

DIAMIX - Eine Bindungsfamilie auf Basis von DIABASE-V21

G. Weber, C. Weiß

Dass Kobalt traditionell als Basismetall pulvermetallurgischer Metallbindungen für Diamantwerkzeuge verwendet wird, beruht auf den hervorragenden Eigenschaften des Kobalts, Diamant zu binden. Allerdings ist Kobalt am Weltmarkt begrenzt verfügbar, wodurch die Rohstoffpreise schwanken und Engpässe möglich sind. Der Aufsatz beschreibt alternative Basismetalle, wodurch der Einsatz von Kobalt minimiert werden kann.

Betrachtet man die Metallurgie der Diamantwerkzeuge der letzten zwei bis drei Jahrzehnte stellt man fest, dass die eingesetzten Bindungen sehr stark auf dem Basismetall Kobalt aufbauten. Kobalt zeichnete sich durch sehr gute Einbindungseigenschaften des Diamanten aus und es ist sehr flexibel einsetzbar. Kobaltbindungen mit sehr hohem Bronzeanteil bzw. anderen weichen Materialien wurden zum Schneiden von Marmor oder Kalkstein, Schleifen von Glas, etc. eingesetzt. Kobaltbindungen mit geringen Bronzegehalten kamen u.a. im Bereich von Granit, Wandsägen, Fugenschneider, Trockenschnitt, usw. zum Einsatz. Auch reines Kobalt wurde in diesen Einsatzgebieten eingesetzt, wenn nach höherer Lebensdauer gefragt wurde. Selbst im Bereich härterer Bindungen wurde mit Kobalt gearbeitet: Zusätze von Wolfram, Wolframkarbid oder Wolframschmelzkarbid wurden beigemischt, damit Materialien wie Asphalt, Sandstein, Basalt, abrasiver Beton oder andere abrasive Materialien geschnitten werden konnten. Kobalt - als sehr universelles Basisprodukt - konnte in vielen Einsatzbereichen verwendet und mit den bekannten Zusätzen den Anwendungsfällen angepasst werden.

Diesem sehr wichtigen Vorteil standen jedoch zwei große Nachteile entgegen. Der erste Nachteil war die Verfügbarkeit des Rohstoffes. Die Minen zur Gewinnung des Aus-

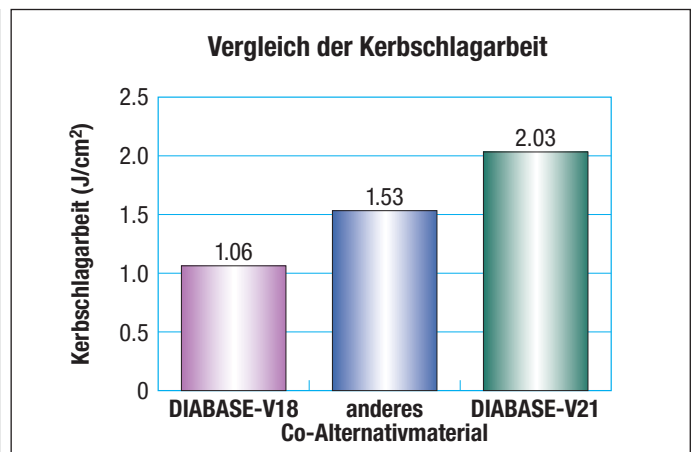
gangsmaterials lagen in der Vergangenheit hauptsächlich in den Krisengebieten Afrikas. Kam es in diesen Gegenden zu Unruhen, war die Versorgung nicht gesichert. Dies führte auch unmittelbar zum zweiten Nachteil: Der Preis war nicht kalkulierbar und schwankte teilweise erheblich. Eine Planung in Bezug auf Verkaufspreise der fertigen Werkzeuge über einen längeren Zeitraum war nicht möglich.

