(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104364028 B
(45)授权公告日 2017.12.15

(21)申请号 201380027649.6

(22)申请日 2013.04.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104364028 A

(43)申请公布日 2015.02.18

(30)优先权数据
P201230585 2012.04.19 ES

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.11.26

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/ES2013/070249 2013.04.18

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/156656 ES 2013.10.24

(73)专利权人 埃克斯帕尔系统公司
地址 西班牙马德里

(72)发明人 弗朗西斯科·哈维尔·拉米雷斯费尔南德斯
罗萨里奥·多明戈纳瓦斯

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 康建峰 陈炜

(51)Int.Cl.
B21D 22/22(2006.01)
B21D 22/28(2006.01)
B21D 51/54(2006.01)
G06F 17/50(2006.01)

审查员 王晓群

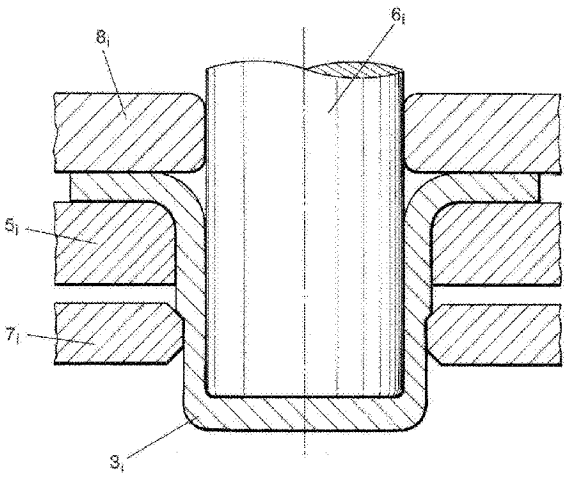
权利要求书6页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

金属板成形的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种用于对优选为圆盘形的金属板进行成形以获得基本圆柱形的并且基本中空的最终金属部件的方法和系统，该最终金属部件的底部的厚度实质大于最终金属部件的壁的厚度。更具体地，本发明涉及金属加工领域，并且本发明更具体地涉及弹壳或壳体的生产。



CN 104364028 B

1.一种金属板(1)成形处理方法,用于在系统中获得基本为圆柱形且基本中空的最终金属部件(2),所述系统至少包括以下元件:

●多个深拉伸模(5_1至5_n),所述多个深拉伸模(5_1至5_n)用于对金属板(1)同时执行深拉伸操作和减径挤压操作,

●多个冲头(6_1至6_n),

●多个压边元件(8_1至8_n),所述多个压边元件(8_1至8_n)用于保持或紧固正被深拉伸的部件,

●定心引导元件,所述定心引导元件用于确定部件的中心并引导部件穿过所述深拉伸模,

●多个减径挤压模(7_1至7_n),所述多个减径挤压模(7_1至7_n)用于在每个阶段同时执行深拉伸操作和减径挤压操作,以及

●至少一个处理装置(4),所述处理装置(4)适于为所述多个深拉伸模、所述多个冲头、所述多个压边元件、所述定心引导元件以及所述多个减径挤压模提供执行所述处理方法的全面能力,其中,所述全面能力包括深拉伸力和减径挤压力、运行速度,

所述处理方法的特征在于:所述处理方法包括i个阶段(i=1,...,n),其中执行了以下步骤:

a)如果i=1,则提供所述金属板(1),

b)如果i≠1,则提供中间金属部件(3_{i-1}),

c)将工作参数提供给所涉及的元件的所述处理装置(4),其中,所述工作参数是所述冲头(6_i)的操作速度和所述减径挤压模(7_i)的速度,

d)使用所述工作参数执行同时发生的深拉伸和减径挤压操作,使所述深拉伸模(5_i)、所述冲头(6_i)、所述减径挤压模(7_i)和所述压边元件(8_i)同时工作,由此获得基本为圆柱形且基本中空的中间金属部件(3_i),

e)如果i≠n,则从步骤b)重复,提供在d)中获得的基本为圆柱形且基本中空的中间金属部件(3_i)作为所述中间金属部件,

使得当i=n时,由此获得所述基本为圆柱形且基本中空的最终金属部件(2)。

2.根据权利要求1所述的金属板(1)成形处理方法,其中,借助于包括下述阶段的优化处理来预先确定成形参数、所述工作参数以及阶段的数量n:

