

INTERNATIONAL ALUMINIUM JOURNAL



© DGS

SPECIALS: DIE CASTING AND SUSTAINABILITY

DGS equips production plants worldwide with energy-efficient exhaust air technology

Bühler introduces strongest die-casting machines worldwide

Rath AG – full-range supplier of refractory solutions for aluminium melting furnaces

Properzi's CO₂ntinuous Green Ingot for a smaller carbon footprint

Speira relies on battery storage from EDF Renewables

After record prices for aluminium – what next?

Neues Herstellungsverfahren einer Wolframlegierung ermöglicht additive Fertigung komplexer Bauteile

Wolframlegierungen (W_{Ni}Fe/W_{Ni}Cu) werden wegen ihrer Korrosionsbeständigkeit gegen Metallschmelze und ihrer hohen thermischen Leitfähigkeit für Kokillengussverfahren von Aluminium genutzt. Doch auch in der Werkzeugherstellung und zur Abschirmung von Alpha- und Gammastrahlung kommt das Schwermetall mit der vergleichbaren Dichte wie Gold zum Einsatz. Allerdings besitzt Wolfram mit rund 3400 °C den höchsten Schmelzpunkt aller chemischen Elemente und ist deshalb sowie aufgrund seiner Mohshärte von 7,5 nur sehr schwer zu bearbeiten. Infolgedessen muss für Bauteile mit komplexeren Formen, wie etwa Kurven oder konische Bohrungen, häufig auf den einfacher modellierbaren Warmarbeitsstahl ausgewichen werden. Um die Verwendung von Wolfram auch für jene anspruchsvolleren Geometrien zu ermöglichen und so die Effizienz und Langlebigkeit der Bauteile zu erhöhen, hat die Bayerische Metallwerke GmbH ein neues Herstellungsverfahren für die Wolframlegierungen W_{Ni}Fe sowie W_{Ni}Cu entwickelt und Anfang 2021 patentieren lassen. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass die mehrphasige Mischkristall-Legierung in einer Pulverform gewonnen wird, die sich als Ausgangsmaterial für 3D-Druck- und Beschichtungsverfahren eignet. →

Newly manufacturing process of a tungsten alloy enables additive manufacturing of complex components

Tungsten alloys (W_{Ni}Fe / W_{Ni}Cu) are used because of their corrosion resistance against molten metal and high thermal conductivity for chill-mould casting processing of aluminium. Yet, also in tool manufacture and for shielding from alpha and gamma radiation, the heavy metal with its density comparable to gold is used. However, at around 3400 °C, tungsten has the highest melting point of all

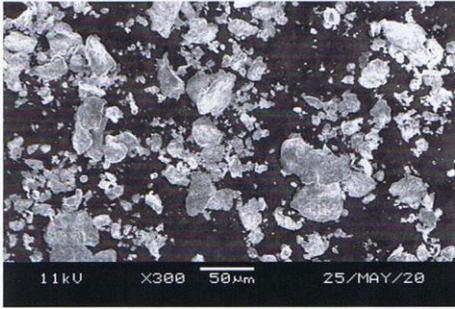
chemical elements and is therefore very difficult to work with, as well as due to its Mohs hardness of 7.5. As a result, components with more complex shapes, such as curves or conical bores, often have to be switched to hot-work tool steel, which is easier to form. In order to enable the use of tungsten for those more demanding geometries and thus to increase the efficiency and longevity of the components,



© Gesellschaft für Wolfram Industrie mbH

Um die Verwendung von Wolfram auch für anspruchsvollere Geometrien zu ermöglichen, hat die Bayerische Metallwerke GmbH ein neues Herstellungsverfahren für eine Wolframlegierung entwickelt und Anfang 2021 patentieren lassen / In order to enable the use of tungsten for more demanding geometries, Bayerische Metallwerke GmbH developed a new manufacturing process for a tungsten alloy and patented it in early 2021

Bayerische Metallwerke GmbH has developed a new manufacturing process for the tungsten alloys W_{Ni}Fe and W_{Ni}Cu and patented it in early 2021. This is characterized by the fact that the multiphase mixed crystal alloy is obtained in a powder form that is suitable as a starting material for 3D printing and coating processes. →



Das neue Herstellungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die einphasige Wolfram-Nickel-Eisen-Legierung in Pulverform gewonnen wird, das sich als Ausgangsmaterial für 3D-Druck- und Beschichtungsverfahren eignet / The new manufacturing process is characterised by the fact that the single-phase tungsten-nickel-iron alloy is obtained in powder form, which is suitable as a starting material for 3D printing and coating processes

