

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5778935号
(P5778935)

(45) 発行日 平成27年9月16日(2015.9.16)

(24) 登録日 平成27年7月17日(2015.7.17)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 4 C 1/10 (2006.01)	B 2 4 C 1/10 G
B 2 4 C 11/00 (2006.01)	B 2 4 C 11/00 D

請求項の数 9 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-23445 (P2011-23445)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成23年2月7日(2011.2.7)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2011-173236 (P2011-173236A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成23年9月8日(2011.9.8)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成26年2月3日(2014.2.3)		番
(31) 優先権主張番号	12/702, 534	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成22年2月9日(2010.2.9)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	スワミ・ゲネッシュ
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ
			トン・パーク、ティンバーウィック・ドラ
			イブ、4 0 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 部品の表面仕上りを改善するピーニング処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

部品の表面仕上りを改善するピーニング方法であって、

第 1 のガラスビーズ媒体を用いて第 1 の強度で湿式ガラスビーズピーニングを行うことを含む第 1 のピーニング作業を行って、部品の表面近傍領域内に残留圧縮応力層を生じさせるステップと、次いで、

前記第 1 のガラスビーズ媒体のガラスビーズの直径の $1/4 \sim 1/3$ の直径を有するガラスビーズからなる第 2 のガラスビーズ媒体を用いて前記第 1 の強度の $1/4 \sim 1/3$ の強度の第 2 の強度で湿式ガラスビーズピーニングを行うことを含む第 2 のピーニング作業を少なくとも行って、前記部品の表面近傍領域内の残留圧縮応力を残しながら前記部品の表面の表面平滑化をもたらすステップと、を含む方法。

【請求項 2】

前記第 1 のガラスビーズ媒体のガラスビーズが 0.50 mm 超の直径を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 のガラスビーズ媒体のガラスビーズが 0.50 mm 超 $\sim 0.90\text{ mm}$ の直径を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 のピーニング作業の前記第 1 の強度が $7\text{ N} \sim 14\text{ N}$ である、請求項 1 乃至請求

項 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 2 のガラスビーズ媒体のガラスビーズが 0 . 1 5 ~ 0 . 2 5 m m の直径を有する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 2 のピーニング作業の前記第 2 の強度が 6 N 未満である、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 のピーニング作業後の部品の表面の表面仕上げが 1 . 8 ~ 2 . 5 μ m であり、
前記第 2 のピーニング作業後の部品の表面の表面仕上げが 0 . 5 ~ 1 . 3 μ m 未満である、
請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 のピーニング作業後の前記部品の表面の表面仕上げが 0 . 9 μ m 未満である、
請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記部品がターボ機械のエアfoil部品である、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物品の表面を修飾する処理に関する。特に、本発明は、部品の機械的特性及び表面仕上り特性を改善できるピーニング処理に関する。

【背景技術】

【0002】

ショットピーニングは、部品の表面及び直ぐ下に位置する基質領域を修飾して、その特性を改善する処理であり、圧縮残留応力を生じさせることで耐疲労性及び耐異物損傷性を改善することが含まれる。鋼、チタンベースの合金及び超合金で形成された、ガスタービンブレード、蒸気タービンブレード、及びガスタービンエンジンブレード等のエアfoil部品を含む、ターボ機械の一部の部品が望ましい表面特性を示すには、それらのエアfoil表面に完全なショットピーニングが、例えばアルメン N ストリップスケールを基準にして 1 0 N (アルメン A ストリップスケールを基準にして約 3 A) 以上のアルメン強度のような比較的高い強度で必要になる (本明細書に示すピーニング強度は全て、アルメン A 又は N ストリップスケールのいずれかを基準にして量化した強度である)。しかし、ショットピーニングを高い強度で実施するとエアfoil表面粗さが、例えば約 9 0 マイクロインチ (約 2 . 3 マイクロメートル) R a 以上とかなり粗くなってしまう傾向があり、ブレードの空気力学的にもタービンの全体的な性能にとっても有害である。また、表面粗さが増すと、大気中の汚染物、腐食物、及び侵食物の粘着が助長され、これらの付着によって、割れ目孔食、応力腐食割れ、及び疲労損失が助長されることがある。

