

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- ④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift: **27.09.89**      ⑤① Int. Cl.: **C 21 D 8/08, C 21 D 9/52**
- ②① Anmeldenummer: **85106499.8**
- ②② Anmeldetag: **25.05.85**

⑤④ **Verfahren zur Herstellung von Betonstahl in Form von Stäben oder Walzdraht.**

③⑩ Priorität: **30.05.84 CH 2675/84**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.01.86 Patentblatt 86/1**

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.09.89 Patentblatt 89/39**

④④ Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE**

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
**BE-A- 737 682**  
**BE-A- 824 960**  
**BE-A- 889 575**  
**DE-A- 2 717 780**  
**FR-A- 2 103 905**  
**GB-A- 1 493 230**  
**GB-A- 1 569 552**  
**US-A- 4 060 428**

⑦③ Patentinhaber: **VON ROLL AG, CH-4563 Gerlafingen (CH)**

⑦② Erfinder: **Elsner, Emil, Dr., Privatstrasse 14, CH-4563 Gerlafingen (CH)**  
Erfinder: **Brehmer, Horst, Lupinenstrasse 1, CH-4563 Gerlafingen (CH)**

⑦④ Vertreter: **EGLI-EUROPEAN PATENT ATTORNEYS, Horneggstrasse 4, CH-8008 Zürich (CH)**

**EP 0 166 239 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Betonstahl in Form von Stäben oder Walzdraht mit niedrigem Kohlenstoffäquivalent und mit Mikrolegierungselementen Vanadium 0,03–0,05% und Stickstoff 0,01–0,02% sowie mit einer Streckgrenze von mindestens 450 N/mm<sup>2</sup> und mit guter Schweissbarkeit und Zähigkeit.

Bei der Herstellung von Betonstahl ist man bestrebt, höhere Streckgrenzen unter Einhaltung guter Zähigkeits- und Schweisseigenschaften zu erreichen. Unter guten Schweisseigenschaften wird in diesem Zusammenhang die Eignung solcher Betonstähle für die hier üblichen Schweissverfahren, wie beispielsweise das Elektrolichtbogen-Handschweissen, das Schutzgas-Schweissen, das Abbrenn-Stumpfschweissen und das Widerstands-Punktschweissen verstanden. Ein Mass für die Beurteilung der Schweissbarkeit ist der Kohlenstoffgehalt bzw. das Kohlenstoff-Äquivalent, welche Werte möglichst niedrig sein sollen.

Es sind folgende Betonstähle mit höheren Streckgrenzen bekannt:

### 1. Naturharte Betonstähle.

Sie erreichen ihre Streckgrenze durch Zulegieren folgender Legierungselemente: Kohlenstoff etwa 0,4%, Mangan etwa 1,2%, Silizium etwa 0,5%. Diese Stähle sind wegen des hohen Kohlenstoffgehaltes nicht schweisbar.

2. Naturharte Betonstähle mit Zusatz von Mikrolegierungselementen.

Eine bedingte Schweissbarkeit wird dadurch erreicht, dass ein Teil des Kohlenstoffes durch beispielsweise Vanadium ersetzt wird, wobei die Legierungselemente folgende Werte aufweisen:

Kohlenstoff etwa 0,3%, Mangan etwa 1,2%, Silizium etwa 0,5% und Vanadium etwa 0,03%.

3. Naturharte Armierungsstähle mit erhöhtem Zusatz von Mikrolegierungselementen und erhöhten Stickstoffgehalten.

Durch die festigkeitssteigernde Wirkung der sich unkontrolliert bildenden Vanadiumnitride kann der Kohlenstoffgehalt weiter abgesenkt werden, so dass der Stahl schweisbar wird. Solche Stähle sind beispielsweise in der Firmenschrift der Union Carbide «Carvan & Nitrovan, Vanadiumträger von Union Carbide für die Stahlherstellung» beschrieben. Sie weisen folgende Legierungselemente auf:

Kohlenstoff etwa 0,2%, Mangan etwa 1,2%, Silizium etwa 0,5% und Vanadium etwa 0,08%.

