

(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 1

B24C 1/10 (2006.01)
B24C 11/00 (2006.01)B24C 1/10
B24C 11/00G
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)
 (22) 出願日 平成23年2月7日(2011.2.7)
 (65) 公開番号 特開2011-173236 (P2011-173236A)
 (43) 公開日 平成23年9月8日(2011.9.8)
 審査請求日 平成26年2月3日(2014.2.3)
 (31) 優先権主張番号 12/702,534
 (32) 優先日 平成22年2月9日(2010.2.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタディ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (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、40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のガラスピーブ媒体を用いて第1の強度で湿式ガラスピーブ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のガラスピーブ媒体のガラスピーブの直径の1/4~1/3の直径を有するガラスピーブからなる第2のガラスピーブ媒体を用いて前記第1の強度の1/4~1/3の強度の第2の強度で湿式ガラスピーブ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のガラスピーブ媒体のガラスピーブが0.50mm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のガラスピーブ媒体のガラスピーブが0.50mm超~0.90mm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7N~14Nである、請求項1乃至請求

10

20

項 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 2 のガラスピーズ媒体のガラスピーズが 0.15 ~ 0.25 mm 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 μm 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 μm 未満である、
10

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 μm 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フォイル部品である、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】

20

【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、ガスターピンブレード、蒸気ターピンブレード、及びガスターピンエンジンブレード等のエアフォイル部品を含む、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、それらのエアフォイル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 10 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フォイル表面粗さが、例えば約 90 マイクロインチ (約 2.3 マイクロメートル) Ra 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ピ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。
30

【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、長期のタンブリング、ヒドロホーニング、ドラッグ仕上げ、化学エッティング等の研磨加工、或いは、例えば 35 マイクロインチ (約 0.9 マイクロメートル) Ra 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フォイル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】

50

【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のガラスピース媒体を用いて湿式ガラスピースピーニングを第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のガラスピース媒体を用いて湿式ガラスピースピーニングを第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のガラスピース媒体は第1のガラスピース媒体よりも小さい。

【0007】

20

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。

【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キャン画像である。

【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キャン画像である。

【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2.5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3.5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。

【0011】

本発明は、概して、先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

40

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、湿式ガラスピーブズピーニング処理であって、比較的粗いガラスピーブズ媒体を用いて第 1 のアルメン強度で湿式ガラスピーブズピーニングを行った後、より微細なガラスピーブ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ピーブ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ピーブズ媒体は、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 の強度を得るために比較的粗いガラスピーブズ媒体は、0.50 ミリメートル超、非限定期的例としては約 0.70 ミリメートル（例えば GP 234 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に比較的微細なガラスピーブズ媒体は、比較的粗いガラスピーブ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、非限定期例として約 0.2 ミリメートル（例えば GP 20 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。

10

20

【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、GP 234 ガラスピーブズ（直径が約 0.028 インチ（約 0.70 mm））を用いて湿式ガラスピーブズピーニングを、約 9 N から 12 N のアルメン強度で施した後、GP 20 ガラスピーブズ（直径が約 0.008 インチ（約 0.20 mm））を用いて湿式ガラスピーブズピーニングを約 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。

30

【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リング工程によって低下したであろうことがわかる。

40

【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 GP 165 ガラスピーブズ（直径約 0.02 インチ（約 0.50 mm））を用いて湿式ガラスピーブズピーニングを約 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 S 110 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

50

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 S 1 7 0 鑄鋼ショット（直径約 0 . 0 2 インチ（約 0 . 5 0 mm ））を用いてピーニングを約 1 0 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、 G P 2 0 ガラスピーブスラリー、被覆、強度（約 3 N ）、及び時間を用いた。