【0003】

ピーニング後の粗さを低減するにあたり、圧縮機ブレードには、長期のタンブラリング、ヒドロホーニング、ドラッグ仕上げ、化学エッチング等の研磨加工、或いは、例えば 3 5 マイクロインチ (約 0 . 9 マイクロメートル) R a 等のより妥当なレベルまで表面仕上り粗さを低下させるまた別の方法を施すことが多い。しかし、結果的に得られる表面仕上りは、ピーニングを受ける前の元々のエアfoil表面仕上りよりも高くなる。ショットピーニングの後に研磨加工を行うと、製造コストが高くなりサイクル時間が長くなることに加えて、圧縮残留応力層が除去されることによって、ショットピーニングで得られた利点が失われる可能性があり、そうすると寸法の歪みが生じることもある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第7384244号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、部品の表面仕上りを改善すると共に、部品の表面近くの領域内に残留圧縮応力を生じさせる、部品の表面加工処理を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

本発明の第1の態様によると、本処理は、第1のピーニング工程を実施することによって部品の表面近くの領域内に残留圧縮応力層を形成するステップと、次に、少なくとも第2のピーニング工程を実施することによって部品の表面近くの領域内の残留圧縮応力を保持しながら部品の表面の表面平滑化を行うステップとを含む。第1のピーニング工程は、第1のガラスビーズ媒体を用いて湿式ガラスビーズピーニングを第1の強度で行うことを含み、第2のピーニング工程は、第2のガラスビーズ媒体を用いて湿式ガラスビーズピーニングを第2の強度で行うことを含み、この第2の強度は第1の強度よりも低く、第2のガラスビーズ媒体は第1のガラスビーズ媒体よりも小さい。

【0007】

本発明の好適な態様によると、本処理は、第1のピーニング工程によって生じた好ましい残留圧縮応力層を除去する傾向があり部品の寸法歪みを生じ得るピーニング後研磨処理を必要とせずに、ピーニングされたままの状態ですべて平滑な表面仕上りを達成する。また、本発明では、ピーニング後研磨を使用しないことによって、部品の製造時間及び部品のコストを大幅に削減できる。

20

【0008】

以下の詳細な説明から、本発明のその他の態様及び利点の理解が深まるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】ガスタービン圧縮機ブレード上に施した3種類の表面加工によって生じた残留圧縮応力の層深さをプロットしたグラフである。

30

【図2】ガスタービン圧縮機ブレード上に施した異なる5種類の表面加工の結果得られた表面粗さのデータをプロットしたグラフである。

【図3】図2にそのデータを示した、圧縮機ブレードの表面の外観を示す顕微鏡写真のスクリーン画像である。

【図4】図2にそのデータを示した、圧縮機ブレードの表面の外観を示す顕微鏡写真のスクリーン画像である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明は、概して、疲労特性の改善も含めたショットピーニングの効果によって利益を得るだけでなく、例えば25マイクロインチ（約0.6マイクロメートル）Ra以下等、従来のショットピーニング処理では達成不可能な35マイクロインチ（約0.9マイクロメートル）Ra未満の比較的滑らかな表面仕上りが必要な部品に適用可能である。こうした部品の特筆すべき例には、エアフォイルが高い疲労負荷にさらされる、鋼、チタンベースの合金及び超合金で形成されたガスタービンブレード、蒸気タービンブレード、及びガスタービンエンジンブレードを含めた、ターボ機械のエアフォイル部品が含まれる。本発明の利点を圧縮機ブレードに関して説明するが、本発明の教示内容は、概して、滑らかな表面仕上り及び耐疲労性によって利益を得る如何なる部品にも適用可能である。

