wesentlichen Vorteile gegenüber der herkömmlichen Beschichtung mittels Acetylenruß sind:

- Hervorragende Trenn- und Schmierwirkung
- Erhöhte Sicherheit und Sauberkeit im Pressbereich:
keine offene Gasflamme
- Sparsamer Pulververbrauch
- Verbesserte Produktqualität
- Erhöhte Produktivität
- Reduzierte Beschichtungshäufigkeit: geringere Stillstandzeiten
- Gesundheitlich unbedenklich

5.2.7. Bornitrid in Leichtmetall-Giessereien

Bornitrid weist, wie bereits in Kapitel 5.2.2. erläutert, eine große chemische Stabilität auf und wird durch Metallschmelzen basierend auf Aluminium, Kupfer und Magnesium kaum angegriffen. Die Benetzung von keramischen Stoffen durch Schmelzen wird üblicherweise durch die Angabe eines Benetzungswinkels beschrieben. Sie werden meist mit Hilfe eines Erhitzungsmikroskops nach der Methode des "liegenden Tropfens" bestimmt. Hierbei wird der Kontaktwinkel eines Schmelzetropfens auf dem Substrat durch Anlegen einer Tangente gemessen. Bis zu einer Temperatur von ca. 900°C wird Bornitrid z. B. durch Aluminium sehr schlecht benetzt. Der Benetzungswinkel liegt bei 160°. Damit ist Bornitrid ein ideales Trennmittel für viele Formgebungsverfahren.

Die BN-Coatings werden eingesetzt, um die Eigenschaften von Substratoberflächen durch die Beschichtung gezielt zu verändern. Als Substratoberflächen dienen in der Gießereiindustrie alle Arten von Feuerfestmaterial, aber auch Metalle, Keramiken und Kohlenstoff basierende Werkstoffe. Verdünnte Suspensionen können sowohl mit dem Pinsel als auch mit einer Sprühpistole aufgetragen werden. Um ein Abplatzen der Schicht während des Einsatzes zu verhindern, müssen die Suspensionen dünn aufgetragen werden. Eine Schichtdicke von ca. 50µm hat sich in der Praxis als ausreichend erwiesen. Höhere Schichtdicken können gegebenenfalls durch mehrmaliges Beschichten mit zwischengeschalteter Trocknung hergestellt werden.

In der heutigen Gießereipraxis werden alle Arten von Gießrinnen, Verteilereinrichtungen, Thermoelementschutzrohren, Gießlöffel und viele weitere Geräte durch entsprechende BN-Suspensionen geschützt. Neben dem Schutz der oben genannten Artikel wird selbstverständlich auch der Eintrag von oxidischen und metallischen Verunreinigungen auf ein Minimum reduziert. Die für den Einsatz in der Gießereitechnik entwickelten BN-Suspensionen liegen unter anderem aus Betriebssicherheitsgründen vorwiegend in wässriger Form vor.

5.2.8. Bornitrid in der Titan-Umformung

Das hexagonale Kristallgitter von Titan verfügt bei Raumtemperatur nur über eine Gleitrichtung und auch die mechanische Zwillingsbildung führt nur zu geringen Abgleitungen. Aus diesem Grund ist eine Kaltumformung der Titanwerkstoffe nur in gewissen Grenzen möglich.

Deshalb wird in der Regel eine Umformung bei Temperaturen über 650°C vorgenommen.

Bei der Auswahl des Umformverfahrens sind die zu verarbeitenden Blechdicken der einzelnen Verfahren zu berücksichtigen. Die Umformergebnisse werden durch eine gute und gleichmäßige Schmierung stark verbessert. Bei der Blechumformung lassen sich beim Tiefziehen und beim Streckziehen durch eine Beschichtung der Bleche größere Ziehverhältnisse ohne Werkstoffversagen erzielen.

Da ab ca. 200°C eine Gasaufnahme von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff eintritt, die eine Versprödung des Werkstoffs verursacht, sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

Bornitrid erfüllt die geforderten Eigenschaften an das Schmier- und Trennmittel in nahezu idealer Weise.

- Hervorragende Trennwirkung
- Sehr gute HT-Gleiteigenschaften
- Diffusionsbarriere
- Oxidationsschutz

5.2.9. Bornitrid beim Dünnbandgießen

Der Prozess des Dünnbandgießens von Stählen wurde bereits Mitte des 19. Jahrhunderts von Henry Bessemer erfunden. Da zu dieser Zeit weder die entsprechende Prozesstechnik noch für die Technologie geeignete Feuerfestmaterialien verfügbar waren, konnte das Verfahren nicht in einen industriellen Prozess umgesetzt werden.

Mehrere Teams auf der ganzen Welt haben die Technologie seit Anfang der 80er Jahre weiterentwickelt und zur industriellen Reife gebracht.

Wenngleich sich die heutigen Anlagen in Bezug auf Größe einzelner Komponenten deutlich voneinander unterscheiden, so haben Sie eines gemein: Die Stahlschmelze befindet sich in einem Reservoir gebildet aus zwei sich gegenläufig drehenden wassergekühlten Kupferrollen und zwei Bornitrid-Seitenplatten. Die Erstarrung der Schmelze beginnt an der Oberfläche der Rollen. Die zwei einzelnen Schalen werden durch die Drehung der Rollen weitertransportiert und unterhalb der Rollen zusammengeführt.

