

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 845 542 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
25.09.2002 Patentblatt 2002/39

(51) Int Cl.7: **C22C 1/02**, B22D 21/04

(21) Anmeldenummer: **97110712.3**

(22) Anmeldetag: **01.07.1997**

(54) **Verfahren zur Herstellung von Aluminium Halbzeugen**

Process of manufacturing semi-finished products in aluminium

Procédé de fabrication de produits semi-finis en aluminium

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **27.11.1996 DE 19649015**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.06.1998 Patentblatt 1998/23

(73) Patentinhaber: **KS Aluminium Technologie
Aktiengesellschaft
74172 Neckarsulm (DE)**

(72) Erfinder:
• **Stenzel, Otto W., Dr.-Ing.
71543 Neuhütten-Wüstenrot (DE)**
• **Möding, Herbert, Dr.-Ing.
74177 Bad Friedrichshall (DE)**

(74) Vertreter: **Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker
Patentanwälte,
Postfach 10 37 62
70032 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 4 711 823

- **DATABASE WPI Section Ch, Week 9328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN 93-224527 XP002057693 & JP 05 148 563 A (NIPPON STEEL CORP)**
- **DATABASE WPI Section Ch, Week 9549 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M22, AN 95-380414 XP002057694 & JP 07 258 770 A (SUZUKI KK)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 845 542 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Werkstücken oder Halbzeugen aus einer verschleißarmen Aluminium-Legierung mit intermetallischen Phasen bildenden Zusätzen.

[0002] Die Herstellung von Werkstücken oder Halbzeugen aus einer verschleißarmen Aluminium-Legierung im Gießverfahren war seither qualitativ hochstehend nur bei dünnwandigen Werkstücken oder Halbzeugen möglich. Bei dickwandigen Werkstücken oder Halbzeugen mit größeren Abmessungen ergibt sich zwangsläufig eine sehr langsame Erstarrungsgeschwindigkeit mit der Folge, dass sich im inneren eines voluminösen Gußstücks sehr große Ausscheidungskristalle der intermetallischen Phasen ausbilden. Dies beeinträchtigt die Qualität des Gußstücks durch die homogene Gefügeausbildung. Handelt es sich bei dem Gußstück um ein Halbzeugprodukt, so werden diese großen Ausscheidungskristalle bei der nachfolgenden Umformung, etwa im Strangpress oder Walzprozess, gebrochen bzw. zerstört, was zu einer erheblichen Verringerung der Festigkeit des Werkstoffs führt.

[0003] Es war also bislang nicht möglich, bei der Herstellung dickwandiger Werkstücke oder Halbzeuge eine gleichmäßige sehr feinkörnige Ausscheidung von intermetallischen Hartphasen zu erreichen, wobei unter einer feinkörnigen Verteilung eine solche verstanden werden soll, bei der die Ausscheidungskristalle eine Korngröße von deutlich weniger als 80 µm, im bevorzugten Fall weniger als 20 µm aufweisen.

[0004] Es ist zwar bekannt, verhältnismäßig dickwandige Werkstücke durch eine sogenannte Sprühkompaktierung mit möglichst feinkörnigen Ausscheidungskristallen herzustellen. Dabei wird unter Verwendung einer aufwendigen unter Schutzgasatmosphäre arbeitenden Apparatur ein Strahl aus flüssiger Aluminium-Schmelze zerstäubt und auf einen entsprechenden Zielkörper aufgesprüht, bis das gewünschte Werkstück quasi Schicht für Schicht aufgebaut wurde. Die Durchführung des Verfahrens ist kompliziert, sehr teuer und mit einem hohem Gefahrenpotential verbunden.

[0005] Gemäß US-A-4,711,823 wird durch Zerstäuben einer Aluminiumlegierung ein Pulver mit Nichtaluminiumkomponenten einer Abmessung < 10 µm erhalten, und daraus wird ein Körper gebildet, der bei Temperaturen zwischen 330° und 520°C gesintert wird. Die Aluminiumlegierung kann Zusätze von Titan und Zirkonium enthalten; auch ist die Rede von einer Extrusion des Sinterkörpers. Es wird ferner ein Oberflächenbereich des Körpers mittels Laserstrahlen oder Plasmaschweißen extrem kurzzeitig aufgeschmolzen und wieder erstarrt, um eine Oberflächenhärtung zu erreichen.

