

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875704号
(P4875704)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/892 (2006.01) GO 1 N 21/892 C

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-525105 (P2008-525105)	(73) 特許権者	505203346
(86) (22) 出願日	平成18年7月31日(2006.7.31)		オー ジー テクノロジー インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2009-507211 (P2009-507211A)		アメリカ合衆国 ミシガン州48108
(43) 公表日	平成21年2月19日(2009.2.19)		アン アーバー、 サイト シー、 バー シティ ドライブ 4300
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/029884	(74) 代理人	110000626
(87) 国際公開番号	W02007/016544		特許業務法人 英知国際特許事務所
(87) 国際公開日	平成19年2月8日(2007.2.8)	(72) 発明者	チャン、 ツジーシュー
審査請求日	平成21年7月30日(2009.7.30)		アメリカ合衆国 ミシガン州 48105
(31) 優先権主張番号	11/194,985		アン アーバー、 ティンバークレスト コート 2340
(32) 優先日	平成17年8月2日(2005.8.2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧延／引き抜き金属棒などの検査対象物の表面傷を検出する装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

製造プロセスで長手軸に沿って延び、移動する細長い棒を撮像するシステムであって、前記棒が移動している間に、前記棒表面の周囲の第1の所定幅を撮像し、画像帯を規定して、それに対応する画像データを生成する視野を有するとともに、線走査カメラを備えるn個(nは3以上の整数)のデジタルカメラを含み、その組み合わせられた視野が前記画像帯に対応するように構成された画像収集アセンブリと、

第2の所定幅を有する光ライン帯を前記棒の表面に投影するように構成され、前記画像帯が前記光ライン帯内にあるように、前記画像収集アセンブリに対して配置され、さらに、光の強度が前記画像帯に沿ってはほぼ均一であるように構成された光ラインアセンブリと、

自身のホルダに対して装着位置および脱着位置を有し、(i)複数のライン光源と前記棒の中間の照明誘導ミラーと、(i i)前記棒と前記カメラとの中間の画像誘導ミラーとを含み、前記装着位置にある場合は、前記照明誘導ミラーと前記画像誘導ミラーとが位置合わせされる着脱式カセットと、

前記画像収集アセンブリに結合され、前記棒が前記長手軸に沿って移動すると、前記画像収集アセンブリによって収集された複数の画像帯の画像データを受信するように構成され、さらに、前記画像データを処理して、前記棒の所定の表面特徴を検出するように構成される計算ユニットと、を備えるシステム。

【請求項2】

10

20

さらに、前記カセットを前記装着位置に保持するように構成されたロックおよび保持機構を備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

第 1 部品と、前記長手軸に沿って前記第 1 部品から間をおきオフセットの位置に配置された第 2 部品とを有して、アクセススペースを規定するとともに、細長い棒と前記画像収集アセンブリと前記ライン光アセンブリとの間に配置された管を備え、前記アクセススペースが、(i) 前記光ライン帯が入り、(i i) 前記画像帯が出ることができるとなる大きさおよび形状で構成されている保護装置をさらに備え、

前記照明誘導ミラーおよび前記画像誘導ミラーが前記アクセススペースに配置され、前記ライン光アセンブリが、前記管の前記第 1 部品および前記第 2 部品の一方によって前記棒から保護され、

前記画像収集アセンブリが、前記管の前記第 1 部品および前記第 2 部品の一方によって前記棒から保護されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記管が金属を含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記管の前記アクセススペースの近傍のスペースで汚染物質の存在を軽減するように構成された汚染物質軽減機構を備える請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記汚染物質が工場のスケール粉末および水霧の一方を含む、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記汚染物質軽減機構が、内部真空室を規定する外壁を有し、さらに前記保護装置の前記アクセススペースの近傍に配置された吸入口を含み、真空源に接続するように構成された真空エンドエフェクタを備える、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記真空エンドエフェクタが、前記長手軸とほぼ一致する輪の軸線を有する輪形状であり、前記吸入口が、前記アクセススペースの周囲を制限するような大きさおよび形状で構成される、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記真空エンドエフェクタが、半径方向断面でほぼ長方形であり、前記吸入口が、前記真空エンドエフェクタの半径方向内側の隅を除去することによって形成される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記真空エンドエフェクタが、1 対の輪形の半分の本体部分を備える、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記真空エンドエフェクタが複数の直線状の棒を備える、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記汚染物質軽減機構がさらに、前記真空源を前記真空エンドエフェクタに接続する導管を含み、前記真空源が真空ポンプを備える、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記真空ポンプがベンチュリタイプである、請求項 12 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概ね、圧延 / 引き抜き金属棒などの検査対象物の表面細部を撮像することができる撮像システムに関する。

【0002】

本発明またはその一部は、国立標準技術局 (N I S T) によって認められた協同契約第

10

20

30

40

50

70NANBOH3014号により、米国政府の支援で実行された。米国政府は、本発明に特定の権利を有する。

【0003】

本出願は、2005年8月2日出願で「AN APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING SURFACE DEFECTS ON A WORKPIECE SUCH AS A ROLLED/DRAWN BAR」と題された、現在係属中の米国特許出願第11/194,985号の部分継続(CIP)であり、これは2002年12月27日出願で「APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING SURFACE DEFECTS ON A WORKPIECE SUCH AS A ROLLED/DRAWN METAL BAR」と題され、現在は米国特許第6,950,546号である米国特許出願第10/331,050号の部分継続(CIP)であり、これは2002年12月3日出願の米国仮特許出願第60/430,549号に対する優先権を主張し、これらの開示はそれぞれ参照により全体が本明細書に組み込まれる。

10

【背景技術】

【0004】

圧延または引き抜きなどの機械的プロセスで金属棒を生産することが知られている。このような金属棒は、金属のスラブ、ブルームまたはストリップ(以降、メタルフラットと呼ぶ)とは異なり、断面の外周/断面積の比率が小さいので、長手方向に前進しながら長手軸の周囲で回転/捻ることができる。例えば、図2に示す棒の形状は、所与の形状で断面積が均一である場合、4.25以下の外周と断面積との比率を有する。このような金属棒の形状は、断面で見ると、図2の円形(参照符号102)、楕円形(参照符号104)、または六角形(参照符号106)、八角形(参照符号108)または正方形(参照符号110)に示すような多角形でよい。さらに、このような金属棒は、長さが長いことに特徴がある。長さとお外周との比率は一般的に10を超え、長さとお断面限界寸法(円形の棒の直径または正方形の棒の側部幅など)は30を超える。このタイプの金属棒は一般的に、関連産業では「平材」ではなく「長材」と呼ばれる。本開示で用いられ以降で断面減少プロセスと呼ばれる圧延、引き抜き、押し出しなどは、圧延機および引き抜き型などの適用可能な工具と検査対象物との機械的接触を通して金属検査対象物の断面寸法を減少させる方法である。これらの断面減少プロセスは一般的に、連続的またはほぼ連続的な性質を有する。

20

【0005】

金属製造産業では、表面傷の有無は、金属製品を評価する適切な基準である。例えば、表面傷は、鋼棒および棒材産業の外部不合格品(つまり顧客によって不合格とされる)の半分を占める。しかし、従来技術は、このような欠陥を検出する確実な手段を提供しない。従来の検査方法で克服できなかった幾つかの難問がある。