Ein deutlicher Vorteil gegenüber dem heute üblichen Brammengießens ist eine deutliche Einsparung an Energie und Raumbedarf für die Anlage. Ist die Länge einer Anlage durch die Einführung der Dünnbrammentechnologie (mit nach geschalteter Walzstrasse) von 500 bis 800 Metern auf unter 400 Meter gesunken, so beansprucht eine Dünnbandgießanlage lediglich 60 Meter.

Die Hauptanforderungen an die oben genannten Seitenplatten sind:

- Hohe Thermoschockbeständigkeit
- Gute Abdichtung der Rollendenen
- Abriebbeständigkeit
- Gute Hochtemperaturschmierfähigkeit
- Chemische Beständigkeit gegenüber Stahlschmelzen
- Kosteneffizienz

Um die geforderten Eigenschaften optimal einzustellen, wird Bornitrid mit anderen oxidischen und nichtoxidischen Rohstoffen, wie Siliciumcarbid und Zirkonoxid, gemischt und anschließend heiß gepresst. Die resultierende Mischkeramik kann weiterhin sehr leicht mechanisch in die Endkontur bearbeitet werden.

5.2.10. Bornitrid der Lambdasonde

Das Motormanagement benötigt zur Regelung der Gemischzusammensetzung und somit zur Abgaszusammensetzung einen Messwertgeber, der die Abgase messen kann bzw. erkennen kann, ob das Gemisch zu fett oder zu mager ist. Diese Aufgabe übernimmt die so genannte Lambdasonde. Sie misst ständig den Sauerstoffanteil im Abgas, der nach der Verbrennung überbleibt. Die Lambdasonde ermittelt die Abgaskonzentration durch eine vergleichende Sauerstoffmessung. Auf beiden Seiten der Elektroden wird der Sauerstoffgehalt der Luft gemessen. Schwankt die Differenz, so entsteht an den Elektroden eine elektrische Spannung.

Diese Unterschiede werden über ein Spannungssignal an das Steuergerät weitergegeben. Das Steuergerät korrigiert dann Zündung und Einspritzung entsprechend.

Mess- und Referenzraum müssen voneinander möglichst hermetisch getrennt sein. Dabei hat sich ein Dichtpaket, in dem Bornitrid die

wesentliche Rolle spielt, besten bewährt, in dem es folgende Anforderungen erfüllt:

- Gasdicht
- Benzindicht
- Mechanisch verpressbar
- Elektrisch isolierend
- Sehr gute Hochtemperaturbeständigkeit

5.2.11. Bornitrid im Hochtemperatur-Maschinenbau

Die Funktionalisierung der Oberfläche von Werkstücken hat in jüngster Zeit mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Es stehen mittlerweile die verschiedensten Beschichtungstechnologien zur Verfügung. Die Aufbringung von harten, abrasionsbeständigen, optischen oder dekorativen Beschichtungen auf metallischen, gläsernen und polymeren Substraten wird heute durch so genannte physikalische Abscheidung aus der Gasphase vorgenommen, das vielfältige Einsatzmöglichkeiten bei sehr guter Umweltverträglichkeit bietet. Hierbei werden die auf zu dampfenden Stoffe bei Temperaturen zwischen 500°C und 1.500°C in die Gasphase überführt um dann auf dem kälteren Substrat abgeschieden. Diese Prozesse verlangen Isolationsmaterialien wie Bornitrid, die auch unter derart extremen Bedingungen die elektrische Isolation sicherstellen. Außerdem lassen sich prozessbedingt auftretende Ablagerungen auf den Isolatoren leicht zu entfernen.

Vakuümöfen finden als Industrieöfen in allen Bereich der Technik ihre Anwendung, vor allem in der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Durch die Behandlung im Vakuümofen versucht man in erster Linie, die mechanischen Eigenschaften des Bauteils zu verbessern. Die Vakuümöfen sind im Temperaturbereich bis etwa 1300°C eingesetzt. Die hohen Anforderungen an die Produktivität derartiger Anlagen bedingen kurze Zykluszeiten mit entsprechend hohen Aufheiz- und Abkühlraten. Neben der allgemein guten thermischen Beständigkeit von BN-Formteilen hilft die extrem hohe Temperaturwechselbeständigkeit, derartige Anforderungen zu erfüllen. Dadurch wird die isolierende Funktion von Stromdurchführungen an derartigen Anlagen über einen langen Zeitraum sichergestellt.

5.2.12. Bornitrid als Superabrasive

Kubisches Bornitrid (CBN) ist seit Ende der 60er Jahre kommerziell erhältlich. Es wird unter hohem Druck von mehr als 6.000 MPa und bei Temperaturen von über 1.500°C aus hexagonalem BN-Pulver hergestellt. Die Umwandlung erfolgt nach den gleichen Mechanismen, die bereits aus der Synthese von Industriediamanten aus Grafit bekannt ist. Die Dichte von 3,49 g/cm³ ist nach der Umwandlung der Kristallstruktur sehr nahe an der von Diamant. Kubisches Bornitrid gilt heute nach Diamant mit einer Härte von 4.700 MPa als zweithärteste Substanz. In vielen Schleifanwendungen wird das kubische Bornitrid dem Diamanten sogar vorgezogen, da es an Luft bis zu Temperaturen von 1.400°C stabil ist. Diamant hingegen beginnt sich bereits ab etwa 800°C zu zersetzen. Eine weitere sehr wichtige Eigenschaft ist die chemische Resistenz gegenüber eisenhaltigen Werkstoffen. Dadurch hat sich kubisches Bornitrid besonders in dem Markt der Grob- und Feinbearbeitung von Werkzeugstahl und einer Vielzahl von Nickel- und Kobalt- basierenden Superlegierungen etabliert.

