

Innovative Messinglegierung für anspruchsvolle bleifreie Gussanwendungen

von Volker Bräutigam, Martin Kautz, Norbert Gaag und Jürgen Geise, Röthenbach

Wachsende ökologische Anforderungen wie auch gesetzgeberische Zwänge erfordern die Entwicklung von neuartigen bleifreien Messinggusslegierungen. Die Herausforderung besteht hierbei in der Verbesserung des Eigenschaftsprofils bei gleichzeitiger Beibehaltung der traditionellen Vorteile von Gussmessing wie sehr guter Zerspanbarkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit. Die neu entwickelte Legierung „DIEHL 432 PbF“ der Diehl Metall Stiftung & Co. KG, Röthenbach a. d. Pegnitz, wird diesen Anforderungen gerecht und kann darüber hinaus aufgrund ihrer ausgezeichneten mechanischen Kennwerte zusätzliches Anwendungspotenzial erschließen.



Die neuen bleifreien Messinglegierungen punkten nicht nur beim Umweltschutz, sondern auch bei den Eigenschaften

Zusammensetzung und Mikrostruktur

Die chemische Zusammensetzung der neuen Gusslegierung „DIEHL 432 PbF“ ist in [Tabelle 1](#) dargestellt. Neben dem für Messinglegierungen untypisch hohen Si-Anteil ist vor allem die Bleifreiheit der neuen Legierung hervorzuheben. Aufgrund dieser wird der neue Werkstoff den zukünftigen gesetzlichen Anforderungen – von der Trinkwasser- bis zur Altautoverordnung – in einer Vielzahl von unterschiedlichen Branchen gerecht.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung von DIEHL 432 PbF in Masse-%

Element	Cu	Si	P	Zn
Anteil in %	76	3	0,05	Rest

Das Gefüge besteht aus etwa 70 Vol.-% α -Mischkristall sowie κ - und γ -Phase, wobei der Anteil der κ -Phase mit rund 25 Vol.-% den der γ -Phase deutlich übersteigt. Diese Phasen sind siliciumreich und haben die chemische Zusammensetzung $\text{Cu}_8\text{Zn}_2\text{Si}$ (κ) bzw. Cu_4ZnSi (γ).

Im **Bild 1** ist eine typische Mikrostruktur dargestellt.

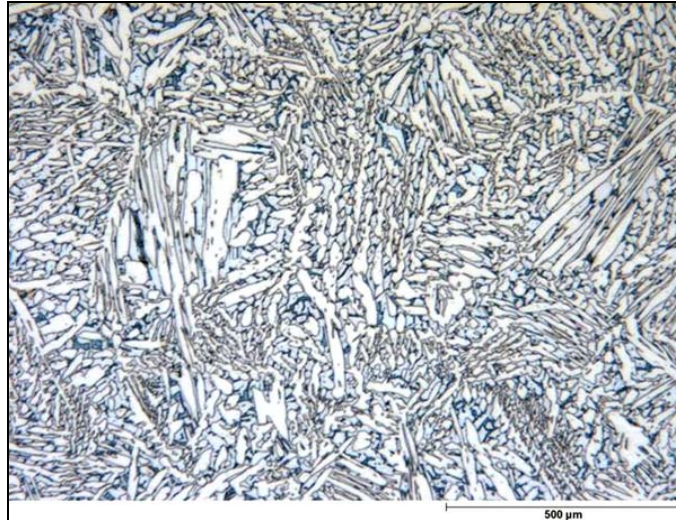


Bild 1: Mikrostruktur der Legierung "DIEHL 432 PbF" nach Abguss in eine Gießharfe: Das Gefüge besteht zu etwa 70 % aus α -Mischkristall sowie aus Si-reichen κ - und γ -Phasen

