(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-251219
(P2012-251219A)
(43)公開日　平成24年12月20日(2012.12.20)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
C22C	***14/00***	***(2006.01)***	C22C	14/00	Z	
C22F	***1/18***	***(2006.01)***	C22F	1/18	H	
C22F	*1/00*	*(2006.01)*	C22F	1/00	630K	
			C22F	1/00	650A	
			C22F	1/00	631Z	

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 9 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2011-125098 (P2011-125098)
(22)出願日　平成23年6月3日 (2011.6.3)

(71)出願人　301023238
独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目２番地１
(72)発明者　平　徳海
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　独立行政法人物質・材料研究機構内
(72)発明者　北嶋　具教
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　独立行政法人物質・材料研究機構内
(72)発明者　ウ　ソンチュアン
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　独立行政法人物質・材料研究機構内
(72)発明者　御手洗　容子
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　独立行政法人物質・材料研究機構内

(54)【発明の名称】耐熱チタン合金

(57)【要約】
【課題】　従来の耐熱チタン合金は、高温強度が低いという問題があった。そのため、高温で長時間使用することが難しかった。本発明では、希土類元素の酸化物を微細に生成させることにより高温強度を向上させる。
【解決手段】　本発明は、室温で優れた延性を有し、６５０℃から８００℃の温度範囲で高強度を示す耐熱チタン合金に関するものである。詳しくは、本発明のチタン合金は、Ａｌを５から１０ｍａｓｓ％，　Ｓｎ、Ｚｒのうちの１種以上を０．１から１０ｍａｓｓ％、　Ｍｏ、Ｖのうちの１種以上を０．１から５ｍａｓｓ％、Ｓｃを０．０１から５ｍａｓｓ％、及び、残部がＴｉ及び不可避不純物からなる。更に、固溶強化により優れた高温強度を有するα相をメインとし、Sc_2O_3とα$_2$－Ti_3Al化合物によりいっそう強化し、加工性に優れたβ相を５％以下導入することにより、室温延性と高温強度のバランスがよい耐熱チタン合金を提供できる。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
耐熱チタン合金であって、Ａｌを５から１０ｍａｓｓ％，Ｓｎ、Ｚｒのうちの１種以上を０．１から１０ｍａｓｓ％、Ｍｏ、Ｖのうちの１種以上を０．１から５ｍａｓｓ％、Ｓｃを０．０１から５ｍａｓｓ％、及び、ＯをＳｃとのモル比でＳｃ：Ｏ＝２：３の割合以下に含有し、残部がＴｉと不可避不純物からなることを特徴とする耐熱チタン合金。
【請求項２】
請求項１に記載の耐熱チタン合金であって、前記チタン合金のミクロ組織が、α相、α相が規則化したα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物、β相、及び析出したＳｃ$_2$Ｏ$_3$粒子で構成されることを特徴とする耐熱チタン合金。
【請求項３】
請求項２に記載のミクロ組織の、α相が規則化したα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物、β相、Ｓｃ$_2$Ｏ$_3$粒子の体積率が、それぞれ、２０％以下、５％以下、５％以下で、残部がα相で構成されることを特徴とする耐熱チタン合金。
【請求項４】
請求項２に記載の耐熱チタン合金であって、前記合金内に析出するＳｃ$_2$Ｏ$_3$粒子径が１μｍ以下であることを特徴とする耐熱チタン合金。
【請求項５】
請求項１に記載の耐熱チタン合金の製造方法であって、溶製した前記チタン合金のインゴットを、９４０から１０４０℃の温度域で、０．５時間以上保持する溶体化処理を施した後、５５０から８００℃の間の温度域まで炉内で冷却し、更に、５５０から８００℃の間の温度域で２時間以上の焼きなまし熱処理を施し、前記焼きなまし後室温まで炉冷することを特徴とする耐熱チタン合金の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、６５０℃から８００℃の温度範囲で高強度を示す耐熱チタン合金に関するものである。より詳しくは、本発明のチタン合金は、Ａｌを５から１０ｍａｓｓ％、Ｓｎ、Ｚｒのうちの１種以上を０．１から１０ｍａｓｓ％、Ｍｏ、Ｖのうちの１種以上を０．１から５ｍａｓｓ％、Ｓｃを０．０１から５ｍａｓｓ％、ＯをＳｃとのモル比でＳｃ：Ｏ＝２：３の割合以下に含有し、残部がＴｉと不可避不純物からなり、Ｓｃ酸化物により強化されている合金である。
【背景技術】
【０００２】
チタン合金は、各種の合金の中でも特に耐腐食性が優れ、比強度も高いため、この６０年間、構造材料として急速に開発が進められてきた。今日では航空機や自動車から化学工学、医療に至るまで様々な分野で使われている。近年、軽量化により高効率化された輸送手段が期待されており、構造材料の重量軽減や性能改善への要求が増している。特に航空機分野において、航空機エンジンの重量を軽減し、燃料消費量を抑えるために、より高性能、より軽い材料をエンジン部品として搭載する必要がある。
【０００３】
これまで、耐熱チタン合金は主に英国、アメリカ、ロシア、中国で開発されており、高温６００℃以下に曝される航空機エンジン内部やエアフレームなど重要部材の必要不可欠な構造材料となっている。従来、航空機エンジンなどに用いられた耐熱チタン合金として、Ｔｉ－６２４２（Ｔｉ－６Ａｌ－２Ｓｎ－４Ｚｒ－２Ｍｏ－０．１Ｓｉ）、Ｔｉ－１１００（Ｔｉ－６Ａｌ－２．８Ｓｎ－４Ｚｒ－０．４Ｍｏ－０．４５Ｓｉ）、ＴＩＭＥＴＡＬ８３４が知られている。
【０００４】
特許文献１には高温強度を向上させた耐熱チタン合金として、ｍａｓｓ％で、Ａｌ：６．０～８．０％，　Ｍｏ：１．０～３．０％，Ｓｉ：０．０５～０．４％、Ｃ：０．０８

