

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 12 月 9 日 (09.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/106578 A1

(51) 国際特許分類: C23C 10/48

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/002184

(22) 国際出願日: 2004 年 2 月 25 日 (25.02.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-154129 2003 年 5 月 30 日 (30.05.2003) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 石川
島播磨重工業株式会社 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA
HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008182
東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).

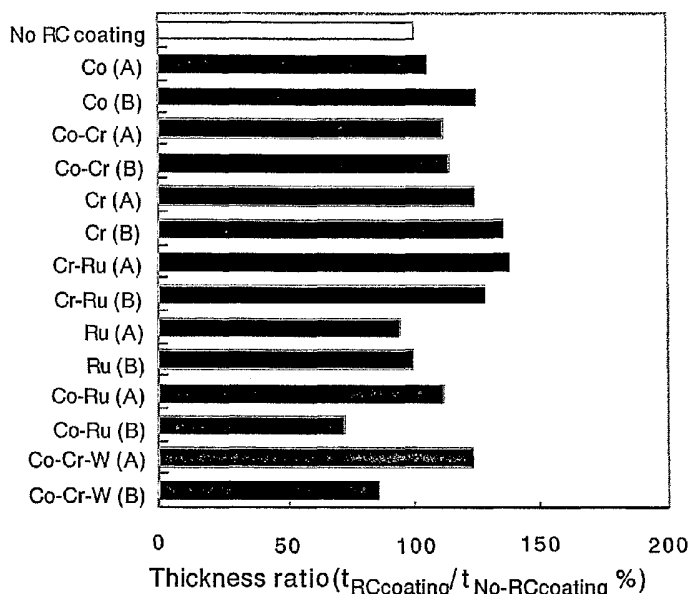
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 祥宏 (AOKI,
Yasuhiro) [JP/JP]; 〒1008182 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 石川島播磨重工業株式会社内 Tokyo
(JP). 佐藤 彰洋 (SATO, Akihiro) [JP/JP]; 〒1008182 東
京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 石川島播磨重
工業株式会社内 Tokyo (JP).(74) 代理人: 堀田 実 (HOTTA, Minoru); 〒1080014 東京都
港区芝 5 丁目 2 番 20 号 建築会館 4 階 Tokyo (JP).(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

[続葉有]

(54) Title: TURBINE BLADE CAPABLE OF INHIBITING REACTION

(54) 発明の名称: 反応抑制タービン翼



1 酸化試験後のSRZ厚さ比較

1...COMPARISON OF THICKNESS OF SRZ
AFTER OXIDATION TEST

(57) Abstract: A turbine blade capable of inhibiting a reaction, which has been produced by a method comprising coating the surface of a Ni base superalloy with a reaction inhibiting agent comprising Co, Cr, Ru or an alloy containing one of these elements as a primary component, prior to aluminum diffusion coating. The turbine blade exhibits enhanced resistance to oxidation as compared to a conventional blade comprising a Ni base superalloy and also can inhibit the generation of a secondary reaction zone.

[続葉有]



SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: Ni基超合金の表面に、アルミ拡散コーティングを施工する前に、Co、Cr、Ru又はこれらを主成分とする合金からなる反応抑制材をコーティングする。これにより、Ni基超合金の耐酸化性を高めると共に2次反応層の発生を抑制することができる。

明細書 反応抑制タービン翼

発明の背景

発明の技術分野

本発明は、Ni基超合金の耐酸化性を高めると共に2次反応層（Secondary Reaction Zone：SRZ）の発生を抑制する反応抑制タービン翼に関する。

関連技術の説明

航空エンジンの出力、効率を向上させるためには、高温部材の高温化、高強度化が必要である。特に、タービン翼に適用されるNi基超合金は、高温強度、高温延性、耐酸化性に優れているため、その特性向上がエンジン性能の向上に寄与する割合は大きく、タービン入口温度の上昇や冷却空気量の削減などに対応して更なる高温化が図られている。

Ni基超合金の鑄造方法は、普通鑄造から、一方向凝固鑄造、単結晶鑄造へと開発が進んでいる。特に単結晶超合金は、重元素の添加によって析出 γ' 相強化や固溶強化などが図られており、Re含有量に応じて第1世代（Reを含まない）、第2世代（Re：約3wt%）、第3世代（Re：5～6wt%）へと開発が進んでいる。表1に第1世代から第3世代までの代表的な単結晶超合金とその組成を示す。

【表 1】

代表的なNi基SC超合金とその化学組成

	材料	元 素 (wt%)												
		Al	Ti	Ta	Nb	Mo	W	Re	Y	Hf	Cr	Co	Ru	Ni
第1世代 SC	PWA1480	5.0	1.5	12.0	—	4.0	8.0	—	—	—	10.0	5.0	—	残部
	CMSX-2	6.0	1.0	6.0	—	1.0	8.0	—	—	—	8.0	5.0	—	残部
	Rene'N4	3.7	4.2	4.0	0.5	2.0	6.0	—	—	—	9.0	8.0	—	残部
第2世代 SC	PWA1484	5.6	—	9.0	—	2.0	6.0	3.0	—	0.10	5.0	10.0	—	残部
	CMSX-4	5.6	1.0	6.5	—	0.6	6.0	3.0	—	0.10	6.5	10.0	—	残部
	Rene'N5	6.2	—	6.5	—	1.5	5.0	3.0	0.01	0.15	7.0	7.5	—	残部
第3世代 SC	CMSX-10	5.7	0.2	8.0	0.1	0.4	5.0	6.0	—	0.03	2.0	3.0	—	残部
	Rene'N6	6.0	—	7.0	0.3	1.0	6.0	5.0	0.01	0.20	4.0	13.0	—	残部
	TMS-75	6.0	—	6.0	—	2.0	6.0	5.0	—	0.10	3.0	12.0	—	残部
	TMS-121	6.0	—	6.0	—	3.0	6.0	5.0	—	0.10	3.0	6.0	—	残部

第3世代の単結晶超合金は、耐用温度が最も高く、先端的な航空エンジンのタービン翼に適用されている。しかし、これらの合金は、図1Aに示すように高温長時間での使用でTCP相と呼ばれる針状の有害相が発生し、このTCP相の増加とともに強度が低下する問題点があった。

この問題点を克服するために、Ru添加によりTCP相を抑制し、高温長時間の組成安定性を向上させた第4世代単結晶超合金TMS-138が本願発明者等により開発されている。図1BはこのTMS-138のクリープ破断後の組織であり、TCP相が抑制されていることがわかる。また、TMS-138は、クリープ耐用温度、高サイクル疲労強度、及び低サイクル疲労強度が特に優れていることが確認されている。表2にTMS-138の単結晶超合金のノミナルの組成を示す。

【表 2】

TMS-138の化学組成

材料	元 素 (wt%)												
	Al	Ti	Ta	Nb	Mo	W	Re	Y	Hf	Cr	Co	Ru	Ni
TMS-138	5.9	—	5.6	—	2.9	5.9	4.9	—	0.10	2.9	5.9	2.0	残部