40

【0011】

本発明は、概して、まず部品の表面近くの領域内に望ましいレベルの圧縮残留応力層を生じさせた後、その望ましい圧縮残留応力を失うことなく表面を平滑化する形で、少なく

50

とも2種類の異なるサイズのピーニング媒体を順次使用することによるピーニング処理を伴う。具体的には、本ピーニング処理は、湿式ガラスビーズピーニング処理であって、比較的粗いガラスビーズ媒体を用いて第1のアルメン強度で湿式ガラスビーズピーニングを行った後、より微細なガラスビーズ媒体を用いてより低いアルメン強度でまた別の湿式ガラスビーズピーニング工程を行うことを含む処理である。第1のアルメン強度は、好ましくは、例えば7 Nから14 Nのように少なくとも7 N、より好ましくは9 Nから12 Nであり、低い方のアルメン強度は、好ましくは6 N未満、より好ましくは、例えば2 Nから5 Nのように、第1のアルメン強度の約1/4から約1/3である。第1及び第2の強度を得るために用いるガラスビーズ媒体は、選択した強度範囲に有用な直径を有するべきである。第1の強度を得るための比較的粗いガラスビーズ媒体は、0.50ミリメートル超、非限定的な例としては約0.70ミリメートル（例えばGP234又は等価物）の直径を有するべきであり、低い方の強度を得るための比較的微細なガラスビーズ媒体は、比較的粗いガラスビーズ媒体の直径よりも小さい、例えばその約1/4から約1/3、非限定例として約0.2ミリメートル（例えばGP20又は等価物）の直径を有する。第1のピーニング工程は、ブレードの表面近くの領域内に所望の圧縮残留応力層を生じさせることを意図しており、第2のピーニング工程は、第1のピーニング工程によって創出された粗さを取り除くことで表面を平滑化することを意図している。第2のピーニング工程によって、従来の研磨処理に比べて加工時間が短縮されコストが抑えられることに加えて、先行するピーニング工程による全ての利益を実質的に保持し、研磨処理に関連した部分的な歪みのリスクが回避される。

【実施例1】

【0012】

本発明に繋がる研究を、産業用ガスタービンの鋼製圧縮機ブレードを用いて行った。第1のブレード（試験片A）には、CCW-14ステンレス鋼製ワイヤーショット（直径約0.014インチ（約0.35 mm））を用いてショットピーニングを、約10 Nから12 Nのアルメン強度で施した後、長時間にわたるタンブラリング振動研磨工程を実施した。第2のブレード（試験片B）にも最初のものと同じピーニング工程を実施したが、追加のタンブラリング工程は行わなかった。最後に、第3のブレード（試験片C）には、GP234ガラスビーズ（直径が約0.028インチ（約0.70 mm））を用いて湿式ガラスビーズピーニングを、約9 Nから12 Nのアルメン強度で施した後、GP20ガラスビーズ（直径が約0.008インチ（約0.20 mm））を用いて湿式ガラスビーズピーニングを約3 Nのアルメン強度で行った。各々のショットピーニング処理は、完全な表面被覆が得られるように行われた。

【0013】

図1は、3種類の表面加工によって生じた残留圧縮応力の層深さをプロットしたグラフであり、2段階ピーニング処理を施したブレードに高い残留圧縮応力がかなり深い層深さで得られたことを示している（「CC」及び「CV」は、それぞれ試験片Aの凹面及び凸面で得られたデータを示す）。特筆すべきは、2段階ピーニング表面加工を施した試験片Cが最も高い残留圧縮応力を表面近くの領域全体にわたって示しており、その深さはブレードの表面下約0.006インチ（約150マイクロメートル）に相当する。試験片AとBのデータを比較することで、試験片Aでは残留圧縮応力がタンブラリング工程によって低下したであろうことがわかる。

【実施例2】

【0014】

第2の研究として、追加の3枚のブレードに2段階ピーニング加工を異なる粗いピーニング媒体を用いて施した。これらのうち第1の追加ブレード（試験片D）には、完全な表面被覆が得られるようにGP165ガラスビーズ（直径約0.02インチ（約0.50 mm））を用いて湿式ガラスビーズピーニングを約10 Nのアルメン強度で施した。これらのうち第2のブレード（試験片E）には、完全な表面被覆が得られるようにS110鋳鋼ショット（直径約0.014インチ（約0.35 mm）以下）を用いてピーニングを約1

