

明 細 書

発明の名称：粉体圧縮物の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、粉体圧縮物の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 粉体圧縮物として、粉乳を圧縮成形した固形乳が知られている（特許文献 1）。この固形乳は、温水中に投入することで速やかに溶解する溶解性が要求されるとともに、輸送適性、すなわち輸送中や携行中に割れたり崩れたり破壊が生じないような硬度が要求されている。固形乳は、その空隙率を大きくすることで溶解性を高めることができるが、空隙率を大きくすることによって硬度の低下が生じる。そこで、溶解性と輸送適性との観点から最適な空隙率が設定されている。なお、「空隙率」とは、粉体の嵩体積中に空隙が占める体積の割合を意味する。

[0003] 粉乳をはじめとする粉体を圧縮成形する打錠機として、回転式打錠機が知られている（例えば、特許文献 2 を参照）。また、2つの臼孔部を有するスライドプレートを水平方向に往復動する打錠機（特許文献 3 を参照）が知られている。この特許文献 3 の打錠機では、成形ゾーンを挟んで2つの排出ゾーンが設けられており、一方の臼孔部を成形ゾーンに他方の臼部を一方の排出ゾーンにセットする第 1 の位置と、他方の臼孔部を成形ゾーンに一方の臼部を他方の排出ゾーンにセットする第 2 の位置との間でスライドプレートを往復動し、成形ゾーンにセットされた臼孔部の複数の臼孔にそれぞれ下杵と上杵とを進入させて粉体を圧縮成形し、排出ゾーンにセットされた臼孔部の複数の臼孔から粉体を圧縮成形した粉体圧縮物を押し出す構成である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：国際公開第 2006/004190 号

特許文献 2：特開 2000-95674 号公報

特許文献3：特開2007-307592号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、粉体圧縮物について同一の空隙率（圧縮圧）を維持する場合、圧縮速度が高速になるほど硬度が低下する。このため、空隙率を維持しつつ粉体圧縮物の硬度を高くするには、圧縮速度を低く抑えることが有用であると考えられる。しかしながら、圧縮速度を抑えて粉体を圧縮した場合、粉体圧縮物の製造速度が低下し、生産効率が悪くなるという問題があった。

[0006] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、粉体圧縮物の生産効率の低下を抑えながら、硬度の向上を図ることができる粉体圧縮物の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の粉体圧縮物の製造方法は、粉体を圧縮成形した固形状の粉体圧縮物の製造方法において、前記粉体を第1圧縮速度で圧縮する第1圧縮工程と、前記第1圧縮速度よりも遅い第2圧縮速度で、前記第1圧縮工程で圧縮された前記粉体の粉体圧縮物を、前記第1圧縮工程で圧縮された状態から、粉体圧縮物の目標の厚みに対応して決められた圧縮状態における粉体圧縮物の最終の厚みまで圧縮する第2圧縮工程とを有するものである。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、第1圧縮速度による第1圧縮に続けて第1圧縮速度よりも遅い第2圧縮速度で第2圧縮を行うので、第1圧縮速度による圧縮だけを行う場合に比べて、粉体圧縮物の硬度を向上することができるとともに、粉体圧縮物の生産効率の低下を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]打錠機の構成を示す説明図である。

