

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5973656号
(P5973656)

(45) 発行日 平成28年8月23日 (2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月22日 (2016. 7. 22)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 45/73 (2006. 01)

B 2 9 C 45/73

B 2 9 C 33/04 (2006. 01)

B 2 9 C 33/04

請求項の数 4 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-510452 (P2015-510452)
 (86) (22) 出願日 平成25年5月2日 (2013. 5. 2)
 (65) 公表番号 特表2015-515404 (P2015-515404A)
 (43) 公表日 平成27年5月28日 (2015. 5. 28)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/039243
 (87) 国際公開番号 W02013/166272
 (87) 国際公開日 平成25年11月7日 (2013. 11. 7)
 審査請求日 平成26年10月30日 (2014. 10. 30)
 (31) 優先権主張番号 61/641, 349
 (32) 優先日 平成24年5月2日 (2012. 5. 2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 13/601, 359
 (32) 優先日 平成24年8月31日 (2012. 8. 31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590005058
 ザ プロクター アンド ギャンブル カ
 ンパニー
 アメリカ合衆国オハイオ州, シンシナティ
 ー, ワン プロクター アンド ギャンブ
 ル プラザ (番地なし)
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (72) 発明者 ラルフ エドウィン ニューファース
 アメリカ合衆国 45011 オハイオ州
 リバティ タウンシップ コベントリー
 コート 5256

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 簡略型蒸発冷却システム又は新奇な冷却流体を使用する簡略型冷却システムを有するイジェクション成形

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

射出成形機用の金型アセンブリであって、
 第 1 の金型側と、第 2 の金型側とであって、前記第 1 の金型側と前記第 2 の金型側とが、それらの間に金型キャビティを画定する、第 1 の金型側と第 2 の金型側と、
 前記第 1 の金型側と直接接触して配置される第 1 の金型支持板とを有し、
 前記金型アセンブリは、更に、
 射出成型プロセス時に前記第 1 の金型側から熱を除去するための冷却システムを備え、
 前記冷却システムは 1 つ以上の冷却流体流路を有し、
 前記第 1 の金型支持板は複数の突出部を有し、前記冷却流体流路は前記突出部の中まで延在するが、前記第 1 の金型側には延在せず、前記第 1 の金型側は前記突出部に嵌まることを特徴とする金型アセンブリ。

【請求項 2】

前記冷却システムが、1 つ以上の冷却流体流路を通して閉ループ冷却循環路で循環する冷却流体を有する、請求項 1 に記載の金型アセンブリ。

【請求項 3】

前記閉ループ冷却循環路が、前記第 1 の金型支持板に限定される、請求項 2 に記載の金型アセンブリ。

【請求項 4】

前記第 1 の金型支持板が、前記第 1 の金型側と前記第 2 の金型側のうちの一方の平均熱

10

20

伝導率より大きい平均熱伝導率を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の金型アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、イジェクション成形、より詳細には、簡略型冷却システムを有するイジェクション成形に関する。

【背景技術】

【0002】

イジェクション成形は、熔融可能材料で作製された部品、最も一般的には熱可塑性ポリマーで作製された部品の大量生産に一般に用いられる技術である。繰返しイジェクション成形プロセスの間、プラスチック樹脂（ほとんどの場合、小さなビーズ又はペレットの形）が、熱、圧力、及び剪断力をかけた状態で樹脂ビーズを熔融させるイジェクション成形機に導入される。次に、熔融樹脂は、特定のキャビティ形状を有する金型キャビティに強制的に注入される。イジェクションされたプラスチックが成形型キャビティ中の圧力下で保持され、冷却され、次いで成形型のキャビティ形状を本質的に複製した形状を有する固化した部品として取り出される。成形型自体が、単一のキャビティ又は複数のキャビティを有してもよい。各キャビティは、熔融樹脂の流れをキャビティ内に導くゲートによって流路に接続されることがある。したがって、典型的なイジェクション成形手順は、（１）イジェクション成形機内でプラスチックを加熱し、それを圧力下で流し、（２）閉じられた２つの金型半体の間に画定された金型キャビティ内に熔融プラスチックを注入し、（３）圧力をかけた状態でプラスチックをキャビティ内で冷却し硬化させ、（４）金型半体を開いて部品を金型から取り出す、という４つの基本操作を含む。

【0003】

熔融プラスチック樹脂は、金型キャビティに注入され、プラスチック樹脂は、プラスチック樹脂がゲートから最も遠いキャビティ内の位置に達するまで、イジェクション成形機によってキャビティに押し込まれる。これにより得られる部品の長さ及び壁厚は、金型キャビティの形状の結果である。

【0004】

イジェクション成形機で使用される金型は、これらの高い熔融圧力に耐えることができない。更に、金型を形成する材料は、金型がその寿命の間に実行することが予測されるサイクルの総数に対して、最大周期ストレスに耐えることができる疲労限度を有しなければならない。結果として、金型製造業者は、典型的には、30 Rc 以上、より多くの場合 50 Rc 以上の硬度を有する工具鋼などの、高硬度を有する材料から、金型を形成する。これらの高硬度材料は、プラスチックイジェクションプロセス中に金型構成要素が互いに押し付けられた状態を保持するために必要とされる、高い締付圧に耐えるように耐久性があり、装備されている。更に、これらの高硬度材料は、成形表面間の繰返し接触とポリマー流による摩耗に良く耐え得る。

【0005】

薄壁消費生活用品を生産する高生産イジェクション成形機（つまり、クラス 101 及びクラス 102 成形機）はもっぱら、高硬度材料から作製される金型の大部分を有する金型を使用する。高生産イジェクション成形機は、典型的には、500,000 個以上の部品を製造する。工業的品質生産成形機は、少なくとも 50,000 個の部品、好ましくは 1,000,000 個の部品、より好ましくは 5,000,000 個の部品、更に好ましくは 10,000,000 個の部品を生産するように設計されなければならない。これらの高生産イジェクション成形機は、生産量を増加するための多数個取り金型と複合冷却システムを有する。上記の高硬度材料は、低硬度材料よりも繰返しの高圧型締め及びイジェクション操作に耐え得る。しかしながら、ほとんどの工具鋼などの高硬度材料は、概して 1384 ジュール/時間 - cm - (20 BTU/HR FT² °F) 未満である比較的低い熱伝導率を有し、そのため、熱が熔融プラスチック材料から高硬度材料を通して冷却

液に伝わる時に、冷却時間が長くなる。

【 0 0 0 6 】

サイクル時間を低減するために、高硬度材料から作製される金型を有する典型的な高生産イジェクション成形機は、金型内で冷却流体を循環させる、比較的複雑な内部冷却システムを含む。これらの冷却システムは、成形部品の冷却を加速し、したがって、機械が所与の時間でより多くのサイクルを完了させることを可能にし、それは、生産率、したがって、生産される成形部品の総量を増加させる。しかし、これらの冷却システムは、イジェクション成形を複雑にし、コストを増加させる。いくつかのクラス 1 0 1 金型において、1 0 0 万又は 2 0 0 万個以上の部品を生産し得り、これらの金型は、「超高生産金型」と呼ばれることがある。4 0 0 トン以上の大型プレスで作動するクラス 1 0 1 金型は、業界で「4 0 0 クラス」金型と呼ばれることがある。

10

【 0 0 0 7 】

高硬度材料は、一般的に機械加工がかなり難しい。結果として、既知のハイスループットイジェクション成形金型は、形成のために長い機械加工時間及び高価な機械加工設備、並びに応力を緩和し、材料の硬度を最適化するために高価かつ時間のかかる機械加工後工程を必要とする。これらの複雑な金型の中の冷却流路のフライス切削及び/又は成形加工は、典型的な高スループットイジェクション成形金型の製造に更なる時間とコストを加えることになる。

【 0 0 0 8 】

伝統的な高硬度金型において、機械加工の複雑さと冷却効率との間には相反関係がある。冷却流路は、できるだけ金型キャビティに近づけて加工することが理想的である。加えて、等角冷却が望ましく、最も効果的である。しかし、成形面に近い等角冷却流路の加工は難しく、時間がかかり、コストがかかる。一般的に、金型面の約 5 mm 以内にある冷却流路の加工が、現実的な限界値として考えられている。この現実的な限界値は、冷却流体と、熱伝導率が低い熱間塑性加工潤滑液との間にある材料のために低減する。従来の加工技術並びに従来の金型材料（つまり、高硬度と低熱伝導率）によって、所与の金型に対する周期時間と冷却効率の下限が設定されていた。

20

【 0 0 0 9 】

更に、冷却ラインを金型面に近づけて配置するためには、金型内の冷却ラインの精密加工を必要とする。金具は、イジェクション成形機の締付け具内に配置する時に金具支持板によって支持されるので、流体シールは、（流体循環システム（例えば、ポンプ）が、金型の外になくはないため）冷却ラインが金型支持板から金型に移行する位置に配置される必要がある。これらの流体シールは機能しなくなり、冷却流体が逃げることになる。この結果、部品の冷却が不完全になり、不良部品を生じたり、又は金型内のプラスチックが冷却流体で汚染され、望ましくない。

30

【 0 0 1 0 】

更に、冷却流路の加工の現実的な限界は、金型内の不均一な冷却をもたらす。その結果、金型キャビティ内に、温度勾配が生じる。多くの場合、金型表面の温度は、1 0 以上変動し得る。金型内の温度の大きなばらつきは、成形部品の欠陥につながり得る。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 1 1 】

図面に示された実施形態は、本質上実例及び例示的なものであり、「特許請求の範囲」によって定義された内容を制限するものではない。例示的な実施形態の以下の詳細は、以下の図面と共に読むと理解することができ、図面中、同様の構造は同様の参照番号により示される。

【 図 1 】 本開示に従って構築されるイジェクション成形機の概略図を示す。

【 図 2 】 図 1 のイジェクション成形機で形成される薄壁部品の一実施形態を示す。

【 図 3 】 図 1 のイジェクション成形機の金型における金型キャビティのキャビティ圧力と時間の関係を示すグラフである。

【 図 4 】 図 1 のイジェクション成形機の金型アセンブリの一実施形態の断面図である。

50

【図 5 A】金具支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する様々な金型の異なる図を示す。

【図 5 B】金具支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する様々な金型の異なる図を示す。

【図 5 C】金具支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する様々な金型の異なる図を示す。

【図 5 D】金具支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する様々な金型の異なる図を示す。

【図 5 E】金具支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する様々な金型の異なる図を示す。

10

【図 6】金型側に延在する金型支持板内に加工された複数の冷却ラインを有する金型アセンブリの断面図を示す。

【図 7】バッフルを含む冷却ラインのクローズアップ断面図を示す。

【図 8】少なくとも 2 つの異なる軸に沿って加工された複数の冷却ラインを含む金型アセンブリの斜視断面図を示す。

【図 9】少なくとも 2 つの異なる加工軸に沿って加工された複数のスルーボア冷却ラインを有する金型アセンブリの斜視断面図を示す。

【図 10】複数の冷却ラインであって、そのうちの少なくとも 1 つが、終端で互いに接続して非終端冷却ラインを形成し、それぞれが異なる加工軸に沿って加工されている 2 本の終端冷却ラインによって形成される、複数の冷却ラインを有する金型アセンブリの斜視一部透過図を示す。

20

【図 11】能動冷却動的部分を有する金型アセンブリの斜視図を示す。

【図 12 A】非線形、非同軸状、又は非平面的冷却流路を備える少なくとも 1 つの冷却ラインを有する金型アセンブリの斜視図を示す。

【図 12 B】非線形、非同軸状、又は非平面的冷却流路を備える少なくとも 1 つの冷却ラインを有する金型アセンブリの斜視図を示す。

【図 13】簡略型冷却システムを有する成型型を内蔵するキューブ金型の一実施形態を示す。

【図 14】蒸気圧縮式蒸発冷却システムの一実施形態を示す。

【図 15】蒸発冷却システムの別の実施形態を示す。

30

【図 16 A】少なくとも部分的に金型支持板内に収容されている蒸発冷却システムの一実施形態を示す。

【図 16 B】少なくとも部分的に金型支持板内に収容されている蒸発冷却システムの代替実施形態を示す。

【図 17】外部蒸発冷却システムの一実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施形態は概して、イジェクション成形によって製品を生産するシステム、機械、製品、及び方法に関し、より具体的には、低一定圧力イジェクション成形によって製品を生産するシステム、製品、及び方法に関する。