„Aufgrund seiner Beständigkeit gegen Korrosion und Erosion von Metallschmelzen sowie der hervorragenden thermischen Leitfähigkeit ist Wolfram das Material erster Wahl im Bereich Aluminiumguss“, so Nabil Gdoura, F&E-Ingenieur bei den Bayerische Metallwerken. „Die sehr hohe Dichte von 19,25 g/cm³ in der Reinform macht es aber auch zu einer guten Alternative zum gesundheitsschädlichen Blei, das bspw. in der Medizin nach wie vor zur Strahlenabschirmung verwendet wird.“

Bei den in der Aluminiumverarbeitung genutzten Gussformen (Kokillen) werden häufig zwar lange, aber zugleich sehr dünne und mitunter auch konisch geformte Kühlkanäle von weniger als 1 mm Durchmesser angestrebt, um eine möglichst gleichmäßige und schnelle Wärmeabfuhr zu gewährleisten. Andernfalls kann die Materialqualität des Endprodukts etwa durch Rissbildungen negativ beeinflusst werden. Solch präzise und teilweise geschwungene Formen sind allerdings unmöglich mittels herkömmlicher, spanender oder umformender Bearbeitungstechniken aus dem harten Schwermetall modellierbar, dessen extrem hoher Schmelzpunkt zwischen 3387 und 3422°C liegt. Deshalb muss für diese komplexen Bauteile in den genannten Verwendungszwecken bislang auf Warmarbeitsstahl ausgewichen werden, der mithilfe von 3D-Druck-Techniken in nahezu jede gewünschte Form gebracht werden kann.

Neue Wolframlegierung in Pulverform geeignet für 3D-Druck

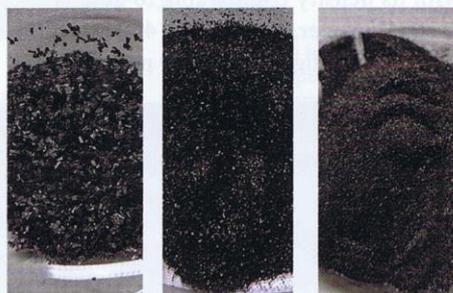
Nach dem Abschluss der zweijährigen Entwicklungsphase haben die Bayerischen Metallwerke Anfang 2020 ein Patent für ihr neues Herstellungsverfahren eines Wolframlegierungsprodukts und dessen Weiterverwendung beantragt, das schließlich im Januar dieses

Jahres erteilt wurde. „Die Besonderheit an unserer Wolfram-Nickel-Eisen-Legierung ist, dass wir sie in Form eines vorlegierten Pulvers gewinnen“, erläutert Hany Gobran, F&E-Manager im Unternehmen und Erfinder der Herstellungstechnik. „Dieses eignet sich als Ausgangsprodukt für 3D-Druck- und Beschichtungsverfahren.“

In Ermangelung einer Alternative wurde bislang lediglich ein gemischtes Pulver verwendet, um Wolfram auch für Bauteile mit komplexen Geometrien nutzbar zu machen. Der größte Nachteil solcher Mischungen ergibt sich jedoch aus den unterschiedlichen Schmelzpunkten von Wolfram (ca. 3400 °C) sowie von Nickel und Eisen, die beide ihren Aggregatzustand schon bei etwa 1500°C ändern. Dies hat zur Folge, dass ein großer Teil der beiden zugesetzten Stoffe während des Schmelzvorgangs in der Weiterverarbeitung unkontrolliert verdampft. Denn der Siedepunkt von Nickel und Eisen liegt bereits bei rund 2700 °C bzw. 3000 °C.

Dank der Vorlegierung in dem von Gobran entwickelten Verfahren sind in jedem einzelnen Pulverpartikel dagegen alle drei Elemente als mehrphasiges Material verbunden, sodass ihre Zusammensetzung und Verteilung im Endprodukt genau kontrolliert werden kann und kein Verlust der Bindermetalle in Kauf genommen werden muss.

Entsprechend der gängigen normierten Varianten ist die neue Legierung mit 80 bis 98,5 Gew.-% Wolfram, 0,1 bis 15 Gew.-% Nickel und 0,1 bis 10 Gew.-% Eisen und/oder Kupfer herstellbar. Damit wird eine Dichte des Endprodukts von 17 bis 18,8 g/cm³ erreicht, die für Anwendungen in der Aluminiumindustrie, der Werkzeugfertigung und zur Alpha- und Gammastrahlenabschirmung er-



Bei dem Zerkleinerungsprozess im Rahmen des Herstellungsverfahrens können das Fließverhalten sowie die Korngröße des Pulvers zwischen 10 und 200 µm bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Legierung individuell für die angestrebte Art der Weiterverarbeitung vorbereitet

During the comminution process as part of the manufacturing process, the flow behaviour and the grain size of the powder between 10 and 200 µm can also be determined. In this way, the alloy is individually prepared for the desired type of further processing

“Due to its resistance to corrosion and erosion from molten metals as well as its excellent thermal conductivity, tungsten is the material of choice in the field of cast aluminium,” says Nabil Gdoura, R&D engineer at Bayerische Metallwerke. “The very high density of 19.25 g/cm³ in its pure form also makes it a good alternative to the harmful lead, which is still used for radiation shielding in medicine, for example.”

