

(19)



(11)

EP 1 922 426 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.06.2014 Patentblatt 2014/24

(51) Int Cl.:
C22C 19/03 ^(2006.01) **C22F 1/10** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06725088.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/060774

(22) Anmeldetag: **15.03.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/097501 (21.09.2006 Gazette 2006/38)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG UND VERWENDUNG VON HALBZEUG AUF NICKELBASIS MIT REKRISTALLISATIONSWÜRFELTEXTUR**

METHOD FOR PRODUCING AND USING A NICKEL-BASED SEMI-FINISHED PRODUCT HAVING A RECRYSTALLISATION CUBE STRUCTURE

PROCEDE DE FABRICATION ET D'UTILISATION D'UN DEMI-PRODUIT A BASE DE NICKEL PRESENTANT UNE TEXTURE CUBIQUE DE RECRYSTALLISATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **SELBMANN, Dietmar**
01738 Colmnitz (DE)
- **WENDROCK, Horst**
01561 Kleinthiemig (DE)
- **HOLZAPFEL, Bernhard**
01731 Kreischa (DE)

(30) Priorität: **16.03.2005 DE 102005013368**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.05.2008 Patentblatt 2008/21

(74) Vertreter: **Rauschenbach, Dieter**
Bienertstrasse 15
01187 Dresden (DE)

(73) Patentinhaber: **Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V.**
01069 Dresden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-2005/024077 DE-A1- 10 005 861
US-A- 5 964 966

(72) Erfinder:
• **EICKEMEYER, Jörg**
01279 Dresden (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 922 426 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeug auf Nickelbasis in Band- oder Flachdrahtform mit einer Rekristallisationswürfeltextur und die Verwendung des hergestellten Halbzeugs.

[0002] Das Halbzeug ist insbesondere einsetzbar als Unterlage für physikalisch-chemische Beschichtungen mit hochgradiger mikrostruktureller Ausrichtung. Solche Unterlagen sind zum Beispiel als Substrate für keramische Beschichtungen geeignet, wie sie auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Supraleitung angewendet werden. Der Einsatz erfolgt in diesem Fall in supraleitenden Magneten, Transformatoren, Motoren, Tomographen oder supraleitenden Strombahnen.

Stand der Technik

[0003] Bekannt ist, dass polykristalline Metalle mit kubisch-flächenzentriertem Gitter, wie Nickel, Kupfer und Aluminium, nach vorausgegangener starker Kaltumformung durch Walzen bei der nachfolgenden Rekristallisation eine ausgeprägte Textur mit Würfellage ausbilden können (G. Wassermann: Texturen metallischer Werkstoffe, Springer, Berlin, 1939). Auf diese Weise texturierte Metallbänder, insbesondere Nickelbänder, werden auch als Unterlage für metallische Überzüge, keramische Pufferschichten und keramische Supraleiterschichten benutzt (US 5,741,377). Die Eignung solcher Metallbänder als Substratwerkstoff hängt maßgeblich vom erreichbaren Grad der Texturierung und der Stabilität der Textur im Bereich der Temperaturen ab, bei denen die Beschichtungsverfahren arbeiten.

[0004] Es sind bereits texturierte Halbzeuge für die Herstellung von Hochtemperatur-Supraleitern bekannt, die aus Ni-Cr, Ni-Cr-V, Ni-Cu und ähnlichen Legierungen bestehen (US 5,964,966; US 6,106,615).

[0005] Bekannt sind für diese Zwecke auch Ni-Legierungen mit Mo und W (DE 100 05 861 C1). Es wurde auch bereits vorgeschlagen, derartigen Ni-Legierungen bis zu maximal 0,3 Atom-% Ag zuzufügen (DE 103 42 965.4).

[0006] Sämtliche derartigen bekannten Metallbänder mit einer Würfeltextur, die durch Rekristallisation entstanden ist, haben ein Gefüge mit äquialenaren Körnern, das heißt, bezogen auf die Bandebene sind sie etwa gleich lang und breit. Aus theoretischen Überlegungen heraus sollte jedoch eine Kornstreckung in Längsrichtung für den Stromtransport bei der Supraleitung vorteilhaft sein und zu höheren übertragbaren Strömen führen (Hammerl, H. u.a., Eur. Phys. Journ. B (2002) 299-301). Allerdings ist es bisher noch nicht gelungen, Substratbänder mit Würfeltextur bei gleichzeitig stark gestreckter Kornstruktur herzustellen.