なお、単結晶超合金に関しては、特許文献1及び非特許文献1に、TCP相及

びSRZに関しては、特許文献2、3及び非特許文献2に開示されている。

特許文献2の”DIFFUSION BARRIER LAYER”は、拡散バリアコーティングをNi基単結晶合金(SC)に施工し、アルミ拡散コーティングをすることによりコーティング層の耐酸化性向上させるものである。

特許文献3の”A method of aluminising a superalloy”は、アルミ拡散コーティングとSC界面に生成するTCP相あるいはSRZをバリア層にて抑制するものである。

【特許文献1】

特開平11-131163号公報、「Ni基単結晶合金とその製造方法」

【特許文献2】

米国特許第6306524号明細書

【特許文献3】

欧州特許出願第0821076号明細書

【非特許文献1】

青木 祥宏、他、航空エンジン用タービン翼材料開発の現状と課題、耐熱金属材料123委員会研究報告Vol. 43 No. 3

【非特許文献2】

W. S. Walston et al., “A NEW TYPE OF MICROSTRUCTURAL INSTABILITY IN SUPERALLOYS-SRZ”, Superalloys 1996

タービン動翼では、高温酸化を防ぐために表面に耐酸化コーティングを施す必要があり、アルミ拡散コーティングが従来から用いられている。しかし、上述した単結晶超合金(TMS-138)を供試材としてアルミ拡散コーティングを行った後、酸化試験とラプチャー試験を行った結果、図2Aと図2Bに示すように、コーティングによってSRZが一様に発生し、図4に示すように、クリープ破断寿命が大きく低下することが明らかとなった。

発明の要約

本発明はかかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、Ni基超合金の耐酸化性を高めると共にSRZの発生を抑制することができる反応抑制タービン翼を提供することにある。

本発明によれば、Ni基超合金の表面に、アルミ拡散コーティングを施工する前に、Co、Cr、Ru又はこれらを主成分とする合金からなる反応抑制材をコーティングする、ことを特徴とする反応抑制タービン翼が提供される。

本発明の好ましい実施形態によれば、前記反応抑制材は、純Co、純Cr、純Ru、Co-Cr系合金、Co-Ru系合金、Cr-Ru系合金、Co固溶体、Cr固溶体、又はRu固溶体である。また好ましくは、前記反応抑制材は、CoとRuのみを主成分とし、0～10at%Co、90～100at%Ru、あるいは50～80at%Co、20～50at%Ruの合金あるいは固溶体である。さらに好ましくは、前記反応抑制材は、CoとRuのみを主成分とし、組成比(原子%比)がCo:Ru=5:95、10:90、50:50、あるいは80:20となる合金あるいは固溶体である。

また好ましくは、前記Ni基超合金は、Reを約5～6wt%含む単結晶超合金、又は更にRuを含む単結晶超合金である。また好ましくは、前記Ni基超合金は、Reを約6wt%以上含む単結晶超合金、又は更にRuを含む単結晶超合金である。

また、特に好ましくは、前記Ni基超合金は、Reを約5%、Ruを約2%含むTMS-138合金であり、前記反応抑制材は、CoとRuを主成分とするCo-Ru系合金である。また好ましくは、前記Ni基超合金は、Reを約5～7%、Ruを約4～7%含むTMS合金であり、前記反応抑制材は、CoとRuを主成分とするCo-Ru系合金である。

上記本発明の方法によれば、アルミ拡散コーティングを施工する前に反応抑制材をコーティングすることにより、タービン翼を構成するNi基超合金の耐酸化性を高めると共にSRZの発生を抑制することができることが実施例により確認

された。

また、この反応抑制コーティングは、アルミ拡散コーティングによってS R Zが発生する傾向がある第3世代及び第4世代の単結晶超合金に特に有効である。

本発明のその他の目的及び有利な特徴は、添付図面を参照した以下の説明から明らかになる。

図面の簡単な説明

図1 Aと図1 Bは、従来のクリープ破断後の組織を示す図である。

図2 Aと図2 Bは、従来のアルミ拡散コーティング試験片の酸化試験結果を示す図である。

図3 Aは、A1 拡散コーティングの酸化試験後の断面ミクロ組織のSEM像、図3 BはそのRuマップである。

図4は、板厚とクリープ破断寿命との関係図である。

図5 Aと図5 Bは、純Ruを条件Bでコーティング後にアルミ拡散コーティングを施工した試験片の酸化試験前後の断面組織を示す図である。

図6 Aと図6 Bは、Co-Ru合金を条件Bでコーティング後にアルミ拡散コーティングを施工した試験片の酸化試験前後の断面組織を示す図である。

図7 Aと図7 Bは、アルミ拡散コーティングのみを施工した試験片の酸化試験前後の断面組織を示す図である。

図8は、酸化試験後の付着層厚さの比較図である。

図9は、酸化試験後の拡散層厚さの第1比較図である。

図10は、酸化試験後のS R Z（2次反応層）の厚さの第1比較図である。

図11は、酸化試験後の各試験片重量減少量の比較図である。

図12は、酸化試験後の拡散層厚さの第2比較図である。

図13は、酸化試験後のS R Z（2次反応層）の厚さの第2比較図である。

好ましい実施例の説明

まず本発明の思想を説明する。

一般に、Ni基単結晶超合金は、いわゆる析出硬化型合金と呼ばれており、母相である γ 相中に、析出相である γ' 相が析出した形態を有している。一方、SRZは、母相が γ' 相となり、母相内に γ 相とTCP相が析出した形態を有している。

単結晶超合金表面にAl拡散コーティングされると、超合金側の形態が、SRZの形態に変わる。その時に超合金の析出相である γ' 相が粗大化し、SRZの母相となる。

本発明では、Ruを、TCP相を押さえるだけでなく γ' 相の粗大化を抑えるために用いる。

図3Aは、Al拡散コーティングの酸化試験後の断面ミクロ組織のSEM像、図3BはそのRuマップである。図3Bにおいて、白い部分がRuを多く含む部分である。

この図からわかるように、Ruは、Al拡散コーティングにより、コーティングの付着層側に移動する問題がある。そこで、本発明ではCo、Crを、このRu（反応抑制コーティングに使用されるRuだけでなく超合金に含まれるRuも含む）の移動を抑制するために用いた。さらにCo、Crを、Ruの施工性を向上させるために使用した。

なおこれらの元素（Ru、Co、Cr）は、Alの拡散を抑制するためにも使用した。

本発明の反応抑制タービン翼は、これらの元素を最適に配合することでそれぞれの目的を達成するものである。なお、反応抑制コーティングの施工厚さは、1～60ミクロンが好ましく、1～20ミクロンがより好ましく、1～10ミクロンがさらに好ましい。

以下、本発明の好ましい実施例を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【実施例 1】

TMS-138合金等の単結晶超合金を実機のタービンブレード（タービン翼）へ適用するためには、耐酸化コーティングシステムの確立が必要である。そこで、耐酸化コーティングによる母材のクリープ寿命低下の把握と反応抑制コーティングの評価試験を実施した。