●提供关于要获得的仿真金属部件(10)的设计参数,所述设计参数包括:要使用的材料的类型和要获得的所述仿真金属部件(10)的尺寸,所述尺寸包括最终金属部件(2)的长度、所述最终金属部件(2)的壁的厚度以及所述最终金属部件(2)的内径,

●计算获得所述仿真金属部件(10)所必需的、圆盘形的仿真金属板(9)的尺寸,所述仿真金属板(9)的特性与前述步骤a)中提供的所述金属板(1)的特性一致,

●计算在第一仿真中使用的至少以下元件的初始尺寸,

-仿真冲头,

-仿真压边器,

-仿真深拉伸模,以及

-仿真减径挤压模,

●在每个步骤w(w=1,...,q)中执行:

a)如果w＝1,则使用所述设计参数借助于深拉伸仿真算法执行所述仿真金属板(9)的深拉伸的仿真,由此获得仿真的中间金属部件(11_1),

b)如果w≠1,则使用所述设计参数借助于深拉伸仿真算法执行中间金属部件(11_{w-1})的深拉伸的仿真,由此获得另一仿真的中间金属部件(11_w),

c)计算并存储关于仿真的数据,所述关于仿真的数据为:关于所得到的仿真的中间金属部件(11_w)的数据,其包括所述仿真的中间金属部件(11_w)的内径、长度、以及壁的厚度;以及参与元件的参数,所述参与元件的参数包括步骤w中所述仿真冲头的进场速度、操作速度和恢复速度以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器和仿真深拉伸模,

d)如果关于所得到的仿真的中间金属部件(11_w)的数据与关于要获得的所述仿真金属部件(10)的数据不一致,则继续b),直到达到步骤w＝q,对于步骤w＝q,获得作为结果的仿真的中间金属部件(11_w),

使得如果所述仿真的中间金属部件(11_w)的内径与要获得的所述仿真金属部件(10)的内径一致或小于要获得的所述仿真金属部件(10)的内径,则采用该中间阶段作为多阶段深拉伸处理的最后阶段,并且提供以下内容作为最后迭代q的结果:在每个仿真步骤w(w＝1,…,q)中关于所述仿真的中间金属部件(11_1至11_q)的所有所存储的数据,以及所述参与元件的参数,所述参与元件的参数包括在每个步骤w中所述仿真冲头和所述仿真深拉伸模的速度和所述仿真减径挤压模的速度、所述数量q以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模,

●在每个步骤j(j＝1,…,m)中进行:

e)如果j＝1,则使用所述设计参数借助于减径挤压仿真算法执行先前仿真的经深拉伸的仿真金属板(9)的减径挤压处理的仿真,由此获得经深拉伸的仿真的中间金属部件(11_1),

f)如果j≠1,则使用所述设计参数借助于减径挤压仿真算法执行所述中间金属部件(11_{j-1})的减径挤压处理的仿真,由此获得另一仿真的中间金属部件(11_j),

g)计算并存储关于仿真的数据,所述关于仿真的数据为:关于所得到的仿真的中间金属部件(11_j)的数据,其包括所述仿真的中间金属部件(11_j)的内径、长度、以及壁的厚度;以及所述参与元件的参数,所述参与元件的参数包括步骤j中所述仿真冲头的进场速度、操作速度和恢复速度以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器和仿真减径挤压模,

h)如果关于所得到的仿真的中间金属部件(11_j)的数据与关于要获得的仿真的金属部件(10)的数据不一致,则继续f),直到达到获得所得到的仿真的中间金属部件(11_j)的步骤j＝m,

使得如果仿真的中间金属部件的壁的厚度等于或小于要获得的最终金属部件(2)的壁的厚度,则采用该中间阶段作为最后阶段,并且提供以下内容作为最后迭代m的结果:与最后阶段的壁的厚度对应的最终金属部件(2)的壁的厚度,每个仿真步骤j(j＝1,…,m)中关于所述仿真的中间金属部件(11_1至11_m)的所有所存储的数据,以及所述参与元件的参数,所述参与元件的参数包括在每个步骤j中的所述仿真冲头和所述仿真深拉伸模的速度、所述仿真减径挤压模的速度和所述数量m以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模,