[0007] Die bekannten Halbzeuge haben folgende Nachteile:

- Rekristallisiertes Nickel oder dessen Legierungen mit Würfeltextur weisen Körner auf, die in Längsrichtung etwa die gleiche Ausdehnung haben wie in Querrichtung,
- Nickel neigt nach Kaltumformung und Rekristallisationsglühung stark zur Ausbildung einer groben Kornstruktur, die zur Erzielung der hochgradigen Würfeltextur nachteilig ist,
- kaltumgeformte Ni-Bänder neigen bei der Rekristallisations-Wärmebehandlung, insbesondere bei höheren Temperaturen (800 bis 1150°C) stark zur Bildung von Korngrenzengraben,
- Substratmaterial mit Korngrenzengraben ist wenig geeignet als Unterlage für epitaktische Schichtabscheidungen, zum Beispiel für Pufferschichten und Supraleiterschichten.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeug auf Nickelbasis zu entwickeln, das verbesserte Gebrauchseigenschaften für die Verwendung als Unterlage für physikalisch-chemische Beschichtungen mit hochgradiger mikrostruktureller Ausrichtung besitzt. Insbesondere soll das Halbzeug eine gestreckte Kornform bei stabiler Würfeltextur aufweisen und das Streckkorn soll auch nach weiterer thermischer Behandlung bei hohen Temperaturen zum Zwecke eines Oxidschichtwachstums erhalten bleiben.

[0009] Diese Aufgabe wird mit dem in den Patentansprüchen gekennzeichneten Merkmalen gelöst.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass zunächst auf schmelzmetallurgischem oder pulvermetallurgischem Wege unter Einbeziehung des mechanischen Legierens ein Ausgangshalbzeug hergestellt wird, das aus technisch reinem Ni oder einer Ni-Legierung besteht, worin ein Ag-Zusatz im Mikrolegierungsbereich von mindestens 10 Atom-ppm und maximal 1000 Atom-ppm enthalten ist. Dieses Ausgangshalbzeug wird mittels einer Warmumformung mit nachfolgender Kaltumformung von >50% Dickenreduktion zu Band oder Flachdraht mit einer Zwischenabmessung verarbeitet. In dieser Zwischenabmessung wird das Halbzeug entfestigend im Temperaturbereich zwischen 500°C und 850°C geglüht, wobei die höheren Temperaturen für die höheren Ag-Gehalte angewandt werden, und daraufhin abgeschreckt. Anschließend wird dieses Zwischenprodukt hochgradig >80% kalt umgeformt. Abschließend wird eine rekristallisierende Glühbehandlung zur Erzielung einer vollständigen Würfeltextur durchgeführt.

[0011] Die abschließende Rekristallisationsglühbehandlung wird in Abhängigkeit vom Legierungsgehalt im Nickel bei Temperaturen von 500°C bis 1200°C durchgeführt, und zwar vorzugsweise bei 850°C.

[0012] Das Halbzeug kann vorteilhaft nach oder während der rekristallisierenden Glühung zum Zwecke des

Aufwachsens einer würfeltexturierten NiO-Schicht mit einem Texturgehalt von >90% in einer oxidierenden Atmosphäre wärmebehandelt werden.

[0013] Vorteilhaft ist es auch, wenn für das Ausgangshalbzeug eine Ni-Legierung verwendet wird, die neben dem Ag-Zusatz noch Mo und/oder W als Legierungselemente enthält.

[0014] Mit dem erfindungsgemäßen Ag-Zusatz wird die Formierung einer hochgradigen Würfeltextur begünstigt. Außerdem ermöglicht das Metallband mit Streckkorn das Aufwachsen einer hochgradig mit einer Würfeltextur versehenen NiO-Schicht, die ebenfalls gestreckte Körner aufweist.

[0015] Das Halbzeug kann erfindungsgemäß als Unterlage für physikalisch-chemische Beschichtungen mit hochgradiger mikrostruktureller Ausrichtung, insbesondere zur Herstellung draht- oder bandförmiger Hochtemperatur-Supraleiter, verwendet werden.