0 Nのアルメン強度で施し、第3のブレード(試験片F)には、完全な表面被覆が得られるようにS170 鋳鋼ショット(直径約0.02インチ(約0.50mm))を用いてピーニングを約10 Nのアルメン強度で施した。試験片D、E、及びFに実施したピーニングの第2段階においては、上述の研究で用いたものと同様、GP20 ガラスビーズスラリー、被覆、強度(約3 N)、及び時間を用いた。

【0015】

図2は、第2の研究の試験片D、E、及びF、並びに第1の研究の試験片B及びCが示した表面粗さデータの百分率ベースの正規確率プロットである。このグラフから明らかなように、GP20 ガラスビーズスラリーを用いて達成可能な表面仕上りは、第1のピーニング工程で用いる媒体に左右されること、並びに、第1のピーニング工程で大きいGP234 ガラスビーズ(直径約0.70mm)を用いると、微細なGP165 ガラスビーズ(直径約0.50mm)と、鋳造ショット媒体(直径約0.35及び0.50mm)のいずれかを用いた場合に比べて、大幅に良好な表面仕上りが達成された。研磨を受けなかった試験片B(CCW-14 ステンレス鋼製ワイヤーショット(直径約0.35mm、アルメン強度約10 Nから12 N、タンブラリングも第2のピーニング工程も施さなかった))を用いてピーニングされた)の平均表面仕上りは、約100 マイクロインチ(約2.5 マイクロメートル)Raであったが、S110で鋳造ショット(直径0.35mm)を用いてピーニングを施した試験片E、S170で鋳鋼ショット(直径0.50mm)を用いてピーニングを施した試験片F、及びGP165 ガラスビーズ(直径0.50mm)を用いてピーニングを施した試験片Dが示した平均表面仕上りは、約46から53 マイクロインチ(約1.2から約1.3 マイクロメートル)Raの範囲内であった。対照的に、2段階ピーニング工程(GP234 ガラスビーズ(直径0.70mm)を9 Nから12 Nの強度で用いた後に、より小さいGP20 ガラスビーズを3 Nの強度で用いる)を施した試験片Cが示した平均表面粗度は、約25 マイクロインチ(約0.64 マイクロメートル)Raであった。図3及び4は、それぞれ試験片C及びBのエアfoil表面の外観を示す顕微鏡写真のスキャン画像であり、試験片Cに対して実施した第2のピーニング工程によって表面仕上りが劇的に改善したことを示している。

【0016】

以上から、2段階ピーニング処理によって、0.50ミリメートルを超える大きさの粒子のガラスビーズ媒体を含む第1のスラリーを用いた後、より微細なガラスビーズ媒体を含む第2のスラリーを用いて第2のピーニング工程をより低強度で行うことで、望ましいレベルの残留圧縮応力が得られ、約25 マイクロインチ(約0.64 マイクロメートル)以下の表面粗度が得られる、という結論に至った。より一般的には、第1及び第2のピーニング工程の強度を得るために用いるガラスビーズ媒体は、それぞれの強度に有用な直径を有するべきであるという結論に至った。例として、鋼合金、チタンベースの合金、及び超合金で形成されたガスタービン圧縮機ブレード等の部品の場合、第1の湿式ガラスビーズピーニング工程を、好ましくは直径が0.50mm超から約0.90mmの、より好ましくは約0.60から約0.80mmの比較的粗いガラスビーズ媒体を用いて行い、少なくとも7 Nから約14 N、より好ましくは約9 Nから約13 Nのアルメン強度を得て、第2のガラスビーズピーニング工程を第1のピーニング工程よりも小さいガラスビーズ媒体、好ましくは比較的粗いガラスビーズ媒体の約1/4から約1/3、例えば約0.15から約0.25mmのガラスビーズ媒体を用いて、好ましくは6 N未満、より好ましくは第1のアルメン強度の約1/4から約1/3、例えば2 Nから5 Nのアルメン強度で実施すべきであると思われる。本発明の好適な態様により、第2のピーニング工程の後に得られる表面仕上りは、第1の工程の後に得られた表面仕上りの約1/4から約1/2であり、例えば第1のピーニング工程の後に得られた表面粗度が約70から約100 マイクロインチ(約1.8から約2.5 マイクロメートル)の場合には、第2のピーニング工程を約20から約50 マイクロインチ(約0.5から約1.3 マイクロメートル)の表面仕上りが得られるように行う。

