

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 泰 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-500246  
(P2004-500246A)

(43) 公表日 平成16年1月8日(2004. 1. 8)

(51) Int.C1.<sup>7</sup>

B23D 55/08

B23D 55/00

F |

B 2 3 D 55/08

B 2 3 D 55/00

1

A

### テーマコード（参考）

3 G 0 4 0

(P2004-500246A)

審查請求 有 予備審查請求 有 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2000-560511 (P2000-560511)
(86) (22) 出願日	平成11年7月12日 (1999. 7. 12)
(85) 翻訳文提出日	平成13年1月15日 (2001. 1. 15)
(86) 國際出願番号	PCT/US1999/015658
(87) 國際公開番号	W02000/004455
(87) 國際公開日	平成12年1月27日 (2000. 1. 27)
(31) 優先権主張番号	09/114, 837
(32) 優先日	平成10年7月14日 (1998. 7. 14)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

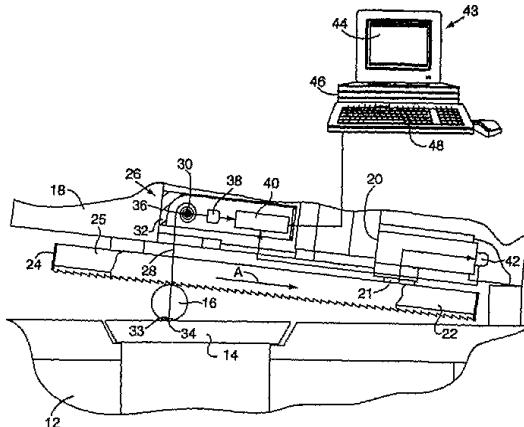
(71) 出願人 399052970  
アメリカン・ゾー・アンド・マニュファク  
チャリング・カンパニー・インコーポレイ  
テッド  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 〇  
1028-0504、イースト・ロングメ  
ドウ、チェストナット・ストリート 30  
1  
(74) 代理人 100068021  
弁理士 絹谷 信雄  
(74) 代理人 100109036  
弁理士 永岡 重幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機械工具の観測システム

(57) 【要約】

改良した帯鋸（10）の観測システムは、少なくとも1つの位置センサ（26）、コントローラ（40）、データ記憶装置（46）およびコントローラに接続された表示モニタ（44）を備えたコンピュータ（43）で構成される。新型および現行型の帯鋸（10）に用いてよいこのシステムは、鋸ブレード（24）が加工物（16）と係合して切断を行っている時、送給レートおよびバンド速度に關係しているリアルタイムのデータを与える。機械操作人は、一連の切断操作を通じて帯鋸（10）の操作を最も効果的に行うために、そのデータを用いる。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

加工物を支持するための支持台および加工物の横軸方向に駆動する帯鋸ブレードを支持する工具キャリッジを備え、工具キャリッジおよび支持台が互いに相対移動でき、切断操作の間、鋸ブレードが加工物に対して駆動される型の帯鋸機のための観測システムであって、上記観測システムは、

工具キャリッジおよび支持台の一方に設けられ、切断操作の間において支持台に対する鋸ブレードの相対的な位置と支持台に対する鋸ブレードの移動方向とを示す出力信号を与える少なくとも1つの位置センサと、

位置センサからのデータを受け取り、支持台に対して鋸ブレードの速度を連続的に計算し、支持台に向かう方向又は離れる方向に動く鋸ブレードの移動方向を連続的に追跡するコントローラと、

コントローラと接続され、コントローラで計算された送給レートを示しているデータを記録するためのデータ記憶装置を備えたコンピュータと、

計算された送給レートのリアルタイムの表示を行う表示装置とで、構成されることを特徴とする機械工具の観測システム。

**【請求項 2】**

上記位置センサは、巻取可能なワイヤスプ - ルと方形エンコ - ダとからなり、上記ワイヤスプ - ルは、上記工具キャリッジ又は支持台の一方に設けられ、ワイヤは、上記工具キャリッジと支持台の間に伸び、上記ワイヤの自由端は、上記工具キャリッジ又は支持台の他方に接続され、上記ワイヤスプ - ルは、上記工具キャリッジと支持台の相対運動に応じて上記ワイヤを送り出したり巻き戻し、

上記方形エンコ - ダは、上記ワイヤスプ - ルに関連した方形出力を有し、上記ワイヤスプ - ルが上記相対運動に応じて上記ワイヤ送り出したり巻き戻したりすると、上記相対運動を上記ワイヤの変位として解釈し、かつ上記相対運動の方向を表す請求項1記載の観測システム。

**【請求項 3】**

上記表示装置は、切断操作のための平均送給レートの表示および切断操作のための最適送給レートを与える請求項2記載の観測システム。

**【請求項 4】**

バンド車の周りを駆動するブレードの速度を示しているデータ信号を与える近接センサをさらに設け、上記コントローラが上記近接センサによって与えられる単位時間当たりのデータ信号を総計し、当該データ信号の総計に基いて上記コンピュータが実際のバンド速度を計算する請求項1記載の観測システム。

**【請求項 5】**

上記計算されたバンド速度は、最適バンド速度と共に記憶され、また、上記表示装置は、上記計算されたバンド速度と最適バンド速度の両方をリアルタイムで表示する請求項4記載の観測システム。

**【請求項 6】**

上記データ記憶装置は、複数の切断操作の計算された平均送給レート、計算されたバンド速度、最適平均送給レート、および最適バンド速度を記憶し、また、上記表示装置は、これらの平均送給レート及びバンド速度をリアルタイムで表示する請求項5記載の観測システム。

**【請求項 7】**

上記コンピュータは、切断操作の継続時間を計算する請求項6記載の観測システム。

**【請求項 8】**

加工物を支持するための支持台および加工物の横軸方向に駆動する帯鋸ブレードを支持する工具キャリッジを備え、工具キャリッジおよび支持台が相対運動可能であり、切断操作の間、鋸ブレードが加工物に対して駆動される型の帯鋸機の性能を観測する方法であって、上記方法は、

10

20

30

40

50

a ) 切断操作の間、支持台に対する帯鋸ブレードの相対位置を示すデータを供給するステップ、  
 b ) 切断操作の間、支持台に対する鋸ブレードの可動方向を示すデータを供給するステップ、  
 c ) データに基いてブレードが加工物と係合して切断を行っている時、加工物を通じて鋸ブレードの送給レートを連続的に計算するステップ、  
 d ) 工具キャリッジと支持台の相対運動の方向を連続的に追跡するステップ、  
 e ) 切断操作を行う時に計算された送給レート、および切断操作全体の計算された平均送給レートをリアルタイムで表示するステップ、  
 f ) 加工物と係合して切断を行っている時のブレードの最適送給レートを与えるステップ、および、  
 g ) 計算された平均送給レートと最適送給レートを比較し、これらのレートが異なっているかどうかを判断するステップ、  
 を有する方法。

**【請求項 9】**

さらに、h ) 計算された平均送給レートと最適送給レートが同じ値になるように、帯鋸の操作を調整するというステップh ) を有する請求項8記載の方法。

**【請求項 10】**

さらに、i ) ブレードが加工物と係合して切断を行っている間における鋸ブレードのバンド速度を計算するステップ、

j ) 上記切断を行っている間におけるブレードの最適バンド速度を与えるステップ、

k ) 計算されたバンド速度をリアルタイムで表示するステップ、

l ) 計算されたバンド速度と最適バンド速度を比較し、これらの速度が異なっているかどうかを判断するステップ、

m ) 計算されたバンド速度と最適バンド速度が同じ値になるように、帯鋸の操作を調整するステップ、

を有する請求項9記載の方法。

**【請求項 11】**

ステップa ) ~ m ) は、複数の切断操作のために繰り返される請求項10記載の方法。

**【請求項 12】**

ステップf ) とj ) は、さらに、最適送給レートおよび最適バンド速度がそれぞれ同時に表示されるという特徴を有する請求項10記載の方法。

**【請求項 13】**

さらに、工具キャリッジと支持台の相対運動の方向の変化に基いて、各切断操作の継続時間の計算を行うというステップを有する請求項10記載の方法。

**【請求項 14】**

さらに、工具キャリッジと支持台の相対運動の方向の変化に基いて、切断操作間の時間の計算を行うというステップを有する請求項10記載の方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、機械工具の観測システムに係り、特に、コントローラに接続した少なくとも一つの位置センサを有する機械工具の観測システムに関するものである。このシステムは特に、帯鋸機を用いる切断発明におけるデータの取得、性能分析、及び生産性を効率的にするのに適している。