[0006] JP-A-5 148 563 befasst sich mit der Herstellung von Elektrodenmaterial für Elektrolytkondensatoren, wobei als Ausgangsmaterial ein Aluminiumfolienmaterial mittels einer Kühlwalze hergestellt wurde und dabei feine dendritische intermetallische Ausscheidun-

gen gebildet wurden. Um glasige Phasen, d.h. amorph erstarrte Phasen der Aluminiummatrix in eine kristalline Form zu überführen, werden diese Folien zur weiteren Verarbeitung erschmolzen, wobei die intermetallischen Phasen noch nicht flüssig werden. Der Werkstoff wird dann auf einer Einzelwalze langsamer erstarrt, um eine kristalline Erstarrung der Aluminiummatrix der nach wie vor dünnen Folien zu erhalten. Hieraus werden dann Elektrolytkondensatoren hergestellt.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem auch dickwandige, voluminöse Werkstücke oder Halbzeuge aus einer verschleißarmen Aluminium-Legierung im Gießverfahren hergestellt werden können, die qualitativ hochstehend sind. Das Verfahren soll ferner die Herstellung von Halbzeugen ermöglichen, die sich in einem nachfolgenden Umformprozess zu Werkstücken formen lassen, ohne dass dabei durch Inhomogenitäten die positiven Eigenschaften des Gußwerkstoffs verloren gehen.

[0008] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in einem ersten Schritt eine Schmelze der Legierung in derart geringer Abmessung vergossen wird, dass eine so hohe Abkühlungsgeschwindigkeit erreicht wird, dass die sich bildenden Ausscheidungskristalle der intermetallischen Phasen homogen verteilt und mit definierter Korngröße aus der Schmelze ausgeschieden werden; dass das im ersten Schritt erhaltene Vormaterial auf Temperaturen im Bereich des heterogenen Gebietes zwischen Aluminium-Schmelze und intermetallischer Phase erhitzt und das Aluminium soweit aufgeschmolzen wird, dass die Legierung unter Schwerkraftbedingungen fließfähig ist und dass dann ein Werkstück oder ein Halbzeug mit gegenüber der Abmessung des Vormaterials größerer Abmessung erstellt wird.

[0009] In dem ersten Schritt wird die Schmelze erfindungsgemäß sehr rasch abgekühlt, damit eine homogene Verteilung der sich ausscheidenden intermetallischen Phasen bzw. Ausscheidungskristalle erreicht wird. Während aufgrund von Diffusionsprozessen bei sehr langsamen Erstarrungsprozessen im inneren eines dickwandigen Gußstücks die Ausscheidungskristalle eine Abmessung von 80 µm und darüber aufweisen können, wird gemäß der Erfindung durch rasches Abkühlen eine feinkörnige homogene Verteilung der Ausscheidungskristalle "eingefroren". Dies wird gemäß der Erfindung dadurch erreicht, dass die Schmelze in dem ersten Schritt mit einer geringen Abmessung vergossen wird, die in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Kühlkapazität geringer als 50 mm, vorzugsweise geringer als 20 mm ist. Zur technischen Verwirklichung kann die Schmelze im Strangguß "fingerdick" oder in Masseln oder Bändern, insbesondere auch über ein Gießrad vergossen werden. Auf diese Weise gelingt es, die intermetallischen Phasen in definierter Korngröße auszubilden. Die Korngröße soll in jedem Fall weniger als 80 µm, bevorzugtermaßen weniger als 40 µm

und besonders bevorzugtermaßen weniger als 20 µm betragen. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn die Abmessung bzw. die Abkühlungsgeschwindigkeit derart hoch ist, dass Korngrößen von weniger als 5 µm resultieren.

[0010] Zur Herstellung der Werkstücke oder Halbzeuge größerer Abmessung wird nun auf erfindungsgemäße Weise das im ersten Schritt erhaltene Vormaterial erneut auf Temperaturen erwärmt, bei denen die Aluminium-Matrix wenigstens teilweise bzw. soweit erschmolzen wird, die Ausscheidungskristalle der intermetallischen Phasen jedoch im Wesentlichen fest bleiben. Es wird dann ein Werkstück oder ein Halbzeug mit gegenüber der Abmessung des Vormaterials größerer Abmessung geformt, ohne dass die Ausscheidungskristalle ihre Feinkörnigkeit verlieren. Sie liegen also sowohl in dem Vormaterial als auch im fertigen Werkstück oder Halbzeug in derselben homogenen und feinkörnigen Verteilung vor. Ein auf diese erfindungsgemäße Weise hergestelltes Halbzeug kann dann einem Strangpressprozess oder einem Walzprozess unterworfen werden, ohne dass die Ausscheidungskristalle der intermetallischen Phasen zerstört werden. Dies ist auf ihre Feinkörnigkeit zurückzuführen.