～０．２５％、残部Ｔｉ及び不純物からなる合金が開示されている。
【０００５】
特許文献２には熱間加工性が良好で、高温強度及び高温クリープ特性に優れ、しかも高温における耐スケール剥離性に優れた耐熱チタン合金として、ｍａｓｓ％で、Ａｌ：６．５～９．０％、Ｍｏ：０．５～１．５％、　Ｖ：０．６～１．４％、Ｃ：０．１～０．２５％、残部Ｔｉ及び不可避不純物からなる合金が開示されている。
【０００６】
特許文献３には加工性に優れた排気系部品用α型チタン合金として、ｍａｓｓ％で、Ａｌ：０．４～１．５％、Ｓｎ：０．５～１．５％、　Ｚｒ：０．５～２．０％、の１種又は２種以上と、Ｓｉ：０．１～１．０％、酸素：０．０４％以下、Ｆｅ：０．０６％以下を含むか、又はこれにＮｂ：０．１～１．５％を含有するチタン合金が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【特許文献１】特開２００５－１０５３３５号　公報
【特許文献２】特開２００６－２８３０６２号　公報
【特許文献３】特開２００８－１１５４１９号　公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
しかしながら、従来の耐熱チタン合金は、高温強度が低いという問題があった。そのため、高温で長時間使用することが難しかった。例えば、特許文献１に記載の発明は、それ以前のチタン合金より高温で優れた引張強度を示すが、７６０℃で３００ＭＰａ以下であった。
【０００９】
特許文献２に記載の発明は、８００℃での引張強度が３５０ＭＰａ以下であった。また、特許文献３に記載の発明は、７００℃における引張強度が５０ＭＰａ以下であった。
【００１０】
このように、従来の耐熱合金では、高温強度の点で使用温度限界に制限があり、これを克服するために、更なる高温での使用に対応できる高強度で室温延性の優れた耐熱チタン合金を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明は、チタン合金中に微細な酸化物を分散させることにより、６５０から８００℃の温度範囲で従来材よりも高い強度を発現させたものである。
【００１２】
本願発明は、上記の課題を解決するため、第１の発明では、Ａｌを５から１０ｍａｓｓ％、Ｓｎ、Ｚｒのうちの１種以上を０．１から１０ｍａｓｓ％、Ｍｏ、Ｖのうちの１種以上を０．１から５ｍａｓｓ％、Ｓｃを０．０１から５ｍａｓｓ％、ＯをＳｃとのモル比でＳｃ：Ｏ＝２：３の割合以下に含有し、残部がＴｉと不可避不純物からなることを特徴とする耐熱チタン合金を提供する。
【００１３】
第２の発明では、第１の発明のチタン合金のミクロ組織が、α相、α相が規則化したα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物、β相、及び析出したＳｃ$_2$Ｏ$_3$粒子で構成されることを特徴とする耐熱チタン合金を提供する。
【００１４】
第３の発明では、第２の発明のミクロ組織の、α相が規則化したα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物、β相、Ｓｃ$_2$Ｏ$_3$粒子の体積率が、それぞれ、２０％以下、５％以下、５％以下で、残部がα相で構成されることを特徴とする耐熱チタン合金を提供する。
【００１５】