**【0002】**

**【従来の技術】**

発明に関係する型の従来の帯鋸機は、一対のバンド車の周りを駆動する鋸ブレードを支持するための工具キャリッジ(往復台)、及び鋸で切断される加工物を支持する支持台を有している。キャリッジは、切断操作時に加工物を貫く鋸ブレードを進めるため及び切断操

10

20

30

40

50

作完了時にブレードを加工物から引込めるために、支持台に向かう方向及び離れる方向に移動自在である。

#### 【0003】

観測システムは、加工物を貫く帯鋸ブレードの送給レートを決定および表示するためのものであり、その分野では公知である。そのようなシステムの一つは、切断操作の始まり及び終りを示す少なくとも2個のマイクロスイッチ又はリミットスイッチを有している。第1のマイクロスイッチは、鋸ブレードが加工物に当接する点よりもやや前方のキャリッジ位置と一致する支持台から離れた所に設けられている。第2のマイクロスイッチは、鋸ブレードが加工物を切断し、支持台と接触するキャリッジ位置に位置する。付随するタイミング装置は、切断操作時間を測定し、システムは、2個のスイッチ位置間の距離及び測定された切断操作の継続時間に基いて、加工物を貫くブレードの平均的な送給レートを計算する。

このシステムは、数多くの欠点を有している。第1に、このシステムは、加工物を貫く鋸ブレードの送給レートをリアルタイムで表示していない。むしろ、操作人は、計算された送給レートを得るには、切断操作全体が終了するまで待たなければならない。第2に、このシステムは、切断操作全体に亘って平均送給レートだけを計算している。したがって、例えば、加工物が均一な横断面を有していない場合、切断操作の異なる部分間ににおいて、送給レートがどのように変わるかを示さない。さらに、切断操作の始まりを示しているスイッチの位置は、異なるプロフィールを有する各加工物を帯鋸で切断する時、連続的に動かさなければならない。これは、支持台と鋸ブレードが最初に加工物と接触する点との間の距離が、加工物のプロフィールが変わるために応じて変化するからである。

#### 【0004】

別のシステムにおいては、格納式のワイヤスプールが工具キャリッジに設けられ、このキャリッジと支持台との間にワイヤが延びている。スプールは、方形のエンコーダに接続されている。キャリッジは、切断操作の間、支持台の方に向かって動き、ワイヤースプールが格納されると、エンコーダは、キャリッジの動きをワイヤの変位として解釈する。加工台に対するキャリッジの相対位置を表しているデータ信号は、エンコーダで与えられるデータに基いて、加工物を貫く鋸ブレードの送給レートを決める速度メータに送給される。速度メータは、機械操作人に、送給レートの視覚的な表示をする。このシステムは、送給レートを記録せず、送給レートを切断操作が進行するのに伴い表示するだけである。したがって、送給レートを決めるために、操作人は、実際の切断操作の間ずっと、速度メータの出力を連続的に観測しなければならない。操作人は、観測された速度に基いて、機械の操作の調整を行うことができるが、調整の内のいくつかは、操作人による完全なマニュアルフィードバックで行われる。データが全く記録されず、したがって、帯鋸によりなされる切断操作の、連続的なリアルタイムの概要は全く得られない。したがって、操作人は、生産性を効率的にするための、一連の切断操作に亘る鋸の総合的な性能を分析することができない。

#### 【0005】

結果的に、帯鋸の観測システムを改良すると、以下に述べる性能を発揮できるようになる。観測システムは、切断操作中の加工物に対する切断ブレードの相対位置、および加工物に向かう方向、離れる方向、又は加工物位置におけるブレードの移動動方向を連続的に計算するであろう。このデータに基くと、システムは、切断操作の間ずっと、ブレードの送給レートを連続的に決定する（判定する）であろう。またシステムは、正確に、各切断操作の継続時間を決定し、また、切断操作全体の平均送給レートを与えるであろう。またシステムは、切断ブレードの走行速度、即ちバンド車の周りを回転する鋸ブレードの速度を決定するであろう。生産性を効率的にし、早期におけるブレードの故障を減らすために、システムは、機械操作人に、測定されたパラメータを最高値と比較したリアルタイムの表示を与えるであろう。またシステムは、将来の分析に備えて、測定されたデータを保存するであろう。

#### 【0006】

10

20

30

40

50

以上の事情を考慮して創案された本発明の目的は、上述した欠点を克服し、前述の性能を有する帯鋸の機械観測システムの改良を提供することにある。

### 【0007】

#### 【発明の概要】

本発明は、加工物を支持するための支持台、および加工物の横軸方向に駆動する帯鋸ブレードを支持する工具キャリッジを有するタイプの帯鋸のための観測システムであり、工具キャリッジおよび支持台は、切断操作中、相対的に移動することができる。システムは、垂直、水平、又はピボットタイプの帯鋸機と共に用いることができ、さらに、圧力送給帯鋸、常時横移動送給鋸、およびこれらの送給タイプを組み合わせてなる帯鋸等の様々な送給タイプの帯鋸機と共に用いることができる。

10

### 【0008】

観測システムは、少なくとも一つの位置センサ、コントローラ、及びコンピュータ、例えばパソコン等で構成される。上記コンピュータは、データ記憶装置および表示装置を含み、コントローラと接続されている。コントローラは、工具キャリッジ及び支持台が相対的に動く時の加工物に対する鋸ブレードの速度と、加工物に向かう方向又は離れる方向に動く速度の方向を、連続的に計算するために、位置センサからの出力信号を利用する。このデータに基くと、コントローラは、鋸ブレードが加工物と係合して切断を行っている間中、加工物を貫く、鋸ブレードの送給レートを連続的に計算する。コントローラによって計算される送給レートは、コンピュータに伝達され、切断操作を行っている時、機械操作人にリアルタイムの表示として連続的に表示される。加えて、コンピュータは、切断操作全体に亘る平均送給レートを計算する。計算された平均送給レートは、コンピュータに記憶され、また、個々の切断された加工物、帯鋸の型式、及び個々の鋸ブレードのタイプに基いた予め決められた最適値と比較するために、機械操作人に表示される。機械操作人は、帯鋸の操作を調整し、切断操作を最も効果的にするために、計算された平均送給レートと最適送給レートを比較する。

20

### 【0009】

本発明の好適実施の形態は、位置センサが、格納式の糸巻き状のワイヤと、矩形波を出力するためのAとBのチャンネルを有する方形のエンコーダで構成される。出力波は、お互いの位相が90°ずれており、位相関係は、ワイヤスプールの回転方向、結果的に、支持台に対するキャリッジの移動方向を示している。センサは、工具キャリッジ又は支持台のいずれかに設けられ、これらの構造物の間にワイヤが延びている。