30

【0006】

第1に、金属棒製品が「熱い」うちに検査を実行する場合、温度は1,100という高温になることもあり、多くの検査技術を使用することができない。第2に、このような金属棒が上述したような長手軸に沿って移動する速度は、現在のところ100m/sという高速になることもあり、金属ストリップの速度より数倍速く、金属のスラブまたはブルームより100倍近くも速い。さらに、近い将来に、150m/sから200m/sの範囲で速度の上昇が予想される。従来通りの検査方法は、このような高い移動速度に全く対応することができない。第3に、上述したような高温の金属棒は、通常、導管内に制限されて移動するので、棒はコップル(cobble)状態にはならない。コップルとは、高温、高速の金属棒が導管の外側を無拘束に走り回る事象である。したがって、検査装置のためのスペースが極めて限られる。最後に、このような金属棒の長さとお長手方向に動くということから、棒の取り扱いが困難で、費用がかかるようになる。

40

【0007】

鋳造または圧延メタルフラットをライン内で検査するために様々な撮像方法を適用することが知られているが、可視光撮像技術はこれまでライン内の長材(つまり有意の長さの金属棒)検査に使用されていない。従来の撮像システムは、金属棒などの検査に使用できないと考えられている。というのは、金属棒の幾何学的形状のせいで、平坦な表面の欠陥

50

を強化 / 捕捉するために使用する照明および撮像設計が無効になるからである。図 4 は、平坦な検査対象物（つまり像の線 3 1 8 がフラット 3 1 6 の照明線に集束する）と円形の検査対象物における照明および像捕捉の違いを示す。平坦でない検査対象物では、対象物が平坦な表面を有していない場合、光学位置合わせおよび光学作業範囲の自由がなくなる。例えば像の線 1 8 と照明の線 1 8 ' は、光またはカメラを傾けると、図 4 に例示的に示すように重ならないことがある。先行技術の 1 つの方法は、棒の表面を検査するために区域 (area) カメラを使用している。しかし、撮像中に棒が静止している必要がある。先行技術の別の方法は、線走査カメラを使用しているが、それでも平坦な照明設計のせいで、走査するには棒を回転する必要がある。長手方向の高い移動速度に対応するために、さらに別の先行技術では撮像センサではなく感光ダイオードを使用している。感光ダイオードを使用すると、棒表面の短い幅方向の傷を検出する能力が制限される。この方法は、鋼棒の長くて細い傷（シームなど）を検出することができない。

10

【 0 0 0 8 】

照明の問題を回避するために、赤外線 (I R) 撮像デバイスの使用が報告されている。この方法では、 I R カメラを使用して、長材からの自己放射光を捕捉する。この方法は、表面温度のみに基づく表面傷検出に制限される。高温の対象物の表面窪みは、これらの窪みが隣接部分と同じ温度であっても、空洞理論のせいで隣接部分より高温になるように見えることが知られている。この方法は、 I R 放射の集束解像限界のせいで、その検出能力がさらに制限される。光学集束解像度は、放射の波長に反比例することが、当業者には知られている。典型的な I R カメラは、可視光カメラより 1 0 倍近く高価であり、 I R カメラはセンサ特性のせいで、撮像速度が制限される。その結果、この方法は、今日の長材の速度に対応することができない。

20

【 0 0 0 9 】

温度も、長材を平材と異なるものにする。金属棒は一般的にメタルフラットより高温である。対象物の放熱は、周囲空気または散水などの冷却媒体に曝露した面積に比例する。メタルフラットと棒が両方とも同じ材料で作成され、両方が同じ長手方向の単位密度および断面積を有すると仮定すると、メタルフラットの面積は、金属棒のその数倍大きい。

【 0 0 1 0 】

しかし、棒ゲージ測定 / 制御 (陰影測定)、棒の存在、および断面減少プロセスの棒移動速度測定に、撮像に基づく計器を使用することが知られている。

30

【 0 0 1 1 】

長材の評価に、渦電流式計器などの電磁装置を使用することも知られている。渦電流式感知システムは、ライン内検査で断面減少プロセスの表面欠陥を検出するために使用される。この方法は高い反応率を有し、高いスループットの生産ライン環境 (例えば 1 分に高温鋼棒が 1 キロメートル) で作業することができる。しかし、この方法は幾つかの欠点を有する。第 1 に、高温表面に非常に近くなければならない (一般的に 2 . 5 mm 未満)。したがって、振動に敏感で、温度に敏感である。さらに、検出された傷の性質を示すことができないという意味で、定量的でない。最後に、渦電流の方法は、特定タイプの傷を検出することができない。その結果、渦電流装置からの検査結果は、金属産業では特定の製品の品質に関する決定的判断に使用されない。むしろ、渦電流式計器の出力は、例えば断面減少プロセスでプロセス制御目的のみに、「この鋼棒のバッチは、先週生産したバッチより全体的に低品質だ」などの定量的分析に使用されるだけである。

40

【 0 0 1 2 】

当技術分野で試みられている別の方法は、超音波感知を使用する。これは、渦電流センサを超音波センサに置き換える方法である。しかし、短い作業距離などの、渦電流式計器に伴う制約の多くが、同じ程度に当てはまる。

【 0 0 1 3 】

当技術分野で使用されている他の検査技術は、磁気浸透液、表面漏洩磁束 (circumflux)、および誘導加熱での赤外線撮像を含む。しかし、これらの技術の使用は限られている。第 1 に、これらの技術は、「常温」金属棒にしか使用することができない。つまり、こ

50

これらの技術は、高温圧延の適用中、またはその直後のライン内検査に使用することができない。また、検査前に金属棒のスケールを除去しなければならない。また、磁気浸透液を使用すると、汚れるので取扱いが厄介である。このプロセスは一般的に、自動撮像および検出ではなく、人間が紫外線照明で観察する。表面漏洩磁束(circumflux)装置は渦電流式ユニットであり、回転する検出ヘッドを有するように設計されている。このような回転機構は、高速で移動する金属棒の検査におけるこの装置の用途を制限し、一般的に約3 m/sで使用される。このような装置は、感知ヘッドが移動する設計のせいで、高価でもある。誘導加熱と赤外線撮像との組合せは、誘導電流が金属棒の表面にしか形成されず、金属棒の表面傷の結果、電気抵抗が高くなるという事実に基づく。したがって、表面傷のスポットは他の区域より速く高温になる。この方法には、(a)このように速く高温になるのは過渡的効果であり、したがってタイミング(像を取得する時間)が非常に重要であり、(b)非常に高いデータレートに対しては赤外線センサが使用不可能であり、したがって高速で移動する金属棒に適用できないという点で、問題がある。

10

【0014】

言うまでもなく、金属棒の製造後に検査することは可能である。しかし、製品が非常に長く、巻き付けられており、常温検査技術のために棒の表面にアクセスできなくなるので、製造後検査は往々にして不可能である。

【0015】

現在、断面減少プロセスで製造された金属棒の実時間検査は、非常に限られている。金属棒は通常、従来のライン内渦電流検査システムによって傷信号が書き込まれていても、製造業者から顧客へと出荷される。したがって、顧客には即座に現れない金属棒製品の表面傷のせいで、顧客の苦情が、3ヶ月から6ヶ月後に現れることがある。このような苦情は、金属棒供給業者(つまり製造業者)にとって高くつく。金属棒供給業者は、顧客にコイル/バッチ全体の分を払い戻すか、金属棒のコイル/バッチから製造した部品を検査するための追加の労働費を分担することになる。

20

【0016】

したがって、上述した1つまたは複数の問題を最小限に抑えるか、解消する装置および方法が必要である。

【特許文献1】米国特許出願第11/194,985号

【特許文献2】米国特許出願第10/331,050号

【特許文献3】米国特許第6,950,546号

【特許文献4】米国仮特許出願第60/430,549号

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

圧延/引き抜き金属棒の表面傷を検出するためにライン内またはオフラインで使用するのに適切な撮像式装置に関して、従来の方法に伴う1つまたは複数の上述した問題の克服が、本発明の1つの目的である。

【0018】

本発明は、従来通りの金属棒検査システムに伴う1つまたは複数の問題、さらに撮像システムによる金属棒表面傷の非破壊検査のために金属棒にメタルフラット検査システムを適用することに伴う問題を解決することを指向する。