第４の発明では、第２の発明の合金内に析出するSc_2O_3粒子径が１μｍ以下であることを特徴とする耐熱チタン合金を提供する。

【００１６】

第５の発明では、第１の発明の耐熱チタン合金の製造方法であって、溶製した前記チタン合金のインゴットを、９４０から１０４０℃の温度域で、０．５時間以上保持する溶体化処理を施した後、５５０から８００℃の間の温度域まで炉内で冷却し、更に、５５０から８００℃の間の温度域で２時間以上の焼きなまし熱処理を施し、前記焼きなまし後室温まで炉冷することを特徴とする耐熱チタン合金の製造方法を提供する。

【００１７】

本発明のチタン合金は、Ａｌを５から１０ｍａｓｓ％、　Ｓｎ、Ｚｒのうちの１種以上を０．１から１０ｍａｓｓ％、　Ｍｏ、Ｖのうちの１種以上を０．１から５ｍａｓｓ％、Ｓｃを０．０１から５ｍａｓｓ％、ＯをＳｃとのモル比でＳｃ：Ｏ＝２：３の割合以下に含有し、残部がＴｉと不可避不純物から構成されるが、以下に各元素について説明する。

【００１８】

Ａｌはα－Ｔｉ相を安定化させ、α相の固溶強化のために５ｍａｓｓ％以上は必要である。Ａｌ量が増加すると脆性を有するTi_3Alなどの化合物が析出する。化合物は強化に寄与するが析出量が２０％以上に増えると加工性が悪くなるため、１０ｍａｓｓ％以下とした。

【００１９】

Ｓｎ及びＺｒは、α相及びβ相を強化する効果があるため、高温強度を向上させるために有効な元素である。しかし、１０ｍａｓｓ％以上添加すると、脆性を有する化合物が生成し、加工性が悪くなるため、Ｓｎ又はＺｒの１種あるいは２種の添加量を最大１０ｍａｓｓ％とした。また、０．０１ｍａｓｓ％以下であると効果が見られない。

【００２０】

Ｍｏ及びＶは、β相安定化元素であり、加工性を向上させる。そのためＭｏ又はＶの１種あるいは２種の添加量を最大５ｍａｓｓ％とした。また、０．０１ｍａｓｓ％以下であると効果が見られない。

【００２１】

Ｓｃは酸化物を生成することにより高温強度を向上させる。この効果を発現させるため、下限を０．０１ｍａｓｓ％とした。しかしＳｃの量が５ｍａｓｓ％を超えると生成する酸化物が粗大となり強化の効果が減少するため上限を５ｍａｓｓ％とした。