[0016] Die Erfindung ist nachstehend an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, mit denen die erfolgreiche Erprobung der Erfindung nachgewiesen wird.

Kurze Beschreibung der Abbildungen

[0017] Die nachstehenden Erläuterungen zu den Abbildungen zeigen die positiven Ergebnisse der Anwendung der Erfindung im Rahmen der beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Abb. 1 zeigt das gestreckte Gefüge von Nickel mit 0,01 Atom-% Silber nach dem Warmwalzen bei 850°C und anschließendem Kaltwalzen mit einer Dickenreduktion von 85% und einer Anlassbehandlung mit Teilrekristallisation bei 550°C über 30 min (Längsschliff, geätzt).

Abb. 2 zeigt gestreckte Körner auf der Oberfläche eines 80 µm dicken Bandes von Nickel mit 0,025 Atom-% Silber, das bei 3 mm Dicke einer Zwischenglühung bei 650°C über 30 min unterzogen wurde, anschließend an 80 µm Dicke stark kalt umgeformt wurde und abschließend bei 550°C über 30 min geglüht wurde (Rasterelektronenaufnahme).

Abb. 3 zeigt gestreckte Körner mit Würfellage auf der Oberfläche eines 80 µm dicken Bandes von Nickel mit 0,025 Atom-% Silber nach einer Zwischenglühung bei 650°C über 30 min bei 3mm Dicke, anschließender starker Kaltumformung an 80 µm Dicke und der abschließenden Glühung bei 550°C über 30 min (Orientierungsmapping mit dem Rasterelektronenmikroskop).

Abb. 4 zeigt gestreckte Körner mit Würfellage des Nickeloxids auf der Oberfläche eines 80 µm dicken Bandes von Nickel mit 0,025 Atom-% Sil-

ber nach einer Zwischenglühung bei 650°C über 30 min bei 3 mm Dicke, anschließender starker Kaltumformung an 80 µm Dicke, der Texturglühung bei 550°C über 30 min und der Oxidation in Sauerstoff bei 1150°C über 2 min (Orientierungsmapping mit dem Rasterelektronenmikroskop).

Beispiel 1

[0018] Technisch reines Nickel, beispielsweise mit einem Reinheitsgrad von 99,9 Atomprozent Nickel, wird unter Zulegieren von 0,025 Atomprozent Silber in eine Kokille abgegossen. Der Ingot wird bei 850°C an die Vierkantabmessung (22 x 22) mm² gewalzt, homogenisierend geglüht und abgeschreckt. Anschließend wird das Vierkantmaterial spanabhebend überarbeitet, um eine fehlerfreie Oberfläche für die folgende Kaltumformung durch Walzen zu erhalten. Das Kaltwalzen wird zunächst mit einem Abwalzgrad von über 50 Prozent Dickenreduktion von 20 mm an 3 mm Dicke durchgeführt, in diesem Fall 85% Dickenreduktion. Die nachfolgende Anlassbehandlung bei 650°C über 30 min mit anschließender Abschreckung in Wasser bewirkt eine Rekristallisation mit einem Anteil von gestreckten Körnern. Abb. 1 zeigt ein typisches Gefügebild (Nickel mit 0,01 Atomprozent Silber). Dieses Gefüge mit gestreckten Körnern dient als Ausgangszustand für die weitere Verarbeitung zum gewünschten Nickelband mit Würfeltextur und mit in Längsrichtung gestreckten Körnern.

[0019] Es wird im Weiteren durchgängig mit einer Dickenreduktion von 97,3% von 3 mm bis an 80 µm Dicke kalt umgeformt und abschließend in einer nicht oxidierenden Gasatmosphäre bei 550°C über 30 min geglüht. Das Ergebnis sind Körner an der Oberfläche des Bandes, die um ein Mehrfaches länger als breit sind, wie Abb. 2 zeigt. Zugleich resultiert eine außerordentlich scharfe Rekristallisationswürfeltextur, wie aus Abb. 3 ersichtlich ist. Der Anteil der Kristallite mit Würfellage beträgt 97,5 Prozent, und der Anteil der Kleinwinkelkorn Grenzen liegt bei 92 Prozent.

