

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902043392A1

Publication Date

20131019

Applicant

CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO PER LA PRODUZIONE DI UN MULTISTRATO COMPOSITO
A MATRICE METALLICA RINFORZATO E MULTISTRATO COMPOSITO COSI'
OTTENIBILE.

Procedimento per la produzione di un multistrato composito a matrice metallica rinforzato e multistrato composito così ottenibile.

L'invenzione si riferisce al settore della produzione di compositi in matrice metallica per uso strutturale quali pannelli e gusci in strutture aerospaziali o aeronautiche.

La presente invenzione ha per oggetto un procedimento per la produzione in particolare di compositi in matrice di alluminio rinforzati con titanio mediante co-laminazioni successive.

Sono state fatte diverse proposte per risolvere il problema della produzione di compositi in matrice metallica.

Ad oggi per la produzione di pannelli compositi in matrice di alluminio rinforzati con titanio (a strati continui) è nota una tecnologia molto onerosa dal punto di vista dei costi e dei tempi di realizzazione. Inoltre la dimensione massima di pannelli compositi realizzati mediante tale tecnologia è limitata dalla dimensione del forno per il trattamento necessario. Tale tecnologia consiste sostanzialmente nella successione delle seguenti fasi di produzione:.

- taglio di lamierini di titanio e alluminio in dimensioni opportune

- condizionamento (decapaggio) dei lamierini di Ti e Al
- sovrapposizione dei lamierini nella successione desiderata
- incapsulamento in contenitore metallico dei lamierini sovrapposti
- evacuazione dell'aria presente nel contenitore e sua sigillatura
- pressatura isostatica a caldo
- rimozione dal contenitore dei lamierini.

Questa procedura è limitata nella sua efficacia dalla difficoltà di legame diffusivo tra alluminio e titanio a causa della presenza, difficilmente evitabile, di uno strato continuo e impermeabile di allumina o titania all'interfaccia. La deformazione plastica indotta dalla pressatura isostatica a caldo, di gran lunga inferiore a quella ottenibile mediante il procedimento oggetto della presente invenzione, non permette la rimozione o la frammentazione di questo strato, con conseguenze che compromettono la qualità e la resistenza meccanica dell'accoppiamento diffusivo.

Altri sistemi di produzione di compositi sono stati proposti in GB 1336204, US 7293690, GB 1157346.

GB 1336204 descrive un procedimento che comprende le fasi di pulizia e rimozione di ossido dalle superfici da accoppiare, un pre-riscaldamento di un foglio di alluminio o lega di alluminio e di titanio o lega di titanio ad una temperatura da 500 a 1000°F (260-537°C),

un accoppiamento dei fogli tramite laminazione per ottenere una riduzione del foglio composito dal 3 al 50%, preferibilmente di 7-15%, ed un post-riscaldamento di detto foglio composito ad una temperatura di 500-1150°F (260-620°C).

US 7293690 descrive un processo per la produzione di un materiale composito metallico ottenuto da un foglio nucleo di alluminio e uno strato di titanio rivestito su almeno un lato del foglio nucleo. L'alluminio e il titanio sono legati fra loro tramite laminazione. Solo il foglio di alluminio prima di essere laminato viene preriscaldato ad una temperatura nell'intervallo da 50 a 200°C.

GB 1157346 descrive un metodo per la produzione di un foglio composito metallico comprendente un foglio di alluminio o lega di Al e uno di titanio o lega di Ti. I lamierini sono uniti mediante adesivo o laminazione che viene preceduta da un riscaldamento dell'alluminio a 850-900°F (454,4-482,2°C) mentre il titanio viene mantenuto a temperatura ambiente. La laminazione viene effettuata in modo tale da laminare l'alluminio del 30-70% e il titanio del 10-50%, essendo la riduzione complessiva 50 %. La fase di laminazione del composito viene quindi seguita da un riscaldamento a 850-950°F (454,4-510,0°C) per un periodo tra 30 minuti e due ore di trattamento termico.

JP 4160126 A descrive un procedimento per la preparazione di un composito multistrato Al-Ti-Al via

clad-rolling. Non è tuttavia previsto-anteriormente alla prima laminazione - un trattamento termico, a temperature e per tempi prefissati, dei lamierini sovrapposti.