In the case of casting moulds, also known as chill-moulds, used in aluminium processing, the aim is often to have long but at the same time very thin and sometimes conically shaped cooling channels of less than 1 mm in diameter in order to ensure the most uniform and rapid heat dissipation possible. Otherwise, the material quality of the end product can be adversely affected by the formation of cracks. Such precise and sometimes curved shapes are impossible to model from the hard heavy metal, whose extremely high melting point is between 3387 and 3422°C, using conventional machining or forming processing techniques. Therefore, for these complex components for the purposes mentioned, it has so far been necessary to switch to hot-work steel, which can be brought into almost any desired shape with the help of 3D printing techniques.

New tungsten alloy in powder form suitable for 3D printing

After completing the two-year development phase, Bayerische Metallwerke applied for a patent for their new manufacturing process for a tungsten alloy product and its further use at the beginning of 2020, which was finally granted in January of this year. “The special feature of our tungsten-nickel-iron alloy is that we obtain it in the form of a pre-alloyed powder,” explains Hany Gobran, R&D manager at the company and inventor of this kind of manufacturing technology. “This is suitable as a starting product for 3D printing and coating processes.”

In the absence of an alternative, only a mixed powder has so far been used to make tungsten usable for components with complex geometries. The main disadvantage of such mixtures, however, results from the different melting points of tungsten (around 3400°C) and of nickel and iron, both of which change their physical state at around 1500°C. As a result, a large part of the two added substances evaporates in an uncontrolled manner during the melting process in the further processing process. This is because the boiling points of nickel and iron are already

around 2700°C and 3000 °C respectively.

Thanks to the pre-alloying in the process developed by Gobran, on the other hand, all three elements are combined as a multiphase material in each individual powder particle, so that their composition and distribution in the end product can be precisely controlled and no loss of the binder metals has to be accepted.

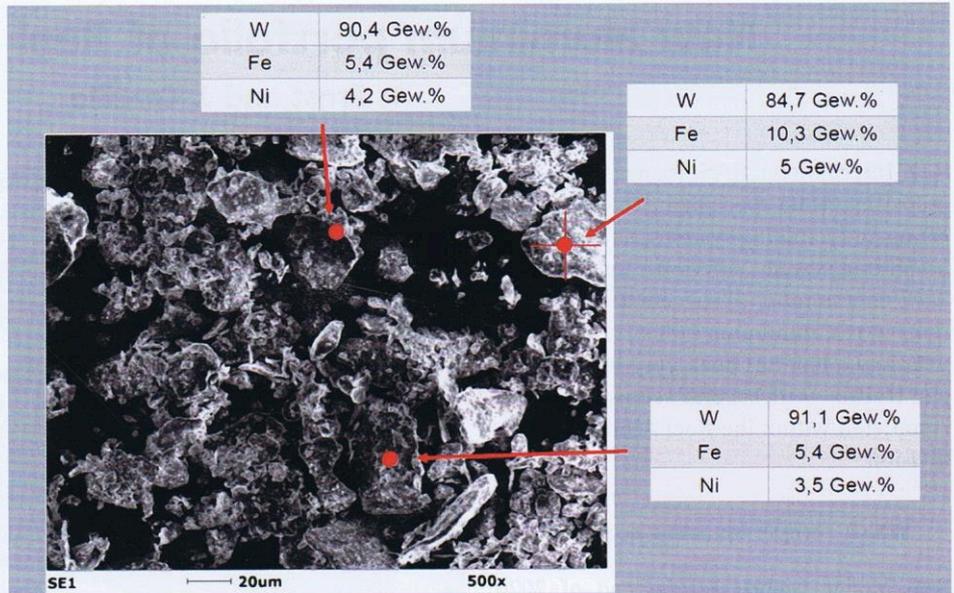
According to the common standardized variants, the new alloy can be produced with 80 to 98.5% (weight) tungsten, 0.1 to 15% (weight) nickel and 0.1 to 10% (weight) iron and/or copper. This achieves a density of the end product of 17 to 18.8 g/cm³, which is desirable for applications in the aluminium industry, tool manufacture and for alpha and gamma radiation shielding. "The higher the proportion of tungsten in the end product, the more resistant it is to molten aluminium and the better its thermal conductivity," explains Gobran. "If, on the other hand, good ductility and mechanical machinability play a greater role, the proportion of tungsten in the alloy can also be reduced accordingly. The composition can therefore always be adapted to the specific application and the respective complexity of the shape."