40

【0013】

熱可塑性材料の熔融圧力に関して本明細書で用いる用語「低圧」とは、41.4 MPa (6000 psi) 以下であるイジェクション成形機のノズル付近の熔融圧力を意味する。他の好適な熔融圧としては、例えば、34.5 MPa (5000 psi) 未満、31.0 MPa (4500 psi) 未満、27.6 MPa (4000 psi) 未満、及び 20.7 MPa (3000 psi) 未満が挙げられる。例えば、熔融圧は、約 6.9 MPa (1000 psi) ~ 41.1 MPa (6000 psi) 未満、約 10.3 MPa (1500 psi) ~ 約 37.9 MPa (5500 psi)、約 13.8 MPa (2000 psi) ~ 約 34.5 MPa (5000 psi)、約 17.2 MPa (2500 psi) ~ 約 31.0 MPa (4500 psi)、約 20.7 MPa (3000 psi) ~ 約 27.6 MP

50

a (4 0 0 0 p s i)、及び約 2 0 . 7 M P a (3 0 0 0 p s i) ~ 4 1 . 1 M P a (6 0 0 0 p s i) 未満の範囲内の実質的に一定圧で維持され得る。

【 0 0 1 4 】

熱可塑性材料の熔融圧に関して本明細書で使用する時、用語「実質的に一定圧」とは、基線熔融圧からのずれが、熱可塑性材料の物理的特性において重要な変化を生じないことを意味する。例えば、「実質的に一定圧」としては、融解熱可塑性材料の粘度が大きく変化することがない圧力変化が挙げられるが、これに限定されない。この点に関して、用語「実質的に一定」とは、基線熔融圧からの約 3 0 % のずれを含む。例えば、用語「約 3 1 . 7 M P a (4 6 0 0 p s i) の実質的に一定圧」とは、約 4 1 . 4 M P a (6 0 0 0 p s i) (3 1 . 7 M P a (4 6 0 0 p s i) より 3 0 % 高い) ~ 約 2 2 . 1 M P a (3 2 0 0 p s i) (3 1 . 7 M P a (4 6 0 0 p s i) よりも 3 0 % 低い) の範囲内の圧力変動を含む。熔融圧が、前述の圧力から 3 0 % 以下で変動する限りにおいて、実質的に一定であると考えられる。例えば、実質的に一定圧は、約 0 % ~ 約 3 0 %、約 2 % ~ 約 2 5 %、約 4 % ~ 約 2 0 %、約 6 % ~ 約 1 5 %、及び約 8 % ~ 約 1 0 % で、熔融圧から変動することができる (増加又は減少のいずれかとして)。他の好適な変動量としては、0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、及び 3 0 %、又はこれらのパーセンテージの数値のいずれかによって形成される任意の範囲が挙げられる。

【 0 0 1 5 】

詳細に図面を参照すると、図 1 は、大量に薄壁部品を生産するための例示の低一定圧力イジェクション成形装置 1 0 (例えば、クラス 1 0 1 若しくは 1 0 2 イジェクション金型、又は「超高生産性金型」) を示す。イジェクション成形装置 1 0 は、一般に、イジェクションシステム 1 2 と型締システム 1 4 とを含む。熱可塑性材料は、熱可塑性ペレット 1 6 の形態でイジェクションシステム 1 2 に導入され得る。熱可塑性ペレット 1 6 は、ホッパ 1 8 に入れられてもよく、このホッパ 1 8 は、熱可塑性ペレット 1 6 をイジェクションシステム 1 2 の加熱バレル 2 0 に供給する。熱可塑性ペレット 1 6 は、加熱バレル 2 0 に供給された後、往復スクリュウ 2 2 によって加熱バレル 2 0 の端部まで押されてもよい。加熱バレル 2 0 の加熱及び往復スクリュウ 2 2 による熱可塑性ペレット 1 6 の圧縮は熱可塑性ペレット 1 6 を熔融させ、熔融熱可塑性材料 2 4 を形成する。熔融熱可塑性材料は、典型的には、約 1 3 0 ~ 約 4 1 0 の温度で処理される。

【 0 0 1 6 】

往復スクリュウ 2 2 は、熔融熱可塑性材料 2 4 をノズル 2 6 に向かって押し、熱可塑性材料のショットを形成し、それは、金型 2 8 の金型キャビティ 3 2 内に注入される。熔融熱可塑性材料 2 4 は、ゲート 3 0 を通ってイジェクションされてもよく、このゲート 3 0 は、熔融熱可塑性材料 2 4 の流れを金型キャビティ 3 2 に向けて方向付ける。金型キャビティ 3 2 は、金型 2 8 の第 1 及び第 2 の金型部品 2 5、2 7 の間で形成され、第 1 及び第 2 の金型部品 2 5、2 7 は、プレス又は型締ユニット 3 4 による圧力下で一緒に保持される。プレス又は型締ユニット 3 4 は、熔融熱可塑性材料 2 4 が金型キャビティ 3 2 に注入されている間、第 1 及び第 2 の金型部品 2 5、2 7 を一緒に保持するために、成形プロセス中、約 6 . 9 M P a (1 0 0 0 p s i) ~ 約 4 1 . 4 M P a (6 0 0 0 p s i) の範囲で締付力を加える。これら型締力を支援するために、型締システム 1 4 は、金型フレーム及び金型ベースを含有してもよく、この金型フレーム及び金型ベースは、約 1 6 5 B H N を超える、好ましくは 2 6 0 B H N 未満の表面硬度を有する材料から形成されるが、以下に更に説明されるように、材料が容易に機械加工可能な限り、2 6 0 を超える表面硬度 B H N 値を有する材料が使用されてもよい。

【 0 0 1 7 】

熔融熱可塑性材料 2 4 のショットが金型キャビティ 3 2 内にイジェクションされると、往復スクリュウ 2 2 は前方への移動を停止する。熔融熱可塑性材料 2 4 は、金型キャビティ 3 2 の形状を取り、熔融熱可塑性材料 2 4 は、熱可塑性材料 2 4 が固化するまで金型 2 8 の内部で冷却する。一旦熱可塑性材料 2 4 が固化すると、プレス 3 4 が第 1 及び第 2 の

金型部品 25、27 を放出し、第 1 及び第 2 の金型部品 25、27 が互いに離れ、完成部品が金型 28 から押し出され得る。金型 28 は、全体的な生産率を高めるために、複数の金型キャビティ 32 を備えていてもよい。

【0018】

コントローラ 50 は、センサ 52 及びスクリュコントロール 36 と通信できるよう接続されている。コントローラ 50 は、マイクロプロセッサ、メモリ、及び 1 つ以上の通信リンクを含んでいてもよい。コントローラ 50 は、ワイヤ接続 54、56 を介して、それぞれセンサ 52 とスクリュコントロール 36 に接続されてもよい。他の実施形態では、コントローラ 50 は、無線接続、機械的な接続、水圧式接続、空気の接続、又はコントローラ 50 がセンサ 52 及びスクリュコントロール 36 の双方と通信することを可能にする当業者に既知である任意の他のタイプの通信接続を介して、センサ 52 及びスクリュコントロール 56 に接続されてもよい。

10

【0019】

図 1 の実施形態において、センサ 52 は、ノズル 26 内の熔融熱可塑性材料 24 の熔融圧を（直接的又は間接的に）測定する圧力センサである。センサ 52 は、コントローラ 50 に送信される電気信号を発生する。次いでコントローラ 50 は、スクリュコントロール 36 に、ノズル 24 内で熔融熱可塑性材料 24 の実質的に一定の熔融圧を維持する速度で、スクリュ 22 を前進させるよう命令する。センサ 52 は熔融圧を直接的に測定することができるのと同時に、センサ 52 は、熔融圧の指標である温度、粘度、流速等の熔融熱可塑性材料 24 の他の特性も測定することができる。同様に、センサ 52 は、ノズル 26 内に直接的に配置される必要はなく、むしろセンサ 52 は、ノズル 26 と流動的に接続される注入システム 12 又は金型 28 内の任意の場所に配置されてもよい。センサ 52 が、ノズル 26 内に配置されない場合、適切な補正因子を測定された特性に適用され、ノズル 26 内の熔融圧を算定されてもよい。更に他の実施形態では、センサ 52 は、ノズルと流体接続される必要はない。むしろ、センサは、第 1 と第 2 の金型部品 25、27 との間の金型分割線において型締システム 14 によって生じた型締力を測定することができる。

20

【0020】

稼働中の閉ループコントローラ 50 が図 1 に示されているが、他の圧力調整装置が閉ループコントローラ 50 の代わりに使用されてもよい。例えば、圧力調整弁（図示せず）又は圧力逃がし弁（図示せず）が、熔融熱可塑性材料 24 の熔融圧を調整するよう、コントローラ 50 に置き換わってもよい。より具体的には、圧力調整弁及び圧力逃がし弁は、金型 28 の圧力過剰を防止することができる。金型 28 の過加圧を防止するための別の代替機構は、過加圧状態が検出されると作動する警報である。

30

【0021】

図 2 を参照すると、例としての成形部品 100 が示されている。成形部品 100 は薄肉部品である。成形部品は、流路の厚さ T で割られた流路の長さ L が 100（すなわち、 $L/T > 100$ ）を超える場合、概ね薄壁であると考えられる。 L/T 比率の増加に伴い、本明細書で説明されている簡略冷却を有する低一定圧力イジェクション成形機及び金型は益々有利となる。特に、 $L/T > 200$ 又は $L/T > 250$ を有する部品の場合、熔融熱可塑性材料は金型キャビティを通過して進んで、高可変圧力イジェクション成形機に比べて金型キャビティを熱可塑性材料でより確実にふさぐため、有利である。流路の長さ L は、ゲート 102 から流路端部 104 までで測定される。薄壁部品は、特に、消費生活用品業界と、健康管理及び医療用品業界で普及している。

40

【0022】

薄壁部品は、イジェクション成形においてある特定の障害を示す。例えば、流路の薄さは、材料が流路端部 104 に達する前に熔融熱可塑性材料を冷却する傾向がある。冷却が起これば、熱可塑性材料は凝固し、それ以上流れなくなり、部品は不完全となる。この問題を克服するため、従来型イジェクション成形機は、典型的には 103 . 4 MPa（15,000 psi）を超える非常に高い圧力で熔融熱可塑性材料を金型にイジェクションし、それにより、熔融熱可塑性材料は、冷却及び凝固する機会を有する前に金型キャビティ

50

を急速に充填する。このことは、熱可塑性材料の製造業者が非常に高い圧力でイジェクションするように指導する理由の1つである。従来型のイジェクション成形機が高圧で可塑性材料を金型にイジェクションするもう1つの理由は、剪断力の増加であり、剪断力が増加すると、本明細書で考察されているように、流動特性が増加する。これらの非常に高いイジェクション圧力は、金型28及び供給システムを形成するために、非常に硬い材料の使用を必要とする。

【0023】

従来のイジェクション成形機は金型を作製するために、工具鋼又は他の硬い材料を使用する。これらの工具鋼は、非常に高いイジェクション圧力に耐えるのに十分に頑丈である一方で、工具鋼は、比較的不十分な熱導体である。結果として、非常に複雑な冷却システムは、金型キャビティが充填される時の冷却時間を強化するために、金型に機械加工され、それは、サイクル時間を低減し、金型の生産性を増加させる。しかしながら、これらの非常に複雑な冷却システムは、金型作成プロセスに多大な時間及び費用を付加する。

【0024】

本発明者らは、ずり減粘熱可塑性材料（最小限にずり減粘の熱可塑性材料でさえ）が、任意の有意な悪影響なく、低く実質的に一定の圧力で、金型28に注入され得ることを発見した。これらの材料の例としては、ポリオレフィン（例えば、ポリプロピレン、ポリエチレン）、熱可塑性エラストマー、ポリエステル（例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート）、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリ（アクリロニトリル-ブタジエンスチレン）、ポリ（乳酸）、ポリヒドロキシアルカノエート、ポリアミド、ポリアセタール、エチレン-オレフィンゴム、及びスチレン-ブタジエンスチレンブロックコポリマーから成るポリマー及びコポリマーが挙げられるが、これらに限定されない。実際に、低く実質的に一定の圧力で成形される部品は、従来の高圧力で成形される部品と比較して、いくつかの優れた特性を示す。この発見は、より高いイジェクション圧力がより良好であることを教示する生産業内の従来の知恵と完全に矛盾している。理論によって束縛されることなく、低く実質的に一定の圧力で、熔融熱可塑性材料を金型28に注入することは、金型を通してゲートから金型キャビティの最も遠い部分に前進する、熱可塑性材料の連続的流動フロントを作成すると考えられている。低レベルの剪断力を維持することによって、熱可塑性材料は、そうでなければ従来の高圧力イジェクション成形システムで可能と考えられるものよりもはるかに低い温度及び圧力で、液体及び流動可能なままである。