【 0 0 1 5 】

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のように、 G P 2 0 ガラスピーブ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 G P 2 3 4 ガラスピーブス（直径約 0 . 7 0 mm ）を用いると、微細な G P 1 6 5 ガラスピーブス（直径約 0 . 5 0 mm ）と、鑄造ショット媒体（直径約 0 . 3 5 及び 0 . 5 0 mm ）のいずれかと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 (C C W - 1 4 ステンレス鋼製ワイヤーショット（直径約 0 . 3 5 mm 、アルメン強度約 1 0 N から 1 2 N 、タンブリングも第 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 1 0 0 マイクロインチ（約 2 . 5 マイクロメートル） R a であったが、 S 1 1 0 で鑄造ショット（直径 0 . 3 5 mm ）を用いてピーニングを施した試験片 E 、 S 1 7 0 で鑄鋼ショット（直径 0 . 5 0 mm ）を用いてピーニングを施した試験片 F 、及び G P 1 6 5 ガラスピーブス（直径 0 . 5 0 mm ）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 4 6 から 5 3 マイクロインチ（約 1 . 2 から約 1 . 3 マイクロメートル） R a の範囲内であった。対照的に、 2 段階ピーニング工程（ G P 2 3 4 ガラスピーブス（直径 0 . 7 0 mm ）を 9 N から 1 2 N の強度で用いた後に、より小さい G P 2 0 ガラスピーブスを 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 2 5 マイクロインチ（約 0 . 6 4 マイクロメートル） R a であった。図 3 及び 4 は、それぞれ試験片 C 及び B のエアフォイル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。

【 0 0 1 6 】

以上から、 2 段階ピーニング処理によって、 0 . 5 0 ミリメートルを超える大きさの粒子のガラスピーブス媒体を含む第 1 のスラリーを用いた後、より微細なガラスピーブス媒体を含む第 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 2 5 マイクロインチ（約 0 . 6 4 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ピーブス媒体は、それぞれの強度に有用なに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 の湿式ガラスピーブスピーニング工程を、好ましくは直径が 0 . 5 0 mm 超から約 0 . 9 0 mm の、より好ましくは約 0 . 6 0 から約 0 . 8 0 mm の比較的粗いガラスピーブス媒体を用いて行い、少なくとも 7 N から約 1 4 N 、より好ましくは約 9 N から約 1 3 N のアルメン強度を得て、第 2 のガラスピーブス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ピーブス媒体、好ましくは比較的粗いガラスピーブス媒体の約 1 / 4 から約 1 / 3 、例えば約 0 . 1 5 から約 0 . 2 5 mm のガラスピーブス媒体を用いて、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 7 0 から約 1 0 0 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 2 0 から約 5 0 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。

【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

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、ガラスピーブ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、加工する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】