I compositi ottenuti con i sistemi di produzione noti, sostanzialmente basati sulla giunzione diffusiva mediante pressatura isostatica a caldo, non sono tuttavia del tutto soddisfacenti non solo per ragioni economiche ma anche per ragioni tecnologiche. Infatti essi presentano il problema della dipendenza dell'ingombro del componente rispetto alla dimensione della camera della pressa isostatica. Inoltre tale metodo necessita di un condizionamento tecnologicamente oneroso delle superfici che partecipano alla giunzione diffusiva, data la lieve deformazione plastica in gioco e la conseguente impossibilità di distribuire lo strato di ossido su superfici più ampie.

Esiste pertanto nello specifico settore l'esigenza di disporre di un processo di produzione di compositi economico, affidabile, di elevata semplicità realizzativa e che permetta la realizzazione di strutture di dimensioni più ampie.

Questa esigenza è soddisfatta dal procedimento secondo la presente invenzione che offre inoltre altri vantaggi che risulteranno evidenti nel seguito.

E' infatti oggetto della presente invenzione un procedimento per la produzione di un materiale multistrato composito a matrice metallica comprendente le seguenti operazioni:

- sovrapposizione di tre lamierini in cui un lamierino di un primo metallo è interposto fra due lamierini di un secondo metallo, avendo il primo metallo resistenza meccanica superiore al secondo metallo ed il secondo metallo densità inferiore al primo metallo;
- trattamento termico dei tre lamierini sovrapposti a temperatura compresa tra temperatura ambiente e 550°C per tempi compresi fra 15 minuti e 2 ore;
- giunzione dei tre lamierini trattati termicamente mediante una prima laminazione con tasso di riduzione totale inferiore al 60% per ottenere un prodotto intermedio di primo stadio a tre strati;
- taglio del prodotto intermedio di primo stadio risultante per ottenere due laminati a tre strati;
- sovrapposizione dei due laminati a tre strati risultanti per ottenere, dopo trattamento termico a temperatura inferiore a 550°C e dopo giunzione mediante seconda laminazione, un prodotto multistrato di secondo stadio;
- eventuale ripetizione di taglio, sovrapposizione, trattamento termico e giunzione mediante successive laminazioni dei laminati di secondo stadio per ottenere il multistrato composito a matrice metallica desiderato.

In una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il primo metallo è titanio o lega di titanio e il secondo metallo è alluminio o lega di alluminio.

In questo caso la giunzione tra i due metalli avviene mediante un primo stadio di laminazione ad un tasso di riduzione totale compreso tra 30% e 60%.

Secondo l'invenzione i due prodotti di primo stadio vengono accoppiati mediante un secondo stadio di laminazione con un tasso di riduzione pari al 50% preceduto da un trattamento termico a temperatura compresa tra 200°C e 500°C per tempi compresi tra 15 minuti e 1 ora.

Il materiale composito può essere ottenuto mediante ripetizione di successive laminazioni di secondo stadio applicate ad un accoppiamento di due prodotti di secondo stadio, in modo tale che ogni laminazione di secondo stadio è applicata ad un accoppiamento costituito da prodotti della laminazione di secondo stadio precedente.

Il numero delle laminazioni di secondo stadio è preferibilmente compreso tra 1 e 10.

Secondo l'invenzione i lamierini sottoposti a laminazione ed i laminati in lavorazione sono trattati mediante operazione di pulizia tramite sabbiatura dei materiali costituenti e successivamente trattati termicamente in atmosfera inerte o in aria.

I lamierini sovrapposti nel procedimento secondo la presente invenzione hanno preferibilmente uno spessore totale compreso tra 3 e 6 mm, il titanio ha uno

spessore compreso tra 1 mm e 2 mm, l'alluminio uno spessore compreso tra 1 mm e 2 mm.

Il prodotto dell'ultima laminazione di secondo stadio può essere soggetto ad un ulteriore trattamento termico a temperatura compresa tra 300°C e 550°C per un tempo compreso tra 8 ore e 40 ore.

E' anche oggetto dell'invenzione un composito multistrato a matrice metallica, ottenibile con il procedimento illustrato in precedenza.