【0025】

ここで図3を参照すると、従来の高圧力イジェクション成形プロセスに対する典型的な圧力-時間曲線が、破線200によって示される。対照的に、開示された低一定圧力イジェクション成形機に対する圧力-時間曲線が、実線210によって示される。

【0026】

従来のケースでは、熔融圧力は、103.4 MPa (15,000 psi) を大きく上回るまで急激に上昇し、その後、第1の期間220にわたって比較的高圧(103.4 MPa (15,000 psi) 超過)に保たれる。第1の期間220は、熔融プラスチック材料が金型キャビティに流れ込む充填時間である。その後、熔融圧力は減少し、第2の期間230にわたって、68.9 MPa (10,000 psi) のより低い圧力が保持される。第2の期間230は、金型キャビティの中の全ての空隙が埋戻されるのを確実にするように熔融圧力が維持される填塞時間である。従来の高圧力イジェクション成形システム中の金型キャビティは、流路の端部からゲートへと戻って充填される。結果として、種々の固化段階におけるプラスチックは、互いの上でパッキングされ、上述のように、最終製品における不整合を引き起こし得る。更に、固化の様々な段階におけるプラスチックの従来の填塞は、いくつかの非理想的な材料特性、例えば、成形力、ヒケ、及び最適でない光学特性をもたらす。

【0027】

一方で、一定の低圧力イジェクション成形システムは、単一の期間240にわたって、

実質的に一定の低圧力で、溶融プラスチック材料を金型キャビティに注入する。インジェクション圧力は、 41.4 MPa ($6,000 \text{ psi}$) 未満である。実質的に一定の低圧力を使用することによって、溶融熱可塑性材料は、流路を通してゲートから流路の端部に向かって前進する、連続的メルトフロントを維持する。したがって、プラスチック材料は、流路に沿ったあらゆる場所で均一性を維持し、より均一で一貫した最終製品が得られる。比較的均一のプラスチック材料で金型を充填することによって、最終成形部品は、従来の成形部品よりも良好な機械及び光学特性を有する結晶構造を形成し得る。非晶質ポリマーも、優れた機械的及び/又は光学的特性を有する構造を形成し得る。更に、低一定圧力で成形される部品のスキン層は、従来の成形部品のスキン層とは異なる特性を示す。結果として、低一定圧力で成形される部品のスキン層は、従来の成形部品のスキン層よりも良好な光学特性を有することができる。

10

【0028】

ノズル内で実質的に一定の低い(例えば、 41.4 MPa ($6,000 \text{ psi}$) 未満)溶融圧力を維持することによって、より機械加工可能な材料が金型28を形成するために使用されてもよい。例えば、図1に示す金型28は、100%以上のミリング機械加工指数(例えば、100~1000%、100~900%、100~800%、100~700%、100~600%、100~500%、100~400%、100~300%、100~250%、100~225%、100~200%、100~180%、100~160%、100~150%、100~140%、100~130%、100~120%、100~110%、120~250%、120~225%、120~200%、120~180%、120~160%、120~150%、120~140%、120~130%、140~400%、150~300%、160~250%、又は180~225%、又はこれらのパーセント数値のいずれかによって形成される任意の範囲など)、100%以上の穴ぐり機械加工指数(例えば、100~1000%、100~900%、100~800%、100~700%、100~600%、100~500%、100~400%、100~300%、100~250%、100~225%、100~200%、100~180%、100~160%、100~150%、100~140%、100~130%、100~120%、100~110%、120~250%、120~225%、120~200%、120~180%、120~160%、120~150%、120~140%、120~130%、140~400%、150~300%、160~250%、又は180~225%、又はこれらのパーセント数値のいずれかによって形成される任意の範囲など)、100%以上のワイヤEDM機械加工指数(例えば、100~1000%、100~900%、100~800%、100~700%、100~600%、100~500%、100~400%、100~300%、100~250%、100~225%、100~200%、100~180%、100~160%、100~150%、100~140%、100~130%、100~120%、100~110%、120~250%、120~225%、120~200%、120~180%、120~160%、120~150%、120~140%、120~130%、140~400%、150~300%、160~250%、又は180~225%、又はこれらのパーセント数値のいずれかによって形成される任意の範囲など)、200%以上のグラファイトシンカー機械加工指数(例えば、200~1000%、200~900%、200~800%、200~700%、200~600%、200~500%、200~400%、200~300%、200~250%、300~900%、300~800%、300~700%、300~600%、300~500%、400~800%、400~700%、400~600%、400~500%、又はこれらのパーセント数値のいずれかによって形成される任意の範囲など)、又は150%以上の銅シンカー機械加工指数(例えば、150~1000%、150~900%、150~800%、150~700%、150~600%、150~500%、150~400%、150~300%、150~250%、150~225%、150~200%、150~175%、250~800%、250~700%、250~600%、250~500%、250~400%、250~400%、250~300

20

30

40

50

%、又はこれらのパーセント数値のいずれかによって形成される任意の範囲など)、を有する材料から形成し得る。機械加工指数は、様々な材料のミリング、穴ぐり、ワイヤEDM及びシンカーEDM試験に基づく。機械加工指数を決定するための試験方法は、以下で更に詳細に説明される。材料の試料に対する機械加工指数の実施例は、以下の表1にまとめられている。

【0029】

【表1】

表1

		機械加工技術									
		ミリング		ドリリング		ワイヤEDM		シンカーEDM—グラファイト		シンカーEDM—銅	
		スピンドル 負荷	指数%	スピンドル 負荷	指数%	時間	指数%	時間	指数%	時間	指数%
材料	1117*	0.72	100%	0.32	100%	9:34	100%	0:14:48	100%	0:24:00	100%
	6061 Al	0.50	144%	0.20	160%	4:46	201%	0:05:58	248%	0:15:36	154%
	7075 Al	0.55	131%	0.24	133%	4:48	199%	0:05:20	278%	0:12:27	193%
	Alcoa QC-10 Al	0.56	129%	0.24	133%	4:47	200%	0:05:11	286%	0:12:21	194%
	4140	0.92	78%	0.37	86%	9:28	101%	0:09:36	154%	0:19:20	124%
	420 SS	1.36	53%	0.39	82%	8:30	113%	0:10:12	145%	0:23:20	103%
	A2	0.97	74%	0.45	71%	8:52	108%	0:08:00	185%	0:20:12	119%
	S7	1.20	60%	0.43	74%	9:03	106%	0:12:53	115%	0:20:58	114%
	P20	1.10	65%	0.38	84%	9:26	101%	0:11:47	126%	0:20:30	117%
	PX5	1.12	64%	0.37	86%	9:22	102%	0:12:37	117%	0:23:18	103%
	Moldmax HH	0.80	90%	0.36	89%	6:00	159%	6:59:35	4%	1 0:43:38	55%
	Ampcoloy 944	0.62	116%	0.32	100%	6:53	139%	3:13:41	8%	2 0:30:21	79%
*1117は、本試験に対するベンチマーク材料である。公開されたデータは、1212炭素鋼をベンチマーク材料として参照する。1212は、すぐに利用できなかった。公開されたデータのうち、1117が組成物及び機械加工指数パーセントにおいて最も近い(91%)。						1有意なグラファイト電極消耗: ~20%		3Cu電極消耗: ~15%			
						2グラファイト電極消耗: ~15%		4Cu電極消耗: ~3%			

【0030】

金型28を形成するために、容易に機械加工可能な材料を使用すると、製造時間が大幅に低減され、したがって製造費用の低下をもたらす。更に、これらの機械加工可能な材料は概して、工具鋼よりも良好な熱伝導率を有し、それは、冷却効率を上げ、複雑な冷却システムの必要性を低減する。

【0031】

これらの容易に機械加工可能な材料の金型28を形成するとき、良好な熱伝導特性を有する、容易に機械加工可能な材料を選択することも有利である。2075 Joule/hr-cm-(30BTU/HR FT °F)を超える熱伝導率を有する材料が特に有利である。特に、これらの材料は、(Joule/hr-cm-(BTU/HR FT °F)で測定された)、30~200、30~180、30~160、30~140、30~120、30~100、30~80、30~60、30~40、40~200、60~200、80~200、100~200、120~200、140~200、160~200、180~200、40~200、40~180、40~160、40~140、40~120、40~100、40~80、40~60、50~140、60~140、70~140、80~140、90~140、100~140、110~140、120~140、50~130、50~120、50~110、50~100、50~90、50~80、50~70、50~60、60~130、70~130、80~130、90~130、100~130、110~130、120~130、60~120、60~110、60~100、60~90、60~80、60~70、70~130、70~120、70~110、70~100、70~90、70~80、70~110、70~100、70~90、70~80、80~120、80~110、80~100、又は80~900の熱伝導率、又は熱伝導率のこれらの数値のいずれかによって形成される任意の範囲の熱伝導率を有し得る。例えば、良好な熱伝導率を有する、容易に機械加工可能な材料としては、Alcoa QC-10、Alcan Duramold 500、及びHokotol(Alerisから入手可能)が挙げられるが、これらに限定されない。良好な熱伝導率を有する材料は、熱可塑性材料からの熱を、金型の外へとより効率的に伝達する。結果として、より単純な冷却システムが使用され得る。

【0032】

マルチキャビティ金型アセンブリ 28 の一実施例が、図 4 に示されている。マルチキャビティ金型は概して、溶融熱可塑性材料をノズル 26 から個々の金型キャビティ 32 に誘導する、供給マニホールド 60 を含む。供給マニホールド 60 は、湯口 62 を含み、それは、溶融熱可塑性材料を 1 つ以上のランナ又は供給チャネル 64 に誘導する。各ランナは、複数の金型キャビティ 32 に供給してもよい。高生産性金型は、4 個以上の金型キャビティ 32、時には 384 個以上の金型キャビティ 32 を有し得り、多くの場合、加熱ランナー 64 も有し得る。いくつかの実施形態の一定低圧イジェクション成形機は、人為的平衡型供給システム又は非平衡型供給システムなどの非自然平衡型供給システムを有し得る。

【0033】

ドリリング及びミリング機械加工性指数試験方法

以下に記載される注意深く制御された試験方法で代表的な材料を試験することによって、上記の表 1 に列挙されるドリリング及びミリング機械加工性指数を決定した。

【0034】

材料の一片を穿孔又は粉砕するために必要とされるスピンドル負荷を測定することによって、各材料に対する機械加工性指数を決定し、全ての他の機械条件（例えば、マシンテーブル供給速度、スピンドル rpm 等）は、種々の材料間で一定に保持された。スピンドル負荷は、ドリリング又はミリングデバイスに対して、1400 rpm で 75 ft-lb の、測定されたスピンドル負荷の最大スピンドルトルク負荷に対する割合として報告される。1117 鋼に対するスピンドル負荷と試験材料に対するスピンドル負荷との間の割合として、指数百分率を計算した。

【0035】

試験ミリング又はドリリングマシンは、Haas VF-3 マシニングセンタであった。

【0036】

【表 2】

表 2 ドリリング条件

スポットドリル	118 度、直径 1.3cm (0.5 インチ)、深さ 0.1760cm (0.0693 インチ) まで穿孔
ドリルビット	直径 1.191cm (15/32 インチ) の高速鋼未塗装スチールジョバー長ビット
スピンドル速度	1200rpm
ドリルの深さ	1.3cm (0.5 インチ)
ドリル速度	7.6cm/分 (3in/分)
その他	チップ破損ルーチンは使用されない

【0037】

【表 3】

表 3 ミリング条件

ミル	直径1.3cm(0.5インチ)、4フルート炭化物平底エンドミル、未塗装(SGS part #36432 www.sgstool.com)
スピンドル速度	1200rpm
切断の深さ	1.3cm(0.5インチ)
ストック供給速度	50.8cm/分(20in/分)

