

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4416183号  
(P4416183)

(45) 発行日 平成22年2月17日 (2010.2.17)

(24) 登録日 平成21年12月4日 (2009.12.4)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 1 D 9/04 (2006.01)

C 2 1 D 9/04 A

C 2 1 D 1/02 (2006.01)

C 2 1 D 1/02

C 2 1 D 1/20 (2006.01)

C 2 1 D 1/20

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 O 1 Z

C 2 2 C 38/18 (2006.01)

C 2 2 C 38/18

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-521894  
 (86) (22) 出願日 平成8年1月11日 (1996.1.11)  
 (65) 公表番号 特表平11-502564  
 (43) 公表日 平成11年3月2日 (1999.3.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/GB1996/000034  
 (87) 国際公開番号 W01996/022396  
 (87) 国際公開日 平成8年7月25日 (1996.7.25)  
 審査請求日 平成14年9月3日 (2002.9.3)  
 審判番号 不服2008-14479 (P2008-14479/J1)  
 審判請求日 平成20年6月9日 (2008.6.9)  
 (31) 優先権主張番号 9501097.1  
 (32) 優先日 平成7年1月20日 (1995.1.20)  
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 598019897  
 コラス、ユーケー、リミテッド  
 イギリス国ロンドン、ミルバンク、3 O  
 (74) 代理人 100075812  
 弁理士 吉武 賢次  
 (74) 代理人 100091487  
 弁理士 中村 行孝  
 (74) 代理人 100094640  
 弁理士 紺野 昭男  
 (74) 代理人 100107342  
 弁理士 横田 修孝  
 (74) 代理人 100113365  
 弁理士 高村 雅晴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化物を含まないベイナイト系鋼レールおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有する鉄道レールの製造方法であって、組成が重量 % で、0.05 ~ 0.50 % の炭素、1.00 ~ 3.00 % のケイ素および / またはアルミニウム、0.50 ~ 2.50 % のマンガンを、0.25 ~ 2.50 % のクロム、0 ~ 3.00 % のニッケル、0 ~ 0.025 % の硫黄、0 ~ 1.00 % のタングステン、0 ~ 1.00 % のモリブデン、0 ~ 3 % の銅、0 ~ 0.10 % のチタン、0 ~ 0.50 % のバナジウム、および 0 ~ 0.005 % のホウ素を含み、残りが鉄および微量の不純物である鋼を熱間圧延してレールに成形し、そのレールを空气中で自然に、または加速冷却により、その圧延温度から常温に連続的に冷却して、実質的に炭化物を含まない、ベイナイト系フェライト、残留オーステナイトおよび高炭素マルテンサイトを基材とする上部ベイナイト型の微小構造を得、Hv30 硬度を 400 ~ 500 に高めたベイナイト系鋼レールを製造することを特徴とする方法。

【請求項 2】

レールの炭素含有量が 0.10 ~ 0.35 重量 % である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

レールのケイ素含有量が 1.00 ~ 2.50 重量 % である、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

レールのマンガ含有量が 1.00 ~ 2.50 重量 % であり、クロム含有量が 0.35 ~

2.25重量%であり、モリブデン含有量が0.15~0.60重量%である、請求項1~3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

組成が重量%で、0.05~0.50%の炭素、1.00~3.00%のケイ素および/またはアルミニウム、0.50~2.50%のマンガン、0.25~2.50%のクロム、0~3.00%のニッケル、0~0.025%の硫黄、0~1.00%のタングステン、0~1.00%のモリブデン、0~3%の銅、0~0.10%のチタン、0~0.50%のバナジウム、および0~0.005%のホウ素を含み、残りが鉄および微量の不純物である鋼を熱間圧延して成形し、空气中で自然に、または加速冷却により、その圧延温度から常温に連続的に冷却して、実質的に炭化物を含まない、ベイナイト系フェライト、残留オーステナイトおよび高炭素マルテンサイトを基材とする上部ベイナイト型の微小構造を得、Hv30硬度を400~500に高めることにより製造されることを特徴とする、耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有するベイナイト系鋼レール。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

本発明は、炭化物を含まないベイナイト系鋼レールおよびその様な鋼レールの製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、鉄道およびクレーンレール、鉄道のポイントおよび交差、鉄道車輪および特殊な耐摩耗性部分および板を製造できる、耐摩耗性および転がり接触疲労を強化したベイナイト鋼に関する。