[図2]第1圧縮の第1圧縮距離と第2圧縮の第2圧縮距離とを説明する説明図である。

[図3]圧縮速度比と粉体圧縮物の硬度比との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0010] 図1において、実施形態にかかる打錠機10は、成形ゾーン12と、この成形ゾーン12の両側の取出ゾーン13a、13bとが設けられている。成形ゾーン12は、粉体を固形状の粉体圧縮物（以下、単に圧縮物という）14に圧縮成形するゾーンである。取出ゾーン13a、13bは、成形ゾーン12で圧縮成形された圧縮物14を回収トレイ15に取り出すゾーンである。なお、図1は、打錠機10の構成を模式的に示している。
- [0011] 例えば、粉体としては粉乳が用いられ、打錠機10によって圧縮物14としての固形乳が圧縮成形される。打錠機10及び圧縮成形の手法は、粉乳以外の粉体から圧縮物14を作製する場合にも有用である。粉体は、特に限定されず、金属、触媒、界面活性剤等の無機化合物、糖質、粉末油脂、タンパク質等の有機化合物、これらの混合物等を挙げることができる。また、作製される圧縮物14についても、特に限定されず、食品や薬品としての圧縮物、工業的な製品としての圧縮物等とすることができる。
- [0012] 打錠機10には、スライドプレート17が水平方向（図中左右方向）にスライド自在に設けられている。このスライドプレート17は、そのスライド方向の一端側（図中左側）の第1臼部17aと、他端側（図中右側）の第2臼部17bとを有している。第1臼部17a及び第2臼部17bには、スライドプレート17の厚み方向（上下方向）に貫通した複数の臼孔18がマトリクス状にそれぞれ配されている。
- [0013] 上記スライドプレート17は、図示されるように、第1臼部17aを成形ゾーン12に、第2臼部17bを取出ゾーン13bにそれぞれセットした第1スライド位置と、第2臼部17bを成形ゾーン12に、第1臼部17aを取出ゾーン13aにそれぞれセットした第2スライド位置とにスライド機構（図示省略）によってスライドされる。
- [0014] 成形ゾーン12には、スライドプレート17の下方に下杵部21が配され、また上方に上杵部22が配されている。また、各取出ゾーン13a、13

bには、スライドプレート17よりも上方にそれぞれ押出部24a、24bが配されている。下杵部21は、アクチュエータ26で上下動される。上杵部22と押出部24a、24bとは連結部材で連結されており、アクチュエータ27によって一体に上下動する。

[0015] 下杵部21は、その上部に複数の下杵31が立設され、上杵部22は、その下部に複数の上杵32が立設されている。下杵31及び上杵32は、臼部の複数の臼孔18にそれぞれ対応してマトリクス状に配列している。これにより、成形ゾーン12にセットされている第1臼部17aまたは第2臼部17bのいずれか一方の各臼孔18内に下杵31と上杵32とが嵌挿される。後述するように、臼孔18内において、嵌挿された下杵31の上端面と上杵32の下端面との間で粉体を圧縮物14に圧縮成形する。

[0016] アクチュエータ26、27は、制御部34で駆動が制御される、例えばサーボモータで構成されており、下杵部21、上杵部22を上下動させる。この例ではアクチュエータ26、27としてのサーボモータの速度を変化させることで、詳細を後述するように、圧縮成形する際の圧縮速度すなわち下杵31、上杵32の移動速度を変化させている。アクチュエータ26、27としては、サーボモータに限定されず、また下杵部21、上杵部22の移動速度を変化させる手法もこれに限定されるものではない。例えば、油圧シリンダー等を用いてもよい。また、この例では、圧縮成形の際には、下杵31、上杵32の両方を互いに近づく方向に移動させるが、一方を固定し他方だけを移動させてもよい。

[0017] 打錠機10には、粉体を臼孔18に供給する漏斗36が設けられている。漏斗36は、その底面がスライドプレート17の上面に近接して配されている。この漏斗36の底面には、スライドプレート17の幅方向（スライド方向と直交する方向）に延びたスリット状の底部開口が設けられている。漏斗36は、下杵31、上杵32による圧縮成形に先立って、成形ゾーン12にセットされている臼部の上方を往復動する。この往復動の間に、漏斗36内にホッパー（図示省略）から粉体が供給されることにより、底部開口を介し

て一定量の粉体を臼孔 18 内に供給する。このように、漏斗 36 は、ホッパーとともに粉体供給部を構成している。成形圧縮時には、漏斗 36 は、下降する上杵部 22、押出部 24 a、24 b と干渉しない位置に移動する。なお、粉体を臼孔 18 内に供給する際には、下杵 31 が臼孔 18 に嵌挿された状態で行われる。また、漏斗 36 の底面がスライドプレート 17 の上面と摺動してもよい。

[0018] 押出部 24 a、24 b は、その下部に複数の押出体 38 が立設されている。押出部 24 a、24 b の押出体 38 は、上杵 32 と同様に、臼部の複数の臼孔 18 にそれぞれ対応してマトリクス状に配列されている。スライドプレート 17 が第 1 スライド位置に移動された状態では、押出部 24 b の押出体 38 が第 2 臼部 17 b の臼孔 18 内に挿入され、また第 2 スライド位置に移動された状態では、押出部 24 a の押出体 38 が第 1 臼部 17 a の臼孔 18 内に挿入される。これにより、押出体 38 で臼孔 18 内から圧縮成形された圧縮物 14 を押し出して回収トレー 15 に取り出す。