【0017】

本発明を好適な態様に関して記述してきたが、当業者には、その他の形態も適用可能なことが明らかである。例えば、ガラスピーズ媒体が好適ではあるものの、セラミック、鋼、ステンレス等の異なる材料も使用可能なことが想到され、これを行うには媒体のサイズ及び強度を調整する必要があると思われる。また、ピーニング媒体を特定の強度で得られるだけでなく、加工すべき表面領域に必要な被覆をもたらし得るのであれば、様々なピーニング技術を適用可能であることにも留意されたい。したがって、本発明の技術的範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

【図 1】

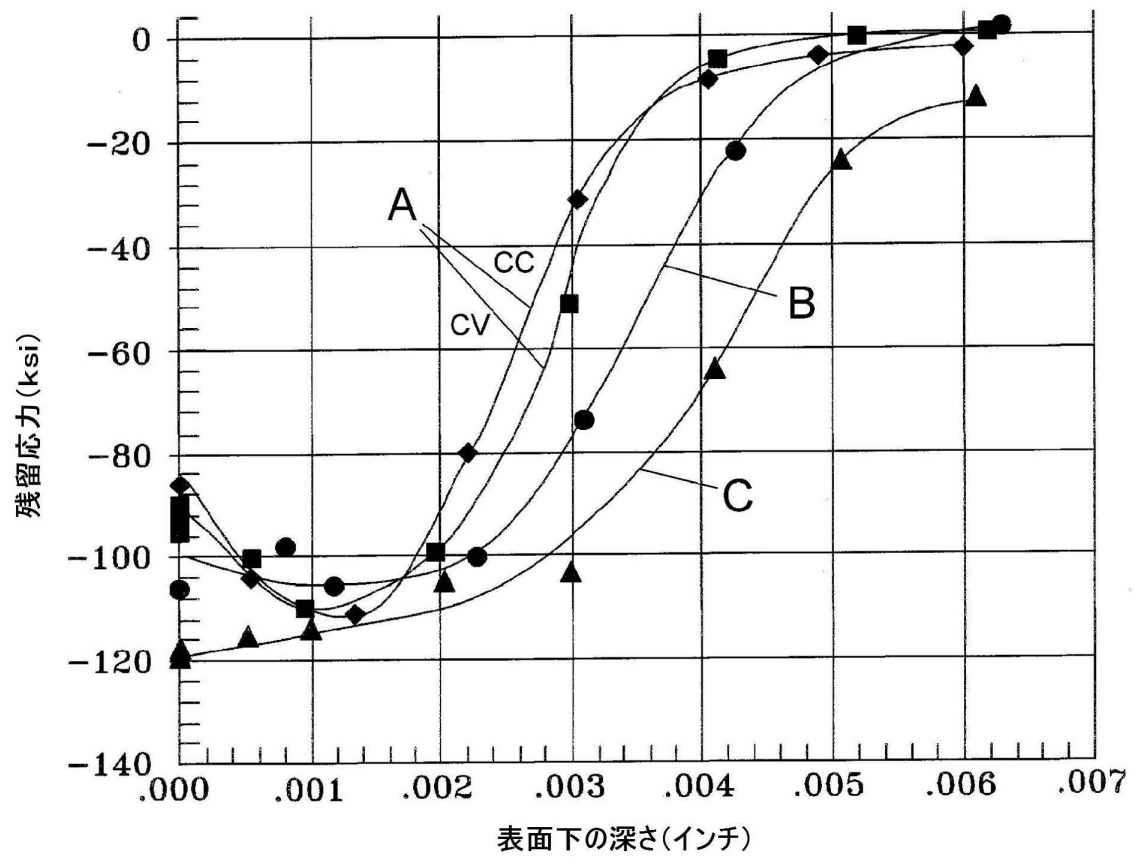


FIG.1

【図 2】

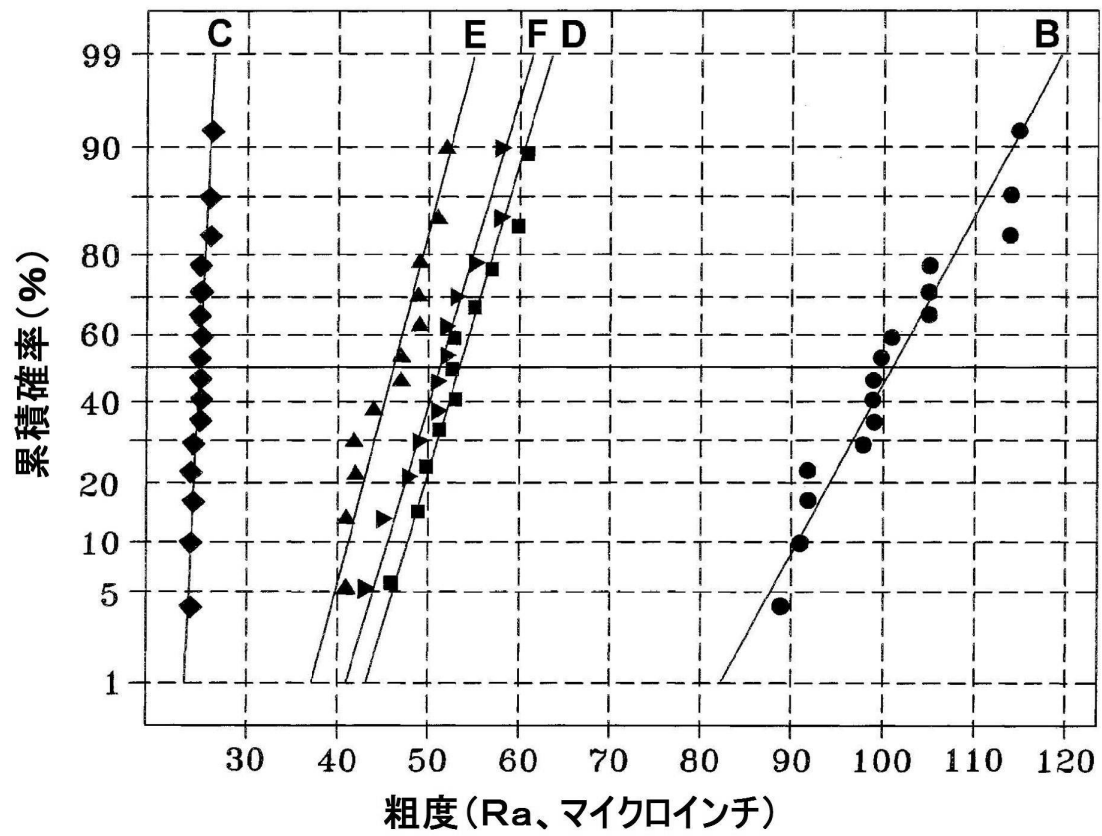


FIG.2

B	-	100 Ra (平均)
C	-	25 Ra (平均)
D	-	53 Ra (平均)
E	-	46 Ra (平均)
F	-	52 Ra (平均)

