

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/17767 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B32B 15/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/07045

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2000 (22.07.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 42 234.6 3. September 1999 (03.09.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): KRUPP VDM GMBH [DE/DE]; Plettenberger Strasse 2, D-58791 Werdohl (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLÖWER, Jutta [DE/DE]; Westerweg 36, D-58675 Hemer (DE). BRUNE, Katja [DE/DE]; Heidestrasse 8, D-58119 Hagen (DE).

(74) Anwalt: CICHY, Wolfgang; Krupp VDM GmbH, Wilhelmstrasse 76, D-58256 Ennepetal (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING MULTI-PHASE COMPOSITE MATERIALS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON MEHRPHASEN-VERBUNDWERKSTOFFEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing heat and corrosion-resistant austenitic steel, nickel alloys and cobalt alloys. Said method enables the production of austenitic materials with a significantly higher aluminium content in the border area, in comparison to those in prior art and thus with both a significantly greater heat-resistance and a significantly greater abrasion-resistance.

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Herstellung von hitze- und korrosionsbeständigen austenitischen Stählen, Nickellegierungen und Kobaltlegierungen, welches die Darstellung von austenitischen Werkstoffen mit einem gegenüber dem Stand der Technik deutlich höheren Aluminiumgehalt im Randbereich und damit einer deutlich erhöhten Hitzebeständigkeit und deutlich höherer Abrasionsbeständigkeit ermöglicht.



WO 01/17767 A2

Verfahren zur Herstellung von Mehrphasen-Verbundwerkstoffen

Als Trägerfolien in Automobilabgaskatalysatoren, als elektrische Heizleiter, als Komponenten in Industrieöfen, im Anlagenbau und in Gasturbinen werden oft aluminiumhaltige Nickelbasislegierungen und Edelstähle wegen ihrer ausgezeichneten Oxidationsbeständigkeit und wegen ihrer Warmfestigkeit eingesetzt. Typische Beispiele sind Nickelbasislegierungen mit 1 bis 3 Masse% Aluminium und 15 bis 30 % Chrom wie sie durch die Werkstoffe 2.4633 und 2.4851 (DIN Werkstoffnummer) und UNS 07214 (Unified Numbering System der ASTM) definiert sind. Bei hohen thermischen Beanspruchungen und/oder geringen Wanddicken reicht jedoch der Aluminiumgehalt in diesen Werkstoffen nicht aus, um über einen langen Zeitraum eine Aluminiumoxidschicht auszubilden. Es bilden sich dann lokal Chromoxide, die bei hohen Temperaturen zu lokaler Korrosion führen. Darüber hinaus dampfen Chromoxide bei Temperaturen oberhalb von 1000 °C ab und können z. B. in Industrieöfen zu einer Kontamination des Glühgutes führen.

Eine Anhebung des Aluminiumgehaltes in Knetlegierungen auf mehr als 5 Masse% war bisher wegen der mit einem hohen Aluminiumgehalt verbundenen Umformprobleme nicht möglich. Die z. B. in G. Sauthoff, „Intermetallics“, VCH Weinheim, beschriebenen Entwicklungen der hochaluminiumhaltigen „Aluminide“ mit bis zu 25 Masse% Aluminium führten zwar zu Werkstoffen mit den gewünschten hohen Aluminiumgehalten; diese Werkstoffe haben jedoch andere Nachteile, wie z. B. eine geringe Warmfestigkeit und eine sehr schlechte Kalt- und Warmumformbarkeit.

Die Notwendigkeit hoher Aluminiumgehalte zur Gewährleistung einer ausreichenden Hochtemperatur- und Korrosionsbeständigkeit führte auf der anderen Seite zur Entwicklung von aluminiumhaltigen Schutzschichten (NiCrAlY-Schichten), die beispielsweise zur Beschichtung von

Hochtemperaturkomponenten in Gasturbinen eine weite Verbreitung gefunden haben. Beschichtete Werkstoffe sind jedoch als Halbzeuge nicht verarbeitbar, so daß diese nur begrenzt einsetzbar sind.