5.2.13. Bornitrid als Superabrasive

Die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von Bornitrid beruht auf seiner einzigartigen Eigenschaftskombination. Die vorgestellten Anwendungsbeispiele wurden aus den Bereichen gewählt, in denen sich der Werkstoff Bornitrid in seinen verschiedenen Formen bereits fest etabliert hat.

Auch in neuen Anwendungsbereichen bietet Bornitrid zukunftsweisende und effiziente Prozesslösungen. Dazu gehören:

- Trennmittel in der Glasindustrie
- Funktionale Beschichtungen in der Automobilindustrie
- Trenn und- Schmiermittel bei der Metallumformung
- Gießdüsen für Ni-basierende Superlegierungen

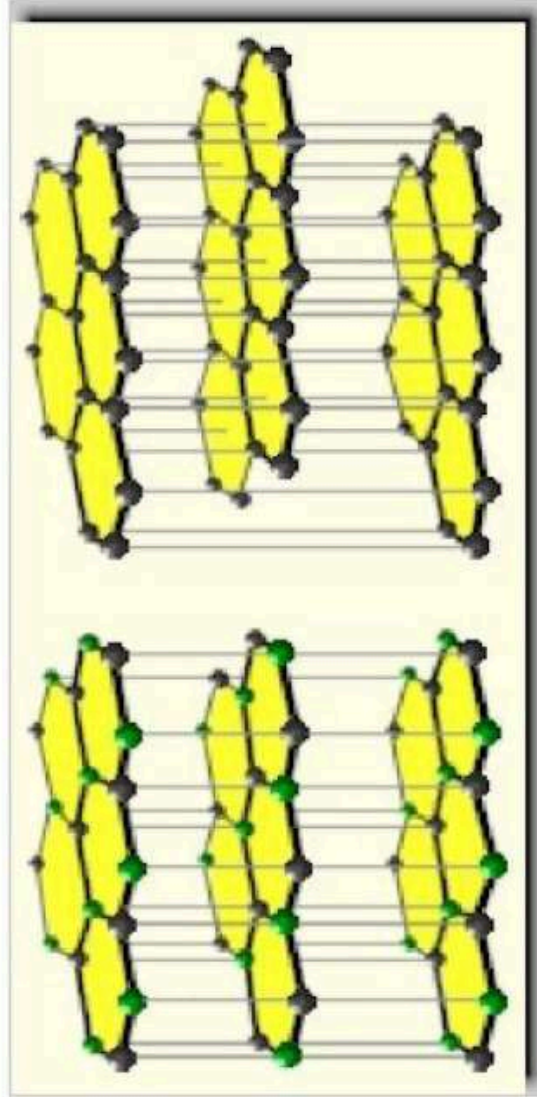
Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 23) finden sich auf den folgenden Seiten.

**VOM LIPPENSTIFT ZUM
SUPERABRASIVE -
EINSATZMÖGLICHKEITEN
FÜR BORNITRID**

Dipl.-Ing. Ralf Damasch
Dr. Bernd Ruisinger
ESK Ceramics GmbH & Co. KG
Kempten



BORNITRID – STRUKTUR



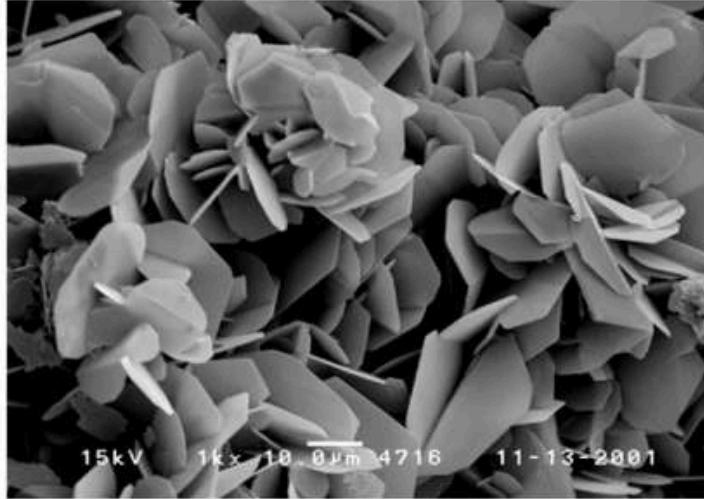
Bornitrid

Grafit

- Schichtstruktur
- Hexagonales Netzwerk aus $(BN)_3$ -Ringen
- Schwache Bindung zwischen den Schichten (van der Waals-Kräfte)
- Viele gemeinsame Eigenschaften: „weißer Grafit“