40

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の1つの利点は、上述した特性の金属棒、つまり製造温度、恐らく自己放出する放射を生成するほど十分に高温の金属棒、さらに長手軸に対して回転し、潜在的に非常に高速で移動する金属棒の生産に、効果的に使用できることである。本発明の他の利点は、(i)非平面の傷を撮像し、検出するために効果的に使用され、(ii)温度に関係なく金属棒の検査に使用され、(iii)100 m/s以上の速度で移動する金属棒の検査に使用され、(iv)金属棒表面に対する作業距離が増加し、したがって渦電流式計器につ

50

いて技術分野で述べた問題を最小限に抑えるか、解消し、(v) 実証可能な傷部位の像がある定量的データを含む出力を提供し、(vi) 表面にスケールが形成する前でも、検査対象物を検査し、(vii) 過渡的効果に影響されず、それを使用もせずに、断面減少プロセスの任意の段階で(絞りスタンド間またはラインの最後で)検査に使用するのに適切であり、(viii) 実時間またはほぼ実時間で表面品質情報を提供し、(ix) 可動感知ヘッドがないシステムを提供し、したがって技術分野で述べた可動構成要素の問題を最小限に抑えるか、解消し、(x) 非常に小さいギャップ(50nm未満)しか必要とせず、金属棒案内導管の区間の間で作動することができるシステムを提供し、(xi) 追加の棒取り扱い機構/装置を必要としないことを含む。しかし、装置および/または方法は、上述した利点の全ては、またはその大部分も有する必要はない。本発明は、添付の請求の範囲によってのみ制限される。

10

【0020】

長手軸に沿って延びる細長い棒を撮像するシステムが提供される。システムは、画像収集アセンブリ、ライン光アセンブリ、および計算ユニットを含む。画像収集アセンブリは、棒の表面の周にわたって第1の所定幅を撮像して、画像帯を規定するように構成された視野を有する。画像収集アセンブリはさらに、収集した画像帯に対応する画像データを生成するように構成される。

【0021】

ライン光アセンブリは、第2の所定幅を有する光ライン帯を棒の表面に投影するように構成される。ライン光アセンブリは、例えば位置合わせによって、画像収集アセンブリに対して、画像帯が光ライン帯内になるように配置される。ライン光アセンブリはさらに、各画像収集センサによって光を収集すると、光の強度が画像帯に沿ってほぼ均一であるように構成される。

20

【0022】

パッケージングのために、ライン光アセンブリは、設計された投影角度を達成するようにミラーなどの反射要素の集まりを含んでよい。保守性のために、反射要素の集まりは着脱式であるように設計される。

【0023】

最後に、計算ユニットは、画像収集アセンブリに結合され、棒が長手軸に沿って移動するにつれ、画像収集アセンブリによって収集された複数の画像帯の画像データを受信するように構成される。計算ユニットはさらに、画像データを処理して、棒の所定の表面特徴を検出するように構成される。好ましい実施形態では、検出される特徴は傷であり、画像収集アセンブリはn個のデジタルカメラを含み、ここでnは整数の3以上であり、カメラの組み合わせた視野が画像帯に対応するように構成される。

30

【0024】

金属棒の撮像方法についても提示する。

【0025】

次に、本発明を添付図面に関して例示によって説明する。同様の参照番号は、幾つかの図で同一の構成要素を特定する。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0026】

本発明により、金属棒の圧延、引き抜きなど(つまり技術分野で述べた断面減少プロセス)を行いながら、棒の追加的な取り扱いをせずに、金属棒の表面傷を自動的に検査することができる。図1は、本発明による好ましい実施形態を概略的に示す。

【0027】

図面で指示された本発明の詳細な説明に進む前に、全体的な概要を述べる。本発明は、以下の特徴を提供する。

1. 断面減少プロセスを通して製造された金属棒を、様々な幾何断面形状で作動することができる。

2. 最高1,650の棒温度で、金属棒に対しライン内で作動することができる。

50

3. 100 m/s以上で移動する金属棒に対し作動することができる。
4. わずか0.025 mmの限界寸法を有する表面傷を検出することができる。
5. 大きさ、(棒上の)位置、画像などの傷の性質を報告することができる。
6. 例えばわずか5 mmから250 mmまでなどの様々な大きさの棒に、最小限の調節で対応することができる。
7. 実時間またはほぼ実時間で検査結果を提供することができる。
8. ターゲット対象物への小さいアクセス窓(50 mm未満)で作動することができる。
9. 検査中に動いている部品がない。
10. 追加的な棒の取り扱いがない。
11. 商業的な重工業の金属製造工場で連続的に作業する。

【0028】

図1は、本発明によるシステムの単純化した概略図およびブロック図である。図1は、ライン光アセンブリを示し、これは少なくとも1つの光源2、光導管4、複数のライン光6、および対応する複数の光学ブスタ8を含んでよい。図1はさらに、計算ユニット10と、それぞれが対応するレンズ14を有する複数のカメラ12を含む画像収集アセンブリとを示す。

【0029】

引き続き図1を参照すると、長手軸に沿って延びる細長い金属棒16などの検査対象物が、図示され、これは棒16が断面減少プロセスを通過する間、最高100 m/s以上の速度で長手方向20に移動する。金属棒16は、鋼、ステンレス鋼、アルミ、チタン、ニッケル、銅、青銅、または任意の他の金属および/またはその合金を含むグループから選択された1つで形成することができる。棒16は中実または中空でよい。一般的に、このような金属棒16は、図5の導管24でさらに詳細に図示されているように、導管内を移動するが、これは図1には図示されていない。図5に示すギャップ26は、2つの隣接する導管24の間に規定され、金属棒16が高速で通過するために、一般的に非常に小さく、例えば軸方向で測ると約20 mmから50 mmである。金属棒16は、高温圧延法のために高温、例えば1,100 もあってよいことを理解されたい。金属棒16は、その幾何形状から、方向20に移動すると、図1の矢印21で示す方向に制御不能の状態で長手軸を中心に捻れる/回転する傾向があることも認識されたい。特にこのように制御不能な回転がある可能性があるため、従来の撮像システムには問題が生じていた。以下でさらに詳細に説明するように、本発明は、この問題を克服し、捻れ/回転に対して堅牢である撮像システムを提供している。

【0030】

棒16の表面傷を検出するために、以下で説明するような特定の特徴を有する、本発明による撮像システムが提供される。引き続き図1を参照すると、撮像システムは、好ましくはn個のカメラ12を備える画像収集アセンブリを含み、ここでnは3以上の整数である。パラメータnは、以下で述べる分析に基づいて、3以上になるように選択される。各カメラ12は、棒16の表面全体を撮像するために、周方向の広がりの少なくとも120°をカバーするように構成される。つまり、画像収集アセンブリは、棒16の表面の全周を撮像して、画像帯18を規定するように構成された複合または組合せ視野を有する。以下でさらに詳細に説明するように、画像収集アセンブリはさらに、画像帯18に基づいて画像データを生成するように構成される。次に、カメラの数のパラメータnに関する分析について説明する。

【0031】

図6に示すように、カメラ12に付随する標準レンズ14は、レンズ14の焦点から棒16の表面まで延びる2本の接線視線28によって形成された視角(視野)を有する。この視角は、図6に示すような非平面の表面に投影すると、周方向の有効範囲30が180°未満になり、レンズがテレセントリック系でない場合は、2つのレンズ/カメラだけで360°をカバーするには不十分である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