[0011] Bei der Auswahl des die intermetallische Phasen bildenden Zusatzes oder der Zusätze erweist es sich als vorteilhaft, solche Legierungselemente zu wählen, welche intermetallische Phasen bilden, deren Schmelztemperatur möglichst hoch und deren Löslichkeit in der wieder aufgeschmolzenen Aluminium-Schmelze möglichst gering ist. Bei den intermetallischen Phasen handelt es sich bevorzugtermaßen um Aluminide, es könnten aber grundsätzlich auch Verbindungen der Legierungselemente sein. Bei den Legierungselementen zur Ausbildung von Aluminiden als intermetallische Phasen handelt es sich bevorzugt um Titan und Zirkon, welche zu Al_3Ti bzw. Al_3Zr auskristallisieren. Im Falle des Zusatzes von Titan ist die Wiederaufschmelztemperatur im zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens etwa 800° Celsius. Bei dieser Temperatur ist die Aluminium-Matrix bereits wieder flüssig, das gebildete Titanaluminid, Al_3Ti , mit einem Schmelzpunkt von 1460° Celsius ist jedoch noch fest. Aufgrund der geringen Löslichkeit des Al_3Ti in der Aluminium-Schmelze von etwa 0,4 % bleiben die Ausscheidungskristalle auch weitestgehend erhalten und werden nicht gelöst. Die Temperatur, auf die das Vormaterial im zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wieder aufgewärmt wird, muß deutlich unter der Schmelztemperatur der betreffenden intermetallischen Phase gehalten werden, sie muß jedoch andererseits so hoch sein, dass ein ausreichender Schmelzenanteil für die sich anschließende Umformung in die gewünschten Abmessungen vorhanden ist. Das hieran anschließende Formen oder Umformen kann durch einfaches Schwerkraft-Gießen aber auch im Druck- oder Schleuderkraftguß erfolgen. Die so hergestellten Halbzeuge mit größeren Abmessungen eignen sich vorzüglich für

die Umformung z.B. im Strangpressverfahren, Schmieden, Walzen oder Tixocasting, da die feinkörnigen harten Ausscheidungskristalle bei den Umformvorgängen nicht zerstört werden und eine gleichmäßige Verteilung der verschleißmindernden Phasen erreicht wird.

[0012] Zusätzlich zu dem oder den intermetallischen Phasen bildenden Zusätzen können solche Zusätze, wie Kupfer, Magnesium, Mangan verwendet werden, welche die Matrixhärte der Legierung erhöhen. Es kann sich darüberhinaus als vorteilhaft erweisen, wenn weitere harte Kristalle, wie z.B. Silizium, in die Aluminium-Matrix eingelagert werden.

[0013] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 ein Schliffbild eines unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Werkstücks und

Figur 2 ein der Figur 1 entsprechendes Schliffbild eines in einem einzigen Schritt gegossenen Werkstücks.

[0014] Während im Schliffbild nach Figur 2 größere Ausscheidungskristalle einer Abmessung von 100 µm und mehr zu erkennen sind zeigt das Schliffbild nach Figur 1 ein feinkörniges, homogenes Gefüge einer verschleißarmen Aluminium-Legierung, wobei einer Aluminium-Basislegierung Titan und andere die Matrixhärte erhöhende Zusätze zugegeben wurde. Die dunklen Phasen stellen Ausscheidungskristalle dar. Ausgehend von einer Schmelze von ca. 1500 ° Celsius wurde ein Strang in der Größenordnung von ca. 20 mm Durchmesser gegossen und dabei derart schnell zum Erstarren gebracht, dass Ausscheidungskristalle in der Form von Titanaluminid, Al_3Ti , homogen verteilt mit einer Abmessung von weniger als 80 µm gebildet werden. Die gewünschte Korngröße wird über die Strangabmessungen und die Wärmeabfuhrbedingungen eingestellt. Der etwa "fingerdicke" Strangguß wird dann in einem zweiten Verfahrensschritt erneut auf eine Temperatur von etwa 800° Celsius gebracht, bei der die Aluminium-Matrix des Vormaterials wenigstens teilweise erschmolzen wird, so dass ein ausreichender Schmelzenanteil für das Formen oder Gießen eines Werkstücks mit gegenüber der Abmessung des fingerdicken Strangs des Vormaterials größerer Abmessung oder für das Gießen eines Halbzeugs, etwa eines dicken Rugels für einen nachfolgenden Strangpressprozess, vorhanden ist. Da die Wiederaufschmelztemperatur im zweiten Schritt des Verfahrens deutlich unterhalb der Schmelztemperatur des Titanaluminids liegt und ferner die Löslichkeit des Titanaluminids in der Aluminium-Schmelze bei der Wiederaufschmelztemperatur lediglich 0,4 % beträgt, bleiben die feinkörnigen Ausscheidungen des Titanaluminids weitestgehend erhalten und kennzeichnen auch das Gefüge des schlußendlichen Werkstücks oder