30

### 【0010】

別的好適実施の形態では、観測システムが、さらに、バンド速度、即ち加工物の横軸方向に駆動されるブレードの速度を表すコントローラにデータ信号を与える近接センサを有している。コントローラは、各単位時間におけるセンサから受けたデータ信号を総計し、コンピュータにこの情報を送る。コントローラからの情報に基いて、コンピュータが実際のバンド速度を計算する。計算値は、予め決められた最適バンド速度と比較するために、コンピュータに記憶され、機械操作人にリアルタイムの表示として表示される。望ましくは、切断操作の終了時に、システムが、平均送給レート及び予め決められた最適送給レートを表示し、さらに、機械操作人が瞬時に比較できるように、計算されたバンド速度と最適バンド速度を表示する。

40

### 【0011】

本発明のその他の長所は、以下に示す詳細な説明及び添付図面によって明らかとなるであろう。

### 【0012】

#### 【発明の実施の形態】

発明を具体化した観測システムを組み込んだピボットタイプの帯鋸機を図1～図4に示す。符号10で示される帯鋸機は、金属丸棒16として図示される加工物を支持するための支持台14を区画形成する作業テーブル12を有している。さらに帯鋸は、作業テーブル12にピボット可能に取り付けられ、上位置(図1及び図3に図示)と下位置(図2及び

50

図4に図示)の間の切断操作中、支持台14に対して動けるピボットアーム又は工具キャリッジ18を有している。駆動モータ20は、ピボットアームに取り付けられ、また、出力軸21を介して駆動部品の一部を形成する駆動バンド車22と連結される。無端の帯鋸ブレード24は、駆動されるバンド車22およびピボットアーム上に取り付けられた遊びバンド車25にループ状にかけ渡されている。駆動モータ20は、機械操作人の自動調整の下、バンド車22及び遊びバンド車25の周りの鋸ブレード24を、加工物の横軸方向(矢印Aで示す)に走行させる。

#### 【0013】

図1及び図3に示すように、ピボットアームが上位置にある時、鋸ブレード24は、加工物16の頂部に近接して配置される。結果的に、個々の切断操作の開始時、上位置は、ピボットアーム18及び鋸ブレード24の位置と一致する。図2及び図4に示すように、ピボットアームが下位置にある時、鋸ブレード24は、完全に加工物16を切断している。したがって、切断操作の完了時、下位置は、ピボットアーム及び鋸ブレードの位置と一致する。機械操作人は、加工物16に対して鋸ブレード24を切断係合させたり、切断後係合を外すために、上位置と下位置との間で、ピボットアーム18の動きを自動的に調整する。

#### 【0014】

特に図3を参照するに、観測システムは、ピボットアーム18に取り付けられた位置センサ26を備えている。このセンサは、キャリッジが、上位置と下位置との間で移動する時の鋸ブレード24の位置変化、および支持台に向かう方向又は支持台から離れる方向に動く鋸ブレードの移動方向を示す信号を出す。図3に示すように、位置センサ26は、ハウジング32内のシャフト30に取り付けられた糸巻き状のワイヤ(ワイヤスプール)で構成される。ワイヤの自由端33は、適切なカップリング34によって支持台14に取り外し自在に取り付けられる。ピボットアームが上位置に移動した時、ワイヤスプールからワイヤが繰り出され、ピボットアームが下位置に移動した時、スプールとシャフト30をつなぐバンドスプリング36により、ワイヤスプールのワイヤが巻き取られる。したがって、ワイヤスプール28は、上位置と下位置の間のピボットアームの動きに応じて、ワイヤが繰り出され、巻き取られる。

#### 【0015】

さらにセンサ26は、図3に示すように、シャフト30に直接接続した方形のエンコーダ38を有している。エンコーダは、スプールがワイヤを繰り出し及び巻き取る時、シャフト30の回転位置に基いた出力信号を与える。したがって、エンコーダは、ピボットアーム18の動きをワイヤ28の変位として解釈する。前述したように、エンコーダの出力信号は、矩形出力波を出すAとBのチャンネルを有する方形タイプである。出力波は、お互いの位相が90°ずれており、位相関係は、ワイヤスプールの回転方向、結果的に、支持台に対するキャリッジの移動方向を示している。したがって、これらの信号は、上位置と下位置の間でピボットアーム18が動く時の帯鋸ブレード24の相対位置だけではなく、台に向かう方向又は台から離れる方向に動く鋸ブレードの移動方向も表している。

#### 【0016】

エンコーダをシャフト30に直接接続させる必要がないことは、当業者によって理解されるであろう。その代わりとして、エンコーダは、ワイヤ28が巻かれるブーリーに接続されてもよい。ピボットアーム18の動きに応答してワイヤが繰り出され、巻き取られる時、結果的に、ブーリーが回転し、また、エンコーダが、ブーリーの回転位置に基いて出力信号を生成する。

#### 【0017】

エンコーダ38からの出力信号は、ハウジング32内に設けられるコントローラ40に連続的に伝達される。コントローラは、エンコーダからの出力信号を総計し、ピボットアーム18が上位置と下位置との間で移動する時、支持台14に対する鋸ブレード24の速度を連続的に計算する。速度計算の精度を最適にするために、ワイヤ28は、図1～図4に示したように、加工物16の中心と心合わせした状態で支持台につながれている。

10

20

30

40

50

## 【0018】

コントローラは、エンコーダのAとBの出力チャンネル間の位相関係に基いて、加工物に向かう方向又は加工物から離れる方向のいずれかの方向に動いているブレードを、連続的に追跡する。チャンネルの出力における位相反転は、加工物に対する鋸ブレードの速度方向が変化した時を、正確に、また、瞬時に示す。方向の変化は、鋸ブレード24が加工物16を切断し、ピボットアーム18が下位置から上位置に移動し始める時に生じる。また、方向の変化は、ピボットアーム18が上位置から下位置に移動し始める切断操作の開始時にも生じる。したがって、エンコーダの出力信号は、切断操作の開始時及び終了時を正確に示し、また、結果的に、切断操作の継続時間の正確な測定を示す。

## 【0019】

システムは、切断操作全体を通じて送給レートを連続的に観測する。コントローラ40は、パソコン43等のコンピュータに接続されており、パソコン43は、モニタ44、データ記憶装置46、及び機械操作人がシステムを対話的に操作するためのキーボード48を有している。各切断操作の進行に伴って、中央演算処理装置40によって計算される送給レートは、モニタ44に連続的に表示される。各切断操作の終了時、切断操作全体に亘る平均送給レートは、コンピュータによって計算され、モニタに表示され、また、データ記憶装置46に保存される。

## 【0020】

よって、エンコーダ出力が、従来技術の観測システムにおいて使用されるマイクロスイッチと同じ目的を果たすことは明らかである。マイクロスイッチの代わりに方形のエンコーダを用いることで、帯鋸で切断される加工物が異なるプロフィールを有している場合、その都度、スイッチの位置を変更する必要がない。前述したように、このことは、従来のシステムの基本的な問題の一つである。また、上記において検討したように、方形のエンコーダは、従来は、帯鋸機の送給レートを決定する速度メーターと共に使われてきている。しかし、従来技術は、工具キャリッジの移動方向を決めるため、結果的に、切断操作の継続時間の正確な計算を行うために、エンコーダをコントローラに接続していない。さらに、従来技術のシステムは、機械操作人に送給レートのリアルタイムの値を記録し、機械操作人に送給レートのリアルタイムの表示を行うための、データ記憶ユニットおよび表示ユニットを有するコンピュータに接続されたコントローラを備えていない。さらに観測システムは、バンド速度を表し、帯鋸機の可動構成物に接続された近接センサ42を有している。図示した好適形態においては、近接センサ42は、駆動モータ20の出力軸21に接続されている。しかしながら、当業者であれば、近接センサが、例えばバンド車22に接続されていてもよいことは明らかである。センサ42は、モータ軸21の回転位置に基いて、コントローラ40にデータ信号を連続的に送る。コントローラは、単位時間当たりのデータ信号を総計し、その総計値をパソコンに送る。典型的には、上記データ信号は、1秒毎にセンサ42から供給されてくる。