上述したように、薄板試験片を用いてTMS-138合金におよぼすアルミ拡散コーティングの影響を調査した結果、SRZの生成によりクリープ破断寿命が低下する問題があった。

そこで、この試験では、母材板厚を変えた試験片を用い、コーティングによる寿命低下と板厚の関係を明確にすると共に、アルミ拡散コーティングを施工する場合に発生するSRZの生成を抑制する可能性のある種々のコーティングを実施し、それによるSRZの抑制状況を評価した。以下、SRZの生成を抑制するためにコーティングを反応抑制コーティング（Reaction Control Coating：RCコーティング）と呼ぶ。

（試験条件）

（1）耐酸化コーティングによる母材のクリープ寿命低下の把握試験

1～3mmの板厚の異なる試験片を作成後、アルミ拡散コーティング（時効拡散を含む）し、クリープラプチャー試験を実施した。クリープラプチャー試験は、ASTM E139に準拠して実施した。試験条件は1373K、137MPaである。また、比較試験としてアルミ拡散コーティングしない試験片（ベア材試験片）についても、同条件で試験を実施した。

（2）反応抑制コーティング試験

直径20mm、厚さ2～3mmのTMS-138合金の試験片にSRZを抑制する可能性のある7種類のRCコーティングを施工し、その後（1）と同様のアルミ拡散コーティングを施工した試験片を作製した。表3にRCコーティングの種類を示す。

【表 3】

RC コーティング条件

RC material
100at%Co
40at%Co-60at%Cr
100at%Cr
80at%Cr-20at%Ru
100at%Ru*
80at%Co-20at%Ru
60at%Co-25at%Cr-15at%W

R C コーティング施工後、アルミ拡散コーティングの前に 2 種類（（A）：拡散時間が長い（B）：拡散時間が短い）の条件を用い R C コーティング材を母材へ拡散させた。S R Z の生成の抑制を確認するために 5 0 0 時間の酸化試験を実施した。酸化試験後の 5 0 0 時間後の重量変化も測定した。

試験片表面は R C コーティング施工の前に、初期状態での表面起伏、残留応力の影響を少なくするためにエメリー紙 8 0 0 番を用い、研磨している。酸化試験条件について以下に示す。また酸化試験後、断面組織観察により S R Z の抑制状況を評価した。

酸化試験条件

試験温度：1 3 7 3 K

試験時間：0、5 0 0 H r

雰囲気：大気

（試験結果）

（1）耐酸化コーティングによる母材のクリープ寿命低下

図 4 に板厚とクリープ破断寿命比較を示す。各寿命の値は、各測定寿命をベア材の平均寿命で除した値を用いた。ベア材の寿命は、板厚が変化してもほぼ一定であったが、コーティング施工材の寿命は、板厚が薄くなるにしたがい減少した。この図より、コーティング施工材の厚さを対数換算した値と寿命を対数換算した値は一次関数で表すことができる。コーティングの影響が無視しうる値を外挿す

ると、最小板厚、最小面積約 6 mm、18 mm²と予測される。

(2) 反応抑制コーティングの評価

図 5 A, B と図 6 A, B に R C コーティング + アルミ拡散コーティングを施工した試験片の酸化試験前後の断面観察結果の例を示す。また比較のため、図 7 A と図 7 B にアルミ拡散コーティングのみを施工した試験片の断面観察結果を示す。全ての酸化試験前の断面では、S R Z は観察されていないが、全ての酸化試験後の断面では S R Z が観察されている。

定量的評価をするために、各断面でのコーティング層（付着層、拡散層）の厚さと S R Z の厚さの値をアルミ拡散コーティングのみを施工した試験片の断面でのそれぞれの値で無次元化した。

図 8 ～図 10 は、付着層、拡散層、S R Z の無次元化した値を R C コーティングの種類別にまとめたものである。また、各図において、横軸は R C コーティングなしの場合を 100 としている。なお、(A) (B) はアルミ拡散コーティングの前の拡散時間の相違（A：拡散時間が長い、B：拡散時間が短い）を示している。

評価したコーティング材は C o 系（C o、C o - C r、C o - R u）、C r 系（C r、C o - C r、C r - R u）、R u 系（R u、C o - R u、C r - R u）、3 元系（C o - C r - W）に大別できる。以下、これらのコーティング材を「反応抑制材」と呼ぶ。

図 8 は、酸化試験後の付着層厚さの比較図である。この図から、純 C o (B) と C o - R u 系合金の付着層厚さが顕著に小さいことがわかる。

図 9 は、酸化試験後の拡散層厚さの第 1 比較図である。この図から、純 C o (A) (B) と C o - R u 系合金 (A) (B) の拡散層厚さが顕著に小さいことがわかる。

図 10 は、酸化試験後の S R Z（2 次反応層）の厚さの第 1 比較図である。この図から、C o - R u 系合金 (B) と C o - C r - W 合金 (B) の 2 次反応層厚さが顕著に小さいことがわかる。

図 10 に示したように、C o - R u を R C コーティングとして使用した場合、アルミ拡散コーティングのみを施工した試験片の断面での S R Z の厚さと比較す

ると、約 30 % 抑制される結果を得た。これは、アルミ元素の拡散抑制、あるいはコーティング層の安定化が起こり、SRZ の成長が抑制されたと考えられる。また、その他の反応抑制材も、コーティング条件（厚さ、温度等）を変えることにより、同様の効果が期待できる。

図 11 に酸化試験後の各試験片重量減少量を比較したものを示す。重量減少量は、測定された重量減少量をベアの試験片（コーティング未施工材）の重量減少量で無次元化したものを用いた。ベア材試験片の重量減少量と比較すると、RC コーティングを施した全ての試験片の重量減少量は 1 % 程度であった。また、重量減少量の絶対量が少ないことから、各コーティング層の耐酸化性は優れているといえる。

【実施例 2】

表 4 に示す RC コーティングを用いて、実施例 1 と同様の条件で反応抑制コーティング試験を実施した。

【表 4】

RC コーティング条件

RC material
50at%Co-50at%Ru
10at%Co-90at%Ru

図 12 は、酸化試験後の拡散層厚さの第 2 比較図である。この図から、50 at % Co - 50 at % Ru の拡散層厚さが顕著に小さいことがわかる。

図 13 は、酸化試験後の SRZ（2 次反応層）の厚さの第 2 比較図である。この図から、50 at % Co - 50 at % Ru と 10 at % Co - 90 at % Ru の 2 次反応層厚さが顕著に小さいことがわかる。

上述したように、アルミ拡散コーティングを施工する前に反応抑制材をコーティングすることにより、タービン翼を構成する Ni 基超合金の耐酸化性を高めると共に 2 次反応層の発生を抑制することができることが実施例により確認された。すなわち、このコーティング（反応抑制コーティング）により、TCP 相、SR

Zを抑制するだけでなく、アルミ拡散コーティング層の耐酸化性も向上することがわかった。また、この反応抑制コーティングは、アルミ拡散コーティングによって2次反応層が発生する傾向がある第3世代及び第4世代の単結晶超合金に特に有効である。