10

【0038】

全試験に対して、「フラッドブラスト」冷却を使用した。冷却剤は、Koolrite 2290であった。

【0039】

EDM機械加工性指数試験方法

以下に記載される注意深く制御された試験方法で代表的な材料を試験することによって、上記の表1に列挙されるグラファイト及び銅シンカーEDM機械加工性指数を決定した。

【0040】

20

範囲(詳細は以下)を種々の試験金属に焼き付ける時間を測定することによって、種々の材料に対するEDM機械加工性指数を決定した。1117鋼に焼き付ける時間の、同一範囲を他の試験材料に焼き付けるために必要とされる時間に対する割合として、機械加工性指数百分率を計算した。

【0041】

【表 4】

表 4 ワイヤEDM

機器	Fanuc OB
ワイヤ	直径0.25mmの硬質黄銅
切り込み	厚さ2.54cm(1インチ)×長さ2.54cm(1インチ)(6.45cm ² (1平方インチ))
パラメータ	Fanuc搭載人工知能を使用、100%にてオーバーライド

30

【0042】

【表 5】

表 5 シンカーEDM—グラファイト

機器	Mitsubishi EX Controllerを有するIngersoll Gantry 800
ワイヤ	System 3Rに予め載置された直径25mmのPoco EDM 3グラファイト
切り込み	0.25cm(0.1インチ)Z軸プランジ
パラメータ	FAP EX Series Technologyと共にMitsubishi CNC制御を使用した

40

【0043】

【表 6】

表 6 シンカー EDM—銅

機器	Mitsubishi EX Controllerを有するIngersoll Gantry 800
ワイヤ	System 3Rに予め載置された直径25mmのテルル銅
切り込み	0.25cm(0.1インチ)Z軸プランジ
パラメータ	FAP EX Series Technologyと共にMitsubishi CNC制御を使用した

10

【0044】

開示された低一定圧力イジェクション成形機は、容易に機械加工可能な材料から構築される金型を有利に利用する。結果として、開示されている低一定圧力イジェクション成形品（及び、従って開示されている低一定圧力イジェクション成形機）は、より低コストで且つより高速に生産し得る。加えて、開示された低一定圧力イジェクション成形機は、より広いプラテン幅、タイバーの間隔の増加、タイバーの除去、より速い運動を促進するためのより軽量の構造物、及び非自然平衡供給システム等、より可撓性の支持構造及びより適応性のある送達構造を利用することが可能である。したがって、開示された低一定圧力型イジェクション成形機は、送達の必要性に合うように改善され得、特定の成形部品に対してより容易にカスタマイズ可能である。

20

【0045】

更に、開示されている低一定圧力型イジェクション金型（例えば、1つ以上の金型側と1つ以上の金型支持板を含む金型）は、従来型の高圧イジェクション金型において見られる冷却システムに対して簡略型冷却システムを有し得る。この簡略型冷却システムは、より速やかに且つより容易に製造できるので、従来型の冷却システムよりは経済的である。加えて、簡略型冷却システムは、使用する冷却材の量が少ないので、成形作業時の冷却コストを更に低減する。いくつかの場合、簡略型冷却システムは、金型支持板の中に単独で配置し得り、冷却システムを変更せずに金型側を変更し得る。要約すると、開示されている低一定圧力型イジェクション成形金型は、従来型の高圧イジェクション成形金型に見られる従来型の複雑な冷却システムに比べて、より経済的であり、より効果的である。

30

【0046】

概して、金型支持板は、金型側を物理的に支持し、補強する。2つ以上の金型側（または、成形コア）が金型キャビティを画成する。金型支持板は、金型側の長さ及び幅に沿って連続して接触することによって金型側を支持し得る。あるいは、金型支持板は、金型側と断続的な又は部分的な物理的接触によって金型を支持し得る。このような断続的なまたは部分的な物理的接触は、(i) 負荷耐久接触を特定の位置（例えば、補強部位に集中する）、(ii) 熱交換又は熱流の一部の位置を金型側の特定の部分と金型支持板との間に向ける、又は (iii) 所与の装置の特別な要求に適應させる、などの様々な理由のために用いられ得る。金型支持板は、成型プロセス全体にわたって金型側と接触したままであってもよく、又は、金型支持板は、成型プロセスの特定の期間の間、金型側から完全に分離してもよい。更に、金型支持板は、互いに固定された2つ又はそれ以上の個別片で形成されてもよい。金型支持板は、熱伝導率が高い（例えば、 $2075 \text{ Joule/hr} \cdot \text{cm} \cdot (30 \text{ BTU/hr} \cdot \text{Ft} \cdot ^\circ\text{F})$ ）材料で作製し得る。いくつかの実施形態において、金型支持板は、金型側の材料より高い熱伝導率を有する材料、又はその逆の熱伝導率を有する材料から作製し得る。更に他の実施形態において、金型支持板は、金型側の熱伝導率と同じ熱伝導率を有し得る。一実施例において、金型支持板は、CuBeで作製し得り、金型支持板の、例えば、アルミニウム合金6061 Al及び7075 Alなどのアルミニウムで作製し得る金型側と接触する少なくとも一部は、CuBeで作製する。図に示されている金型支持板は、概して、一片の材料で形成されているが、他の実施形態において、金型支持板は、互いに固定された類似または異なる複数の片から形成し得

40

50

る。

【0047】

全てのスロットの冷却システムは、システムの冷却複雑度レベルにおいて分類し得り、冷却複雑度ゼロは、もっとも単純な冷却システムを表し、より上位の冷却複雑度レベルは、進行的により複雑な冷却システムを表す。このシステムの冷却システム分類は以下により詳細に考察されている。しかし、従来型の高生産性消費者製品イジェクション成形機（例えば、クラス101及び102成形機）は、サイクル時間を低減し、生産性を向上させるために複雑な冷却システムを用いている。概して、高生産性消費者製品イジェクション成形機は、複雑な冷却システム（つまり、レベル4又はそれ以上の冷却システム複雑度レベル）を有する。レベル0からレベル3の冷却複雑度レベルは、概して、高硬度、低熱伝導性材料で作製された金型を含む、従来型の高生産性イジェクション成形金型に十分な冷却性能をもたらさない。

10

【0048】

開示されている低一定圧力イジェクション成型金型は、冷却複雑度レベル3以下、好ましくは、従来型の高圧イジェクション成形機と比べて、生産コストを低減し、効率を高めるレベル3、2または1の冷却複雑度レベルを有する冷却システムを備える点で有利である。

【0049】

本明細書で用いられている冷却複雑度レベルゼロの金型アセンブリは、能動冷却システムを有さない金型アセンブリとして定義されている。換言すれば、冷却複雑度ゼロの金型アセンブリは、熱が金型側を通過し、金型支持板を通過し、最終的には金型アセンブリを取り囲む大気中に出される、受動的冷却に限られる。冷却複雑度レベルゼロの金型は、典型的には、サイクル時間が比較的長い（冷却速度が遅いので、金型内のプラスチックが凝固するのに相当の時間がかかるため）。その結果、高生産性消費者製品金型（例えば、クラス101～102成形機で使用される金型）は、冷却複雑度がゼロの金型を使用しない。

20

【0050】

ここで、図5A～5Eを参照すると、異なる実施形態の冷却複雑度レベル1の金型アセンブリ328（及び/又は異なる実施形態の金型アセンブリ内金型支持板）が示されている。金型アセンブリ328は、第1の側372と、第2の側374を有する金型370を備え得る。第1の側372と第2の側374は、その間に金型キャビティ376を形成する。第1の側372は、第1の金型支持板378によって支持され得り、第2の側374は、第2の金型支持板380によって支持され得る。第1の金型支持板378と第2の金型支持板380は、成型プロセス時に作動して第1の側372と第2の側374を移動するプレス（非表示）に取付けられ得る。1つ以上の冷却ライン382は、1つ以上の金型支持板378、380の中に形成し得る。第1の側372と第2の側374は、熱伝導率が高い材料で作製されているので、熱は、プラスチックを金型キャビティ376内で許容時間内に冷却するのに十分な速さで第1の側と第2の側を通過して金型支持板378、380に流れる。

30

【0051】

金型支持板378、380は、金型支持板378、380から離れて金型370に向かって外向きに延在するポスト又は突出部381を有し得る。冷却ライン382は、突出部381の中まで延在し得る。金型370は、金型が突出部381の周囲（図5B）、内側（図5C）、又は上（図5D及び5E）に嵌り得るように相補的な機構を有し得る。このようにして、冷却ライン382は、冷却ライン382を金型370の中まで又は第1の金型側372及び第2の金型側374の中まで延在させることなく、金型キャビティに近づけて配置され得る。その結果、金型支持板378、380は、様々な異なる金型キャビティ形状を有する金型を受容し得る。このようにして、金型は、冷却ラインを第1の側372及び/又は第2の側に一体化することなく形成し得り、金型370の製造コストを低減する。

40

50

【 0 0 5 2 】

従来型の高出力消費者製品イジェクション成形アセンブリは、2つの高硬度、低熱伝導率材料によって形成される金型キャビティ内でプラスチックを適正に冷却しないため、冷却複雑性レベルが1の金型アセンブリを用いない。冷却複雑度レベルが1の金型アセンブリは、冷却ライン382を形成するために1つ以上の加工軸が必要とされる場合でも、金型支持板378、380内に全ての能動冷却ライン382を収容するとして定義される。図5A～5Eの実施例において、金型は、スタック金型、キューブ金型、シャトル金型、ヘリコプター金型、回転プラテンを有する金型、又は、必要に応じて、生産性を高める他のマルチキャビティ金型であってもよい。

【 0 0 5 3 】

ここで図6を参照すると、冷却複雑度レベル2の金型アセンブリ328が示されている。冷却複雑度レベル2の金型アセンブリは、図6の実施形態における冷却ライン382が、少なくとも1つの金型支持板378、380を貫通し、少なくとも1つの金型側372、374の中まで延在している点を除いては、(即ち、金型支持板378、380を貫通している冷却ライン382のみに対向している)、図5A～5Eの冷却複雑度レベル1の金型アセンブリ328と同じである。冷却ライン382は、終端384を有する。しかし、各冷却ライン382は、単一の加工軸に平行な軸に沿って加工されている。冷却ライン382は、冷却流体が冷却ライン382を流れやすくするために、図7でより詳細に示されているようにバッフル382を有する。冷却複雑度レベル2の金型アセンブリは、冷却ラインを金型キャビティの金型面に近づけて加工するだけの柔軟性を有さないため、高出力消費者製品イジェクション成形機(つまり、クラス101～102イジェクション成形機)では使用されなかった。したがって、冷却複雑度レベル2の金型アセンブリは、高硬度、低熱伝導率金型を有する従来型の高出力金型アセンブリを十分に冷却しない。

【 0 0 5 4 】

ここで図8を参照すると、冷却複雑度3の金型アセンブリ328の一実施形態が示されている。冷却複雑度3の金型アセンブリ328は、少なくとも2つの異なる加工軸を有する冷却流路382によって形成される。少なくとも1つの冷却ライン382は、2つの異なる加工軸と終端を有する。より詳細には、冷却ライン382は、湾曲部、即ち、カーブを有し得る。例えば、冷却ライン382は、金型アセンブリ328の開閉ストロークSに実質的に平行な第1の加工軸と、第1の加工軸に対して角度を設けられている第2の加工軸を有し得る。冷却複雑度レベル2の金型アセンブリと同様に、冷却複雑度3の金型アセンブリは、冷却ラインを金型キャビティの金型面に近づけて加工するだけの柔軟性を有さないため、高出力消費者製品イジェクション成形機(つまり、クラス101～102イジェクション成形機)では使用されなかった。したがって、冷却複雑度レベル2の金型アセンブリは、高硬度、低熱伝導率金型を有する従来型の高出力金型アセンブリを十分に冷却しない。

【 0 0 5 5 】

ここで図9を参照すると、冷却複雑度レベル4の金型アセンブリ328が示されている。冷却複雑度4の金型アセンブリ328は、複数の冷却ライン382と、終端384を有する第1の冷却ライン382aと、終端を有さない貫通穴である第2の冷却ライン382bとを含む。第1の冷却ライン382aは、金型支持板378から第1の金型側372の中まで延在し、第2の冷却ライン382bは、第1の金型側372を貫通して延在する。第1の冷却ライン382aの加工軸は、第2の冷却ライン382bの加工軸とは異なる。換言すると、冷却ライン382は、形成するための少なくとも2つの異なる加工軸を有する。冷却複雑度レベル4の金型アセンブリは、金型キャビティ形状が非常に単調な金型アセンブリを有する一部の高出力消費者製品イジェクション成形機(例えば、クラス101～102イジェクション成形機)で使用されていた。