## 【0021】

切断操作中の実際のバンド速度を決めるために、パソコンは、所定の倍率を、単位時間当たりに得られたデータ信号の数に掛け合わせる。所定の倍率は、帯鋸機を最大バンド速度で操作することによって、また、最大バンド速度時の単位時間当たりのデータ信号の数をコントローラから得られたデータ信号の数と関連させることによって、観測システムの初期設定中に計算される。上記掛け合わせの操作は、帯鋸機の駆動構成物の構成および近接センサ42の位置に基いている。例えば、図中において、センサ42はモータ軸21に接続されており、軸はバンド車22に直接接続されている。しかしながら、当業者にとって、モータ軸が、一般的に、モータ軸の回転速度に対するバンド車22の回転速度を調節する歯車列またはブーリーを通じて、バンド車22に接続されることとは公知である。本発明の観測システムは、異なる駆動構成物の様々な配列に適応させることができるので、近接センサの位置は、観測システムが用いられる各帯鋸機の型およびタイプに応じて変えることができる。

## 【0022】

10

20

30

40

50

バンド速度は、モニタ44にリアルタイムで表示され、また、切断操作が始まり、データ記憶装置46に記録され始めた後、一般に、予め決めておいた時間に得られる。結果的に、機械操作人は、計算された平均送給レートおよび計算されたバンド速度を、予め決めておいたこれらのパラメータの最適値と比較することができる。最適値は、加工物の大きさ、形状、及び材質、また、切断操作を行う帯鋸機の型に基いて、送給レート、バンド速度、及びブレードタイプを明細に示す既知のソフトウェアプログラムによって与えられる。そのようなプログラムの一つは、S A W C A L C の登録商標で知られるアメリカン・ソー・アンド・マニュファクチャリング・カンパニーから入手できる。計算値と最適値を比較することで、機械操作人は、切断操作を最適効率で行っているかどうかを直ちに判断することができ、もし最適効率でなければ、最大生産性およびブレード寿命を保証するために、バンド速度および送給レートを調整すべきかどうかを、直ちに判断することができる。その上、切断操作を行っている間、送給レートおよびバンド速度のパラメータを調整するために、機械操作人は、送給レートおよびバンド速度の連続的なリアルタイム表示を利用することができる。これは、金属棒16のような、均一な(consistent)横断面を有さない加工物の切断時における特別な利点である。

10

20

## 【0023】

モニタ44上に表示される典型的な画面表示を図5に示す。表示ヘッダーは、現在の日時、機械操作人の名前、ブレードの製造番号およびブレードの歯ピッチ(T.P.I)を含む使用する鋸ブレードの情報を含んだ総合情報を表わす。また、それぞれ個々の切断操作における材料切断エリアの総計によって計算することで、ヘッダは、その鋸ブレードを用いて切断される材料の切断平方インチ計(切断面積計)を表わす。加工物に切断を行うための操作情報は、ヘッダの下において横行に分割された形で行毎に表示される。図5に示すように、各横行は、複数の列が配置された一連の欄を有しており、各列は、切断番号、実際に切断を行った日付、及び切断時にブレードの故障が生じたかどうかを示している。故障メッセージは、実際の故障が生じた切断の次の切断のために、当該列に表示される。分割された欄には、加工オーダー番号、加工物のグレードおよび大きさ、加工物の断面積が表示される。また、加工物の大きさに関しては、欄Wに何も記載されなければ、その部品は丸い断面を有していると判断される。

20

30

## 【0024】

また、分割欄には、送給レート(TRAV)およびバンド速度が表示される。前述したように、バンド速度は、モニタ44上にリアルタイムで表示され、切断操作が始まり、また、データ記憶装置46に記録された後に、一般的に予め決めておいた時間に得られる。さらに、表示は、切断の開始時間および終了時間、切断の継続時間、及び1分間の平方インチ単位の平均切断面積も表示する。

30

40

## 【0025】

図5に示すように、モニタ44は、一連の切断操作全体のリアルタイム表示を行っていることから、機械操作人は、帯鋸の性能を連続的に分析することができ、切断パラメータを調整して生産性を最大にすることができる。上述したように、操作人は、計算したバンド速度および平均送給レート値と、データ記憶装置から引き出されるか又はモニタ上の分割欄に表示される予め決められた最適値を比較することで、分析を行う。

## 【0026】

本発明の他の利点は、現行型の帯鋸機についても、本発明の観測システムを容易に設けることができる。ワイヤスプール28、方形のエンコーダ38、及びコントローラ40を有するハウジング32は、機械的に又は磁気的にいかなる帯鋸機にも付設することができる。カップリング34は、支持台に単純に取り付けられており、ワイヤはスプールからカップリングに延びている。ケーブル接続は、エンコーダ38およびパソコン43のような適当なパソコンに対してなされる。システムを完成させるためには、近接センサ42を機械に設け、コントローラに接続する。前述したように、センサ42の位置が、機械には関係ない。したがって、システムは、新しい帯鋸型又は現行の帯鋸型のいずれに対しても、普遍的に適用可能である。

50

【 0 0 2 7 】

クレームによって明らかになる本発明の主旨から外れることなく、非常に多くの変形例が本発明のこれら及びその他の好適実施の形態から想到でき、このことは当業者にとっては自明である。例えば、表示モニタと同様の、送給レートのリアルタイムの表示は、表示モニタと共にコントローラにおいても表示するようにしてもよい。その上、近接センサは、モータ軸の代わりに、駆動するバンド車に接続することができ、又はワイヤスプールは支持台に設けることができ、ワイヤの自由端はピボットアームにつなぐことができる。さらに、システムは、各切断操作のために開始時間および終了時間を判定し、記録していることから、それに伴って、切断操作間の無切断時間も、計測され、記録される。

【 0 0 2 8 】

結果的に、上記した好適形態の詳細な説明は、例示的に説明・図示されたものであり、上記の説明には限定的な意図はない。

## 【図面の簡単な説明】

【 図 1 】

図1は、鋸のピボットアームが上位置にあるピボットタイプの帯鋸機の概略図である。

【 図 2 】

図2は、図1におけるピボットアームが下位置にある帶鋸機の概略図である。

【 図 3 】

図3は、図1における鋸のピボットアームが上位置にある帯鋸の部分破断側面図であり、発明を具体化した観測システムを含んでいる。

【 図 4 】

図4は、図1における鋸のピボットアームが下位置にある帶鋸の部分破断側面図である。

【 図 5 】

図5は、図3に示した観測システムによって生成したリアルタイムの画面表示であり、帶鋸によってなされる切断操作の操作パラメータを示している。

〔 図 5 〕

## 【国際公開パンフレット】

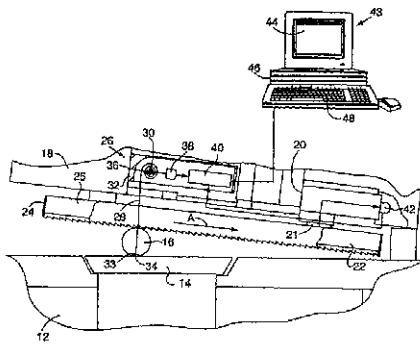
PCT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification 6 : G06F 13/10	A1	(11) International Publication Number: WO 00/04455
(21) International Application Number: PCT/US99/15658		(12) International Publication Date: 27 January 2000 (27.01.00)
(22) International Filing Date: 12 July 1999 (12.07.99)		
(30) Priority Data: 09/114,837 14 July 1998 (14.07.98) US		(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CL, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SI, SG, SI, SK, SL, TD, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(71) Applicant (for all designated States except US): AMERICAN SAW & MFG. COMPANY [US/US]; 301 Chestnut Street, East Longmeadow, MA 01028-0504 (US).		
(72) Inventor; and		
(73) Inventor/Applicant (for US only): GORMAN, PAUL W. [US/US]; 561 Williams Street, Longmeadow, MA 01106 (US).		Published With international search report.
(74) Agent: GIARRATANA, Mark D; Cummings & Lockwood, Cummings Square, 700 State Street, New Haven, CT 06509-1960 (US).		