図7は、テレセントリックレンズ14'での構成を示す。実際のテレセントリックレンズは、平行の視線を集めるもので、これを使用しても、アーク長の変動のせいで、実際に2レンズ/カメラシステムを提供しない。特に、テレセントリックレンズ14'をレンズ14に追加した状態で、視線28は平行である。この場合、周方向の有効範囲30は360°である。理論的に言うと、円形の棒16の全表面を、2レンズ/カメラユニットしか使用せずにカバーすることができる。しかし、以上で言及したように、ピクセルの大きさが不均一になるという問題が生じる。

【 0 0 3 3 】

図8に示すように、複数のピクセルを有する等間隔の撮像センサ32から引き出されたような等間隔の視線34があると、棒16の表面上のアーク長36がピクセル毎に不均一になることがある。等間隔は、CCDチップなどの撮像センサで非常に一般的な構成である。アーク長36は、以下のように式(1)を使用して計算することができる。

【 0 0 3 4 】

【数1】

$$\text{式(1): } S = p / \cos(\theta)$$

【 0 0 3 5 】

ここで、Sは位置yのピクセルに写像されるアーク長36であり、pはピクセルアレイのピッチまたはピクセル大きさ、 θ は

【 0 0 3 6 】

【数2】

$$\text{式(2): } \theta = \arcsin(y/r)$$

【 0 0 3 7 】

から導き出すことができる投影角度であり、ここでyはrであり、rは金属棒16の半径である。

【 0 0 3 8 】

図8から、 $y = r$ になるにつれ、 $\theta = 90^\circ$ であることが分かる。 $\theta = 90^\circ$ になるにつれ、Sアーク長36は式(1)に基づいて無限大に近づく。実際には、Sはなお有限数である。しかし、Sはかなり(数倍)pすなわちピクセルの大きさより大きい。つまり、この区域の画像解像度は、この方法が実行不可能になるほど低下する。同じアーク長分析を、図8の下半分にも適用できることに留意されたい。この場合は $y = -r$ になる。

カメラが3個の場合、 θ は60°で確立することができる。 $\theta = 60^\circ$ の場合、(図8の12時および6時の位置における)Sアーク長36は2pにすぎず、画像解像度の劣化は許容可能で制御可能である。これより良好な画像解像度が望ましい場合は、4個のカメラまたは5個のカメラ、またはさらに多くを使用することができる(つまり、上記で言及したパラメータnは、4, 5またはそれより大きい整数でよい)。図1に示したようなレンズ14/カメラ12の組合せは全て、作業距離、つまり各レンズ14から最も近い金属表面までの距離が、全てのレンズ/カメラの組合せで同じであるか、ほぼ同じであるように、全てのこのようなレンズ/カメラの組合せが、例示的金属棒16の円形の幾何形状に対して同心である円形円経路22に沿って配置されるように構成することが好ましい。円経路22は、全体的に同じ製造ラインに対して働くために、金属棒が非円形、例えば六角形である場合に、円形のままでよいことに留意されたい。円経路22は、所望に応じて実際の棒の幾何形状に一致するように作成できることが、当業者には認識できる。

【 0 0 3 9 】

金属棒16の潜在的に非常に高い移動速度に対応するために、データレートが高いカメラ12を使用することが好ましい。したがって、システムのカメラ12は、計算ユニット10にデジタル出力するデジタルカメラであることが好ましい。このデジタル出力のフォ

10

20

30

40

50

ーマットは、信号忠実度の過酷な環境に対応することが望ましい。このデジタルフォーマットの画像信号は、IEEE-1394（ファイアワイヤとしても知られる）、カメラリンクまたはUSBポート、またはフレームグラブバとして知られる特殊なインタフェースなどの標準的通信路を通して計算ユニット10で受信することができる。各カメラ12は、0.025mm×0.5mmの傷特徴を識別できるように、少なくとも毎秒10,000,000（または10メガ）のピクセルを生成できることが好ましい。しかし、より大きい特徴を検出するために、解像度が低下、したがってデータレート（1秒当たりのピクセル数）が低下する必要があることを認識されたい。棒16が高速で移動しない場合は、順次（非インタレース形）区域走査カメラを使用できても、線走査カメラが好ましい。線走査カメラは、線走査カメラが照明の区域ではなく照明の線しか必要としないという点で、区域走査カメラに対して有利である。これは、非平面の表面によって引き起こされる照明の複雑さを単純にする。線走査を使用する場合、図1の全カメラは、その撮像線が棒16上に周方向の輪、つまり画像帯18を形成するように位置合わせされる。この位置合わせは、捻れおよび/または回転（参照符号21）の問題に対処するために必要である。この位置合わせが維持されないと、捻れまたは回転運動の結果、棒表面のカバーが不完全になることがある。

10

【0040】

再び図1に戻ると、各カメラは、棒表面から反射した光を集めるレンズ14を有する。標準的レンズを使用することができても、アーク長の分布がさらに均一になるために、テレセントリックレンズ（図7に示すように、平行な画像光線を集めるレンズ）が好ましい。また、カメラ12は、露光を制御するためにレンズ絞りを含むように構成することができ、さらに、（含まれている場合は）用途で焦点/被写界深度を改善するために所定のレンズ絞り設定を使用して構成することが好ましい。

20

【0041】

引き続き図1を参照すると、本発明による撮像システムは、金属棒16の表面に光ライン帯を投影するように構成されたライン光アセンブリも含む。ライン光アセンブリは、複数のライン光6を含むことが好ましい。これらのライン光6は、レーザなどの個別の光源、または図1に示すような光ファイバ光などの光送出装置でよい。光送出装置は、図1に示すように少なくとも1つの光源で作業しなければならない。照明用にさらに高い光の強度が必要な場合は、複数の光源を使用することができる。非常に高速で移動する金属棒16では、比較的短い露光時間に匹敵する非常に高い線/フレーム率のせいで、カメラは光が欠乏することがある。したがって、各ライン光が光を集中させ、光の強度を上げるために、光学ブースタ8を使用することができる。この光学ブースタ8は円筒形レンズまたは半円筒形レンズでよい。高温の金属棒16に、本発明による撮像システムを使用するには、ライン光およびブースタは、このような高温に耐えるように構成された特殊な材料から作成しなければならない。例えば、各ライン光6は、この目的のために働く自身のガラス窓を有するように構成することができる。光ファイバのライン光の場合、ファイバを相互に結束する材料は、高温エポキシなど、高温に耐えられなければならない。光学ブースタ8も、高温に耐えられる材料で作成しなければならない。有用な材料は、パイレックス（登録商標）、水晶、サファイアなどを含む。

30

40

【0042】

図9は、図1に示した好ましい実施形態の上面図である。光の欠乏に対処するために、ライン光とカメラとの位置合わせが重要である。図9に示すように、断面減少プロセスの後で、例えばスケール除去プロセスの前の金属棒16の表面は、反射表面として処理することができる。したがって、式(3)で示される光学的法則が当てはまる。

【0043】

【数3】

式(3): 「入射角=反射角」

50

【 0 0 4 4 】

式(3)は、複数のカメラ12によって捕捉される反射光を最大にするために、好ましい実施形態で使用することが好ましい。ライン光6はそれぞれ光線40を放出し、これは光学ブースタ8によって増強され、金属棒16の表面に投影される。光線40は路42へと反射し、レンズ14によって、および最終的にカメラ12によって受け取られる。図9では、金属棒16が方向20に移動することに留意されたい。投影され、反射した光線40および42は、金属棒16の表面に対する法線によって等分割された角度44を形成する。この角度44は、図4に示すような非平面の表面に伴う上述の照明問題のせいで、可能な限り小さくしなければならない。図4では、光線18'と撮像線18が非平面の表面上で重ならない。図9の角度44が0°になることが理想的なケースである。これは、ビームスプリッタを使用してのみ可能であるので、例えばビームスプリッタの使用によって引き起こされる固有の電力損のせいで、システムの光が欠乏している場合、こうすることはそれほど実際的でない。ビームスプリッタで達成できる最高の効率、伝送損を0%とすると、20%である。したがって、角度44は、1°またはその近傍のように、十分に小さくなるよう選択することが好ましい。必要に応じて、反射ミラー38を使用して、カメラのパッキングおよび小さい角度44の光を補助することができる。これが、この用途に線走査カメラを使用するもう一つの理由である。線走査カメラは、50から30ミクロンなどの、小さい幅の画像路42しか必要としない。角度44は、この小さい画像路の特徴により、非常に小さく維持することができる。