従って、本発明の反応抑制タービン翼は、Ni基超合金の耐酸化性を高めると共に2次反応層の発生を抑制することができる、等の優れた効果を有する。

なお、本発明は上述した実施例及び実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

請求の範囲

1. Ni基超合金の表面に、アルミ拡散コーティングを施工する前に、Co、Cr、Ru又はこれらを主成分とする合金からなる反応抑制材をコーティングする、ことを特徴とする反応抑制タービン翼。

2. 前記反応抑制材は、純Co、純Cr、純Ru、Co-Cr系合金、Co-Ru系合金、Cr-Ru系合金、Co固溶体、Cr固溶体、又はRu固溶体である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

3. 前記反応抑制材は、CoとRuのみを主成分とし、0～10at%Co、90～100at%Ru、あるいは50～80at%Co、20～50at%Ruの合金あるいは固溶体である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

4. 前記反応抑制材は、CoとRuのみを主成分とし、組成比（原子%比）がCo:Ru=5:95、10:90、50:50、あるいは80:20となる合金あるいは固溶体である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

5. 前記Ni基超合金は、Reを約5～6wt%含む単結晶超合金、又は更にRuを含む単結晶超合金である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

6. 前記Ni基超合金は、Reを約6wt%以上含む単結晶超合金、又は更にRuを含む単結晶超合金である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

7. 前記Ni基超合金は、Reを約5%、Ruを約2%含むTMS-138合金であり、前記反応抑制材は、CoとRuを主成分とするCo-Ru系合金である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

8. 前記Ni基超合金は、Reを約5～7%、Ruを約4～7%含むTMS合金であり、前記反応抑制材は、CoとRuを主成分とするCo-Ru系合金である、ことを特徴とする請求項1に記載の反応抑制タービン翼。

1/9

図1A

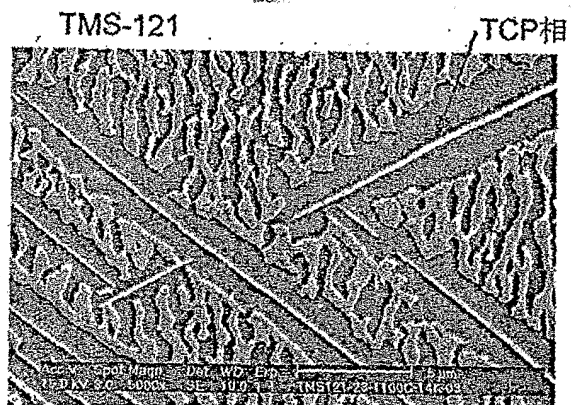


図1B

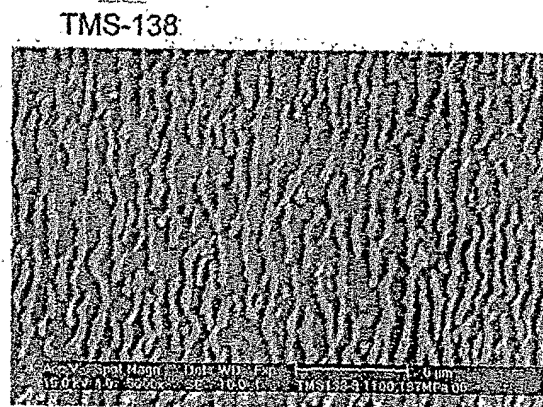


図2A

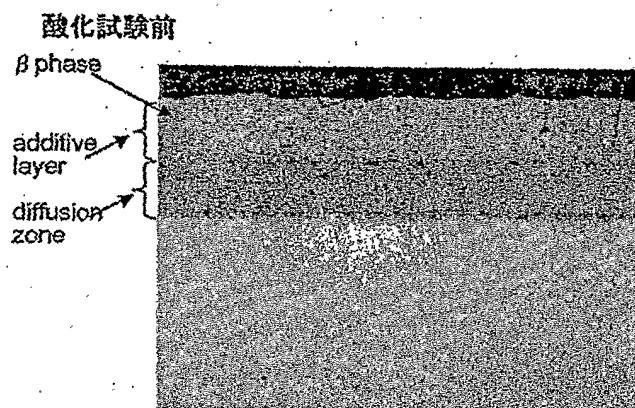
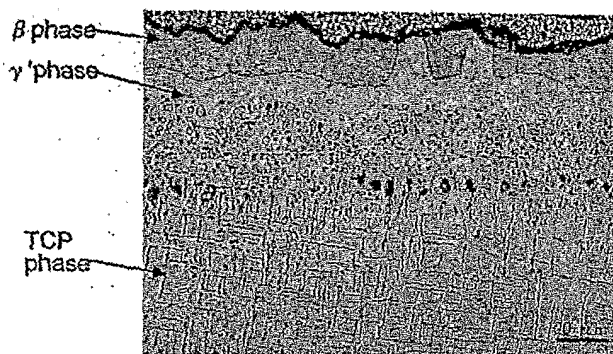


図2B

1100°C、500Hr酸化試験後



TMS-138アルミナイズ拡散コーティング試験片の酸化試験結果

2/9

図3A

断面ミクロ組織のSEM像

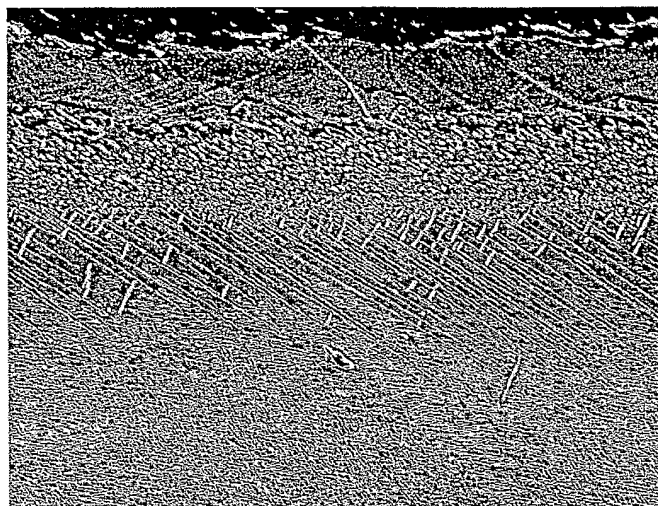
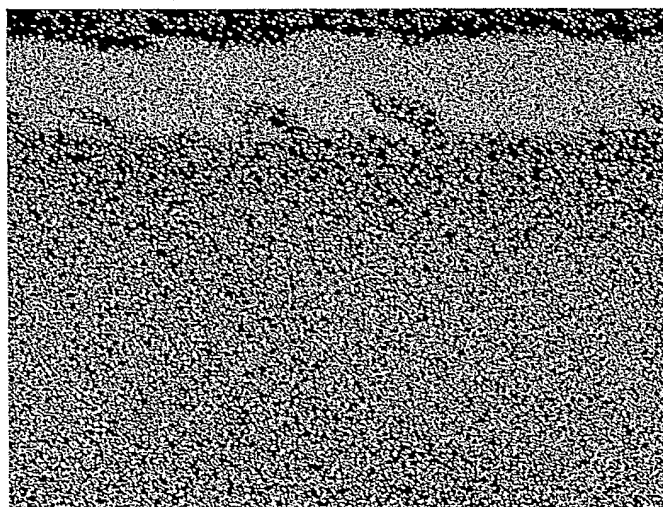