[0019] 打錠機 10 によって作製する圧縮物 14 の形状は、特に限定されない。圧縮物 14 の形状としては、例えば、円盤状、レンズ状、キューブ形状、キューブの表面に凹部や凸部を設けた形状等を挙げることができる。

[0020] 上記の打錠機 10 による圧縮物 14 の圧縮成形の手順は次の通りである。スライドプレート 17 が、例えば第 1 スライド位置に移動される。このスライドプレート 17 の移動後に、アクチュエータ 26 が駆動されて、下杵部 21 が上昇し、各下杵 31 が第 1 臼部 17 a の対応する臼孔 18 内にそれぞれ嵌挿されて、臼孔 18 の底部を塞いだ状態で停止する。この後に、漏斗 36 が、第 1 臼部 17 a の一端から他端（この例では右端から左端）に移動してから一端に戻るように往復動する。そして、この間に漏斗 36 に対して粉体が供給されることにより、漏斗 36 の底部開口を介して臼孔 18 内に一定量の粉体が供給される。

[0021] 続いて、アクチュエータ 27 が駆動されることによって、上杵部 22 と押出部 24 a、24 b が下降する。これにより、上杵部 22 の各上杵 32 が第

1 臼部 17 a の各臼孔 18 にそれぞれ嵌挿される。この後に上杵部 22 の下降が継続されるとともに、下杵部 21 が再び上昇を開始する。これにより、各臼孔 18 内において、下杵 31 の上端面と上杵 32 の下端面との間で粉体が圧縮される。この圧縮の際には、下杵 31 の上端面と上杵 32 の下端面とが近づく圧縮速度を変化させる（切り替える）。すなわち、まず第 1 圧縮速度 V_1 で第 1 圧縮を行い、この第 1 圧縮から続けて第 2 圧縮速度 V_2 で第 2 圧縮を行う。打錠機 10 では、第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 が遅くされている。

[0022] 上記の下杵 31 と上杵 32 とによる粉体の圧縮により、圧縮物 14 が形成される。下杵 31 と上杵 32 とによる圧縮を解除することにより、圧縮物 14 の厚み（上下方向の長さ）が圧縮されている状態よりも膨張する。このため、打錠機 10 では、圧縮終了時における下杵 31 の上端面と上杵 32 の下端面との間隔すなわち圧縮を維持した状態での圧縮物 14 の最終の厚みは、圧縮を解除した状態での最終的な成形体である圧縮物 14 の目標とする厚み（以下、目標厚みという）に基づき、圧縮を解除したときの圧縮物 14 の膨張を考慮して決められている。

[0023] 圧縮の完了の後、下杵部 21 が下降され、上杵部 22 が上昇して、各下杵 31 及び各上杵 32 が臼孔 18 から抜かれる。このときに、圧縮物 14 は、臼孔 18 内に残る。

[0024] 次に、スライドプレート 17 が第 1 スライド位置から第 2 スライド位置に移動され、第 2 臼部 17 b が成形ゾーン 12 にセットされる。成形ゾーン 12 では、上記の第 1 臼部 17 a を用いた粉体の圧縮成形と同じ手順で、第 2 臼部 17 b を用いて、各臼孔 18 内で粉体から圧縮物 14 が圧縮成形される。

[0025] 一方、スライドプレート 17 が第 2 スライド位置に移動することにより、第 1 臼部 17 a が臼孔 18 内の圧縮物 14 とともに取出ゾーン 13 a にセットされる。押出部 24 a、24 b は、上杵部 22 と一体に下降するから、上記のように第 2 臼部 17 b を用いて、圧縮物 14 を圧縮成形する際に、第 1

臼部 17 a の各臼孔 18 内に押出体 38 が挿入される。これにより、押出体 38 によって、第 1 臼部 17 a の各臼孔 18 内の圧縮物 14 が臼孔 18 から回収トレイ 15 上に押し出される。回収トレイ 15 は、圧縮物 14 が押し出された後に移動し、新たな回収トレイ 15 が取出ゾーン 13 a にセットされる。