10

【 0 0 4 5 】

図10は、図9の照明構成の一部をさらに詳細に示す。上述したように、角度44はビームスプリッタを使用しない限り、0°ではない。したがって、各ライン光6は有意の幅W(図10の参照符号41)を有していなければならない。図10で、金属棒16は中心線46を有することが分かる。線48は、棒表面の60°のマークを示し、これは図10に示すように棒の左手側の接線境界から始まり、右側へと増加する。1個のカメラが、この60°のマーク線48の上半分について、金属棒16を撮像可能でなければならない。カメラ3個の実施形態では、上記の計算が当てはまる。これより多くのカメラを使用する場合、線48は、カメラ4個のシステムでは45°を、カメラ5個のシステムでは36°を表し、以下同様となる。対称に設計した場合、カメラは、金属棒16の下半分の60°も撮像することができる。この有効範囲を達成するために、光ラインの幅Wは下式に基づき閾値より大きくななければならない。

20

【 0 0 4 6 】

【 数 4 】

$$\text{式(4): } W \geq 2 \cdot r \cdot (1 - \cos 60^\circ) \cdot \sin \alpha$$

30

【 0 0 4 7 】

ここでrは棒の半径、 α は入射角(角度44の半分)である。本発明の撮像システムで、3個以外の異なる数のカメラを使用する場合は、60°の代わりに別の角度にすることができる。この概念は、図11でさらに図示され、ここでは画像ライン42の湾曲が明らかに異なるが、それでも光ライン40によってカバーされている。つまり、画像収集アセンブリ(例えば好ましい実施形態の複数のカメラ)が、棒16の表面の全周にわたって、第1の所定幅を有する画像帯18を捕捉する。ライン光アセンブリ(例えば好ましい実施形態の複数のライン光源)は、第2の所定幅を有する光ライン帯を棒16の表面に投影する。ライン光アセンブリは、画像帯が光ライン帯内に入るように、画像収集アセンブリに対して配置され、位置合わせされる。以上から、非平面の表面での問題が克服される。

40

【 0 0 4 8 】

また、これらのライン光は、棒表面の点からその点をカバーするカメラへと反射した状態の光の強度が、画像帯18上の全ての点で均一であるように配置しなければならない(図1)。より詳細な図が、図12に図示されている。全ての照明は、式(3)で述べた法

50

則に従わなければならない。図12は、カメラ1個のこの構成を示す。このような構成は、本発明の撮像システムで使用する他のカメラで再現してもよいことを認識されたい。式(3)に基づき、入射光線40と反射光線42によって形成される角度は、表面の法線50によって均等に分割しなければならない。図12のように、照明装置は湾曲表面を含むことが好ましい。照明装置52は、式(3)に基づいて棒16の表面からカメラ12の撮像センサおよびレンズ14へと反射する放出光線(放出点においてこの湾曲した表面に直角)を有する装置である。曲線52は円曲線である必要はないことに留意されたい。この曲線52は、曲線52と棒16(つまりターゲット)の表面との間の距離に依存する。曲線52は、棒が円形でない場合、滑らかな曲線でないことがある。曲線52がある照明装置は、現代の技術で作成することができるが、このような照明装置は、指定された直径の棒16にしか使用することができない。用途によっては、これは実際的ではない。代替方法は、図12に示すように、光ライン6および8のアレイで、このような照明効果を刺激することである。異なる直径のターゲットに対応するために、参照符号54で示すように方向を再転換できるように、光ライン/ブースタの各組合せを調節可能にすることができる。光ラインの方法は、棒16が円形ではない場合にも有利である。

【0049】

図13Aは、本発明によるシステムの別の実施形態の単純化した概略図およびブロック図である。この実施形態は、検査対象物/移動する棒16が封じ込められ、導管24などを通して方向20に長手方向に移動する状態で、小さいアクセスギャップ26(図5に最もよく図示)内で作動可能であるように、比較的小さいスペース(例えば20から50mm)にパッケージされた反射要素を封じ込め、非常に簡単に保守可能なカセットを提供する。図13Aは、ライン光アセンブリ6、光学ブースタ8、カメラ12、レンズ14、入射照明光線40用の反射ミラー38、棒表面の像を表す反射(像)光線42用の第2反射ミラー38'、および第1部品43a、および軸線「A」に沿って第1部品43aから間をおいて配置され、オフセット位置に配置された第2部品43bを有し、アクセススペース43cを規定する管43などの保護装置を示す。保護部品43a、43bは、比較的脆弱な撮像および照明構成要素を、(上述したように)高温なこともある移動棒16から発生する熱、衝撃(例えば接触)および他の汚染(例えば粒子)から保護するように構成される。部品43aおよび43bは周方向でもよい。口43cは、照明光線40および反射(像)光線42が出入りできるような大きさおよび形状で構成することができる。保護管43は、高温の鋼棒16を本発明のシステムの残りの部分から隔離するのに適切な金属または他の耐久性のある材料から形成することができる。

【0050】

図13Aはさらに、真空を使用して、保護管43のアクセススペース43cの近傍または付近のスペースに存在するような工場のスケール粉末または微小な水霧などの、空中浮遊の比較的小さい大きさの汚染物質62(つまり、保護管の内部で移動する金属棒から発する汚染物質)の存在を減少させるように構成された汚染軽減機構を示す。この汚染物質軽減機構は、アクセス43c内およびその周囲で、大きめの参照符号がアクセススペース43cから十分に出るのを阻止するように構成されたエアナイフまたはエアワイブなどと組み合わせて作動することができる。真空式の汚染物質軽減機構の1つの利点は、光学構成要素を相対的に(つまり汚れた光学構成要素と比較して)汚染物質がない状態、または低い汚染物質レベルに維持し、それによって比較的清浄に維持し、光学性能を改善することである。また、この汚染軽減機構は、撮像路の空中浮遊汚染物質を減少させるように作動可能であり、これは画像収集手段の可視性を改善することができる。

【0051】

汚染物質軽減機構は、真空コネクタ66を有する真空エンドエフェクタ64、コネクタ66に接続するように構成された第1の端を有するパイプまたは他の真空導管66'、および導管66'の他方の端と結合する真空ポンプ72などの真空源を含む。

【0052】

真空エンドエフェクタ64は、図面ですすように輪形であることが好ましく、輪の軸線

10

20

30

40

50

を中心に形成され、保護管 43 のアクセススペース 43c 内およびその周囲のスペースを制限する真空吸引入口 70 を有する。設置した状態で、エンドエフェクタ 64 の輪の軸線は、金属棒が移動する長手軸とほぼ一致する。エンドエフェクタ 64 は薄肉構成で、内部真空室 68 を規定する複数の連続的な外部薄肉側部を有する全体的に閉じた幾何形状である。好ましい実施形態では、輪形の真空エンドエフェクタ 64 は、半径方向の断面で長方形の形状であることを特徴とする（図 13E で最もよく図示）。しかし、真空エンドエフェクタ 64 は様々な形状をとることができ、例えばアクセススペース 43c の周囲に真空の有効範囲を提供するように協働状態で構成された半分の輪が 1 対であってよい。また、真空エンドエフェクタ 64 は、アクセススペース 43c の周囲に配置された複数の直線の棒の形態をとることができる。本発明の概念および範囲に入る他の変形も可能である。