Di seguito vengono esposti i principali vantaggi del procedimento e l'invenzione:

rimozione del duro strato di ossido formabile all'interfaccia tra i due metalli da accoppiare mediante elevata deformazione plastica del materiale; estensione dell'interfaccia diffusiva tra Ti e Al ad una superficie doppia ad ogni ciclo di laminazione del 50%. La pressatura isostatica a caldo non è in grado di impartire tale grado di deformazione agli strati sovrapposti;

il grado di dispersione ottenuto non è raggiungibile con quanto descritto nello stato dell'arte. Con i successivi cicli di laminazione è possibile produrre 2ⁿ strati di titanio con conseguente elevato numero di interfacce ed un avvicinamento di interfacce difficilmente producibile mediante impilamento manuale. Ad esempio per $n = 10$ si ottengono 1024 strati di titanio;

dimensioni maggiori del prodotto finale ottenibili grazie all'utilizzo del laminatoio invece che alla

pressa isostatica a caldo, mentre con la pressa isostatica a caldo si deve sviluppare una macchina con dimensione almeno pari alla estensione superficiale del pannello.

Si è data finora una descrizione di carattere generale dell'invenzione. Con l'aiuto delle figure e degli esempi seguenti verrà ora data una descrizione più dettagliata di sue forme di realizzazione finalizzate a farne meglio comprendere scopi, caratteristiche, vantaggi e modalità operative.

La figura 1 mostra un esempio di applicazione del composito a pannelli curvi che costituiscono il mantello della fusoliera di un aeromobile.

La figura 2 mostra la micrografia di un multistrato composito secondo l'invenzione ottenuto mediante applicazione di dieci laminazioni di secondo stadio a partire da alluminio/titanio/alluminio

La figura 3 mostra la micrografia di un multistrato composito secondo l'invenzione ottenuto mediante applicazione di dieci laminazioni di secondo stadio a partire da alluminio/titanio/alluminio con spessore iniziale di titanio 5 volte superiore a quello della variante mostrata in figura 2.

Esempio 1

Per la realizzazione di un multistrato composito a matrice metallica per applicazioni strutturali è stato utilizzato un lamierino di titanio con spessore di 1,5 mm accoppiato esternamente con due lamierini di alluminio con spessore di 1,5 mm ciascuno.

Prima dell'accoppiamento, ciascun lamierino è stato pulito mediante sabbiatura ed il prodotto ottenuto è stato riscaldato in atmosfera inerte ad una temperatura pari a 460°C.

L'accoppiamento è stato realizzato con un primo stadio di laminazione con rapporto di riduzione pari al 50% ottenendo un multistrato laminato di spessore pari a 2,25 mm. Un secondo stadio di laminazione è stato applicato a due laminati sovrapposti, ottenuti mediante il primo stadio con un tasso di riduzione del 50 %, ottenendo un laminato multistrato composto da alluminio/titanio/alluminio/alluminio/titanio/alluminio di spessore pari a 2,25 mm.

Il secondo stadio di laminazione è stato preceduto da un riscaldamento a 460°C per 30 minuti.

Il laminato così ottenuto è stato sottoposto a trattamento termico a temperatura di 400°C per un tempo di 16 ore ottenendo un multistrato composito di alluminio con dispersioni di inclusioni di titanio del tipo mostrato in figura 2.

Il multistrato composito risultante esibisce una rigidezza e resistenza flessionale superiore rispetto all'analogo in lega di alluminio.

Esempio 2

Per la preparazione di un laminato con dispersioni di titanio per applicazioni a temperature superiori rispetto a quelle tipiche di impiego delle leghe di alluminio, è stato utilizzato un lamierino di titanio con spessore di 1,5 mm accoppiato esternamente con due lamierini di alluminio con spessore di 1,5 mm ciascuno. Prima dell'accoppiamento, ciascun lamierino è stato pulito mediante sabbiatura ed il prodotto ottenuto è stato riscaldato in atmosfera inerte ad una temperatura pari a 460°C.

L'accoppiamento è stato realizzato con un primo stadio di laminazione con rapporto di riduzione pari al 50% ottenendo un multistrato laminato di spessore pari a 2,25 mm. Un secondo stadio di laminazione è stato applicato a due laminati sovrapposti, ottenuti mediante il primo stadio con un tasso di riduzione del 50 %, ottenendo un laminato composto da alluminio/titanio/alluminio/alluminio/titanio/alluminio di spessore pari a 2,25 mm.

Il secondo stadio di laminazione è stato preceduto da un riscaldamento a 460°C per 30 minuti.

Altre nove laminazioni di secondo stadio sono state applicate ad un laminato ottenuto dal taglio e dalla sovrapposizione di laminati ottenuti dalla laminazione di secondo stadio precedente.