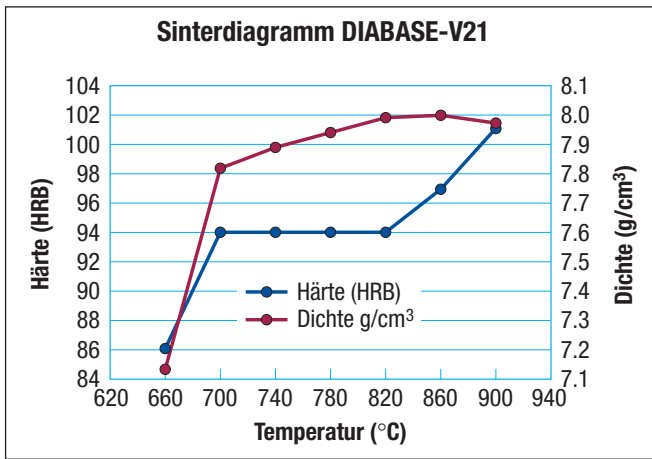
Da aber Kobalt nicht nur in der Diamantwerkzeug-Industrie eingesetzt wird, sondern beispielsweise auch in der Hartmetall-Industrie (Schneidelemente und Teile mit hohem Verschleißschutz), als Bestandteil von Magneten, in Batterien und als Legierungselement in hochwarmfesten Werkstoffen, wie sie in Turbinen oder Strahltriebwerken verwendet werden, war auch ein gewisses strategisches Interesse offenkundig.

Die Summe dieser Fakten führte bei den bekannten Kobaltherstellern zu Überlegungen, Alternativen zu Kobalt zu entwickeln. Für die Hartmetall-Industrie wurden Binder auf z.B. Fe-Ni-Basis entwickelt. In der Diamantwerkzeug-Industrie setzte diese Bewegung etwa in der zweiten Hälfte der 90-iger Jahre ein. Die Entwicklungen der unterschiedlichen Firmen gingen unabhängig voneinander zu vorlegierten Pulvern auf Basis von Eisen und Kupfer, die jedoch noch einen Anteil von Kobalt enthalten. Anfangs hatten diese Produkte mit großer Skepsis seitens der potenziellen Anwender zu kämpfen, konnten sich aber nach und nach durchsetzen. Mittlerweile haben diese Materialien, die in sie gesetzten Hoffnungen bestätigt und Kobalt in vielen Anwendungen schon ersetzt.

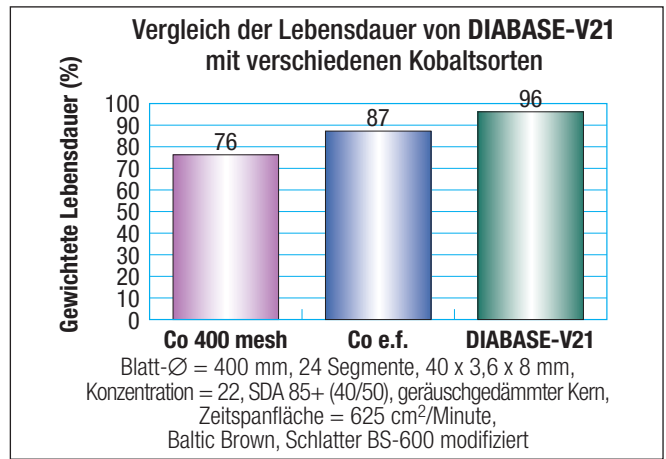
Auch im Hause Dr. Fritsch Metallpulver hat die Entwicklung von Kobaltalternativmaterialien seit Jahren einen hohen Stellenwert - auf dem Markt haben sich diese Produkte unter dem Markenbegriff "DIABASE" einen Namen gemacht. Die bekanntesten Produkte aus dieser Reihe sind DIABASE-V07 (sehr gute Schneidergebnisse in Verbindung mit titanbeschichteten Diamantqualitäten) und DIABASE-V18 (eingesetzt zum Sägen von Granit).

1 Vergleich der Kerbschlagarbeit verschiedener Bindungen





2 Sinterdatendiagramm von DIABASE-V21 (Härte und Dichte in Abhängigkeit der Temperatur)



3 Schneidverhalten von DIABASE-V21 im Vergleich zu verschiedenen Kobaltsorten

Die aktuellste Entwicklung der DIABASE-Reihe ist DIABASE-V21.

Bei einigen Anwendungsfällen, insbesondere beim Bohren, stießen die ersten Kobaltalternativen teilweise an technische Grenzen. Plötzlich auftretende Seitenschlagkräfte konnten beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände zum Segmentbruch führen, selbst wenn die Lötnaht einwandfrei war. Es zeigte sich, dass der Grund hierfür in der speziellen Zusammensetzung der Alternativmaterialien lag, die zur Bildung einer harten, spröden Phase neigten. Diese Phase verursachte eine Verschlechterung der Verformungsfähigkeit und die Materialien verhielten sich sensibel gegenüber Stoßbelastungen.