10

【0053】

真空源（ポンプ 72）は、導管 66'、真空室 68 を通り、最終的に吸引入口 70 を介して作動し、小さい空中浮遊の汚染物質 62 を含むアクセススペース 43c の近傍のスペースに真空を適用する（したがってほぼ排気される）。

【0054】

図 13B は、着脱式カセット 152 内に構成された複数の反射ミラー 38（照明を誘導）を示す略正面斜視図である。図 13B は、対応する数のミラー座 138 によって支持された 8 つの反射ミラー 38 を示す。カセット 152 は着脱式であり、設置した位置（図 13）およびほぼ完全に脱着位置（図 13C で最もよく図示）で図示されている。カセット 152 は、板 150 などのホルダに装着されて図示されている。板 150 は、底板 154

20

【0055】

図示の実施形態では、板 150 は、板 150 の内周に滑動溝 156 を含むように構成される。カセット 152 は、溝 156 と対合するような大きさおよび形状で構成された複数の取り付けタブ 158（対角線上反対側に対になって配置された 4 つを図示）を含む。寸法公差は、カセット 152 が装着位置にある場合に、カセット 152、特にそのミラー 38 が、構成要素 14/12 および構成要素 6/8 と適切に位置合わせされるような寸法公差である。カセット 152 は受動的構成要素、つまり照明検出ミラー 38 および像反射ミラー 38'（図 13E および図 13F で最もよく図示）を含み、したがって本発明の照明および撮像システムを備えるカセット 152 の外部の他の要素に、ケーブル、電線などを介して一切接続する必要がないことを認識されたい。これは、例えば、カセット 152 が、接続がないことによって、比較的簡単に洗浄のための取り外し、及び取り付けができる利点がある。

30

【0056】

カセット 152 は、同様に溝 156 内で滑動し、そこに保持される適切な対合特徴（例えば締結具）を有する単純な閉鎖部材 153（図 13B の想像線で図示）など、適切な固定および保持機構を通して装着位置（つまり位置合わせ状態）に維持することができる。多種多様な代替りの適切な固定および保持機構があることが、当業者には認識される。

【0057】

図 13B の実施形態では、4 個のカメラ 12 が使用されている。

40

【0058】

図 13B はさらに、汚染物質軽減機構の輪の実施形態を斜視図で図示している。

【0059】

図 13C は、脱着位置にあるカセット 152 の単純化した略図である。カセット 152 は、例えば保守（例えば洗浄、修理、再位置合わせ）のために、使用中の固定および保持機構 152 があれば全て最初に無効/無能化し、矢印 160 の方向にカセットを外すことによって、簡単に外すことができる。カセット 152 は、上述した手順を逆にすることによって、簡単に再装着/再設置することができる。

【0060】

図 13D は、図 13B の実施形態の略正面斜視図であり、管形の保護装置 43a および

50

43bを示す。図13Dは、設置し、固定した位置にある固定および保持機構153も示す。図示のような装着位置で、照明検出ミラー38および像誘導ミラー38'は、それぞれライン光アセンブリ(光源6およびブースタ8)およびレンズ14/カメラ12と位置合わせされている。

【0061】

図13Dはさらに、中央を通る半径方向断面で切り取ったエンドエフェクタ64も図示している(明快さを期して、輪の半分は削除されている)。図示のように、エンドエフェクタ64は、内部の真空室68を規定する複数の薄肉側部を含む。吸引入口70も図示され、これは吸引入口70が現れるように半径方向内向きの隅部を除去することによって形成することができる。

10

【0062】

図13Eは、カセット152が装着位置にある状態の、図13Bの実施形態の略側面図である。図13Eは、レンズ14およびカメラ12と位置合わせされた像誘導ミラー38'を示す。図13Eは、保護管の部分43aと43bの間に規定されたカメラを見るギャップ43cも図示している。

【0063】

図13Eはさらに、図13Dの断面を切り取った真空エンドエフェクタ64の側面図も示す。図13Eは、内部真空室68および真空吸引入口70を側面図として示す。入口70は、概ね半径方向内側に面し、さらにアクセススペース43cの周囲を制限している。

【0064】

20

真空エンドエフェクタ64は、従来通りの構築技術および材料(例えば金属または他の耐久性がある材料)を使用して形成することができる。真空コネクタ66および導管66'も、当業者に知られている従来通りの構築技術および材料を備えてよい。また、真空ポンプ72は、当業者に知られている従来通りの装置も備えてよい。例えば、真空ポンプ72は、ベンチュリまたは電動タイプまたは当技術分野で知られている他のタイプでよい。

【0065】

予め選択される望ましい印加真空レベル(つまり吸引入口70で観察される真空レベル)は、小さい汚染物質62の特定の程度、存在およびタイプ、および吸引入口70の幾何形状、そのアクセススペース43cに対する方向および近接性によって決定することができる。真空ポンプ72の対応する性能特性は、エンドエフェクタ64の特定の幾何形状および大きさ/容積、さらにコネクタ66および導管66'の大きさおよび長さに鑑みて、以上で決定した望ましい印加真空レベルに基づいて決定することができる。

30

【0066】

図13Fは、図13Bの実施形態の略背面斜視図である。図13Fは、カセット152内の3つの像誘導ミラー38'(レンズ14/カメラ12の組合せ毎に1つのミラー38')を示す。図13Fでは、対応するレンズ14/カメラ12の組合せと同様に、1つのミラー38'が見えなくなっていることに留意されたい。

【0067】

図1に戻ると、計算ユニット10は複数のカメラ12に結合されている。計算ユニット10は、棒16が長手軸に沿って方向20(方向20は図1で最もよく図示)に移動するにつれ、カメラ12によって連続的に収集された複数の画像帯18の画像データを受信するように構成されている。フレームグラッパ(Frame Grabber)を使用して、画像信号を受信することができる。しかし、システム内のカメラ12は、上述したようにデジタルカメラであることが好ましい。計算ユニットは、画像データを処理するために十分な計算力を有するために、1つまたは複数のコンピュータを備えてよい。計算速度を上げるために、画像処理ハードウェアをソフトウェアと組み合わせて使用することができる。複数のコンピュータを使用する場合、これらのコンピュータは、TCP/IPなどのコンピュータ間リンクを通して相互にリンクすることができる。

40

【0068】

いかなる場合も、計算ユニット10は、棒16の表面の所定の特徴を検出するために、

50

画像データを処理するように構成される。好ましい実施形態では、この特徴は表面傷である。したがって、画像データは傷を求めて処理され、このような傷は、図14Aから図14Bに例示的に図示されている。画像は一般的に、実際の傷（例えば参照符号302）と引っ掻き傷（例えば参照符号304）などのノイズとの両方を含む。C、C++、機械言語などのコンピュータコードに組み込まれるか、ハードウェアの論理に組み込まれた画像処理アルゴリズムを使用して、ノイズを除去し、306に示すような真の傷を検出する。識別すべき傷は、図15Aから図15Cに示すように、大きい縦横比を有することがあり、ここで参照符号308は長さが1000mmあり、参照符号310は0.050mmの幅を示すことがある。あるいは、図16Aから図16Cに示すように、傷は短く、ほぼ1:1の縦横比を有することがある。これらのアルゴリズムは当技術分野で知られているが、以下で概略を説明する。処理の第1層は、例えば第1所定閾値を局所的コントラストと比較することにより、画像の局所的コントラストを比較することを含む。処理の第2層は、第2所定閾値を適用して、大きさ、位置、長さおよび幅などの傷の性質を検出することを含む。

10

【0069】

図1に関して説明し、図示した好ましい実施形態は、高温圧延工場または冷間引き抜き工場などの典型的な金属処理工場で、埃、水、振動、および他の有害な要素に対する防護装置も有する。