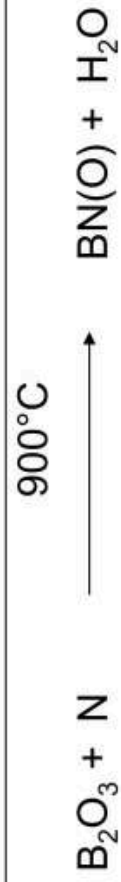
BORNITRID – EIGENSCHAFTEN

| | |
|---|---------------------------------|
| Chemische Formel | BN |
| Molekulargewicht (g/mol) | 24.82 |
| Kristallstruktur | hexagonal |
| Spez. Gewicht (g/cm ³) | 2.25 |
| Schmelzpunkt (°C) | 2700-3000 (**) |
| Mohs'sche Härte | 1-2 (*) |
| Reibungskoeffizient | 0.2 – 0.7 (*) |
| Elektrischer Widerstand (Ω cm) | > 12 ¹² (*) |
| Wärmeleitfähigkeit (W/m K) | 60 (*) 120 \perp (*) |
| Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient bei 20-1000°C (10 ⁻⁶ K ⁻¹) | 7.51 (*) 0.71 \perp (*) |



*) Die Angaben beziehen sich auf heißgepresstes BN
(|| + \perp symbolisieren Messwerte parallel und senkrecht zur Pressrichtung)
(**) Zersetzung

BORNITRID – SYNTHESE



1. Schritt

“Roh“-BN



2. Schritt

“stabilisiertes” BN

N-Träger: z.B. NH_3 , Melamin, N_2

BORNITRID – EIGENSCHAFTEN

- Exzellente Schmier- und Trennwirkung
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Hohe thermische Leitfähigkeit
- Elektrisch isolierend
- Schlechte Benetzbarkeit durch viele Metallschmelzen
- Chemisch weitgehend inert
- Nicht toxisch

BORNITRID – ANWENDUNGSFORMEN



BN Pulver

BN Suspensionen und Sprays

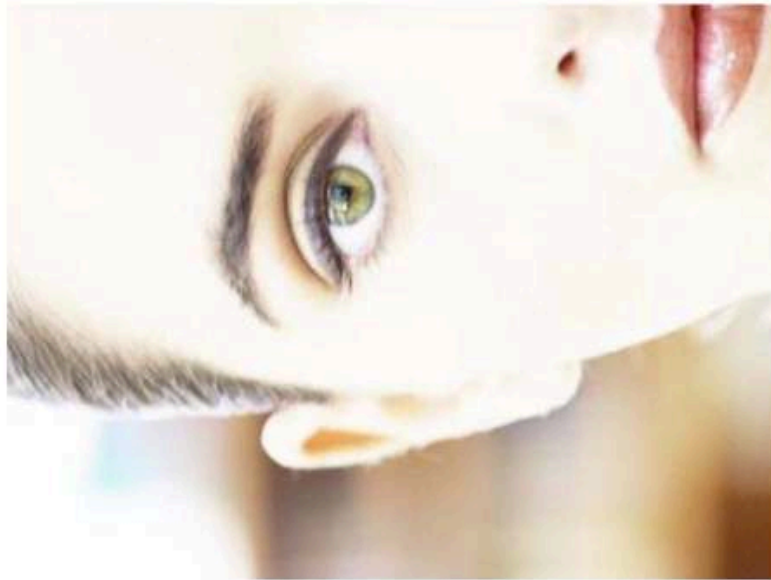
BN Formteile
(heiß-/ heißisostatisch-gepresst)

BORNITRID – KOSMETIK



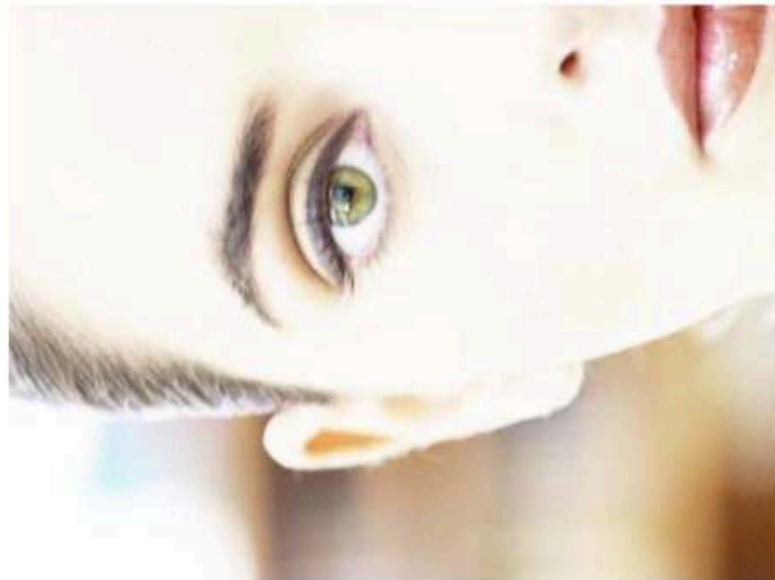
Einfluss von BN auf kosmetische Formulierungen

- Verbesserte Haptik für den Anwender
- Opake BN-Typen bieten gute Deckkraft
- Ausgezeichnete Haftung auf der Haut
- Hohe Ölabsorption in der Formulierung
- Verstärkung von Lippenstiften
- Kleine Partikelgrößen als SPF Booster



5.2 Bornitrid - Folie 7

BORNITRID – KOSMETIK



Potentielle Anwendungsfelder

- Grundierungen und flüssiges Make-up
- Abdeckstifte
- Gepresste und lose Pulver
- Stifte wie Kajal und Lipliner
- Hautpflegeprodukte
- Anti-aging Produkte
- Sonnencreme