Die Schweissbarkeit wird aber erkauft mit höheren Herstellkosten durch den Vanadiumzusatz.

### 4. Kaltverfestigte Betonstähle.

Diese Stähle erhalten ihre Eigenschaften durch eine Kaltverfestigung, wie beispielsweise Verwinden, Recken oder Ziehen. Vom Kohlenstoff-Äquivalent her sind sie schweisbar und weisen folgende Legierungselemente auf:

Kohlenstoff gleich oder kleiner 0,2%, Mangan etwa 0,6% und Silizium etwa 0,2%.

Diese Stähle können sich jedoch beim

Schweissen durch zu hohes Wärmeeinbringen wieder entfestigen. Zudem ist der zusätzliche Arbeitsvorgang für die Kaltverfestigung kostensteigernd.

5. Aus der Walzhitze vergütete Betonstähle.

Es sind Betonstähle bekannt (z.B. DE-AS 2 353 034 und DD-PS 84 615), die ihre höhere Streckgrenze dadurch erreichen, dass sie während oder unmittelbar nach dem Walzen aus der Walzhitze vergütet werden. Dabei wird durch eine intensive Wasserabschreckung eine Härtung der Oberflächzone des Stabes erreicht, die nach dem Verlassen der Kühlstrecke durch die im Stabkern vorhandene Wärme angelassen wird. Es werden also die bekannten Temperaturprofile genutzt, die sich infolge der schlechten Wärmeleitfähigkeit des Stahles im Vergleich zu anderen Metallen normalerweise bei Abkühl- oder Aufheiz-Vorgängen einstellen.

Wegen des niedrigen Kohlenstoff-Äquivalentes, ähnlich wie beim kaltverfestigten Stahl (Kohlenstoff gleich oder kleiner 0,2%, Mangan etwa 0,6% und Silizium etwa 0,2%), ist dieser Stahl gut schweisbar.

Für dieses Verfahren sind jedoch hinreichende Kühlwassermengen und Platz in der Walzstrasse für die Kühlstrecke erforderlich. Die Oberfläche des Walzgutes wird auf eine Temperatur von weniger als 200°C abgekühlt, und nach Auflauf auf das Kühlbett beträgt die Ausgleichstemperatur etwa 600°C. Wegen der niedrigen Oberflächentemperatur werden erhöhte Ansprüche an die Warmschere bezüglich Scherkraft und Messerqualität gestellt, und die Transportvorrichtungen zum Kühlbett verschleissen schneller.

Zudem wird dieses Kühlverfahren bei sehr hohen Walzgeschwindigkeiten, wie sie beispielsweise beim Drahtwalzen auftreten, noch nicht beherrscht. Eine weitere Schwierigkeit tritt beim Windungslegen auf, wenn die Oberflächentemperatur weniger als 200°C beträgt und sich auf nur etwa 600°C wieder aufheizt.

In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass sich der Einsatz von Betonstahl in Form von profiliertem Walzdraht in Ringen, insbesondere als Vormaterial für Biegereien, immer mehr durchsetzt.

Durch die FR-A 2 103 905 ist ein Betonstahl bekannt, der eine Zusammensetzung aufweist, wie sie für die bekannten hochfesten, schweisbaren Feinkornbaustähle Verwendung findet. Ein solcher Stahl kann zwar als Betonstahl verwendet werden. Da dieser Stahl keiner thermischen oder mechanischen Behandlung unterzogen wird, benötigt er zusätzlich Legierungskomponenten, im Hinblick auf welche dieser Stahl kostenaufwendiger ist als z.B. ein aus der Walzhitze vergüteter Betonstahl.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines Betonstahles der eingangs beschriebenen Art zu finden,

– nach dem dieser Betonstahl infolge niedriger Gehalte an Mikro- und anderen Legierungselementen kostengünstig herstellbar ist,