Zur Umgehung dieser Probleme wird in EP 0511 699 B1 ein Verfahren zur Herstellung aluminiumlegierter Eisen-Chrom-Folien beschrieben, in dem ein Fe-Cr-Stahl mit einer dünnen Schicht aus Aluminium versehen wird. Der so entstandene Verbundwerkstoff wird an die gewünschte Endabmessung oder an eine Zwischenabmessung gewalzt, wobei der endgültige, homogene Werkstoff durch eine Diffusionsglühung eingestellt wird.

Die US-A-5,336,139 beschreibt ein Verfahren, bei dem ein Verbundwerkstoff durch Walzplattieren mit Aluminium hergestellt wird.

Ein ähnliches Verfahren, mit etwas anderer Legierungszusammensetzung beschreibt die EP 0 861 916 A1.

Die DE 196 52 399 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Eisen-Chrom-Aluminiumlegierungen für Katalysator- und Heizleiterfolien, in dem ein Eisen-Chrom-Band mit einer Aluminium-Silizium-Legierung feueraluminiiert wird und nach dem Walzen an End- oder Zwischenabmessung durch eine Diffusionsglühung ein neuer, aluminiumhaltiger Werkstoff gebildet wird.

Diese Verfahren sind geeignet, wenn es sich bei dem Basismaterial um eine ferritische Eisenbasislegierung handelt. Ferritische Werkstoffe verfügen jedoch oft nicht über eine für viele Hochtemperaturanwendungen erforderliche Warmfestigkeit. Ist eine hohe Warmfestigkeit in Verbindung mit einer guten Hitzebeständigkeit gefordert, so müssen austenitische Stähle oder Nickelbasislegierungen eingesetzt werden. Austenitische Werkstoffe können jedoch bisher nicht mit derartigen Verfahren hergestellt werden, da die

Diffusionsglühung bei einer Temperatur durchgeführt werden muß, bei der es bereits zu einem Aufschmelzen der Aluminiumauflage kommt.

Der Erfindung liegt demzufolge die Aufgabe zugrunde, ein wirtschaftliches Verfahren zu entwickeln, mit dem sich zur Darstellung hitzebeständiger austenitischer Werkstoffe hohe Aluminiumgehalte realisieren lassen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes mit hoher Hitze- und Abrasionsbeständigkeit, indem ein Grundwerkstoff aus einer austenitischen Nickel-, Kobalt- oder Eisenbasislegierung ein- oder beidseitig mit einer Zwischenschicht aus einem ferritischen, einen Chromgehalt zwischen (in Gew.-%) 8 und 25 % beinhaltenden, Chromstahl versehen wird, auf welche ein- oder beiseitig eine Schicht aus Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung aufgebracht wird, und dieser aus Grundwerkstoff, Zwischenschicht und Aluminiumauflage gebildete Werkstoffverbund durch Kalt- und/oder Warmformgebung an die gewünschte Zwischen- oder Endabmessung gebracht und anschließend bei einer Temperatur oberhalb von 600°C diffusionsgeglüht wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den zugehörigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch ausgezeichnet, dass eine Zwischenschicht aus einem ferritischen Chromstahl mit einem Chromgehalt zwischen 8 und 25 Masse% zwischen der Aluminiumauflage und dem Grundwerkstoff aufgebracht wird. Es hat sich überraschend gezeigt, daß bei Verwendung einer Zwischenlage aus einem ferritischem Chromstahl das Aluminium zunächst in die Zwischenschicht eindringt und dort sofort hochschmelzende Eisen-Aluminium und Eisen-Chrom und Eisen-Chrom-Aluminium-Verbindungen bildet, bevor ein Aufschmelzen des Aluminiums

erfolgt. Die Diffusionsglühung kann so bei Temperaturen oberhalb von 600 °C erfolgen.