BORNITRID – ADDITIV IN POLYMEREN



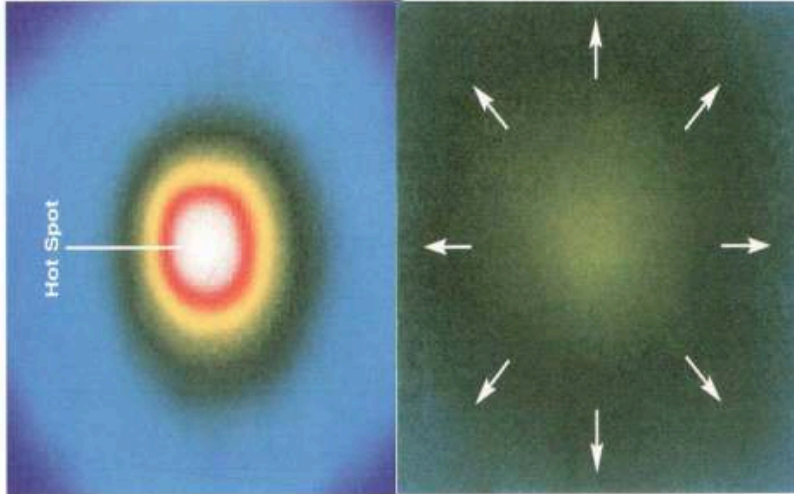
BN als funktionales Additiv und Prozesshilfsmittel

- Nukleierungshilfe für PTFE
- Prozesshilfsmittel für die Extrusion und beim Filmblasen durch Reduzierung der inneren Reibung
- Verstärkungswirkung und verbesserte Trockenlaufeigenschaften



5.2 Bornitrid - Folie 9

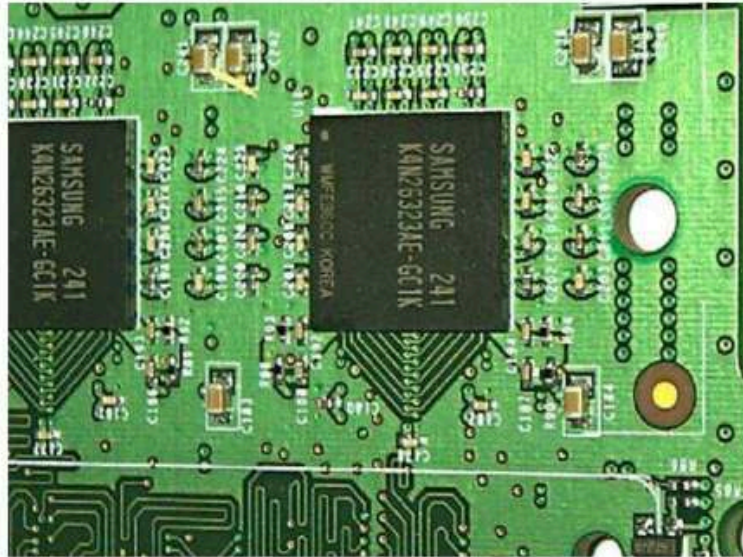
BORNITRID – THERMAL MANAGEMENT



BN Pulver in Polymersystemen

- Deutliche Steigerung der Wärmeleitfähigkeit
- Beibehaltung der elektrischen Isolationsfähigkeit
- Gute Verträglichkeit mit fast allen Polymeren
- Minimaler Verschleiß an Werkzeugen
- Geringe spezifische Dichte
- Sehr gute Verarbeitbarkeit der Verbunde
- Beibehaltung der Gestaltungsfreiheit

BORNITRID – THERMAL MANAGEMENT



Zielsetzung

Übertragung, Ausbreitung oder Ableitung
thermischer Energie

Einsatzgebiete

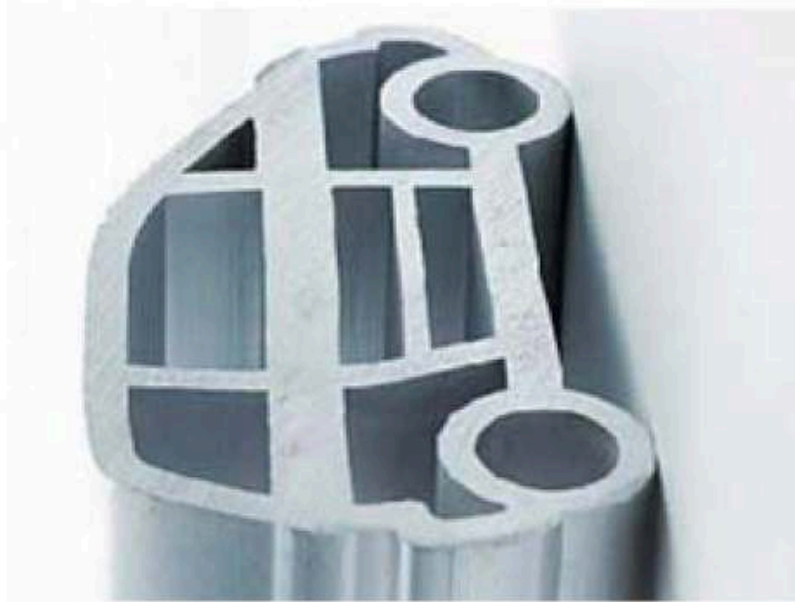
- Computer / Elektronische Geräte
- Steuerungen in Automobiltechnik
- Klimatechnik
- Medizintechnik
- Beleuchtungstechnik