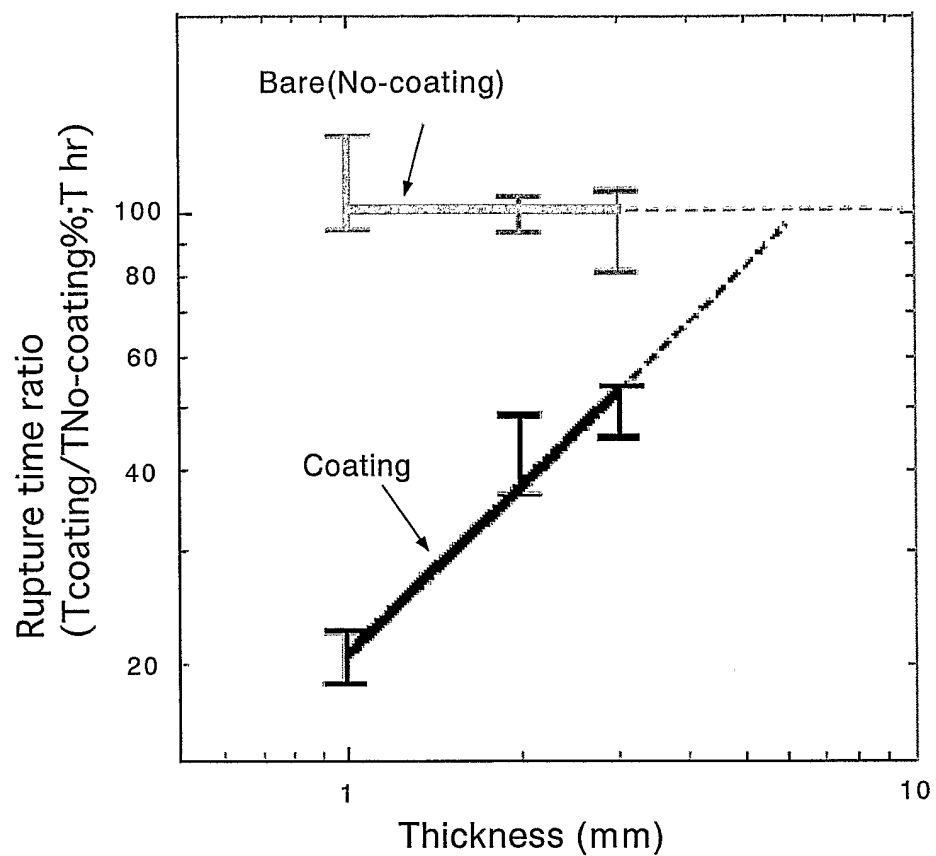
図3B

断面ミクロ組織のRuマップ



3/9

図4



TMS-138の各板厚試験片におけるラプチャー寿命比較

図5A

before oxidation test

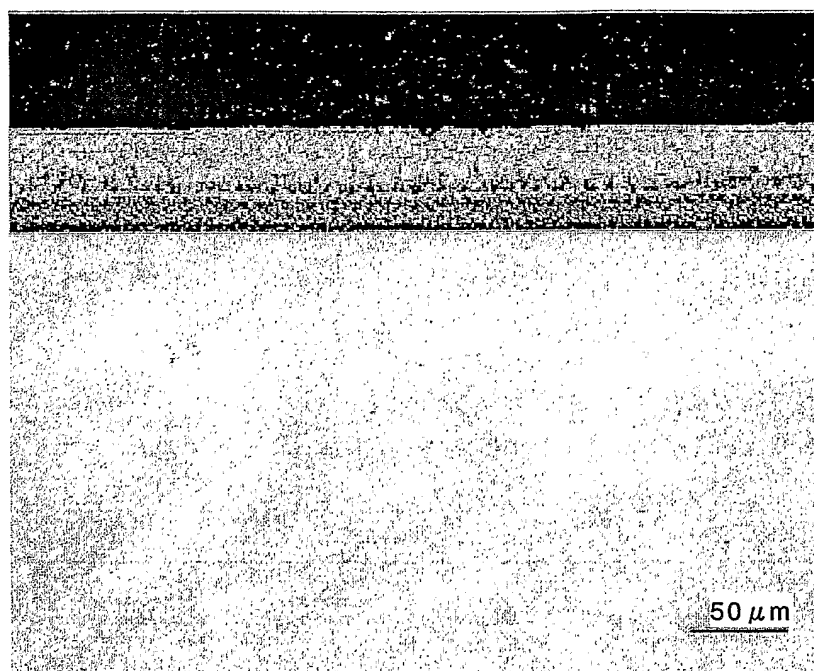
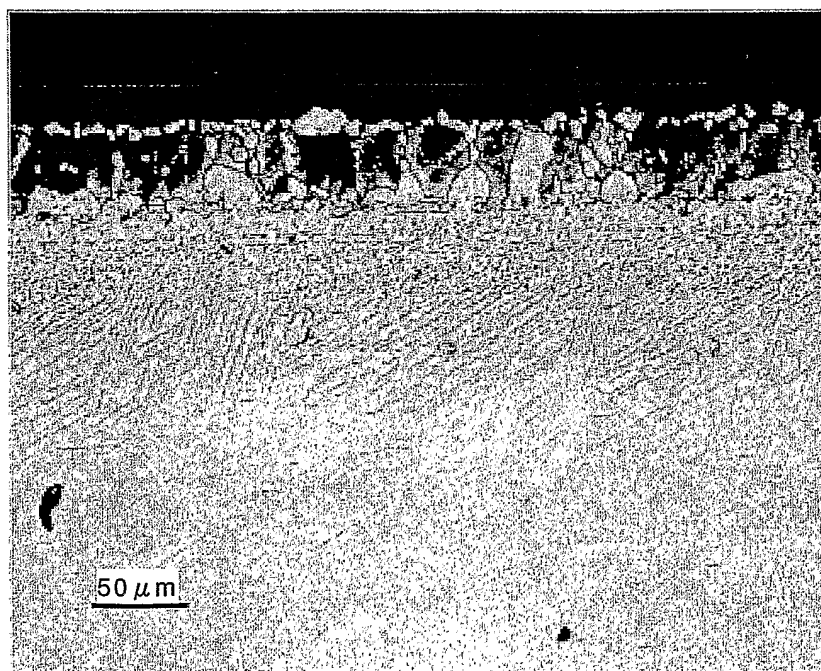


図5B

after oxidation test(1373K-500Hr)