Innerhalb der Weiterentwicklung von DIABASE wurde bei Dr. Fritsch daher großer Wert darauf gelegt das neue Material so anzupassen, dass die Sprödigkeit deutlich reduziert wird. Gelungen ist dies mit dem derzeit jüngsten Produkt aus dieser Reihe: DIABASE-V21

DIABASE-V21 zeigt eine deutlich verbesserte Zähigkeit und diverse Praxistests haben gezeigt, dass dieses Material Schlagbeanspruchungen oder seitlich wirkenden Kräften widerstehen kann, wie dies in *Bild 1* ersichtlich ist. Erreicht wurde dies, indem die verspröde Komponente gegen eine andere Legierung aus dem gleichen System ausgetauscht wurde. Positiver Nebeneffekt: Der Kobaltgehalt konnte nochmals reduziert werden (*Tabelle 1*).

Schaut man sich das Sinterdiagramm von DIABASE-V21 an, zeigt sich ein Plateau mit gleichmäßiger

Dichte bei etwa 800 bis 860 °C. Es wird eine Dichte von 8,00 g/cm³ erreicht. Die rechnerische Dichte für DIABASE-V21 liegt bei 8,16 g/cm³. Für diesen Wert muss allerdings die Einschränkung gemacht werden, dass dieses nur dann gültig ist, sofern keine Löslichkeit der Mischungskomponenten untereinander vorhanden ist. Dies ist aber in den wenigsten Materialkombinationen der Fall. Die wahre maximale Dichte liegt etwa bei 8,10 g/cm³. Damit wären > 98,5 % erreicht, eine Situation, die eine ausreichende Dichte darstellt. Kaltpressen lässt sich DIABASE-V21 sehr gut, Zusätze von 1 % Paraffinöl und 1 % Zinkstearat oder 2 % Alkohol mit 1 % Zinkstearat bringen gute Ergebnisse.

Vergleicht man DIABASE-V21 in einem Sägetest (*Bild 3*) mit z.B. „Kobalt extra fein“ oder Kobalt 400 mesh, zeigen die Ergebnisse eine dem Kobalt extra fein gleiches Verhalten. Die Leistungsaufnahme des DIABASE-V21 war dem des „Kobalt extra fein“ ähnlich (nicht im Diagramm gezeigt).

Die Einsatzgebiete des DIABASE-V21 sind vielfältig. Pur kann es eingesetzt werden bei der Granitbearbeitung oder für Beton/Fugen-

schneider. Durch Zumischen der bekannten Zusätze (Bronze, Wolframkarbid, Eisen, etc.) lassen sich die Eigenschaften von DIABASE-V21 in breiten Grenzen beeinflussen und so die Anwendungsgebiete vergrößern.

DIABASE-V21 wird heute als Basispulver für die verschiedensten Einsatzzwecke angewendet. Im Laufe der Zeit kristallisierte sich heraus, dass einige Zumischungen sehr häufig verwendet wurden. Insbesondere bei 6 Zusammensetzungen war die Nennung so häufig, dass es auf der Hand lag, diese als fertige Mischung anzubieten, um das überflüssige Nachmischen vor Ort beim Kunden zu vermeiden.

Es entstand die DIAMIX-Produktreihe, bei der DIABASE-V21 durchweg als Basispulver eingesetzt und mit verschiedenen Komponenten zusammen gemischt wird.

Vorteil dieser Familie ist, dass die Bindungen fertig für die Produktion sind, es muss nur noch der Diamant zugemischt werden. Ein zusätzliches Pulveruntermischen entfällt. Auch haben die Mischungen bei verschiedenen Einsätzen ihr Können schon unter Beweis gestellt. Selbstverständlich kann auf Kundenwunsch auch jede andere

