

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-504177
(P2004-504177A)

(43) 公表日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int. Cl.⁷
B29C 31/00

F I
B29C 31/00

テマコード (参考)
4F201

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 81 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-511950 (P2002-511950)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成13年7月12日 (2001.7.12)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成14年3月12日 (2002.3.12)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2001/041354</p> <p>(87) 国際公開番号 W02002/006029</p> <p>(87) 国際公開日 平成14年1月24日 (2002.1.24)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/218, 642</p> <p>(32) 優先日 平成12年7月13日 (2000.7.13)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 09/804, 401</p> <p>(32) 優先日 平成13年2月27日 (2001.2.27)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 595109650 ストラタシス・インコーポレイテッド STRATASYS, INC. アメリカ合衆国 55344 ミネソタ州 、エデン・プレーリー、マーティン・ドライブ 14950</p> <p>(74) 代理人 100078282 弁理士 山本 秀策</p> <p>(72) 発明者 スワンソン, ウィリアム ジョン アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, ミネアポリス, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス 、インコーポレイテッド 気付</p>
--	---

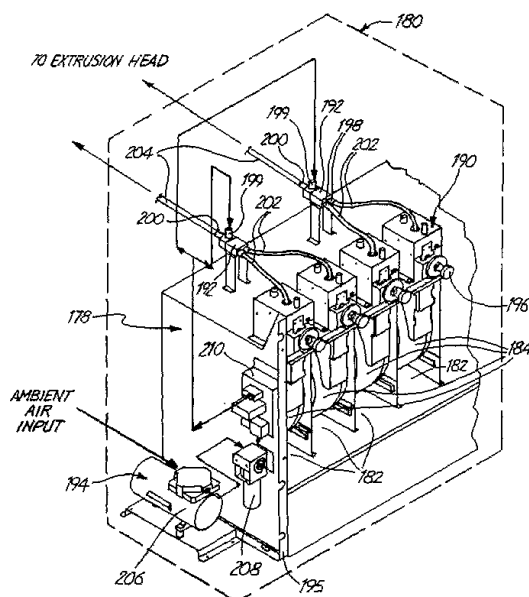
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィラメントカセットおよび装填システム

(57) 【要約】

三次元堆積モデリング機械内でフィラメントを供給するフィラメントカセットおよびフィラメントカセット受器が開示されている。フィラメントカセットは、フィラメントの回転可能スプールを含み、出口オリフィスを有し、出口オリフィスを介してフィラメントストランドがカセットを出ることができる。フィラメントカセット受器は、モデリング機械の装填ベイに装着され、フィラメントカセットを受ける。フィラメントカセット受器は、フィラメントのストランドをカセットから受けるコンジットと、フィラメントストランドをコンジットを介して送る駆動手段とを有する。本発明は、フィラメントを簡便な状態でモデリング機械に係合および分離する方法を提供し、環境における湿気からフィラメントを保護する状態で実現され得る。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フィラメントの形態で供給され、加熱される場合に流動可能になるようにされたモデリング材料を押し出すことによって三次元オブジェクトを構築するモデリング機械に、フィラメントを供給するフィラメントカセットであって、
巻かれたフィラメントの回転可能スプールを含む乾燥チャンバと、
該チャンバから出口オリフィスへと延びるフィラメント経路と、
該フィラメント経路に沿って該スプールからフィラメントストランドを送る手段と、
該チャンバ内への空気の流れを妨げる手段と、
を備える、フィラメントカセット。

10

【請求項 2】

前記送る手段が、前記フィラメント経路に沿って、互いに反対側に装着されて、その間の前記フィラメントを把持する一対のローラーを備える、
請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 3】

前記一対のローラーのうちの各ローラーが受動的であり、該一対のうちの一方のローラーが、外部駆動力を受けるようにアクセス可能な追従ローラーである、請求項 2 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 4】

前記追従ローラーが、前記フィラメント経路に対して垂直な方向の回転の浮動軸を有し、外部から加えられた力がない場合に該追従ローラーが該フィラメント経路から離れるように移動することを可能にして、該フィラメント経路内のフィラメントストランドへの圧力をなくす、請求項 3 に記載のフィラメントカセット。

20

【請求項 5】

前記送る手段が、前記フィラメント経路の壁の反対側に装着されたぎざぎざのローラーを備えて、その間のフィラメントストランドを把持する、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 6】

前記ぎざぎざのローラーが、外部駆動力を受けるようにアクセス可能である、請求項 5 に記載のフィラメントカセット。

30

【請求項 7】

前記送る手段が、フィラメントのストランドが位置付けられる、前記フィラメント経路の壁における隆起した輪郭を含み、該隆起した輪郭は、外部推進力が該フィラメントのストランドに与えられるようにアクセス可能である、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 8】

前記隆起した輪郭は、アイドルホイールの表面によって規定される、請求項 7 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 9】

前記空気の流れを妨げる手段が、前記フィラメント経路に沿って空気の流れを妨げている間に、該フィラメント経路において前記フィラメントストランドを位置付ける保持部を備える、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

40

【請求項 10】

前記チャンバへの空気の流れを妨げる手段が、さらに前記フィラメント経路への空気の流れも妨げる、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 11】

前記チャンバおよび巻かれたフィラメントが、100万分の700未満の水分含有量まで乾燥される、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 12】

前記チャンバ内にさらに乾燥剤を含む、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

50

【請求項 13】

外部コントローラにとってアクセス可能なように前記カセットに装着され、前記フィラメントに関する情報を含む、電子的に読み出しおよび書き込み可能なデータストアをさらに含む、請求項 1 に記載のフィラメントカセット。

【請求項 14】

コントローラの制御下で流動可能なモデリング材料を堆積することによって三次元オブジェクトを構築するモデリング機械において、該モデリング材料がスプールされたフィラメントの形態で該機械に提供され、該機械によって保持される液化器において加熱される場合に流動可能になる、フィラメントカセット受器システムであって、
スプールされたフィラメントを含むカセットの出口オリフィスに結合して、該カセットの出口オリフィスからフィラメントストランドを受け、フィラメント経路に沿って該液化器まで該フィラメントストランドを通すように構成されたコンジットと、
該コントローラからの制御信号に応答して該フィラメントストランドを該コンジットを介して送る駆動手段と、
を含む、フィラメントカセット受器システム。

10

【請求項 15】

前記駆動手段が、前記フィラメントストランドを前記コンジットにおいて係合させるローラの対を含む、請求項 14 に記載のフィラメントカセット受器システム。

【請求項 16】

前記駆動手段が、前記フィラメントカセット上の追従ホイールに係合する駆動ホイールを含む、請求項 14 に記載のフィラメントカセット受器システム。

20

【請求項 17】

フィラメントカセットを装填ベイにおいて前記コンジットおよび前記駆動手段と並べる位置合わせ手段をさらに含む、請求項 16 に記載のフィラメントカセット受器システム。

【請求項 18】

制御信号に応答して、前記駆動手段に係合および分離する駆動係合手段をさらに含む、請求項 16 に記載のフィラメントカセット受器システム。

【請求項 19】

前記カセットに係合および分離する、ラッチする手段をさらに含む、請求項 14 に記載のフィラメントカセット受器システム。

30

【請求項 20】

前記フィラメント経路に沿ってアクティブな湿気バリヤを作る手段をさらに含む、請求項 14 に記載のフィラメントカセット受器システム。

【請求項 21】

前記コンジットが前記カセットに対して気密シールを作る、請求項 14 に記載のフィラメントカセット受器システム。

【請求項 22】

コントローラの制御下でフィラメントのストランドが送られる液化器を有するタイプの押し出し成形装置にフィラメントを装填する方法であって、
該装置の装填ベイに、スプールに巻かれたフィラメントのコイルを含むカセットを挿入する工程であって、該カセットが出口オリフィスで終端するフィラメント経路を有する、工程と、
該カセットの該フィラメント経路においてフィラメントストランドに係合する工程と、
該フィラメントストランドを該カセットの出口オリフィスから外へと、該液化器への経路の始まりである該装置のコンジットに送る工程と、
を包含する、方法。

40

【請求項 23】

前記フィラメントストランドが液化器に達する前に、該フィラメントストランドが感知位置で検出されたことを示す電気信号を受信する前記コントローラに応答して、該フィラメントストランドを送ることを停止する工程をさらに包含する、請求項 22 に記載の方法。

50

【請求項 24】

前記カセット内に残る前記フィラメントコイルが所定の最短の長さに達したことを識別する工程と、
該最短の長さの識別に応答して、前記フィラメントストランドを前記コンジットの外に戻すように自動的に駆動して、該カセットが取り外され、取り替えられるようにする工程と、
をさらに包含する、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 25】

前記巻かれたフィラメントのスプールを、チャンバに装填する工程と、
該チャンバおよび該巻かれたフィラメントを、100万分の700未満の水分含有量まで乾燥させる工程と、
該チャンバを密閉する工程と、
を包含する、請求項 11 に記載のフィラメントカセットを組み立てる方法。

【請求項 26】

前記乾燥させる工程が、乾燥剤を前記チャンバ内に入れる工程を含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記乾燥させる工程が、真空状態の下でオープンの中で前記フィラメントカセットを加熱する工程を含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 28】

前記フィラメントが、高温熱可塑性物質から形成される、請求項 25 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

本発明は、押し出し成形による層状製造技術を用いる三次元オブジェクトの製造に関する。より具体的には、本発明は、ベースに対して、三次元で、流動可能な状態で凝固可能なモデリング材料を押し出し成形することによる、三次元オブジェクトの形成に関する。ここで、モデリング材料は、フィラメントの形態で供給される。

【0002】

三次元モデルは、美観的な判断、数学的CADモデルの証明、ハードツーリングの形成、干渉および空間割り当ての研究、および官能性の試験を含む機能のために用いられる。押し出し成形による層状製造機械は、機能性コンピュータ支援設計(CAD)システムから提供された設計データに基づく所定のパターンで、押し出しヘッドから凝固可能なモデリング材料を押し出し成形することによって、三次元モデルを構築する。液体または固体のモデリング材料のいずれかである、供給材料は、押し出しヘッドに供給される。1つの技術として、モデリング材料をフィラメントストランドの形態で供給することがある。モデリング材料の供給材料が固体状である場合、液化器が供給材料を、堆積のために流動可能な温度にする。

【0003】

三次元オブジェクトを製造する、押し出し成形による装置および方法の例は、Valavaaraによる米国特許第4,749,347号、Crumpによる米国特許第5,121,329号、Crumpによる米国特許第5,340,433号、Crumpらによる米国特許第5,503,785号、Danforthらによる米国特許第5,900,207号、Batchelderらによる米国特許第5,764,521号、Dahlinらによる米国特許第6,022,207号、Stuffleらによる米国特許第6,067,480号、およびBatchelderらによる米国特許第6,085,957号に記載されている。これらの特許は、本発明の譲受人である、Stratasy, Inc. に譲り受けられている。

【0004】

フィラメントの供給を採用するモデリング機械において、モデリング材料は、米国特許第

5, 121, 329号に開示されるように、供給リールに巻かれたフレキシブルフィラメントとして、機械に装填される。十分な結合で先に形成された層に付着して凝固し、フレキシブルフィラメントとして供給され得る凝固可能材料が、モデリング材料として用いられる。押し出しヘッドは、液化器と分配ノズルとを含み、フィラメントを受け取り、フィラメントを液化器で溶融させ、溶融モデリング材料をノズルから構造包囲空間 (build envelope) に含まれる基部上に押し出す。モデリング材料は、CADモデルによって境界が定められた領域において、層ごとに押し出される。押し出された材料は、先に堆積された材料と融合し、凝固して、CADモデルに類似する三次元オブジェクトを形成する。温度の下降の結果熱的に凝固するモデリング材料からモデルを構築する際に、構造包囲空間は、好ましくは、堆積の間、モデリング材料の凝固温度より高い温度まで加熱され、その後、材料からの応力を軽減するように徐々に冷却されるチャンバである。米国特許第5, 866, 058号に開示されているように、このアプローチは、モデルが製造されている間、アニールしてモデルから応力を取り除き、完成したモデルに応力がかからず、ひずみが大幅に低減される。

【0005】

凝固可能材料の層を堆積することによる、三次元オブジェクトの作製において、支持層または構造は、モデリング材料自体によって支持されない、張り出し部分の下、または、作製中のオブジェクトのキャビティ内に構築される。例えば、オブジェクトが、地中の洞窟の内部のモデルであり、洞窟の模型が床から天井に向かって作製される場合、鍾乳石は、天井が完成するまで一時的な支持体を必要とする。支持構造は、モデリング材料が堆積される堆積技術および装置と同じ堆積技術および装置を用いることによって、構築され得る。適切なソフトウェア制御のもとで、装置は、形成されているオブジェクトの張り出しているセグメント、または自由空間セグメント用の支持構造として機能する、さらなるジオメトリを生成する。支持材料は、モデリング装置内の別の分配ヘッドから、または、モデリング材料を堆積する同じ分配ヘッドから堆積される。支持材料は、作製中のモデリング材料に付着し、完成したオブジェクトから除去可能になるように選択される。米国特許第5, 503, 785号に記載するように、モデリング材料と支持材料との様々な組合せが公知である。

【0006】

現行の技術のStratasys FDM (登録商標) 三次元モデリング機械は、上記の特許に開示されているように、フィラメント供給を実現するが、このような機械において、スプールに巻かれるモデリングフィラメントのコイルは、スプールをスピンドルに装着することによって、機械に装填される。フィラメントは、熱可塑性材料またはワックス材料で作られている。ユーザは、摩擦が小さい材料で作られているガイドチューブを介して、フィラメントのストランドを手動で供給し、押し出しヘッドにおける一対のモータ駆動供給ローラーにフィラメントストランドが到達するまで、フィラメントをスプールから解く。フィラメントストランドは、押し出しヘッドによって保持される液化器に、供給ローラーによって送られる。液化器の内部で、フィラメントは、流動可能な温度まで加熱される。供給ローラーが押し出しヘッドの中にまでフィラメントを送り続けると、入来するフィラメントストランドの力が、流動可能な材料を分配ノズルから外へと押し出され、取り外し可能なように構築プラットフォームに装着された基板上に堆積される。ノズルから押し出される材料の流量は、フィラメントがヘッドに送られる速度と、分配ノズルオリフィスのサイズとの関数である。コントローラは、水平のx、y平面での押し出しヘッドの動きを制御し、垂直なz方向での構築プラットフォームの動きを制御し、供給ローラーが、フィラメントをヘッドに送る速度を制御する。これらの処理変数を同時に制御することによって、モデリング材料は、層ごとに、CADモデルによって境界が定められた領域に、「ビード」または「ロード」の所望の流量で堆積される。この分配されたモデリング材料は、冷却されて凝固し、三次元固体オブジェクトを形成する。

【0007】

Stratasys FDM (登録商標) モデリング機械は、湿気に影響されやすい材料

、例えば、ABS熱可塑性物質で作られたモデリングフィラメントを用いる。機械を適切に機能させ、正確で、ロバストなモデルを構築するためには、材料の乾いた状態を保つ必要がある。従って、機械において使用されるフィラメントスプールが、乾燥剤のパックとともに、湿気がしみ通らないパッケージに入れられて発送される。各フィラメントスプールは、パッケージがモデリング機械に装填されるまで、パッケージ内に維持される。スプールが装着されるスピンドルは、「ドライボックス」に含まれる。「ドライボックス」は、機械内において、湿度が低い状態に維持される領域である。ユーザは、フィラメントスプールとともに、納められた乾燥剤のパックをドライボックスに配置し、以前のスプールとともに、機械内に配置された乾燥剤のパックを取り除くように命令する。フィラメントを供給ローラーに手動で供給した後、ユーザは、ドライボックスのドアをラッチして、モデルの構築を開始するように機械に指示し得る。機械からフィラメントスプールを取り外すため、ユーザは、フィラメントをスプールに手動で再度巻く。米国特許第6,022,207号は、三次元モデリング機械のドライボックスに装填される現行の技術のスプールを示し、説明する。

10

【0008】

現在行われているように、手動でフィラメントをヘッドに供給することは、長く単調な仕事になり得る。さらに、実際的な問題として、ユーザは、しばしば、古い乾燥剤のパックをドライボックスに残し、新たな乾燥剤と取り替えそこない、そのことにより、ドライボックス内の湿度が許容できないレベルまで達することがある。さらに、スプールを頻繁に取り換えることによって、材料が湿気で汚染されることになる。ドライボックスのドアの開閉によって、湿った空気が密閉された領域に閉じ込められ得る。機械から取り外される、部分的に用いられたスプールは、湿気に露されて、同様に、汚染される。これらの湿気による汚染問題は、ユーザがモデリング材料のタイプまたは色を切り換える場合に、材料をむだにすることになる。さらに、Stratasys FDM（登録商標）機械において、モデリング材料として用いられることが好ましい一部の材料は、湿気の影響を非常に受けやすく、数分で汚染され得る。フィラメントを装填し、取り外すためにドライボックスのドアが開かれている期間は、いくつかの所望の材料にとって許容できないレベルの湿気をドライボックスにもたらし、そのことによって、これらの機械において用いられるモデリング材料の選択が制限される。

20

【0009】

装着および取り外し動作を簡略化し、機械に導入される湿気を低減する状態で、モデリングフィラメントを三次元モデリング機械に提供することが望ましい。さらに、用いられていないフィラメントを機械から容易に取り除き、後で用いるために格納することができるようにすることが望ましい。

30

【0010】

（発明の簡単な要旨）

本発明は、三次元堆積モデリング機械において、モデリングフィラメントを提供するフィラメントカセットおよびフィラメント装填アセンブリである。フィラメントカセットは、フィラメントの回転可能スプールを含むチャンバと、チャンバから出口オリフィスまで通じるフィラメント経路と、フィラメントを、スプールから、フィラメント経路に沿って、出口オリフィスから出るまで送る手段とを有する。第1の好適な実施形態において、送り手段は、外部駆動ホイールから回転力を受け取るローラーを含む。第2の好適な実施形態において、送り手段は、ユーザによって手動で操作されるローラーを含む。フィラメントカセットは、気密に作られ得、湿気に影響されやすいフィラメントを環境から保護する。

40

【0011】

フィラメントカセット受器（receiver）は、モデリング機械にあり、コンジットおよび駆動手段を含む。コンジットは、カセットの出口オリフィスから提供されたフィラメントストランドを受け、機械のフィラメント経路に沿ってフィラメントストランドを導く。駆動手段は、コントローラからの制御信号にตอบสนองして、コンジットを介してフィラメントストランドを送る。フィラメントカセットは、フィラメントストランドをコンジット

50

を介してカセットまで戻して巻くように駆動手段を制御することによって、機械から取り外され得る。好適な実施形態において、ラッチ手段は、モデリング機械の装填ベイにおいてフィラメントカセットを係合および分離して、カセットを維持することと、カセットを取り除くこととの両方を可能にする。1つ以上のフィラメント装着アセンブリが、単一のモデリング機械において用いられ得、それぞれがフィラメントカセットを受ける。

【0012】

(詳細な説明)

図1に示すように、フィラメント供給装置10が用いられて、概して、押出し成形による三次元モデリング機械において、押出しヘッド20にフィラメントが供給される。フィラメント14のコイルを保持するスプール12は、スピンドル16に装着される。フィラメント14は、三次元モデル(または、三次元モデルの支持構造)が構築されるモデリング材料で作られる。典型的には、フィラメントの直径は小さく、例えば、0.070インチのオーダーである。