20

【0002】

【背景技術】

ほとんどの鉄道レールはこれまでパーライト鋼から製造されている。最近の調査では、パーライト鋼が、それらの鉄道レールに関する材料特性開発の限界に近付きつつあることを示している。したがって、優れた延性、靱性および溶接性に結び付いた、良好な耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有する新しい型の鋼を評価する必要がある。

【0003】

EP 0612852A1は、良好な転がり接触疲労耐性を有する高強度ベイナイトの製造方法を記載している。そこでは、熱間圧延したレールのヘッドを、オーステナイト領域から500~300の冷却停止温度に毎秒1°~10の速度で加速冷却し、次いでレールヘッドをさらに低い温度区域に冷却する断続的な冷却プログラムにかける。この製法により製造されるレールは、従来のパーライト系レールよりもよりかはるかに摩耗し易く、転がり接触疲労耐性が改良されていることが分かっている。この様に、これらのレールのヘッド表面により示される摩耗速度の増加は、欠陥が生じる前に蓄積された疲労損傷が消滅することを立証している。これらのレールにより示される物理的特性は、部分的に、上記の加速冷却方式により達成される。

30

【0004】

EP 0612852A1により提案された解決策は、レール鋼の耐摩耗性を本質的に強化し、優れた転がり接触疲労耐性を達成する本発明の方法とは明らかに異なっている。これらの鋼は、パーライト系レールと比較して衝撃靱性および延性も改良されている。本発明の方法は、EP 0612852A1に規定されている様な複雑な断続的冷却方式も必要としない。

40

【0005】

複雑な断続的冷却方式を規定している他の類似の文献には、GB 2132225、GB 207144、GB 1450355、GB 1417330、US 5108518およびEP 0033600がある。

【0006】

炭化鉄を含むベイナイト鋼から製造される鉄道レールは、以前にも提案されている。連続的に冷却されたベイナイトの細かいフェライトラス(lath)の大きさ(約0.2~0.8μm幅)および高い転位密度の組合わせにより、その鋼は非常に強くなっているが、微小

50

構造中にラス間およびラス内炭化物が存在するために脆さが増加し、その様な鋼の商業的な利用が大幅に制限されている。

【 0 0 0 7 】

有害な炭化物が存在するために起こる脆化の問題は、低合金鋼に比較的大量（約 1 ~ 2 %）のケイ素および / またはアルミニウムを添加することにより、大幅に緩和される。ベイナイトに連続的に変態される鋼の中にケイ素および / またはアルミニウムが存在することは、延性の高炭素オーステナイト領域の維持を、脆いラス間セメンタイトフィルムの形成よりも優先させており、そしてこれは分散した、保持されたオーステナイトが熱的にも機械的にも安定している筈であるという前提によっている。ベイナイト温度領域における連続的冷却変態にしたがって保持されるオーステナイトは、細かく分割された薄いラス間フィルムとして、または「ブロック状の」インターパケット区域として生じることが示されている。薄いフィルム形態は熱的および機械的安定性が極めて高いが、ブロック型は高炭素マルテンサイトに変態することができ、良好な破壊靱性にはあまり役立たない。良好な靱性を確保するには、薄いフィルムの、ブロック状形態に対する比率 > 0 . 9 が必要であり、そしてこれは、鋼の組成および熱処理を注意深く選択することにより達成することができる。これによって、実質的に炭化物を含まない、ベイナイト系フェライト、残留オーステナイトおよび高炭素マルテンサイトを基材とする「上部ベイナイト」型の微小構造が得られる。

【 0 0 0 8 】

【 発明の開示 】

本発明の目的は、硬度範囲を本質的に高めた、公知の鉄道レール鋼よりも明らかな優位性を示す、炭化物を含まないベイナイト系鋼を提供することである。

【 0 0 0 9 】

本発明の一態様では、微小構造が実質的に炭化物を含まない、耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有するベイナイト系鋼の製造方法であって、組成が重要で、0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 % の炭素、1 . 0 0 ~ 3 . 0 0 % のケイ素および / またはアルミニウム、0 . 5 0 ~ 2 . 5 0 % のマンガン、0 . 2 5 ~ 2 . 5 0 % のクロムを含み、残りが鉄および微量の不純物である鋼を熱間圧延し、その鋼を空气中で自然に、または連続的な加速冷却により、その圧延温度から連続的に冷却する工程を含んでなる方法を提供する。