Il laminato ottenuto è stato sottoposto a trattamento termico a temperatura di 520°C per 20 ore ottenendo un multistrato composito di alluminio con dispersioni di inclusioni di titanio e composti intermetallici formati da alluminio e titanio del tipo mostrato in figura 3.

Il multistrato risultante ha una resistenza meccanica a temperature maggiori di 250°C superiore a quella di una lega di alluminio tradizionale.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1 . Procedimento per la produzione di un materiale multistrato composito a matrice metallica comprendente le seguenti operazioni:

- sovrapposizione di tre lamierini in cui un lamierino di un primo metallo è interposto fra due lamierini di un secondo metallo, avendo il primo metallo resistenza meccanica superiore al secondo metallo ed il secondo metallo densità inferiore al primo metallo;
- trattamento termico dei tre lamierini sovrapposti a temperatura compresa tra temperatura ambiente e 550°C per tempi compresi fra 15 minuti e 2 ore;
- giunzione dei tre lamierini trattati termicamente mediante una prima laminazione con tasso di riduzione totale inferiore al 60% per ottenere un prodotto intermedio di primo stadio a tre strati;
- taglio del prodotto intermedio di primo stadio risultante per ottenere due laminati a tre strati;
- sovrapposizione dei due laminati a tre strati risultanti per ottenere, dopo trattamento termico a temperatura inferiore a 550°C e dopo giunzione mediante seconda laminazione, un prodotto multistrato di secondo stadio;
- eventuale ripetizione di taglio, sovrapposizione, trattamento termico e giunzione mediante successive laminazioni dei laminati di secondo stadio per ottenere il multistrato composito a matrice metallica desiderato.

2. Procedimento come da rivendicazione 1, in cui il primo metallo è titanio o lega di titanio e il secondo metallo è alluminio o lega di alluminio.
3. Procedimento come da rivendicazione 2, in cui la giunzione tra i due metalli avviene mediante un primo stadio di laminazione ad un tasso di riduzione totale compreso tra 30% e 60%.
4. Procedimento come da rivendicazione 3, in cui due prodotti di primo stadio vengono accoppiati mediante un secondo stadio di laminazione con un tasso di riduzione pari al 50% preceduto da un trattamento termico a temperatura compresa tra 200°C e 500°C per tempi compresi tra 15 minuti e 1 ora.
5. Procedimento come da una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il materiale composito è ottenuto mediante ripetizione di successive laminazioni di secondo stadio applicate ad un accoppiamento di due prodotti di secondo stadio, in modo tale che ogni laminazione di secondo stadio è applicata ad un accoppiamento costituito da prodotti della laminazione di secondo stadio precedente.
6. Procedimento come da rivendicazioni da 1 a 5, in cui il numero delle laminazioni di secondo stadio è compreso tra 1 e 10.
7. Procedimento come da una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui i lamierini sottoposti a laminazione ed i laminati in lavorazione sono trattati mediante operazione di pulizia tramite sabbiatura dei materiali costituenti e successivamente trattati termicamente in atmosfera inerte o in aria.

8. Procedimento come da una qualunque delle rivendicazioni da 2 a 7, in cui i lamierini sovrapposti hanno uno spessore totale compreso tra 3 e 6 mm, il titanio ha uno spessore compreso tra 1 mm e 2 mm, l'alluminio uno spessore compreso tra 1 mm e 2 mm.

9. Procedimento come da una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui il prodotto dell'ultima laminazione di secondo stadio è soggetto ad un ulteriore trattamento termico a temperatura compresa tra 300°C e 550°C per un tempo compreso tra 8 ore e 40 ore.

10. Composito multistrato a matrice metallica rinforzato, caratterizzato dal fatto di essere ottenibile con il procedimento delle rivendicazioni da 1 a 9.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

CLAIMS

1. Method for production of metallic matrix composite multilayer material comprising the following steps of:

- overlapping of three sheets wherein a first metal sheet is sandwiched between two second metal sheets, said first metal having strength higher than said second metal and said second metal having lower density than said first metal;
- optional heat treatment of said three stacked sheets at temperature from room temperature to 550°C over 15 minutes to 2 hours;
- junction of said three optionally thermally treated sheets by a first rolling with total reduction rate lower than 60% in order a first step three layer intermediate product to be obtained;
- cutting of said resulting first step intermediate product in order two three layer rolled sections to be obtained;
- overlapping of said resulting two three layer rolled sections in order, after heat treatment at temperature lower than 550°C and after junction by a second rolling, a second step multilayer product to be obtained;
- possible repetition of cutting, overlapping, heat treatment and successive rolling junction of said second step rolled sections in order desired first step metallic matrix composite multilayer material to be obtained.