10

【0013】

フィラメント14のストランドは、摩擦が小さい材料で作られたガイドチューブ18(単数または複数)を介して供給され、また、好ましくは、吸湿防止材、例えば、Teflon(登録商標)を提供する。ガイドチューブ18は、フィラメント14のストランドを押出しヘッド20まで通す。押出しヘッド20に搭載された状態で図示される1対の供給ローラー22は、フィラメント14のストランドを受け、フィラメント14のストランドを、押出しヘッド20によって保持されている液化器26に供給する。図に示すように、供給ローラー22はゴムでコーティングされ、その間のフィラメント14のストランドをつかむ。また、図に示すように、供給ローラー22のうち的一方は、駆動ローラーであって、コントローラ25の制御のもとでモータ24によって駆動される。他方のローラー22は、アイドルローラーである。液化器26は、加熱されて、フィラメント14を溶融する。液化器26は、放出オリフィス30を有するノズル28で終端し、溶融モデリング材料を分配する。液化器26は、供給ローラー22による液化器26へのフィラメント14のストランドの「ポンピング」によって加圧される。フィラメントのストランド自体がピストンとして機能し、「液化器ポンプ」を作り出す。加圧は、体積流量で、溶融モデリング材料をオリフィス30の外に押し進める。体積流量は、分配オリフィス30のサイズと、供給ローラー22の回転速度との関数である。モータ24を選択的に制御することによって、フィラメント14のストランドを送る速度、および、それによる溶融したモデリング材料の体積分配速度は、しっかりと制御され得る。

20

30

【0014】

押出しヘッド20は、CADモデルから得られた設計データに従って、コントローラ25から駆動信号を受信するx-y軸並進装置34によって、水平のx、y平面において駆動される。押出しヘッド20がx、y平面において並進されるので、溶融モデリング材料は、オリフィス30から、層ごとに、平面ベース32(図1に部分的に示す)に制御可能なように分配される。各層が分配された後、ベース32は、コントローラ25からの駆動信号をも受信する、z軸並進装置36によって、垂直なz軸に沿って、所定の増分下げられる。分配された材料は、融合され、凝固されて、CADモデルを表す三次元オブジェクトを形成する。支持体材料は、モデリング材料の分配と調節されながら、類似の様態で分配されて、オブジェクトのための支持層または支持構造を構築し得る。

40

【0015】

当業者によって理解されるように、モデリング機械およびプロセスの多くの変形例が可能である。例えば、押出しヘッド20とベース32との間の三次元における任意の相対的な動きを用いて、オブジェクトが構築され得る。供給ローラーおよびモータは、様々な形態をとり得る。例えば、米国特許第5,121,329号に開示されるように、(例えば、ローラーをタイミングベルトで結合することによって)両方のローラーが駆動されてもよいし、さらなるローラーが追加されてもよいし、ローラーが、ゴムでコーティングされるのではなく、ばねによって互いにバイアスがかけられて、フィラメント上の摩擦接触の把

50

持を維持してもよい。制御された速度で供給ローラーを駆動し得る任意のタイプのモータ、例えば、サーボモータまたはステップモータが用いられ得る。同様に、異なる構成の押し出しヘッドが利用されて、別のフィラメント供給装置から、異なるタイプまたは色のフィラメントを受けて、分配し得る。例えば、米国特許第5,121,329号、第5,503,785号、および6,004,124号に開示される押し出しヘッドは、2組の供給ローラーを保持し、それぞれが、自身のモータによって駆動され、2つの異なるスプールからの2つの異なるフィラメントストランドを送り得る。

【0016】

(実施形態1)

本発明において、フィラメントのコイルを保持するスプールは、フィラメントカセットに含まれる。図2に、垂直に積み上げられた2つの装填ベイ42を有する第1の例示的な実施形態のモデリング機械40を示す。装填ベイ42のそれぞれは、フィラメントカセット44の第1の実施形態を受ける。図に示すように、1つのフィラメントカセット44は、下方の装填ベイに装填される。第2のカセット44は、上方の装填ベイ42に装填される。各フィラメントカセットは、フィラメントのコイルを保持するスプールを含む。好ましくは、一方のカセット44は、モデリング材料で形成されるフィラメントを供給し、他方のカセット44は、支持体材料で形成されるフィラメントを供給する。モデリング機械40は、図1に示すような液化器26を2つ有し、それぞれが、カセット44のうちの1つからフィラメントのストランドを受ける。

10

【0017】

以下に詳細に説明するように、各装填ベイ42は、フィラメントカセット44に係合し、フィラメントカセット44からフィラメント供給装置10のガイドチューブ18にフィラメント14のストランドを送るカセット受器46を含む。ユーザは、カセット44を垂直に保持し、カセット44のリーディングエッジ48を装填ベイ42のうちの1つと並べることによって、モデリング機械40にフィラメントカセット44を装填する。ユーザは、カセット44を、ハードストップに達するまで装填ベイ42に押し込む。このようなとき、カセット44は、カセット受器46によって係合される。

20

【0018】

フィラメントカセット44の細部を図3~7に示す。図3および4に示すように、上方シェル50、下方シェル52、およびフィラメント14を保持するスプール54を含む。上方シェル50および下方シェル52は、4つのネジ55(不図示)の組によって互いに固定され、その間にスプール54がある。下方シェル52は、ハブ56を有し、上方シェル50は、ハブ58を有する。上方シェル50および下方シェル52内の円形くぼみ59は、ハブ56および58のそれぞれを囲む。上方シェル50および下方シェル52のそれぞれは、くぼみ59の周辺に沿って7つのコンパートメント60を有する。ハブ56および58は、ともに、円形くぼみ59によって境界が定められるチャンバ内に、スプール54がその上で回転するスピンドルを形成する。乾燥剤のパック62は、コンパートメント60に配置され、そのことによって、カセット44のチャンバ内で乾燥した状態が維持される。狭いチャンネル64は、下方シェル52において、円形くぼみ52の周辺およびコンパートメント60の周りを閉ループでルーティングされる。ガスケット68が、チャンネル64に据え付けられ、上部シェル50におけるリッジ66が、チャンネル64を反映する。ガスケット68は、上方シェル50と下方シェル52とが互いに固定されている場合に、カセット44内のスプール54に空気が到達することを防ぐ。

30

40

【0019】

シェル50および52のそれぞれは、図5に最もよく示されるように、円形くぼみ59からカセット44のリーディングエッジ48まで延びる狭いチャンネル70を有する。チャンネル70は、共に、図7に示すように、カセット44の出口オリフィス72で終端するフィラメント経路を規定する。図5に最もよく示されるように、ローラー76は、下方シェル52のチャンネル70に沿って、ローラー78の反対側に装着される。図に示すように、ローラー76は、浮動軸80の周りを回転し、ローラー78は、固定軸82の周りを回転す

50

る。浮動軸 80 は、上方シェル 50 および下方シェル 52 の長方形凹部 81 に、フィラメント経路に対して垂直な向きで取り付けられる。固定軸 82 は、上方シェル 50 および下方シェル 52 の円柱状凹部 83 に取り付けられる。ローラー 76 に対して加えられた力は、ローラー 76 をローラー 78 に押しつけ、フィラメント経路におけるフィラメント 14 のストランドが把持される。あるいは、両方のローラーが固定軸を有し、経路におけるフィラメントストランドを把持するためお互いに十分なほど近傍に位置していてもよい。ローラーは、フィラメント 14 のストランドを把持するのに役立つように、エラストマー表面を有してもよい。

【0020】

フィラメント経路を形成する下方ケース 52 のチャンネル 70 は、円形くぼみ 59 とローラーの対 76 および 78 との間のある地点で、チャンネル 64 と交差する。保持部 84 は、ガスケット 68 と一体であり、この位置に配置される。保持部 84 は、フィラメントの直径にほぼ等しい直径の中心穴 85 を有する。

【0021】

シェル 50 および 52 のそれぞれは、チャンネル 70 と平行に延びる他のチャンネル 86 を有する。チャンネル 86 は、カセット 44 のリーディングエッジ 48 から開始し、ガスケット 68 に到達する前に終端する位置合わせピン受けキャビティ 88 を規定する。キャビティ 88 は、広げられた口と、それに続く狭いネックを有する。キャビティの口 88 を図 7 に示す。上方シェル 50 および下方シェル 52 のそれぞれは、チャンネル 86 の右に、くぼみ 89 を有し、共に、カセット 44 のリーディングエッジ 48 内のくぼみを形成する。下方

【0022】

ある実施形態において、図 5 に示すように、回路基板 92 は、くぼみ 89 のベースで、2 つのネジ 94 によって水平に装着され、上方表面上で E E P R O M 96 が保持される。回路基板 92 は、くぼみ 89 にわたって延びる部分上に導電タブ 98 を有し、カード端コネクタによって受け取られ得る。ある別の実施形態において、図 5 A に示すように、くぼみ 89 において、回路基板 102 がネジ 104 によって垂直に装着される。回路基板 102 は、E E P R O M 96 を保持する内部表面（不図示）、および一对の電気端子 106 を保持する外部表面を有する。

【0023】

E E P R O M 96 は、カセット 44 用の電子タグとして機能する。E E P R O M 96 は、カセット 44 およびフィラメント 14 を識別する情報、例えば、フィラメントが形成される材料のタイプなどを含む。E E P R O M 96 は、さらに、カセット 44 におけるフィラメント 14 の線状フィート数を記録し得る。カセット 44 がモデリング機械 40 に装填される場合、E E P R O M 96 は、以下に記載するように、コントローラ 25 に電氣的に接続される。フィラメント 14 が、カセット 44 からモデリング機械 40 に送られるにつれて、コントローラ 25 は、カセット 44 に残っているフィラメント 14 の線状フィート数を連続的に更新する。これによって、コントローラ 25 は、機械 40 がフィラメントなしにモデル化を試みることを防ぐことができる。E E P R O M 96 は、任意の電氣的に読み出しおよび書き込み可能なデータストアであってもよい。フィラメントタグとしてのこの

【0024】

フィラメントカセット 44 は、下方シェル 52 のハブ 56 上に、フィラメント 14 を保持するスプール 54 を位置付けることによって、組み立てられる。下方シェル 52 は、ガスケット 68 をチャンネル 64 に押し込むことによって、準備され、保持部の中心穴 85 が、チャンネル 70 に一直線に並べられるようになる。回路基板 92 または 102 のうちの 1 つが、下方シェル 52 に固定される。ローラー 78 を保持する固定軸 82 は、下方シェル 52 の円柱状凹部 82 に位置付けられ、ローラー 76 を保持する浮動軸 80 は、下方シェル 52 の長方形凹部 81 に位置付けられる。スプール 54 からのフィラメント 14 のストランドは、ローラー 76 と 78 との間で、保持部 84 の穴を通され、下方シェル 52 のチャ

10

20

30

40

50

ネル70内に位置付けられる。乾燥剤のパックが、コンパートメント60のそれぞれに配置される。これらのアイテムの各々が、下方シェル52上で適切な位置になる場合、上方シェル50と下方シェル52は、4つのネジ55(あるいは、任意の公知の固定装置が用いられ得る)によって互いに固定される。ネジ55は、下方シェル52の4つのネジ穴108に埋め込まれ、上方シェル50の4つのネジが切られたネジ穴109まで延ばされる。このようにして、カセット44は、モデリング機械40に装填される準備ができる。

【0025】

カセット44が組み立てられた後、湿気を通さないパッケージに入れられて、発送または後で使用するために、パッケージが真空密閉され得る。フィラメント14が湿気に影響されやすい材料でできている場合、真空密閉が望ましい。さらに湿気に影響されやすい材料に対しては、スプールされたフィラメントを含むカセット44のチャンバは、真空密閉の直前に乾燥される必要がある。その後、カセット44は、ユーザがカセット44をモデリング機械40に装填するまで、パッケージ内に保持される。

10

【0026】

カセット44内に含まれるフィラメント14が、劣化するか、または他の理由で使用不可能になった後、カセット44は、シェル50および52を外して、スプール54上のフィラメント14を取り換えることによって、再充填され、再使用され得る。回路基板92または102によって保持されるEEPROM96は、リセットされてもよいし、回路基板を取り換えて、新たなEEPROM96を提供してもよい。

【0027】

図6に、底面、トレーリングエッジ、およびフィラメントカセット44の右側面を示す。示すように、ローラー76は、カセット44の右側面で開口部111から突出し、外部回転力を受け得る。以下でより詳細に説明するように、ローラー76は、好ましくは、カセット受器46で駆動ホイール156によって駆動されて、フィラメント14のストランドを出口オリフィス72から送る。

20

【0028】

フィラメントカセット44に係合するカセット受器46を、図8~12に示す。カセット受器46は、各装填ベイ42のフロア110に装着される。好ましくは、装填ベイフロア110は、シートメタルからなる。カセット受器46は、ラッチ機構112、往復アセンブリ114、および駆動アセンブリ116を含む。ラッチ機構112は、ブラケット116によってフロア110に装着される。ラッチ機構112は、ソレノイド118、アーム120、およびラッチ122を含む。アーム120は、一方の端部でソレノイド118に結合され、他方の端部でラッチ122と一体になっている。アーム120は、ソレノイド118から、フロア110における開口部を通じて下方方向に伸び、フロア110の下にあり、フロア110に対してほぼ並行であり、その後、上方方向に曲がって、ラッチ122をフロア110の上と下に交互に位置付けるように、軸となる。ラッチ122は、フロア110におけるカットアウト124を介して上と下とに動く。

30

【0029】

コントローラ25の制御下で動作するソレノイド118は、交互に、アーム120を上下に振動させて、ラッチ122に係合および分離させる。ソレノイド118に電源が入られる場合、アーム120は、ラッチ端部で上方方向に振動させ、係合位置にラッチ122を位置付ける。ソレノイド118の電源が切られる場合、アーム120のラッチ端部は、下方方向に振動され、ラッチ122を分離位置に移動させる。

40

【0030】

往復アセンブリ114は、ブラケット126によって装填ベイフロア110に固定される。往復アセンブリ114は、ピストン128、射出ばね130、トラック132、およびフレーム133を含む。ピストンは、フロア110上に平行に位置する。ピストン128は、ブラケット126において、穴を通じて伸び、トラック130によって誘導され、装填ベイ42で前と後とに移動する。ピストン128の前方の端部は、ピストン128に対してほぼ垂直に伸びるフレーム133に結合される。フレーム133は、ピストン128

50

の動きとともに、後と前とに移動する。射出ばね 130 は、ピストン 128 の周りに巻かれ、その後方の端部でブラケット 126 に接続され、その前方の端部で、フレーム 133 に接続される。フレーム 133 にかかる水平の力は、射出ばね 130 を縮める。この力が解放されるとき、ばね 130 は除圧され、フレーム 133 およびピストン 128 を前方に移動させる。一对のベアリング 134 は、フレーム 133 の下のフロア 110 に装着される。ベアリング 134 は、フロア 110 に対して平行な平面において、フレーム 133 を支持する低摩擦表面を提供し、かつ、フレーム 133 が前後にスライドすることを可能にする。

【0031】

電気コネクタ 136、位置合わせピン 138、およびコンジット 140 が、フレーム 133 に取り付けられている。電気コネクタ 136 は、その前方表面で、フィラメントカセット 44 の回路基板に結合するように構成され、その後方表面で、コントローラ 25 への電気接続を提供するように構成される。図に示すように、電気コネクタ 136 の前方表面は、カセット 44 によって保持されている回路基板 102 の電気端子 106 と結合するように構成された 2 つのポゴピン 142 を保持する。(あるいは、電気コネクタは、回路基板 92 の導電タブ 98 を受けるカード端コネクタであり得る。)位置合わせピン 138 は、電気コネクタ 136 の右側でフレーム 133 に取り付けられる。位置合わせピン 138 は、装填ベイ 42 において、前方に延び、フィラメントカセット 44 内のキャピティ 88 のネックの直径とほぼ等しい直径を有する。コンジット 140 は、位置合わせピン 138 の右側に位置する。コンジット 140 は、装填ベイ 42 において前方を向いている入り口 144 と、装填ベイ 42 の後方を向いている出口 146 とを有する。コンジット 140 の入り口 144 は、カセット 44 の出口オリフィス 72 と一直線に並ぶように構成され、出口オリフィス 72 からフィラメント 14 のストランドを受ける。必要に応じて、コンジット 140 は、出口オリフィス 72 およびガイドチューブ 18 を有する気密シールを作り得る。コンジット入り口 144 に供給されるフィラメント 14 のストランドは、コンジット出口 146 を介して出て、ガイドチューブ 18 に提供され、液化器 26 にルーティングされ得る。

【0032】

駆動アセンブリ 116 は、ブラケット 148 によって装填ベイフロア 110 に装着される。駆動アセンブリ 116 は、ソレノイド 150、モータ 152、ギヤトレイン 154、シャフト 158 で回転する駆動ホイール 156、およびハウジング 160 を含む。駆動アセンブリ 116 を、図 10 ~ 12 に詳細に示す。アクチュエータ 162 を有するソレノイド 150 は、ブラケット 148 において、装着され、アクチュエータ 162 は、装填ベイ 42 において前後に往復する。ソレノイド 150 の電圧印加は、コントローラ 25 によって制御される。アクチュエータ 162 は、ソレノイド 150 が作動される場合、装填ベイ 42 において前方に動き、ソレノイド 150 の作動が止められる場合、装填ベイ 42 の後ろに動く。モータ 152 を保持するハウジング 160、ギヤトレイン 154、および駆動ホイール 156 は、アクチュエータ 162 の前で、フロア 110 にピボット可能に装着される。ソレノイド 150 の電源が入れられる場合、アクチュエータ 162 は、ハウジング 160 を時計回りの回転で旋回させる。アクチュエータ 162 によってハウジング 116 に対して付与される力がない場合、ハウジング 160 は、真っ直ぐな静止位置にある。アクチュエータ 162 がハウジング 116 を反時計回りの方向に回転させる場合、駆動ホイール 156 は、カセット 44 が装填ベイ 42 に装填される場合にカセット 44 の浮動軸ローラ 76 に対して押しつける作動位置にある。

【0033】

図 10 に最も良く示されるように、コントローラ 25 からの制御信号に応答して、モータ 152 は、ギヤトレイン 154 を介してシャフト 158 を回転させる。シャフト 158 の回転は、駆動ホイール 156 を回転させる。作動位置にある場合、駆動ホイール 156 は、カセットローラ 76 を回転させる。ハウジング 160 からのアクチュエータ 162 の切り離しは、ハウジング 160 が静止位置に回転して戻ることを可能にする。カセット口

ローラーが固定軸を有する別の実施形態において、ソレノイド150は、消去され得、駆動ホイール156は、カセットローラーに対して一定の力を与える作動位置に固定されたままになり得る。

【0034】

上述したように、ユーザは、カセット44をハードストップに達するまで装填ベイ42の1つに押し込むことによって、カセット44をモデリング機械40に装填する。装填ベイフロア110(図8に示す)に装着されるバックストップ164、および射出ばね130が縮むことによってハードストップが設けられる。ユーザがカセット44を切り離すにつれて、ラッチ122が、カセット44の底面上のリッジ180(図6に示す)を捕らえるまで後ろに移動する。ラッチ122は、カセット44の装填の前に、ソレノイド118へのコントローラ25からのコマンドの下で、上方位置に据え付けられ、カセット44を捕らえる準備ができる。ラッチ122は、ユーザがカセット44を取り外すことを所望するまで、この上方位置を維持し、ユーザが所望するとき、コントローラ25は、ソレノイド118の電源を切り、ラッチ122を下げる。

10

【0035】

カセット44が装填ベイ42に押し込まれるにつれて、位置決めピン138は、カセット44のキャビティ88にスライドする。位置決めピン138は、カセット44をカセット受器46と適切に並べ、特に、駆動システム116を係合することによって、カセット44に対して与えられるトルクを打ち消すために役立つ。カセット44がカセット受器46と適切に並べられた状態で、ポゴピン142は、回路基板102の電気端子106と結合する。その後、電気端子は、カセット44とコントローラ25との間で確立される。コントローラ25は、EEPROM96が存在することを感知する場合、カセット44が装填されることを理解する。コントローラ25は、EEPROM96に格納されるカウントを読み出す。カウントが、カセット44に含まれるフィラメント14の量が設定された「空カセット」閾値より下であることを示す場合、ユーザは、新たなカセット44を装填するように警告される。