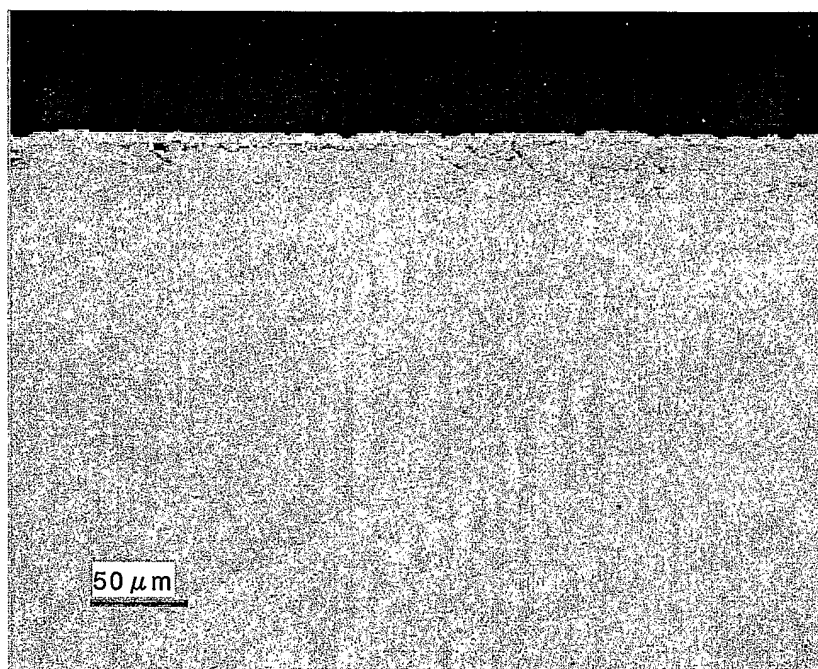


RC (Ru; 条件B) + Al 拡散コーティング
の酸化試験前後の断面ミクロ組織

5/9

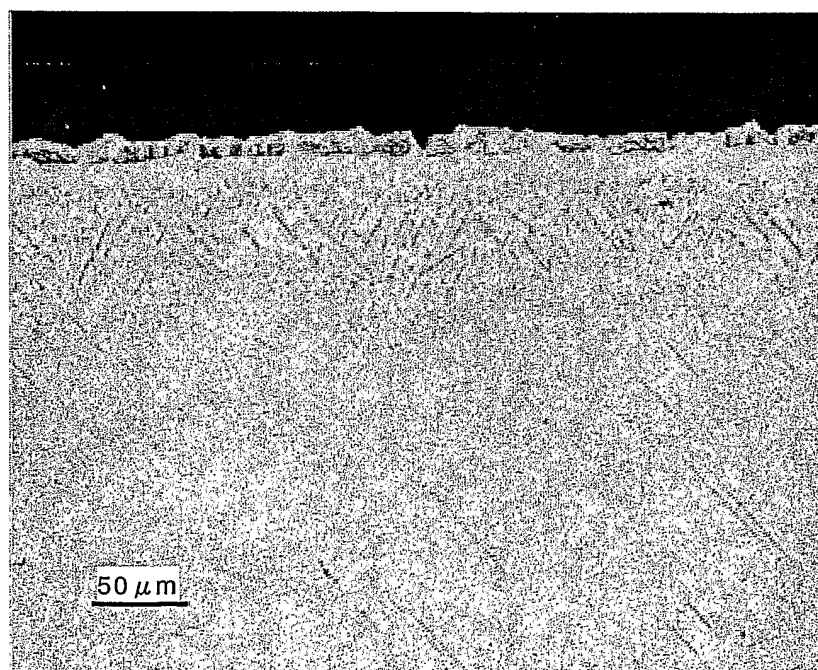
before oxidation test

図6A



after oxidation test(1373K-500Hr)

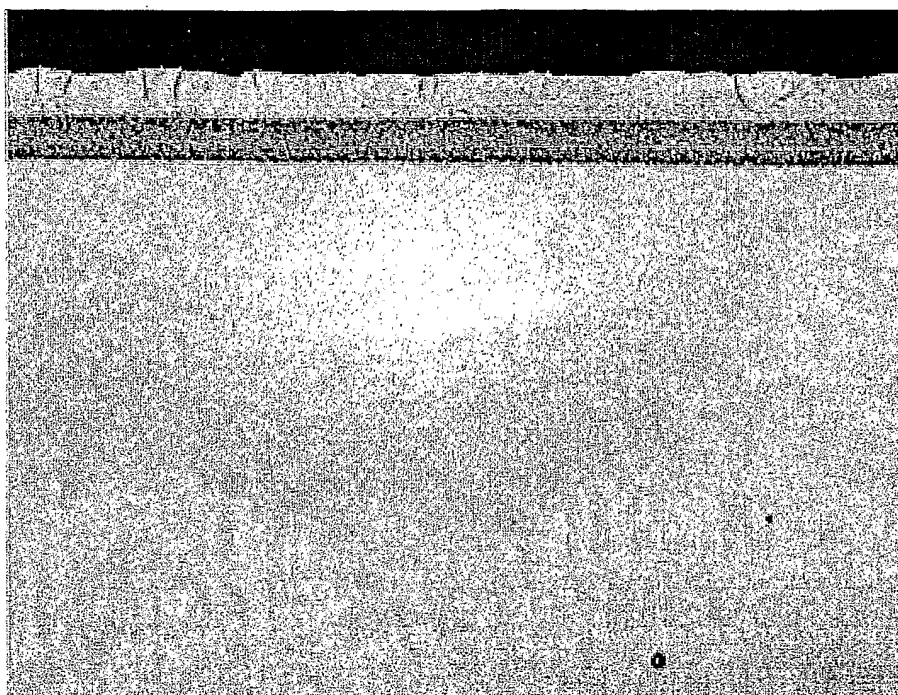
図6B



RC (Co-Ru; 条件B) + Al 拡散コーティング
の酸化試験前後の断面ミクロ組織

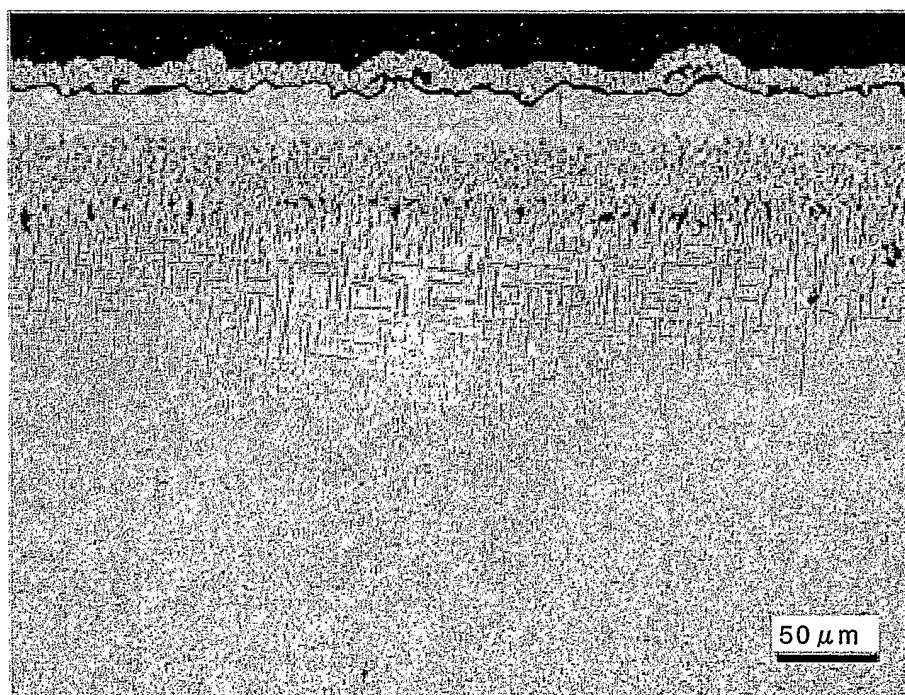
before oxidation test

図7A



after oxidation test(1373K-500Hr)