Die Zwischenschicht kann aus einem Blech, Band, Folie oder, im Falle runder Querschnitte, aus einem Rohr bestehen. Es ist auch möglich, Zwischenschicht und Aluminiumauflage zu kombinieren, indem zunächst ein Chromstahl durch Feualuminieren oder Plattieren mit einer Aluminiumauflage beschichtet wird und dieser Zweiphasenverbund dann auf den Grundwerkstoff plattiert wird. Alternativ kann der Verbund aus Grundwerkstoff und Chromstahl oder der Verbund aus Aluminium und Chromstahl auch direkt im Stranggießverfahren hergestellt werden. Die Dicke von Zwischenlage aus Chromstahl, Grundwerkstoff und Aluminiumschicht wird jeweils nach gewünschter Dicke und gewünschten Eigenschaften der aluminiumreichen Randschicht bestimmt.

Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist auch, dass sich Sonderlegierungselemente, zum Beispiel sauerstoffaffine Elemente, die die Hitzebeständigkeit und die Haftung der schützenden Oxidschichten verbessern (Yttrium, Hafnium, Zirkonium, Titan, Silizium, Cer, Lanthan) in die Zwischenlage einbringen lassen und damit oberflächennah zur Verfügung stehen.

Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist ebenfalls, dass sich durch Wahl geeigneter Kombinationen aus Grundwerkstoff, Zwischenschicht und Auflagewerkstoff Werkstoffe mit einem weitem Spektrum von Eigenschaftskombinationen herstellen lassen. So können besondere Anforderungen an die Festigkeit und an physikalische Eigenschaften des Grundwerkstoffes mit besonderen Anforderungen an Oberflächeneigenschaften wie Härte, Korrosionsbeständigkeit und Abrasionsbeständigkeit kombiniert werden.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, Bleche oder Rohre mit einseitiger Aluminiumanreicherung herzustellen. Hieraus ergibt

sich die Möglichkeit, Halbzeuge für solche Komponenten zu erzeugen, bei denen wegen unterschiedlicher Prozessmedien auf beiden Seiten (z. B. in Wärmetauschern) unterschiedliche Anforderungen an den Werkstoff gestellt werden.

Neben der Herstellung von Halbzeugen in Form von Blechen, Bändern, Folien, Rohren, Stangen und Drähten kann der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff eingesetzt werden für Werkzeuge zum Trennen, Schneiden und Mahlen.

Darüber hinaus sind Anwendungsgebiete im Kraftfahrzeugbau, bei Schiffsmotoren und Flugzeugtriebwerken sowie im Industrieofen- und Anlagenbau gegeben, in denen der Verbundwerkstoff als Halbzeuge zum Einsatz gebracht wird.

Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen Ausführungsbeispiele für die Herstellung eines Mehrphasenverbundwerkstoffes mit hohem Aluminiumgehalt, wie sie in den folgenden Beispielen näher erläutert werden.

Beispiel 1:

Herstellung eines hochhitzebeständigen und hochwarmfesten Werkstoffes durch beidseitiges Plattieren (oder Feualuminieren) einer warmfesten Nickelbasislegierung mit Aluminium oder Aluminium-Silizium.

Abb. 1 zeigt den Aufbau der verschiedenen Werkstoffe vor der Diffusionsglühung. Die Dicken von Grundwerkstoff, Zwischenlage und Aluminiumauflage werden je nach gewünschtem Verhältnis von aluminiumreicher Zone und Grundwerkstoff festgelegt. Die Zwischenlage besteht aus einem Chromstahl mit einem Chromgehalt zwischen 8 und 25 Masse %. Die Aluminiumauflage besteht aus einer Aluminium-Siliziumlegierung oder aus Reinaluminium.

Im Beispiel wurde ein Verbundwerkstoff bestehend aus einem feualuminierten Chromstahl (Fe-Cr18) mit Zusätzen von Yttrium und Hafnium als Plattierauflage gewählt.