2. Method according to claim 1, wherein said first metal is titanium or titanium alloy and said second

metal is aluminum or aluminum alloy.

3. Method according to claim 2, wherein said junction between said two metals is carried out by first step rolling at total reduction rate from 30% to 60%.

4. Method according to claim 3, wherein two first step products are coupled by second step rolling at 50 % reduction rate after heat treatment at temperature from 200°C to 500°C over time periods from 15 minutes to 1 hour.

5. Method according to any of preceding claims, wherein said composite material is obtained by repetition of second step successive rolling applied to two second step coupled products, such that each second step rolling is applied to a coupling material consisting of previous second step rolling products.

6. Method according to claims 1 to 5, wherein second step rolling number is from 1 to 10.

7. Method according to any of preceding claims, wherein the under rolling sheets and processed rolled sections are cleaned by sand-blasting of constituent materials and then thermally treated under inert atmosphere or air.

8. Method according to any of claims 2 to 7, wherein said stacked sheets are 3 to 6 mm thick, titanium is 3 to 6 mm thick, aluminum is 1 to 2 mm thick.

9. Method according to any of preceding claims, wherein second step last rolling product is subjected to further heat treatment at temperature from 300°C to 550°C over time period from 8 to 40 hours.

10. Metallic matrix reinforced multi-layer composite,

characterized in that it is obtainable according to the method of claims from 1 to 9.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