Beispiel 2

[0020] Technisch reines Nickel, beispielsweise mit einem Reinheitsgrad von 99,9 Atomprozent Nickel, wird unter Zulegieren von 0,01 Atomprozent Silber in einem Vakuuminduktionsofen geschmolzen und in eine Kokille abgegossen. Der Ingot wird bei 900°C an die Vierkantabmessung (22 x 22) mm² gewalzt, homogenisierend geglüht und abgeschreckt. Anschließend wird das Vierkantmaterial spanabhebend überarbeitet, um eine fehlerfreie Oberfläche für die folgende Kaltumformung durch Walzen zu erhalten. Das Kaltwalzen wird mit einem Abwalzgrad von über 50 Prozent Dickenreduktion durchgeführt, in diesem Fall 85%. Das resultierende Nickelband hat eine Dicke von 3 mm. Es wird nachfolgend bei 650°C über 30 min angelassen und in Wasser abgeschreckt.

Die Rekristallisation erzeugt einen Anteil von gestreckten Körnern. Es wird im Weiteren durchgängig mit einer Dickenreduktion von 97,3% ausgehend von 3 mm bis an 80 µm Dicke kalt umgeformt und abschließend in einer nicht oxidierenden Gasatmosphäre bei 550°C über 30 min geglüht. Das Ergebnis ist eine nahezu vollständige Rekristallisationswürfeltextur in einem Streckkorngefüge (vergl. Abb. 3). Anschließend wird das Band in reinem Sauerstoffgas bei 1150°C einer 2-minütigen Oxidation ausgesetzt.

[0021] Die entstandene Nickeloxidschicht weist ein Gefüge mit gestreckten Körnern auf, deren einen Anteil mit Würfellage 97% beträgt (Abb. 4). Der Anteil der Kleinwinkelkorn Grenzen liegt bei 96%. Diese Textur ist um 45° gegenüber der Textur des Nickelbandes gedreht.

Beispiel 3

[0022] Technisch reines Nickelpulver wird unter Zugabe von 5,0 Atomprozent Wolframpulver und 0,1 Atom-% Silberpulver pulvermetallurgisch prozessiert. Nach dem Verpressen, Tempern und Warmumformen wird ein Stabmaterial von (22 x 22) mm² erhalten. Die Oberfläche wird spanabhebend überarbeitet, um eine fehlerfreie Oberfläche für die folgende Kaltumformung durch Walzen zu erhalten. Das Kaltwalzen wird ausgehend von ca. (20 x 20) mm² bis an eine Dicke von 3 mm durchgeführt.

[0023] Es wird nachfolgend bei 650°C über 30 min angelassen und in Wasser abgeschreckt. Darauf wird an die Fertigabmessung von 80 µm Dicke kalt gewalzt. Die Randbereiche des Bandes werden abgetrennt und verworfen. Das erhaltene Nickelband wird anschließend zunächst bei 850°C einer 30-minütigen Glühbehandlung zum Rekristallisieren in reduzierender Atmosphäre unterzogen. Danach wird das Band in einer zweiten Glühung über 8 Minuten bei 1150°C in reduzierender Atmosphäre behandelt, um eine thermisch hoch belastbare Würfellage einzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Halbzeuges auf Nickelbasis mit Rekristallisationswürfeltextur, **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst auf schmelzmetallurgischem oder pulvermetallurgischem Wege unter Einbeziehung des mechanischen Legierens ein Ausgangshalbzeug hergestellt wird, das aus technisch reinem Ni oder einer Ni-Legierung besteht, worin ein Ag-Zusatz im Mikrolegierungsbereich von mindestens 10 Atom-ppm und maximal 1000 Atom-ppm enthalten ist, dass dieses Ausgangshalbzeug mittels einer Warmumformung mit nachfolgender Kaltumformung von >50% Dickenreduktion zu Band oder Flachdraht mit einer Zwischenabmessung verarbeitet wird, diese entfestigend im Temperaturbereich zwischen 500°C und 850°C geglüht wird, wobei die höheren Temperatu-

ren für die höheren Ag-Gehalte angewandt werden, dass daraufhin abgeschreckt wird, dass anschließend dieses Zwischenprodukt hochgradig >80% kalt umgeformt wird und dass abschließend eine rekristallisierende Glühbehandlung zur Erzielung einer vollständigen Würfeltextur durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abschließende Rekristallisationsglühbehandlung in Abhängigkeit vom Legierungsgehalt im Nickel bei Temperaturen von 500°C bis 1200°C durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abschließende Rekristallisationsglühbehandlung mit einer Temperatur von 850°C durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halbzeug nach oder während der rekristallisierenden Glühung zum Zwecke des Aufwachsens einer würfeltexturierten NiO-Schicht mit einem Texturgehalt von >90% in einer oxidierenden Atmosphäre wärmebehandelt wird.

5. Halbzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Ausgangshalbzeug eine Ni-Legierung verwendet wird, die Mo und/oder W und den Ag-Zusatz enthält.

6. Verwendung des gemäß der Ansprüche 1 bis 5 hergestellten Halbzeuges in Band- oder Flachdrahtform mit Rekristallisationswürfeltextur und gestreckter Kornform als Unterlage für physikalisch-chemische Beschichtungen mit hochgradiger mikrostruktureller Ausrichtung.

7. Verwendung des gemäß der Ansprüche 1 bis 5 hergestellten Halbzeuges in Band- oder Flachdrahtform mit Rekristallisationswürfeltextur und gestreckter Kornform als Unterlage zur Herstellung draht- oder bandförmiger Hochtemperatur-Supraleiter.

Claims

1. Method for the production of a nickel-based semifinished product having a recrystallization cube texture, **characterised in that** firstly a starting semifinished product is produced by a melt metallurgy or powder metallurgy process, with the inclusion of mechanical alloying, said starting semifinished product consisting of technically pure Ni or an Ni alloy, in which an Ag addition is present in the microalloying range of at least 10 atom ppm and at most 1000 atom ppm, **in that** this starting semifinished product is processed to form strip or flat wire having an intermediate dimension by means of hot-forming with subsequent

cold-forming with a thickness reduction of > 50%, this strip or flat wire is softened by annealing in the temperature range of between 500°C and 850°C, with the hither temperatures being used for the hither Ag contents, **in that** consequently quenching is carried out, **in that** subsequently this intermediate product is subjected to cold-forming to a high degree of > 80%, and **in that** finally a recrystallizing annealing treatment is carried out to achieve a complete cube texture.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the final recrystallization annealing treatment is carried out at temperatures of 500°C to 1200°C, depending on the alloy content in the nickel.
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the final recrystallization annealing treatment as carried out at a temperature of 850°C.
4. Method according to Claim 1, **characterized in that** the semifinished product is subjected to a heat treatment in an oxidizing atmosphere after or during the recrystallizing annealing for the purpose of growing a cube-textured NiO layer having a texture content of > 90%.
5. Semifinished product according to Claim 1, **characterised in that** an Ni alloy containing Mo and/or W and the Ag addition is used for the starting semifinished product.
6. Use of the semifinished product produced according to Claims 1 to 5 in strip or flat wire form having a recrystallization cube texture and stretched grain shape as a substrate for physical-chemical coatings having a high degree of microstructural orientation.
7. Use of the semifinished product produced according to Claims 1 to 5 in strip or flat wire form having a recrystallization cube texture and stretched grain shape as a substrate for the production of wire-like or strip-like high-temperature superconductors.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un demi-produit à base de nickel présentant une texture cubique de recristallisation, **caractérisé en ce que** l'on fabrique d'abord, par métallurgie de fusion ou par métallurgie des poudres en intégrant l'alliage mécanique, un demi-produit de départ qui est composé de Ni techniquement pur ou d'un alliage de Ni, dans lequel fil se trouve un ajout d'Ag dans le domaine du micro-alliage d'au moins 10 ppm atomiques et au maximum 1000 ppm atomiques, **en ce que** l'on convertit ce demi-produit de départ par une déformation à chaud suivie d'une

