

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4607490号
(P4607490)

(45) 発行日 平成23年1月5日(2011.1.5)

(24) 登録日 平成22年10月15日(2010.10.15)

(51) Int.Cl.			F I		
C 2 2 C	19/05	(2006.01)	C 2 2 C	19/05	C
B 2 2 D	21/00	(2006.01)	B 2 2 D	21/00	C
B 2 2 D	27/04	(2006.01)	B 2 2 D	27/04	A
F 0 1 D	5/28	(2006.01)	F 0 1 D	5/28	
F 0 2 C	7/00	(2006.01)	F 0 2 C	7/00	C

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2004-133206 (P2004-133206)	(73) 特許権者	501403520
(22) 出願日	平成16年4月28日 (2004.4.28)		ハウメット リサーチ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2004-332114 (P2004-332114A)		アメリカ合衆国、ミシガン、ホワイトホール、エス、ウォーナー ストリート 1500
(43) 公開日	平成16年11月25日 (2004.11.25)	(74) 代理人	100066728
審査請求日	平成19年4月27日 (2007.4.27)		弁理士 丸山 敏之
(31) 優先権主張番号	10/424589	(74) 代理人	100100099
(32) 優先日	平成15年4月28日 (2003.4.28)		弁理士 宮野 孝雄
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100111017
			弁理士 北住 公一
		(74) 代理人	100119596
			弁理士 長塚 俊也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ニッケル基超合金及び単結晶鑄造品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%にて、C r : 6.4 % ~ 6.8 %、C o : 9.3 % ~ 10.0 %、T a : 6.7 % ~ 8.5 %、A l : 5.45 % ~ 5.75 %、W : 6.2 % ~ 6.6 %、M o : 0.5 % ~ 0.7 %、T i : 0.8 % ~ 1.2 %、R e : 2.8 % ~ 3.2 %、H f : 0.12 % 以下、C : 0.01 % ~ 0.08 %、B : 0.10 % 以下、残部 N i 及び不可避の不純物から成るニッケル基超合金。

【請求項 2】

C 含有量は、質量率にて、前記超合金の 0.02 % ~ 0.04 % である請求項 1 に記載のニッケル基超合金。

【請求項 3】

質量%にて、C r : 6.4 % ~ 6.8 %、C o : 9.3 % ~ 10.0 %、T a : 6.8 % ~ 8.5 %、A l : 5.45 % ~ 5.75 %、W : 6.2 % ~ 6.6 %、M o : 0.5 % ~ 0.7 %、T i : 0.8 % ~ 1.2 %、R e : 2.8 % ~ 3.2 %、H f : 0.12 % 以下、C : 0.01 % ~ 0.08 %、B : 0.10 % 以下、残部 N i 及び不可避の不純物から成るニッケル基超合金。

【請求項 4】

C 含有量は、質量率にて、前記超合金の 0.02 % ~ 0.04 % である請求項 3 に記載のニッケル基超合金。

【請求項 5】

10

20

質量%にて、C r : 6 . 4 % ~ 6 . 8 %、C o : 9 . 3 % ~ 1 0 . 0 %、T a : 7 . 0 % ~ 8 . 5 %、A l : 5 . 4 5 % ~ 5 . 7 5 %、W : 6 . 2 % ~ 6 . 6 %、M o : 0 . 5 % ~ 0 . 7 %、T i : 0 . 8 % ~ 1 . 2 %、R e : 2 . 8 % ~ 3 . 2 %、H f : 0 . 1 2 %以下、C : 0 . 0 1 % ~ 0 . 0 8 %、B : 0 . 1 0 %以下、残部Ni及び不可避の不純物から成るニッケル基超合金。

【請求項6】

C含有量は、質量率にて、前記超合金の0 . 0 2 % ~ 0 . 0 4 %である請求項5に記載のニッケル基超合金。

【請求項7】

請求項1乃至請求項6の何れかに記載のニッケル基超合金からなるタービンエアfoil。 10

【請求項8】

単結晶鑄造エアfoilである請求項7に記載のタービンエアfoil。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