【 0 0 1 0 】

本発明の鋼は、さらに重量で、3 . 0 0 % までのニッケル、0 . 0 2 5 % までの硫黄、1 . 0 0 % までのタンゲステン、1 . 0 0 % までのモリブデン、3 % までの銅、0 . 1 0 % までのチタン、0 . 5 0 % までのバナジウム、および 0 . 0 0 5 % までのホウ素の 1 種以上を含むことができる。

【 0 0 1 1 】

好ましい鋼組成物の炭素含有量は、0 . 1 0 ~ 0 . 3 5 重量 % でよい。ケイ素含有量は、1 . 0 0 ~ 2 . 5 0 重量 % でよい。また、マンガン含有量は 1 . 0 0 ~ 2 . 5 0 重量 % でよく、クロム含有量は 0 . 3 5 ~ 2 . 2 5 重量 % でよく、モリブデン含有量は 0 . 1 5 ~ 0 . 6 0 重量 % でよい。

【 0 0 1 2 】

別の態様では、前の 3 つの段落に記載する方法により製法で製造された、耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有する鋼を提供する。

【 0 0 1 3 】

さらに別の態様では、炭化鉄を含まない微小構造を有する、熱間圧延した、または強化冷却した、転がり接触疲労耐性および耐摩耗性を有するベイナイト系鋼レールであって、熱間圧延の後、空气中で自然に、または加速冷却により連続的に冷却したレールを提供する。

【 0 0 1 4 】

本発明の鋼は、転がり接触疲労強度、延性、曲げ疲労寿命および破壊靱性の水準が改良されていると共に、転がり接触疲労耐性が従来の熱処理パーライト系レールのそれと同等で

10

20

30

40

50

あるか、またはそれよりも優れている。

【 0 0 1 5 】

ある種の状況下では、レールの表面上に蓄積された転がり接触疲労による損傷が連続的に消滅する様に、レールが十分に高い摩耗速度を有するのが有利であると考えられている。レールの摩耗速度を増加させる明らかな方法の一つは、その硬度を低下させることである。しかし、レールの硬度を大幅に低下させると、レールヘッドの表面に、それ自体好ましくない深刻な可塑変形を引き起こす。

【 0 0 1 6 】

そこで、この問題に対する新規な解決策は、使用中の過度の可塑変形に耐えるだけの十分に高い硬度 / 強度を有し、尚且つ、転がり接触疲労損傷を連続的に除去するための適度に高い摩耗速度を有するレールを製造できることにある。これは、本発明では、鋼の組成を適切に調節することにより、実質的に炭化物を含まないベイナイト系微小構造に少量の軟かい前共析 (pro-eutectoid) フェライトを慎重に導入することにより達成された。

【 0 0 1 7 】

従来の高強度パーライト鋼レールに対する、本発明の自然に空気冷却するベイナイト系鋼の加工上の利点は、レールの製造およびそれに続く溶接による接続の両方で熱処理操作を無くしている点にある。

【 0 0 1 8 】

【発明を実施するための最良の形態】

本発明の第一の目的は、レールのヘッドに、主として炭化物を含まない「ベイナイト系フェライト」、およびある量の高炭素マルテンサイトおよび保持されたオーステナイトを含んでなる、高強度で耐摩耗性および転がり接触疲労耐性を有する微小構造を与えることである。実際には、この高強度微小構造は、圧延された状態のレールのレールウェブおよび足区域の両方にも存在することが分かっている。1 1 3 lb/ydレール断面の代表的なブリネル硬度 (H B) を、図 1 に示す。

【 0 0 1 9 】

レールの高強度ヘッド、ウェブおよび足区域は、鉄道で使用中に良好な転がり接触および曲げ疲労性能を示す。

【 0 0 2 0 】

他の望ましい目的は、鋼組成の慎重な選択により、および鋼を空气中で連続的に冷却するか、または熱間圧延の後に加速冷却することにより達成される。

【 0 0 2 1 】

本発明の鋼の組成範囲を、表 1 に示す。

表 1

元素	組成範囲 (重量%)
炭素	0. 0 5 ~ 0. 5 0
アルミニウム / ケイ素	1. 0 0 ~ 3. 0
マンガン	0. 0 5 ~ 2. 5
ニッケル / 銅	3. 0 まで
クロム	0. 2 5 ~ 2. 5
タングステン	1. 0 まで
モリブデン	1. 0 0 まで
チタン	0. 1 0 まで
バナジウム	0. 5 0 まで
ホウ素	0. 0 0 5 0 まで
残り	鉄および微量不純物