【 0 0 5 6 】

ここで図10を参照すると、冷却複雑度レベル5の金型アセンブリ328が示されている。冷却複雑度レベル5の金型アセンブリ328は、2つの異なる加工軸を有する貫通穴

10

20

30

40

50

である第1の冷却ライン382を含む。図10に示されているように、第1の冷却ライン382は、互いに角度を設けて対向し、接合部又はカーブ394で合流する第1のセクション390と第2のセクション392とを含む。成型部品の内部の位置で合流する必要がある2つの異なる軸を有する第1の冷却ライン382の加工には高精度でより高価な装置を必要とし、製造時間も長くなる。しかし、冷却複雑度5の金型アセンブリ328は、冷却ラインは一時のカスタム化に優れているため、高出力消費者製品イジェクション成形機（例えば、クラス101～102イジェクション成形機）に使用されていた。このようにして、冷却ラインは、複雑度がより低い冷却複雑度金型アセンブリに比べて金型キャビティにより近づけて配置し得る。その結果、より複雑な冷却複雑度の金型アセンブリが、高硬度、低熱伝導率材料で作製された従来型のイジェクション成形に見られる低熱伝導率の欠点を少なくとも部分的に相殺し得る。

10

【0057】

ここで図11を参照すると、冷却複雑度レベル6の金型アセンブリ328が示されている。冷却複雑度6の金型アセンブリは、少なくとも1つの能動冷却動的成形品398も有する冷却複雑度が1～5の金型アセンブリである。冷却流路の動的成形品内での形成には高い精度を必要とする。更に、能動冷却動的成形部品398は、金型アセンブリ328の動作時に動的成形部品398とともに移動する複雑な通流機構を必要とする。冷却複雑度6の金型アセンブリは、高出力消費者製品イジェクション成形機（例えば、クラス101～102イジェクション成形機）で使用されていた。

20

【0058】

ここで図12A及び12Bを参照すると、冷却複雑度7の金型アセンブリ328が示されている。冷却複雑度7の金型アセンブリ328は、少なくとも1つの等角冷却キャビティ399を有する冷却複雑度2から6の金型アセンブリである。等角冷却キャビティ399は、最大能動冷却を提供するために金型キャビティの外周を少なくとも部分的に補完する。等角冷却キャビティ399は、非線形、非同軸上、及び/又は非平面的であってもよい。等角冷却キャビティ399は、形成するために複雑な加工を必要とする。加えて、等角冷却キャビティ399は、形成に相当の時間を要する。その結果、冷却複雑度7の金型アセンブリは、非常に高価であり、一般的に、非常に入り組んだ部品形状を有する高出力消費者製品イジェクション成型機用に予約される。

30

【0059】

本明細書で説明されている簡略型冷却システムは、図13に示されているキューブ金型428を有するイジェクション成形機などの事実上任意のタイプの従来型イジェクション成形機に組み込まれ得る。

【0060】

ここで図5A～5Eに戻ると、レベル1冷却複雑度レベルイジェクション成形機は、蒸発冷却システムを有し得る。蒸発冷却システムは、液体を基準とした冷却システムと比べると、熱を除去する効率が高い。いくつかの実施例において、蒸発冷却システムは、液体を基準とした冷却システムと比べると、熱を除去する効率が100倍高く、又は、500倍高い場合がある。本明細書に記載されているイジェクション成形アセンブリは、熱伝導率が高い材料で作成されているので、蒸発冷却システムを有することによって熱除去を高める一方、（冷却ラインを金型キャビティから更に離すことによって）より簡略化された冷却システムを有し得る。冷却ラインを金型キャビティから離すことによって金型側全体にわたって温度分布がより均一になる。有利なことに、レベル1の冷却複雑度金型アセンブリは、冷却流体ラインが金型側の中まで延在しないので、金型支持板と金型側との間に複雑な動的シールを必要としない。その結果、レベル1冷却複雑度レベル金型アセンブリは、冷却流体を金型側の中まで延在させる必要がある従来型の金型アセンブリに比べて、より堅牢であり、故障しにくい。

40

【0061】

概して、蒸発冷却システムは、従来型の全流体冷却システムに比べてより多くの熱を金型アセンブリから抽出するために、冷却流体における相変化を利用している。局所的な圧

50

力差を利用することによって、循環流体は、液体と気層の間を交互に入れ替わる。液体から気層への移行は、非常に吸熱的である。液体冷却流体が（金型支持板又はエバポレータなどの）高温領域を通過する時、冷却流体は金型支持板から熱を吸収して、層を気体に変化する。気体は、この後、凝縮器などの低温領域を通過し、そこで熱が気体から周囲に移動される。この熱移動により、気体が凝結されて液体に戻り、金型支持板に送り戻されて更に熱を吸収し、このサイクルが繰り返される。蒸発冷却システムは、従来型の全流体冷却システムに比べて、10倍、100倍、又は500倍の熱除去効率を有し得る。

【0062】

より具体的には、冷凍式蒸気圧縮冷却システム500が図14に示されている。蒸気圧縮冷却システム500は、冷却循環路514の冷却ライン512a、b内の冷却流体の圧力を増加し、ボイル=シャルルの法則（つまり、 $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$ ）によって冷却流体の温度を冷却ライン512aにおいて上昇させる、コンプレッサ510を有する。圧縮された高温冷却流体は、凝縮器516の熱交換器に進入する。高温冷却流体は、大気（または他の媒体）と熱を交換し、冷却流体は、その蒸発温度以下に冷却し、液状に凝結する。その後、液体冷却流体は、冷却ライン512bを通過して膨張弁520に移動し、そこで冷却液の容積が増加して、冷却液の圧力が低下し、その結果、再びボイル=シャルルの法則によって冷却流体が少なくとも部分的に蒸発する。一部の冷却流体は、液体と気体状冷却流体の混合体が、冷却ライン512cを通してエバポレータ522に移動するように蒸発し得る。一実施形態において、金型支持板はエバポレータ522を備え得る。金型支持板は、冷却流体を金型支持板を通過して移動して金型支持板から熱を除去するための1つ以上の冷却流路を有し得る。エバポレータの表面は、エバポレータ522内の冷却流体に比べると、比較的暖かい。このようにして、熱はエバポレータ（例えば、金型支持板）から冷却流体に移動され、その結果、残りの冷却流体の大半が蒸発される。

【0063】

熱を交換し、エバポレータ522から蒸発した後、冷却流体は冷却ライン512dを通過してコンプレッサ510に移動し、このプロセスが繰り返される。エバポレータ522と、コンプレッサ510と、凝縮器516と、膨張弁520は、全て、冷却ライン512a~dによって流体接続されている。いくつかの実施形態において、冷却循環路514全体は、エバポレータ522又は金型支持板の中または上部に配置し得る。他の実施形態において、金型支持板は、（金型支持板内に配置された1つ以上の冷却流路を有する）エバポレータ522を備え得り、コンプレッサ510と、凝縮器516と、膨張弁520のうちの少なくとも1つが金型支持板から物理的に切り離し得るが、冷却ライン512a~dを介して金型支持板に流体接続される。

【0064】

図15は、インジェクション成形機で使用し得る蒸発冷却システム600の一実施形態を示す。蒸発冷却システム600は、図14の蒸発冷却システムと同じ要素を有し、各要素は100単位で増える参照番号を有する。蒸発冷却システム600は、コンプレッサ610と、凝縮器616と、膨張弁620と、インジェクション金型622とを有し、それらすべてが複数の冷却ライン612a~dを介して流体接続され、閉ループ冷却循環路614を形成する。図15の実施形態において、インジェクション金型622自体、より具体的には、インジェクション金型622の金型支持板がエバポレータを形成する。

【0065】

インジェクション金型622を通過して流れる冷却流体は、インジェクション金型622から熱を除去し、インジェクション金型内の溶融プラスチックを冷却する。増強された冷却性能を有する蒸発冷却システム600は、冷却液体のみを冷却流路を通過して移動する従来の冷却システムに比べてより迅速に熱を除去することによってインジェクション金型622のサイクル時間を短縮する。

【0066】

ここで図16Aを参照すると、インジェクション金型の金型支持板478内に配置される蒸発冷却システム700の別の実施例が示されている。蒸発冷却システム700は、金型

支持板 478 内にチャンバ 710 を有する。水などの蒸発性液体 712 が、チャンバ 710 内に配置される。パーコレータチューブ 714 が、チャンバ 710 のリザーバ部をチャンバ 710 の凝縮部 718 に接続する。パーコレータチューブ 714 は、水のチャンバ 710 の底部からチャンバ 710 の上部への移動を促進する。冷却された凝縮器 720 は、チャンバ 710 の上部付近に配置され得る。(図 16 の右に位置する) 金型側の熱が金型支持板 478 を温めると、リザーバ部 716 の液体水が蒸発し、チャンバを通して凝縮部 718 に向かって上向きに移動する。この蒸発プロセスによって、金型支持板 478 から、したがって、金型支持板 478 に隣り合う金型側から熱が除去される。水蒸気が凝縮器 720 に到達すると、熱は、再び、水蒸気から凝縮器 720 に移動し、水蒸気は凝結して液状に戻る。この液体水は、チャンバ 710 の側部を下って、リザーバ部 716 に向かって流れる。一部の液体水は、チャンバの側壁から再び蒸発し、一部の液体水は、再蒸発する前にリザーバ部 716 に到達する。チャンバ 710 の側壁からの蒸発を高めるために、液体水と側壁との間の表面張力を増大することによって液体水の側壁に対する保持力を高めるコーティングを側壁に施し得る。パーコレータチューブ 714 を通って凝縮部 718 に戻される水を調節するために、制御可能な熱源 722 を、任意で、金型支持板 478 内に配置し(又は、金型支持板 478 に取り付け)得る。

【0067】

図 16 B は、蒸発冷却システム 800 の一代替実施形態を示す。図 16 A の蒸発冷却システム 700 の要素に類似している蒸発冷却システム 800 の要素は、図 16 A の要素より 100 大きい参照番号を有する。図 16 B の蒸発冷却システム 800 における主な違いは、追加の回収部 830 が、凝縮部 818 とリザーバ部 816 との間でチャンバ 810 内に垂直向きに配置されていることである。回収部 830 は、より大きい(又はより長い)金型支持板の液体水の回収と再蒸発を促進し得る。

【0068】

図示されていないが、図 14、15、16 A、及び 16 B の蒸発(及び蒸気圧縮)冷却システム 500、600、700、800 は、冷却流体の相対圧力を下げるために真空システムを有し得る。冷却流体の相対圧力が下がると所与の冷却流体の蒸発温度が下がる(他の全ての要素は同じである)。逆に、蒸発(及び蒸気圧縮)冷却システム 500、600、700、及び 800 は、冷却流体の相対的圧力を増加するために加圧システムを有し得る。冷却流体の相対的圧力が上昇すると、所与の冷却流体の蒸発温度が上昇する(他の全ての要素は同じである)。このようにして、蒸発温度は、典型的には特定の金型が経験する温度に調節し得る。

【0069】

蒸発冷却システムは、冷却剤(例えば、クロロフルオロカーボン、クロロフルオロオレフィン、ハイドロクロロフルオロカーボン、ハイドロクロロフルオロオレフィン、ハイドロフルオロカーボン、ハイドロフルオロオレフィン、ハイドロクロロカーボン、ハイドロクロロオレフィン、炭化水素、ハイドロオレフィン、パーフルオロカーボン、パーフルオロオレフィン、パークロロカーボン、パークロロオレフィン、ハロン/ハロアルカン、及びこれらの混合物)、水、グリコール、ポリエチレングリコール、アルコール、又は水銀などの、多くの異なる種類の冷却流体を使用し得る。上記の冷却材に類似した冷却性能、及び/又は物理的若しくは化学的特性を有する他の冷却材を使用し得る。同様に、0 Pa (0 psi) (つまり、完全に真空) ~ 約 13.8 MPa (2,000 psi) の圧力下で約 0 ~ 約 200 の間の温度に曝されると相変化する他の冷却流体も使用し得る。いくつかの場合、界面活性剤も冷却流体に加え得る。一部の蒸発冷却システムは、真空システムを利用して異なる圧力を生成し得り、他の蒸発冷却システムは、圧縮機を利用して異なる圧力を生成し得る。