<発明の分野>

本発明は、Ni基超合金及び該超合金から作られた単結晶エアfoil鑄造品のような単結晶鑄造品に関する。 20

【背景技術】

【0002】

<発明の背景>

超合金は、ガスタービンエンジン産業において、例えば、高温及び高応力に曝されるブレードやベーンなどのタービンエアfoilの如き重要部品の鑄造材料として、広く使用されている。そのような重要部品の鑄造は、広く知られた指向性凝固(Directional Solidification; DS)技術を用いて行われ、単結晶マイクロ組織又は柱状結晶粒のマイクロ組織の形成により、1又は2以上の方向特性が最適化される。

【0003】

指向性凝固鑄造は広く知られた技術であり、ニッケル基超合金の再溶解用インゴットは、真空誘導により鑄造炉の坩堝の中で再溶解され、複数のモールドキャビティを有する炉内に配備されたセラミックインベストメントクラスタモールドへ注ぎ込まれる。指向性凝固が行われる間、超合金メルトは、モールドキャビティの中で熱が一方向に除去される。このとき、モールドキャビティの中に結晶セクター(crystal selector)又はシード結晶が導入されている場合、柱状結晶粒構造又は単結晶が形成される。一方向性の熱の除去は、周知のモールド引抜き(mold withdrawal)法によって行われ、チルプレート上のメルト充填クラスタモールドは、制御された速度で鑄造炉から引き出される。或いは、パワーダウン法を用いて行なうことも可能であり、チルプレート上のメルト充填クラスタモールドの周りに配備されたインダクション・コイルは、制御された順序で給電が停止する。利用するDS鑄造技術の如何に拘わらず、一方向の熱の除去は、モールドキャビティのメルトの中で行われる。 40

【0004】

単結晶鑄造品には結晶粒界がないので、これまでは、結晶粒界からマイクロ組織内の析出物を強化する炭素やボロンなどの元素は、単結晶超合金組成物では不要と考えられていた。

【0005】

しかしながら、米国特許第5549765号は、より清浄な鑄造品を製造するために、高炭素含有ニッケル基超合金を開示している。'765特許のニッケル基超合金は、合金の清浄度及び鑄造性を改善することはできるが、実験室試験では、1400°F以上の高温において、応力破壊寿命(stress rupture life)のような機械的性質の低下を招くこと 50

が観察されている。

【発明の開示】

【0006】

<発明の要旨>

本発明は、重量%にて、本質的に、Cr：約6.4%～約6.8%、Co：約9.3%～約10.0%、Ta：約6.7%～約8.5%、Al：約5.45%～約5.75%、W：約6.2%～約6.6%、Mo：約0.5%～約0.7%、Ti：約0.8%～約1.2%、Re：約2.8%～約3.2%、Hf：約0.12%以下、C：約0.01%～約0.08%、B：約0.10%以下、残部Ni及び不可避の不純物から成るNi基超合金を提供するものである。

10

【0007】

Ni基超合金の清浄度及び铸造性を改善すると同時に、1400°F以上の高温において、例えば応力破壊寿命等の機械的性質を向上させるために、Cの含有量は、重量%にて、約0.01%～約0.08%が望ましく、Taの含有量は、約6.8%～約8.5%が望ましく、約7.0%～約8.5%がより望ましい。

【0008】

本発明に係るニッケル基超合金の組成例として、重量%にて、本質的に、Cr：約6.6%、Co：約9.6%、Ta：約7.3%、Al：約5.6%、W：約6.4%、Mo：約0.6%、Ti：約1.0%、Re：約3.0%、Hf：約0.10%、C：約0.04%、B：約0.005%、残部Ni及び不可避の不純物から成るものを挙げることができる。

20

【0009】

本発明の利点、特徴及び実施例は、下記の説明から明らかになるであろう。

【0010】

<発明の説明>

本発明は、ガスタービンエンジンのブレードやベーンなどの単結晶エアfoilのように、高温及び高応力環境に曝される単結晶組織のガスタービンエンジン部品を製造するための指向性凝固プロセスに有用なニッケル基超合金を提供するものであるが、本発明は、そのような部品用途に限定されるものではない。