20

【0036】

コントローラ25がカセット44が装填されていたことを感知する場合、駆動アセンブリ116のソレノイド150の電源を入れる。上述したように、ソレノイド150の作動は、駆動ホイール156が作動位置に移動するように、ハウジング160を回転させる。作動位置で、駆動ホイール156は、カセット44のローラー76に押しつけられる。駆動ホイール156は、ローラー76に対して力を与え、ローラー76をローラー78に押しつけ、フィラメント経路にあるフィラメント14のストランドを、締め付ける。駆動ホイール156が、モータ152によって反時計回りの回転で駆動される場合、ローラー76は、時計回りの回転で駆動されて、フィラメント14のストランドをコンジット140に送り、その後、ガイドチューブ18に送る。

30

【0037】

カセット受器46は、フィラメント14のストランドを、供給ローラー22に達するまで送り続ける。コントローラ25は、供給ローラー22にフィラメント14が存在するかどうかを感知する。好ましくは、モータ24は、DCサーボモータであり、感知は、モータ24の電流負荷をモニタすることによって達成される。電流負荷をモニタするため、コントローラ25は、自動装填処理の開始時に、モータ24を作動させる。フィラメントがローラー22の間にある場合、電流負荷が増大する。コントローラ25が、モータ電流負荷の増大を感知する場合、コントローラ25は、モータ24およびカセット受器46に停止するように信号送信する。さらに、コントローラ25は、ソレノイド150の電源を切って、ローラー70に対する駆動ホイール156の力を取り除く。これは、モデリングの間に、フィラメント14からローラーの摩擦力を取り除く機能を果たす。カセット44のそれぞれからのフィラメント14は、同様の状態で装填される。両方の材料が装填された後、モデリングが開始し得る。

40

【0038】

50

必要に応じて、上述したように、駆動アセンブリ 116 は、駆動ホイール 156 が、一定の力を付与する固定された位置を維持するように設計され得る。このような構成において、ローラーの対 22 をなくし、代わりに、カセット 44 上のローラーの対を用いて、フィラメント 14 を液化器 26 に供給することが可能である。その後、駆動ホイール 156 は、制御された速度で駆動されて、フィラメント 14 が液化器 26 に送られる速度を制御し得る。

【0039】

フィラメントを取り外すため、コントローラ 25 は、液化器 26 および供給ローラー 22 からフィラメント 14 のストランドを引っ張るために充分である短い期間、モータ 24 を後向きに駆動する。その後、コントローラ 25 は、カセット受器 46 をカセット 44 から分離させて、ユーザが装填ベイ 42 からカセット 44 を取り除くことを可能にする。機械 40 からカセット 44 を取り外すため、ユーザは、カセット 44 をハードストップに対して押し付け、ラッチ 122 を分離させる。ばね 130 は、往復アセンブリ 114 を前方に移動し、カセット 44 を排出する。

10

【0040】

カセット 44 の上面およびトレーリングエッジは、カセット 44 が装填されるか、または取り外される場合に、ユーザが、カセット 44 内に含まれるフィラメント 14 の量を視覚的に検査することを可能にするウィンドウ 170 をそれぞれ有する。カセット 44 が装填ベイ 42 から取り外されるときに、使用可能な量のフィラメント 14 がカセット 44 内に残る場合、カセットは、後で用いられるために格納され得る。使用可能な量のフィラメントが残っていない場合に、カセット 44 は、最充填され、再使用され得る。

20

【0041】

(実施形態 2)

図 13 に、第 2 の実施形態のモデリング機械 180 における、フィラメント装填アセンブリ 178 を示す。モデリング機械 180 は、第 2 の例示的な実施形態のフィラメントカセット 184 から供給されるフィラメントからモデルを構築する。フィラメント装填アセンブリ 178 およびフィラメントカセット 184 は、湿気に影響されやすい材料からモデルを構築するために特に適する。フィラメント装填アセンブリ 178 は、4 つの装填ベイ 182、それぞれがフィラメント 188 のコイルを保持するスプール 186 を含む 4 つのフィラメントカセット 184、4 つのフィラメント受器 190、2 つの接合ブロック 192、および乾燥システム 194 を含む。4 つの装填ベイ 182 は、モデリング機械 180 の前で水平に並べられる。各装填ベイ 182 は、1 つのフィラメントカセット 184 を受け、それを、天井に装着された 1 つのフィラメントカセット受器 190 に関連付ける。接合ブロック 192 は、フィラメント装填アセンブリ 178 のフレーム 195 に装着され、それぞれ、一对のカセット受器 190 に関連付けられる。

30

【0042】

ユーザは、カセット 184 を真っ直ぐな位置に保持することによって、フィラメントカセット 184 をモデリング機械 180 に装填し、カセット 184 を装填ベイ 182 のうちの 1 つに押し込み、フィラメントカセット受器 190 上のラッチ 196 を把持し、ラッチ 196 を前方に引っ張って、フィラメントカセット受器 190 を下げられた位置まで落とす。下げられた位置において、フィラメントカセット受器 190 は、フィラメントカセット 184 と結合し、所定の位置でカセット 184 をラッチする。フィラメントのストランドは、各フィラメントカセット 184 から、関連付けられたカセット受器 190 まで手動で供給される（以下で、より詳細に説明される）。カセット受器 190 は、コントローラ 25 の制御下で、チューブ 202 および関連付けられた接合ブロック 192 を介して押し出しヘッド 20 に向かってフィラメントストランドを自動的に送る。

40

【0043】

各接合ブロック 192 は、2 つの入力ポート 198、1 つの空気ポート 199、および 1 つの出力ポート 200 を有する。入力ポート 198 は、チューブ 202 の長さで、関連付けられたカセット受器 190 に接続される。チューブ 202 は、フィラメントストランド

50

のための、受器 190 から関連付けられた接合ブロック 192 への経路を提供する。それぞれの接合ブロック 192 の出力ポート 200 は、チューブ 204 の長さで接続される。チューブ 204 は、各接合ブロック 192 から、液化器 26 へのフィラメント経路（図 1 に示す）を提供する。湿気に影響されやすい材料でできているフィラメント 188 について、乾燥システム 194 は、圧縮機 206、フィルタ 208、および再生乾燥器 210 を含み、以下により詳細に説明するように、フィラメントストランドがカセット 184 から液化器 26 に移動する間、乾燥状態を維持するために用いられる。

【0044】

所与の時間で、フィラメントの 1 つのストランドのみが、各接合ブロック 192 と供給ローラー 22 の各対とに提供される。他のフィラメントストランドは、関連付けられたカセット受器 190 に残る。フィラメントストランドを接合ボックス 192 に提供するカセット 184 は、一次材料供給カセットと呼ばれ、カセット受器 190 に残るフィラメントストランドを提供するカセット 184 は、待機材料供給カセットと呼ばれる。機械 180 は、ユーザが介入することなく、フィラメントストランドを一次カセット 184 から戻して受器 190 に巻き、待機カセット 184 から、接合ブロック 192 を介して供給ローラー 22 にフィラメントストランドを送ることによって、一次材料供給カセット 184 から、待機材料供給カセット 184 に切り換え得る。その後、待機カセットが一次カセットになる。典型的なモデリングの用途において、ある接合ブロック 192 がモデリング材料フィラメントを受け、他の接合ブロック 192 が、支持材料フィラメントを受けることが好ましい。その後、機械 180 は、一次供給が使い果たされる場合、待機供給に自動的に切り換え得、無駄になるモデリング時間がない。使い果たされたカセットは、モデリング機械 180 が動作を続ける間に、ユーザの都合に合わせて取り換えられ得る。あるいは、一次カセットおよび待機カセット 184 が、異なるタイプのフィラメント 188 を含む場合、切り換えは、材料が使い果たされる前に行われて、異なるタイプまたは色の材料で構築されることを可能にする。

【0045】

フィラメントカセット 184 を、図 14 ~ 17 に詳細に示す。図に示すように、フィラメントカセット 184 は、キャニスター 212、ガイドブロック 214、およびフィラメント 188 のコイルを保持するスプール 186 を含む。キャニスター 212 は、本体 216 と、本体 216 にはめられるふた 218 とで形成される。キャニスター 212 の内部は、スプール 186 を含むチャンバを規定する。スプール 186 は、本体 216 のハブ 220、およびふた 218 のハブ 221 上で回転する。必要に応じて、ばね板 222 が、ふた 218 の内部に取り付けられる。ばね板 222 は、スパイクされたフィンガーを有し、これによって、フィラメントをカセット 184 の外に送る方向のみへのスプール 186 の回転を可能にする。ガイドブロック 214 は、出口 224 で、本体 216 に取り付けられ、フィラメント 188 の出口経路を提供する。ガイドブロック 214 は、出口 224 で本体 216 に取り付けられ、フィラメント 188 用の出口経路を提供する。ガイドブロック 214 は、本体 216 内で 6 つのネジ穴 232 を通って延びる 1 組のネジ（不図示）によって、キャニスター本体 216 に固定されている（図 15 に示す）。

【0046】

フィラメント 188 は、湿気に影響されやすい材料で作られ、カセット 184 は、気密に作られる。キャニスター 212 およびガイドブロック 214 は水蒸気透過をブロックする材料、例えば、シートメタルおよびポリプロピレンでそれぞれできている。湿気がしみ通らないテープ 223 のストリップは、ふた 218 を本体 216 に密閉する。湿気は、キャニスター 212 の内部チャンバから、キャニスター本体 216 内の穴 226、およびプラグ 228 で密閉された穴 226 を介して取り出され得る。好ましくは、湿気がしみ通らないテープ 230 は、プラグ 228 上に位置付けられ、穴 226 をさらに密閉する。

【0047】

図 19 に示すように、キャニスター 212 内のフィラメント 188 のストランドは、出口 224 を介して、ガイドブロック 214 内のフィラメント経路 236 に供給される。フィ

10

20

30

40

50

ラメント経路 236 は、ガイドブロック 214 を介して延び、出口オリフィス 238 で終端する。ガイドブロック 214 は、フィラメント経路 236 に隣接し、ぎざぎざのローラー 240 がピン 242 に装着されているチャンバ 238 を有する。ピン 242 は、ぎざぎざのローラー 240 が、壁 246 に対して、経路 236 内のフィラメントのストランドを挟むように装着されている。ユーザは、フィラメントストランドを出口オリフィス 238 から外に送り、ローラー 240 を、フィラメント経路 236 に沿って、時計回り方向に手動で回転させ得る。(キャニスターの開口部のみによってアクセスされ得るところで、キャニスター 212 に向かってフィラメントストランドを押し込む)ローラー 240 の反時計回り方向の回転を防ぐため、好ましくは、反回転板 244 が、ローラー 240 と並列して、チャンバ 238 に装着される。当業者によって、ぎざぎざのローラー 240 が、フィラメントストランドを送る他の何らかの手段と取り換えられ得ることが理解される。例えば、壁 246 は、ユーザが手動の推進力を輪郭に係るフィラメントに加えることを可能にする隆起した輪郭を有し得る。さらに、隆起した輪郭は、アイドラーローラーによって規定されてもよいし、アイドラーローラーがぎざぎざのローラー 240 との組合せで用いられ得る。

10

【0048】

湿気に影響されやすい材料で形成されたフィラメント 188 については、フィラメント経路 236 への空気の流れが防がれる。ガイドブロック 214 は、出口オリフィス 238 を密閉する取り外し可能なキャップ 248 と、チャンバ 238 を囲むドア 250 とを有する。プラグキャップ 248 が、ガイドブロック 214 上の一对の溝 254 にスナップばめされて、プラグキャップ 248 の下側の圧縮性シール 252 が、出口オリフィス 238 を覆うようになる。プラグキャップ 248 は、カセット 184 を機械 180 に挿入するときに、ユーザによって取り除かれる。好ましくは、ガイドブロックは、第 1 のセットの溝 254 から取り外される場合にプラグキャップ 248 が置かれる溝 256 の第 2 のセットを有する。ドア 250 は、内部表面上に圧縮性シール 258 を有し、ヒンジ 260 を軸として回転する。ドア 250 が開かれているとき、ローラー 240 は、ユーザにとってアクセス可能である。ドア 250 は、ユーザによって、フィラメントを機械 180 に装填するために開かれ、その他の場合には、閉められたままにされる。圧縮性シール 234 は、ガイドブロック 214 とキャニスター本体 216 との間に配置され、さらにカセット 184 を密閉する。

20

30

【0049】

ガイドブロック 214 は、EEPROM 96 (上記の実施形態 1 に関して説明された) を保持し得る。EEPROM 96 を保持する回路基板 102 は、一对の電気端子 106 が外側を向き、EEPROM 96 が内側を向く状態で、ガイドブロック 214 の凹部 262 に装着される。回路 102 は、3つのネジ 266 によって、ガイドブロック 214 に固定される。使用を容易にするために、ガイドブロック 214 は、好ましくは、カセット 184 用のハンドルとして機能する。図に示す実施形態において、ガイドブロック 214 は、反対側に、一对のグリップ 264 (図 14 に示す) を含む。

【0050】

フィラメントカセット 184 は、本体 216 のハブ 220 でフィラメント 188 を支え、フィラメントストランドをガイドブロック 214 に供給するスプール 186 を位置付けることによって組み立てられる。フィラメントストランドは、フィラメント経路 236 に沿って位置付けられ、ローラー 240 に接触する。必要に応じて、乾燥剤のパック 62 (実施形態 1 について示したようなもの) は、スプール 186 のスポーク 225 によって規定されたコンパートメントに位置付けられ得る。その後、ふた 218 が本体 216 にはめられ、テープ 223 が貼られる。こうして、使用する準備が整う。同様に、カセット 184 は、含んでいるフィラメント 188 が使い果たされるか、使用不可能になった後、キャニスター 212 のふた 218 を取り外し、スプール 186 上のフィラメント 188 を取り換えることによって、再充填、および再使用され得る。カセット 184 を再充填する場合、回路基板 102 によって保持される EEPROM 96 は、リセットされてもよいし、新た

40

50

なEEPROM 96を提供するように取り換えられてもよい。

【0051】

湿気に影響されやすい材料について、スプールされたフィラメントを含むカセット184は、モデルの質を損なわないレベルの水分含有量まで乾燥される必要がある。最も高温の熱可塑性物質、例えば、ポリカーボネート、ポリフェニルスルホン、ポリカーボネート/ABSブレンド、およびUltem（登録商標）について、許容できる水分含有量は、100万分の700（700ppm）未満のレベル（カールフィッシャー法を用いて測定）である。複数の技術が用いられてフィラメントが乾燥され得る。

【0052】

材料は、スプールされたフィラメントを含むカセット184を、真空状態のオープンに入れることによって、乾燥され得る。カセット184は、回路基板102を取り付ける前、穴226にプラグを差し込む前に、オープンに入れられる。オープンは、特定のモデリング材料のタイプに適する温度に設定される。高温の熱可塑性物質について、175～220°Fの間の温度が典型的である。オープンは、オープン内で、乾燥した環境を維持する真空ポンプを有する。キャニスター212における穴226は、キャニスター212のチャンバを、オープン環境にすることを容易にするので、モデリング材料が乾燥する。材料の水分含有量がモデリング材料にとって所望のレベルに達するとき、穴226は即座に密閉され、カセット184はオープンから取り出される。高温の熱可塑性物質について、300ppm未満の水分含有量に達するまでの予期される乾燥時間は、4～8時間の間である。その後、回路基板102が取り付けられる。完全に組み立てられたカセット184は、機械に取り付けられるときまで、湿気をしみ通さないパッケージ内に真空密閉され得る。

【0053】

あるいは、乾燥剤のパック62のみが用いられて、オープンを使用することなく、キャニスター212のチャンバ内の材料を乾燥させてもよい。トリ-ソープモレキュラーシープ（tri-sorb-molecular）および酸化カルシウム（CaO）乾燥剤調合物を含むパッケージ62を、カセット184に入れ、カセット184を湿気をしみ通さないパッケージ内に密閉することによって、材料が700ppm未満の水分含有量レベルまで乾燥され、材料が、所望の100～400ppmの範囲まで乾燥されることが証明された。この乾燥剤のみの乾燥方法は、オープン乾燥法と比較すると、特別な機器を必要とせず、オープン乾燥より、素早く、安価で、かつ安全であるという利点を有する。適切なトリ-ソープモレキュラーシープ乾燥剤調合物には、ゼオライト、NaA；ゼオライト、KA；ゼオライト、CaA；ゼオライト、NaX；およびマグネシウムアルミノケイ酸塩が含まれる。

【0054】

カセット184が湿気によって汚染される場合、使用可能な量のフィラメント188が残っている限り、カセット184内のモデリングフィラメントは、後で、オープン乾燥によって、または、乾燥剤のパックを取り換えることによって、再乾燥され得る。湿気汚染は、例えば、アクセスドア250が、長期間開いたままにされる場合、カセット184がプラグキャップ248を取り換えることなく機械180から取り外される場合、または、カセット184がユーザによって開けられる場合、発生し得る。

【0055】

フィラメントカセット184に係合するフィラメントカセット受器190を、図18および図19に詳細に示す。各カセット受器190は、リフト270および駆動ブロック272を含む。図19に示すように駆動ブロック272は、入り口コンジット274、出口コンジット276、一对のローラー278および279、モータ280およびラッチ196を収納する。ローラー278は、駆動ローラーであり、ローラー279は、アイドルである。駆動ローラー278は、モータ280によって駆動される。モータ280は、好ましくは、コントローラ25によって制御される電源を有するDCモータである。モータ280は、駆動ブロック272を介して、横向きに延び、ローラー278のシャフトに取り

付けられた駆動ギヤ 282 によって、駆動ローラー 278 に結合する。

【0056】

出口コンジット 276 は、チューブ 202 に接続される。ガイドブロック 214 から提供されるフィラメントストランドは、入り口コンジット 274 を介して、ローラー 278 および 279 へと通過する。入り口コンジット 274 は、カセット 184 がモデリング機械 180 に装填され、ラッチされる場合に、ガイドブロック 214 の出口オリフィス 238 に結合する。駆動ブロック 272 に入るフィラメントストランドに気密経路を提供するため、シール 284 は、入り口近傍の入り口コンジット 274 を囲み、装填されたカセット 184 のガイドブロック 214 に対して圧縮される。ローラー 278 および 179 から、フィラメントストランドが、出口コンジット 276 に提供され、そこからチューブ 202 に提供される。チューブ 202 は、出口コンジット 276 とともに気密シールを形成する。同様に、チューブ 202 およびチューブ 204 は、接合ブロック 192 のポート 198 および 200 とともに気密シールを形成し、カセット 184 から供給ローラー 22 に気密フィラメント経路を提供する。

10

【0057】

駆動ローラー 278 およびアイドラーローラー 279 は、フィラメントストランドをフィラメント経路に沿って送るために、フィラメントストランド上で把持する摩擦接触を維持する必要がある。フィラメントストランドを把持するためには、ローラー 278 およびローラー 279 が、エラストマー表面を有してもよいし、米国特許第 5,121,329 号に記載するように、アイドラーローラー 279 が駆動ローラー 278 に対してばねバイアスされてもよい。ばねバイアス構成の利点は、ローラー表面が固く、より耐久性が高まり得ることである。好ましくは、ローラー 278 および 279 の表面は、それぞれ、円周の周りに溝を有し、フィラメントストランドが、入り口コンジット 274 から出口コンジット 276 までその進路に並べられる。ユーザにとって、ローラー 278 および 279 は、カバー板 308 を介して保守するためにアクセス可能である。

20

【0058】

また、駆動ブロック 272 は、ローラーの対 278 および 279 と、出口コンジット 276 との間のフィラメント経路に沿って位置付けられるフィラメントセンサ 286 を含む。センサ 286 は、コントローラ 25 に電氣的に接続され、フィラメントがセンサ 286 の位置にあるかどうかを示す信号を提供する。図示する例示的な実施形態において、センサは、浮動軸マイクロスイッチセンサである。駆動ブロック 274 は、さらに、電気端子 290 を保持する。電気端子 290 は、回路基板 102 の電気端子 106 と結合する 2 つのポゴピン 142 を有し、回路基板 102 によって保持される EEPROM 96 をコントローラ 25 に接続する。EEPROM 96 は、ポゴピン 142 によって接触される場合、カセット 184 があることをコントローラ 25 に知らせる。このようにして、機械 180 は、各カセット 184 が装填されたかどうかを知る。