【0070】

更に他の実施形態において、蒸発冷却システムは、大気中液体蒸発を利用して熱を除去し得る。開示されている金型アセンブリは、熱伝導率が高い材料で作製されているので、一部の冷却複雑度ゼロの金型アセンブリでは、金型支持板又は金型側の外面に冷却液を単

に噴霧することが可能であり、冷却液は、液が熱を吸収すると蒸発して、金型支持板又は金型側を冷却する。これらのタイプのシステムで有利に使用し得る液体の1つのタイプは、蒸留水である。蒸留水は、金型支持板又は金型側に残留物を残すことなく完全に蒸発する。いくつかの実施形態において、金型支持板又は金型側の表面積を増加して蒸発と熱除去をさらに促進するために、フィン又はラジエータ構造体を使用し得る。

【0071】

大気中液体蒸発を利用する蒸発冷却システム900の一実施形態が図17に示されている。金型910は、第1の金型側925と第2の金型側927とを有し得る。第1の金型支持板978と第2の金型支持板978は、それぞれ、第1の金型側925と第2の金型側927に隣接して配置し得る。スプレーバー911は、金型支持板978、980のうちの一方及び/又は金型側925、927のうちの一方の近くに配置し得る。スプレーバー910は、液体（例えば、水）を加圧してスプレーバー910に送るポンプ912に流体接続される。液体は、噴霧した液体が金型支持板978、980及び金型側925、927のうちの一方の外面を覆うように、ノズル914から噴霧される。液体が外面を覆うので、金型支持板978、980及び/又は金型側925、927からの熱が液体を蒸発させ、それによって、金型支持板978、980、及び/又は金型側927、927を冷却する。蒸発しない液体は、滴り落ち、液体回収領域、即ちサンプ940で回収され得る。サンプ940は、蒸発しない液体を回収するための領域、即ちリザーバである。戻りライン942は、サンプ940からポンプ912に延在して、水を散布940からスプレーバー911に戻す。ポンプは、また、サンプ940内の液面に関係なく、水が常にスプレーバー911に供給できるように液体供給源944にも接続し得る。

【0072】

図17に示されている実施形態において、蒸発した液体は単に大気に排出され、蒸発して失われた液体を補うために、新しい液体が液体供給源944を通して供給される。他の実施形態において、金型全体910は、閉鎖された環境内に配置され得り、蒸発した液体は、凝縮されサンプ940に戻され得る。

【0073】

開示されている金型アセンブリは、金型支持板の中に完全に制限された冷却流路を有する冷却システムを備え得る。その結果、開示されているシステムは、動的シール（例えば、移動部品間のシール）を必要とせず、冷却流体が大気中に逃げる、即ち大気中に放出されるリスクが低減される。

【0074】

上記のように、本明細書で開示されている、レベル1冷却複雑度金型用の冷却システムは、金型支持板のうちの一方以上の中にのみ冷却流路を含む。換言すれば、第1の金型側か第2の金型側のいずれかに冷却流路がない。その結果、冷却システム内の全てのシールは、事実上静止しており、非常に堅牢である。つまり、軟らかくて、動的なシールを必要とする、開示されている冷却システムにおいて相互に移動する構成要素間にシールがない。このようにして、結果的に冷却流体を放出することになるシール破損の可能性がないので、開示されている冷却システムは、危険な、有害な、又は高価な冷却流体（「新規な冷却流体」と呼ばれることがある）を使用し得る。一部の危険な、有害な、又は高価な冷却流体は、従来の冷却流体に比べて、優れた熱吸収性を有し得る。しかし、これらの、危険な、有害な、又は高価な冷却流体は、シールが破損（特に、移動部品間の動的シールの破損）し、冷却流体が大気中に放出される恐れがあるために、以前は、イジェクション成型用の冷却システムには用いられなかった。開示されている冷却システムで（大気中に漏れる恐れが非常に低い）現在使用し得る特に有用な、危険な、有害な、又は高価な冷却流体には、暖房用オイル、油圧油、グリコール、セシウム、水銀、カリウム（25で熱伝導率が約42W/mKのもの）、鉛ビスマス共晶合金、ナトリウムカリウム合金、ナトリウムカリウムセシウム合金、鉛ビスマスなどが挙げられる。

【0075】

望ましい冷却流体は、1W/mK以上の熱伝導率を有し得る。より望ましい冷却流体は

10

20

30

40

50

、約 1 W/mK ~ 約 42 W/mK の熱伝導率を有し得る。いくつかの望ましい冷却液は、約 5 ~ 約 160 の温度で、流動性を持つ粘性（例えば、 $100,000\text{ cP}$ 以下）を保持する。有害な又は危険な冷却流体に加えて、比較的高価な非有害性冷却流体も開示されている冷却システムで使用し得る。1つのかかる高価ではあるが有用な冷却流体は、蒸留水であって、開示されている冷却システムの内部構成要素を腐食させないという有利性がある。しかし、蒸留水は、シールの破損のために失われた蒸留水を絶えず交換する必要があることから、従来型の高生産性インジェクション成形システムでは用いられなかった。そのようにして失われた水のために、一般的に、補充用の蒸留水を生産するための蒸留プラントを必要としたが、競争の激しい消費者生活用品インジェクション成形業界では法外な費用がかかるものである。

10

【0076】

開示されている冷却複雑度レベル1の金型から動的シールをなくすことによって、広範囲の冷却流体を使用し得る。上記のように、いくつかの潜在的に有害な、危険な、又は高価な冷却流体が使用され得る。加えて、ナノ流体が冷却流体として使用され得る。ナノ流体は、キャリア液全体に拡散されたナノ粒子として公知の小さなナノ寸法の粒子を有する水などのキャリア液を含む。固体材料（例えば、酸化銅、アルミナ、二酸化チタン、カーボンナノチューブ、シリカ、又は同または銀ナノロッドを含む金属）のナノ粒子は、キャリア液中に拡散され得る。キャリア液単体と比べて、結果的に生じる冷却材の熱伝導性能を高める。この性能向上率は、理論的に350%程度であり得る。いくつかの実施例において、ナノ流体は、キャリア液単体の熱伝導率より50%~100%高い熱伝導率を有することが実験的に示されている。また、ナノ流体は、従来の冷却流体に比べて、熱流速の著しい増加を示す。一実施例において、ナノ流体は、エチレングリコールと銅ナノ粒子を含み得る、25 で約 1.4 W/mL の熱伝導率を有する。

20

【0077】

例えば、0.5 vol.%で直径 $55 \pm 12\text{ nm}$ 、平均長さ 12.8 マイクロメートルの銅ナノロッドは、水の熱伝導率を68%増加し得る、0.5 vol.%の銅ナノロッドは、エチレングリコールをベースとした冷却材の熱伝導率を98%増加した。0.1%のアルミナナノ粒子は、水の臨界熱流束を約70%増加し得る。

【0078】

レベル1冷却複雑度の金型におけるシールは、本質的に（静止シールであるため）非常に堅牢なので、動的（より軟らかい）シールをより急速に劣化させる傾向があるナノ流体何のナノ粒子に対してはるかに優れた耐性を有する。結果として、開示されている冷却複雑度レベル1の金型は、ナノ粒子を使用して伝熱率を高め、結果的に冷却効率を高め得る。望ましいナノ流体は、 1 W/mK 以上の熱伝導率を有し得る。キャリア流体に追加し得るナノ粒子の例としては、酸化銅、アルミナ、二酸化チタン、窒化ホウ素ナノチューブ、カーボンナノチューブ、カーボンウラニウムナノロッド、銅ナノロッドが挙げられる。加えて、これらのナノ流体は、従来の冷却流体に比べて、熱容量が大きい。その結果として、ナノ流体が従来の冷却流体に比べて単位体積当たりより多くの熱を除去できるように流体の循環速度を遅くし得る。このようにして、かかるシステムに必要とされる全体的な冷却流体の容積を減らし、それに相応して、全体的なコストと冷却システムの複雑性を低減し得る。

30

40

【0079】

この熱伝導率の増加と全体的な流体容量の低減によって、ナノ流体を使用する一部の冷却複雑度レベル1の金型は、ナノ流体が、ナノ流体を十分冷却し得るだけの長い時間、熱交換器内に滞留するので、輻射熱形熱交換器を利用して金型支持板を通過して循環する前にナノ流体を冷却し得る。

【0080】

いくつかのレベルゼロ冷却複雑度の金型において、金型は、熱の大気への対流/伝導によって完全に冷却され得る。ラジエータフィンに金型支持板又は金型側上に形成して、大気に対する熱の対流を高め得る。加えて、ファンなどの気体移動装置は、金型上及び/又

50

はラジエータフィン上の大気ガスを移動して、伝導による熱放出を更に高め得る。

【 0 0 8 1 】

概して、本開示の低等圧イジェクション成形機は、上記のように熱伝導率が高い材料から製作された金型及び／又は金型アセンブリを有する。この高い熱伝導率により、開示されている低等圧イジェクション成形機、金型、金型アセンブリは、冷却複雑度レベル3又は下位の金型アセンブリを用いて、事実上、任意の部品形状について成形部品を冷却できる。成形部品の冷却には、冷却複雑度レベル2の金型アセンブリを使用することが好ましい。成形部品の冷却には、冷却複雑度レベル1の金型アセンブリを使用することがより好ましい。一部の部品形状については、冷却複雑度レベルゼロの金型アセンブリでさえ使用し得る。冷却複雑度レベル3又はより下位の金型アセンブリは、高硬度、低熱伝導率の材料で製作された従来型のイジェクション成形の場合、より複雑な冷却システムが要求された超高出力消費者製品イジェクション成形機（例えば、クラス101～102イジェクション成形機）においてさせ使用され得る。その結果として、開示されている低等圧イジェクション成形と金型アセンブリ、及びそれに伴うイジェクション成形機は、製造コストが廉価である一方、金型のサイクル時間を短縮し、複雑度の低い冷却システムが少なくとも部分的に可能であるため金型生産性を高める。

10

【 0 0 8 2 】

高熱伝導率材料から製作される金型は、イジェクション成型プロセス時の温度分布が従来型の金型に比べて均一であるという更なる利点を有する。換言すれば、金型内の部位ごとの温度のばらつきが少ない。その結果、熱伝導率が高い金型で製造された部品は従来型の金型で製造された部品に比べて、内部応力が少ない（及び、結晶構造がより均一である）。このより低い内部応力とより均一な結晶化度が低い部品の反り率をもたらす。従来型の金型において、金型キャビティは、不均質な温度勾配による部品の反りを相殺するように設計されている場合が多いが、これは、従来型金型アセンブリのコストと複雑度を増大する。特定の相殺を完了するには、反復的な、時間のかかる試行プロセスを必要とする。高熱伝導率金型においては、より均一な冷却によって内部応力がより均一であるため、成形部品に大きな反りがないので、金型キャビティは、反りを相殺するように設計される必要がない。このようにして、従来型金型の設計において用いられた反復相殺プロセスは回避し得り、製造コストと時間を更に低減し得る。

20

【 0 0 8 3 】

「実質的に」、「約」、及び「およそ」という用語は、特別の定めのない限り、本明細書において、任意の定量的な比較、値、測定値、又は他の表現に帰属される場合がある、不確定の固有度を表すために利用される得ることに留意すべきである。これらの用語はまた、本明細書では、定量的表現が、問題となる対象物の基本的機能に変化をもたらすことなく、記載の基準から変動する程度を表すためににも利用される。特に本明細書中で定義されている場合を除き、「実質的に」、「約」、及び「およそ」という用語は、記載された基準値の20%以内の範囲にある定量的な比較、値、測定値、又は他の表現を意味する。

30

【 0 0 8 4 】

本明細書で例示及び記載された製品の様々な実施形態が、低一定圧力イジェクション成形プロセスによって作製されてもよいことはここで明らかである。本明細書では、消費財を含む製品又は消費財製品自体を特に参照したが、本明細書で検討した低一定圧力イジェクション成形方法が、消費財産業、外食産業、運送業、医療産業、玩具産業等で使用される製品と共に使用するために好適であり得ることは明らかである。更に、本明細書に開示された教示が、金型内の装飾、インサート成形、金型内組立品等と組み合わせられて、スタック金型、回転及びコアバック金型を含む多数の材料の金型の構成体において使用され得ることが、当業者であれば理解されるであろう。

40

【 0 0 8 5 】

本明細書で開示されている実施形態のうちのいずれかの一部または全ては、以下で説明されている実施形態を含む、当該技術分野において既知の他の実施形態の一部または全てと組み合わせ得る。