Die einzelnen Schichten des Werkstoffverbundes werden durch Kaltwalzen miteinander verbunden. Das Kaltwalzen erfolgt an die gewünschte Endabmessung oder eine Zwischenabmessung mit oder ohne Zwischenglühung.

Bei der Diffusionsglühung bei einer Temperatur von etwa 1100 °C dringt das Aluminium vollständig in die Zwischenlage und teilweise in den Grundwerkstoff ein. Zwischen Grundwerkstoff und Auflage entsteht eine Verbindung, wie in Abb. 2 dargestellt. Auftretende Diffusionsporen in der Grenzfläche können durch eine weitere Umformung beseitigt werden.

Die Breite der aluminiumreichen Zone wird durch Zeit und Temperatur für die Diffusionsglühung festgelegt.

Für dieses Verfahren bieten sich insbesondere hochwarmfeste und hitzebeständige Legierungen mit unzureichender Zunderbeständigkeit bei sehr hohen Temperaturen an. Hierzu gehören alle Nickel- und Kobaltbasislegierungen, die Chromoxidschichten bei hohen Temperaturen bilden wie die Werkstoffe 2.4816, 2.4855, 2.4663, 2.4856, 2.4665, 2.4665. 2.4964, 2.4683 und 2.4650 an (Angaben: DIN-Werkstoffnummern).

Beispiel 2:

Herstellung eines hochhitzebeständigen und hochwarmfesten Werkstoffes durch beidseitiges Plattieren oder Feualuminieren eines Edelstahles mit Aluminium oder Aluminium-Silizium.

Die Herstellung des Werkstoffes durch Kaltwalzen und Glühen des Werkstoffverbundes erfolgt wie unter Beispiel 1 beschrieben.

Für das ein- oder beidseitige Plattieren von Edelstählen bieten sich zum Beispiel warmfeste Stähle vom Typ 1.4876 an, deren Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit in heißen Prozessgasen durch die aluminiumhaltige Randzone signifikant verbessert wird.

Beispiel 3:

Herstellung eines korrosions- und hitzebeständigen Verbundwerkstoffes durch einseitiges Plattieren oder Aluminieren eines korrosionsbeständigen Werkstoffes mit Aluminium oder Aluminium-Silizium.

Die Herstellung des Werkstoffes durch Kaltwalzen und Glühen des Werkstoffverbundes erfolgt wie unter Beispiel 1 beschrieben.

Das einseitige Plattieren von korrosionsbeständigen Werkstoffen gem. Abb. 3 kommt in Frage für Halbzeuge aus typischen korrosionsbeständigen Edelstählen, Reinnickel, Ni-Cu-Legierungen und Nickelbasislegierungen, die auf einer Seite einem aggressiven wäßrigem Medium (Säuren oder Alkalien, Seewasser) und auf der anderen Seite einem heißen Prozessgas ausgesetzt sind. Die aluminiumreiche Randschicht schützt den korrosionsbeständigen Werkstoff auf der Prozessgasseite gegen Hochtemperaturkorrosion.

Beispiel 4:

Herstellung eines Fe-Ni-Werkstoffes mit geringem Ausdehnungskoeffizienten bei gleichzeitig hoher Hitzebeständigkeit. Nach dem beschriebenen Verfahren ist es möglich, Halbzeuge aus Werkstoffen vom Typ Fe-Ni36 (1.3912) zu erzeugen, welche auch bei hohen Temperaturen noch einsetzbar ist. Üblicherweise ist die Verwendbarkeit dieser Werkstoffe auf Temperaturen unterhalb von 600 °C beschränkt.

Die Herstellung des Werkstoffes durch Kaltwalzen und Glühen des Werkstoffverbundes erfolgt wie unter Beispiel 1 beschrieben.

Beispiel 5:

Herstellung eines Halbzeuges mit rundem Querschnitt (Rohr oder Stange) mit hohem Aluminiumgehalt im oberflächennahen Bereich durch einseitiges Aufbringen von Aluminium oder Aluminium-Silizium auf einen korrosionsbeständigen, hitzebeständigen oder hochwarmfesten Werkstoff.