Halbzeugs.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Werkstücken oder Halbzeugen aus einer verschleißarmen Aluminium-Legierung mit intermetallische Phasen bildenden Zusätzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Schritt eine Schmelze der Legierung in derart geringer Abmessung vergossen wird, dass eine so hohe Abkühlungsgeschwindigkeit erreicht wird, dass die sich bildenden Ausscheidungskristalle der intermetallischen Phasen homogen verteilt und mit definierter Korngröße aus der Schmelze ausgeschieden werden; dass das im ersten Schritt erhaltene Vormaterial auf Temperaturen im Bereich des heterogenen Gebietes zwischen Aluminium-Schmelze und intermetallischer Phase erhitzt und das Aluminium soweit aufgeschmolzen wird, dass der Werkstoff unter Schwerkraftbedingungen fließfähig ist, und dass dann ein Werkstück oder ein Halbzeug mit gegenüber der Abmessung des Vormaterials größerer Abmessung geformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geringe Abmessung, mit der die Schmelze im ersten Schritt vergossen wird, geringer als 50 mm ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geringe Abmessung, mit der die Schmelze im ersten Schritt vergossen wird, geringer als 20 mm ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte Korngröße der Ausscheidungskristalle geringer als 80 µm ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte Korngröße der Ausscheidungskristalle geringer als 40 µm ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte Korngröße der Ausscheidungskristalle geringer als 20 µm ist.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei den intermetallischen Phasen um Aluminide handelt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich um solche Aluminide handelt, deren Löslichkeit in der Aluminium-Schmelze bei der Wiederaufschmelztemperatur des zweiten Schrittes geringer als 5%, vorzugsweise geringer

als 1% ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei den Aluminiden um Al_3Ti oder Al_3Zr handelt.
10. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der intermetallische Phasen bildende Zusatz Titan oder eine Titanlegierung ist.
11. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der intermetallische Phasen bildende Zusatz Zirkon oder eine Zirkonlegierung ist.
12. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzliche die Matrixhärte der Legierung erhöhende Zusätze, wie Cu, Mg, Mn, verwendet werden.
13. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Silizium in die Matrix eingelagert wird.
14. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halbzeug in die Form eines Barrens oder Riegels gebracht wird.
15. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halbzeug im Strangpreßverfahren oder Tixocasting zu einem Werkstück geformt wird.

Claims

1. Method for producing workpieces or semi-finished products from a low-wearing aluminium alloy with additives forming intermetallic phases, **characterised in that** in a first step a melt of the alloy is cast in such a small dimension that such a high rate of cooling is achieved that the resulting precipitation crystals of the intermetallic phases are homogeneously distributed and are precipitated from the melt with a defined particle size, that the precursor-material obtained in the first step is heated to temperatures in the region of the heterogeneous region between aluminium melt and intermetallic phase and the aluminium is melted until the material is free-flowing under gravitational conditions, and **in that** a workpiece or a semi-finished product is then formed with dimensions larger than the dimensions of the precursor-material.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the small dimension with which the melt is cast in

the first step is less than 50 mm.

3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the small dimension with which the melt is cast in the first step is less than 20 mm.

5

4. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the defined particle size of the precipitation crystals is less than 80 µm.

10

5. Method according to claim 4, **characterised in that** the defined particle size of the precipitation crystals is less than 40 µm.

6. Method according to claim 5, **characterised in that** the defined particle size of the precipitation crystals is less than 20 µm.

15

7. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** the intermetallic phases are aluminides.

20

8. Method according to claim 7, **characterised in that** they are aluminides of which the solubility in the aluminium melt is less than 5%, preferably less than 1% at the remelting temperature of the second step.

25

9. Method according to claim 7, **characterised in that** the aluminides are Al₃Ti or Al₃Zr.

30

10. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** the additive forming intermetallic phases is titanium or a titanium alloy.

35

11. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** the additive forming intermetallic phases is zircon or a zircon alloy.

12. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** additional additives, such as Cu, Mg, Mn, increasing the matrix hardness of the alloy are used.

40

13. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** silicon is deposited in the matrix.

45

14. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** the semi-finished product is brought into the shape of a bar or ball.