【 0 0 2 2 】

この組成範囲内で、とりわけ必要な硬度、延性、等に応じて、変化させることができる。しかし、鋼はすべて本質的にベイナイト系であり、炭化物を含まない。例えば、好ましい

10

20

30

40

50

炭素含有量は、0.10～0.35重量%の範囲内でよい。また、ケイ素含有量は1～2.5重量%、マンガン含有量は1～2.5重量%、クロム含有量は0.35～2.25重量%、モリブデン含有量は0.15～0.60重量%でよい。

#### 【0023】

本発明の鋼は、一般的に硬度値が390～500Hv30であるが、硬度水準がより低い鋼を製造することも可能である。代表的な硬度値、摩耗速度、伸長および他の物理的パラメータはここに付随する、本発明の11種の試料鋼を示す、表2から分かる。

#### 【0024】

図2は、図式的なC-T-Tダイアグラムを示す。ホウ素の添加により、連続的冷却の際に広範囲な冷却速度にわたってベイナイトが形成される様に、フェライトへの変態を遅延させることができる。さらに、広範囲な冷却速度にわたって変態温度が事実上一定である様に、ベイナイト曲線は平らな上部を有し、比較的大きな空気冷却または加速冷却部分を横切って強度の変化がほんの僅かになる。

#### 【0025】

表2に示す鋼は、約125mmの正方形インゴットから厚さ30mmの板に圧延し(30mm厚の板の冷却速度はレールヘッドの中央における冷却速度に近い)、約1000の仕上げ圧延温度から常温に通常通りに空気冷却した。それによって生じた、圧延した状態の微小構造は、図3に示す様に、炭化物を含まないベイナイト系フェライト、保持されたオーステナイトおよび様々な比率の高炭素マルテンサイトの混合物を実質的に含んでいる。

#### 【0026】

圧延した状態の厚さ30mmの実験ベイナイト系鋼板で達成された範囲の機械的特性と、現在製造されている工場で熱処理したレール(MHT)に代表的な特性の比較を、表2に示す。

#### 【0027】

#### 【表1】

表2

レールの型	0.2%PS (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	El (%)	Rofa (%)	HV30	CVN(J) 20℃	-20℃ における K <sub>lc</sub> MPa <sup>1/2</sup>	摩耗率 mg/mm <sup>2</sup> 細片 (接触応力 750N/mm <sup>2</sup> )
MHT	800- 900	1150- 1300	9-13	20-25	360- 400	3-5	30-40	20-30
ベイナ イト系	730- 1230	1250- 1600	14-17	40-55	400- 500	20-39	45-60	3-36

圧延した状態の厚さ30mmのベイナイト系鋼板は、熱処理したパーライト系レールと比較して、強度および硬度水準が著しく増加しており、さらにシャルピー衝撃エネルギー水準が20で4から一般的に35Jに改良されている。2種類の圧延した状態のベイナイト系レール鋼組成物(0.22% C、2% Cr、0.5% Mo、B含まず、および0.24% C、0.5% Cr、0.5% Mo、および0.0025% B)ならびに普通炭素、工場熱処理パーライト系レールに対するシャルピーV字形切欠衝撃推移曲線を、図4に示す。2種類のベイナイト系レール鋼は、-60の低温まで高度の衝撃靱性を維持していることも分かる。

#### 【0028】

圧延した状態の厚さ30mmの実験ベイナイト系鋼板の実験室における、接触応力750N/mm<sup>2</sup>での転がり接触摩耗性能は、図5にグラフで示す様に、現在のパーライト系熱処理レールのそれよりも著しく優れている。

## 【0029】

本発明の鋼について行なった試験は、ベイナイト鋼組成物が、軟鋼標準と比較して、丸くした石英骨材に対して、摩耗条件下で摩耗寿命約5.0で高度の耐摩耗性を有することも示している。図6は、これらの摩耗寿命値が、Abrazo 450および13%Crマルテンサイト鋼を含む多くの市販の耐摩耗性材料の値よりも優れていることを示している。