【0011】

本発明の一実施例において、Ni基超合金は、重量%にて、本質的に、Cr：約6.4%～約6.8%、Co：約9.3%～約10.0%、Ta：約6.7%～約8.5%、Al：約5.45%～約5.75%、W：約6.2%～約6.6%、Mo：約0.5%～約0.7%、Ti：約0.8%～約1.2%、Re：約2.8%～約3.2%、Hf：約0.12%以下、C：約0.01%～約0.08%(約100～約800ppm)、B：約0.10%以下、残部Ni及び不可避の不純物から成り、単結晶铸造品は該Ni基超合金から作られる。Hfは、0.07～0.12重量%の範囲内であってよい。前記超合金は、耐酸化性及び/又は耐食性を改善するために、イットリウム、セリウム及びランタンの少なくとも1種を最大で約0.01重量%含むことができる。

30

【0012】

本発明の実施に際し、清浄度及び铸造性を改善すると同時に、1400°F以上の高温において、例えば応力破壊寿命等の機械的性質を飛躍的に向上させるために、Cは、重量%にて、約0.02%～約0.04%が望ましく、Taは、約6.8%～約8.5%が望ましく、約7.0%～約8.5%がより望ましい。

40

【0013】

機械的性質試験に用いる単結晶試験棒を、本発明の一実施例である超合金CMSX-4M1から铸造した。この超合金の組成は、重量%にて、Cr：約6.6%、Co：約9.6%、Ta：約7.3%、Al：約5.6%、W：約6.4%、Mo：約0.6%、Ti：約1.0%、Re：約3.0%、Hf：約0.10%、C：約0.04%、B：約0.005%、残部Ni及び不可避の不純物である。

機械的性質試験に用いる他の単結晶試験棒を、本発明の他の実施例である超合金CMS

50

X - 4 M 2 から鑄造した。この超合金の組成は、重量%にて、Cr : 約 6.6 %、Co : 約 9.6 %、Ta : 約 6.8 %、Al : 約 5.6 %、W : 約 6.4 %、Mo : 約 0.6 %、Ti : 約 1.0 %、Re : 約 3.0 %、Hf : 約 0.10 %、C : 約 0.02 %、B : 約 0.005 %、残部 Ni 及び不可避の不純物である。

単結晶試験棒の作製は、合金融点より 350 °F 高い温度の CMSX - 4 M 1 超合金及び CMSX - 4 M 2 超合金を、2770 °F に予熱したシェルモールドの中へ鑄込むことよって行なった。これらの超合金を、公知の指向性凝固引抜き法と、シェルモールド中のピグテール結晶セクターを用いて、単結晶試験棒として凝固させた。単結晶鑄造品を作るための指向性凝固プロセスは、米国特許第 3700023 号、第 3763926 号及び 4190094 号に記載されている。

10

【 0 0 1 4 】

比較用の単結晶試験棒を、公知の PWA 1484 ニッケル基超合金、N5 ニッケル基超合金及び CMSX - 4 ニッケル基超合金から作製した。これらの試験棒も、公知の指向性凝固引抜き法により鑄造した。これらのニッケル基超合金は、ガスタービンエンジンに用いられる単結晶エアfoil鑄造品用として市販されている。PWA 1484 ニッケル基超合金は米国特許第 4719080 号に記載され、N5 ニッケル基超合金は米国特許第 6074602 号に記載され、CMSX - 4 ニッケル基超合金は米国特許第 4643782 号に記載されている。CMSX - 4 ニッケル基超合金は、炭素の最大含有量は重量率にて、60 ppm に制限されている。

【 0 0 1 5 】

20

試験棒の応力破壊抵抗試験は、ASTM E 139 の試験方法により、温度条件の異なる高温で行なった。引張試験は、室温と高温で行ない、最大抗張力(UTS)、0.2%降伏強さ、伸び率及び断面減少率を求めた。試験は ASTM 試験法に準拠し、室温試験は ASTM E 8、高温試験は ASTM E 21 により行なった。