Tabelle 1: Circa Zusammensetzungen von DIABASE-Produkten

| Name | Fe | Co | Cu | Sn |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|
| DIABASE-V07 | 45 - 65 % | 20 - 40 % | < 15 % | - |
| DIABASE-V18 | 35 - 55 % | 15 - 35 % | < 25 % | < 8 % |
| DIABASE-V21 | 55 - 75 % | < 15 % | < 25 % | < 8 % |

| Name | Jeweiliger Anteil der Komponente (%) an der Mischung | | | |
|--------------------|--|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | DIABASE-V21 | Bronze 90/10 < 40 µm | Carbonyl Eisen ca. 5 µm | Wolframkarbid ca. 2 µm |
| DIAMIX-BZ 20 | 80 | 20 | | |
| DIAMIX-BZ 40 | 60 | 40 | | |
| DIAMIX-BZ 60 | 40 | 60 | | |
| DIAMIX-FE 20 | 80 | | 20 | |
| DIAMIX-WC 20 | 80 | | | 20 |
| DIAMIX-FE 15 BZ 20 | 65 | 20 | 15 | |

Tabelle 2: Zusammensetzung der Mischungen aus der DIAMIX-Reihe

| Name | Heißpress-Temperatur (°C) | Härte (HRB) | Dichte (g/cm³) | Biegefestigkeit | | Kerbschlag-Arbeit (J/cm²) |
|--------------|---------------------------|-------------|----------------|--------------------|-------------|---------------------------|
| | | | | Festigkeit (N/mm²) | Dehnung (%) | |
| DIABASE-V21 | 800 - 860 | 94 - 97 | 8.00 | 868 | ---* | 2.03 |
| DIAMIX-BZ 20 | 800 - 860 | 90 - 92 | 8.14 | 960 | ---* | 3.06 |
| DIAMIX-BZ 40 | 780 - 820 | 90 | 8.30 | 856 | ---* | 4.39 |
| DIAMIX-BZ 60 | 740 - 820 | 82 | 8.48 | 710 | ---* | 8.16 |

---* gibt an, dass die Bindung beim Biegeversuch bis zu 2,2 mm Durchbiegung nicht gebrochen ist.

Tabelle 3: Eigenschaften der DIAMIX-BZ Bindungen

| Name | Heißpress-Temperatur (°C) | Härte (HRB) | Dichte (g/cm³) | Biegefestigkeit | | Kerbschlag-Arbeit (J/cm²) |
|--------------------|---------------------------|-------------|----------------|--------------------|-------------|---------------------------|
| | | | | Festigkeit (N/mm²) | Dehnung (%) | |
| DIABASE-V21 | 800 - 860 | 94 - 97 | 8.00 | 868 | ---* | 2.03 |
| DIAMIX-WC 20 | 860 - 900 | 101 - 106 | 9.41 | 1152 | 2.0 | 1.46 |
| DIAMIX-FE 20 | 820 - 860 | 93 - 96 | 7.94 | 1000 | 4.0 | 1.38 |
| DIAMIX-FE 15 BZ 20 | 740 - 780 | 85 | 8.05 | 724 | ---* | 2.46 |

---* gibt an, dass die Bindung beim Biegeversuch bis zu 2,2 mm Durchbiegung nicht gebrochen ist.

Tabelle 4: Eigenschaften weiterer DIAMIX-Bindungen

Zusammensetzung auf Basis DIABASE-V21 bezogen werden. Die heutige DIAMIX-Serie umfasst wie erwähnt nur die 6 häufigsten heute bereits verwendeten Zusammensetzungen.

Derzeit sind folgende DIAMIX-Produkte im Einsatz (Tabelle 2).

Um DIABASE-V21 schnittfreudiger zu machen, wird - wie sonst auch üblich - Bronze zugegeben. Bei der Bronze handelt es sich um eine Bronze mit einem Cu:Sn-Verhältnis von 90:10, die Teilchengröße ist kleiner 40 µm. Dies ist durch den geringen Zinngehalt eine sehr duktile, aber auch weiche Bronze. Die Zähigkeit des Basismaterials DIABASE-V21 wird durch Bronzezugabe gesteigert (Tabelle 3). Die DIAMIX-BZ-Reihe umfasst 3 Mischungen mit jeweils unterschiedlichen Bronzegehalten: 20 %, 40 % und

60 %. Durch die unterschiedlichen Bronzegehalte werden unterschiedliche Verschleißcharakteristiken erzeugt und damit unterschiedliche Anwendungsgebiete angesprochen. Es werden damit Anwendungen abgedeckt, die weiche, verschleißfreie Bindungen benötigen.