- das keine grossen Wassermengen und Investitionen zur Anwendung im Walzwerk benötigt,
- das Warmschere und Kühlbettzulauf nicht übermässig beansprucht, und
- nach dem der Betonstahl in einfacher Weise in Form von profiliertem Walzdraht in Ringen herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird gemäss der Erfindung durch den eingangs beschriebenen Betonstahl gelöst, wobei der Stahl während und/oder nach dem Walzen aus der Walzhitze abgeschreckt und seine hierdurch auf eine Temperatur grösser als 600°C abgekühlte Oberfläche durch die höhere Temperatur seines Kernes wieder erwärmt wird, so dass sich eine Ausgleichtemperatur des Stahles von über 700°C bis maximal 760°C einstellt.

Bevorzugte Merkmale des erfindungsgemässen Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 und 3 enthalten.

Es hat sich gezeigt, dass bei einem Stahl mit einem niedrigen Kohlenstoff-Äquivalent, dem Mikrolegierungselemente wie Vanadium und Stickstoff in nur geringen Mengen zulegiert werden, der Ausscheidungsprozess der Vanadium(karbo)nitride in bevorzugter Form wirksam erreicht wird, wenn der Stahl während und/oder nach dem Walzen zusätzlich schnell durch eine kontrollierte Abkühlung in den Temperaturbereich unterhalb des Gebietes der Gamma-Alpha-Umwandlung abgekühlt wird. Um einen Betonstahl mit einer Streckgrenze grösser als 500 N/mm<sup>2</sup> herzustellen, braucht der Vanadiumgehalt bei tiefem Kohlenstoff-Äquivalent nur 0,04% zu betragen. Hierbei hat sich als für die Ausscheidung vorteilhafter Temperaturbereich eine Ausgleichtemperatur von grösser als 700°C gezeigt. Bei dieser geringen Kühlung hat die Oberfläche des Walzgutes direkt beim Ausgang der Kühlstrecke eine Temperatur grösser als 600°C und heizt sich wegen der geringen Kühltischdicke sehr schnell wieder auf eine Temperatur grösser als 700°C auf. Dadurch wird erreicht, dass

- beim Stabwalzen die Warmschere und der Kühlbettzulauf gegenüber der Herstellung von aus der Walzhitze vergüteten Betonstählen geschont werden und
- beim Drahtwalzen ein Windungslegen möglich ist.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von einigen Betriebsergebnissen beispielsweise beschrieben und in den Figuren dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen Streckgrenze und Ausgleichtemperatur von Betonstahl und verschiedenen Anteilen an Mikrolegierungselementen dargestellt,

Fig. 2 das Schlibbild eines nach der Erfindung hergestellten Betonstahls mit einem Durchmesser von 8 mm, einem V-Gehalt von 0,04% und einer Ausgleichtemperatur von 710°C und

Fig. 3 das Schlibbild desselben Betonstahls, bei dem jedoch durch eine intensive Wasserabreckung eine Oberflächenhärtung bei einer Ausgleichtemperatur von 655°C erreicht wird.

Nachstehend werden einige Betriebsergebnisse beschrieben und in dem beiliegenden Diagramm dargestellt.

5 An drei Schmelzen mit der Zusammensetzung

Kohlenstoff 0,16%  
Silizium 0,2%  
Mangan 0,65%

10 und den üblichen Begleitelementen eines Elektrostahls sowie Vanadium- und Stickstoff-Gehalten von

15 V 0,01%, N 0,010%  
V 0,04%, N 0,012%  
V 0,06%, N 0,012%

20 wurden an Betonstählen mit kleinen Durchmesser (8-12 mm) die in dem Diagramm dargestellten Ergebnisse erzielt:

25 Während ohne gesteuerte Abkühlung (Endwalztemperatur etwa 900°C) Streckgrenzen von 350, 420 und 450 N/mm<sup>2</sup> erreicht wurden, nehmen die Werte bei kontrollierter Abkühlung zu und betragen bei einer Ausgleichtemperatur von 700°C 440, 530 und 560 N/mm<sup>2</sup> (Fig. 1). Bei Ausgleichstemperaturen von kleiner als 700°C machen sich bereits Härtungseffekte bemerkbar (Fig. 3). Diese Temperaturen lägen aber auch im Sinne der Erfindung zu niedrig.