Die Herstellung eines Rohres oder einer Stange erfolgt durch die üblichen Verfahren der Rohr- oder Stangenfertigung (beispielsweise Strangpressen, Kalthämmern, Pilgern oder Ziehen) des in Abb. 4 dargestellten

Werkstoffverbundes aus Grundwerkstoff, Fe-Cr-Zwischenschicht und Aluminiumauflage. Die Diffusionsglühung erfolgt wie in Beispiel 1 beschrieben.

Für dieses Verfahren sind alle in den Beispielen 1-4 aufgeführten Werkstoffe geeignet.

Beispiel 6:

Herstellung dünner Folien aus einem hitzebeständigen und warmfesten Werkstoff durch ein- oder beidseitiges Aufbringen von Aluminium oder Aluminium-Silizium auf einen korrosionsbeständigen, hitzebeständigen oder hochwarmfesten Werkstoff.

Die Herstellung erfolgt wie unter Beispiel 1 beschrieben. Der Werkstoffverbund wird mit oder ohne Zwischenglühung an dünne Folien gewalzt. Die Diffusionsglühung wird, wie im Beispiel 1 angegeben, durchgeführt. Die Glühzeiten und Glühtemperaturen werden aber so gewählt, daß sich ein homogener Aluminiumgehalt über den gesamten Folienquerschnitt einstellt, mit Ausnahme einer dünnen Randzone mit erhöhtem Aluminiumgehalt.

Für dieses Verfahren sind alle in den Beispielen 1-4 beschriebenen Werkstoffe geeignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes mit hoher Hitze- und Abrasionsbeständigkeit, indem ein Grundwerkstoff aus einer austenitischen Nickel-, Kobalt- oder Eisenbasislegierung ein- oder beidseitig mit einer Zwischenschicht aus einem ferritischen, einen Chromgehalt zwischen (in Gew.-%) 8 und 25 % beinhaltenden, Chromstahl versehen wird, auf welchen ein- oder beiseitig eine Schicht aus Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung aufgebracht wird, und dieser aus Grundwerkstoff, Zwischenschicht und Aluminiumauflage gebildete Werkstoffverbund durch Kalt- und/oder Warmformgebung an die gewünschte Zwischen- oder Endabmessung gebracht und anschließend bei einer Temperatur oberhalb von 600°C diffusionsgeglüht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Zwischenschicht ein Blech, ein Band, eine Folie, oder im Falle runder Querschnitte ein Rohr eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht und die Aluminiumauflage kombiniert werden, dergestalt, daß zunächst der Chromstahl durch Feueraluminieren oder Plattieren mit der Aluminiumauflage beschichtet und dieser Zweiphasenverbund anschließend auf den Grundwerkstoff aufgebracht, insbesondere aufplattiert, wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbund aus Grundwerkstoff und Chromstahl oder der Verbund aus Chromstahl und Aluminium im Stranggießverfahren hergestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem ferritischen Chromstahl eines oder mehrere der sauerstoffaffinen Elemente Cer, Lanthan, Hafnium, Zirkonium, Silizium, Titan, Yttrium, Calcium oder Magnesium zugegeben wird bzw. werden, wobei die Summe dieser Elemente (in Gew.-%) 0,5 % nicht übersteigt.
6. Verwendung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von Halbzeugen in Form von Rohren, Bändern, Folien, Blechen, Stangen und Drähten.
7. Verwendung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von Werkzeugen zum Trennen, Schneiden und Mahlen.
8. Verwendung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von Halbzeugen für Kraftfahrzeuge, Schiffsmotoren und Flugzeugtriebwerken.
9. Verwendung des Verbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von Halbzeugen für den Einsatz im Industrieofen- und im Anlagenbau.