●借助于优化算法来组合深拉伸和减径挤压阶段的数量,从而获得取决于q和m的组合

数量n。

3.根据权利要求2所述的金属板(1)成形处理方法,其特征在于:借助于包括下述阶段的优化组合处理对参数进行优化:

●提供在每个仿真步骤中通过没有同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的仿真提供的关于所述仿真的中间金属部件(11_w,11_j)的数据以及所述参与元件的参数,所述参与元件的参数包括在每个步骤中的所述仿真冲头的进场速度、所述仿真冲头的操作速度、所述仿真冲头的恢复速度和所述数量q、m以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模,

●如果q<m(深拉伸步骤数量<减径挤压步骤数量),则n=m成立,并且所述优化组合处理遵循以下步骤:

i)将步骤w=1中的外径用作第一步骤i=1中的外径,

j)将减径挤压阶段j=1至j=n-1的非组合方案中计算的所述仿真的中间金属部件的壁的厚度用作阶段i=1至i=n-1中的壁的厚度,

k)将要获得的所述最终金属部件的内径用作阶段i=n的最终金属部件的内径,

l)将要获得的所述最终金属部件的壁的厚度用作阶段i=n的所述最终金属部件的壁的厚度,

m)将要获得的所述最终金属部件的底部的厚度用作n个组合的阶段的所述仿真的中间金属部件的底部的厚度,并且所述仿真的中间金属部件的所述底部的厚度在整个所述优化组合处理中保持不变,

n)使用在减径挤压阶段j=1至j=n中获得的减径挤压比 $K_i=\frac{\text{阶段 } i-1\text{厚度}}{\text{阶段 } i\text{厚度}}$,其中,所述公式中的厚度是仿真的中间金属部件的壁的厚度,

o)将在所述深拉伸操作的第一仿真阶段w=1中获得的拉伸比用作第一阶段的拉伸比DR_1,其中 $DR_i=\frac{\text{阶段 } i-1\text{得出的部件直径}}{\text{阶段 } i\text{的部件直径}}$,公式中的部件直径是仿真的中间金属部件的内径,

p)借助于计算下述参数来获得所述组合处理的中间阶段的拉伸比DR_i和仿真的中间金属部件的内径:完成对处理的分解的所述中间阶段的仿真的中间金属部件的外径d_i、壁的厚度s_i和长度l_i,通过使用所述参数——仿真的中间金属部件的外径、壁的厚度和长度来迭代地获得d_i、s_i并获得l_i,如下:

$$\bullet\, l_{i-1}=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{i-1}^2}{4}e_u-s_{i-1}^2e_u+d_{i-1}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{i-1}-s_{i-1})}$$

$$\bullet\, l_i=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_i^2}{4}e_u-s_i^2e_u+d_is_ie_u}{s_i(d_i-s_i)}$$

$$\bullet\, l_{e,i}=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{e,i}^2}{4}e_u-s_{i-1}^2e_u+d_{e,i}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{e,i}-s_{i-1})}$$

●如果q>m(深拉伸步骤数量>减径挤压步骤数量)，则n＝q成立，并且所述优化组合处理定义如下：

q)将对深拉伸阶段w＝1至w＝n-1的仿真中获得的外径用作不同阶段的组合方案的初始外径，

r)将要获得的所述最终金属部件的内径用作阶段i＝n的最终金属部件的内径，

s)将要获得的所述最终金属部件的壁的厚度用作为阶段i＝n的所述最终金属部件的壁的厚度，

t)将要获得的所述最终金属部件的底部的厚度用作n个组合阶段的所述仿真的中间金属部件的底部的厚度，并且所述仿真的中间金属部件的所述底部的厚度在整个所述优化组合处理中保持不变，

u)将深拉伸阶段w＝1至w＝n中获得的拉伸比用作拉伸比DR_i，

v)借助于计算下述参数来获得所述组合处理的中间阶段的所述减径挤压比K_i和仿真的中间金属部件的内径：完成对所述处理的分解的中间阶段的仿真的中间金属部件的外径d_i、壁的厚度s_i和长度l_i，使用所述参数——仿真的中间金属部件的外径、壁的厚度和长度来迭代地获得d_i、s_i并获得l_i，如下：

$$●\ l_{i-1}=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{i-1}^2 e_u}{4}-s_{i-1}^2 e_u+d_{i-1}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{i-1}-s_{i-1})}$$

$$●\ l_i=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_i^2 e_u}{4}-s_i^2 e_u+d_i s_i e_u}{s_i(d_i-s_i)}$$

$$●\ l_{e,i}=\frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{e,i}^2 e_u}{4}-s_{i-1}^2 e_u+d_{e,i}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{e,i}-s_{i-1})}$$