BORNITRID – ALUMINIUM EXTRUSION

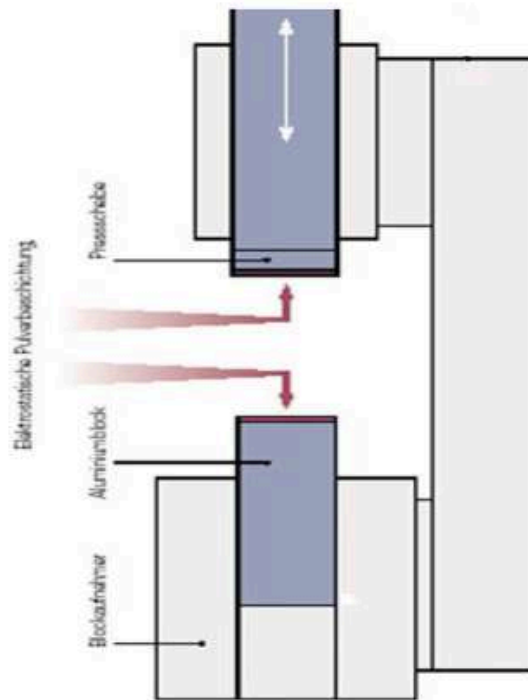


BN Pulver zur Beschichtung des Pressstempels bzw. Werkstückes

- Hervorragende Trenn- und Schmierwirkung
- Optimierte Produktqualität
- Gesundheitlich unbedenklich



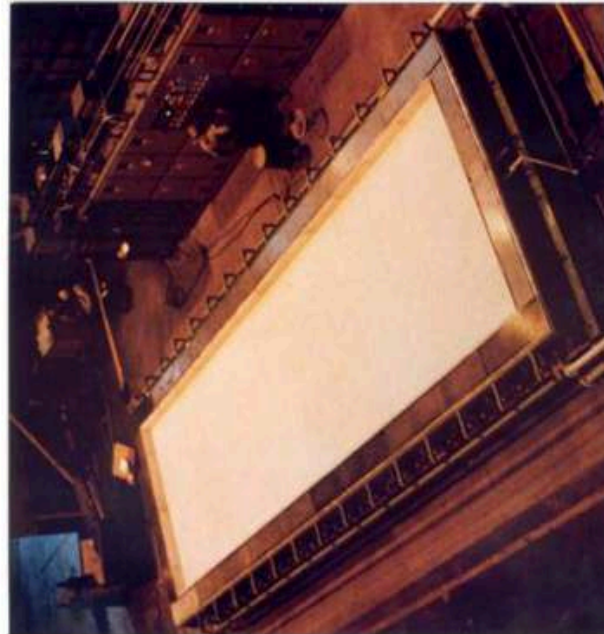
BORNITRID – ALUMINIUM EXTRUSION



Elektrostatische Beschichtung

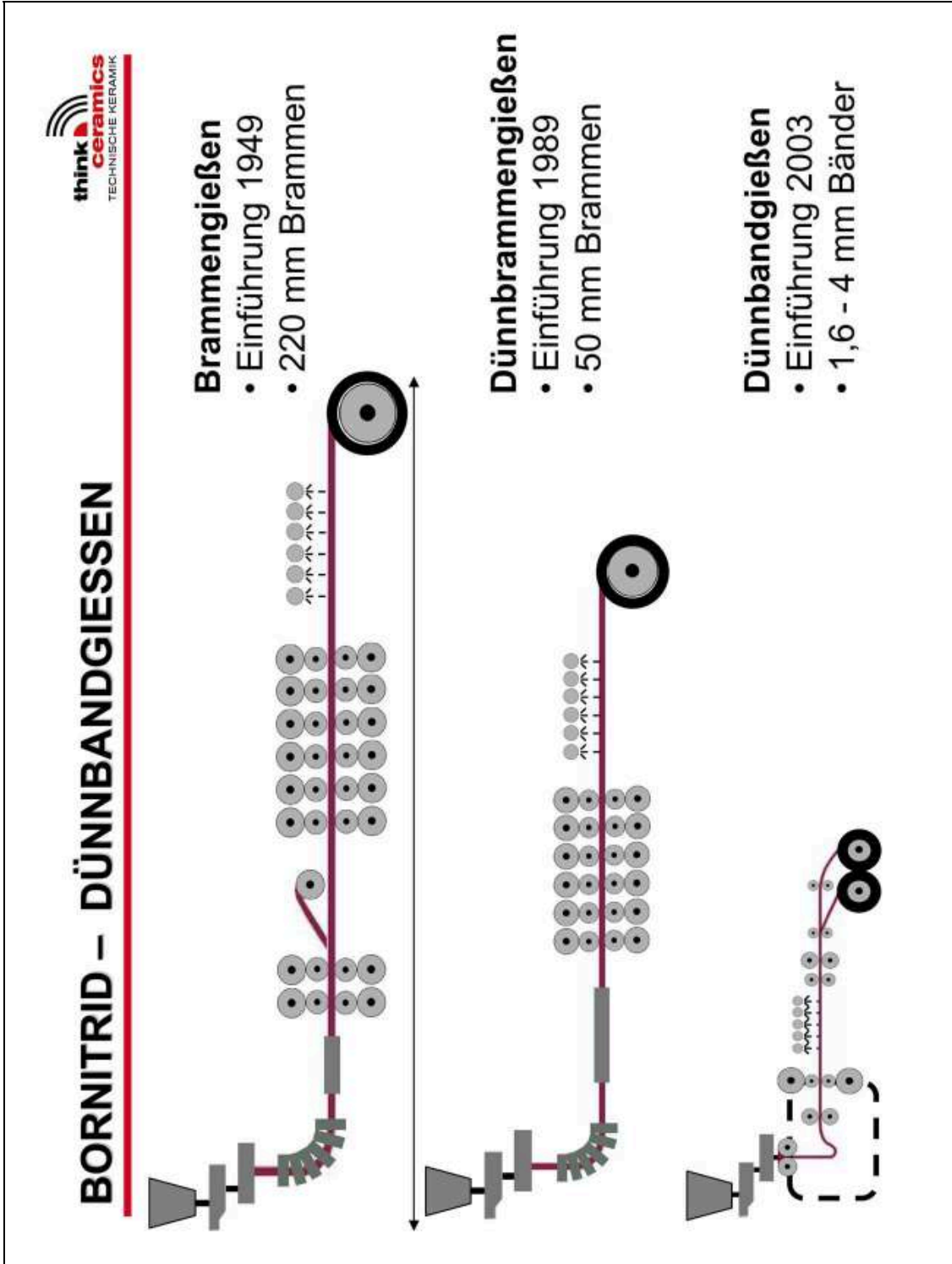
- Erhöhte Sicherheit und Sauberkeit im Pressbereich: keine offene Gasflamme
- Sparsamer Pulververbrauch
- Erhöhte Produktivität