50

【0086】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,045号「Apparatus and Method for Injection Molding at Low Constant Pressure」(申請者の事例12127)で開示され、US 2012-0294963 A1として公開されている、低等圧におけるイジェクション成形の実施形態と併用し得る。

【0087】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,047号「Alternative Pressure Control for a Low Constant Pressure Injection Molding Apparatus」(申請者の事例12128)で開示され、US 2012-0291885 A1として公開されている、圧力制御の実施形態と併用し得る。

10

【0088】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年2月24日に出願された米国特許出願第61/602,781号「Injection Mold Having a Simplified Cooling System」(申請者の事例12129P)で開示されている簡略型冷却システムの実施形態と併用し得る。

【0089】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,073号「Non-Naturally Balanced Feed System for an Injection Molding Apparatus」(申請者の事例12130)で開示され、US 2012-0292823 A1として公開されている、非自然平衡型供給システムの実施形態と併用し得る。

20

【0090】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,197号「Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure」(申請者の事例12131Q)で開示され、US 2012-0295050 A1として公開されている、低圧、実質的に等圧におけるイジェクション成形の実施形態と併用し得る。

30

【0091】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,178号「Method for Injection Molding at Low, Substantially Constant Pressure」(申請者の事例12132Q)で開示され、US 2012-0295049 A1として公開されている、低圧、実質的に等圧におけるイジェクション成形の実施形態と併用し得る。

40

【0092】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年2月24日に出願された米国特許出願第61/602,650号「High Thermal Conductivity Co-Injection Molding System」(申請者の事例12361P)で開示されている共イジェクション成形プロセスの実施形態と併用し得る。

【0093】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月2日に出願された米国特許出願第61/641,349号「Injection Mold Having a Simplified Evaporative Cooling S

50

system or a Simplified Cooling System with Exotic Cooling Fluids」(申請者の事例12453P)で開示されている簡略型冷却システムの実施形態と併用し得る。

【0094】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年5月21日に出願された米国特許出願第13/476,584「Method and Apparatus for Substantially Constant Pressure Injection Molding of Thinwall Parts」(申請者の事例12487)で開示されている、薄壁部品の成形の実施形態と併用し得る。

【0095】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年11月8日に出願された米国特許出願第13/672,246号「Injection Mold With Fail Safe Pressure Mechanism」(申請者の事例12657P)で開示されているフェイルセーフメカニズム付き成形の実施形態と併用し得る。

【0096】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年11月20日に出願された米国特許出願第13/682,456号「Method for Operating a High Productivity Injection Molding Machine」(申請者の事例12673P)で開示されている高生産性成形の実施形態と併用し得る。

【0097】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年11月20日に出願された米国特許出願第61/728,764号「Method of Molding Compositions of Thermoplastic Polymer and Hydrogenated Castor Oil」(申請者の事例12764P)で開示されている特定の熱可塑性材の成形の実施形態と併用し得る。

【0098】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年11月21日に出願された米国特許出願第61/8729,028号「Reduced Size Runner for an Injection Mold System」(申請者の事例12677P)で開示されているランナーシステムの実施形態と併用し得る。

【0099】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、2012年3月17日に発行された米国特許第5,728,329号「Method and Apparatus for Injecting a Molten Material into a Mold Cavity」(申請者の事例12467CC)で開示されている成形プロセスの制御の実施形態と併用し得る。

【0100】

本開示の実施形態は、本明細書に参照によって組込まれている、1998年2月10日に発行された米国特許第5,716,561号「Injection Control System」(申請者の事例12467CR)で開示されている成形プロセスの制御の実施形態と併用し得る。

【0101】

本明細書に開示した寸法及び値は、記載された正確な数値に厳密に限定されるものと理解されるべきではない。むしろ、特に断らないかぎり、そのような寸法のそれぞれは、記載された値及びその値の周辺の機能的に同等の範囲の両方を意味するものとする。例えば、「40ミリメートル」として開示される寸法は、「約40ミリメートル」を意味するものである。

【0102】

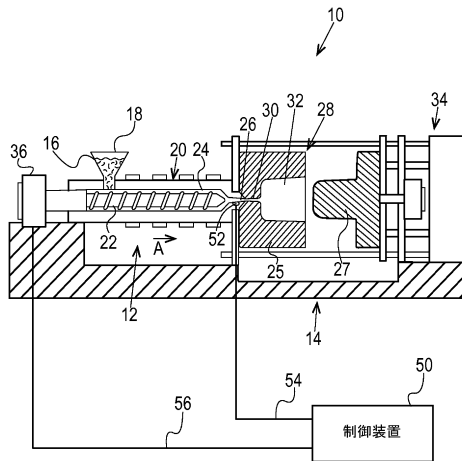
任意の相互参照又は関連特許若しくは関連出願を包含する本明細書に引用される全ての文献は、明確に除外しないしは別の方法で限定されない限り、その全てを本明細書中に参照により組み込まれる。いずれの文献の引用も、こうした文献が本願で開示又は特許請求される全ての発明に対する先行技術であることを容認するものではなく、また、こうした文献が、単独で、あるいは他の全ての参照文献とのあらゆる組み合わせにおいて、こうした発明のいずれかを参照、教示、示唆又は開示していることを容認するものでもない。更に、本文書において、用語の任意の意味又は定義の範囲が、参考として組み込まれた文書中の同様の用語の任意の意味又は定義と矛盾する場合には、本文書中で用語に割り当てられる意味又は定義に準拠するものとする。

【 0 1 0 3 】

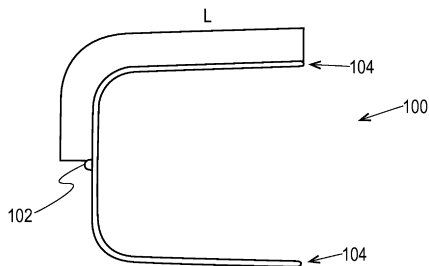
10

本明細書では特定の実施形態を図示し説明したが、請求内容の趣旨及び範囲から逸脱することなく様々な他の変更及び修正を行うことができることを理解されたい。更に、本明細書で請求内容の様々な態様を述べたが、そのような態様は組み合わせで利用されなくてもよい。したがって、添付の「特許請求の範囲」は、請求内容の範囲内のそのような全ての変更及び修正を含むものとする。