50

15. Method according to at least any one of the preceding claims, **characterised in that** the semi-finished product is shaped by the extrusion or tixocasting process to form a workpiece.

55

Revendications

1. Procédé de fabrication de pièces ou produits semi-finis en aluminium à faible usure avec des éléments d'addition formant des phases intermétalliques, **caractérisé en ce que**, lors d'une première étape, la masse d'alliage en fusion est coulée selon une dimension si faible que la vitesse de refroidissement est telle que les cristaux précipités qui se forment à partir des phases intermétalliques sont répartis de manière homogène et précipitent à partir de la masse en fusion selon une granulométrie définie ; **en ce que** le matériau intermédiaire obtenu lors de la première étape est porté à des températures comprises dans la plage de la région hétérogène entre la masse d'aluminium en fusion et la phase intermétallique, **en ce que** l'aluminium est fondu jusqu'à ce que le matériau soit coulant par gravité et **en ce qu'**ensuite une pièce ou un produit semi-fini est coulé selon des dimensions supérieures à celle du matériau intermédiaire.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la faible dimension selon laquelle la masse en fusion est coulée lors de la première étape est inférieure à 50 mm.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la faible dimension selon laquelle la masse en fusion est coulée lors de la première étape est inférieure à 20 mm.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la granulométrie définie des cristaux précipités est inférieure à 80 µm.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la granulométrie définie des cristaux précipités est inférieure à 40 µm.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la granulométrie définie des cristaux précipités est inférieure à 20 µm.

7. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les phases intermétalliques consistent en des aluminures.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**il s'agit d'aluminures dont la solubilité dans la masse d'aluminium en fusion, à la température de refusion de la seconde étape, est inférieure à 5 % et de préférence inférieure à 1 %.

9. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les aluminures consistent en Al₃Ti ou Al₃Zr.

10. Procédé selon l'une au moins des revendications

précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'addition formant les phases intermétalliques est le titane ou un alliage de titane.

11. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément d'addition formant les phases intermétalliques est le zirconium ou un alliage de zirconium. 5
12. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** met en oeuvre des éléments d'addition supplémentaires qui accroissent la dureté matricielle de l'alliage, tels que Cu, Mg, Mn. 10
13. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** du silicium est incorporé dans la matrice. 15
14. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit semi-fini est conformé en billette ou en lingot cylindrique. 20
15. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit semi-fini est transformé en pièce par extrusion ou thixoformage. 25

30

35

40

45

50

55

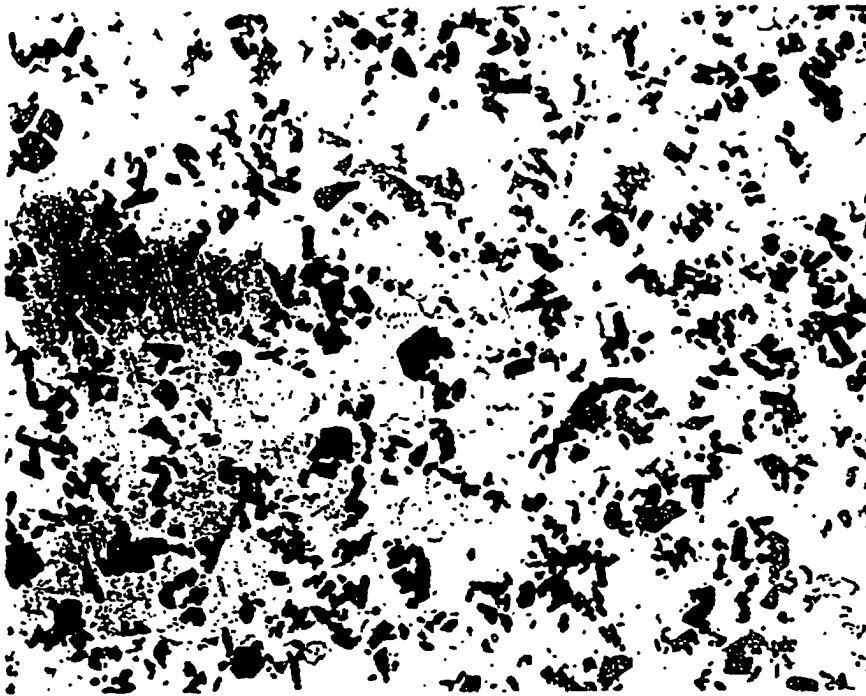


Bild 1
V=100x
Al Ti 10 Cu 2



Bild 2
V=100x
Al Ti 10 Cu 2