30 Die obere Ausgleichtemperatur ist erfindungsgemäss durch die Gamma-Alpha-Umwandlungstemperatur ( $A_{r3}$ -Punkt) bestimmt. Der  $A_{r3}$ -Punkt ist von der Austenitisierungstemperatur und insbesondere von der Stahlzusammensetzung abhängig. Er liegt im angeführten Beispiel bei etwa 825°C.

40 Die Gamma-Alpha-Umwandlung soll nach dem Walzen auch im Kern möglichst schnell stattfinden. Es ist daher zweckmässig, die Abkühlung so zu steuern, dass einerseits die Gamma-Alpha-Umwandlung im Kern noch beschleunigt wird, andererseits aber die Temperatur der Staboberfläche nicht unter den  $M_s$ -Punkt, im angeführten Beispiel 450°C, sinkt. Als gut anwendbar haben sich Ausgleichstemperaturen bis 760°C erwiesen.

50 Als Mass für die gesteuerte Abkühlung wurde die mittlere Wärmeflussdichte ermittelt, die bei den Stabdurchmessern von 8-12 mm etwa 11 MW/m<sup>2</sup> und bei Stabdurchmesser 20 mm etwa 6 MW/m<sup>2</sup> betrug.

55 Unter der mittleren Wärmeflussdichte wird die durch das Kühlmedium abgeführte Wärmemenge, bezogen auf die während der Kühlzeit in der Kühlanlage gekühlte Staboberfläche, verstanden.

60 Aus den Versuchsergebnissen geht hervor, dass bei gesteuerter Abkühlung trotz des niedrigen Kohlenstoff-Äquivalentes und des geringen Gehaltes an Mikrolegierungselementen (Vanadium und Stickstoff) die verlangten hohen Streck-

grenzen von Betonstahl gleich oder grösser 500 N/mm<sup>2</sup> leicht und kostengünstig eingestellt werden können.

Ein Vanadium-Gehalt von 0,04% bei einem Stickstoff-Gehalt von 0,012% (120 ppm) ist dazu hinreichend; eine Erhöhung des Vanadium-Gehaltes auf 0,06% hat nur noch eine vergleichsweise geringe Wirkung.

Selbstverständlich lässt sich das Verfahren auch auf andere Produkte und/oder Stahlsorten als Betonstahl in Stäben oder Walzdraht anwenden, z. B. auf Stabstahl und Flachprodukte.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Betonstahl in Form von Stäben oder Walzdraht mit niedrigem Kohlenstoffäquivalent und mit Mikrolegierungselementen Vanadium 0,03–0,05% und Stickstoff 0,01–0,02% sowie mit einer Streckgrenze von mindestens 450 N/mm<sup>2</sup> und mit guter Schweissbarkeit und Zähigkeit, wobei der Stahl während und/oder nach dem Walzen aus der Walzhitze abgeschreckt wird und seine hierdurch auf eine Temperatur grösser als 600°C abgekühlte Oberfläche durch die höhere Temperatur seines Kerns wieder erwärmt wird, so dass sich eine Ausgleichtemperatur des Stahles von über 700°C bis maximal 760°C einstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeflussdichte bei einem Stabdurchmesser von 8–12 mm etwa 11 MW/m<sup>2</sup> und bei einem Stabdurchmesser von 20 mm etwa 6 MW/m<sup>2</sup> beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Betonstahl zur Erreichung einer Streckgrenze von grösser als 500 N/mm<sup>2</sup> folgende Analyse, in Gew.-%, aufweist:

Kohlenstoff 0,10–0,25%, Mangan gleich oder grösser als 0,6%, Silizium etwa 0,2%, Vanadium 0,03–0,05%, Stickstoff 0,01–0,02% bei den üblichen Gehalten an Spurenelementen, Rest Eisen.