●对将优化组合处理中所做的总功最小化的目标函数进行求解，所述函数为：

$$f_w=\sum_{i=1}^{n}[\text{压边功}+\text{深拉伸功}+\text{减径挤压功}]$$

$$=\sum_{i=1}^{n}[0.015S_y\pi(d_{i-1}-2s_{i-1})h\cos(\alpha)l_{i-1}+\left[\pi(d_i-2s_i)s_{i-1}S_u\frac{d_{i-1}}{d_{e,i}}-0.7\right]l_{e,i}+\frac{\pi}{4}(d_{e,i}^2-d_i^2)n_e S_u l_i]$$

其中，

S_y＝用于仿真的材料的屈服强度极限，

h＝所述仿真压边器的高度，

S_u＝用于仿真的材料的抗拉强度极限，

α＝进入所述仿真深拉伸模的角度，

n_e＝减径挤压系数＝s_n/s_1，

d_{i-1}＝仿真步骤i-1中得到的部件的外径，

s_{i-1}＝仿真步骤i-1中得到的部件的壁的厚度，

l_{i-1}＝仿真步骤i-1中所述部件的长度，

$d_{e,i}$＝仿真步骤i中的中间外径，$d_{e,i}=d_i+2(s_{i-1}-s_i)$，

其中，被最小化的参数有：

d_i＝仿真步骤i中得到的部件的外径，

s_i＝仿真步骤i中得到的部件的壁的厚度，

l_i＝仿真步骤i中所述部件的长度，

$l_{e,i}$＝仿真步骤i中的中间长度，

K＝表示所得到的部件的总体积的恒量，

e_n＝仿真步骤n中所得到的部件的底部的厚度，

使得由此获得将所述函数最小化的参数。

4.根据权利要求3所述的金属板(1)成形处理方法，其中，在所述优化组合处理中假定下列约束：

●$V_i=V_{i-1}=K$

●使**Vi=该部件的总体积=**$\frac{\pi}{4}d_i^2l_i+\frac{\pi}{4}(d_i-2s_i)^2(l_i-e_n)$

• $d_{i-1}-s_{i-1}\leq 1.7d_i-3.4s_i$.

●$n_e(d_is_{i-1}-d_is_i+s_{i-1}^2-2s_{i-1}s_i+s_i^2)<d_is_i-s_i^2$

其中，n_e是减径挤压系数，

K＝表示所得到的部件的总体积的恒量，

s_n＝仿真步骤n中得到的部件的壁的厚度，

使得由此获得在其整体上最小化目标函数并定义所述优化组合处理的参数d_i、s_i以及l_i。

5.根据权利要求2至4中任一项所述的成形处理方法，其特征在于：表征在每个阶段i中要获得的基本为圆柱形的仿真的中间金属部件(11i)的成形参数有：

●所述仿真的中间金属部件的外径d_i，

●所述仿真的中间金属部件的长度l_i，

●所述仿真的中间金属部件的底部的厚度e_i，

●所述仿真的中间金属部件的壁的厚度s_i，

●要使用的金属类型，

●用于仿真的材料的屈服强度极限S_y，

●所述仿真压边器的高度h，

●用于仿真的材料的抗拉强度极限S_u，

●进入所述仿真深拉伸模的角度α。

6.根据权利要求3或4所述的成形处理方法，其特征在于：使用允许在所述优化组合处理的所有步骤中保持所述底部的厚度恒定的拉伸比。

7.根据权利要求1至4中任一项所述的成形处理方法，其特征在于：实现所述成形处理方法，以制造弹药弹壳。

8.一种用于获得基本为圆柱形的最终金属部件(2)的金属板(1)成形系统，包括：

●多个深拉伸模(5_1至5_n)，所述多个深拉伸模(5_1至5_n)用于对金属板(1)同时执行深拉

伸操作和减径挤压操作，

●多个冲头(6_1至6_n)，

●多个压边器(8_1至8_n)，所述多个压边器(8_1至8_n)用于保持或紧固正被深拉伸的部件，

●定心引导元件，用于确定部件的中心并引导部件穿过所述深拉伸模，

●多个减径挤压模(7_1至7_n)，所述多个减径挤压模(7_1至7_n)用于在每个阶段同时执行深拉伸操作和减径挤压操作，以及

●至少一个处理装置(4)，所述处理装置(4)适于为所述多个深拉伸模、所述多个冲头、所述多个压边器、所述定心引导元件以及所述多个减径挤压模提供执行所述处理的全面能力，其中，所述全面能力包括深拉伸力和减径挤压力、运行速度，