【００２２】

Ｏは、Ｔｉに固溶すると硬さを増加し、加工性を低下するので、過度に固溶させるのは避ける。そのためモル比でＳｃの添加量の３／２以下にすることが好ましい。

【００２３】

本発明チタン合金の代表的な製造工程は次のとおりである。スポンジチタン、合金素材を原料として、通常のチタン合金に用いるアーク溶解、電子ビーム溶解、高周波溶解等の溶解法を用いて溶製する。溶製したインゴットを、β相領域である９４０から１０４０℃で０．５時間以上保持する溶体化処理を行い、炉内冷却で５５０から８００℃の間に温度を下げ、更にその温度で２時間以上の焼きなましを行い、最後は室温まで炉冷する。

【００２４】

溶体化温度は、溶解中に生成した不均一な組織を均質にするために、β相領域で行う必要がある。９４０℃より低いとα相域となり均質化が不十分になるため、組織が不均一となり、また、１０４０℃より高い温度では酸化により合金の特性が劣化するため望ましくない。溶体化時間は０．５時間より短いと均質化が不十分になり、組織が不均一となるため、０．５時間より長い方が望ましい。β相からα相に炉内冷却することにより、β相がα相に変態するが、この時、変態が完全でないために残留β相が生じる。

【００２５】

更に、その後の焼きなまし処理により、Sc_2O_3が生成し、微細なα_2－Ti_3Al化合物が生成する。そのため５５０℃より低いと、焼きなましが十分に行われないため、５

５０℃以上が望ましく、また８００℃より温度が高いとα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物が粗大化して高温強度を低下させるため、８００℃以下が望ましい。焼きなまし処理の時間は、２時間より短いと不十分となるため、２時間以上が望ましい。

【００２６】

上記製造法により、α相、α相が規則化したα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物、β相、及びＳｃ$_2$Ｏ$_3$で構成される合金が製造できる。ここでＳｃ$_2$Ｏ$_3$は１μｍ以下のサイズであり、Ｓｃ$_2$Ｏ$_3$の体積率が５％を超えると析出サイズが１μｍを超えるため、体積率の上限は５％以下とする。加工性を向上させるβ相は５％を超えると高温強度が低下するため、上限は５％以下である。α$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌは高温強度を向上させるが、α$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物の体積率が２０％を超えると加工性が悪くなるため上限は２０％以下とする。好ましくは１０％以下である。α相は残りの量を占める。

【発明の効果】

【００２７】

本発明は、固溶強化により優れた高温強度を有するα相をメインとし、Ｓｃ$_2$Ｏ$_3$とα$_2$－Ｔｉ$_3$Ａｌ化合物により更に強化し、加工性に優れたβ相を５％以下導入することにより、室温延性と高温強度のバランスがよい耐熱チタン合金を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】発明合金の強度のＳｃ濃度依存性。

【図２】発明合金の強度のＳｃ濃度依存性。

【図３】発明合金組織のＳｃ添加による効果。

【図４】Ｓｃ酸化物の形態。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【００２９】

＜実施例１＞

真空中で高純度元素をアーク溶解することにより作製したボタン状のＴｉ－６．６２Ａｌ－５．１４Ｓｎ－１．８２Ｚｒ－０～３．８Ｓｃ（ｍａｓｓ％）合金３０ｇを、大気雰囲気の電気炉内で１０４０℃で２時間溶体化処理し、炉内で７６０℃に温度を下げ、更にそのまま７６０℃で５時間の焼きなましを行い、最後は室温まで炉冷した。熱処理後の合金より試験片を切り出し、高温強度は、引張試験（試験片形状：直径４ｍｍ、平行部１２ｍｍのねじ式丸棒）あるいは圧縮試験（試験片形状：直径３ｍｍ、長さ６ｍｍの円筒）による降伏応力で評価した。

【００３０】

図１はこの試料を室温では大気中で、６５０℃、７５０℃の各温度では真空中でひずみ速度１．２×１０$^{-4}$ｍ／ｓで引張試験したときの降伏応力をＳｃの濃度に対して示したものである。どの試験温度でも得られた降伏応力はＳｃ添加により向上している。また、室温における延性にはＳｃ添加材、無添加材ともに大きな違いはなかった。高温での降伏強度は、例えば６５０℃では、４００ＭＰａ以上であり、７５０℃では３３０ＭＰａ以上であり、特許文献１及び３の合金よりも高い強度を示した。