30

【0059】

駆動ブロック 272 は、ラッチ 196 を用いて、手動で上げられたり、下げられたりする。ラッチ 196 は、一端にハンドル 291 を有し、他端にラッチピン 292 を有する。ラッチ 196 は、ハンドル 291 がユーザにとってアクセス可能であり、ラッチピン 292 が駆動ブロック 272 の垂直スロット 296 に突き出るように、駆動ブロック 272 を介して延びる。スロット 296 は、リフト 270 から垂直下方に延びるラッチ板 294 を受ける。ラッチ板 294 は、ラッチピン 292 を受ける穴 298 を有する。ラッチ 196 のハンドル 291 を引っ張ることによって、ラッチピン 292 が引き込まれ、穴 298 へのピン 292 の挿入および取り外しを可能にする。ラッチピン 292 が穴 298 に挿入される場合、駆動ブロック 272 は、上げられた位置で維持され、装填ベイ 182 へのカセット 184 の装填および取り外しが可能になる。ラッチピン 292 が穴 298 から取り外される場合、駆動ブロック 272 は、下げられた位置まで落ち、そこで、装填ベイ 182 におけるカセット 184 に係合する。ユーザは、駆動ブロック 272 を、ラッチハンドル 291 をつかみ、前方に引っ張り、ラッチ 196 を持ち上げるか、または、下げることに

40

50

って、手動で上げたり、下げたりする。

【0060】

一对のガイドロッド302は、駆動ブロック272上に設けられ、駆動ブロック272をリフト270に結合し、ラッチ板294をスロット296において並べる。ガイドロッド302は、駆動ブロック272の上面上の2つのレセプタクル288にはめられている。ガイドロッド302は、駆動ブロック272から、一对のガイドベアリング304を介して、リフト270に垂直上方に延びている。一对のeクリップ306は、ガイドロッド302をリフト270の上にクリップして、駆動ブロック272を下げられた位置で支持する。好ましくは、一对のばね300が、レセプタクル272におけるガイドロッド302を囲む。上げられた位置では、ばね300は、リフト270の下に縮む。ラッチ196がピン292を穴298から取り外すように引っ張られる場合、ばね302は、駆動ブロック272を、下げられた位置に付勢する。

10

【0061】

乾燥システム194は、フィラメント経路に沿って、アクティブな湿気バリヤを作り、フィラメント188を、機械18内にある間、乾燥した状態に保つ。例示的な実施形態において、乾燥システム194は、圧力をかけられて、乾燥した空気を接合ブロック192の空気ポート199に提供する、乾燥空気パージシステムである。乾燥した空気は、チューブ204を介して流れ、液化器26の近傍でチューブ204を出る。供給ローラー22がフィラメントストランドを液化器26に送るために用いられる場合、フィラメントは、供給ローラー22に入るにつれて、チューブ204を出る。あるいは、供給ローラー22は、駆動ブロック272において、ローラーの対278および279を用いて、フィラメントを制御された速度で液化器26に送ることによって、削除されてもよい。チューブ204の出口は、フィラメント経路に沿って溜まり得る湿気を逃がす通気口として機能する。例えば、乾燥システム194によって提供される空気の流れは、駆動ブロック272の入り口コンジット274がフィラメントカセット184に対して密閉されていない間、駆動ブロック272に入る湿った空気を取り除く。さらに、チューブ204において維持される正の圧力は、湿った空気が、チューブ204の開いている端部に入ることを防ぐ。チューブ202および204において、正の圧力を維持し、フィラメント経路のあらゆる湿気を取り除くことによって、乾燥システム194は、湿った環境において、湿気に影響されやすい材料を用いて、モデリング機械180を用いることを可能にする。

20

30

【0062】

上述したように、例示的な実施形態の乾燥システム194は、圧縮器206、フィルタ208、および再生乾燥器210を含む。圧縮器206は、周辺空気を吸い込み、圧力がかけられた空気をフィルタ208に提供する。フィルタ208は、水の粒子を空気から取り除く。Norgren(登録商標)F72G汎用フィルタは、この用途に適する。フィルタ208から、圧力がかけられた空気が乾燥器210に流れる。乾燥器210は、好ましくは、Broomfield, ColoradoのTwin Tower Engineering, Inc.から市販されている、MDHシリーズ乾燥器のような再生乾燥器である。圧力がかけられた乾燥空気は、乾燥器210から、各接合ブロック192に流れる。乾燥システムの別の実施形態において、任意の圧力がかけられた乾燥空気のソースを利用して、フィラメント経路からの湿気を取り除いてもよく、また、他の乾燥ガスを利用して、フィラメント経路からの湿気を取り除いてもよく、また、他の乾燥ガスを利用して、フィラメント経路からの湿気を取り除いてもよい。重要なことは、乾燥システムは、圧力がかけられた乾燥空気または他のガスを、フィラメント経路に連続的に供給して、湿った空気が、フィラメント経路内に留まったり、入ったりすることを防ぐ必要があり、フィラメント経路の端部で、またはその近傍で排出する必要があることである。乾燥システム194の代替例の1つとして、圧縮された窒素タンクを、乾燥ガスソースとして設けることがある。他の代替例として、約-40°F以下の露点の出力を有する熱気乾燥剤乾燥機のような再生乾燥システムがある。

40

【0063】

カセット184のうちの1つをモデリング機械180に取り付けるため、機械180がまずオンにされる。その後、ユーザは、プラグキャップ248をフィラメントカセット18

50

4 から取り外して、カセット 184 を装填ベイ 182 のうちの 1 つに即座に挿入する。プラグキャップ 248 は、後で用いるための、ガイドブロック 214 の溝 256 に置かれ得る。ユーザは、ラッチ 196 を引っ張ることによって、カセット 184 を適切な場所にラッチする。上述したように、ポゴピン 142 は、ラッチされた後、回路基板 102 に接触して、EEPROM 96 をコントローラ 25 に接続する。カセット 184 が装填されたことをコントローラ 25 が感知した後、コントローラ 25 は、モータ 280 をオンにする。その後、駆動ローラ 278 が回転し始める。

【0064】

ユーザは、次に、ガイドブロック 214 のドア 250 を開いて、ローラ 240 にアクセスし、ローラに下方の力を加えることによって、ローラ 240 を手動で回転させる。ローラ 240 の回転は、フィラメントのストランド 188 をガイドブロック 214 から外に、駆動ブロック 272 の入り口コンジット 274 まで送る。フィラメントストランドが既に回転している駆動ローラ 278 に達するとき、ローラの対 278 および 279 は、フィラメントストランドを把持し、ユーザに代わってフィラメントストランドを送る。ユーザは、ドア 250 を即座に閉めて、フィラメント経路を密閉する。その後、ローラの対 278 および 279 は、フィラメントストランドを、少なくともフィラメントセンサ 286 の位置まで送る。フィラメントカセット 184 が待機カセットになる場合、コントローラ 25 は、モータ 280 に停止するように知らせて、フィラメントストランドを送ることがセンサ 286 で中断する。あるいは、カセット 184 が一次カセットになる場合、ローラの対 278 および 279 は、接合ブロック 192 を介して、供給ローラ 22 まで（あるいは、液化器 26 まで）フィラメントストランドを供給する。フィラメントストランドが供給ローラ 22 に達する場合、供給ローラ 22 は、フィラメントストランドの送りの制御を引き継ぐ。モータ 280 の電流が十分低く設定され、フィラメントが十分に固い場合、モータ 280 は、オンになったままで、一定の押す力を供給し続けることが可能であるが、供給ローラ 22 が動いていないときには止まる。この構成によって、モータ 280 を、供給ローラ 22 の動作と同期させてオンおよびオフにする必要がなくなる。別の実施形態において、ローラの対 278 および 279 は、供給ローラ 22 の代わりに、材料送り機構として機能し得る。このような場合、モータ 280 の動作は、押出しヘッド 20 へのフィラメントの送りを制御するように、コントローラ 25 によって精密に制御され得る。

【0065】

モデリング中、コントローラ 25 は、各 EEPROM 96 により維持されるカウントを用いることによって、各カセット 184 に残っているフィラメントの量を常に把握し得る。一次カセット 184 のうちの 1 つがフィラメントを使い果たした場合、モデリング機械 180 は、オペレータが介入することなく、待機カセット 184 に自動的に切り換える。フィラメントを取り外すために、コントローラ 25 は、フィラメントのストランド 188 を液化器 26 および供給ローラ 22 から引っ張るために十分なほどの短い時間、モータ 24 を後ろ向きに駆動させる。その後、コントローラ 25 は、モータ 280 を後ろ向きに駆動させて、フィラメントストランドを、チューブ 204、接合ブロック 192、チューブ 202 から、センサ 286 を通して引っ張る。機械 180 は、一次カセット駆動ブロック 272 のセンサ 286 がフィラメントがないことを示す場合に、明らかに、接合ブロック 192 が、待機カセット 184 からフィラメントを受けを知っている。その後、機械 180 は、フィラメントを待機カセット 184 から押出しヘッド 20 に装填する。この自動取り外し/再装填プロセスは、大きなオブジェクトのモデリング、および、モデリング機械 180 が業務時間外に運転される場合に特に有用である。ユーザは、機械 180 がモデルを構築し続ける間に、使い果たされたカセット 184 を取り換え得る。その後、使い果たされたカセット 184 は、最充填および再使用され得る。

【0066】

ユーザがカセット 184 のうちの 1 つをカセット 184 のフィラメントが使い果たされる前に機械 180 から取り外すことを所望する場合、ユーザは、機械 180 に、取り外しブ

10

20

30

40

50

ロセスを実行するように命令し得る。カセット184がモデリング機械から取り外される時に使用可能な量のフィラメント188がカセット184に残っている場合、カセット184は、汚染のない状態で、後に用いられるために格納され得る。このような場合、ユーザは、出口オリフィス238をプラグキャップ248で密閉する必要がある。カセット184が、残っている使用可能な量のフィラメント188を有するが、フィラメントが湿気によって汚染されている場合、カセット184は、上述したように、再乾燥され得る。

【0067】

米国特許第5,866,058号に開示されているように、熱的に凝固可能な材料からのモデルの構築において、モデリング材料の凝固温度よりも高い温度まで加熱されたチャンバ内でモデルを構築し、堆積の後に材料を徐々に冷却して、材料にかかる応力をなくすることが好ましい。所望の熱可塑性モデリング材料の多く、例えば、ポリカーボネート、ポリフェニルスルホン、ポリカーボネート/ABSブレンド、およびUltem(登録商標)は、高い融点を有し、さらに、湿気に影響されやすい。高温でモデルを構築するために特に適切な堆積モデリング装置は、PCT出願第US00/17363号に開示されている。

10

【0068】

本発明は、例示的な実施形態を参照しながら説明されてきたが、当業者は、本発明の意図および範囲から逸脱することなく、形態および細部に変更が加えられ得ることを理解する。例えば、実施形態1の様々な特徴は、実施形態2において用いられ、実施形態2の特徴と交換されてもよい。その逆もまた同様である。例えば、実施形態2の乾燥システムが、実施形態1の設計において用いられ、実施形態2について開示されたように、一次カセットおよび待機カセットを提供するように、実施形態1が用いられてもよい。あるいは、本発明のフィラメントカセットおよび装填システムが、溶融堆積プロセスによる三次元モデルの構築以外の押出し成形の用途に用いられ得ることが当業者にとって明らかである。本発明の範囲内で、他の変更が加えられ得る。例えば、フィラメントカセットによって保持されるローラーを駆動するモータは、モデリング機械に装着されるのではなく、カセットによって保持されてもよい。これらの変更、または他の変更は、当業者にとって明らかである。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、従来技術において公知であるような、押出し成形による三次元モデリング機械において用いられる、一般的なフィラメント供給装置の概略的な斜視図である。

30

【図2】図2は、三次元モデリング機械の第1の実施形態に装填される、フィラメントカセットの第1の実施形態を示す図である。

【図3】図3は、フィラメントカセットの第1の実施形態の部分的分解図である。

【図4】図4は、図3に示すフィラメントカセットのスプールおよび下方シェルの分解図である。

【図5】図5は、フィラメント経路内のフィラメントのストランドおよび装着された回路基板を示す、図3に示すフィラメントカセットの(部分的に)分解された詳細図である。

【図5A】図5Aは、フィラメントカセットの第1の実施形態に装着される別の構成の回路基板の詳細図である。

40

【図6】図6は、カセットの底面、側部、およびトレーリングエッジを示す、フィラメントカセットの第1の実施形態の斜視図である。

【図7】図7は、フィラメントカセットの第1の実施形態の正面図である。

【図8】図8は、本発明のフィラメントカセット受器の第1の実施形態の平面図である。

【図9】図9は、フィラメントカセット受器の第1の実施形態の正面図である。

【図10】図10は、フィラメントカセット受器の一部としての図8のフィラメントドライブの詳細な斜視図である。

【図11A】図11Aは、分離位置にあるフィラメント駆動アセンブリを示す、図8のフィラメントカセット受器に装填されるフィラメントカセットの第1の実施形態の平面図である。

50

【図11B】図11Bは、係合位置にあるフィラメント駆動アセンブリを示す、図6のカセット受器に装填されるフィラメントカセットの平面図である。

【図12】図12は、フィラメントカセットの第1の実施形態にローラーを係合する、図11Bのフィラメント駆動アセンブリの詳細な斜視図である。

【図13】図13は、三次元モデリング機械の第2の実施形態におけるフィラメント装填アセンブリの斜視図である。

【図14】図14は、フィラメントカセットの第2の実施形態の斜視図である。

【図15】図15は、フィラメントカセットの第2の実施形態の分解図である（ガイドブロックは不図示）。

【図16】図16は、フィラメントカセットの第2の実施形態のキャニスターベースの斜視図である。

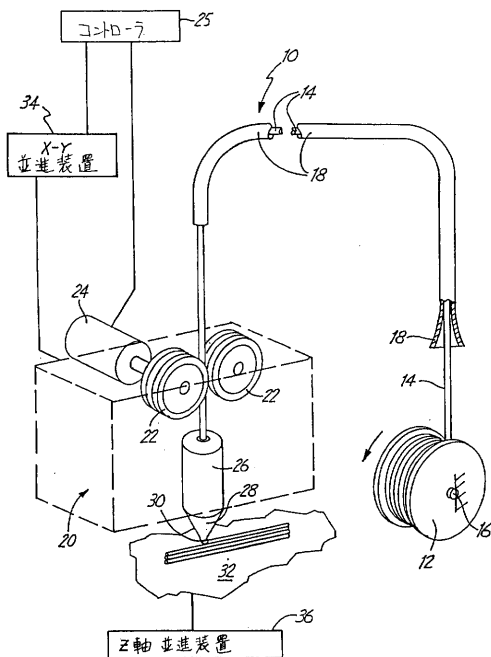
【図17】図17は、図14に示すガイドブロックのアクセスドアが開かれた状態での斜視図である。

【図18】図18は、図13に示すフィラメントカセット受器の分解図である。

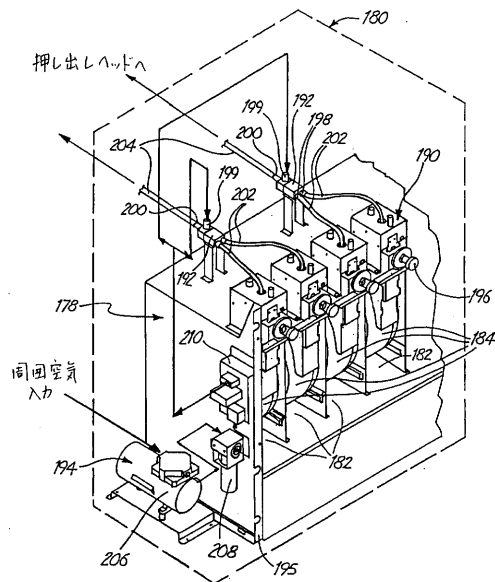
【図19】図19は、図13のフィラメント装填アセンブリの線19-19での断面図である。

10

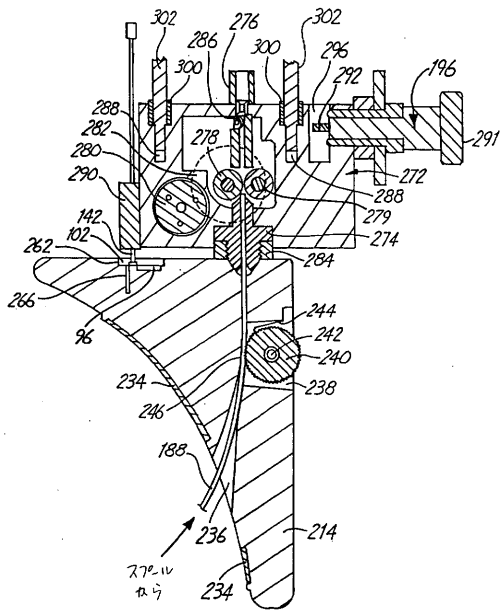
【図1】



【図13】



【 図 19 】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
24 January 2002 (24.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/06029 A1

(51) International Patent Classification: B29C 31/00,
41/12, B65H 16/10

(21) International Application Number: PCT/US01/41354

(22) International Filing Date: 12 July 2001 (12.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/218,642 13 July 2000 (13.07.2000) US
09/804,401 13 March 2001 (13.03.2001) US

(71) Applicant: STRATASYS, INC. [US/US]; 14950 Martin Drive, Minneapolis, MN 55415-1002 (US).

(72) Inventors: SWANSON, William, John; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Minneapolis, MN 55344-2020

(US). POPA, Mlcea, A.; c/o STRATASYS, INC., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344 (US). TURLBY, Patrick, W.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). PRIEDEMAN, William, R., Jr.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). HOPKINS, Paul, E.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). BROSE, Steve; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). KIMM, Daniel, L.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). POLLARD, David, L.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US). HAHN, Andrew, M.; c/o Stratasys, Inc., 14950 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344-2020 (US).

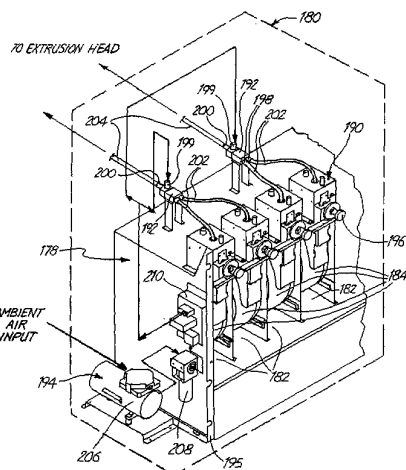
(74) Agents: CHAPMAN, Gena, M. et al.; Kinney & Lange, PA, Kinney & Lange Building, 312 South Third Street, Minneapolis, MN 55415-1002 (US).

[Continued on next page]

(54) Title: FILAMENT CASSETTE AND LOADING SYSTEM



WO 02/06029 A1



(57) Abstract: Disclosed are a filament cassette and a filament cassette receiver for supplying filament in a three-dimensional deposition modeling machine. The filament cassette contains a rotatable spool of filament, and has an exit orifice through which a filament strand may exit the cassette. The filament cassette receiver is mounted in a loading bay of the modeling machine and receives the filament cassette. The filament cassette receiver has a conduit for receiving a strand of filament from the cassette and a drive means for advancing the filament strand through the conduit. The present invention provides a convenient manner of loading and unloading filament from the modeling machine, and can be implemented in a manner that will protect the filament from moisture in the environment.