(54) Title: MACHINE TOOL MONITORING SYSTEM



(57) Abstract

An improved monitoring system for a band saw (10) has at least one position sensor (26), a controller (40), and a computer (43) including a data storage device (46) and a display monitor (44) linked to the controller. The system may be used with new and existing models of band saws (10) to provide real-time data relating to feed rate and band speed during the time saw blade (24) is in cutting engagement with a workpiece (16). A machine operator utilizes the data to optimize the operation of the band saw (10) as it proceeds through a series of cutting operations.

*FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY*

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LN	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SP	Sri Lanka
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Togo
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Tajikistan
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Turkmenistan
BE	Belgium	GN	Guinea	ML	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TR	Turkey
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MM	Mongolia	UA	Ukraine
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UG	Uganda
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Morocco	US	United States of America
BT	Bhutan	IS	Iceland	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	VN	Viet Nam
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	YC	Yugoslavia
CG	Congo	KR	Korea	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand		
CI	Costa Rica	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KR	Republic of Korea	RO	Romania		
CO	Colombia	KZ	Kazakhstan	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	SD	Sudan		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SE	Sweden		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SG	Singapore		
ER	Eritrea	LR	Liberia				

MACHINE TOOL MONITORING SYSTEMTechnical Field

The present invention relates generally to machine tool monitoring systems and, in particular, to an improved machine tool monitoring system comprising at least one position sensor linked to a controller, the system being particularly suitable for data acquisition, performance analysis, and productivity optimization in cutting 10 applications utilizing band saw machines.

Background Art

A typical band saw machine of the type to which the invention pertains includes a tool carriage for 15 supporting a saw blade which is driven about a pair of band wheels, and a support bed which supports a workpiece to be cut by the saw. The carriage is moveable toward and away from the support bed to advance the saw blade through the workpiece in a cutting operation and to withdraw the blade 20 from the workpiece when the cutting operation is complete.

Monitoring systems for determining and displaying the feed rate of a band saw blade through a workpiece are known in the art. One such system employs at least two 25 microswitches or limit switches which indicate the beginning and end of the cutting operation. One microswitch is located at a distance from the support bed which corresponds to the carriage position just prior to the point where the saw blade enters the workpiece. A second microswitch is located 30 at the carriage position where the saw blade has cut through the work piece and contacts the support bed. An associated timing device measures the time duration of the cutting operation, and the system calculates the average feed rate of the blade through the workpiece based on the distance between the two switch locations and the measured time 35 duration of the cutting operation.

This system presents a number of drawbacks. First, the system does not provide a real time indication of the feed rate of the saw blade throughout the workpiece.

2

Rather, the operator must wait until the entire cutting operation is complete before the calculated feed rate can be obtained. Second, the system calculates only an average feed rate over the entire cutting operation. Thus, there is no indication of how the feed rate might vary during different portions of the cutting operation in the case, for example, where the workpiece does not present a consistent cross section. Further, the switch location indicating the start of the cutting operation must be continuously moved as workpieces having different profiles are cut by the band saw. This is the case since the distance between the support bed and the point where the saw blade initially engages the workpiece will likely change as the profiles of the workpieces change.

In an alternative system, a retractable wire spool is mounted on the tool carriage with the wire extending between the carriage and the support bed. The spool is linked to a quadrature encoder, and as the carriage moves toward the support bed during a cutting operation and the wire spool retracts, the encoder translates the movement of the carriage as displacement of the wire. Data signals representing the relative position of the carriage with respect to the workbed are fed to an associated rate meter which determines the feed rate of the saw blade through the workpiece based on the data provided by the encoder. The rate meter provides a visual display of the feed rate to a machine operator. This system does not record the feed rate, but simply displays the feed rate as the cutting operation proceeds. Thus, in order to determine the feed rate the operator must continuously observe the output of the rate meter throughout the actual cutting operation. The operator can adjust the operation of the machine based on the rate that is observed, but any adjustments are the result of completely manual feedback by the operator. No data is recorded and, therefore, no continuous real-time summary of the cutting operations performed by the band saw are provided. Thus, the operator cannot analyze the overall

3

performance of the saw over a series of cutting operations to optimize productivity.

Accordingly, an improved band saw monitoring system would provide the following capabilities. The 5 monitoring system would continuously calculate the relative position of the cutting blade with respect to the workpiece during the cutting operation and the direction of movement of the blade within, toward or away from the workpiece. Based on this data, the system would continuously determine 10 the feed rate of the blade throughout the cutting operation. The system would also accurately determine the time duration of each cutting operation and provide an average feed rate for the entire cutting operation. The system would also determine the running speed of the cutting blade, i.e., the 15 rate at which the saw blade is advanced around the band wheels. To optimize productivity and reduce premature blade failure, the system would provide a real-time display of the measured parameters to a machine operator for comparison with optimum values. The system would also preserve the 20 measured data for future analysis.

It is, therefore, an object of the present invention to provide an improved machine monitoring system for a band saw which overcomes the above-described drawbacks and disadvantages of the prior art while providing the 25 aforementioned capabilities.

Summary of the Invention

The present invention provides a monitoring system for a band saw of the type having a support bed for 30 supporting a workpiece and a tool carriage which supports a band saw blade driven in a direction transverse to the workpiece, the tool carriage and support bed being movable relative to one another during a cutting operation. The system may be employed in conjunction with vertical, 35 horizontal or pivot type band saw machines, and with band saw machines of various feed types, including pressure feed

4

band saws, constant traverse feed saws and band saws employing a combination of these feed types.

The monitoring system comprises at least one position sensor, a controller, and a computer including a data storage device and a display unit, such as a PC, linked with the controller. The controller utilizes output signals from the position sensor to continuously calculate both the velocity of the saw blade with respect to the workpiece as the tool carriage and the support bed move relative to one another and the direction of that velocity either toward or away from the workpiece. Based on this data, the controller continuously calculates the feed rate of the saw blade through the workpiece during the period the saw blade is in cutting engagement with the workpiece. The feed rate calculated by the controller is forwarded to the computer and is continuously provided as a real-time display to the machine operator as the cutting operation proceeds. In addition, the computer calculates the average feed rate over the entire cutting operation. The calculated average feed rate is stored by the computer and is displayed to the machine operator for comparison with a predetermined optimum value based on the particular workpiece being cut, the model of band saw, performing the cutting operation, and the particular type of saw blade being used. The machine operator compares the calculated average feed rate with the optimum feed rate to control the operation of the band saw and optimize the cutting operation.

In the preferred embodiment of the invention, the position sensor comprises a retractable spool of wire and an associated quadrature encoder having A and B channels which provide square wave outputs. The wave outputs are 90° out of phase with each other, and the phase relationship indicates the direction the wire spool is turning and, accordingly, the direction the carriage is moving with respect to the support bed. The sensor is mounted on either the tool carriage or the support bed with the wire extending between these structures.

WO 0004455

PCT/US99/15658

5

In the preferred embodiment, the monitoring system further includes a proximity sensor which provides data signals to the controller representing the band speed, i.e., the speed at which the blade is being driven in a direction transverse to the workpiece. The controller sums the data signals received from the sensor per unit time and forwards this information to the computer. Based on the information provided by the controller, the computer calculates the actual band speed. The calculated value is stored by the computer and is provided as a real-time display to the machine operator for comparison with a predetermined optimum band speed. Preferably, at the conclusion of the cutting operation, the system displays the average feed rate and the predetermined optimum feed rate, as well as the calculated band speed and the optimum band speed for immediate comparison by the machine operator.