【００３１】

図１に示す以外に、焼きなまし時間を長くすることによる影響についても調べた。通常、焼きなまし時間を長くすると組織が不安定となり粗大化することにより高温強度が低下するが、７６０℃での焼きなましを５００時間行った試験片についても高温強度は低下せず、高温で使用しても組織が安定であることがわかった。

【００３２】

＜実施例２＞

真空中で高純度元素をアーク溶解することにより作製したＴｉ－６Ａｌ－２Ｚｒ－１Ｍｏ－１Ｖ－０～３．８Ｓｃ（ｍａｓｓ％）合金を１０４０℃で２時間溶体化処理し、炉内で７６０℃に温度を下げ、更にそのまま７６０℃で２時間の焼きなましを行い、最後は室温

まで炉冷した。

【００３３】

図２はこの試料を、室温では大気中で、６５０℃、８００℃においては真空中でひずみ速度１．２×１０$^{-4}$ｍ／ｓで圧縮試験したときの降伏応力（０．２％応力）を示す。すべての温度域において、Ｓｃ添加材の降伏応力はＳｃ無添加材の降伏応力よりも向上した。

【００３４】

また、室温における圧縮試験後、いずれの試料にもクラックなどは観察されず、１０％以上変形したため、延性にはＳｃ添加材、無添加材ともに大きな違いはなかった。Ｓｃ添加材は６５０℃では４００ＭＰａ以上の降伏応力を示し、８００℃では２２０ＭＰａ以上の降伏応力を示した。８００℃での降伏応力は特許文献２の合金よりも劣るが、６５０℃での降伏応力は実施例１と同程度であり、酸化物による強化が有効であることを示す。

【００３５】

図３はＴｉ－６．６２Ａｌ－５．１４Ｓｎ－１．８２Ｚｒ合金とＴｉ－６．６２Ａｌ－５．１４Ｓｎ－１．８２Ｚｒ－０．１Ｓｃ（ｍａｓｓ％）　合金のマクロ組織である。Ｓｃ添加材は結晶粒が１００μｍ以下となり粒界に白いβ相が取り囲んでいる。微細な結晶粒と粒界上のβ相の存在が合金の室温での延性に起因する。

【００３６】

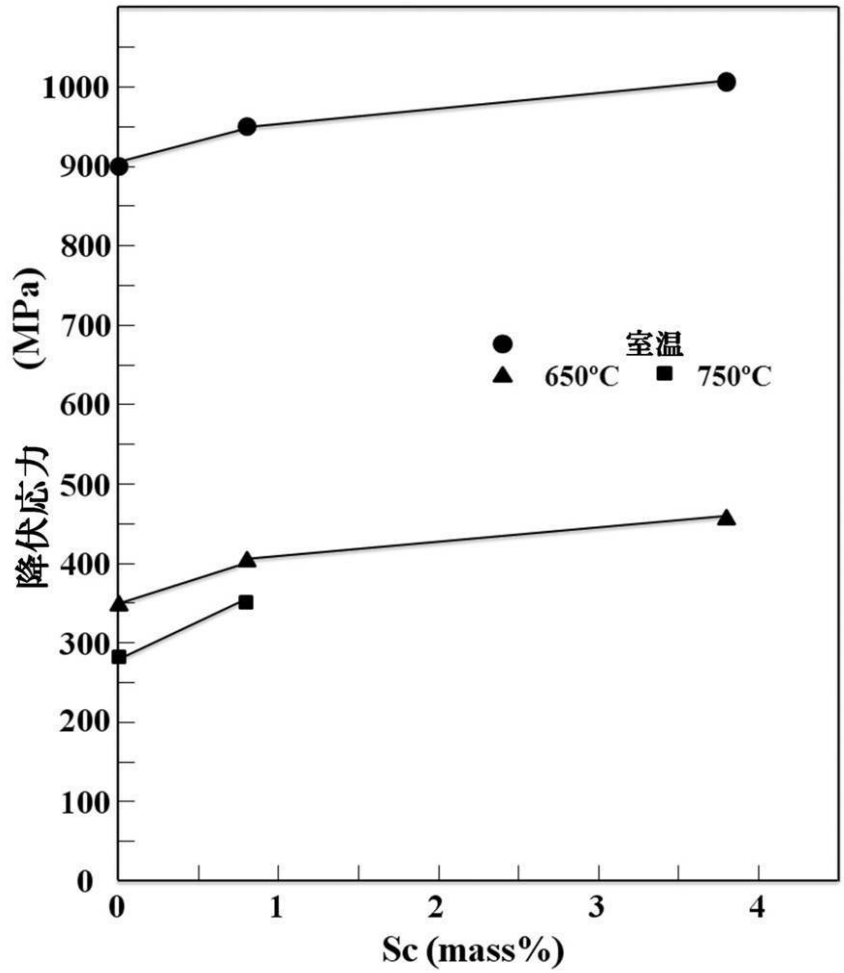
図４はＴｉ－６．６２Ａｌ－５．１４Ｓｎ－１．８２Ｚｒ－０．１Ｓｃ（ｍａｓｓ％）の微細組織である。１μｍ以下の微細な酸化物が多数生成している。この酸化物の存在が高温強度の向上に起因する。