## 【0030】

圧延した状態の厚さ30mmのベイナイト系鋼板の破壊靱性（既存の亀裂の広がりに対する耐性）は、45～60MPam<sup>1/2</sup>で、熱処理したパーライト系レールに代表的な範囲の値30～40MPam<sup>1/2</sup>と比較して、著しく高いことが分かった。圧延した状態の厚さ30mmのベイナイト系鋼板は、容易にフラッシュバット溶接することができ、図7に示す様に、通常  
10  
の空気冷却したフラッシュバット溶接した板の重要な溶接部HAZ区域における硬度水準が、親の板材料のそれに匹敵するか、またはそれより僅かに高いことが分かった。

## 【0031】

圧延した状態の厚さ30mmの実験ベイナイト系鋼板は、図8に示す様に、高度の焼入性を有し、700で225～2/sの冷却速度に相当する、急冷末端から1.5～50mmの間隔でほとんど一定した硬度水準が得られる。

## 【0032】

本発明を特にレールに関して説明したが、これらの鋼に意図する他の用途としては、クレーンレール、鉄道のポイントおよび交差（鋳造および加工した状態の両方）、鉄道車輪、  
20  
特に耐摩耗性の部分および板、および特殊な構造的用途がある。

## 【図面の簡単な説明】

ここで本発明を添付の図面を参照しながら実施例により説明する。

【図1】本発明の炭化鉄を含まないベイナイト系鋼レールの硬度プロファイルを示す図である。

【図2】本発明の炭化鉄を含まないベイナイト系鋼の図式的なCCTダイアグラムである。

【図3】本発明の炭化鉄を含まないベイナイト系鋼の走査電子顕微鏡写真である。

【図4】本発明の、圧延した状態の、炭化鉄を含まないベイナイト系鋼のシャルピーV字形切欠衝撃推移曲線と、現在鉄道レールに使用されている普通炭素熱処理パーライト鋼の曲線とを比較して示したグラフである。  
30