[0026] 上記のようにして、第 2 臼部 17 b を用いた圧縮成形と、第 1 臼部 17 a からの圧縮物 14 の取り出しが完了すると、スライドプレート 17 が第 1 スライド位置に移動する。この移動後、上記と同様な手順により、第 1 臼部 17 a を用いた圧縮成形が行われるとともに、取出ゾーン 13 b にセットされている第 2 臼部 17 b の各臼孔 18 から圧縮物 14 が回収トレイ 15 上に押し出される。

[0027] 以降、同様にスライドプレート 17 を第 1 スライド位置と第 2 スライド位置とに交互に移動し、成形ゾーン 12 での粉体の圧縮成形と、取出ゾーン 13 a または取出ゾーン 13 b での圧縮物 14 の取り出しを行う。

[0028] 上述のように、打錠機 10 では、まず第 1 圧縮速度 V_1 で第 1 圧縮を行ってから、第 2 圧縮速度 V_2 で第 2 圧縮を行う。第 1 圧縮及び第 2 圧縮の圧縮距離は、この例においては、図 2 (A) に示すように、第 2 圧縮の終了時すなわち全圧縮行程の終了時における状態を基準にしている。下杵 31 と上杵 32 とによる圧縮は、下杵 31 の上端面と上杵 32 の下端面との間の杵間隔が最終杵間隔 L となるまで行われる。最終杵間隔 L は、全圧縮行程で圧縮された状態の圧縮物 14 の最終の厚みである。この最終杵間隔 L は、上述のように圧縮を解除したときに圧縮物 14 が膨張することを考慮して決められており、圧縮物 14 の目標厚みよりも小さい。

[0029] 図 2 (B) は、第 2 圧縮の開始時すなわち第 1 圧縮の終了時における状態を、図 2 (C) は、第 1 圧縮の開始時の状態をそれぞれ示している。図 2 (C) 示される杵間隔 ($L + L_1 + L_2$) の状態から、図 2 (B) に示される杵間隔 ($L + L_2$) の状態になるまでの圧縮が第 1 圧縮である。また、図 2 (B) に示される杵間隔 ($L + L_2$) の状態から、図 2 (A) に示される最終杵間

隔 L の状態になるまでの圧縮が第2圧縮である。

[0030] 第1圧縮の第1圧縮距離は、第1圧縮において杵間隔の減少する距離 L_1 となる。第2圧縮の第2圧縮距離は、第2圧縮において杵間隔の減少する距離 L_2 となる。圧縮を解除することなく第1圧縮から続けて第2圧縮を行うので、この第2圧縮距離 L_2 は、圧縮物14を第1圧縮で圧縮された状態から最終の厚み(L)までの圧縮距離である。

[0031] また、第1圧縮における杵間隔の変化速度が第1圧縮速度 V_1 であり、第2圧縮における杵間隔の変化速度が第2圧縮速度 V_2 である。なお、第1圧縮の間、第2圧縮の間に杵間隔の変化速度が変動するような場合では、平均速度を第1圧縮速度 V_1 、第2圧縮速度 V_2 とする。

[0032] 第1圧縮の後に第1圧縮速度 V_1 よりも遅い第2圧縮速度 V_2 で第2圧縮を行うことで、その第1圧縮速度 V_1 と同じ圧縮速度及び同じ圧縮距離($L_1 + L_2$)で圧縮を行った場合よりも、圧縮物14の硬度を高くすることができる。しかも、第2圧縮を第1圧縮に続けて行い、また第2圧縮距離 L_2 を短くすることができるので、第1圧縮速度 V_1 よりも遅い第2圧縮速度 V_2 で第2圧縮を行うことによる圧縮時間の増加は小さい。したがって、圧縮物14の製造速度の低下が軽微である。

[0033] この例では、圧縮物14の硬度を効率的に高めるために、第1圧縮で圧縮された状態から圧縮物14を圧縮した際に、圧縮距離に対する圧縮物14の硬度の変化率が低下した状態にまで圧縮するという第2圧縮条件を満たすように、第2圧縮の態様すなわち第2圧縮速度 V_2 及び第2圧縮距離 L_2 の組み合わせを決めている。