During the comminution process as part of the manufacturing process, the flow behaviour and the grain size of the powder between 10 and 200 µm can also be determined. In this way, the alloy is individually prepared for the desired type of further processing – such as plasma coating processes or additive manufacturing.

New manufacturing process enables materials to be upcycled

If, for example, the hot-work steel previously used for thin and conical cooling channels in cast aluminium chill-moulds is replaced by the tungsten alloy developed by Gobran, the application benefits not only from the heavy metal's resistance to corrosion and erosion. Compared to steel, tungsten also has the advantage of much higher thermal conductivity, so that the wear on the chill-moulds can be massively reduced. Due to its higher density, the alloy product is also an alternative to poisonous lead, which is used not only for radiation shielding, but also as a stabilizer – for example in the tool industry.

"Another special feature of our alloy is that we can make the powder from scraps or chips," adds Gdoura. "This is a big step forward from both an economic and environmental perspective, as it allows us to recycle and upcycle waste products from conventional processes."



Dank der Vorlegierung sind in jedem einzelnen Pulverpartikel die drei Elemente Wolfram, Nickel und Eisen als einphasiges Material verbunden, sodass ihre Zusammensetzung und Verteilung im Endprodukt genau kontrolliert sowie gesteuert werden kann und kein Verlust der Bindermetalle in Kauf genommen werden muss / Thanks to the master alloy, the three elements tungsten, nickel and iron are combined as a single-phase material in each individual powder particle, so that their composition and distribution in the end product can be precisely monitored and controlled and no loss of the binder metals has to be accepted

wünscht ist. „Je höher der Anteil von Wolfram im Endprodukt ist, desto beständiger verhält es sich gegenüber der Aluminiumschmelze und desto besser gestaltet sich auch seine thermische Leitfähigkeit“, führt Gobran aus. „Spielt dagegen eine gute Duktilität sowie die mechanische Bearbeitbarkeit eine größere Rolle, kann der Wolframanteil in der Legierung auch entsprechend gesenkt werden. Die Zusammensetzung ist also stets an die konkrete Anwendung und die jeweilige Formkomplexität anpassbar.“

Bei dem Zerkleinerungsprozess im Rahmen des Herstellungsverfahrens können au-



Solch präzise und teilweise geschwungene Formen komplexer Bauteile sind unmöglich mittels herkömmlicher, spanender oder umformender Bearbeitungstechniken aus dem harten Schwermetall modellierbar, dessen extrem hoher Schmelzpunkt zwischen 3387 und 3422 °C liegt / Such precise and sometimes curved shapes are impossible to form from the hard heavy metal, whose extremely high melting point is between 3387 and 3422 °C, using conventional machining or forming processing techniques

ßerdem das Fließverhalten sowie die Korngröße des Pulvers zwischen 10 und 200 µm bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Legierung individuell für die angestrebte Art der Weiterverarbeitung – etwa Plasma-Beschichtungsverfahren oder additive Fertigung – vorbereitet.

Neues Herstellungsverfahren ermöglicht Upcycling der Materialien

Ersetzt man etwa den für dünne und konisch geformte Kühlkanäle in Aluminiumgusskokillen bislang verwendeten Warmarbeitsstahl durch die von Gobran entwickelte Wolframlegierung, so profitiert die Anwendung nicht nur von der Korrosions- und Erosionsbeständigkeit des Schwermetalls. Gegenüber Stahl hat Wolfram außerdem den Vorteil der weit aus höheren thermischen Leitfähigkeit, sodass der Verschleiß der Kokillen massiv reduziert werden kann. Aufgrund seiner höheren Dichte bietet sich das Legierungsprodukt außerdem als Alternative zum Blei an, das nicht nur zur Strahlenabschirmung, sondern auch als Stabilisator, etwa in der Werkzeugindustrie, genutzt wird.

„Eine weitere Besonderheit unserer Legierung ist, dass wir das Pulver aus Reststücken oder Spänen herstellen können“, so Gdoura. „Das ist sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus umweltbewusster Perspektive ein großer Fortschritt, da wir so Abfallprodukte aus herkömmlichen Verfahren in den Wertstoffkreis zurückführen und upcyclen können.“