BORNITRID – TITANUMFORMUNG



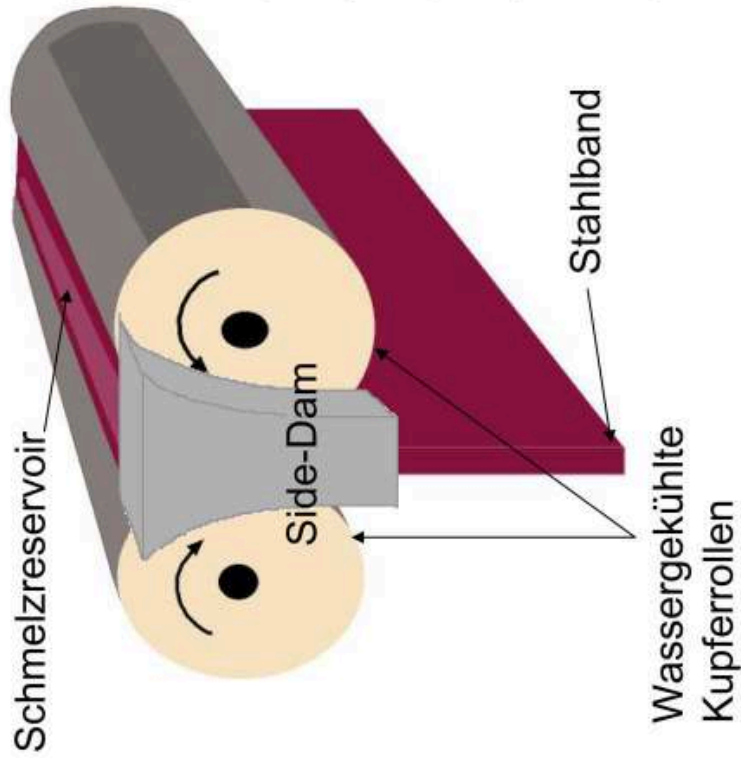
BN Suspensionen zur Beschichtung der Ofenauskleidung und der Ti-Bleche

- Hervorragende Trennwirkung
- Sehr gute HT-Gleiteigenschaften
- Diffusionsbarriere
- Oxidationsschutz



5.2 Bornitrid - Folie 16

BORNITRID – DÜNNBANDGIESEN



Die Herausforderung für den Verbundwerkstoff

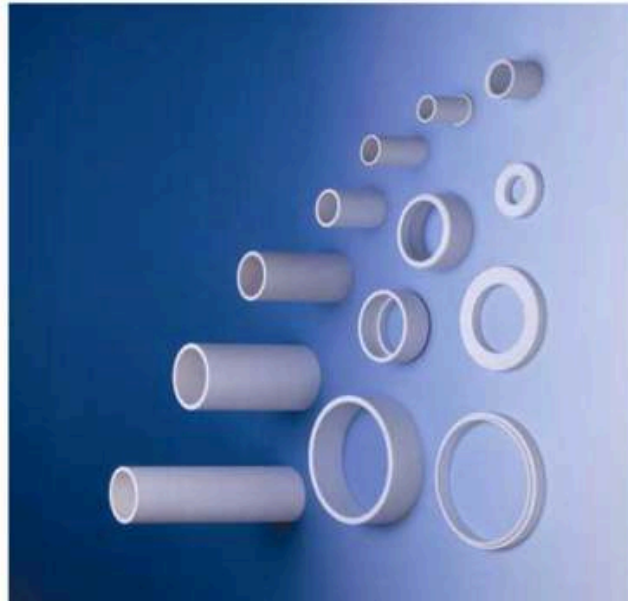
- Perfekte Abdichtung an den Rollen
- Thermoschock beim Angiessen
- Schmelzbadtemperatur von 1.700°C
- Aggressive Metallschmelzen
- Geringe Reibungsverluste an den Kontaktflächen
- Defektfreie Seiten des Stahlbandes

BORNITRID – DICHTUNG IN SENSOREN

- Dichtscheibe in Lambdasonoren
- Gasdicht
- Mechanisch verpressbar
- Elektrisch isolierend
- Sehr gute HT-Beständigkeit