[0034] 発明者らは、第1圧縮速度 V_1 、第1圧縮距離 L_1 、第2圧縮速度 V_2 、第2圧縮距離 L_2 の種々の組み合わせから得られた各圧縮物を調べた結果から、第1圧縮速度 V_1 よりも第2圧縮速度 V_2 を小さくしたときに、第2圧縮距離 L_2 の変化に対する圧縮物の硬度の変化率(増加率)が低下する特異的な点(以下、硬度特異点と称する)が存在することを見出した。また、発明者らは、その硬度特異点に対応する第2圧縮距離 L_2 は、第1圧縮速度 V_1 によって変

化し、第2圧縮速度 V_2 の影響も受けることも見出した。

[0035] 硬度特異点が存在するのは、圧縮物の内部の粉体の粒子の再配列が支配的な圧縮状態から、圧縮物の内部で塑性変形が支配的な圧縮状態に変化するためであると推察される。また、第1圧縮速度 V_1 が大きいほど、圧縮物の内部の塑性変形に必要なエネルギーが大きくなるため、第1圧縮速度 V_1 に応じて硬度特異点に対応する第2圧縮距離 L_2 が変化し、またその第2圧縮距離 L_2 が第2圧縮速度 V_2 の影響を受けるものと推察される。

[0036] 上記の知見に基づき、上記第2圧縮条件を満たすように第2圧縮を行うことで、圧縮時間の増加を抑えながら、効率的に圧縮物14の硬度を大きく向上させている。なお、上記のような圧縮物の圧縮状態の変化は、前述の各種粉体で生じるものであり、各種粉体から圧縮物を圧縮成形する際に、第2圧縮条件を満たすように第2圧縮を行うことは有用である。

[0037] また、第1圧縮速度 V_1 の第2圧縮速度 V_2 に対する比率である圧縮速度比($=V_1/V_2$)を5以上とすることも好ましい。圧縮速度比を5以上とすることにより、圧縮物14の硬度を大きく増大させることができる。

[0038] 上記打錠機10の構成は、一例であり、第1圧縮と第2圧縮とで圧縮速度を変化させて圧縮できるものであれば、その構成は限定されない。また、この例では、第2圧縮において、最終厚みまで圧縮を行っているが、第2圧縮に続けて、第2圧縮速度から速度を変化させた圧縮をさらに行ってもよい。この場合、第2圧縮よりも後の圧縮で最終の厚みまで圧縮物14を圧縮する。

実施例

[0039] 第1圧縮速度 V_1 、第1圧縮距離 L_1 、第2圧縮速度 V_2 、第2圧縮距離 L_2 の種々の組み合わせで圧縮物14を圧縮成形する実験1～110を行い、実験1～110で作製された各圧縮物14の硬度を評価した。第1圧縮速度 V_1 としては、1mm/秒、10mm/秒、100mm/秒、第1圧縮距離 L_1 としては、5mm、10mm、第2圧縮速度 V_2 としては、0.25mm/秒、1mm/秒、2mm/秒、10mm/秒、50mm/秒、第2圧縮距離 L_2 と

しては、0.2 mm、0.4 mm、0.8 mm、1.6 mmとした。実験 1 ~ 110 には、第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 が遅い例の他に、第 1 圧縮速度 V_1 と第 2 圧縮速度 V_2 とが同じ例、第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 が速い例が含まれる。また、第 1 圧縮速度 V_1 、第 1 圧縮距離 L_1 、第 2 圧縮速度 V_2 、第 2 圧縮距離 L_2 が異なる他は、各圧縮物 14 の作製条件は同じとした。

[0040] 表 1-1 ~ 表 1-3 に実験 1 ~ 110 についての第 1 圧縮速度 V_1 、第 1 圧縮距離 L_1 、第 2 圧縮速度 V_2 、第 2 圧縮距離 L_2 の組み合わせを示す。

[0041]

[表1-1]