【産業上の利用可能性】

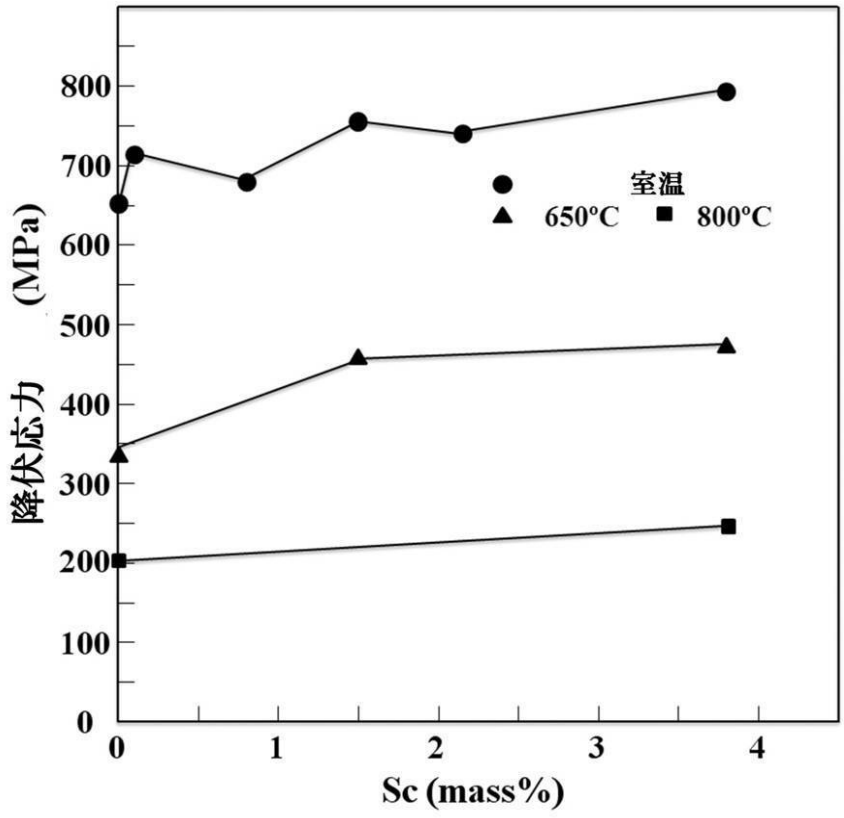
【００３７】

航空機用ジェットエンジンで最も温度が高くなる燃焼器近傍の部位にはＮｉ基超合金が使用されているが、そのまわりのコンプレッサーやファンなどの高温部に耐熱Ｔｉ合金は使用可能である。また、現在耐熱鋼が使用されている部品をより軽量である耐熱チタン合金に替えることもできる。また自動車エンジンの部品としても使用可能である。