【 0 0 1 6 】

図 1 及び図 2 は、本発明例の CMSX - M 1 及び CMSX - M 2 ニッケル基超合金と、比較例の PWA 1484、N5 及び CMSX - 4 ニッケル基超合金について、ラルソンミラー(Larson-Miller)パラメータの比較を示している。図 1 及び 2 に示されたニッケル基超合金の応力破壊特性を比較するために、ラルソンミラーパラメータ P を使用している。ラルソンミラーパラメータは、時間 - 温度に依存性のパラメータ ($P = T(^{\circ}K)(20 + \log t)$) 1000 であり、T は試験温度、t は破壊までの時間)であり、例えば、"MECHANICAL METALLURGY, 3-13章, 483-486頁, Copyright 1961, 1976, 発行社 McGraw-Hill, Inc." に記載されているように、応力破壊データを推定する(extrapolate)ために広く使用されている。

30

図 1 及び 2 を参照すると、応力破壊抵抗性に関しては、本発明例の CMSX - M 1 及び CMSX - M 2 ニッケル基超合金は、試験応力及び試験温度(例えば、図 3 に示すように 791、891、991 及び 1091)において、比較例のニッケル基超合金と同等以上であることを示している。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、本発明例の CMSX - M 1 及び CMSX - M 2 ニッケル基超合金と、比較例の PWA 1484、N5 及び CMSX - 4 ニッケル基超合金について、応力破壊寿命を比較した棒グラフである。本発明例の CMSX - M 1 ニッケル基超合金(M 1 で表す)は、全ての試験条件において、比較例の N5 ニッケル基超合金(C で表す)及び CMSX - 4 (B で表す)と比べて、応力破壊寿命の著しい向上を示している。また、低温及び高応力条件(例えば、791 / 825 MPa 及び 891 / 550 MPa)では、比較例の PWA 1484 ニッケル基超合金(A で表す)とほぼ同等の応力破壊寿命であり、高温及び低応力条件(例えば、991 / 275 MPa 及び 1091 / 150 MPa)では、比較例の PWA 1484 ニッケル基超合金よりも応力破壊寿命が優れていることを示している。

40

【 0 0 1 8 】

図 4、図 5、図 6 及び図 7 は、本発明例の CMSX - M 1 及び CMSX - M 2 ニッケル

50

基超合金と、比較例のPWA1484、N5及びCMSX-4ニッケル基超合金について、引張試験データを示している。本発明例のCMSX-M1及びCMSX-M2ニッケル基超合金は、試験温度範囲(室温から1100)において、引張り強さ(最大抗張力(UTS)及び0.2%降伏応力(0.2%YS))、伸び及び断面減少率について、比較例のニッケル基超合金と同等であることを示している。

【0019】

本発明例のCMSX-M1の炭素量は200ppm、CMSX-M2の炭素量は400ppmであり、これらニッケル基超合金は、鑄造スケールを減少させ、非金属介在物の減少させることを示している。例えば、鑄造スケールの減少及び非金属介在物の減少については、本発明例のCMSX-M1及びCMSX-M2ニッケル基超合金のインベスト鑄造の試験棒は、比較例のCMSX-4ニッケル基超合金と同等である。また、CMSX-M1及びCMSX-M2の真空インベストメント鑄造の試験棒は、比較例のCMSX-4ニッケル基超合金の真空インベストメント鑄造の試験棒と比べて、外部スケールが少なく、鑄造性が改善されていることを示している。

10

【0020】

詳細な実施例を挙げて本発明を説明したが、当該分野の専門家であれば、請求の範囲に記載された発明の精神及び範囲から逸脱することなく、その形態及び詳細に様々な変更を成し得ることは理解し得るであろう。

【図面の簡単な説明】

【0021】

20

【図1】本発明例のCMSX-M1及びCMSX-M2ニッケル基超合金と、比較例のPWA1484、N5及びCMSX-4ニッケル基超合金について、ラルソンミラーパラメータの比較を示すグラフである。

【図2】本発明例のCMSX-M1(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484(Aで表す)、CMSX-4(Bで表す)及びN5(Cで表す)ニッケル基超合金について、異なる応力試験条件でのラルソンミラーパラメータを表す棒グラフである。