実験 No.	第 1 圧縮		第 2 圧縮		硬度評価
	第 1 圧縮距離 L_1 [mm]	第 1 圧縮速度 V_1 [mm/s]	第 2 圧縮距離 L_2 [mm]	第 2 圧縮速度 V_2 [mm/s]	
1	5	1	0.2	0.25	A
2	10	1	0.2	0.25	A
3	5	100	0.2	0.25	C
4	10	100	0.2	0.25	C
5	5	1	0.4	0.25	A
6	10	1	0.4	0.25	A
7	5	10	0.4	0.25	A
8	10	10	0.4	0.25	A
9	5	100	0.4	0.25	A
10	10	100	0.4	0.25	A
11	5	1	0.8	0.25	A
12	10	1	0.8	0.25	A
13	5	10	0.8	0.25	A
14	10	10	0.8	0.25	A
15	5	100	0.8	0.25	A
16	10	100	0.8	0.25	A
17	5	1	1.6	0.25	A
18	10	1	1.6	0.25	A
19	5	10	1.6	0.25	A
20	10	10	1.6	0.25	A
21	5	100	1.6	0.25	A
22	10	100	1.6	0.25	A
23	5	1	0.2	1	A
24	10	1	0.2	1	A
25	5	100	0.2	1	C
26	10	100	0.2	1	C
27	5	1	0.4	1	A
28	10	1	0.4	1	A
29	5	10	0.4	1	A
30	10	10	0.4	1	A
31	5	100	0.4	1	A
32	10	100	0.4	1	A
33	5	1	0.8	1	A
34	10	1	0.8	1	A
35	5	10	0.8	1	A
36	10	10	0.8	1	A
37	5	100	0.8	1	A
38	10	100	0.8	1	A
39	5	1	1.6	1	A
40	10	1	1.6	1	A

[0042]

[表1-2]

実験 No.	第 1 圧縮		第 2 圧縮		硬度評価
	第 1 圧縮距離 L ₁ [mm]	第 1 圧縮速度 V ₁ [mm/s]	第 2 圧縮距離 L ₂ [mm]	第 2 圧縮速度 V ₂ [mm/s]	
41	5	10	1.6	1	A
42	10	10	1.6	1	A
43	5	100	1.6	1	A
44	10	100	1.6	1	A
45	5	1	0.2	2	A
46	10	1	0.2	2	A
47	5	100	0.2	2	C
48	10	100	0.2	2	C
49	5	1	0.4	2	A
50	10	1	0.4	2	A
51	5	10	0.4	2	B
52	10	10	0.4	2	B
53	5	100	0.4	2	B
54	10	100	0.4	2	B
55	5	1	0.8	2	A
56	10	1	0.8	2	A
57	5	10	0.8	2	A
58	10	10	0.8	2	A
59	5	100	0.8	2	A
60	10	100	0.8	2	A
61	5	1	1.6	2	A
62	10	1	1.6	2	A
63	5	10	1.6	2	A
64	10	10	1.6	2	A
65	5	100	1.6	2	A
66	10	100	1.6	2	A
67	5	1	0.2	10	C
68	10	1	0.2	10	C
69	5	10	0.2	10	C
70	10	10	0.2	10	C
71	5	1	0.4	10	C
72	10	1	0.4	10	C
73	5	10	0.4	10	C
74	10	10	0.4	10	C
75	5	1	0.8	10	C
76	10	1	0.8	10	C
77	5	10	0.8	10	C
78	10	10	0.8	10	C
79	5	100	0.8	10	C
80	10	100	0.8	10	C

[0043]

[表1-3]

実験 No.	第 1 圧縮		第 2 圧縮		硬度評価
	第 1 圧縮距離 L_1 [mm]	第 1 圧縮速度 V_1 [mm/s]	第 2 圧縮距離 L_2 [mm]	第 2 圧縮速度 V_2 [mm/s]	
81	5	1	1.6	10	C
82	10	1	1.6	10	C
83	5	10	1.6	10	C
84	10	10	1.6	10	C
85	5	100	1.6	10	C
86	10	100	1.6	10	C
87	5	1	0.2	50	D
88	10	1	0.2	50	D
89	5	10	0.2	50	D
90	10	10	0.2	50	D
91	5	100	0.2	50	D
92	10	100	0.2	50	D
93	5	1	0.4	50	D
94	10	1	0.4	50	D
95	5	10	0.4	50	D
96	10	10	0.4	50	D
97	5	100	0.4	50	D
98	10	100	0.4	50	D
99	5	1	0.8	50	D
100	10	1	0.8	50	D
101	5	10	0.8	50	D
102	10	10	0.8	50	D
103	5	100	0.8	50	D
104	10	100	0.8	50	D
105	5	1	1.6	50	D
106	10	1	1.6	50	D
107	5	10	1.6	50	D
108	10	10	1.6	50	D
109	5	100	1.6	50	D
110	10	100	1.6	50	D