【0070】

検査するために、棒をさらに制限し、断面減少プロセスライン内で3つ以上のカメラ1個のシステムを別個に使用する可能性があることを、当業者は認識されたい。

20

【0071】

断面減少プロセスラインでは、統計的なプロセス制御の目的で、全周ではなく棒表面の一部をカバー（例えば検査）しても有用なことがあることも、当業者は認識されたい。

【0072】

処理するために各区域走査画像の特定の部分しか使用しない場合は、線走査カメラの代わりに非常に高速（高いデータレートおよび高いフレーム率）の区域走査カメラを使用することも、当業者は理解されたい。

【0073】

金属棒が高温の場合は、金属棒の表面情報を伝達するために、（図12の）反射光線42の特定の波長しか使用しないように、光学フィルタをレンズと組み合わせて使用することも理解できる。このような波長は、前記高温で金属棒が放出しないかまたは優勢には放出しない波長である。1,650以下の金属棒では、436nmの波長を使用することができる。この場合は、レンズに436nmの干渉フィルタを使用する。この波長は、温度とともに変更することができる。温度が低下した場合は、これより長い波長を使用することができる。

30

【0074】

さらなる変形では、ライン光アセンブリは、ストロボ光を含むように構成することができ、ここで計算ユニット10は、照明（つまりストロボ）を、画像収集アセンブリ（例えば好ましい実施形態ではカメラ12）によって実行される画像捕捉機能と同期させる。

40

【0075】

さらなる実施形態では、計算ユニット10は、検出された傷の実行中の記録をとるよう構成され、これは（i）金属棒の断面積を機械的に減少させるプロセスを通して製造されている棒16の先端などの「開始」位置に対して、検出された各傷の個々の位置、（ii）大きさ、形状、コントラストなど、検出された傷の性質に関する個々の記述、および（iii）任意選択で、検出された傷の部位およびその周囲の実際の画像を含む。この記録は、供給業者/製造業者が、例えば前払いの値引きを決定するために有用なことがあり、例えば棒のどの部分を回避するか、追跡加工するかなど、さらなる処理に使用するために、顧客に（例えばディスクまたは他の電子的手段で）提供することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 7 6 】

【 図 1 】 本発明の実施形態の概略図およびブロック図である。

【 図 2 】 本発明による実施形態で検査するのに適切な検査対象物の例示的幾何形状の断面図である。

【 図 3 】 メタルフラットの幾何断面形状を示す。

【 図 4 】 メタルフラットおよび棒に適用した状態の従来通りの照明体系を示す略図である。

【 図 5 】 移動中に導管によって制約された棒、および本発明による実施形態を配置できる隣接導管間のギャップを示す単純化した斜視図である。

【 図 6 】 1つのカメラを使用した金属棒の撮像有効範囲を示す単純化した平面図である。 10

【 図 7 】 1つのカメラおよびテレセントリックレンズでの金属棒の撮像有効範囲を示す単純化した平面図である。

【 図 8 】 ピクセルのラインなどの同大きさのグリッドを棒の輪郭に投影することに基づくアーク長変化を示す単純化した平面図である。

【 図 9 】 本発明による棒表面の照明構成を示す単純化した平面図である。

【 図 1 0 】 さらに、図 9 の照明構成をさらに詳細に示す単純化した平面図である。

【 図 1 1 】 本発明の照明構成の使用と関連した金属棒の単純化した斜視図である。

【 図 1 2 】 棒の表面に向けられた状態で周方向の照明構成を示す単純化した平面図である。

【 図 1 3 A 】 本発明による棒表面の照明および撮像構成の別の実施形態を示す平面図である。 20

【 図 1 3 B 】 反射要素の集まりを洗浄するために簡単に回収し、機能するために回復できるように、設置された位置で図示された図 1 3 A の照明構成の略図である。

【 図 1 3 C 】 部分的に除去した位置で図示された反射要素の集まりを含む、図 1 3 B の照明構成の略図である。

【 図 1 3 D 】 保護管を示す、図 1 3 B の実施形態の略斜視図である。

【 図 1 3 E 】 図 1 3 B の実施形態の略側面図である。

【 図 1 3 F 】 図 1 3 D に対して反対側から見た図 1 3 B の実施形態の略斜視図である。

【 図 1 4 A 】 幾つかの表面ノイズとともに表面傷を示す。

【 図 1 4 B 】 図 1 4 A の画像に適用した状態の、本発明による画像処理ステップの例示的結果を示す。 30

【 図 1 5 A 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる長い表面傷の例を示す。

【 図 1 5 B 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる長い表面傷の例を示す。

【 図 1 5 C 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる長い表面傷の例を示す。

【 図 1 6 A 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる比較的短い表面傷を示す。

【 図 1 6 B 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる比較的短い表面傷を示す。 40

【 図 1 6 C 】 金属棒上に見られ、本発明による実施形態で検出できる比較的短い表面傷を示す。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