WO 02/06029 A1



(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

FILAMENT CASSETTE AND LOADING SYSTEM**BACKGROUND OF THE INVENTION**

This invention relates to the fabrication of three-dimensional objects using extrusion-based layered manufacturing techniques. More particularly, the invention relates to forming three-dimensional objects by extruding solidifiable modeling material in a flowable state in three dimensions with respect to a base, wherein the modeling material is supplied in the form of a filament.

Three-dimensional models are used for functions including aesthetic judgments, proofing the mathematical CAD model, forming hard tooling, studying interference and space allocation, and testing functionality. Extrusion-based layered manufacturing machines build up three-dimensional models by extruding solidifiable modeling material from an extrusion head in a predetermined pattern, based upon design data provided from a computer aided design (CAD) system. A feedstock of either a liquid or solid modeling material is supplied to the extrusion head. One technique is to supply modeling material in the form of a filament strand. Where the feedstock of modeling material is in solid form, a liquifier brings the feedstock to a flowable temperature for deposition.

Examples of extrusion-based apparatus and methods for making three-dimensional objects are described in Valavaara U.S. Patent No. 4,749,347, Crump U.S. Patent No. 5,121,329, Crump U.S. Patent No. 5,340,433, Crump et al. U.S. Patent No. 5,503,785, Danforth, et al. U.S. Patent No. 5,900,207, Batchelder, et al. U.S. Patent No. 5,764,521, Dahlin, et al. U.S. Patent No. 6,022,207, Stuffle et al. U.S. Patent No. 6,067,480 and Batchelder, et al. U.S. Patent No. 6,085,957, all of which are assigned to Stratasys, Inc., the assignee of the present invention.

In the modeling machines employing a filament feed, modeling material is loaded into the machine as a flexible filament wound on a supply reel, such as disclosed in U.S. Patent No. 5,121,329.

2

A solidifiable material which adheres to the previous layer with an adequate bond upon solidification and which can be supplied as a flexible filament is used as the modeling material. The extrusion head, which includes a liquifier and a dispensing nozzle, receives the filament, melts the filament in the liquifier, and extrudes molten modeling material from the nozzle onto a base contained within a build envelope. The modeling material is extruded layer-by-layer in areas defined from the CAD model. The material being extruded fuses to previously deposited material and solidifies to form a three-dimensional object resembling the CAD model. In building a model from a modeling material that thermally solidifies upon a drop in temperature, the build envelope is preferably a chamber which is heated to a temperature higher than the solidification temperature of the modeling material during deposition, and then gradually cooled to relieve stresses from the material. As disclosed in U.S. Patent No. 5,866,058, this approach anneals stresses out of the model while it is being built so that the finished model is stress free and has very little distortion.

In creating three-dimensional objects by depositing layers of solidifiable material, supporting layers or structures are built underneath overhanging portions or in cavities of objects under construction, which are not supported by the modeling material itself. For example, if the object is a model of the interior of a subterranean cave and the cave prototype is constructed from the floor towards the ceiling, then a stalactite will require a temporary support until the ceiling is completed. A support structure may be built utilizing the same deposition techniques and apparatus by which the modeling material is deposited. The apparatus, under appropriate software control, produces additional geometry acting as a support structure for the overhanging or free-space segments of the object being formed. Support material is deposited either from a separate dispensing head within the modeling apparatus, or by the same dispensing head that deposits modeling material. A support material is chosen that will

adhere to the modeling material during construction, and that is removable from a completed object. Various combinations of modeling and support materials are known, such as are disclosed in U.S. Patent No. 5,503,785.

5 In Stratasys FDM® three-dimensional modeling machines of the current art which embody a filament feed as disclosed in the above-referenced patents, a coil of modeling filament wrapped on a spool is loaded into the machine by mounting the spool onto a spindle. The filament is made of a thermoplastic or wax material. The user
10 manually feeds a strand of the filament through a guide tube made of low friction material, unwinding filament from the spool until the filament strand reaches a pair of motor-driven feed rollers at the extrusion head. The filament strand is advanced by the feed rollers into a liquifier carried by the extrusion head. Inside the liquifier, the filament is heated to a
15 flowable temperature. As the feed rollers continue to advance filament into the extrusion head, the force of the incoming filament strand extrudes the flowable material out from the dispensing nozzle where it is deposited onto a substrate removably mounted to a build platform. The flow rate of the material extruded from the nozzle is a function of
20 the rate at which the filament is advanced to the head and the size of the dispensing nozzle orifice. A controller controls movement of the extrusion head in a horizontal x, y plane, controls movement of the build platform in a vertical z-direction, and controls the rate at which the feed rollers advance filament into the head. By controlling these processing
25 variables in synchrony, the modeling material is deposited at a desired flow rate in "beads" or "roads" layer-by-layer in areas defined from the CAD model. The dispensed modeling material solidifies upon cooling, to create a three-dimensional solid object.

30 The Stratasys FDM® modeling machines use modeling filaments which are made from moisture sensitive materials, e.g., ABS thermoplastic. In order for the machines to function properly and to build accurate, robust models, the material must be kept dry. Therefore,

filament spools for use in the machines are shipped, together with packets of desiccant, in moisture-impermeable packages. Each filament spool is to remain in its package until it is loaded into a modeling machine. The spindle onto which the spool is mounted is contained in a "drybox", an area of the machine maintained at low humidity conditions. The user is instructed to place the desiccant packets packaged with the filament spool into the drybox, and to remove any desiccant packets placed in the machine with prior spools. After manually feeding the filament to the feed rollers, the user latches a door of the drybox and may instruct the machine to begin building a model. To unload the filament spool from the machine, the user manually winds the filament back onto the spool. U.S. patent no. 6,022,207 shows and describes a spool of the current art loaded into the drybox of a three-dimensional modeling machine.

Manually feeding filament to the head, as is presently done, can be tedious. Additionally, as a practical matter, users often leave old desiccant in the drybox and fail to replace it with new desiccant, allowing humidity in the drybox to reach unacceptable levels. Further, frequent switching of spools results in moisture-contaminated material. Opening and closing the drybox door allows humid air to get trapped inside of the sealed area. A partially used spool unloaded from the machine is exposed to moisture and becomes contaminated as well. These moisture contamination problems result in wasted material when the user switches the type or color of modeling material. Moreover, some materials desirable for use as modeling materials in the Stratasys FDM® machines are highly vulnerable to moisture and can get contaminated within minutes. The time during which the drybox door is opened for loading and unloading filament introduces a level of moisture into the drybox unacceptable for some desirable materials, limiting the choice of modeling materials for use in these machines.

It would be desirable to provide modeling filament to a three-dimensional modeling machine in a manner that would simplify the

loading and unloading operation, and that would reduce the moisture introduced into the machine. Additionally, it would be desirable to be able to readily remove unused filament from the machine and store it for later use.

5 **BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION**

The present invention is a filament cassette and a filament loading assembly for supplying modeling filament in a three-dimensional deposition modeling machine. The filament cassette has a chamber which contains a rotatable spool of filament, a filament path which leads
10 from the chamber to an exit orifice, and a means for advancing filament from the spool along the filament path and out of the exit orifice. In a first preferred embodiment, the means for advancing comprises a roller which receives a rotational force from an external drive wheel. In a second preferred embodiment, the means for advancing comprises a
15 roller that is manually operated by a user. The filament cassette may be made airtight to protect moisture sensitive filament from the environment.

The filament cassette receiver is on the modeling machine and comprises a conduit and a drive means. The conduit receives a
20 filament strand provided from the exit orifice of the cassette and guides the filament strand along a filament path of the machine. The drive means advances the filament strand through the conduit in response to control signals from a controller. The filament cassette may be unloaded from the machine by controlling the drive means to wind the
25 filament strand back through the conduit and into the cassette. In a preferred embodiment, the latching means engages and disengages the filament cassette in a loading bay of the modeling machine, to both maintain and allow removal of the cassette. One or more filament loading assemblies may be used in a single modeling machine, each
30 receiving a filament cassette.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a perspective, diagrammatic view of a generic filament-feed used in an extrusion-based three-dimensional modeling machine such as is known in the prior art.

5 Figure 2 shows a first embodiment of a filament cassette being loaded into a first embodiment of a three-dimensional modeling machine.

Figure 3 is a partially exploded view of the first embodiment of a filament cassette.

10 Figure 4 is an exploded view of the spool and lower shell of the filament cassette shown in Figure 3.

Figure 5 is a detailed view of the (partially) exploded filament cassette shown in Figure 3, showing a strand of filament in the filament path and a mounted circuit board.

15 Figure 5A is a detailed view of an alternative configuration of a circuit board mounted onto the first embodiment of a filament cassette.

Figure 6 is a perspective view of the first embodiment of the filament cassette, showing the bottom surface, side and trailing edge of the cassette.

20 Figure 7 is a front elevation of the first embodiment of the filament cassette.

Figure 8 is top plan view of a first embodiment of a filament cassette receiver of the present invention.

25 Figure 9 is a front elevation of the first embodiment of the filament cassette receiver.

Figure 10 is a perspective, detailed view of the filament drive shown in Figure 8 as part of the filament cassette receiver.

30 Figure 11A is a top plan view of the first embodiment of a filament cassette loaded into the filament cassette receiver of Figure 8, showing the filament drive assembly in a disengaged position.

Figure 11B is a top plan view of a filament cassette loaded into the cassette receiver of Figure 6, showing the filament drive assembly in an engaged position.

5 Figure 12 is a perspective detailed view of the filament drive assembly of Figure 11B engaging a roller on the first embodiment of the filament cassette.

Figure 13 is a perspective view of a filament loading assembly in a second embodiment of the three-dimensional modeling machine.

10 Figure 14 is a perspective view of a second embodiment of the filament cassette.

Figure 15 is an exploded view of the second embodiment of the filament cassette (guide block not shown).

15 Figure 16 is a perspective view of the canister base of the second embodiment of the filament cassette.

Figure 17 is a perspective view of the guide block shown in Figure 14, with the access door open.

Figure 18 is an exploded view of the filament cassette receiver shown in Figure 13.

20 Figure 19 is a sectional view of the filament loading assembly of Figure 13, taken along a line 19-19 thereof.

DETAILED DESCRIPTION

25 A filament feed 10 used generally to feed filament to an extrusion head 20 in an extrusion-based three-dimensional modeling machine is shown in Figure 1. A spool 12 carrying a coil of filament 14 is mounted on a spindle 16. The filament 14 is made up of a modeling material from which a three-dimensional model (or a support structure for the three-dimensional model) is to be built. Typically, the filament has a small diameter, such as on the order of 0.070 inches.

30 A strand of the filament 14 is fed through a guide tube or tubes 18, made of a low-friction material, which also preferably provides a moisture barrier, such as Teflon™. The guide tube 18 routes the

strand of filament 14 to the extrusion head 20. A pair of feed rollers 22, shown mounted on the extrusion head 20, receive the strand of filament 14 and feed the strand of filament 14 to a liquifier 26 carried by the extrusion head 20. As shown, the feed rollers 22 are rubber-coated so as to grab the strand of filament 14 therebetween. Also as shown, one of feed rollers 22 is a drive roller, driven by a motor 24 under the control of a controller 25. The other roller 22 is an idler roller. The liquifier 26 is heated so as to melt the filament 14. The liquifier 26 terminates in a nozzle 28 having a discharge orifice 30 for dispensing the molten modeling material. The liquifier 26 is pressurized by the "pumping" of the strand of filament 14 into the liquifier 26 by feed rollers 22. The strand of filament itself acts as a piston, creating a "liquifier pump". The pressurization impels the molten modeling material out of the orifice 30 at a volumetric flow rate. The volumetric flow rate is a function of the size of the dispensing orifice 30 and the rate of rotation of the feed rollers 22. By selective control of the motor 24, the rate of advancement of the strand of filament 14, and thus the volumetric dispensing rate of the molten modeling material, can be closely controlled.

The extrusion head 20 is driven in a horizontal x,y plane by an x-y translator 34, which receives drive signals from the controller 25 in accordance with design data derived from a CAD model. As the extrusion head 20 is translated in the x-y plane, molten modeling material is controllably dispensed from the orifice 30 layer-by-layer onto a planar base 32 (shown in part in Figure 1). After each layer is dispensed, the base 32 is lowered a predetermined increment along a vertical z-axis by a z-axis translator 36, which also receives drive signals from the controller 25. The dispensed material fuses and solidifies to form a three-dimensional object resembling the CAD model. Support material may be dispensed in a like fashion in coordination with the dispensing of modeling material, to build up supporting layers or a support structure for the object.

As will be understood by those in the art, many variations of the modeling machine and process are possible. For example, any relative movement in three-dimensions between the extrusion head 20 and the base 32 may be used to built up the object. The feed rollers and the motor may take various forms. For example, as is disclosed in 5 U.S. Patent No. 5,121,329, both rollers may be driven (such as by coupling the rollers by a timing belt), more rollers be added, or the rollers may be spring-biased towards each other, rather than rubber coated, to maintain gripping frictional contact on the filament. Any type 10 of motor that can drive the feed rollers at a controlled rate may be employed, for instance a servo motor or a stepper motor. Likewise, different arrangements of extrusion heads may be utilized for receiving and dispensing different types or colors of filament from separate filament feeds. For example, the extrusion head may carry two sets of 15 feed rollers, each driven by its own motor, for advancing two different filament strands from two different spools, such is disclosed in U.S. Patent Nos. 5,121,329; 5,503,785; and 6,004,124.

Embodiment One

In the present invention, the spool carrying a coil of filament is contained within a filament cassette. Figure 2 shows a first 20 exemplary embodiment of a modeling machine 40 which has two loading bays 42 stacked vertically, each for receiving a first embodiment of a filament cassette 44. As shown, one filament cassette 44 is loaded into the lower loading bay. A second cassette 44 is being loaded into 25 the upper loading bay 42. Each filament cassette contains a spool carrying a coil of filament. Preferably, one cassette 44 supplies filament formed of modeling material, while the other cassette 44 supplies filament formed of support material. The modeling machine 40 has two liquifiers 26, such as shown in Figure 1, which each receive a strand of 30 filament from one of the cassettes 44.

As will be described in detail below, each loading bay 42 contains a cassette receiver 46 which engages the filament cassette 44

and advances a strand of the filament 14 from the cassette 44 into the guide tube 18 of filament feed 10. A user loads the filament cassette 44 into the modeling machine 40 by holding the cassette 44 in an upright position and lining up a leading edge 48 of the cassette 44 with one of the loading bays 42. The user pushes the cassette 44 into the loading bay 42 until a hard stop is reached. At such time, the cassette 44 is engaged by the cassette receiver 46.

Detail of the filament cassette 44 is shown in Figures 3-7. As shown in Figures 3 and 4, the filament cassette 44 is comprised of an upper shell 50, a lower shell 52, and a spool 54 carrying the filament 14. The upper shell 50 and lower shell 52 fasten together, with the spool 54 between them, by a set of four screws 55 (not shown). The lower shell 52 has a hub 56 and the upper shell 50 has a hub 58. A circular recess 59 within upper shell 50 and lower shell 52 surrounds each of hubs 56 and 58. The upper shell 50 and lower shell 52 each have seven compartments 60 along the periphery of the recess 59. Together, hubs 56 and 58 form a spindle on which the spool 54 rotates within a chamber defined by the circular recesses 59. Packets of desiccant 62 are placed in the compartments 60 so as to maintain dry conditions in the chamber of cassette 44. A narrow channel 64 is routed in lower shell 52 in a closed-loop around the periphery of the circular recesses 59 and the compartments 60. A gasket 68 is seated in the channel 64, and a ridge 66 in the upper shell 50 mirrors the channel 64. The gasket 68 blocks air from reaching the spool 54 within the cassette 44 when the upper shell 50 and the lower shell 52 are fastened together.

Each of shells 50 and 52 have a narrow channel 70 leading from the circular recess 59 to the leading edge 48 of the cassette 44, as best shown in Figure 5. Together, the channels 70 define a filament path which terminates in an exit orifice 72 of the cassette 44, as shown in Figure 7. As is best shown in Figure 5, a roller 76 is mounted opposite a roller 78 along the channel 70 of the lower

shell 52. As shown, roller 76 rotates on a floating axle 80, while roller 78 rotates on a fixed axle 82. The floating axle 80 is seated in an oblong depression 81 of the upper and lower shells 50 and 52, oriented perpendicular to the filament path. The fixed axle 82 is seated in a cylindrical depression 83 of the upper and lower shells 50 and 52. A force applied against roller 76 will force roller 76 towards roller 78 to grip a strand of filament 14 in the filament path. Alternatively, both rollers could have a fixed axle, and be positioned close enough to one another to grip a filament strand in the path. The rollers may have an elastomeric surface, to aid in gripping the strand of filament 14.

The channel 70 of lower shell 52 forming the filament path crosses the channel 64 at a position located between the circular recess 59 and the roller pair 76 and 78. A retainer 84, which is integral with the gasket 68, is positioned at this location. The retainer 84 has a center hole 85 of a diameter approximately equal to the filament diameter.

Each of shells 50 and 52 have another channel 86 which runs parallel to the channel 70. Together, the channels 86 define a registration pin receiving cavity 88, which begins at the leading edge 48 of the cassette 44 and terminates before reaching the gasket 68. Cavity 88 has a flared mouth followed by a narrow neck. The mouth of cavity 88 is shown in Figure 7. Each of upper shell 50 and lower shell 52 have a recess 89 to the right of the channel 86, which together form a recess in the leading edge 48 of the cassette 44. On the lower shell 52, a circuit board is mounted in the recess 89.

In one embodiment, as shown in Figure 5, a circuit board 92 is mounted horizontally at the base of the recess 89 by two screws 94, and carries an EEPROM 96 on its upper surface. The circuit board 92 has conductive tabs 98 on a portion thereof which extends across the recess 89, so that it may be received by a card-edge connector. In an alternative embodiment, shown in Figure 5A, a circuit board 102 is mounted vertically in the recess 89 by screws 104. The circuit board

102 has an inner face (not shown) which carries the EEPROM 96 and an outer face which carries a pair of electrical contacts 106.

The EEPROM 96 acts as an electronic tag for the cassette 44. The EEPROM 96 contains information identifying the cassette 44 and the filament 14, such as the type of material from which the filament is formed. The EEPROM 96 additionally may keep a count of the lineal feet of filament 14 that is in the cassette 44. When the cassette 44 is loaded into the modeling machine 40, the EEPROM 96 is electrically connected to the controller 25, as described below. As filament 14 is advanced from the cassette 44 into the modeling machine 40, the controller 25 continually updates the lineal feet count of the filament 14 remaining in the cassette 44. This allows the controller 25 to prevent the machine 40 from attempting to model without filament. EEPROM 96 may be any electronically readable and writeable data store. The use of such a data store as a filament tag is described in U.S. Patent No. 5,939,008.

The filament cassette 44 is assembled by placing the spool 54 carrying the filament 14 on the hub 56 of the lower shell 52. The lower shell 52 is prepared by pressing the gasket 68 into the channel 64, so that the center hole 85 of the retainer is aligned in the channel 70. One of the circuit boards 92 or 102 is fastened to the lower shell 52. The fixed axle 82 carrying roller 78 is placed into the cylindrical depression 82 of the lower shell 52, while the floating axle 80 carrying roller 76 is placed into the oblong depression 81 of the lower shell 52. A strand of the filament 14 from the spool 54 is threaded through the hole in retainer 84, and placed in the channel 70 of lower shell 52 between the rollers 76 and 78. A packet of desiccant is placed in each of the compartments 60. Once each of these items are in position on the lower shell 52, the upper shell 50 and lower shell 52 are fastened together by the four screws 55 (alternatively, any known fastening device could be used). The screws 55 are set into four screw holes 108 of the lower shell 52, and extend into four threaded screw holes 109 of

the upper shell 50. The cassette 44 is then ready for loading into the modeling machine 40.