„DIEHL 432 PbF“ ist eine Modifikation der ebenfalls neu entwickelten Knetlegierung „DIEHL 430 PbF“. Die Gusslegierung unterscheidet sich vor allem durch einen bei der Erstarrung wirkenden Kornfeinenden Mechanismus. Die daraus resultierende sehr feine und homogene Kornstruktur ist im **Bild 2** im Vergleich zu einem Standard-Gussmessing gezeigt. Die feinkörnige Erstarrung ist auf geringe Mengen Bor zurückzuführen, die im ppm-Bereich in der Schmelze vorliegen. Somit zeigt die Legierung „DIEHL 432 PbF“ einen intrinsischen Kornfeinungseffekt. Bor ist in verschiedensten metallischen Gusswerkstoffen ein effektives und vielfach eingesetztes Kornfeinungselement. Insbesondere aufgrund seiner geringen Abbrandneigung eignet sich Bor sehr gut für den großtechnischen Einsatz. Denn auch nach mehreren Minuten Haltezeit unter atmosphärischen Bedingungen ist nur ein vergleichsweise kleiner Verlust an Bor zu beobachten. Somit kann „DIEHL 432 PbF“ im Vergleich zu Gussmessingen mit anderen Kornfeinungselementen ohne wesentliche Auswirkungen auf die Mikrostruktur über längere Zeit bei Gießtemperatur vorgehalten werden, was dem Gießer zusätzliche Flexibilität verschafft und bei der großtechnischen Verarbeitung oft vorteilhaft ist.

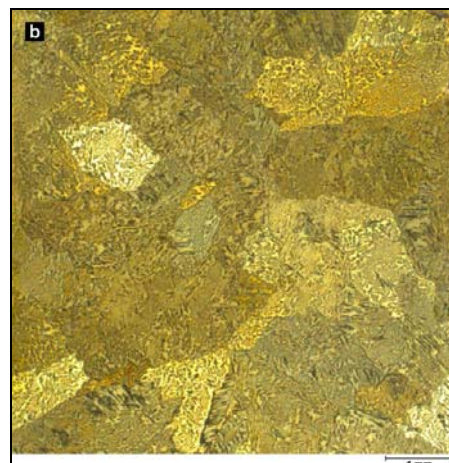
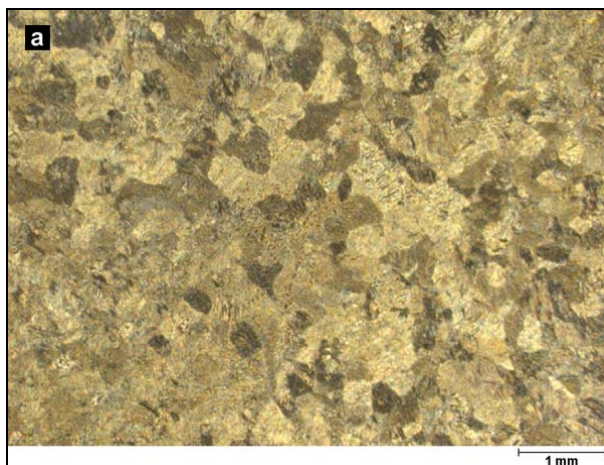


Bild 2: Kornstruktur der Legierung „DIEHL 432 PbF“ (a), bzw. der Standard-Gusslegierung CuZn39Pb2Al (b): Bei vergleichbaren Gieß- und Abkühlbedingungen weist die neue Legierung eine deutlich feinere Kornstruktur auf.

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften der neuen Legierung „DIEHL 432 PbF“ sind im Vergleich zu Standardmessingen außergewöhnlich gut (siehe [Tabelle 2](#)). Im Sandguss werden eine Zugfestigkeit von bis zu 400 MPa und eine Streckgrenze von bis zu 190 MPa erreicht. Im industriell noch bedeutungsvolleren Kokillenguss werden gar Festigkeiten von 540 MPa (R_m) bzw. 240 MPa ($R_{p0.2}$) bei einer sehr hohen Bruchdehnung von 25 % erreicht. Im Vergleich zu dem Standard-Gussmessing CuZn39Pb2Al liegen die Festigkeiten der neuen Legierung „DIEHL 432 PbF“ sowohl im Sand- wie auch im Kokillenguss rund doppelt so hoch. Im Kokillenguss kann zudem eine mehr als doppelt so hohe Bruchdehnung erreicht werden.

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften der Legierung „DIEHL 432 PbF“ im Vergleich zur Standardlegierung CuZn39Pb2Al für Sand- bzw. Kokillenguss

Legierung	DIEHL 432 PbF		CuZn39Pb2Al	
	Sandguss	Kokillenguss	Sandguss	Kokillenguss
Zugfestigkeit in MPa	≤ 400	540	220	280
Dehngrenze in MPa	≤ 190	240	80	120
Bruchdehnung in %	< 10	25	15	10
Härte HB	≤ 120	135	65	70

Die mechanischen Eigenschaften der Legierung „DIEHL 432 PbF“ überragen die des Standard-Gussmessings sowohl hinsichtlich der Festigkeit wie auch der Duktilität deutlich. Wie aus der [Tabelle 2](#) zudem zu entnehmen ist, ist die Härte der neuen Gusslegierung für beide untersuchten Gießverfahren gegenüber dem Standardmessing ebenfalls um den Faktor 2 höher. Der Elastizitätsmodul beträgt 106 GPa.