図7B



RC なし Al 拡散コーティングの酸化試験前後の断面ミクロ組織

図8

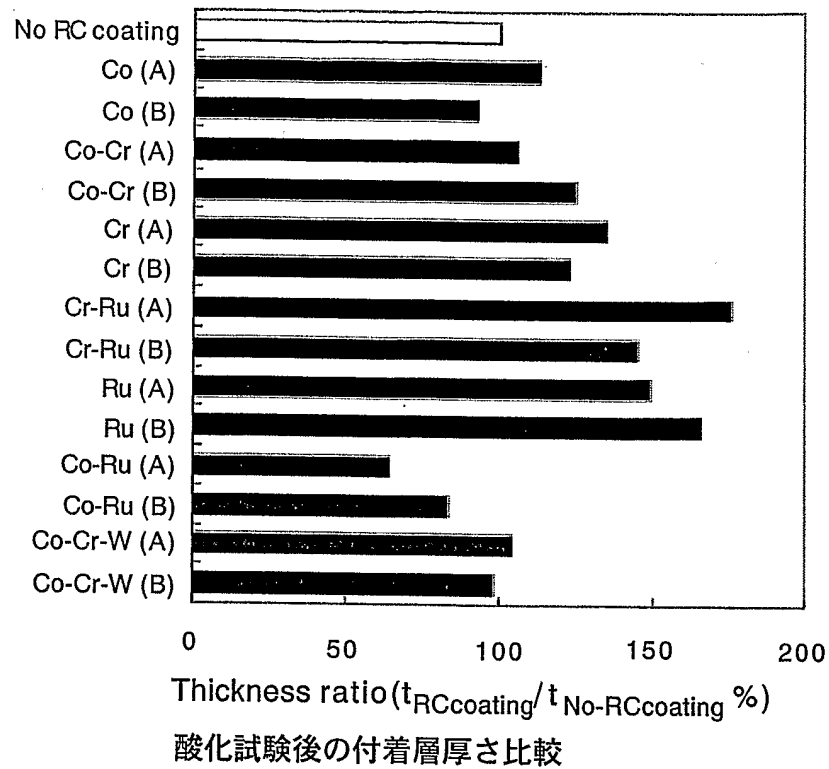


図9

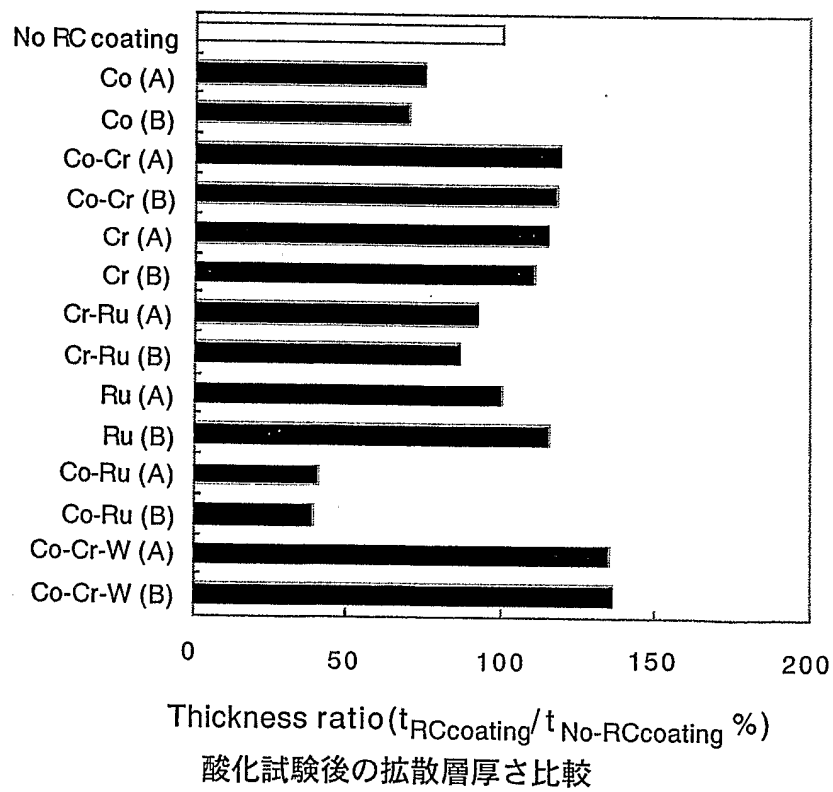


図10

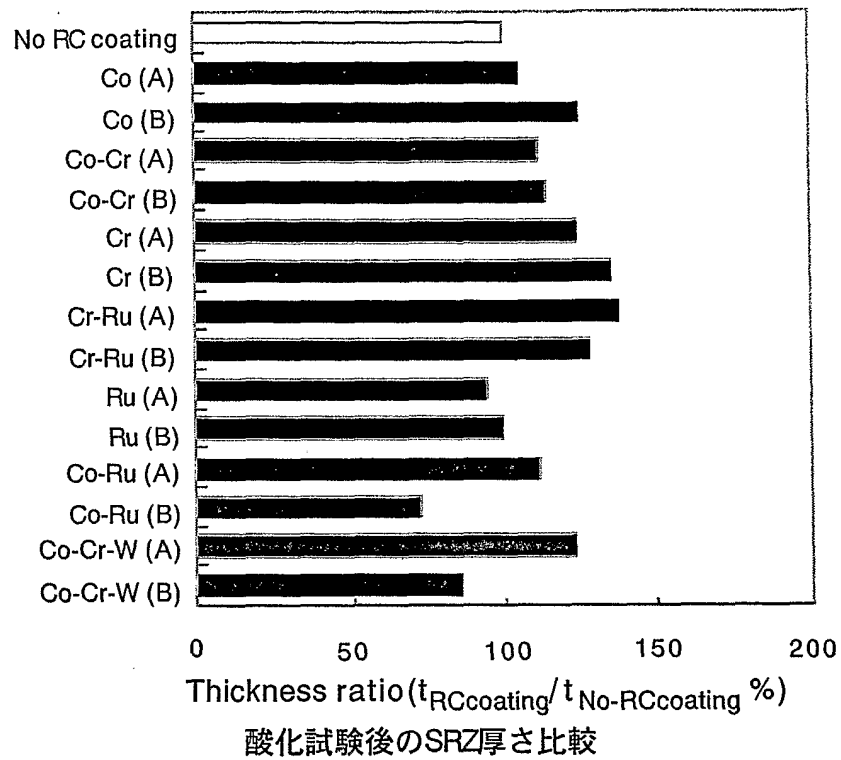


図11

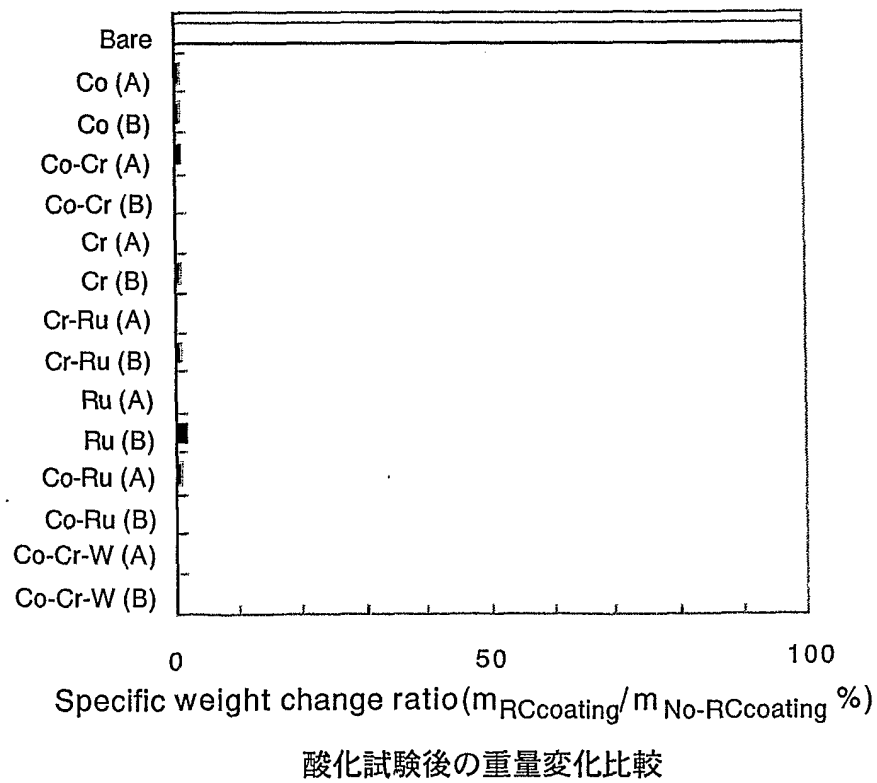


図12

酸化試験後の拡散層厚さ比較

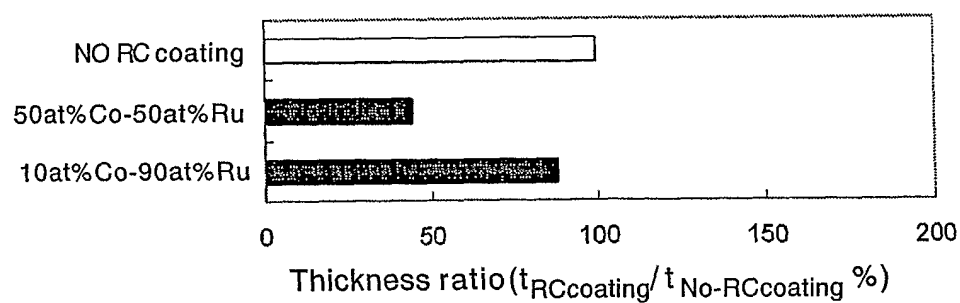
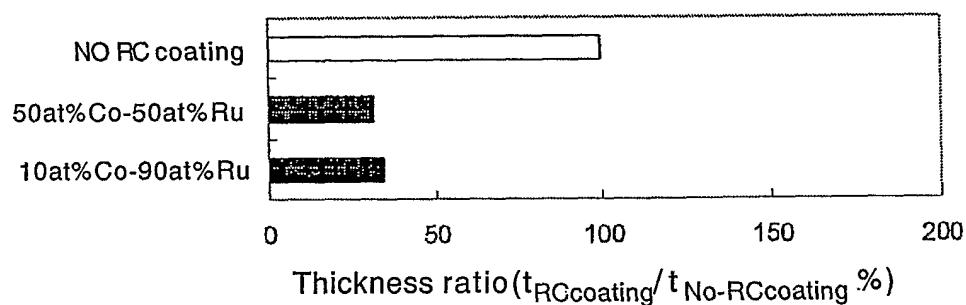


図13

酸化試験後のSRZ厚さ比較



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C23C10/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C23C10/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X <u>Y₁</u> A	JP 10-168556 A (Rolls-Royce plc), 23 June, 1998 (23.06.98), Claims; Par. Nos. [0003] to [0004] & EP 0821076 A1 Claims & US 6080246 A Claims	1, 2, 5, 6 <u>5, 6</u> 3, 4, 7, 8
X <u>Y₂</u>	JP 09-324256 A (Hitachi, Ltd.), 16 December, 1997 (16.12.97), Claim 1; Par. No. [0015]; table 1 (Family: none)	1, 2 <u>5, 6</u>

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 May, 2004 (27.05.04)

Date of mailing of the international search report
15 June, 2004 (15.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002184

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X <u>Y₂</u>	JP 11-080920 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 March, 1999 (26.03.99), Par. Nos. [0004], [0020] to [0021]; table 1 (Family: none)	1, 2 <u>5, 6</u>