2 光源

4 光導管

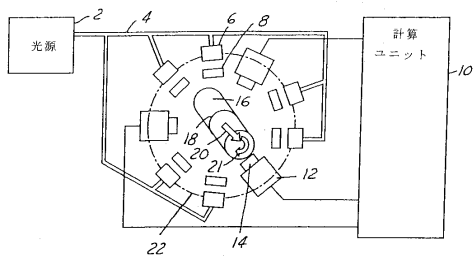
6 複数のライン光

8 光学ブースタ

1 0 計算ユニット

- 1 2 カメラ
- 1 4 レンズ
- 1 6 金属棒
- 1 8 画像帯
- 2 2 円形路

【図 1】



【図 2】

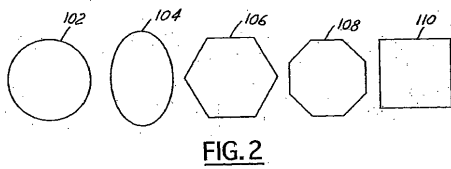


FIG. 2

【図 3】

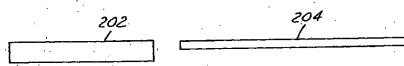


FIG. 3

【図 4】

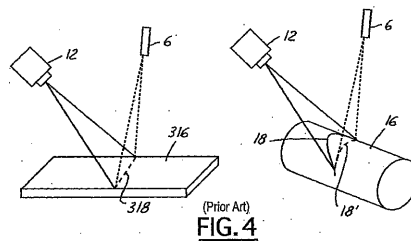


FIG. 4

【図 5】

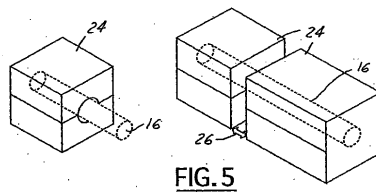


FIG. 5

【図 6】

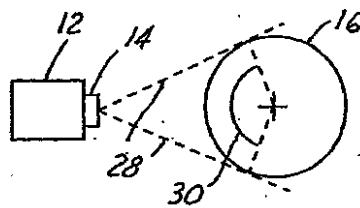


FIG. 6

【 7 】

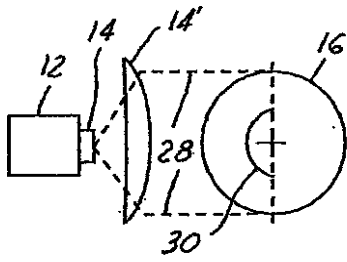


FIG. 7

【 8 】

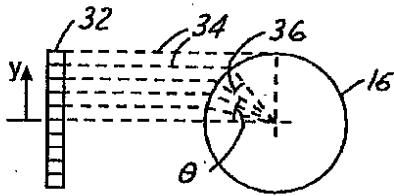


FIG. 8

【 9 】

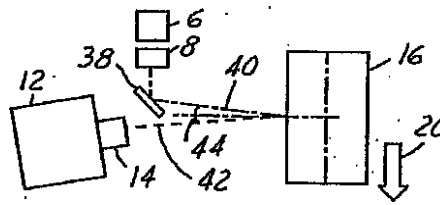


FIG. 9

【 10 】

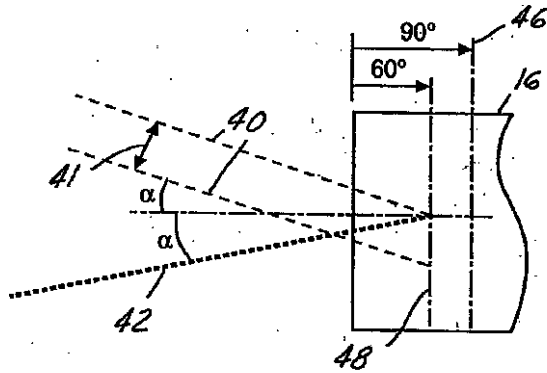


FIG. 10

【 11 】

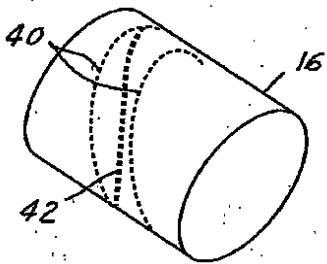


FIG. 11

【 12 】

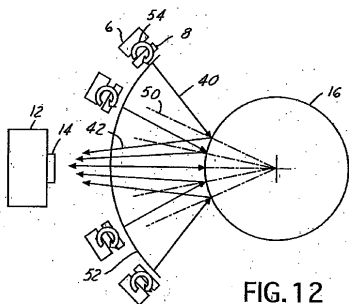


FIG. 12

【 13 A 】

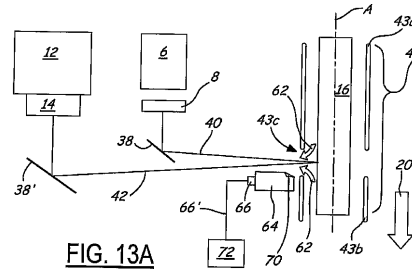


FIG. 13A

【 13 B 】

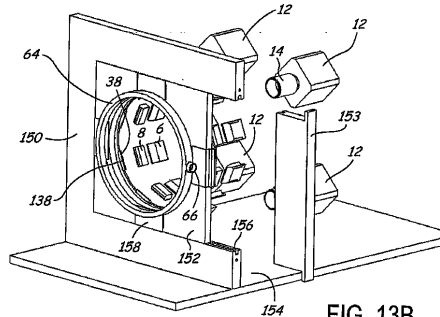


FIG. 13B

【 13 C 】

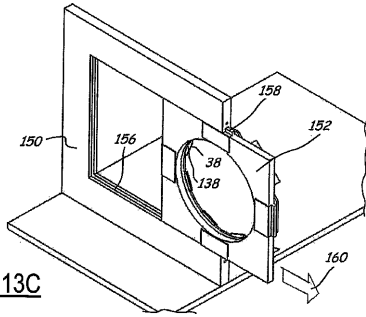


FIG. 13C

【 13 D 】

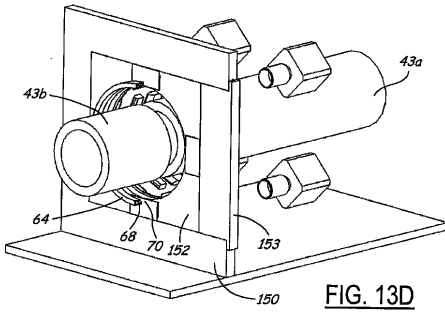


FIG. 13D

【 13 E 】

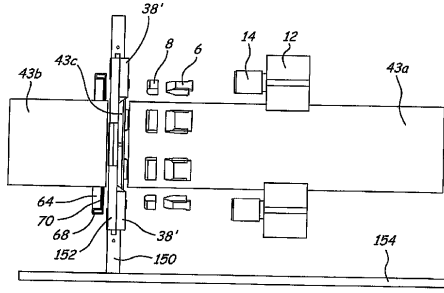


FIG. 13E

【 13 F 】

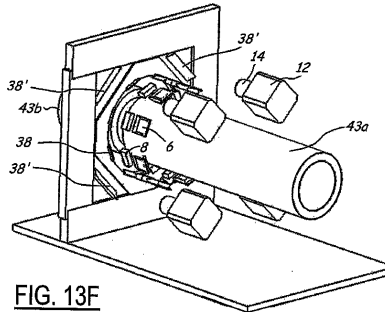
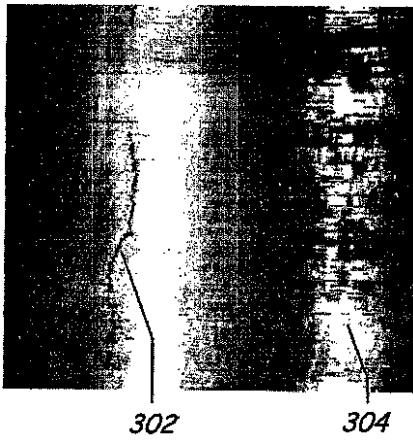


FIG. 13F

【 14 A 】



302

304

FIG. 14A

【 14 B 】



306

FIG. 14B

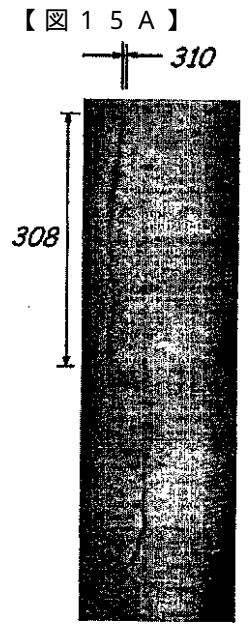


FIG. 15A

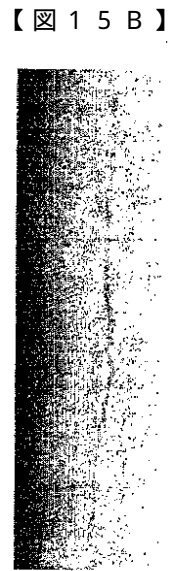


FIG. 15B

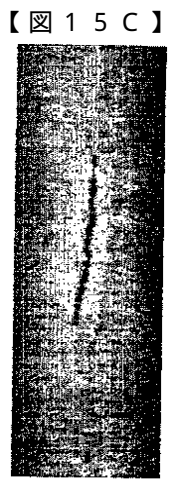


FIG. 15C

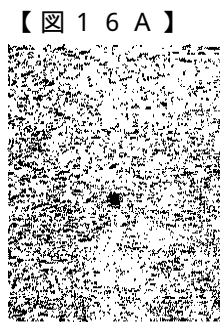


FIG. 16A

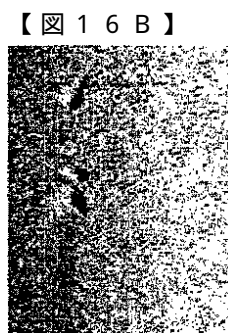


FIG. 16B

【 16C】

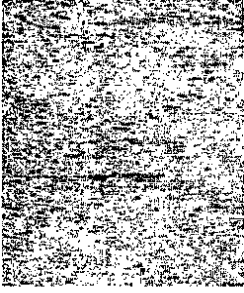


FIG. 16C

フロントページの続き

(72)発明者 グチェス、ダニエル
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02139 ケムブリッジ、アプト. 109、フランクリン
ン ストリート 129

(72)発明者 ホワング、フスンハウ
アメリカ合衆国 ミシガン州 48103 アン アーバー、ローリングウッド ドライブ 59
75

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特表2006-510876(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/892