Gießverhalten

Die Fließfähigkeit und das Formfüllungsvermögen der neuen Legierung wurden mit der Gießspirale bzw. der Gießharfe untersucht. Während der Vorlauf der Schmelze in dem engen Querschnitt der Gießspirale ein Maß für die Fließfähigkeit der Legierung ist, gibt die Füllhöhe der zylinderförmigen, vertikalen Kavitäten der Gießharfe Aufschluss über das Formfüllungsvermögen eines Werkstoffes. Im [Bild 3](#) sind Gussproben der Legierung „DIEHL 432 PbF“ sowie der Referenzlegierung CuZn39Pb2Al aus der Gießspirale zu sehen. Der Vorlauf der neuen Diehl-Legierung beträgt 582 mm und übertrifft den der Referenzlegierung mit 535 mm deutlich. Das heißt, im Vergleich mit dem Standard-Gussmessing CuZn39Pb2Al zeigt die neue Legierung ein deutlich besseres Fließvermögen.



Bild 3: Gussproben aus der Gießspirale: Links ist die Legierung „DIEHL 432 PbF“, rechts die Standard-Gusslegierung CuZn39Pb2Al dargestellt. Die neue Legierung hat im Vergleich zur Referenzlegierung eine um fast 10 % größere Auslaufhöhe. Dieser Vergleich demonstriert die sehr gute Gießbarkeit.



Bild 4: Formfüllversuch mittels Gießharfe (links „DIEHL 432 PbF“, rechts CuZn39Pb2Al): Insbesondere der Vergleich der Füllhöhen der 3 mm-Kavität (rechte Säule in beiden Bildern) zeigt das bessere Formfüllungsvermögen der Legierung „DIEHL 432 PbF“.

Zur Charakterisierung des Formfüllungsvermögens wurden Gießversuche mit einer Gießharfe durchgeführt (siehe **Bild 4**). Bei Verwendung der Legierung „DIEHL 432 PbF“ wird mit einer Kavität von 3 mm Durchmesser eine Füllhöhe von 153 mm erreicht. Die Referenzlegierung erreicht unter identischen Bedingungen lediglich eine Füllhöhe von 115 mm. Diese Versuche zeigen, dass die neu entwickelte Legierung „DIEHL 432 PbF“ der Standard-Gusslegierung CuZn39Pb2Al in gießtechnologisch relevanten Eigenschaften wie Fließfähigkeit und Formfüllungsvermögen deutlich überlegen ist (siehe **Bild 5**).

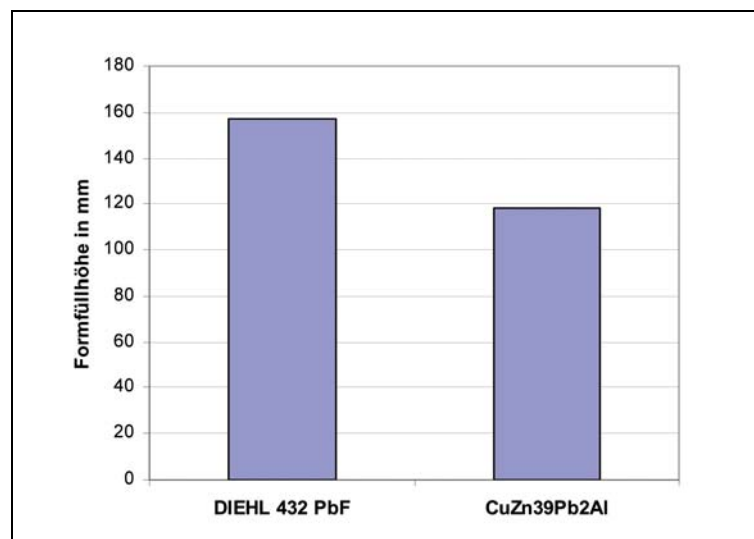


Bild 5: Quantitativer Vergleich des Formfüllungsvermögens

Zerspanbarkeit

Ein wesentlicher Grund für die weite Verbreitung von Messingwerkstoffen ist ihre hervorragende Zerspanbarkeit. Diese wird traditionell durch die Zugabe von Blei erreicht. Bleizusätze lagern sich an den Korngrenzen der Mischkristalle an und entwickeln eine spanbrechende Wirkung. Der feine, kurz brechende Span ist in der automatisierten Verarbeitung erwünscht, da er nicht zur Bildung größerer Spannester neigt und somit leicht aus den Bearbeitungszellen automatisiert abgeführt werden kann.