Other advantages of the present invention will become apparent in view of the following detailed description and the accompanying drawings.

20

Brief Description of the Drawings

The invention will now be described by way of example with reference to the drawings in which:

Fig. 1 is a schematic illustration of a pivot-type band saw machine with the pivot arm of the saw in the raised position.

FIG. 2 is a schematic illustration of the band saw of Fig. 1 with the pivot arm in the lowered position.

Fig. 3 is a partially cut away side view of the band saw of Fig. 1 with the pivot arm of the saw in the raised position and including a monitoring system embodying the invention.

Fig. 4 is a partially cut away side view of the band saw of Fig. 1 with the pivot arm of the saw in the lowered position.

Fig. 5 is a real-time screen display generated by the monitoring system illustrated in Fig. 3 indicating

operating parameters of the cutting operation performed by the band saw.

Detailed Description of the Preferred Embodiment

5 A pivot-type band saw machine incorporating a monitoring system embodying the invention is illustrated in Figs. 1-4. The band saw machine, generally designated 10, includes a work table 12 defining a support bed 14 for supporting a workpiece, such as the illustrated round metal 10 bar 16. The band saw further includes a pivot arm or tool carriage 18 pivotally mounted on the work table 12 for movement relative to the support bed 14 during a cutting operation between a raised position (shown in Figs. 1 and 3) and a lowered position (shown in Figs. 2 and 4). A drive 15 motor 20 is mounted on the pivot arm and is coupled by an output shaft 21 to a driven band wheel 22 which also forms a part of the drive assembly. An endless band saw blade 24 is looped around the driven band wheel 22 and an associated idler band wheel 25 which is also mounted on the pivot arm. 20 The drive motor 20 advances the saw blade 24 around the band wheels 22 and 25 in a direction transverse to the workpiece (indicated by arrow A) under the automatic control of a machine operator.

As shown in Figs. 1 and 3, when the pivot arm is 25 in the raised position, the saw blade 24 is disposed immediately adjacent to the top of the work piece 16. Accordingly, the raised position corresponds to the position of the pivot arm 18 and the saw blade 24 at the start of a particular cutting operation. As shown in Figs. 2 and 4, 30 when the pivot arm is in the lowered position, the saw blade 24 has completely cut through the workpiece 16. Thus, the lowered position corresponds to the position of the pivot arm and the saw blade at the completion of the cutting operation. The machine operator automatically controls the 35 movement of the pivot arm 18 between the raised and lowered positions to bring the saw blade 24 into and out of cutting engagement with the workpiece 16.

Referring in particular to Fig. 3, the monitoring system comprises a position sensor 26 which is mounted on the pivot arm 18. The sensor provides signals representing the changing position of the saw blade 24 as the carriage is moved between the raised and lowered positions, and the direction of movement of the saw blade either toward or away from the support bed. As shown in Fig. 3, the position sensor 26 comprises a spool of wire 28 mounted on a shaft 30 within a housing 32. The free end 33 of the wire is releasably attached to the support bed 14 by a suitable coupling 34. As the pivot arm moves to the raised position, the wire spool unwinds, and as the pivot arm moves to the lowered position a band spring 36 connecting the spool to the shaft 30 causes the spool to retract. Thus, the spool of wire 28 unwinds and retracts in accordance with the movement of the pivot arm 18 between the raised and lowered positions.

The sensor 26 further includes a quadrature encoder 38 which is linked directly to the shaft 30, as shown in Fig. 3. The encoder provides output signals based on the rotational position of the shaft 30 as the spool unwinds and retracts. Thus, the encoder translates the arcuate movement of the pivot arm 18 as displacement of the wire 28. As noted previously, the output signals of the encoder are of the quadrature type having A and B channels which provide square wave outputs. The wave outputs are 90° out of phase with each other, and the phase relationship indicates the direction the wire spool is turning and, accordingly, the direction the carriage is moving with respect to the support bed. Thus, these signals represent not only the relative position of the band saw blade 24 as the pivot arm 18 is moved between the raised and lowered positions, but also represent the direction of movement of the saw blade toward or away from the bed.

It will be appreciated by those skilled in the art that the encoder need not be linked directly to the shaft 30. Instead, the encoder may be linked to a pulley over

which the wire 28 extends. As the wire unwinds and retracts in response to the movement of the pivot arm 18 the pulley is rotated accordingly, and the encoder generates output signals based on the rotational position of the pulley.

5 Output signals from the encoder 38 are continuously fed to a controller 40 which is also mounted within the housing 32. The controller sums the output signals from the encoder and continuously calculates the velocity of the saw blade 24 with respect to the support bed 10 14 as the pivot arm 18 moves between the raised and lowered positions. In order to maximize the accuracy of the velocity calculation, the wire 28 is coupled to the support bed in alignment with the center of the workpiece 16 as shown in Figs 1-4.

15 The controller also continuously tracks the direction the blade is moving either toward or away from the workpiece based on the phase relationship between the output channels A and B of the encoder. A phase reversal in the outputs of the channels provides a precise and instantaneous 20 indication that the direction of the velocity of the saw blade with respect to the workpiece has changed. A change in direction occurs when the saw blade 24 has cut through the workpiece 16 and the pivot arm 18 begins moving from the lowered position to the raised position. A change in 25 direction also occurs at the start of the cutting operation when the pivot arm 18 begins moving from the raised position to the lowered position. Thus, the output signals of the encoder provide a precise indication of the beginning and end of the cutting operation and, accordingly, an accurate 30 measurement of the time duration of the cutting operation.

The system continuously monitors the feed rate throughout the entire cutting operation. The controller 40 is linked to a computer, such as PC 43, which includes a monitor 44, a data storage device 46 and a keyboard 48 35 through which the machine operator interacts with the system. As each cutting operation proceeds, the feed rate calculated by the central processor 40 is continuously

9

displayed on the monitor 44. At the end of each cutting operation, the average feed rate over the entire cutting operation is calculated by the computer and is displayed on the monitor and also stored in the data storage device 46.

5 It should therefore be apparent that the encoder outputs serve the same purpose as the microswitches used in prior art monitoring systems. Substituting the quadrature encoder for the microswitches obviates the need to reposition the switches each time a workpiece having a 10 different profile is cut by the band saw. As noted previously, this is one of the primary disadvantages of the prior system. It should also be appreciated that, as discussed previously, while quadrature encoders have been used in the past in conjunction with rate meters to 15 determine the feed rate of band saw machines, the prior art did not link the encoder to a controller to determine the direction of movement of the tool carriage and, accordingly, permit a precise calculation of the duration of the cutting operation. Further, the prior art systems did not employ a 20 controller linked to a computer including data storage and a display unit to record and provide a real-time display of the feed rate to the machine operator.