#### Claims

1. Method for producing concrete-reinforcing steel bars of rods emerging from the rolling mill, with low carbon equivalence and with micro alloy elements of 0.04 to 0.05 percent vanadium and 0.01 to 0.02 percent nitrogen as well as with a yield strength of at least 450 N/mm<sup>2</sup> and with

good weldability and ductility, whereby the steel during and/or after the rolling is quenched from the rolling heat, so that the temperature is reduced to above 600°C, which is increased to a higher temperature by means of its core heat, thereby adjusting the levelling temperature of the steel within a range from 700 to 760°C.

2. Method according to claim 1, characterized in that the heat flow density of a rod diameter between 8 and 12 mm is about 11 MW/m<sup>2</sup> and for a rod diameter of 20 mm about 6 MW/m<sup>2</sup>.

3. Method according to claim 2 or 3, characterized in that the concrete steel, in order to reach a yield strength above 500 N/mm<sup>2</sup>, shows the following analysis in weight percent:

Carbon 0.10–0.25 percent, manganese 0.6 percent or higher, silicon about 0.2 percent, vanadium 0.03–0.05 percent, nitrogen 0.01–0.02 percent with a common content of trace elements, and remains iron.

#### Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'acier à béton produit sous forme de barres ou de fil, ayant un faible équivalent en carbone, contenant, comme éléments de microalliage, de 0,03 à 0,05% de vanadium et de 0,01 à 0,02% d'azote, ayant une limite d'élasticité apparente d'au moins 450 N/mm<sup>2</sup> et présentant une soudabilité et une tenacité excellentes, l'acier étant soumis, pendant et/ou après le laminage, à une trempe à partir de la chaleur de laminage sa surface refroidie par ce traitement à une température supérieure à 600°C, se réchauffant du fait que la température de la partie centrale est plus élevée, de sorte que la température d'égalisation de l'acier s'établit à une valeur de 700°C à 760°C au maximum.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la densité de flux calorifique est de l'ordre de 11 MW/m<sup>2</sup> pour un diamètre de barre de 8 à 12 mm et de 6 MW/m<sup>2</sup> pour un diamètre de barre de 20 mm.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'acier à béton, pour atteindre une limite d'élasticité apparente de plus de 500 N/mm<sup>2</sup>, à la composition suivante, un poids: carbone 0,10 à 0,25%; manganèse 0,6% au moins; silicium 0,2% environ; vanadium 0,03 à 0,05%; azote 0,01 à 0,02%; oligo-éléments: teneurs habituelles; le reste fer.