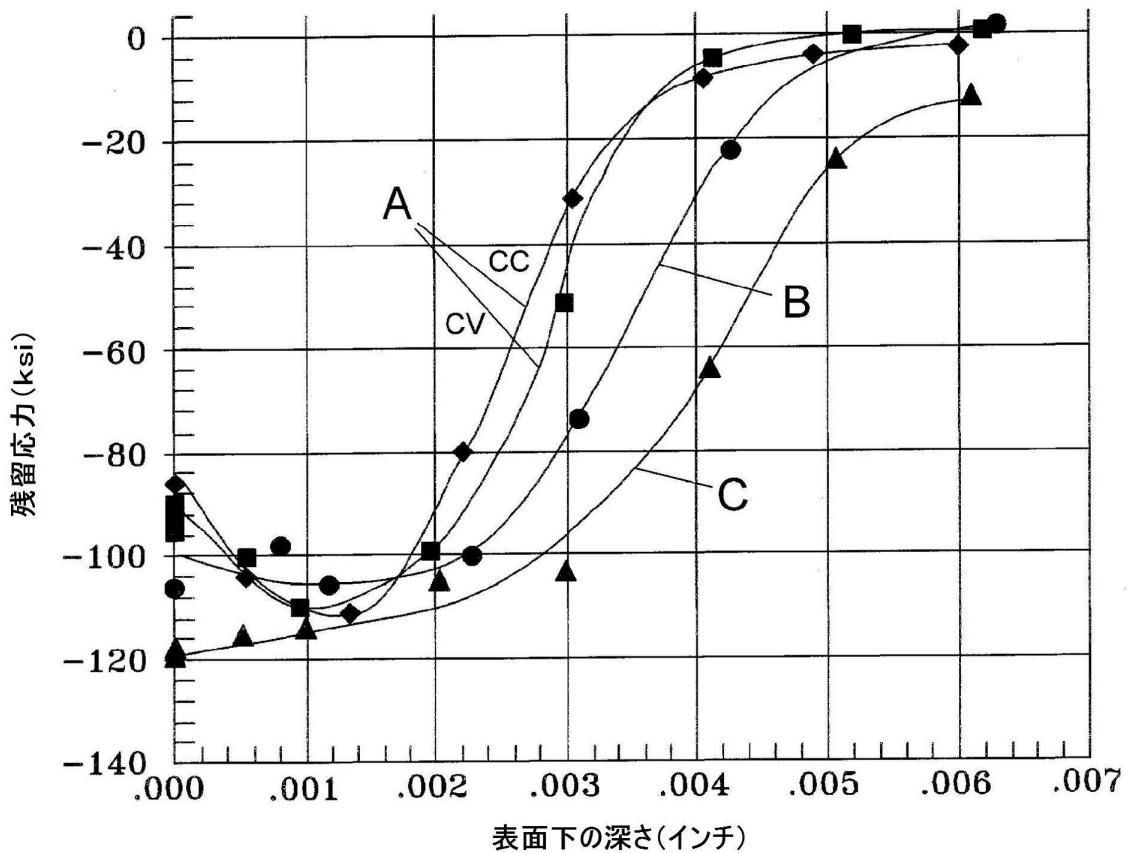


FIG.1

【図2】

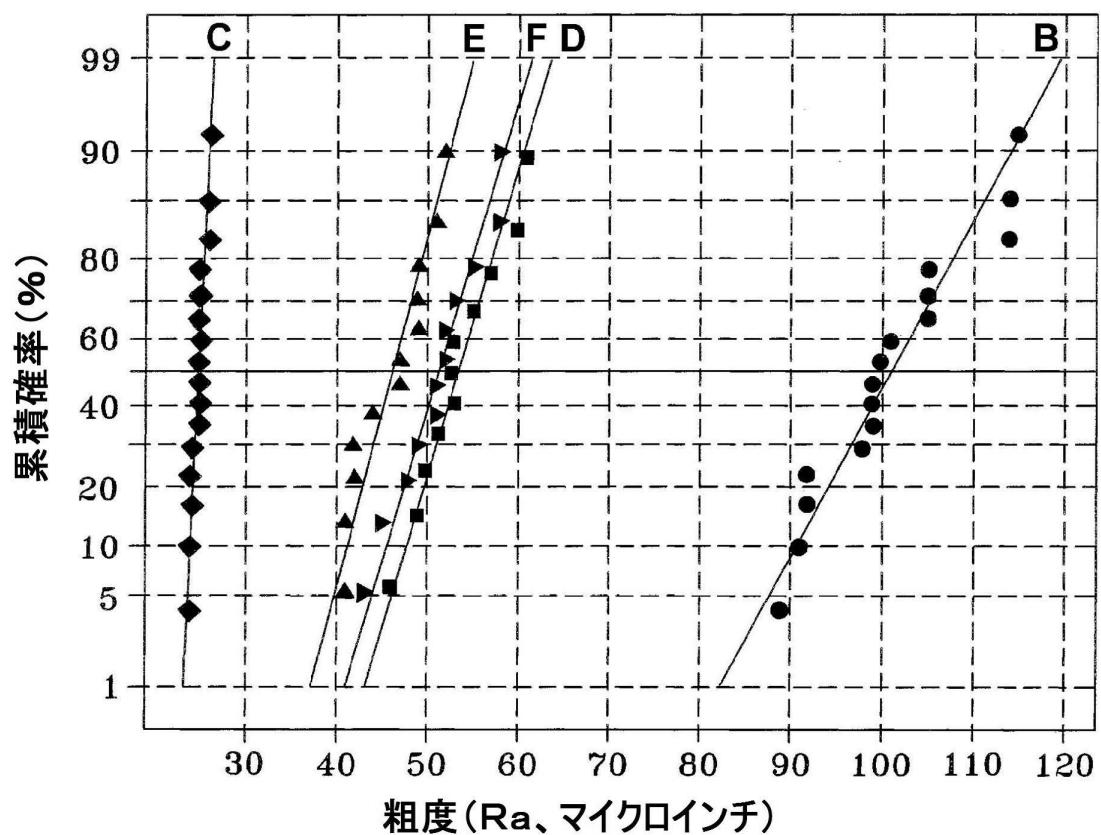


FIG.2

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】