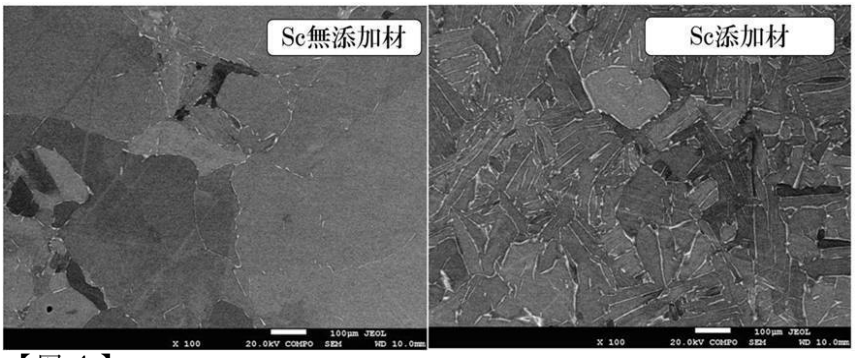
【図１】


降伏応力 (MPa)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
1
2
3
4
Sc (mass%)
室温
650°C
750°C

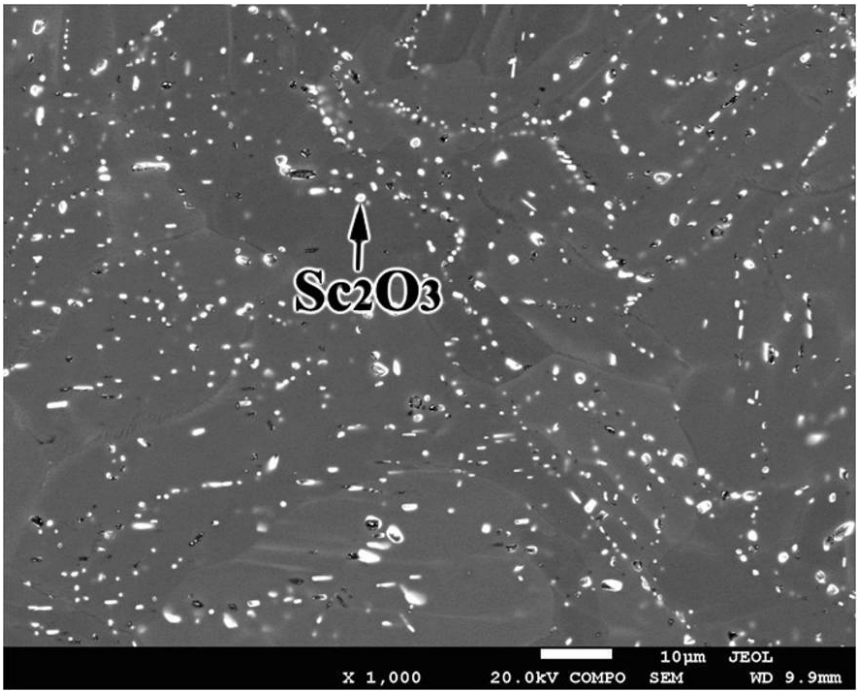
【図２】


降伏応力 (MPa)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
1
2
3
4
Sc (mass%)
室温
650°C
800°C

【図３】


Sc無添加材
Sc添加材
X 100 100μm JEOL 20.0kV COMPO SEM WD 10.0mm
X 100 100μm JEOL 20.0kV COMPO SEM WD 10.0mm

【図４】


Sc2O3
10μm JEOL
X 1,000 20.0kV COMPO SEM WD 9.9mm

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	FI			テーマコード（参考）
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６４０Ａ	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６８１	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６９１Ｂ	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６９１Ｃ	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６９２Ａ	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６９２Ｂ	
	Ｃ２２Ｆ	1/00	６２４	