5 Once the cassette 44 is assembled, it may be placed in a moisture- impermeable package, which package may then be vacuum sealed, for shipping or later use. Vacuum sealing is desirable where the filament 14 is made from a moisture sensitive material. Additionally, for moisture sensitive materials, the chamber of the cassette 44 containing the spooled filament should be dried just prior to the vacuum sealing. The cassette 44 then remains in the package until a user is ready to
10 load the cassette 44 into the modeling machine 40.

After the filament 14 contained within the cassette 44 is depleted or otherwise becomes unusable, the cassette 44 can be refilled and reused by detaching the shells 50 and 52 and replacing the filament 14 on the spool 54. The EEPROM 96 carried by circuit board
15 92 or 102 can be reset or the circuit board replaced to provide a new EEPROM 96.

Figure 6 shows the bottom surface, trailing edge and right side of filament cassette 44. As shown, the roller 76 protrudes from an opening 111 in the right side of the cassette 44 so that it may receive an
20 external rotational force. As will be described in more detail below, the roller 76 is preferably driven by a drive wheel 156 on the cassette receiver 46 to advance the strand of filament 14 out of the exit orifice 72.

The cassette receiver 46 which engages filament cassette 44 is shown in Figures 8-12. The cassette receiver 46 is mounted on
25 the floor 110 of each loading bay 42. Preferably, the loading bay floor 110 is made of sheet metal. The cassette receiver 46 comprises a latching mechanism 112, a reciprocating assembly 114 and a drive assembly 116. The latching mechanism 112 is mounted to the floor 110 by a bracket 116. The latching mechanism 112 is comprised of a
30 solenoid 118, an arm 120 and a latch 122. The arm 120 is coupled to the solenoid 118 at one end thereof and is integral with the latch 122 at the other end thereof. The arm 120 extends downward from the

WO 02/06029

PCT/US01/41354

14

solenoid 118 through an opening in the floor 110, sits below and generally parallel to the floor 110, and then angles upward so that it will pivot to position the latch 122 alternately above and below the floor 110. The latch 122 moves up and down through a cutout 124 in the floor

5 110.

The solenoid 118, operating under control of the controller 25, alternately rocks the arm 120 up and down to engage and disengage the latch 122. When the solenoid 118 is energized, the arm 120 rocks upward at the latch end, placing the latch 122 in an engaged

10 position. When the solenoid 118 is de-energized, the latch end of arm 120 rocks downward, moving the latch 122 to a disengaged position.

The reciprocating assembly 114 is fastened to the loading bay floor 110 by a bracket 126. The reciprocating assembly 114 comprises a piston 128, an ejection spring 130, a track 132 and a frame 133. The piston 128 sits parallel to and above the floor 110. The piston 128 extends through a hole in the bracket 126 and moves forward and back in the loading bay 42, guided by track 130. The forward end of the piston 128 is coupled to the frame 133, which extends generally perpendicular to the piston 128. The frame 133 moves back and forth

15 with the motion of piston 128. The ejection spring 130 is coiled around the piston 128, connecting to the bracket 126 at the rearward end thereof and connecting to the frame 133 at the forward end thereof. A horizontal force applied against the frame 133 will compress the ejection spring 130. When said force is released, the spring 130 will

20 decompress, causing the frame 133 and piston 128 to move forward. A pair of bearings 134 are mounted to the floor 110 underneath the frame 133. The bearings 134 provide a low friction surface which supports frame 133 in a plane parallel to the floor 110, while allowing the frame 133 to slide back and forth.

Attached to the frame 133 are an electrical connector 136, a registration pin 138 and a conduit 140. The electrical connector 136 is configured to mate with the circuit board of the filament cassette 44

30

on a forward face thereof and is configured to provide an electrical connection to the controller 25 at a rear face thereof. As shown, the forward face of electrical connector 136 carries two pogo pins 142 configured to mate with the electrical contacts 106 of circuit board 102 carried by the cassette 44. (Alternatively, the electrical connector could be a card-edge connector for receiving the conductive tabs 98 of circuit board 92). The registration pin 138 is mounted on the frame 133 to the right of the electrical connector 136. The registration pin 138 extends forward in the loading bay 42 and has a diameter approximately equal to the diameter of the neck of cavity 88 within the filament cassette 44. The conduit 140 is located to the right of the registration pin 138. The conduit 140 has an entrance 144 which faces forward in the loading bay 42, and an exit 146 facing to the rear of the loading bay 42. The entrance 144 of the conduit 140 is configured to align with the exit orifice 72 of the cassette 44, and to receive the strand of filament 14 from the exit orifice 72. Optionally, the conduit 140 may make an airtight seal with the exit orifice 72 and the guide tube 18. A strand of the filament 14 fed into the conduit entrance 144 will exit through the conduit exit 146 where it can then be provided into the guide tube 18 and routed to the liquifier 26.

The drive assembly 116 is mounted to the loading bay floor 110 by a bracket 148. The drive assembly 116 comprises a solenoid 150, a motor 152, a gear train 154, a drive wheel 156 which rotates on a shaft 158, and a housing 160. The drive assembly 116 is shown in detail in Figures 10-12. The solenoid 150 having an actuator 162 is mounted in the bracket 148 so that the actuator 162 reciprocates forward and back in the loading bay 42. Energization of the solenoid 150 is controlled by the controller 25. The actuator 162 moves forward in the loading bay 42 when the solenoid 150 is actuated, and moves towards the back of the loading bay 42 when the solenoid 150 is deactuated. The housing 160, which carries the motor 152, the gear train 154 and the drive wheel 156, is pivotably mounted onto the floor

16

110 in front of the actuator 162. When the solenoid 150 is energized, the actuator 162 pivots the housing 160 in a clockwise rotation. Absent a force imparted against the housing 116 by the actuator 162, the housing 160 is in an upward resting position. When the actuator 162
5 rotates the housing 116 in a counterclockwise direction, the drive wheel 156 is placed in an actuated position at which it will press against the floating-axis roller 76 of the cassette 44 when the cassette 44 is loaded in the loading bay 42.

The motor 152, in response to control signals from the
10 controller 25, causes rotation of the shaft 158 via gear train 154, as best shown in Figure 10. Rotation of the shaft 158 rotates the drive wheel 156. When in its actuated position, the drive wheel 156 will then rotate the cassette roller 76. Release of the actuator 162 from the housing 160 allows the housing 160 to rotate back into a resting position. In an
15 alternative embodiment wherein the cassette roller has a fixed axis, the solenoid 150 could be eliminated and the drive wheel 156 could remain fixed in the actuated position where it would impart a constant force against the cassette roller.

As mentioned above, a user loads the cassette 44 into the
20 modeling machine 40 by pushing the cassette 44 into one of the loading bays 42 until a hard stop is reached. The hard stop is provided by a backstop 164, which is mounted to the loading bay floor 110 (as shown in Figure 8), and the compression of the ejection spring 130. As the user releases the cassette 44, it moves back until the latch 122 catches
25 on a ridge 180 on the bottom surface of the cassette 44 (shown in Figure 6). The latch 122 is set in an upward position prior to loading the cassette 44, under commands from the controller 25 to the solenoid 118, so that it is ready to catch the cassette 44. The latch 122 remains in this upward position until the user desires to remove the cassette 44,
30 at which time the controller 25 de-energizes the solenoid 118 to lower the latch 122.

As the cassette 44 is pushed into the loading bay 42, the registration pin 138 slides into the cavity 88 of the cassette 44. The registration pin 138 serves to properly align the cassette 44 with the cassette receiver 46, and specifically to counteract a torque imparted against the cassette 44 by engagement of the drive system 116. With the cassette 44 properly aligned with the cassette receiver 46, the pogo pins 142 mate with the electrical contacts 106 of the circuit board 102. Electrical contact is then established between the cassette 44 and the controller 25. The controller 25 knows that the cassette 44 is loaded when it senses that the EEPROM 96 is present. The controller 25 reads the count that is stored on the EEPROM 96. If the count indicates that the amount of filament 14 contained in the cassette 44 is below a set "cassette empty" threshold value, the user is alerted to load a new cassette 44.

When the controller 25 senses that the cassette 44 is loaded, it energizes the solenoid 150 of the drive assembly 116. As described above, actuation of the solenoid 150 rotates the housing 160 such that the drive wheel 156 moves to its actuated position, at which it presses against the roller 76 of the cassette 44. The drive wheel 156 imparts a force against the roller 76, pushing the roller 76 towards the roller 78, thus pinching the strand of filament 14 that is in the filament path. When the drive wheel 156 is driven in a counterclockwise rotation by the motor 152, the roller 76 is driven in a clockwise rotation so as to advance the strand of filament 14 into the conduit 140, and then into the guide tube 18.

The cassette receiver 46 continues to advance the strand of filament 14 until it reaches the feed rollers 22. The controller 25 senses presence of the filament 14 at the feed rollers 22. Preferably, motor 24 is a DC servo motor, and the sensing is achieved by monitoring the current load of the motor 24. To monitor the current load, the controller 25 activates the motor 24 at the start of the auto-load process. When filament is present between the rollers 22, the current

load will increase. When the controller 25 senses the increase in motor current load, the controller 25 signals the motor 24 and the cassette receiver 46 to stop. Additionally, the controller 25 de-energizes the solenoid 150 to remove the force of drive wheel 156 against the roller 5 76. This serves to remove the frictional force of the rollers from the filament 14 during modeling. Filament 14 from each of the cassettes 44 is loaded in a like manner. Once both materials have been loaded, modeling may begin.

Optionally, as mentioned above, the drive assembly 116 10 could be designed so that the drive wheel 156 remains in a fixed position where it applies a constant force. In such an arrangement, it would be possible to eliminate the roller pair 22, and instead use the roller pair on the cassette 44 to feed the filament 14 into the liquifier 26. Then, the drive wheel 156 would be driven at a controlled rate to control 15 the rate of advancement of the filament 14 into the liquifier 26.

To unload the filament, a controller 25 drives the motor 24 backwards for a short time sufficient to pull the strand of filament 14 out of the liquifier 26 and feed rollers 22. The controller 25 then disengages the cassette receiver 46 from the cassette 44, allowing the user to 20 remove the cassette 44 from the loading bay 42. To eject the cassette 44 from the machine 40, the user pushes the cassette 44 to the hardstop to allow disengagement of the latch 122. The spring 130 then forces forward the reciprocating assembly 114, ejecting the cassette 44.

The top surface and trailing edge of cassette 44 each have 25 a window 170 which allow the user to visually inspect the amount of filament 14 contained within the cassette 44 when the cassette 44 is loaded or unloaded. If a useable amount of filament 14 remains in the cassette 44 when it is removed from the loading bay 42, the cassette can be stored for later use. If there is not a usable amount of filament 30 remaining, the cassette 44 can be refilled and reused.

Embodiment Two

Figure 13 shows a filament loading assembly 178 in a second embodiment of a modeling machine 180, which builds models from filament supplied from a second exemplary embodiment of a filament cassette 184. The filament loading assembly 178 and the filament cassette 184 are particularly suited for building models from moisture-sensitive materials. The filament loading assembly 178 comprises four loading bays 182, four filament cassettes 184 each containing a spool 186 carrying a coil of filament 188, four filament cassette receivers 190, two junction blocks 192 and a drying system 194. The four loading bays 182 are aligned horizontally across the front of the modeling machine 180. Each loading bay 182 receives one filament cassette 184 and has associated with it one filament cassette receiver 190, mounted in a ceiling thereof. The junction blocks 192 are mounted to a frame 195 of the filament loading assembly 178, and are each associated with a pair of cassette receivers 190.

A user loads the filament cassette 184 into the modeling machine 180 by holding the cassette 184 in an upright position, pushing the cassette 184 into one of the loading bays 182, grasping a latch 196 on the filament cassette receiver 190, and pulling the latch 196 forward to drop the filament cassette receiver 190 to a lowered position. In the lowered position, the filament cassette receiver 190 mates with the filament cassette 184 and latches the cassette 184 into place. A strand of filament is manually fed from each filament cassette 184 to the associated cassette receiver 190 (as will be described in detail below). The cassette receiver 190, under control of the controller 25, then automatically advances the filament strand through tubing 202 and the associated junction block 192 toward the extrusion head 20.

Each junction block 192 has two input ports 198, one air port 199, and one output port 200. The input ports 198 are coupled to the associated cassette receivers 190 by lengths of tubing 202, which provides a path for filament strands from the receivers 190 to the associated junction block 192. The output ports 200 of each junction

block 192 are connected to lengths of tubing 204. Tubing 204 provides a filament path from each junction block 192 to a liquifier 26 (such as shown in Figure 1). For filament 188 that is made of a moisture sensitive material, the drying system 194, which comprises a compressor 206, a filter 208, and a regenerative dryer 210, is used to maintain dry conditions in the path of the filament strand as it travels from the cassette 184 to the liquifier 26, as will be described in more detail below.

At a given time, only one strand of filament is provided to each junction block 192 and to each pair of feed rollers 22. The other filament strands remain in the associated cassette receivers 190. A cassette 184 that provides the filament strand to the junction box 192 is termed a primary material supply cassette, while a cassette 184 which provides the filament strand that remains in the cassette receiver 190 is termed a standby material supply cassette. The machine 180 can switch from the primary to the standby material supply cassette 184 without user intervention, by winding the filament strand from the primary cassette 184 back towards its receiver 190, and advancing the filament strand from the standby cassette 184 through the junction block 192 to the feed rollers 22. The standby cassette then becomes the primary cassette. In a typical modeling application, it will be preferable for one junction block 192 to receive modeling material filament and the other junction block 192 to receive support material filament. Then, the machine 180 can automatically switch to the standby supply when the primary supply is depleted, and no modeling time will be lost. The depleted cassette can be replaced at the user's convenience while the modeling machine 180 continues to run. Alternatively, if the primary and standby cassettes 184 contain different types of filament 188, switching can be done before depletion of material to allow building from a different material type or color.

The filament cassette 184 is shown in detail in Figures 14-17. As shown, the filament cassette 184 is comprised of a canister 212,

a guide block 214, and spool 186 carrying a coil of the filament 188. The canister 212 is formed of a body 216, and a lid 218 that presses onto the body 216. The interior of canister 212 defines a chamber containing the spool 186. The spool 186 rotates on a hub 220 of the body 216 and a hub 221 of the lid 218. Optionally, a spring plate 222 is attached to the inside of the lid 218. The spring plate 222 has spiked fingers which are bent so as to allow rotation of the spool 186 in only the direction that will advance filament out of the cassette 184. The guide block 214 is attached to the body 216 at an outlet 224, and provides a exit path for the filament 188. The guide block 214 is fastened to the canister body 216 by a set of screws (not shown) which extend through six screw holes 232 in the body 216 (shown in Figure 15).

For filament 188 made of moisture sensitive material, the cassette 184 is made air tight. The canister 212 and guide block 214 are made of materials that block water vapor transmission, such as sheet metal and polypropylene, respectively. A strip of moisture-impermeable tape 223 seals the lid 218 to the body 216. Moisture can be withdrawn from the interior chamber of canister 212 through a hole 226 in the canister body 216, and the hole 226 sealed with a plug 228. Preferably, a piece of moisture-impermeable tape 230 is placed over the plug 228 to further seal the hole 226.

As shown in Figure 19, a strand of the filament 188 inside the canister 212 is fed through outlet 224 into a filament path 236 in the guide block 214. The filament path 236 extends through the guide block 214, terminating in an exit orifice 238. Adjoining the filament path 236, the guide block 214 has a chamber 238 in which a knurled roller 240 is mounted on a pin 242. The pin 242 is mounted so that the knurled roller 240 pinches the strand of filament in the path 236 against a wall 246. A user can advance the filament strand out of the exit orifice 238 and along the filament path 236 by manually rotating the roller 240 in a clockwise direction. To prevent a counterclockwise rotation of roller 240 (which would push the filament strand towards the canister 212 where

it could be accessed only by opening the canister), an anti-rotation plate 244 is preferably mounted in the chamber 238, juxtaposed with the roller 240. It will be apparent to those skilled in the art that the knurled roller 240 could be replaced with some other means for advancing the filament strand. For example, the wall 246 could have a raised contour allowing a user to apply a manual propulsion force to the filament over the contour. Further, the raised counter could be defined by an idler rollers or an idler roller could be used in combination with the knurled roller 240.

10 For filament 188 formed of moisture sensitive material, air flow to the filament path 236 is prevented. The guide block 214 has a removable plug cap 248 that seals the exit orifice 238, and a door 250 that encloses the chamber 238. The plug cap 248 snap-fits onto a pair of grooves 254 on the guide block 214, so that a compressible seal 252
15 on the underside of the plug cap 248 covers the exit orifice 238. The plug cap 248 is removed by the user at the time of inserting the cassette 184 into the machine 180. Preferably, the guide block has a second set of grooves 256 on which the plug cap 248 may be parked when it is removed from the first set of grooves 254. The door 250 has a
20 compressible seal 258 on an interior surface thereof, and pivots on a hinge 260. When the door 250 is open, the roller 240 is accessible to a user. The door 250 is opened by a user to load filament into the machine 180, and kept closed otherwise. A compressible seal 234 is placed between the guide block 214 and the canister body 216 to further
25 seal the cassette 184.

The guide block 214 may carry an EEPROM 96 (described with respect to embodiment one above). The circuit board 102 carrying EEPROM 96 is mounted in a depression 262 of the guide block 214, with the pair of electrical contacts 106 facing out and the EEPROM 96 facing in. The circuit 102 is fastened to the guide block 214 by three
30 screws 266. For ease of use, the guide block 214 preferably functions as a handle for the cassette 184. In the embodiment shown, the guide

block 214 includes a pair of grips 264 (shown in Figure 14) on opposite sides thereof.

The filament cassette 184 is assembled by placing the spool 186 carrying the filament 188 on the hub 220 of the body 216, and feeding a filament strand into the guide block 214. The filament strand is positioned along the filament path 236 so that it contacts the roller 240. Optionally, packets of desiccant 62 (such as shown in regards to embodiment one) may be placed in compartments defined by spokes 225 of the spool 186. Then, the lid 218 is pressed onto the body 216, and the tape 223 is applied. It is then ready for use. The cassette 184 may likewise be refilled and reused after the filament 188 that it contains becomes depleted or unusable, by removing the lid 218 of the canister 212 and replacing the filament 188 on the spool 186. When refilling a cassette 184, the EEPROM 96 carried by circuit board 102 can be reset or the circuit board replaced to provide a new EEPROM 96.

For moisture sensitive materials, the cassette 184 containing the spooled filament should be dried to a level at which the moisture content will not impair model quality. For most high-temperature thermoplastics, for example polycarbonate, polyphenylsulfone, polycarbonate/ABS blend and Ultem™, an acceptable moisture content is a level less than 700 parts per million (ppm) water content (as measured using the Karl Fischer method). Multiple techniques may be used to dry the filament.

The material may be dried by placing the cassette 184 containing spooled filament in an oven under vacuum conditions. The cassette 184 is placed in the oven prior to attaching the circuit board 102 and prior to plugging the hole 226. The oven is set to a temperature suitable to the specific modeling material type. For high-temperature thermoplastics, a temperature of between 175-220 °F is typical. The oven has a vacuum pump which maintains a dry environment in the oven. The hole 226 in canister 212 facilitates bringing the chamber of the canister 212 to the oven environment, so

that the modeling material will be dried. When the moisture content of the material reaches a level desirable for the modeling material, the hole 226 is promptly sealed and the cassette 184 removed from the oven. For high-temperature thermoplastics, an expected drying time is between 4-8 hours to reach less than 300 ppm water content. The circuit board 102 is then attached. The fully-assembled cassette 184 may be vacuum-sealed in a moisture-impermeable package, until its installation in a machine.

Alternatively, the packets of desiccant 62 alone may be used to dry the material in the chamber of canister 212 without use of the oven. It has been demonstrated that placing packets 62 containing Tri-Sorb-molecular sieve and calcium oxide (CaO) desiccant formulations in the cassette 184 and sealing the cassette 184 in a moisture-impermeable package will dry the material to a water content level of less than 700 ppm, and will dry the material to the preferred range of 100-400 ppm. This desiccant-only drying method has advantages over the oven-drying method in it requires no special equipment, and is faster, cheaper and safer than oven drying. Suitable Tri-Sorb-molecular sieve desiccant formulations include the following: zeolite, NaA; zeolite, KA; zeolite, CaA; zeolite, NaX; and magnesium aluminosilicate.