Bei der Entwicklung bleifreier Messinglegierungen stellt insbesondere die Realisierung einer ausreichend guten Zerspanbarkeit eine wesentliche Herausforderung dar. Der Anforderung einer guten Zerspanbarkeit bei gleichzeitiger Bleifreiheit begegnet „DIEHL 432 PbF“ mit einem erhöhten Siliciumanteil. Die in der Mikrostruktur vorliegenden siliciumreichen κ - und γ -Phasen entwickeln eine

spanbrechende Wirkung und sind geeignet, die Funktion des Bleis zu übernehmen. Im **Bild 6** sind unterschiedliche Spanmorphologien abgebildet, die durch Variation der Zerspanungsparameter erreicht wurden. „DIEHL 432 PbF“ verfügt trotz seiner Bleifreiheit über einen kurz brechenden Span und eine gute Zerspanbarkeit. Die Erfahrung aus zerspanenden Betrieben, die bereits diese neue Legierung verarbeiten, zeigt, dass das Zerspanungsverhalten sogar noch verbessert werden kann, wenn Werkzeuge aus der Stahlbearbeitung eingesetzt werden.

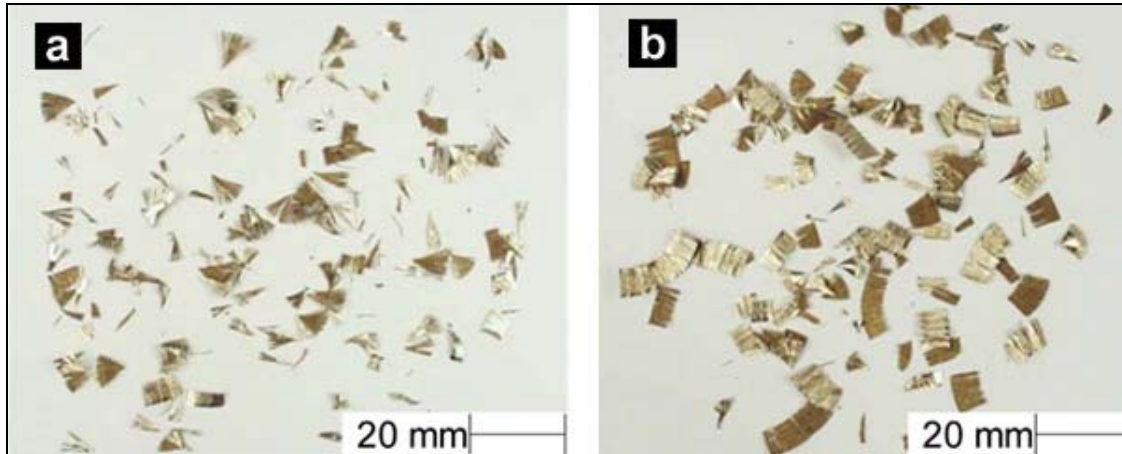


Bild 6: Unterschiedliche Zerspanungsparameter führen zur Ausbildung unterschiedlicher Spänemorphologien: Der Span der Legierung „DIEHL 432 PbF“ ist kurz brechend und somit automatisiert abzuführen.

- a) Bohrer: Dmr. 25 mm, Drehzahl: 1500 1/min, Vorschub: 300 mm/min
- b) Bohrer Dmr. 16,5 mm, Drehzahl: 2300 1/min, Vorschub: 450 mm/min

Korrosionsbeständigkeit

Im Allgemeinen gelten Messingwerkstoffe unter atmosphärischen Bedingungen sowie in neutralen oder alkalischen Medien aufgrund des hohen Legierungsanteils an Kupfer als wenig anfällig für korrosive Angriffe. Bei einigen Messingen tritt jedoch unter bestimmten Bedingungen Entzinkung auf. Entzinkung ist eine auf Messing beschränkte Art selektiver Korrosion.