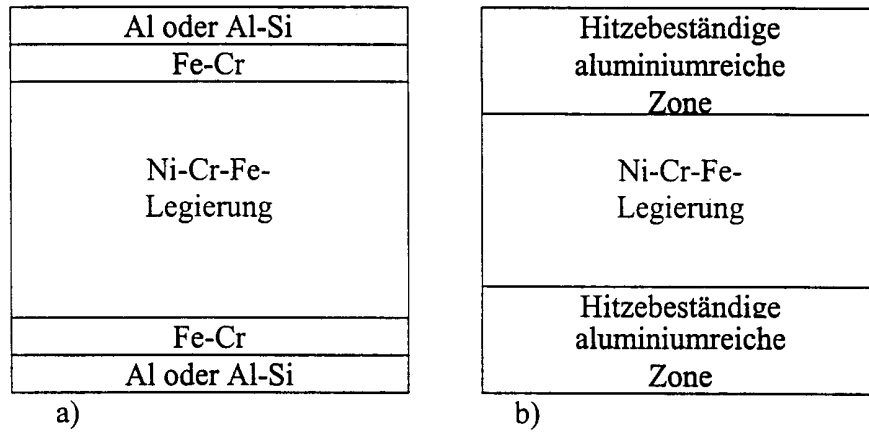


Abb. 1: Querschnitt (schematische Darstellung, nicht maßstabsgetreu) durch einen Verbundwerkstoff aus einer Nickelbasislegierung und einer Aluminiumauflage, Zwischenlage: Chromstahl mit 18 % Chrom und Zusätzen der reaktiven Elementen Hafnium, Yttrium und Zirkonium.