Modeling filament in the cassette 184 can later be re-dried by oven-drying or by replacing the desiccant packets if the cassette 184 becomes moisture contaminated while a usable amount of filament 188 remains. Moisture contamination may occur, for example, if the access door 250 is left open for a prolonged time period, if the cassette 184 is removed from the machine 180 without replacing the plug cap 248, or if the cassette 184 is opened by a user.

The filament cassette receiver 190, which engages filament cassette 184, is shown in detail in Figures 18 and 19. Each cassette receiver 190 comprises a lift 270 and a drive block 272. As shown in Figure 19, drive block 272 houses an entry conduit 274, an exit

conduit 276, a pair of rollers 278 and 279, a motor 280 and the latch 196. Roller 278 is a drive roller and roller 279 is an idler. The drive roller 278 is driven by the motor 280. The motor 280 is preferably a DC motor with a current supply controlled by the controller 25. Motor 280
5 extends laterally through the drive block 272 and couples to the drive roller 278 by a drive gear 282 attached to the shaft of the roller 278.

The exit conduit 276 is connected to the tubing 202. The filament strand provided from the guide block 214 passes through the entry conduit 274 to the rollers 278 and 279. The entry conduit 274
10 mates with the exit orifice 238 of the guide block 214 when the cassette 184 is loaded and latched into modeling machine 180. To provide an airtight path for the filament strand entering the drive block 272, a seal 284 surrounds the entry conduit 274 near the entrance thereof, and compresses against the guide block 214 of the loaded cassette 184.
15 From the rollers 278 and 279, the filament strand is provided to the exit conduit 276, and from there to the tubing 202. The tubing 202 makes an airtight seal with the exit conduit 276. Likewise, tubing 202 and tubing 204 make an airtight seal with the ports 198 and 200 of the junction block 192, providing an airtight filament path from the cassette
20 184 to the feed rollers 22.

The drive roller 278 and idler roller 279 must maintain gripping, frictional contact on the filament strand to advance it along the filament path. To grip the filament strand, the rollers 278 and 279 may
25 be have elastomeric surfaces, or idler roller 279 may be spring-biased towards the drive roller 278, such as is described in U.S. Patent No. 5,121,329. An advantage of a spring-biased configuration is that the roller surfaces can be hard and more wear resistant. Preferably, the surfaces of rollers 278 and 279 each also have a groove around the circumference thereof to align the filament strand on its course from the
30 entry conduit 274 to the exit conduit 276. The rollers 278 and 279 are accessible to a user for maintenance through cover plate 308.

The drive block 272 also contains a filament sensor 286, which is positioned along the filament path between the roller pair 278 and 279 and the exit conduit 276. Sensor 286 is electrically connected to the controller 25, and provides a signal indicating whether or not filament is present at the position of the sensor 286. In the exemplary embodiment shown, the sensor is a floating axis microswitch sensor. The drive block 274 further carries an electrical connector 290. The electrical connector 290 has two pogo pins 142 that mate with the electrical contacts 106 of circuit board 102, connecting the EEPROM 96 carried by circuit board 102 to the controller 25. The EEPROM 96, when contacted by the pogo pins 142, signals the controller 25 that the cassette 182 is present. In this manner, the machine 180 knows whether or not each cassette 184 has been loaded.

The drive block 272 is manually raised and lowered by the use of the latch 196. The latch 196 has a handle 291 at one end thereof and a latch pin 292 at the other end thereof. The latch 196 extends through the drive block 272 such that the handle 291 is accessible to a user and the latch pin 292 projects into a vertical slot 296 of the drive block 272. The slot 296 receives a latch plate 294 which extends vertically downward from the lift 270. The latch plate 294 has a hole 298 for receiving the latch pin 292. Pulling on the handle 291 of the latch 196 retracts the latch pin 292, allowing insertion and removal of the pin 292 from the hole 298. When the latch pin 292 is inserted into the hole 298, the drive block 272 is maintained in a raised position, allowing loading and unloading of the cassette 184 from the loading bay 182. When the latch pin 292 is removed from the hole 298, the drive block 272 drops to its lowered position where it engages the cassette 184 in the loading bay 182. A user manually raises or lowers the drive block 272 by grabbing the latch handle 291, pulling forward, and either lifting or lowering the latch 196.

A pair of guide rods 302 are provided on the drive block 272, which couple the drive block 272 to the lift 270, and align the latch

plate 294 in the slot 296. The guide rods 302 are mounted in two receptacles 288 on a top surface of the drive block 272. The guide rods 302 extend vertically upward from the drive block 272 and through a pair of guide bearings 304 in the lift 270. A pair of e-clips 306 clip to the guide rods 302 above the lift 270 to support the drive block 272 in its lowered position. Preferably, a pair of springs 300 surround the guide rods 302 in the receptacles 272. In the raised position, the springs 300 compress beneath the lift 270. When the latch 196 is pulled to remove the pin 292 from the hole 298, springs 302 force the drive block 272 to its lowered position.

The drying system 194 creates an active moisture barrier along the filament path, keeping the filament 188 dry while in the machine 18. In the exemplary embodiment, the drying system 194 is a dry-air purge system which provides dry air under pressure into air port 199 of the junction blocks 192. The dry air flows through the tubing 204 and exits the tubing 204 near the liquifier 26. If the feed rollers 22 are used to advance the filament strand into the liquifier 26, the filament will exit the tubing 204 as it enters the feed rollers 22. Alternatively, the feed rollers 22 can be eliminated by using the roller pair 278 and 279 in the drive block 272 to advance filament into the liquifier 26 at a controlled rate. The exit of tubing 204 serves as a vent through which any moisture that may have been trapped along the filament path is released. For instance, the air flow provided by drying system 194 will purge any humid air that enters the drive block 272 during the time that the entry conduit 274 of the drive block 272 is not sealed to a filament cassette 184. Additionally, the positive pressure maintained in the tubing 204 prevents humid air from entering the open end of the tubing 204. By maintaining a positive pressure in the tubing 202 and 204 and purging the filament path of any moisture, the drying system 194 allows use of the modeling machine 180 in a humid environment with moisture sensitive modeling material.

As mentioned above, the drying system 194 of the exemplary embodiment comprises a compressor 206, a filter 208 and a regenerative dryer 210. The compressor 206 intakes ambient air and provides the air under pressure to filter 208. Filter 208 removes water particles from the air. A Norgren™ F72G general purpose filter is suitable for this application. From the filter 208, the air under pressure flows to the dryer 210, which is preferably a regenerative dryer, such as an MDH Series dryer available from Twin Tower Engineering, Inc. of Broomfield, Colorado. Dry air under pressure flows from the dryer 210 into each junction block 192. In alternative embodiments of the drying system, any source of dry air under pressure may be utilized successfully to purge moisture from the filament path, and other dry gases may be utilized as well. Importantly, the drying system should continuously feed dry air or other gas under pressure to the filament path, disallowing humid air from remaining in or entering the filament path, and should be vented at or near the end of the filament path. One alternative to drying system 194 is to provide a compressed nitrogen tank as the dry gas source. Another alternative is a regenerative drying system, such as a hot air desiccant dryer having an output of less than or equal to about -40 °F dew point.

To install one of the cassettes 184 into the modeling machine 180, the machine 180 is first turned on. The user then removes the plug cap 248 from the filament cassettes 184, and promptly inserts the cassette 184 into one of the loading bays 182. The plug cap 248 can be parked on the grooves 256 of the guide block 214, saving it for later use. The user latches the cassette 184 into place by pulling on latch 196, as has been described. Once latched, the pogo pins 142 will contact the circuit board 102, thereby connecting the EEPROM 96 to the controller 25. Once the controller 25 senses that the cassette 184 is loaded, the controller 25 will turn on the motor 280. The drive roller 278 will then begin turning.

The user next opens the door 250 of the guide block 214 to access the roller 240, and manually turns roller 240 by exerting a downward force on the roller. The rotation of roller 240 will advance the strand of filament 188 out of the guide block 214 and into the entry conduit 274 of the drive block 272. When the filament strand reaches the already rotating drive roller 278, the roller pair 278 and 279 will grab the filament strand and take over advancement of the strand from the user. The user promptly shuts the door 250 to seal the filament path. The roller pair 278 and 279 then advance the filament strand at least as far as the position of the filament sensor 286. If the filament cassette 184 is to be a standby cassette, the controller 25 will signal the motor 280 to stop turning, so that advancement of the filament strand ceases at the sensor 286. Alternatively, if the cassette 184 is to be a primary cassette, the roller pair 278 and 279 feed the filament strand through the junction block 192 to the feed rollers 22 (or alternatively to the liquifier 26). When the filament strand reaches the feed rollers 22, the feed rollers 22 take over control of the filament strand advancement. If the current on the motor 280 is set low enough and the filament is rigid enough, the motor 280 may be allowed to remain on and continue supplying a constant push, but will stall out when the feed rollers 22 are not in motion. This arrangement avoids having to turn the motor 280 on and off in synchrony with the operation of the feed rollers 22. In an alternate embodiment, the roller pair 278 and 279 may serve as the material advance mechanism in place of the feed rollers 22. In such a case, the operation of motor 280 would be closely controlled by controller 25 to control advancement filament into the extrusion head 20.

During modeling, the controller 25 can keep track of the amount of filament remaining in each cassette 184 by use of a count maintained by each EEPROM 96. When one of the primary cassettes 184 becomes depleted of filament, the modeling machine 180 will automatically switch to the standby cassette 184 without operator intervention. To unload the filament, the controller 25 drives the motor

24 backwards for a short time sufficient to pull the strand of filament 188 out of the liquifier 26 and feed rollers 22. The controller 25 then drives the motor 280 backwards to pull the filament strand out of the tubing 204, the junction block 192, the tubing 202, and past the sensor 286.

5 The machine 180 knows that the junction block 192 is clear to receive filament from the standby cassette 184 when the sensor 286 of the primary cassette drive block 272 indicates that filament is no longer present. The machine 180 then loads filament from the standby cassette 184 to the extrusion head 20. This auto-unload/reload process
10 is particularly beneficial for modeling of large objects and when the modeling machine 180 is operated beyond business hours. The user can replace the depleted cassette 184 while the machine 180 continues to build a model. The depleted cassette 184 can then be refilled and reused.

15 In the case that the user desires to remove one of the cassettes 184 from the machine 180 before the cassette 184 is depleted of filament, the user may command the machine 180 to execute the unload process. If a useable amount of filament 188 remains on cassette 184 when it is removed from the modeling machine, the
20 cassette 184 may be stored for later use without contamination. In such a case, the user should seal the exit orifice 238 with the plug cap 248. If the cassette 184 has a useable amount of filament 188 remaining but the filament has been moisture contaminated, the cassette 184 may be re-dried as described above.

25 As disclosed in U.S. Patent No. 5,866,058, in building a model from a thermally solidifiable material, it is preferable to build the model in a chamber heated to a temperature higher than the solidification temperature of the modeling material, and to cool the material gradually following deposition so as to relieve stresses from the
30 material. A number of desirable thermoplastic modeling materials have high melting points, for example, polycarbonate, polyphenylsulfone, polycarbonate/ABS blend and Ultem™, and additionally are moisture

sensitive. A deposition modeling apparatus which is particularly suitable for building models at a high temperature is disclosed in PCT Application No. US00/17363.

Although the present invention has been described with
5 reference to exemplary embodiments, workers skilled in the art will recognize that changes may be made in form and detail without departing from the spirit and scope of the invention. For example, the various features of embodiment 1 may be used and interchanged with the features of embodiment 2, and vice-versa. For example, the drying
10 system of embodiment 2 may be used with the design of embodiment 1, and embodiment 1 may be used to provide primary and standby cassettes as disclosed with respect to embodiment 2. Additionally, it will be apparent to those in the art that the filament cassette and loading system of the present invention may be used to advantage in extrusion
15 applications other than the building of three-dimensional models by a fused deposition process. Other changes may be made as well in keeping with the scope of the invention. As an example, the motor for driving a roller carried by a filament cassette may be carried by the cassette rather than mounted on the modeling machine. These and
20 other changes will be apparent to one skilled in the art.

CLAIM(S):

1. A filament cassette for supplying spooled filament to an extrusion apparatus, comprising:
 - 5 a chamber containing a rotatable spool of coiled filament;
 - a filament path leading from the chamber to an exit orifice; and
 - a means for advancing a filament strand from the spool along the filament path.
2. The filament cassette of claim 1, wherein the means for
10 advancing comprises:
 - a pair of rollers mounted opposite one another along the filament path so as to grip the filament strand therebetween.
3. The filament cassette of claim 2, wherein each roller
15 in said pair of rollers is passive and one roller in said pair is a follower roller that is accessible to receive an external drive force.
4. The filament cassette of claim 3, wherein the follower roller has a floating axis of rotation in a direction perpendicular to the filament path, allowing the follower roller to move away from the filament path in
20 the absence of an external applied force, thereby relieving pressure on a filament strand in the filament path.
5. The filament cassette of claim 1, wherein the means for advancing comprises a knurled roller mounted opposite a wall of the filament path so as to grip the filament strand therebetween.
- 25 6. The filament cassette of claim 5, wherein the knurled roller is accessible to receive an external drive force.
7. The filament cassette of claim 1, wherein the means for advancing comprises a raised contour in a wall of the filament path over which a strand of filament is positioned, the raised contour being
30 accessible such that an external propulsion force may be applied to the strand of filament.

8. The filament cassette of claim 7, wherein the raised contour is defined by the surface of an idler wheel.
9. The filament cassette of claim 1 and further comprising:
a retainer which positions the filament strand in the filament path blocks air from entering the chamber.
10. The filament cassette of claim 1, wherein the chamber is air tight.
11. The filament cassette of claim 1, wherein the chamber and the coiled filament are dried to a water content of less than 700 parts per million.
12. The filament cassette of claim 1, and further comprising: a supply of desiccant inside of the chamber.
13. The filament cassette of claim 1 and further comprising:
an electronically readable and writeable data store mounted on the cassette so as to be accessible to an external controller and containing information about the filament.
14. In a modeling machine that builds three-dimensional objects by depositing flowable modeling material under the control of a controller, wherein the modeling material is provided to the machine in the form of spooled filament and is made flowable when heated in a liquifier carried by the machine, a filament cassette receiving system comprising:
a conduit configured to mate with an exit orifice of a cassette containing spooled filament for receiving a filament strand from an exit orifice of the cassette and guiding the filament strand along a filament path towards the liquifier; and
a drive means responsive to control signals from the controller for advancing the filament strand through the conduit.

WO 02/06029

PCT/US01/41354

34

15. The cassette receiving system of claim 14, wherein the drive means comprises a roller pair that engages the filament strand in the conduit.
16. The cassette receiving system of claim 14, wherein the drive means comprises a drive wheel which engages a follower wheel on the filament cassette.
17. The cassette receiving system of claim 26, and further comprising:
a registration means for aligning a filament cassette in the loading bay with the conduit and the drive mean.
18. The cassette receiving system of claim 16, and further comprising:
a drive engagement means responsive to control signals for engaging and disengaging the drive means.
19. The filament cassette receiving system of claim 14 and further comprising:
a latching means for engaging and disengaging the cassette.
20. The filament cassette receiving system of claim 14 and further comprising:
a means for creating an active moisture barrier along the filament path.
21. The extrusion apparatus of claim 14, wherein the conduit makes an airtight seal with the cassette.
22. A method for loading filament into an extrusion apparatus of the type having a liquifier to which a strand of filament is advanced under the control of a controller, the method comprising the steps of:
inserting into a loading bay of the apparatus a cassette containing a coil of filament wound on a spool, the cassette having a filament path terminating in an exit orifice;

WO 02/06029

PCT/US01/41354

35

- engaging a filament strand in the filament path of the cassette; and
advancing the filament strand out of the exit orifice of the cassette and into a conduit of the apparatus which begins a path towards the liquifier.
- 5 23. The method of claim 22 and further comprising the step of:
ceasing advancement of the filament strand before it reaches the liquifier in response to the controller receiving an electrical signal indicating that the filament strand is detected at a sensing position.
- 10 24. The method of claim 22 and further comprising the steps of:
identifying that the filament coil remaining in the cassette has reached a predetermined minimum length; and
15 automatically driving the filament strand back out of the conduit, in response to the minimum length identification, so that the cassette can be removed and replaced.
25. A method for assembling the filament cassette of claim 14,
20 comprising the steps of:
loading the spool of coiled filament into the chamber;
drying the chamber and the coiled filament to a water content of less than 700 parts per million; and
sealing the chamber.
- 25 26. The method of claim 25, wherein the drying step comprises placing a supply of desiccant in the chamber.
27. The method of claim 25, wherein the drying step comprises heating the filament cassette in an oven under vacuum conditions.
- 30 28. The method of claim 25, wherein the filament is formed of a high-temperature thermoplastic.