[0044] 圧縮物 14 の材料となる粉体としては粉乳を用いた。粉乳の組成は、タンパク 11.1 g / 100 g、炭水化物 57.7 g / 100 g、脂質 26.1 g / 100 g であった。また、圧縮成形に用いた粉乳は、粉乳とその造粒物が混合したものであり、粉乳の大きさ（粒径）は、 $5\ \mu\text{m}$ ~ $150\ \mu\text{m}$ 程度であり、粉乳の造粒物の大きさは、 $100\ \mu\text{m}$ ~ $500\ \mu\text{m}$ 程度であった。

[0045] 上記打錠機 10 と同様に、臼孔内において下杵と上杵との間で粉乳を圧縮

成形して圧縮物 1 4 を作製した。実験 1 ～ 1 1 0 では、2. 0 g の粉乳を圧縮成形して圧縮物 1 4 とした。圧縮物 1 4 の形状は、直径 2 0 m m m、厚み（目標厚み）9. 5 m m の円盤状とした。この目標厚み（9. 5 m m）に対して、最終杵間隔 L （最終厚み）を 8. 4 m m に設定して圧縮成形を行った。

[0046] また、参考実験 R 1 ～ R 6 として、圧縮中に圧縮速度を変化させないで圧縮成形した圧縮物（以下、参考圧縮物という）を作製した。参考実験 R 1 ～ R 6 についての圧縮速度 V_0 、圧縮距離 L_0 を表 2 に示す。なお、参考圧縮物のその他の作製条件は、圧縮物 1 4 のものと同じである。

[0047] [表2]

実験 No.	圧縮距離	圧縮速度	硬度評価
	L_0 [mm]	V_0 [mm/s]	
R1	5	1	A
R2	10	1	A
R3	5	10	C
R4	10	10	C
R5	5	100	D
R6	10	100	D

[0048] なお、参考実験 R 2、R 4、R 6 では、圧縮距離 L_0 が 1 0 m m であるが、粉体（粉乳）を実質的に圧縮している圧縮距離（杵間隔）はそれよりも短い。また、実験 1 ～ 1 1 0 において、第 1 圧縮距離 L_1 が 1 0 m m であるものについても、やはり粉体（粉乳）を実質的に圧縮している圧縮距離（杵間隔）はそれよりも短い。このため、実験 1 ～ 1 1 0 における実質的なトータルの圧縮距離と、参考実験 R 2、R 4、R 6 における実質的な圧縮距離とは等しいと評価されるものであった。

[0049] 実験 1 ～ 1 1 0 で作製された圧縮物 1 4 の硬度を測定し、これらの圧縮物 1 4 の硬度を、圧縮速度 V_0 と第 1 圧縮速度 V_1 が等しく、かつ上記のように実質的な圧縮距離が等しい圧縮成形で作製された参考圧縮物について測定された硬度と比較した。すなわち、第 1 圧縮速度 V_1 が 1 m m／秒の実験 1、2、5、6 等の圧縮物 1 4 の硬度は、圧縮速度 V_0 が 1 m m／秒の参考実験 R 2 の参考圧縮物の硬度と比較した。同様に、第 1 圧縮速度 V_1 が 1 0 m m／秒の

実験 7、8、13、14 等の圧縮物 14 の硬度は、圧縮速度 V_0 が 10 mm/秒の参考実験 R 4 の参考圧縮物の硬度と比較し、第 1 圧縮速度 V_1 が 100 mm/秒の実験 3、4、9、10 等の圧縮物 14 の硬度は、圧縮速度 V_0 が 100 mm/秒の参考実験 R 6 の参考圧縮物の硬度と比較した。

[0050] 上記の比較において、実験 1～110 のうちで第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 を遅くして圧縮成形した各実験で作製された圧縮物 14 の硬度は、比較した参考圧縮物の硬度よりも高くなっていた。これにより、粉体を第 1 圧縮速度で圧縮した後に、この第 1 圧縮速度よりも遅い第 2 圧縮速度で、第 1 圧縮工程で圧縮された圧縮物 14 を、さらに圧縮物 14 の最終の厚みまで圧縮することにより、圧縮物 14 の硬度が向上することがわかり、圧縮成形に要する時間の増加を抑えながら圧縮物 14 の硬度を向上できることがわかる。