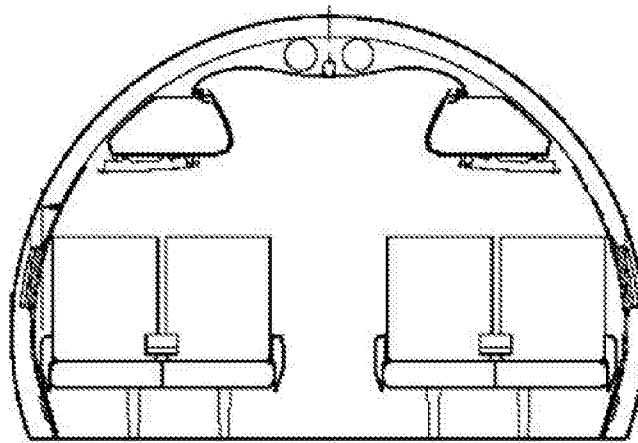


Fig. 1

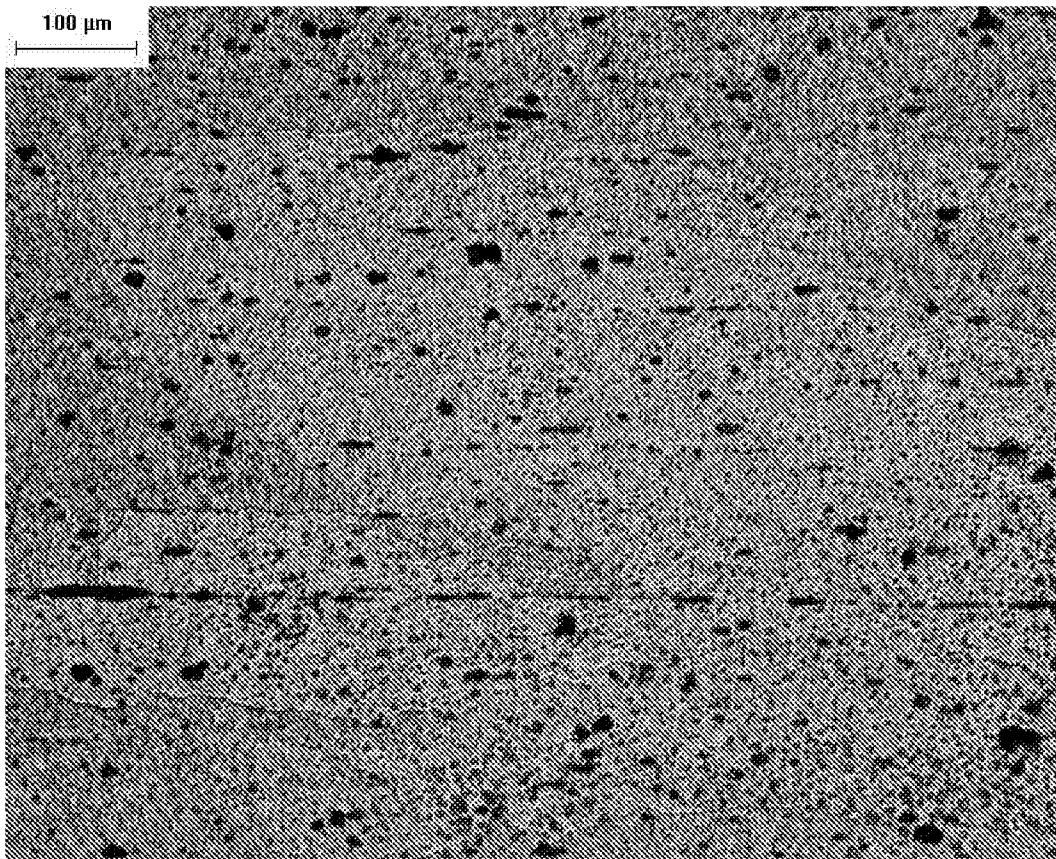


Fig. 2

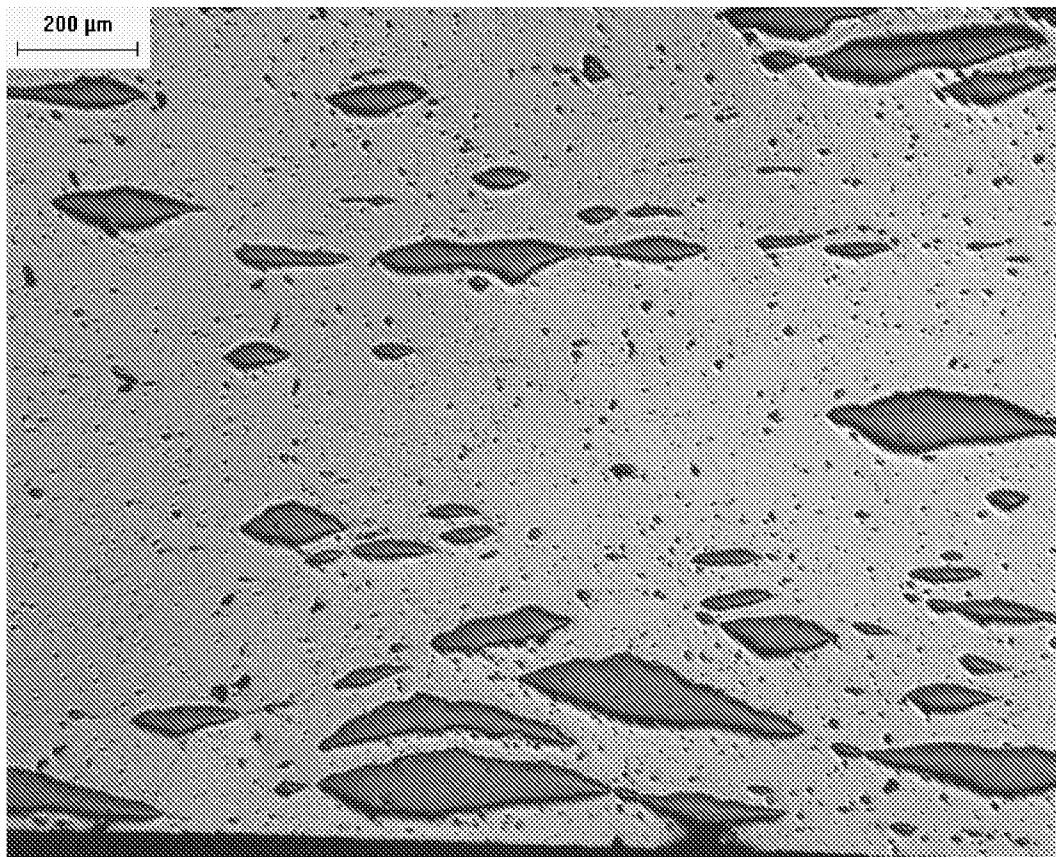


Fig. 3