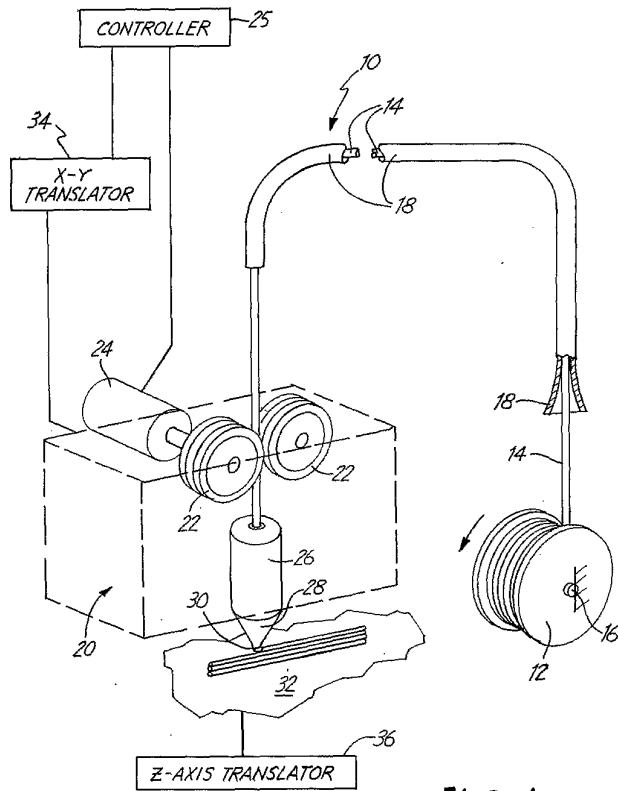


FIG. 1

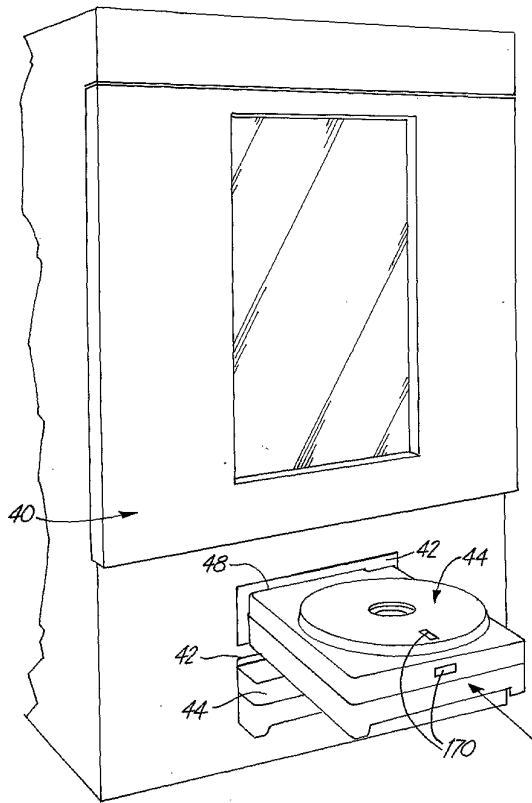


FIG. 2

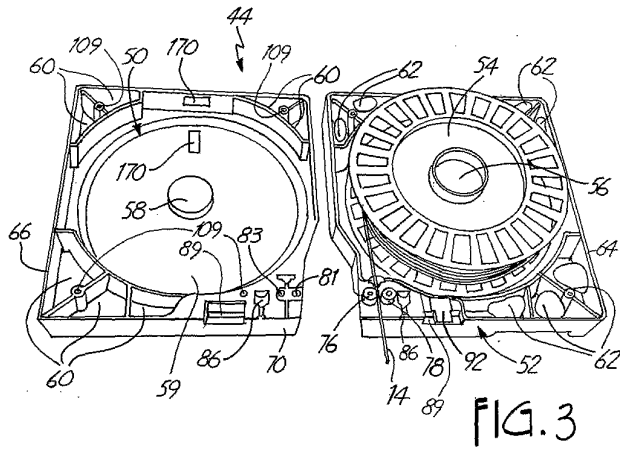


FIG. 3

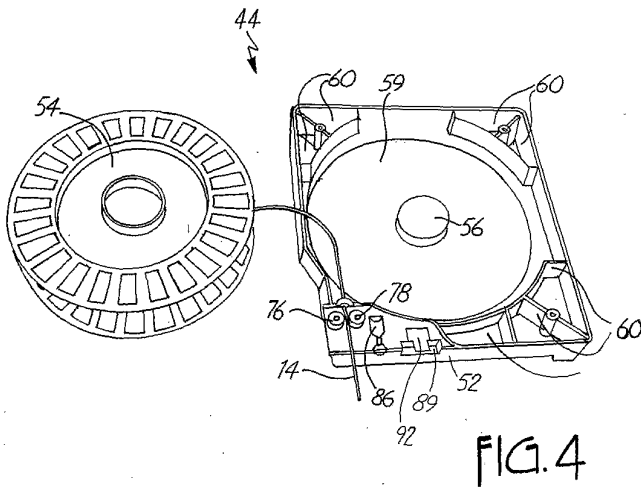


FIG. 4

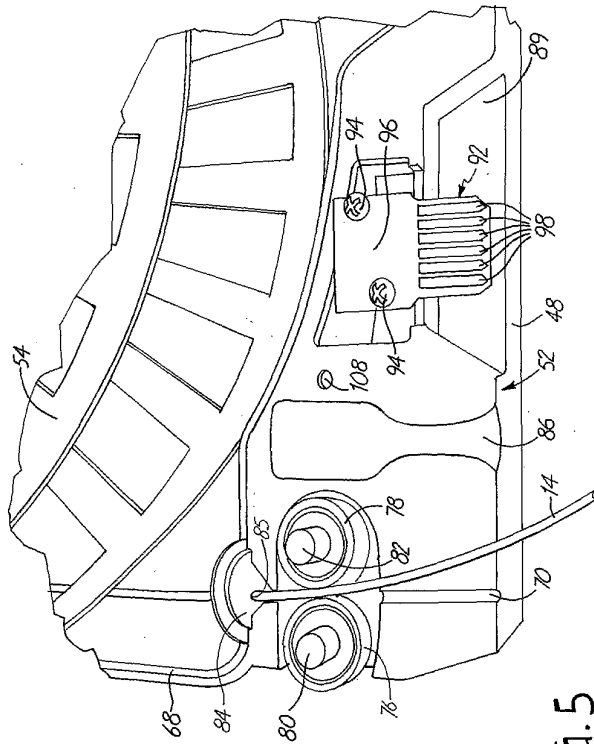


FIG. 5

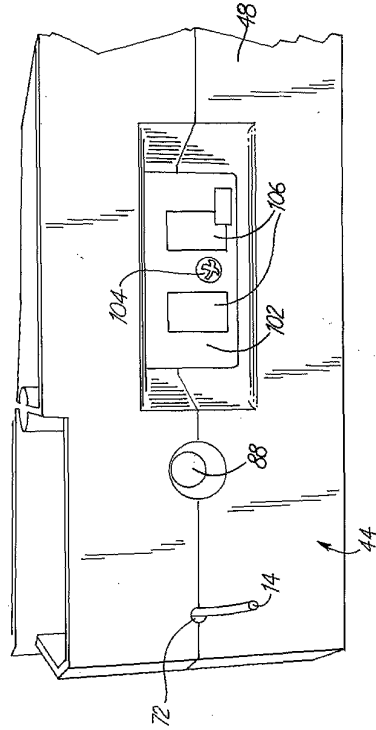


FIG. 5A

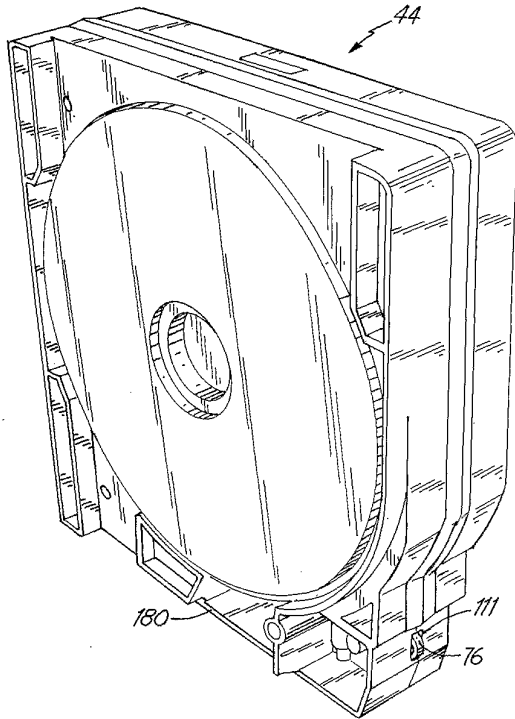


FIG. 6

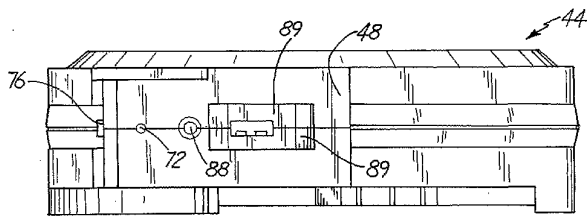


FIG. 7

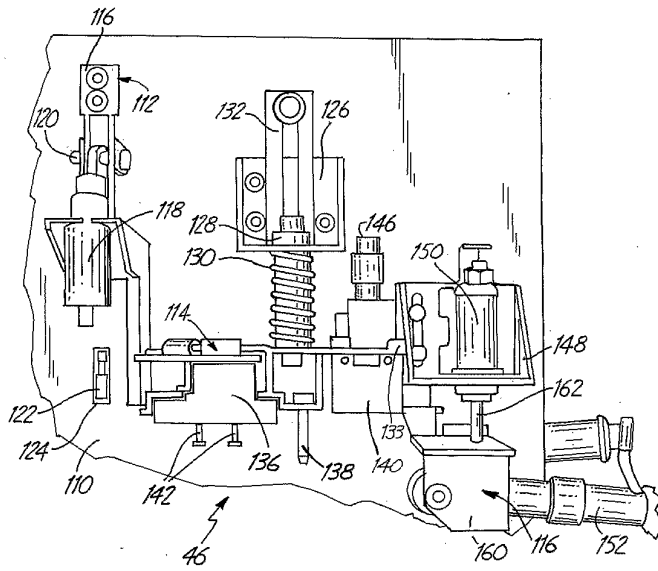


FIG. 8

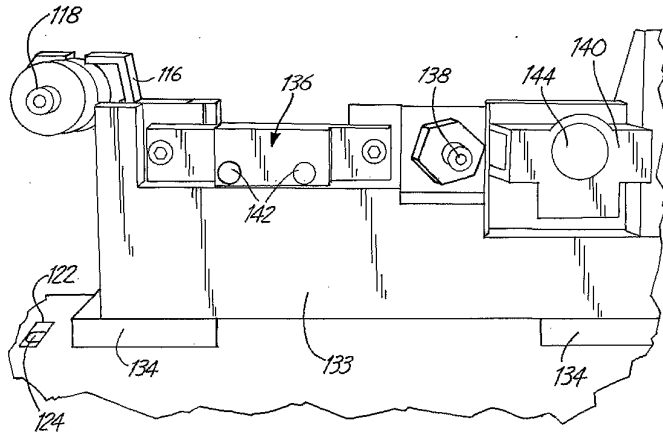


FIG. 9

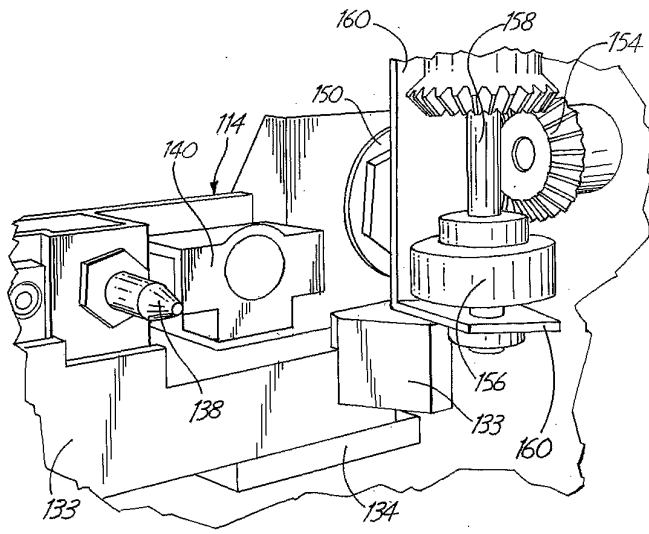


FIG. 10

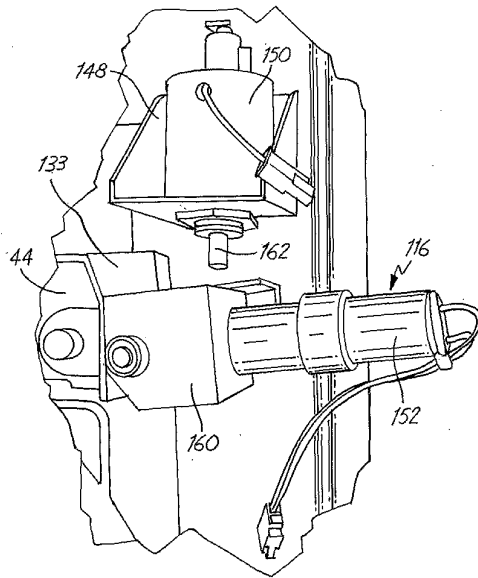


FIG. 11A

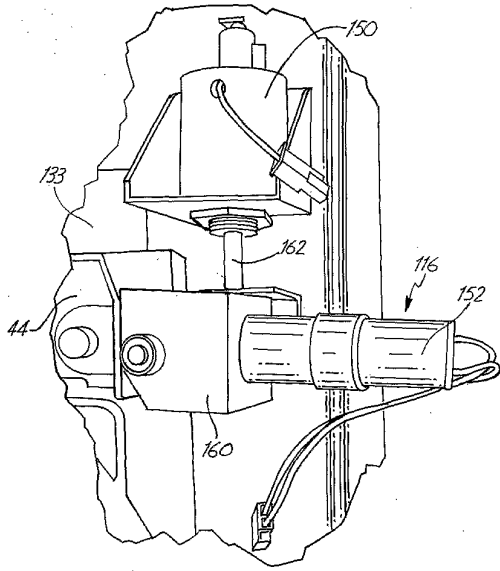


FIG. 11B

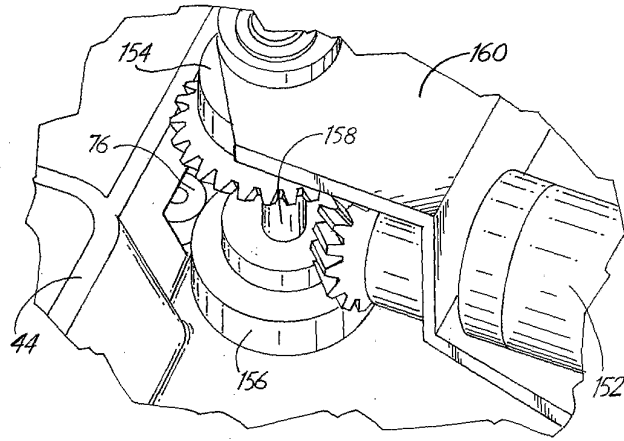


FIG. 12

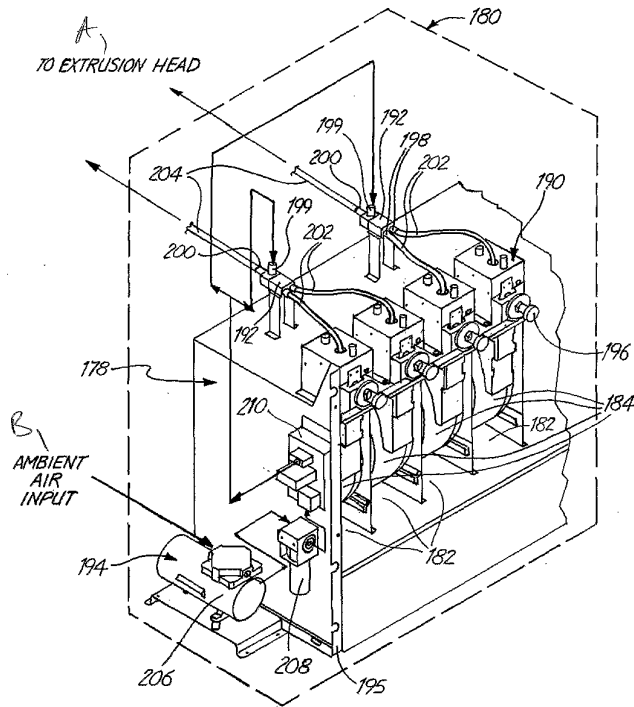


FIG. 13

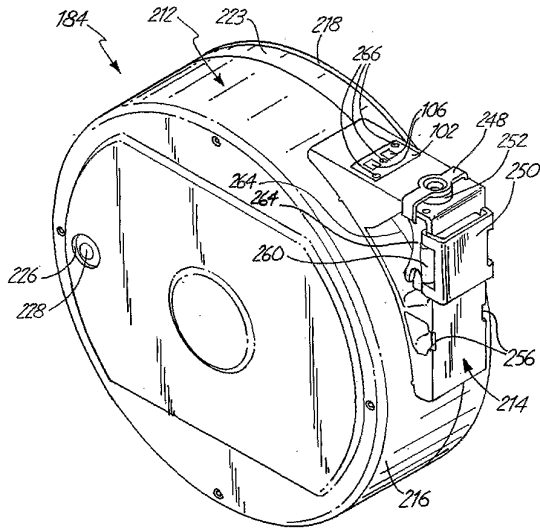


FIG. 14

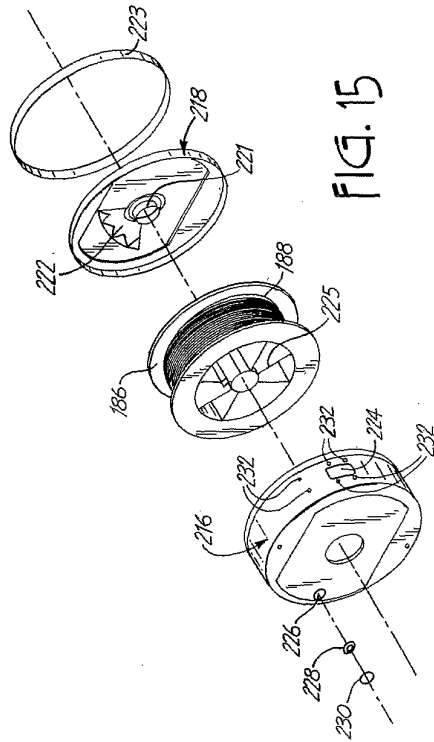
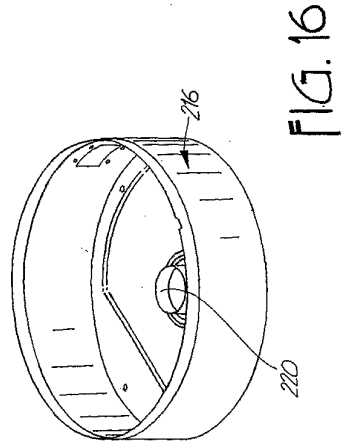
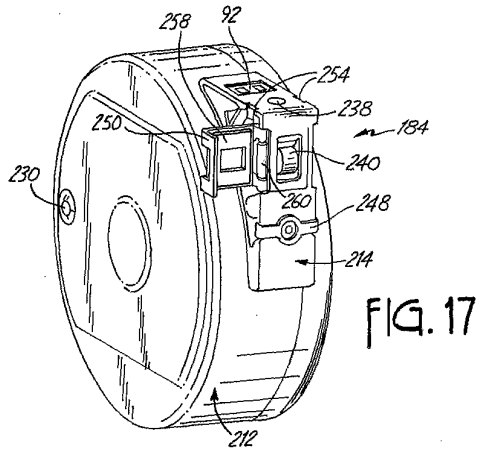


FIG. 15





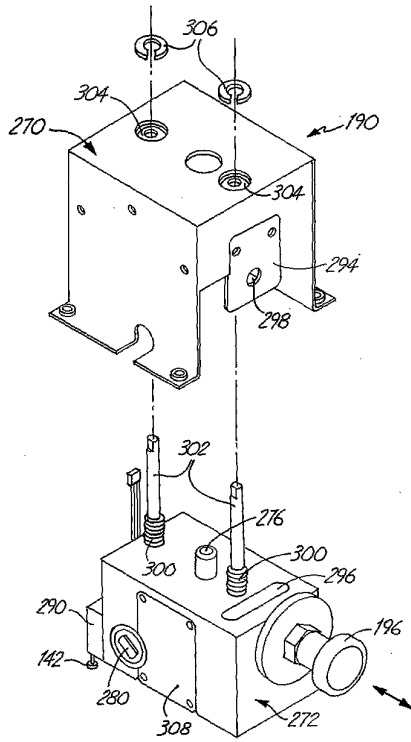


FIG. 18

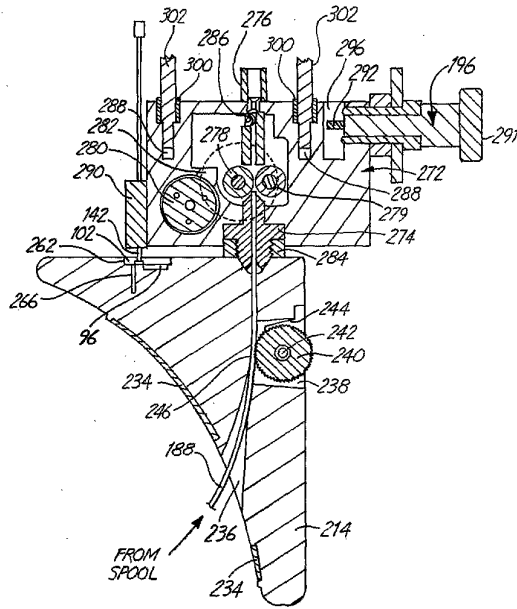


FIG. 19

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,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,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 ボバ, ミネア エイ.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ターレイ, パトリック ダブリュー.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 プリーデマン, ウィリアム アール. ジュニア

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ホプキンス, ポール イー.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ブローズ, スティーブ

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 キム, ダニエル アイ.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ポラード, デイビッド エル.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ハーン, アンドリュー エム.

アメリカ合衆国 ミネソタ 55344-2020, エデン プレーリー, マーティン ドライブ 14950, ストラタシス, インコーポレイテッド 気付

Fターム(参考) 4F201 AC02 BA06 BC01 BC02 BC13 BC15 BD05 BD10 BN01 BN21

BQ07 BQ40 BQ42