【図5】本発明の炭化物を含まないベイナイト系鋼から製造した鋼試料の実験室における硬度に対する転がり接触摩耗速度のグラフである。

【図6】本発明の炭化物を含まないベイナイト系鋼および市販の耐摩耗性材料の、丸くした石英研磨材に対するアブレーション摩耗寿命を示したグラフである。

【図7】フラッシュバット溶接した本発明の炭化物を含まないベイナイト系鋼板の硬度プロファイルを示すグラフである。

【図8】圧延した状態の本発明の炭化物を含まないベイナイト系鋼に関するジョミニ焼入性曲線である。

【図 1】

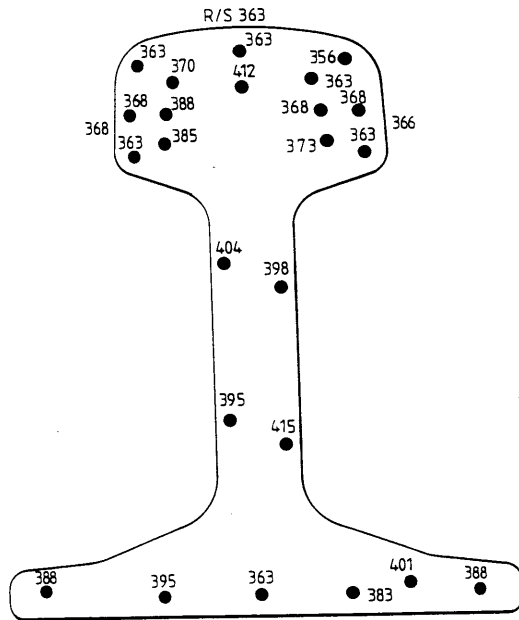


FIG. 1

【図 2】

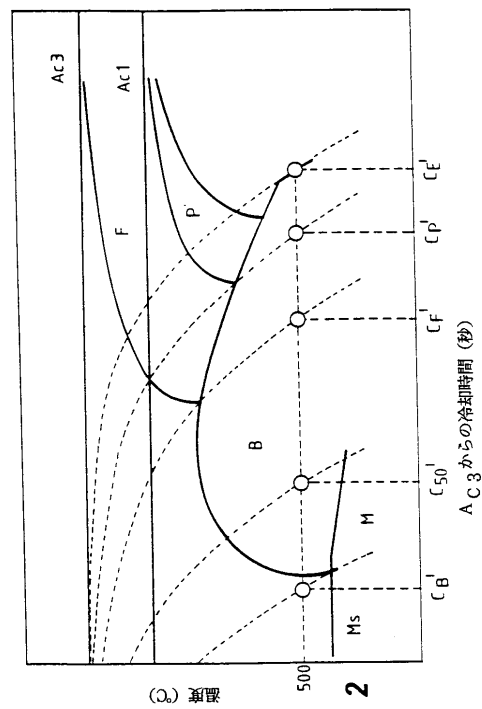


FIG. 2

【図 3】

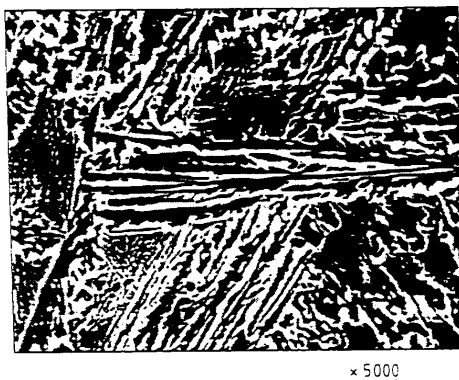


FIG. 3

【図 4】

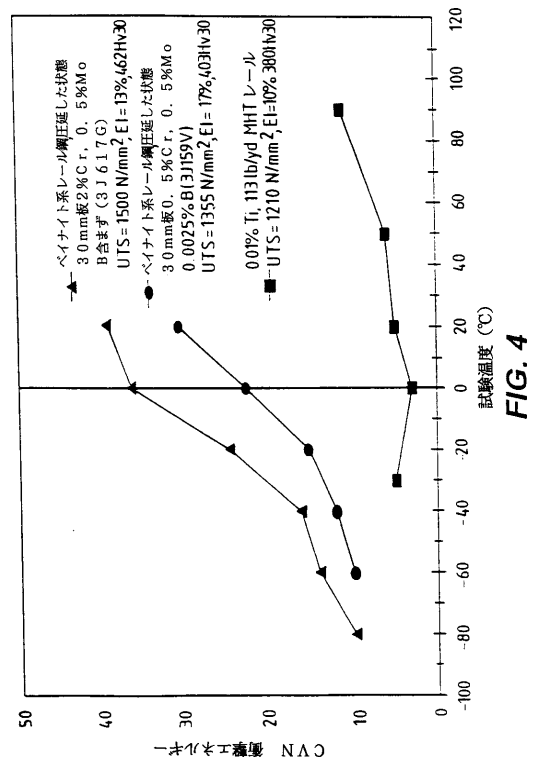
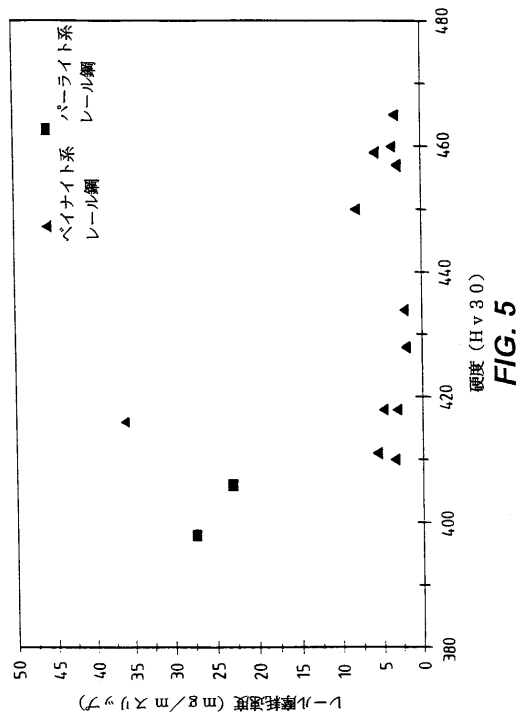
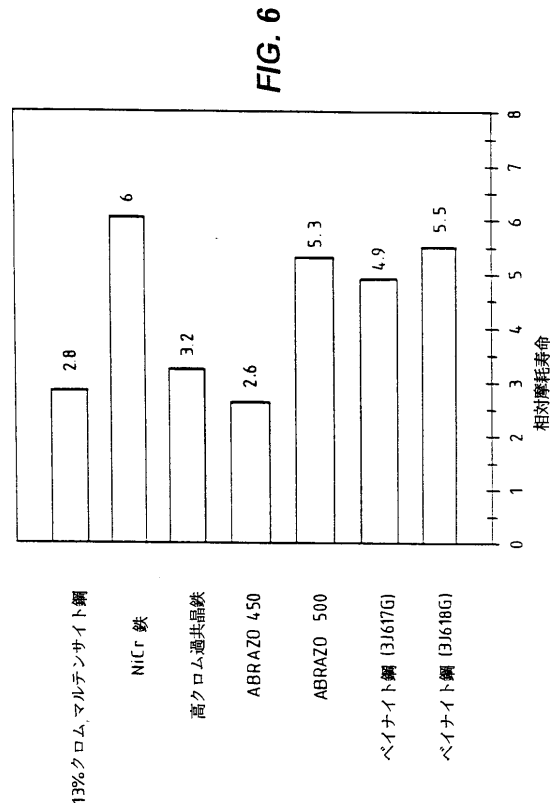