The monitoring system further comprises a 25 proximity sensor 42 linked to a moving component of the band saw machine that represents band speed. In the illustrated embodiment, the proximity sensor 42 is shown linked to the output shaft 21 of the drive motor 20. However, those skilled in the art will recognize that the proximity sensor could, for example, be linked to the band wheel 22. The 30 sensor 42 continuously provides data signals to the controller 40 based on the rotational position of the motor shaft 21. The controller sums the data signals per unit time, typically the data signals provided by the sensor 42 per second, and forwards the summed value to the PC. 35 To determine the actual band speed during a cutting operation, the PC multiplies the number of data signals received per unit time by a scale factor. The scale

WO 0004455

PCT/US99/15658

10  
factor is calculated during the initial set up of the monitoring system by operating the band saw machine at maximum band speed and relating the number of data signals per unit time at maximum band speed to the number of data signals obtained from the controller. The scaling operation is based on the particular configuration of the band saw machine's drive components and the position of the proximity sensor 42. For example, in the drawings sensor 42 is shown connected to motor shaft 21 and the shaft is shown directly connected to band wheel 22. However, as is well-known to those skilled in the art, the motor shaft is typically connected to band wheel 22 through a gear train or pulley which controls the rotational speed of the band wheel 22 with respect to the rotational speed of the motor shaft.  
15 Since the monitoring system of the present invention can accommodate various arrangements of different drive components, the position of the proximity sensor can vary depending on the particular band saw machine model and type with which the monitoring system is used.  
20 The band speed is displayed real-time on the monitor 44 and is typically captured at a predetermined time after the cutting operation has begun and recorded in the data storage device 46. Accordingly, the machine operator can compare both the calculated average feed rate and the 25 calculated band speed with predetermined optimum values for these parameters. The optimum values are provided by known software programs which specify feed rate, band speed and blade type based on the size, shape and material composition of the workpiece and the particular model of band saw  
30 machine performing the cutting operation. One such program is available from American Saw and Mfg. Co. under the trademark SAWCALC<sup>®</sup>. By comparing the calculated values to the optimum values, the machine operator can immediately determine if the cutting operation is proceeding at optimum 35 efficiency and, if not, the band speed and feed rate should be adjusted to insure maximum productivity and blade life. Moreover, the machine operator can utilize the continuous

WO 00/04455

PCT/US99/15658

11

real-time display of the feed rate and band speed to adjust these parameters while a particular cutting operation is proceeding. This is a particular advantage when cutting workpieces which do not present a consistent cross-section, 5 such as the metal bar 16.

A typical screen display provided on the monitor 44 is shown in Fig. 5. A display header provides general information including the current date and time, the name of the machine operator, and information regarding the 10 particular saw blade being used, including the blade identification number and the tooth pitch (T.P.I.) of the blade. The header also indicates the total square inches of material (Total Squares) cut by the identified saw blade as calculated by summing the area of material cut in each 15 individual cutting operation. Operating information for each cut made in the workpiece is displayed in a separate row below the header. As shown in Fig. 5, each row includes a series of fields arranged in columns indicating the cut number, the date the cut was actually made and whether blade 20 failure occurred on that particular cut. It should be noted that the failure message will appear in this column for the cut following the cut on which the actual failure occurred. Separate fields are provided for the work order number, the 25 grade and size of the workpiece and the cross-sectional area of the workpiece. It should also be noted that with respect to the size of the workpiece, if no entry is made in field W then the part has a round cross section.

Separate fields are also provided for feed rate (TRAV) and band speed. As noted previously, the band speed 30 is displayed real-time on the monitor 44 and is typically captured at a predetermined time after the cutting operation has begun and recorded in the data storage device 46. The display further provides the start and stop time of each 35 cut, the time duration of each cut and the average square inches cut per minute.

As shown in Fig. 5, the monitor 44 provides a real-time display of an entire series of cutting operations

12

so that the machine operator can continuously analyze the performance of the band saw and adjust the cutting parameters to maximize production. As noted above, the operator performs the analysis by comparing the calculated 5 band speed and average feed rate values with the predetermined optimum values which may be retrieved from data storage or which may be displayed in a separate field on the monitor.

Another advantage provided by the invention is 10 that existing models of band saw machines can be easily retrofitted with the monitoring system. The housing 32 including the spool of wire 28, the quadrature encoder 38, and the controller 40 can be mechanically attached or even magnetically attached to any band saw machine. The coupling 15 34 is then simply mounted to the support bed and the wire extended from the spool to the coupling. The cable connections are made to the encoder 38 and to a suitable PC, such as the PC 43. To complete the system, the proximity 20 sensor 42 is mounted in the machine and linked to the controller. As noted previously, the position of the sensor 42 is machine independent. Thus, the system is universally 25 adaptable to any, new or existing band saw model.

As will be recognized by those skilled in the pertinent art, numerous modifications may be made to these 30 and other embodiments of the present invention without departing from the scope of the invention as defined in the claims. For example, a real-time display of the feed rate is preferably provided by the controller as well as the display monitor. Moreover, the proximity sensor could be 35 linked to the driven band wheel instead of the motor shaft, or the spool of wire could be mounted on the support bed and the free end of the wire coupled to the pivot arm. Further, since the system determines and records the start and stop time for each cutting operation, the non-cutting time between cutting operations can also be quantified and recorded.

WO 00/04455

PCT/US99/15658

13

Accordingly, the detailed description of the embodiments set forth above must be taken in an illustrative rather than a limiting sense.

What is claimed is:

1. A monitoring system for a band saw machine of the type having a support bed for supporting a workpiece and a tool carriage which supports a band saw blade driven in a direction transverse to the workpiece, the tool carriage and support bed being movable relative to one another and the saw blade being driven relative to the workpiece during a cutting operation, said monitoring system comprising:
  - 10 at least one position sensor mounted on one of the tool carriage and the support bed for providing output signals representing the relative position of the band saw blade with respect to the support bed and the direction of movement of the saw blade relative to the support bed during the cutting operation;
  - 15 a controller for receiving the data provided by the position sensor and continuously calculating the velocity of the saw blade with respect to the support bed and continuously tracking the direction of movement of the saw blade toward or away from the support bed;
  - 20 a computer linked to the controller and including a data storage device for storing data representing the feed rate calculated by the controller; and
  - 25 a display unit for providing a real-time display of the calculated feed rate.
2. The monitoring system of claim 1, wherein the position sensor comprises:
  - 5 a retractable spool of wire mounted on one of the tool carriage and the support bed with the wire extending therebetween, the wire having a free end coupled to the other of the tool carriage and support bed, wherein the wire spool unwinds and retracts in accordance with the movement of the tool carriage and the support bed relative to one another; and
  - 10 a quadrature encoder having quadrature outputs associated with the retractable spool for translating the

WO 00/04455

PCT/US99/15658

15

movement of the tool carriage and the support bed relative to one another as displacement of the wire as the spool unwinds and retracts in accordance with the movement and for 15 representing the direction of movement of the tool carriage and support bed relative to one another.

3. The monitoring system of claim 2, wherein the display unit further provides a display of the average feed rate for the cutting operation and an optimum feed rate for the cutting operation.

4. The monitoring system of claim 1, further comprising:

5 a proximity sensor for providing data signals representing the speed at which the blade is being driven about the band wheels, wherein the controller sums the data signals provided by the proximity sensor per unit time and the computer calculates the actual band speed based on the sum of the data signals.

5. The monitoring system of claim 4, wherein the calculated band speed is stored together with an optimum band speed and wherein the display unit provides a real-time display of both the calculated and the optimum band speeds.

6. The monitoring system of claim 5, wherein the data storage device stores the calculated average feed rate, the calculated band speed, the optimum average feed rate and the optimum band speed for a plurality of cutting operations 5 and the display unit provides a real-time display of the calculated and optimum feed rates and band speeds.

7. The monitoring system of claim 6, wherein the computer calculates the time duration of the cutting operation.

16

8. A method for monitoring the performance of a band saw machine of the type having a support bed for supporting a workpiece and a tool carriage which supports a band saw blade driven in a direction transverse to the workpiece, the tool carriage and support bed being movable relative to one another and the saw blade being driven relative to the workpiece during a cutting operation, said method comprising the steps of:

- a) providing data representing the relative position of the band saw blade with respect to the support bed during the cutting operation;
- b) providing data representing the direction of movement of the saw blade relative to the support bed during the cutting operation;
- c) continuously calculating the feed rate of the saw blade through the workpiece when the blade is in cutting engagement with the workpiece based on the data;
- d) continuously tracking the direction of movement of the tool carriage and support bed relative to one another;
- e) providing a real-time display of the calculated feed rate as the cutting operation proceeds, and a calculated average feed rate for the entire cutting operation;
- f) providing an optimum feed rate for the saw blade when it is in cutting engagement with the workpiece; and
- g) comparing the calculated average feed rate to the optimum feed rate to determine if these rates differ.