déformation à froid de > 50 % de réduction d'épaisseur en une bande ou un fil plat présentant une dimension intermédiaire, on soumet celle-ci/celui-ci à un recuit d'adoucissement dans une plage de température comprise entre 500°C et 850°C, les températures les plus élevées étant utilisées pour les plus hautes teneurs en Ag, puis **en ce qu'**on le trempe, **en ce que** l'on déforme ensuite à froid ce produit intermédiaire avec un degré élevé > 80 %, et **en ce que** l'on effectue enfin un traitement de recuit de recristallisation pour obtenir une texture cubique totale.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue le traitement de recuit de recristallisation final à des températures de 500°C à 1200°C en fonction du degré d'alliage dans le nickel.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on effectue le traitement de recuit de recristallisation final à une température de 850°C.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on traite à chaud le demi-produit dans une atmosphère oxydante après ou pendant le recuit de recristallisation en vue de la croissance d'une couche de NiO à texture cubique avec un degré de texture de > 90 %.
5. Demi-produit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise pour le demi-produit de départ un alliage de Ni, qui contient du Mo et/ou du W et l'ajout d'Ag.
6. Utilisation du demi-produit fabriqué selon les revendications 1 à 5 sous forme de bande ou de fil plat avec une texture cubique de recristallisation et une forme de grains allongée comme base pour des revêtements physico-chimiques avec un degré élevé d'orientation micro-structurale.
7. Utilisation du demi-produit fabriqué selon les revendications 1 à 5 sous forme de bande ou de fil plat avec une texture cubique de recristallisation et une forme de grains allongée comme base pour la fabrication de supraconducteurs pour haute température sous forme de fil ou de bande.