FIG. 4

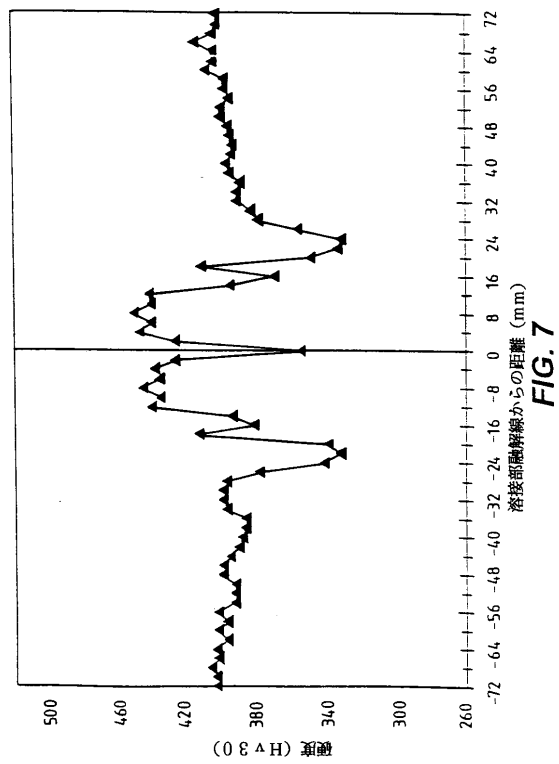
【図 5】



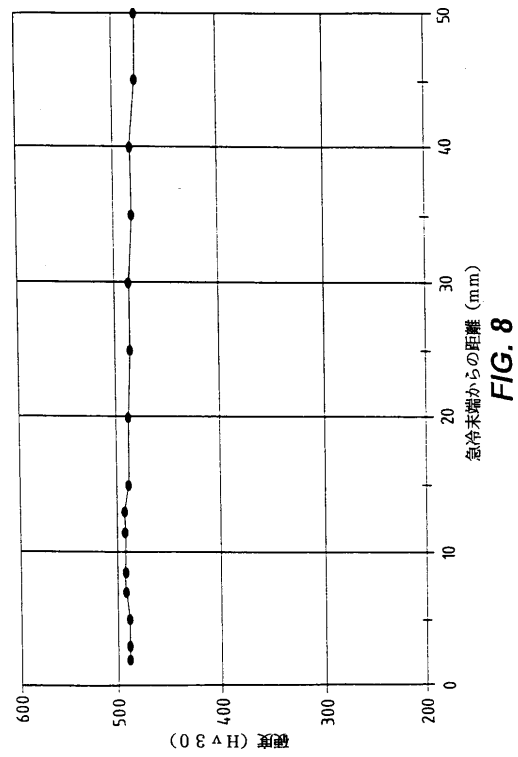
【図 6】



【図 7】



【図 8】





---

フロントページの続き

(72)発明者 ブハデシア, ハルシャド クマール ダラムシ ハンスラジ  
イギリス国ケンブリッジ、ケンバートン、パロンズ、ウェイ、57

(72)発明者 ジェラス, ビジャイ  
イギリス国サウス、ヨークシャー、シェフィールド、アストン、ヘロン、ヒル、26

合議体

審判長 長者 義久

審判官 大橋 賢一

審判官 守安 太郎

(56)参考文献 特開平06-316728(JP, A)

特開平06-330175(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C21D 1/02-1/84 6/00-6/04 9/00-9/44 9/50 C22C 38/00-38/60