[0051] 上記の硬度の比較とは別に、壊れやすさ等の基準から、実験 1～110 で作製された圧縮物 14 の硬度を評価した。この評価結果を表 1-1～表 1-3 の硬度評価の欄に示す。また、参考実験 R 1～R 6 で作製された圧縮物の硬度を同様に評価した評価結果を表 2 の硬度評価の欄に示す。評価欄の評価結果 (A～D) の意味は、次の通りである。

A：硬い。手で握る、5 cm 程度の高さから落とすなどの衝撃を与えても割れ欠けしない。

B：ある程度硬い。手で握る、コンベアで輸送するなどしても割れ欠けしない許容硬度。

C：ある程度柔い。手で握ると、割れ欠けすることがある。

D：柔い。手で握ると、容易に割れ欠けする。

[0052] 上記のように 4 段階に硬度評価を行った場合に、圧縮速度 V_0 が 10 mm/秒の参考実験 R 4 で作製された参考圧縮物の硬度評価は「C」であるが、これに対応する第 1 圧縮速度 V_1 が 10 mm/秒であり、かつ第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 が遅かった圧縮物 14 の硬度評価は、「A」または「B」となり、いずれも参考圧縮物よりも硬度評価が高くなった。また、圧縮

速度 V_0 が 100 mm/秒 の参考実験 R 6 で作製された圧縮物の硬度評価は「D」であるが、これに対応する第 1 圧縮速度 V_1 が 100 mm/秒 であり、かつ第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 が遅かった多くの圧縮物 14 の硬度評価が「A」ないし「C」となり、硬度評価が参考圧縮物よりも高くなった。なお、硬度評価の変化にかかわらず、第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 を遅くして圧縮成形した全ての圧縮物 14 について、比較した参考圧縮物よりも硬度が向上したことは、上述の通りである。

[0053] さらに、実験 1 ～ 110 で作製された圧縮物 14 についての圧縮速度比 ($= V_1 / V_2$) と硬度比との関係を調べた。この圧縮速度比と硬度比との関係を図 3 に示す。硬度比は、実験 1 ～ 110 で作製された圧縮物 14 の硬度 (H) の、圧縮速度 V_0 と第 1 圧縮速度 V_1 が等しく、かつ実質的な圧縮距離が等しい参考圧縮物の硬度 (H_0) に対する比率 ($= H / H_0$) とした。

[0054] 図 3 のグラフより、圧縮速度比が「5」以上になると、大きな硬度比、すなわち大きな硬度の増加が得られることがわかる。したがって、第 1 圧縮速度 V_1 よりも第 2 圧縮速度 V_2 を遅くして、圧縮速度比が「5」以上とすることは、圧縮物 14 の大きな硬度の増加をもたらすうえで有用であることがわかる。

符号の説明

- [0055] 10 打錠機
 14 粉体圧縮物
 18 臼孔
 31 下杵
 32 上杵

請求の範囲

- [請求項1] 粉体を圧縮成形した固形状の粉体圧縮物の製造方法において、
前記粉体を第1圧縮速度で圧縮する第1圧縮工程と、
前記第1圧縮速度よりも遅い第2圧縮速度で、前記第1圧縮工程で圧縮された前記粉体の粉体圧縮物を、前記第1圧縮工程で圧縮された状態から、粉体圧縮物の目標の厚みに対応して決められた圧縮状態における粉体圧縮物の最終の厚みまで圧縮する第2圧縮工程と
を有することを特徴とする粉体圧縮物の製造方法。
- [請求項2] 前記第1圧縮速度を V_1 、前記第2圧縮速度を V_2 としたときに、
圧縮速度比 V_1/V_2 が5以上であることを特徴とする請求項1に記載の粉体圧縮物の製造方法。
- [請求項3] 前記第2圧縮工程は、前記第1圧縮工程で圧縮された状態から粉体圧縮物を圧縮した際に圧縮距離に対する粉体圧縮物の硬度の変化率が低下した状態にまで圧縮するように、前記第1圧縮工程で圧縮された状態から前記最終の厚みまでの圧縮距離と前記第2圧縮速度との組み合わせが設定されていること
を特徴とする請求項1または2に記載の粉体圧縮物の製造方法。