BORNITRID – HT-MASCHINENBAU

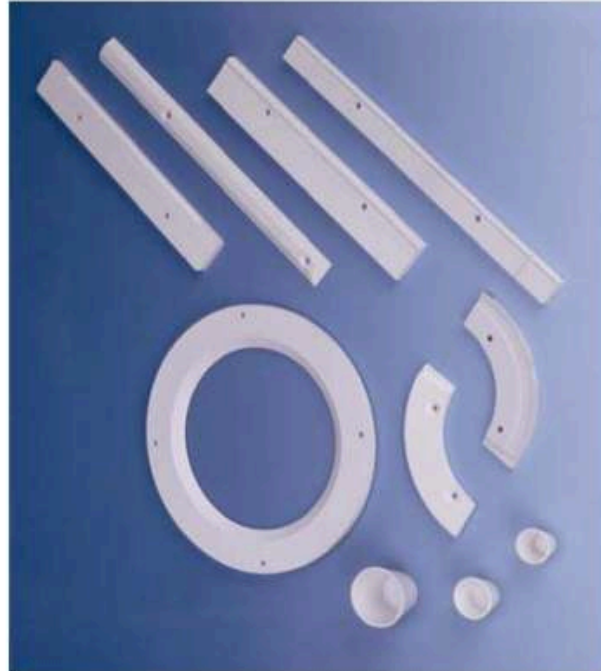


Mit freundlicher Genehmigung der Firma Henze BNP

Durchführungen im HT-Ofenbau

- Exzellente elektrische Isolationsfähigkeit
- Höchste Temperaturwechselbeständigkeit
- Kein Ausgasen bis zu höchsten Temperaturen
- Minimaler chemischer Angriff
- Sehr gute Bearbeitbarkeit von BN in engen Toleranzen

BORNITRID – HT-MASCHINENBAU

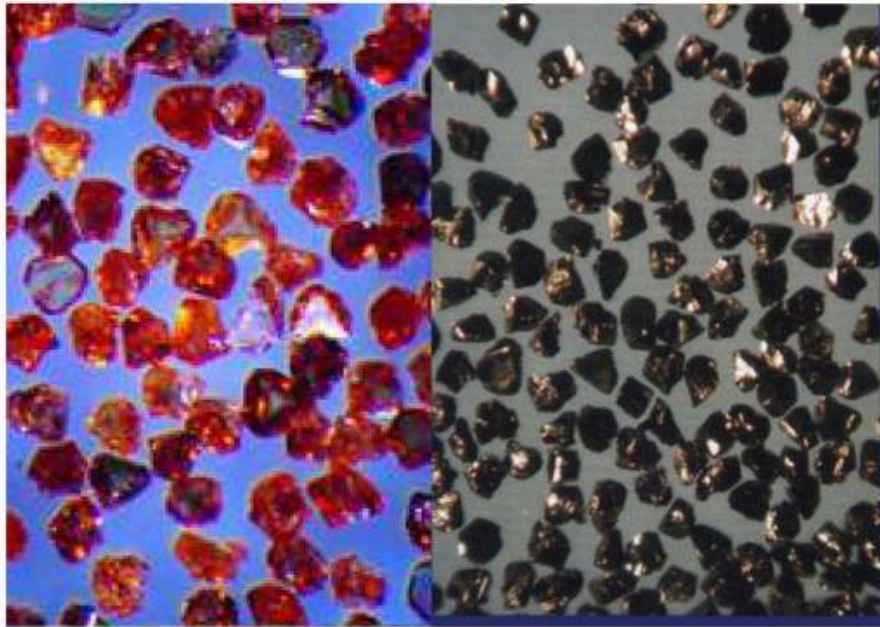


Mit freundlicher Genehmigung der Firma Henze BNP

BN-Isolatoren zur elektrischen Isolierung in PVD Anlagen

- Aufbringen von Hartstoffschichten wie TiC/TiN als Verschleißschutz
- Dekorative Beschichtungen
- Optische Beschichtungen von Brillengläsern bis zu Spezialoptiken

BORNITRID – SUPERABRASIVES



Hexagonales BN als Ausgangsstoff für die kubische BN-Herstellung

- Herstellungsverfahren analog zur Diamantsynthese
- Umwandlung der Kristallstruktur von hexagonal nach kubisch bei Temperaturen $> 1.500^{\circ}\text{C}$ und 6.000MPa Druck
- Durch die Umwandlung Steigerung der Dichte auf $3,49\text{g/cm}^3$

BORNITRID – SUPERABRASIVES



Kubisches Bornitrid - Eigenschaften

- Erstmals am Markt vorgestellt im Jahr 1969
- Härte: 4.700MPa
- Bornitrid ist der zweithärteste Stoff nach Diamant
- Thermodynamisch stabiler als Diamant
- Oxidationsgrenze >1.400°C
- Hervorragende Eignung für die Bearbeitung von Stählen, Nickel und Kobalt





BORNITRID – AUSBLICK

Neben den vorgestellten Einsatzgebieten, in denen sich BN bereits etabliert hat, werden die einzigartig vielseitigen Eigenschaften weitere Anwendungen erschließen

Dazu gehören

- Trennmittel in der Glasindustrie
- Funktionale Beschichtungen in der Automobilindustrie
- Trenn und- Schmiermittel bei der Metallumformung
- Gießdüsen für Ni-basierende Superlegierungen