Die Entzinkungsbeständigkeit der Legierung „DIEHL 432 PbF“ wurde nach ISO 6509 geprüft und im Vergleich mit der DIN EN 1982 nachgewiesen. Dabei wurde eine Werkstoffprobe bei 75 °C für 24 h in einer wässrigen Cu(II)-chloridlösung einem Entzinkungsangriff ausgesetzt (**Bild 7**).

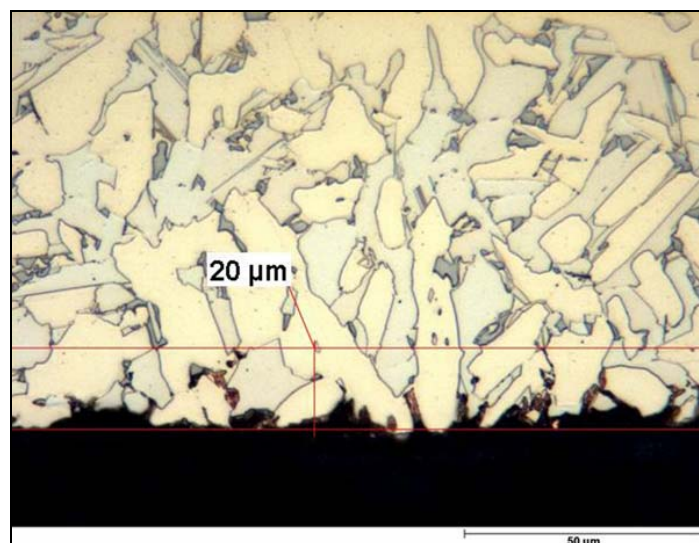


Bild 7: Korrosionstest auf Entzinkungsbeständigkeit nach ISO 6509: Mit einer maximalen Entzinkungstiefe von 20 µm und einer mittleren Entzinkungstiefe von 5 µm weist „DIEHL 432 PbF“ eine sehr gute Entzinkungsbeständigkeit auf.

Zusammenfassung

Die außergewöhnlich guten mechanischen Eigenschaften der neu entwickelten Legierung „DIEHL 432 PbF“ beruhen im Wesentlichen auf einem Mischkristallhärtungseffekt. Die gute Zerspanbarkeit ist im hohen Anteil an festen κ - und γ -Phasen begründet. In Kombination mit den sehr guten Korrosions-, Formfüllungs- und Fließeigenschaften eröffnen die hohe Festigkeit der Legierung dem Konstrukteur neue Freiheitsgrade hinsichtlich einer nun möglichen dünnwandigeren Bauteilauslegung. Dies kann in bestimmten Anwendungen zusätzliches Leichtbaupotenzial erschließen, weitergehende Bauraumoptimierung ermöglichen und aufgrund der Materialeinsparung zu Kostenvorteilen führen. Darüber hinaus lässt auch die sehr gute Zerspanbarkeit zusätzliche Kosteneinsparungen – insbesondere im Wettbewerb mit weniger gut zerspanbaren Werkstoffen wie bestimmten Stahlgussorten – erwarten.

In der Summe ihrer Eigenschaften ist die neue Legierung „DIEHL 432 PbF“ eine interessante Alternative zu etablierten Gusswerkstoffen auch über den klassischen Messingbereich hinaus, die die Möglichkeit bietet, weitergehendes Anwendungspotenzial zu erschließen.



Bild 8: Logo CUPHIN des Markennamen der Legierung „DIEHL 432 PbF“ und „DIEHL 430 PbF“ für Trinkwasserapplikationen

Speziell für Anwendungen in Trinkwasser führenden Systemen wird die Legierung „DIEHL 432 PbF“ sowie der verwandte Knetwerkstoff „DIEHL 430 PbF“ unter dem Markennamen CUPHIN angeboten (**Bild 8**). Aufgrund des Verzichts von potenziell gesundheitsschädlichen Legierungsbestandteilen wie Blei oder Nickel eignen sich CUPHIN-Werkstoffe hervorragend für Anwendungsbereiche, die besondere Anforderungen an Hygiene, Bioverträglichkeit und körperliches Wohlergehen stellen.

*Dr.-Ing. Volker Bräutigam, Dr.-Ing. Martin Kautz, Dr.-Ing. Norbert Gaag und Jürgen Geise,
Diehl Metall Stiftung und Co. KG, Röthenbach*

www.diehlmetall-messing.de