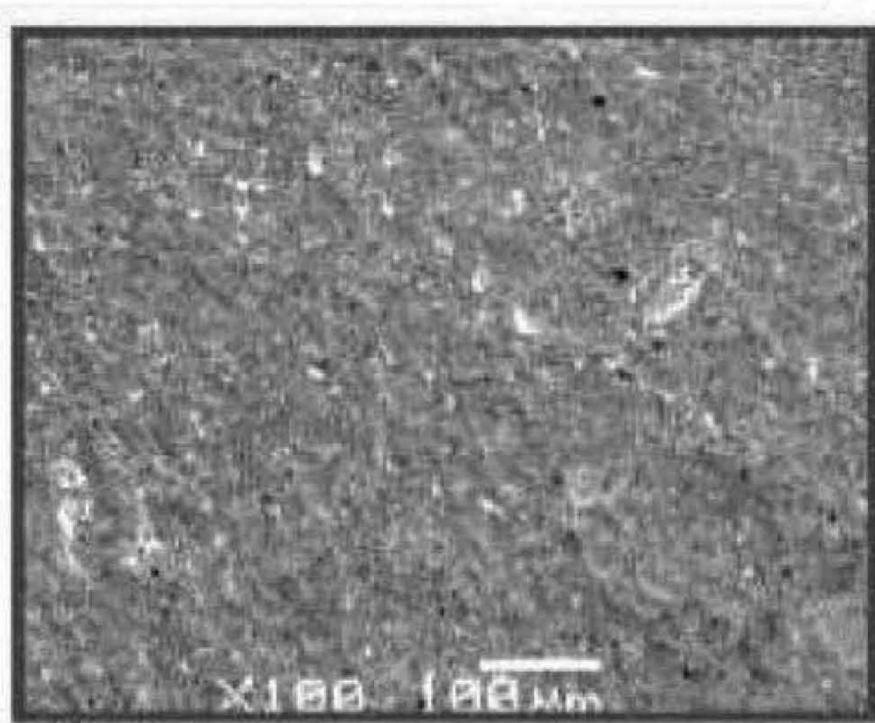


FIG. 3

【図4】

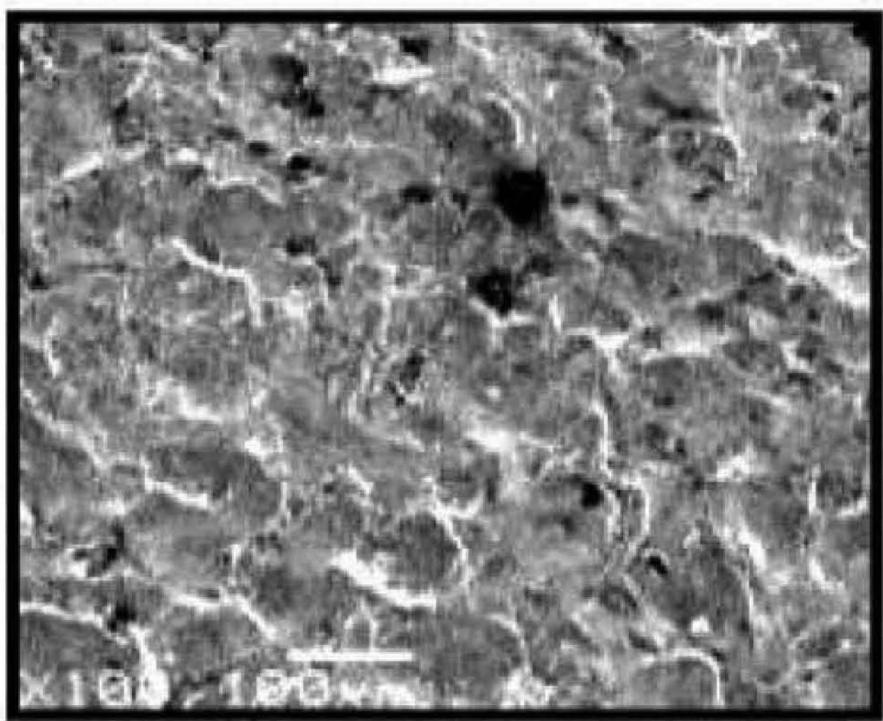


FIG. 4

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