X <u>Y₂</u>	JP 2000-192258 A (GE Aviation Services Operation Ltd.), 11 July, 2000 (11.07.00), Par. Nos. [0013] to [0014] (Family: none)	1, 2 <u>5, 6</u>
X <u>Y₂</u>	JP 11-172463 A (Hometto Research Corp.), 29 June, 1999 (29.06.99), Par. Nos. [0019] to [0022] (Family: none)	1, 2 <u>5, 6</u>

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl ⁷ C23C 10/48		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl ⁷ C23C 10/48		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y ₁ A	JP 10-168556 A (ロールス・ロイス・ピーエルシ ー) 1998.06.23, 特許請求の範囲, 【0003】～ 【0004】 & EP 0821076 A1, Claims & US 6080246 A, Claims	1, 2, 5, 6 5, 6 3, 4, 7, 8
X Y ₂	JP 09-324256 A (株式会社日立製作所) 1997.12.16, 【請求項1】, 【0015】, 【表1】 (ファミリーなし)	1, 2 5, 6
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
27.05.2004	15.6.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 長者 義久	4E 3232
	電話番号 03-3581-1101	内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X <u>Y₂</u>	JP 11-080920 A (三菱重工業株式会社) 1999. 03. 26, 【0004】, 【表1】, 【0020】～ 【0021】 (ファミリーなし)	1, 2 <u>5, 6</u>
X <u>Y₂</u>	JP 2000-192258 A (ジーイー エイビエイション サービシーズ オペレーション リミテッド) 2000. 07. 11, 【0013】～【0014】 (ファミリー なし)	1, 2 <u>5, 6</u>
X <u>Y₂</u>	JP 11-172463 A (ホームネット リサーチ コーポレ ーション) 1999. 06. 29, 【0019】～【0022】 (ファミリーなし)	1, 2 <u>5, 6</u>