【図3】本発明例のCMSX-M1ニッケル基超合金(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484(Aで表す)、CMSX-4(Bで表す)及びN5(Cで表す)ニッケル基超合金について、応力破壊寿命を示す棒グラフである。

30

【図4】本発明例のCMSX-M1ニッケル基超合金(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484、CMSX-4及びN5ニッケル基超合金について、最大抗張力(UTS)と温度の関係を示すグラフである。

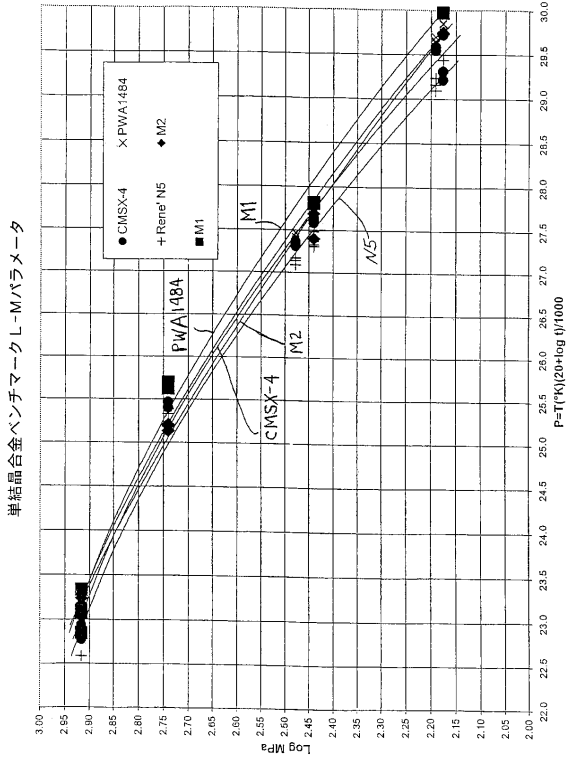
【図5】本発明例のCMSX-M1ニッケル基超合金(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484、N5及びCMSX-4ニッケル基超合金について、0.2%降伏応力と温度の関係を示すグラフである。

【図6】本発明例のCMSX-M1ニッケル基超合金(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484、N5及びCMSX-4ニッケル基超合金について、伸び率と温度の関係を示すグラフである。

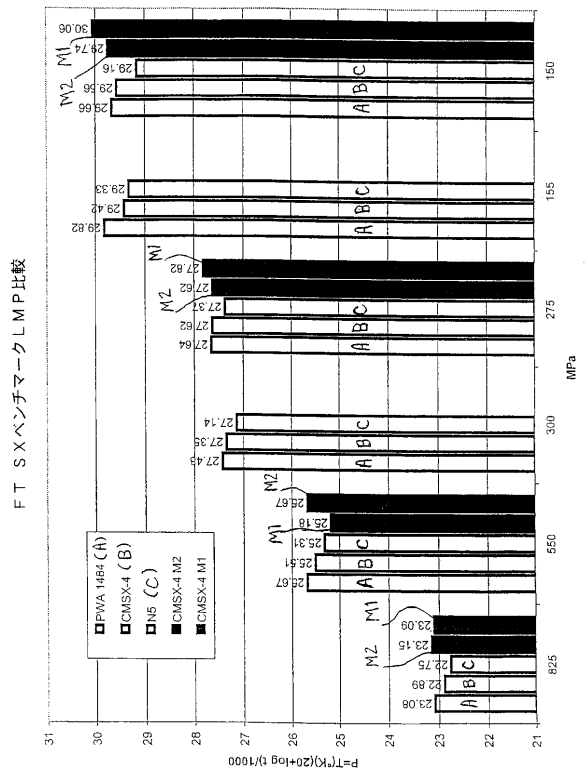
40

【図7】本発明例のCMSX-M1ニッケル基超合金(M1で表す)及びCMSX-M2ニッケル基超合金(M2で表す)と、比較例のPWA1484、N5及びCMSX-4ニッケル基超合金について、断面減少率と温度の関係を示すグラフである。