9. The method of claim 8 further comprising the step of:

- h) adjusting the operation of the band saw so that the calculated average feed rate equals the optimum feed rate.

WO 80/04455

PCT/US99/15658

17

10. The method of claim 9 further including the steps of:  
i) calculating the band speed of the saw blade during the period the blade is in cutting engagement with the workpiece;  
j) providing an optimum band speed for the blade during this period;  
k) providing a real-time display of the calculated band speed;  
l) comparing the calculated band speed and the optimum band speed to determine if these speeds differ; and  
m) adjusting the operation of the band saw so that the calculated band speed equals the optimum band speed.

11. The method of claim 10, wherein steps a) - m) are repeated for a plurality of cutting operations.

12. The method of claim 10 wherein steps f) and j) are further characterized in that the optimum feed rate and band speed, respectively, are simultaneously displayed

13. The method of claim 10, further including the step of calculating the duration of each cutting operation based on changes in the direction of movement of the tool carriage and support bed relative to one another.

14. The method of claim 10, further including the step of calculating the time between cutting operations based on changes in the direction of movement of the tool carriage and support bed relative to one another.

WO 00/04455

PCT/US99/15658

1/4

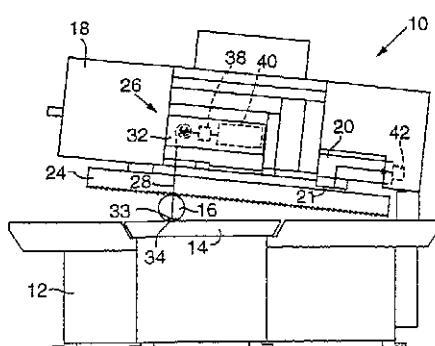


FIG. 1

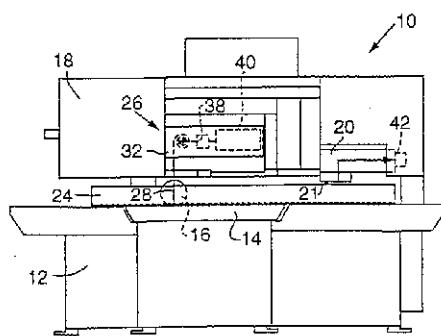


FIG. 2

2/4

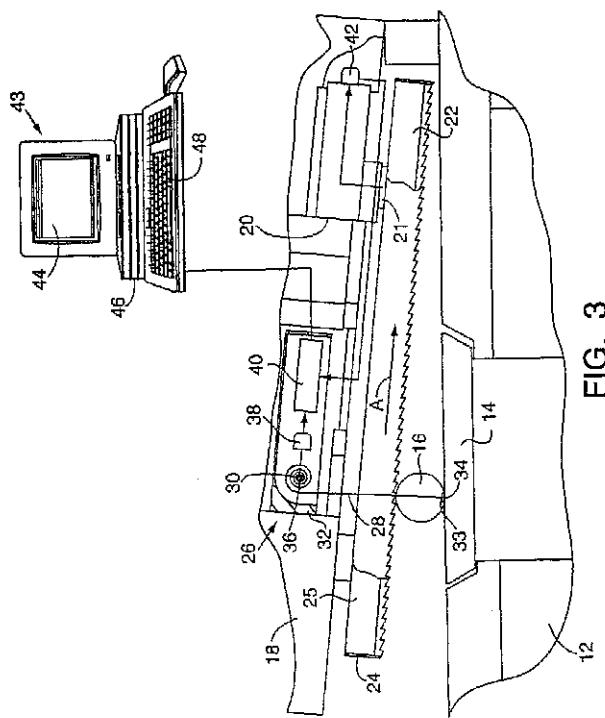


FIG. 3

3/4

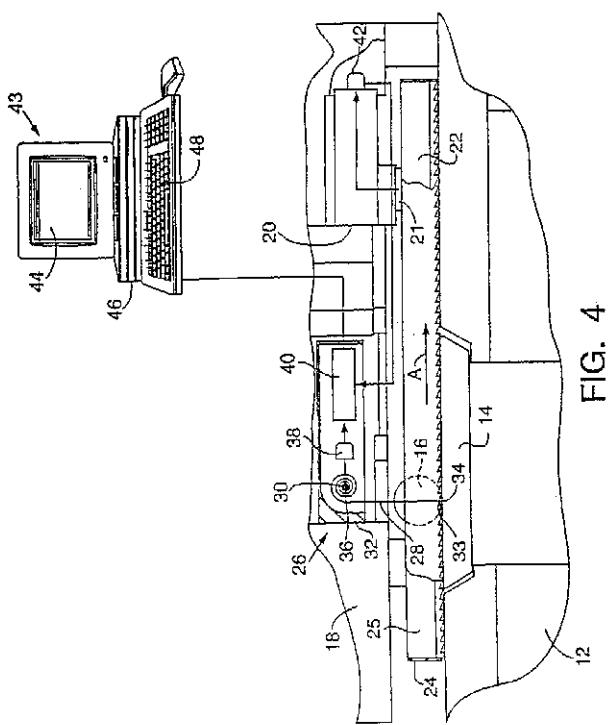


FIG. 4

4/4

Machine Monitor										TOTAL SQUARES: 864			
BLADE NAME:		OPERATOR:		DATE:		TIME:		AREA(A)		TRAY	STOP	CUT	SQUARES
TRP#:	BLADE #:	WO#	GRADE	DATE	CUT	SIZE	CUT SQ	SPD (DPM)	57	56	57	MIN	PER MIN
		13	06/05/98	5210	H4.375	15.03	164	1.53	57	43	56	2.8	5.4
		14	06/05/98	5210	H4.375	15.03	164	1.54	50	45	48	2.9	5.3
		15	06/05/98	5210	H4.375	15.03	164	1.59	22	50	53	2.8	5.5
		16	06/05/98	5210	H4.375	15.03	164	1.57	13	53	56	2.8	5.4
									00	00			

FIG. 5

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US99/15658
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC(6) :Please See Extra Sheet. US CL :700/180 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)		
U.S. : 700/174, 180, 186, 188, 310/570, 371, 451/8		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
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.
Y	US 5,746,644 A [CHEETHAM] 05 May 1998, Whole document.	1-7
Y	US 5,663,886 A [LUECK] 02 September 1997, Whole document.	1-7
Y	US 4,787,049 A [HIRATA et al.] 22 November 1988, Whole document.	8-14
Y	US 5694, 821 A [SMITH] 09 December 1997, Whole document.	8-14
A	US 5,315,523 A [FUJITA et al] 24 May 1994, Whole document.	1-14
A, P	US 5,828,992 A [KUSMIERCZYK] 27 October 1998, Whole document.	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining, in general state of the art which is not considered to be of particular relevance *B* earlier document 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 relevance (as specified) *P* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *T* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *A* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 SEPTEMBER 1999	Date of mailing of the international search report 21 OCT 1999	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 308-9051	Authorized officer KIDEST BAH James R. Mottlous Telephone No. (703) 308-6103	

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)\*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US99/15658A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:  
IPC (6):

G06F 13/10

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,SD,SL,SZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,CA,CH,CN,CU,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,GB,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MD,MG,MK,MN,MW,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZW

(72)発明者 ゴーマン, ポール, ダブリュー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ロングメドウ ウィリアムズストリート 561

F ターム(参考) 3C040 AA16 BB12 CC13 DD15 FF05 GG44