【図 3】

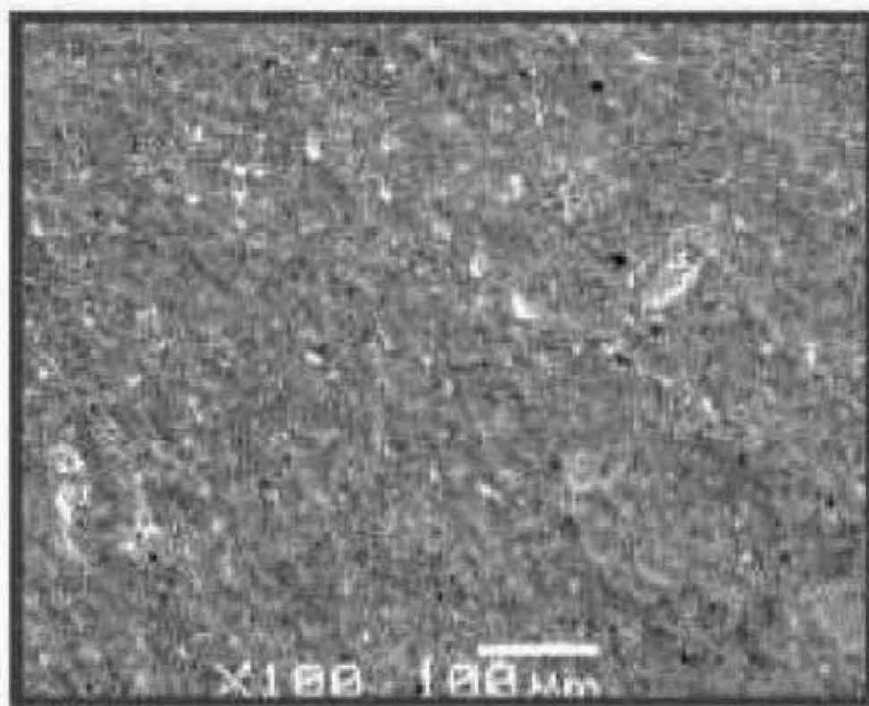


FIG. 3

【図 4】

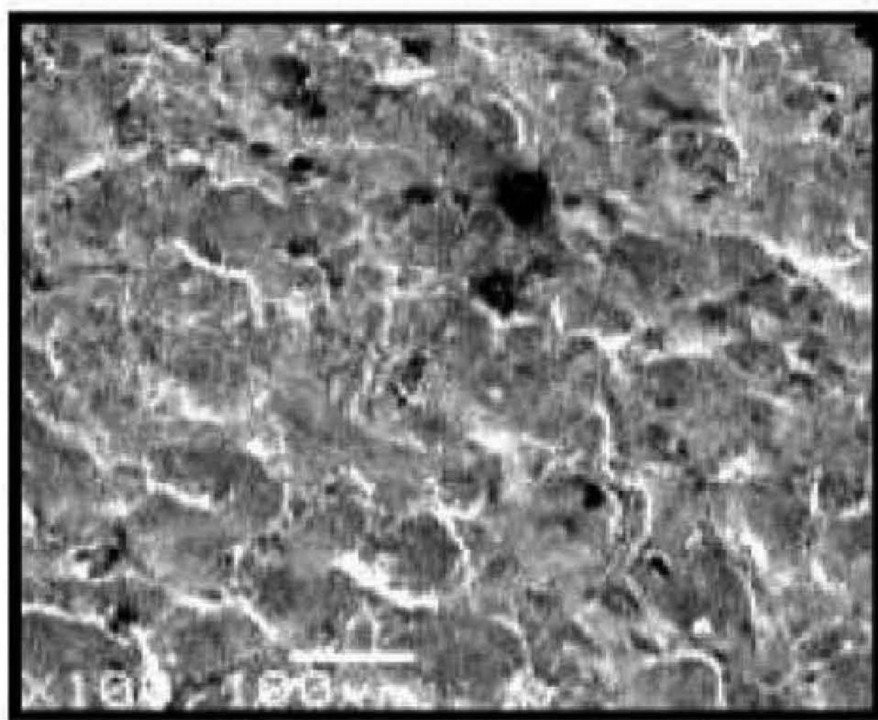


FIG. 4

フロントページの続き

審査官 大山 健

(56)参考文献 特開2009-018370(JP,A)
特開2010-196817(JP,A)
特開平05-177544(JP,A)
米国特許第3073022(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B24C 1/00 - 11/00