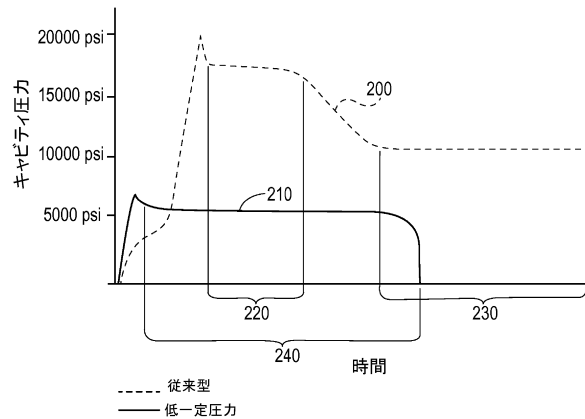
【 図 1 】



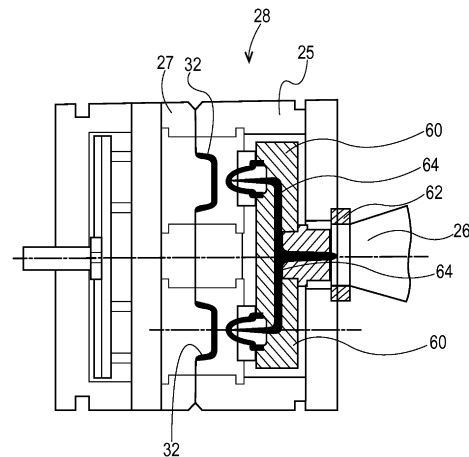
【 図 2 】



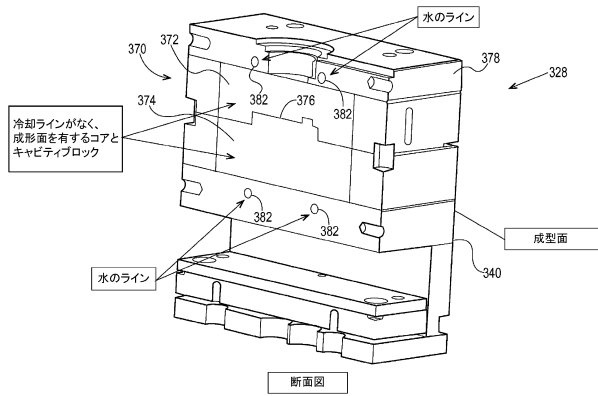
【 図 3 】



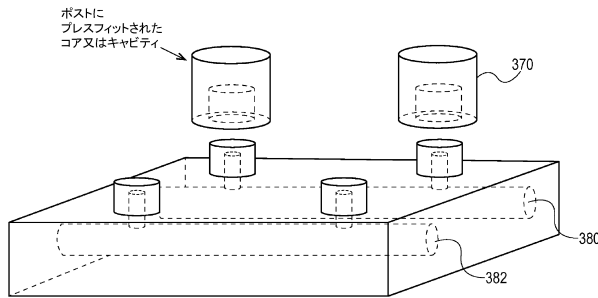
【 図 4 】



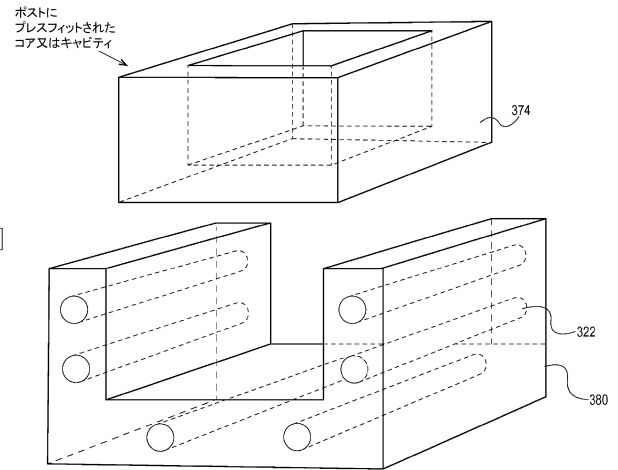
【図 5 A】



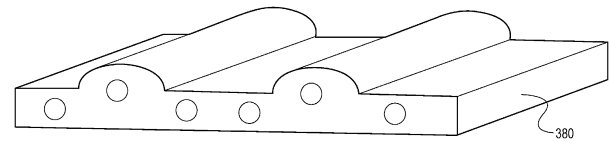
【図 5 B】



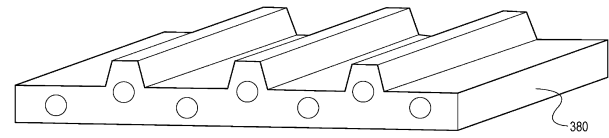
【図 5 C】



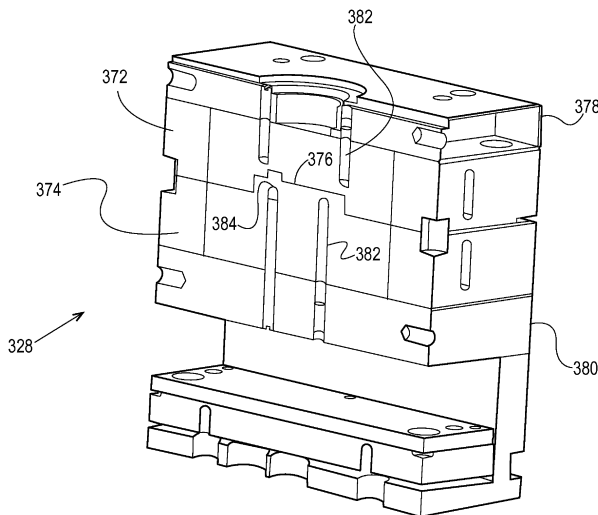
【図 5 D】



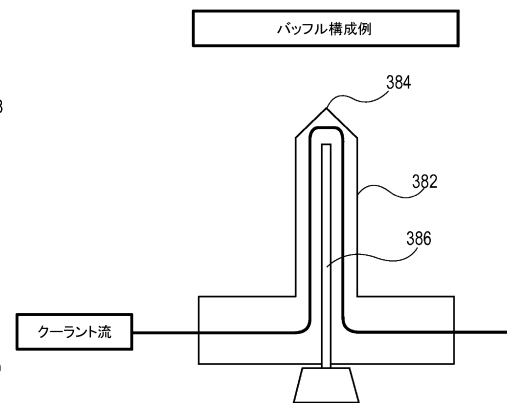
【図 5 E】



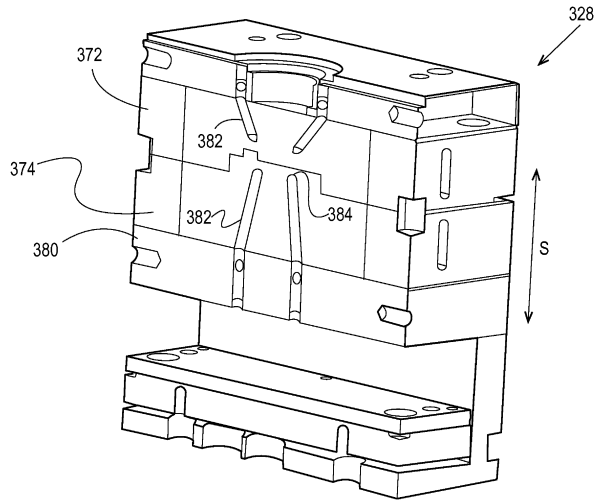
【図 6】



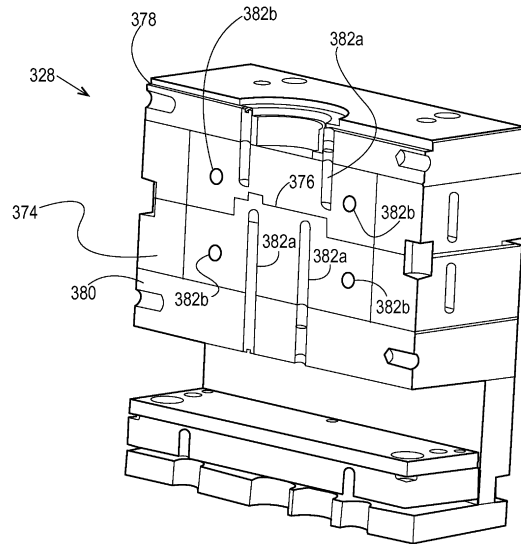
【図 7】



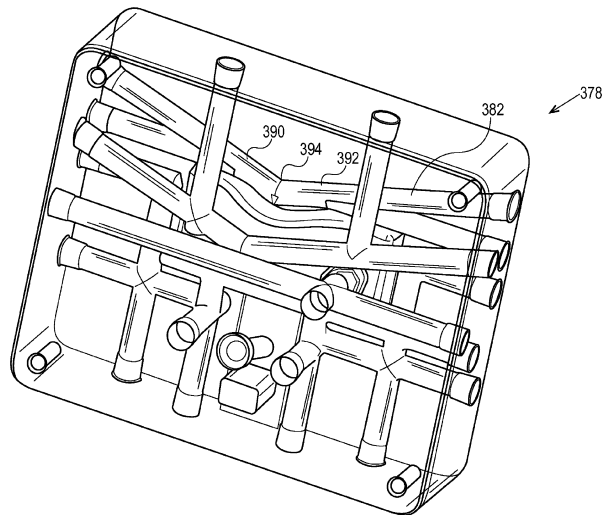
【図 8】



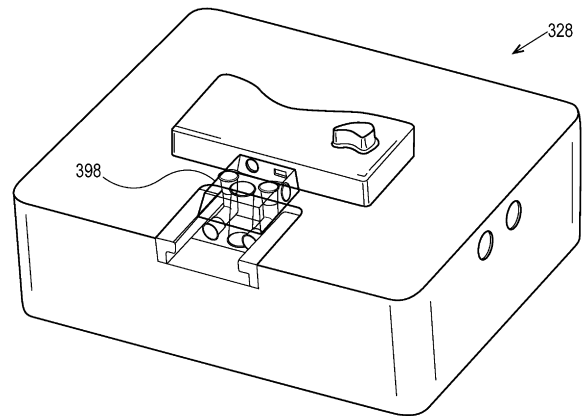
【図 9】



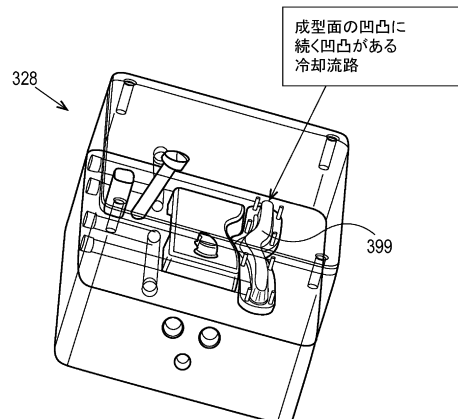
【図 10】



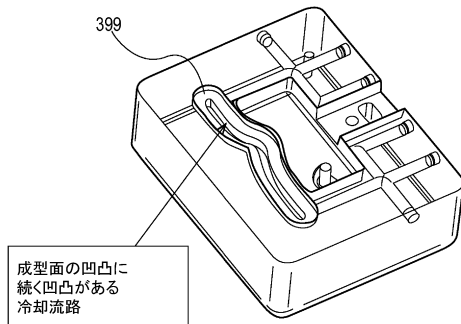
【図 11】



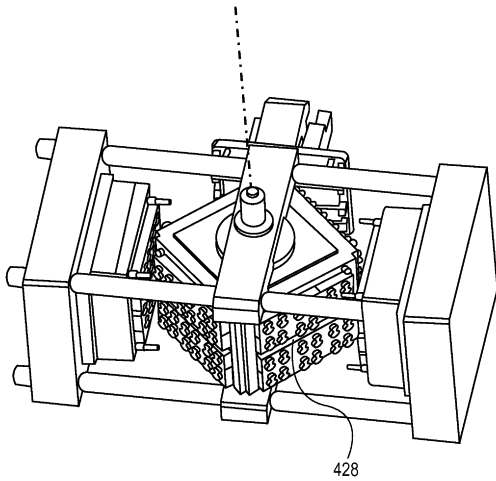
【図 12 A】



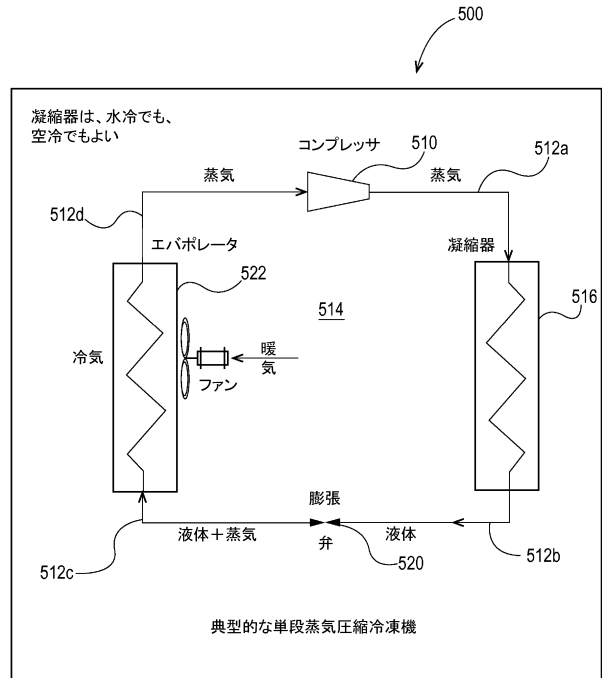
【 図 1 2 B 】



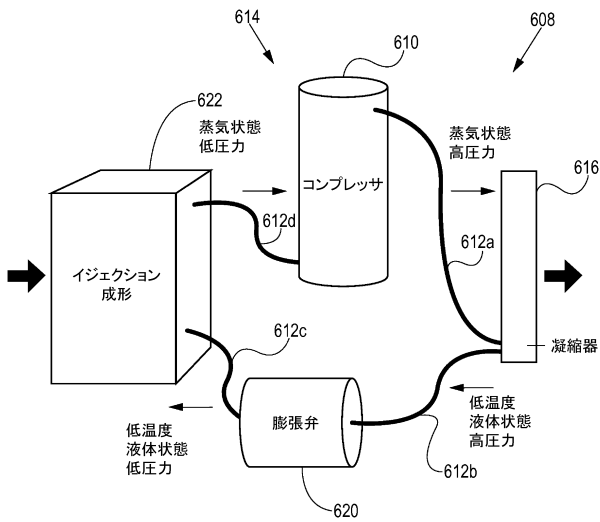
【 図 1 3 】



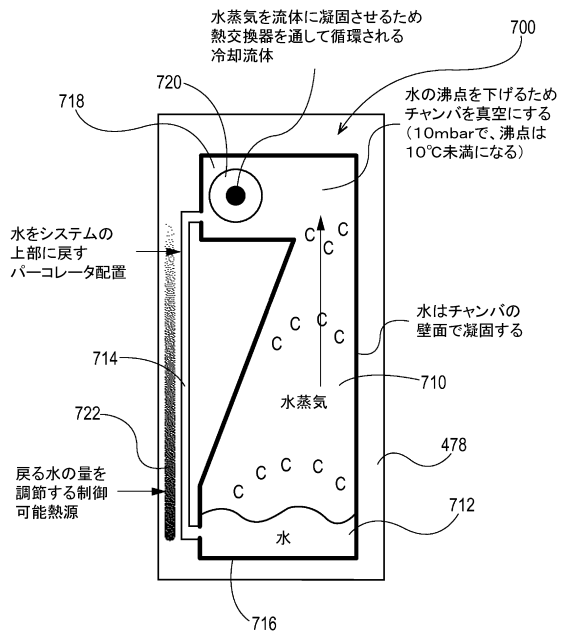
【 図 1 4 】



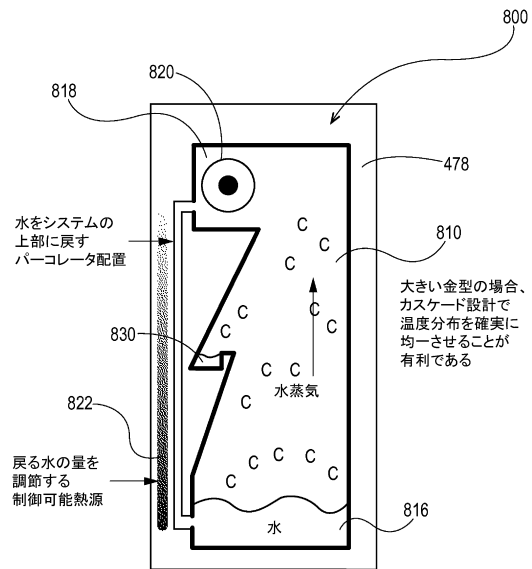
【 図 1 5 】



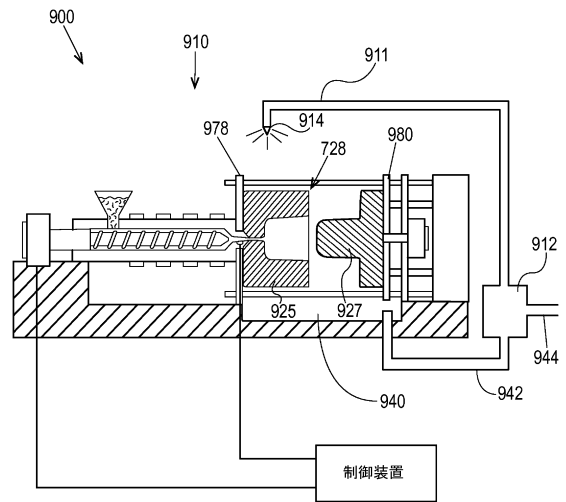
【 図 1 6 A 】



【図 16 B】



【図 17】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 13/765,428

(32)優先日 平成25年2月12日(2013.2.12)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ニアル ディー・ロビンソン

アメリカ合衆国 01950 マサチューセッツ州 ニューベリーポート ボイド ドライブ 2

(72)発明者 ライナー シャルンベルグ

ドイツ 35041 マールブルク アルテ フーテ 10

(72)発明者 ロバート ローレンス プロサイス

アメリカ合衆国 45241 オハイオ州 シンシナティ ラーチウッド ドライブ 7104

(72)発明者 チャールズ ジョン バーグ ジュニア

アメリカ合衆国 45215 オハイオ州 ワイオミング トハッチ ドライブ 575

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 特開2003-1378(JP,A)

特表平11-515058(JP,A)

特開平8-200915(JP,A)

特開2001-9836(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 45/73

B29C 33/04