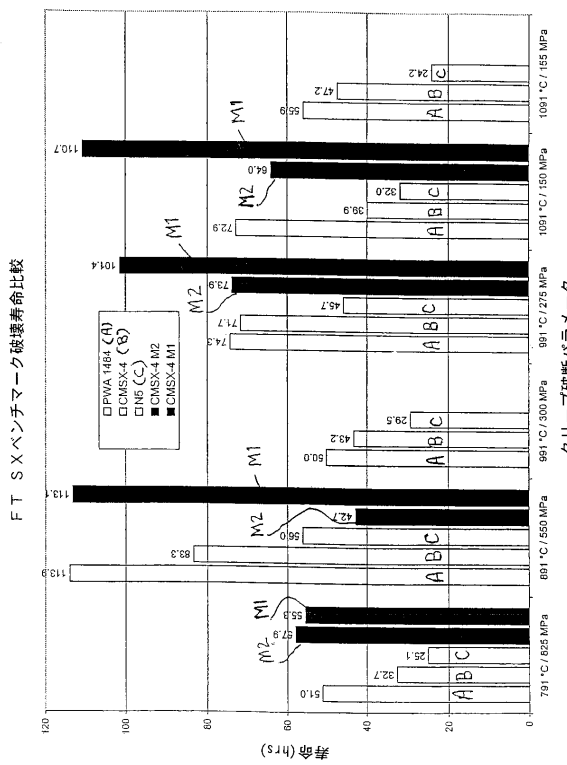
【図 1】



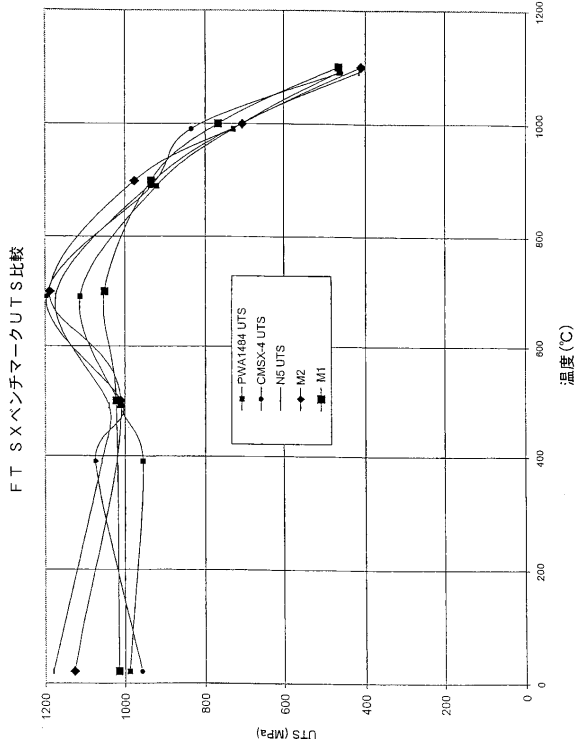
【図 2】



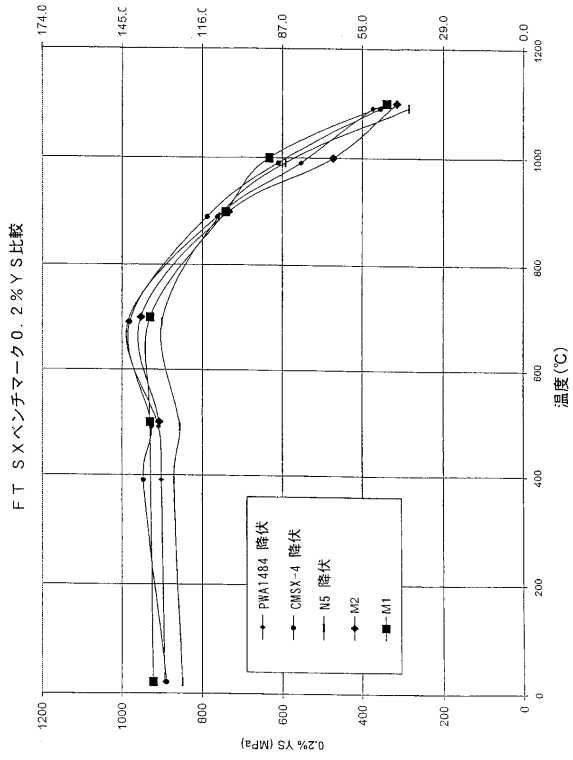
【図 3】



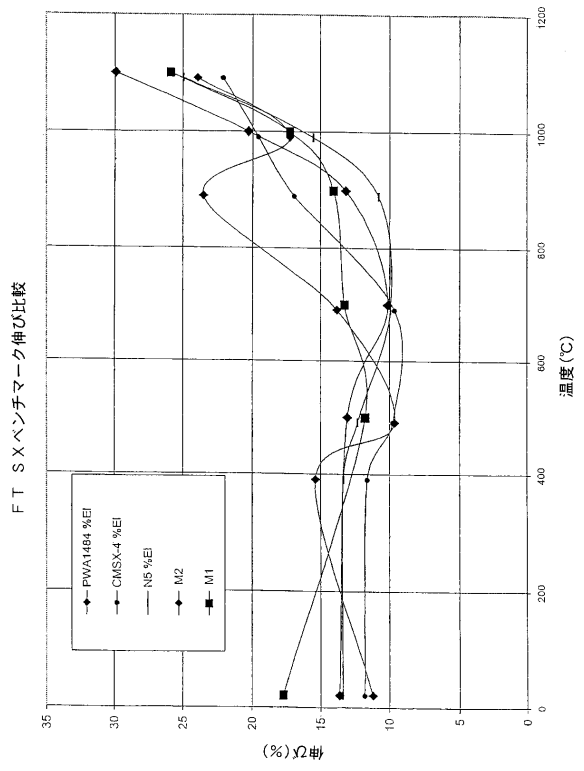
【図 4】



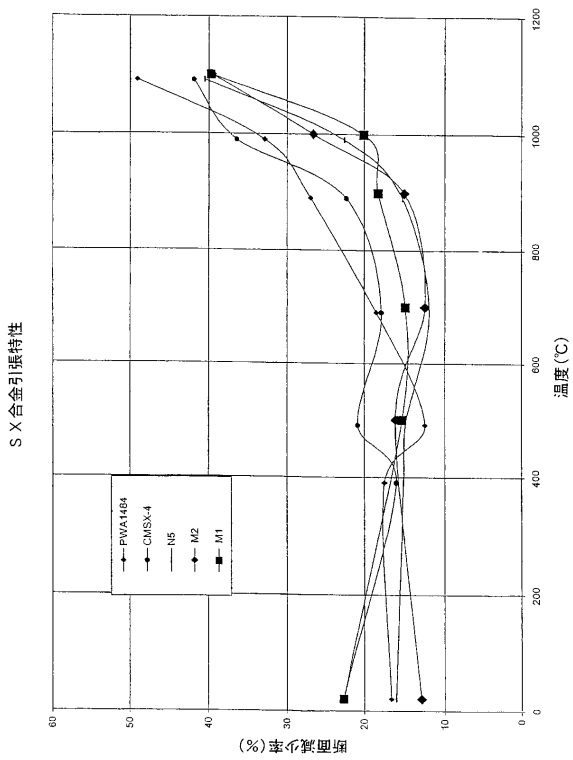
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン コリガン

アメリカ合衆国 23693 バージニア,ヨークタウン,カルスロップ ネットロード 17
10

(72)発明者 マイケル ジー・ローンズバック

アメリカ合衆国 23696 バージニア,ヨークタウン,シーフォード ロード 1806

(72)発明者 ジョン アール ミハリシン

アメリカ合衆国 07006 ニュージャージー,ノース カルドウェル,マウンテン アベニュー
545

審査官 河野 一夫

(56)参考文献 特開2000-312964(JP,A)

特表2001-521099(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

C22C 1/00 - 49/14

B22D 21/00

B22D 27/04

F01D 5/28

F02C 7/00