Durch die Zugabe von 20 % Bronze reduziert sich die Härte um ca. 2 - 3 HRB auf 90 - 92 HRB, die Dichte steigt geringfügig. Durch die Zugabe von schwererer Bronze wie das Basismaterial ist dies auch zu erwarten. Die Schnittfreudigkeit erhöht sich. Eingesetzt werden kann DIAMIX-BZ 20 im Bereich Sägen von Beton z.B. als Wandsäge, aber auch im Bereich Bohren von Beton. Für das Schneiden von nicht abrasivem Granit ist DIAMIX-BZ 20 ebenfalls geeignet. Erste Versuche im Bereich Marmor/Gatter zeigen gute Ergebnisse.

Durch weitere Zugabe von Bronze 90/10 auf 40 % (DIAMIX-BZ 40) erreicht man eine noch verschleißfreudigere Bindung, die wie DIAMIX-BZ 20 auch bei Wandsägenanwendung oder Bohrkronenanwendungen im Beton eingesetzt werden kann, wenn schnellere Schnittgeschwindigkeiten erzielt werden müssen. Aber auch im Bereich Marmor mit größeren Trennscheibendurchmessern (> 600 mm) kann diese Mischung eingesetzt werden.

DIAMIX-BZ 60 ist die verschleißfreudigste Bindung der DIAMIX-Reihe. Sie hat mit 60 % Bronze den höchsten Anteil an weichen und damit leicht verschleißenden Bindungsanteilen. Dieses zeigt sich auch an der geringen Härte von nur 82 HRB. Diese Basismischung ist gedacht für das Schneiden von Marmor im Durchmesserbereich kleiner 600 mm.

In der DIAMIX-Reihe gibt es mit DIAMIX-WC 20 auch eine Mischung, die in die andere Richtung, sprich verschleißgeschützte Bindung geht. 20 % Wolframkarbidzusatz erhöht nicht nur die Härte um etwa 10 HRB, auch die Verschleißfestigkeit steigt an. Verwendet wird Wolframkarbid mit einer mittleren Teilchengröße von 2 µm. Mit einer Dichte von 9,41 g/cm³ ist DIAMIX-WC 20 die "schwerste" Bindung. Schließlich ist Wolframkarbid mit einer Dichte von circa 15,5 g/cm³ nicht gerade ein Leichtgewicht.

Eingesetzt werden kann diese Bindung zum Sägen von abrasivem Beton, Sägen von nicht zu stark abrasivem Sandstein sowie zum Trockenbohren und -schneiden von Asphalt.

Im DIAMIX-FE 20 wird ein Carbonyl-Eisen mit einer mittleren Teilchengröße von 5 µm verwendet. Der Zusatz in Höhe von 20 % bewirkt weniger Effekte in den messbaren Kennwerten wie etwa Härte oder Dichte. Diese beiden Eigenschaften bleiben nahezu unverändert (siehe Tabelle 4). Vielmehr wird im Schneidverhalten eine Wirkung erzielt. Der Zusatz des weichen Eisens bewirkt eine Reduktion des Verschleißwiderstandes, die Lebensdauer sinkt. Gleichzeitig zeigt die Bindung aber eine höhere

Schnittfreudigkeit. Sehr gut geeignet ist die Bindung zum Schneiden von leicht armiertem Beton oder anderen, nicht abrasiven Materialien.

Letztendlich soll schließlich als Mitglied der DIAMIX-Familie noch DIAMIX-Fe 15 BZ 20 vorgestellt werden. Hier wird dem bronzehaltigen DIAMIX-BZ 20 noch 15% Carbonyl-Eisen zugemischt. Die Bindungshärte reduziert sich von 90 HRB auf 85 HRB, wodurch die Schnittfreudigkeit gesteigert wird.

Einsatzgebiete für diese Bindung sind weiche Granite oder andere nicht abrasive Materialien, bei welchen höhere Schnittgeschwindigkeiten erzielt werden sollen.

Die verschiedenen Pulvermischungen der DIAMIX-Serie von Dr. Fritsch Metallpulver können in einem großen Bereich von Anwendungen eingesetzt werden. Dieser Anwendungsbereich reicht von sehr weichem Stein bis hin zu leicht abrasiven Materialien.

Bildnachweis: Dr. Fritsch GmbH & Co. KG.

Dipl.-Ing. *Gerhard Weber* ist Geschäftsführer der Dr. Fritsch Sondermaschinen GmbH, Fellbach.

Dipl.-Ing. *Christian Weiß* ist Metallurge der Dr. Fritsch GmbH & Co. KG.