a) Vor der Diffusionsglühung b) nach der Diffusionsglühung

FIG. 1

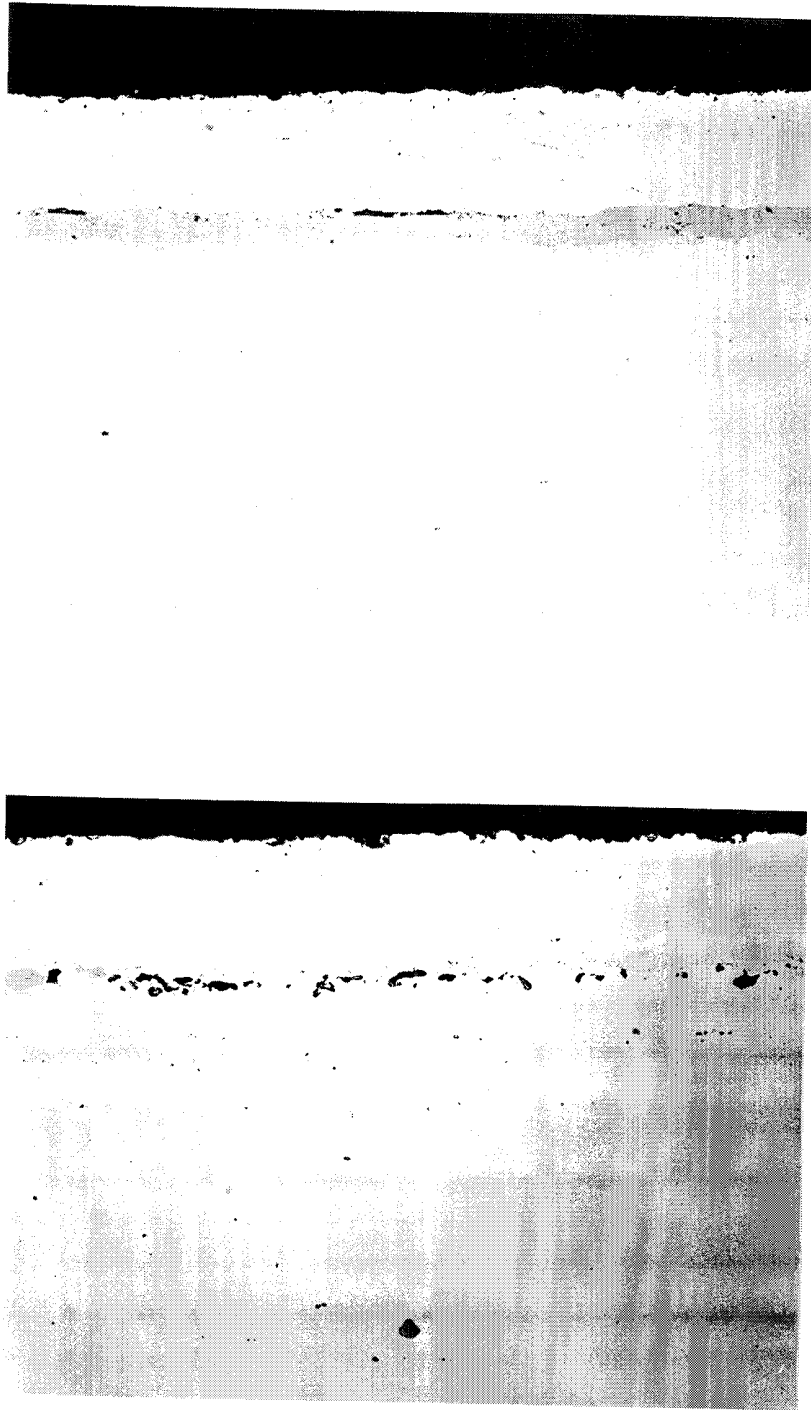


Abb. 2: Querschliffe durch eine mit einer Aluminium-Silizium-Legierung plattierte Nickelbasislegierung (hier: DIN-Werkstoff-Nr. 2.4816). Zwischenlage: ferritischer Chromstahl mit 18 Masse % Chrom und Zusätzen der reaktiven Elemente (Hf, Y, Zr).

a) vor der Wärmebehandlung

b) nach der Wärmebehandlung bei 1120 °C/60 Minuten

FIG. 2

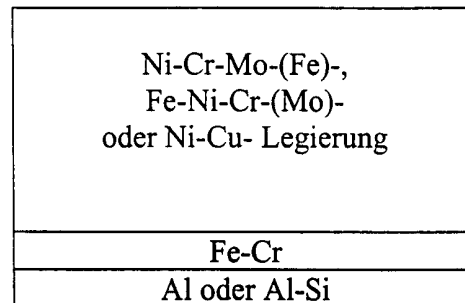


Abb. 3: Querschnitt (schematische Darstellung, nicht maßstabsgetreu) durch einen Verbundwerkstoff aus einer korrosionsbeständigen Legierung und einer einseitigen Aluminiumauflage. Zwischenlage: Ferritischer Chromstahl. Vor der Diffusionsglühung.

FIG. 3

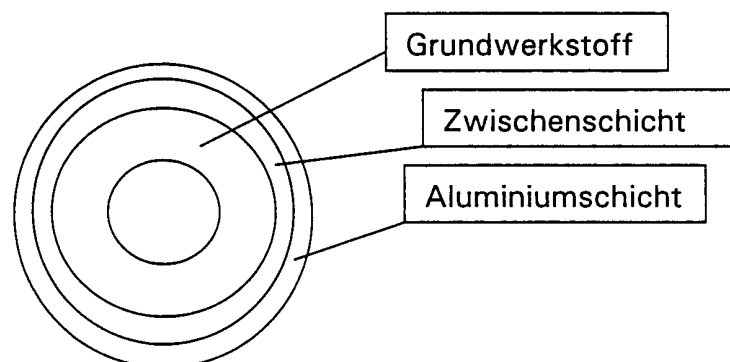


Abb. 4: Querschnitt (schematische Darstellung, nicht maßstabsgetreu) durch einen Verbundwerkstoff aus einer korrosionsbeständigen Nickelbasislegierung oder einem korrosionsbeständigen Edelstahl und einer Aluminiumauflage. Zwischenlage: Ferritischer Chromstahl mit 18 % Chrom. Vor der Diffusionsglühung.

FIG. 4