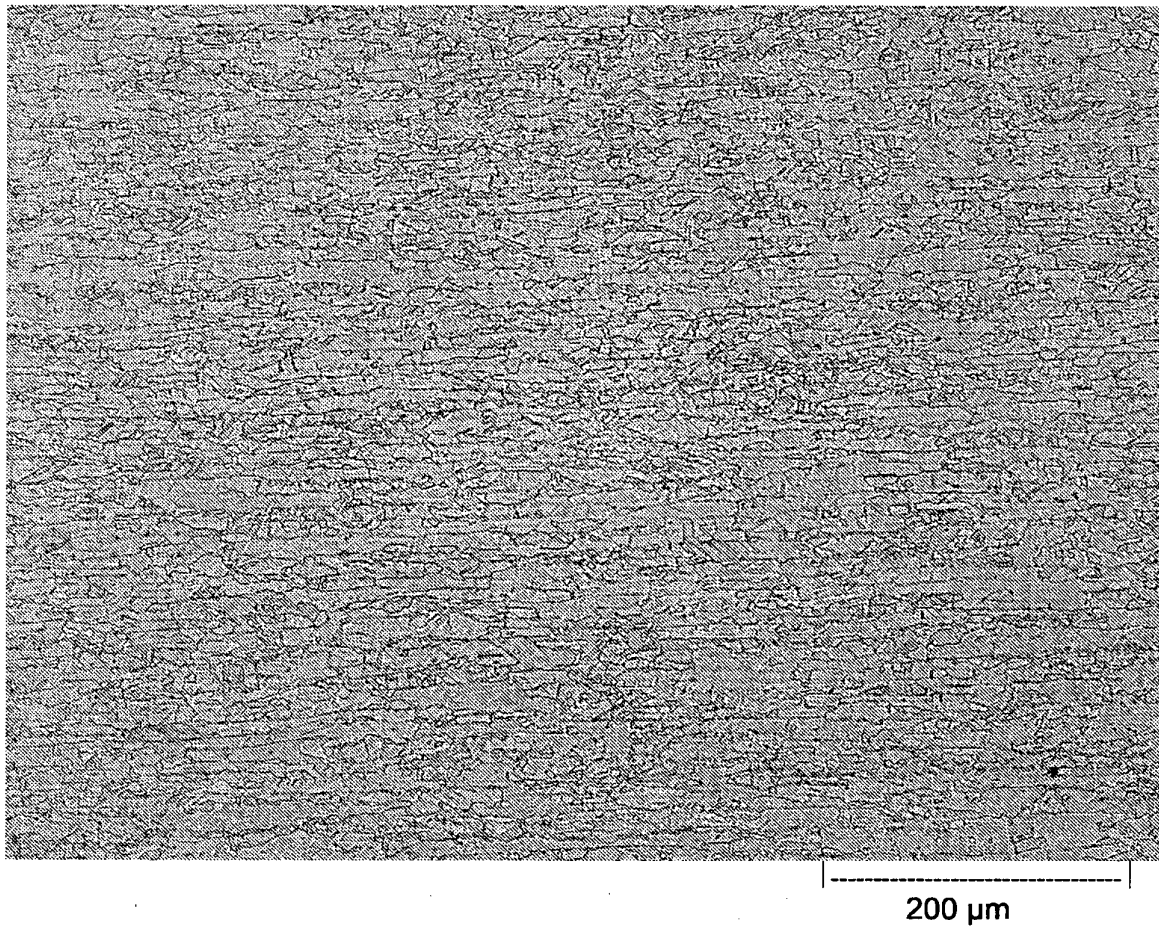


Abb. 1

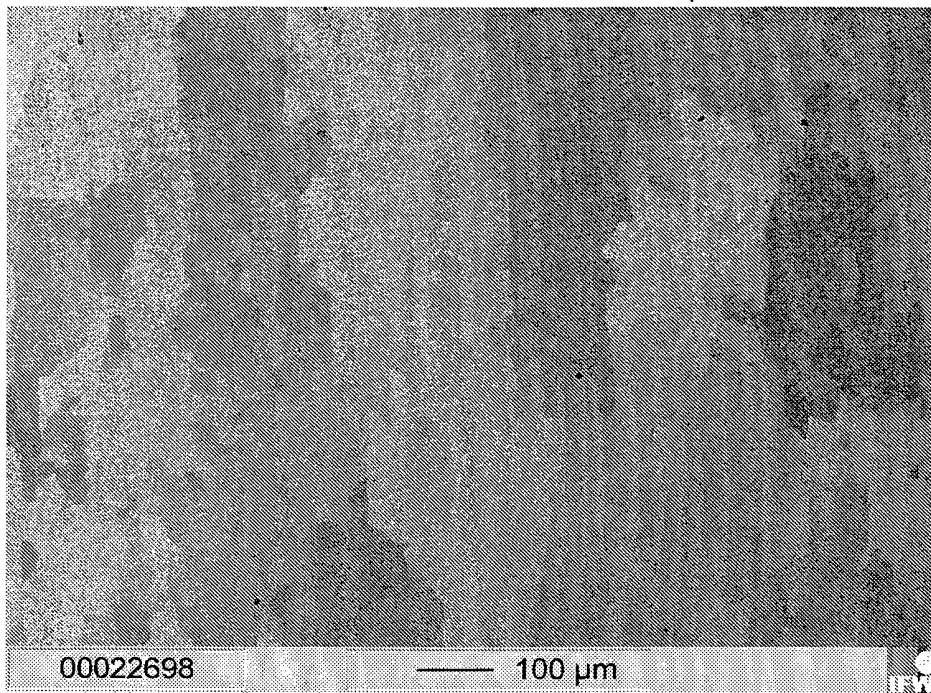


Abb. 2

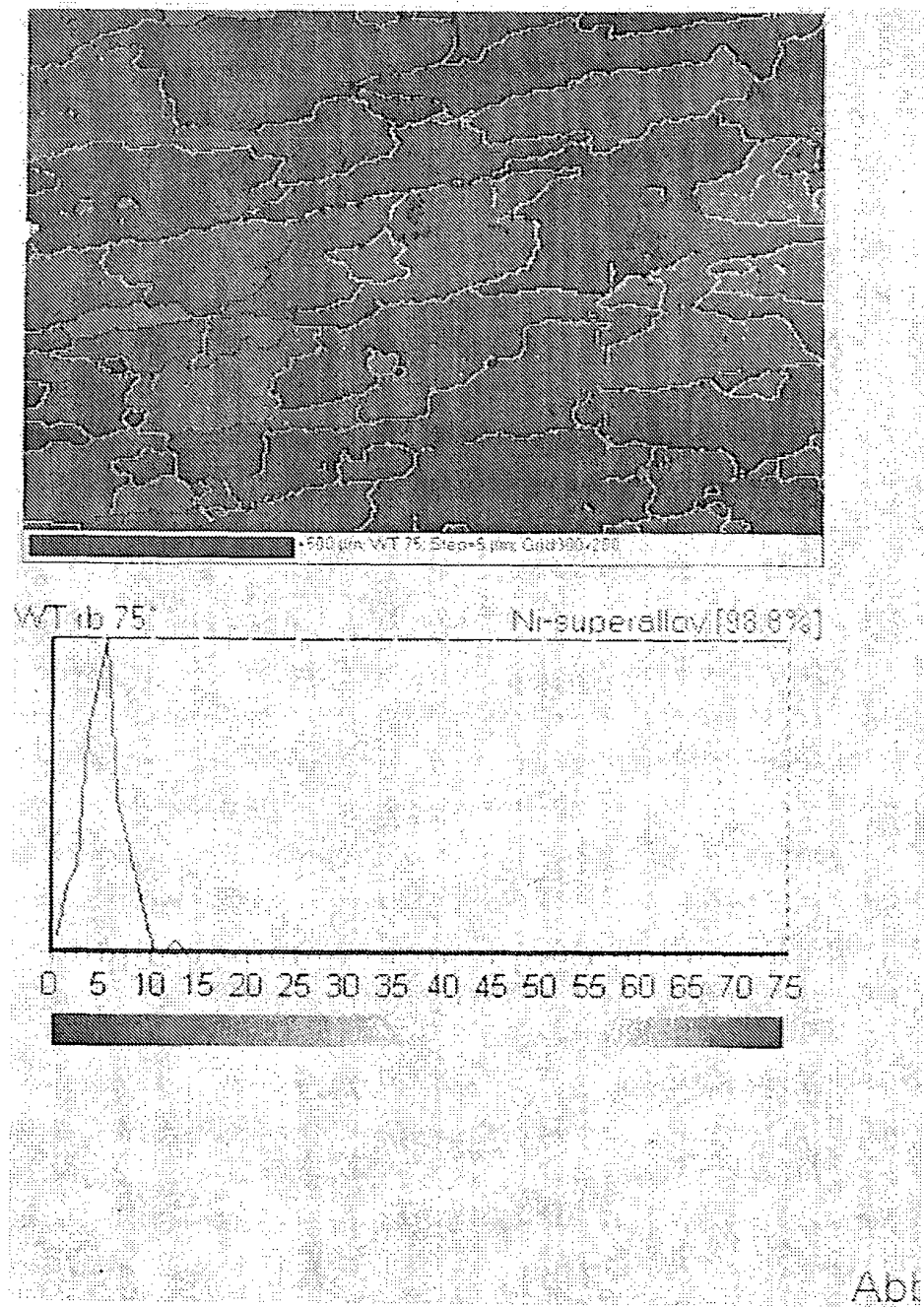


Abb. 3

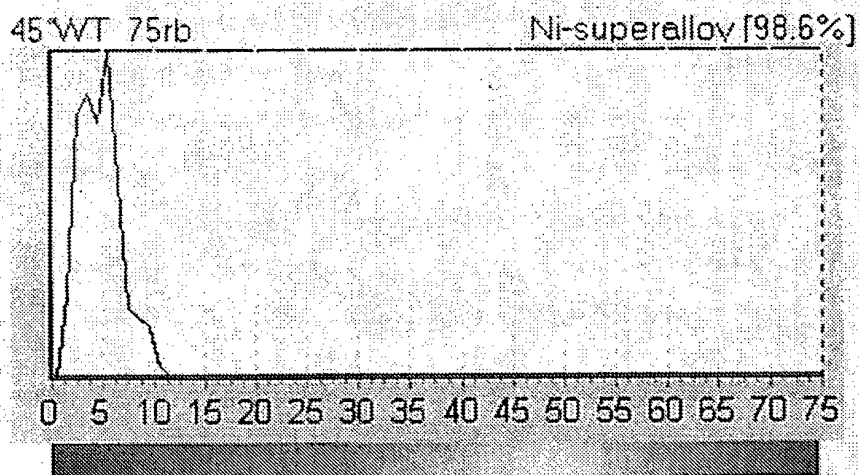


Abb. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5741377 A [0003]
- US 5964966 A [0004]
- US 6106615 A [0004]
- DE 10005861 C1 [0005]
- DE 10342965 [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **G. WASSERMANN.** Texturen metallischer Werkstoffe. Springer, 1939 [0003]
- **HAMMERL, H.** *Eur. Phys. Journ. B*, 2002, 299-301 [0006]