55

60

65

4

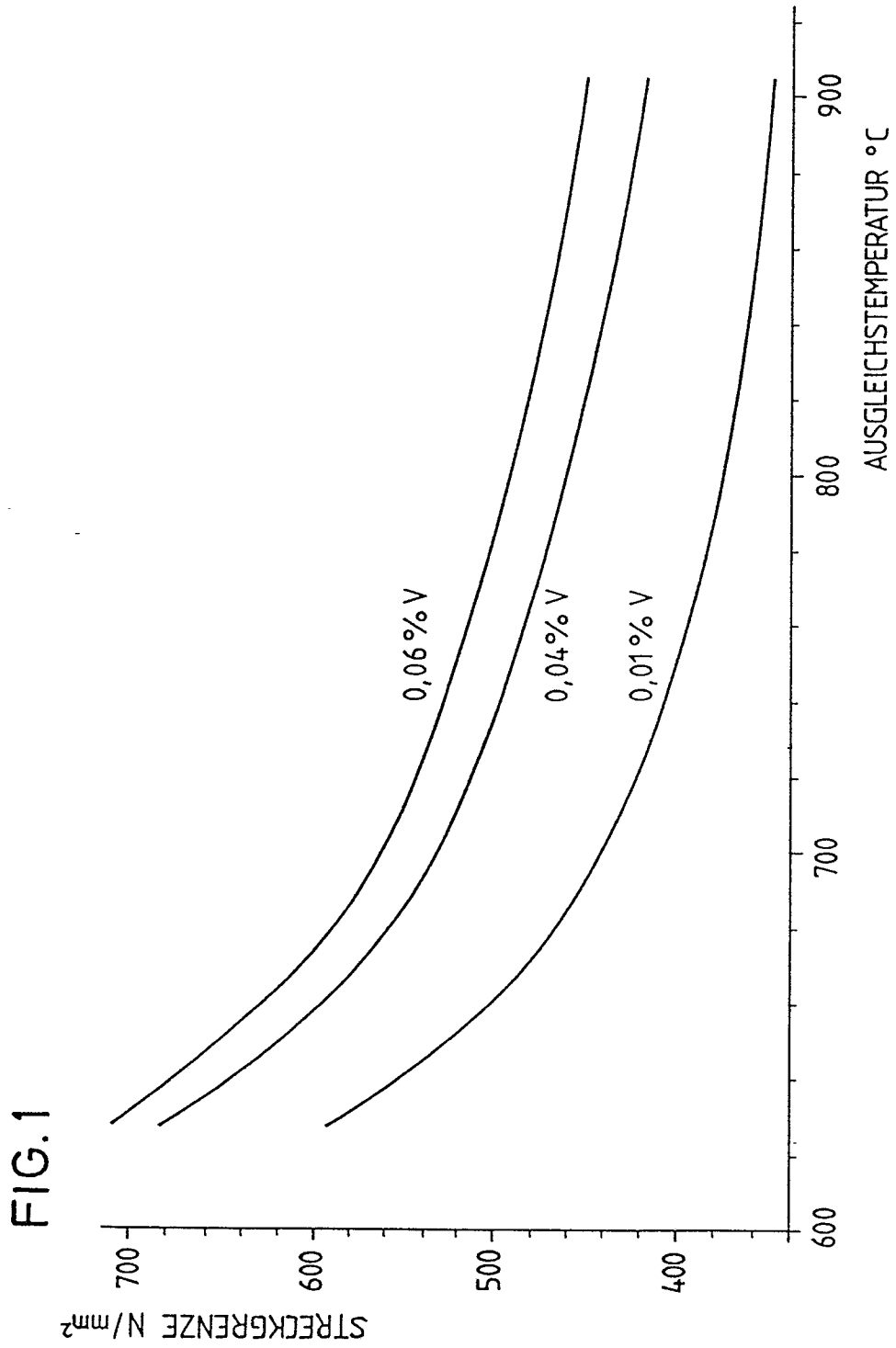


FIG. 2

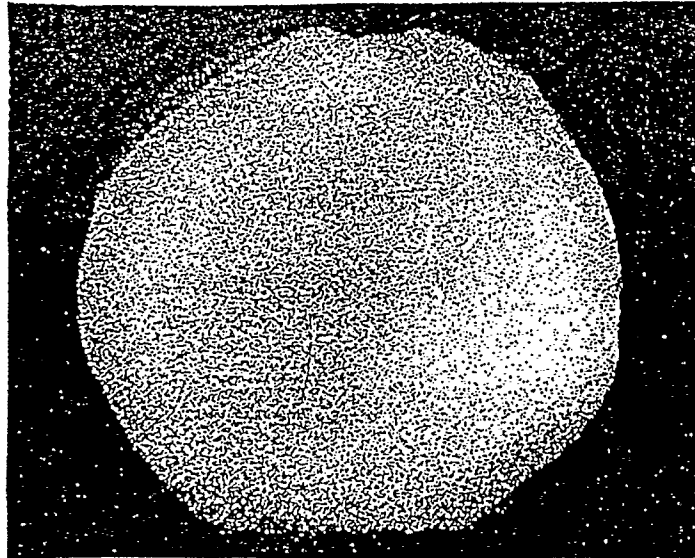


FIG. 3