所述金属板(1)成形系统的特征在于：所述金属板(1)成形系统执行根据权利要求1所述的成形处理方法。

9.根据权利要求8所述的成形系统，其特征在于：所述成形系统包括适于实现根据权利要求2所述的优化处理的阶段的处理装置。

10.根据权利要求8所述的成形系统，其特征在于：所述成形系统包括适于实现根据权利要求3所述的优化组合处理的阶段的处理装置。

金属板成形的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于从优选为圆盘形的金属板获得基本圆柱形并且基本中空的最终金属部件的成形方法和系统，该最终金属部件的底部的厚度实质大于最终金属部件的壁的厚度。本发明具体地包括在金属加工领域中，并且更具体地包括在弹药弹壳的制造中。

背景技术

[0002] 深拉伸是允许从具有特定厚度的、平面的并且实质上较薄的金属板来获得预定形状的并且基本是圆柱形的且中空的对象的技术。在该过程中，通过冲头的机械动作在深拉伸模中对板进行深拉伸。

[0003] 多阶段深拉伸的特征在于，其是包括若干相继的深拉伸操作和再拉伸操作的处理。深拉伸是在冲头的辅助下抵靠深拉伸模使平面金属板机械地变形的动作。再拉伸包括重复的深拉伸阶段，在该重复的深拉伸阶段中反复地使部件逐渐地变形，直到部件变成所需最终形状。

[0004] 有时在深拉伸阶段之后施加减径挤压处理(ironing process)。减径挤压的特征在于，其是允许先前被深拉伸的部件的壁的厚度减小并且包括使先前被深拉伸的部件穿过减径挤压模的处理。

[0005] 在金属加工领域中，通过下述步骤来制造弹药弹壳：首先进行深拉伸操作以获得部件的内部形状，随后借助于连续的减径挤压操作来减小壁的厚度并且增加部件的长度。在不考虑材料的塑性演变并且不考虑阶段的组合或处理的优化的情况下，借助于基于经验性试验的设计规则从根本上定义深拉伸、再拉伸以及减径挤压阶段。

[0006] 本发明提供了一种允许制造具有不同设计参数的最终部件的不同处理以及一种实质地改善到目前为止获得的结果的优化处理。

[0007] 本发明是基于标题如下的文章中所作的贡献：“The development of competencies in manufacturing engineering by means of a deep-drawing tool”、“Prediction of the limiting drawing ratio and the maximum drawing load in cup-drawing”、“On multistage deep drawing of axisymmetric components”以及“Energía de estirado en deformación homogénea”。基于参数化的几何形状并基于满足质量标准，定义基于能够改善一些结果的辅助设计的新方法已经成为专利的目的，例如，名称为“Method of design a tool for deep drawing and tool for deep drawing of sheet metal”的美国专利7623939B2。

发明内容

[0008] 本发明提供一种与现有技术的处理不同的处理，其允许制造具有不同设计参数的最终部件，通过使该处理的相关性基于制造力、功和时间来引起更低处理成本和更低功耗。本发明描述一种用于获得基本圆柱形并且基本中空的最终金属部件的金属板成形处理方法以及金属板成形系统。

[0009] 在本发明的上下文中，术语“成形”指的是金属材料的成形，即，为金属板或金属圆盘赋予形状以获得具有所需形状和体积的部件的技术。“模制”或“成形”在下文中不加区分地称呼。

[0010] 第一发明方面涉及用于在系统中获得基本圆柱形并且基本中空的最终金属部件的金属板成形处理，该系统至少包括以下元件：

[0011] ●多个深拉伸模，用于以组合方式对金属板同时执行深拉伸、再拉伸操作和减径挤压操作，

[0012] ●多个减径挤压模，用于在每个阶段同时执行迭代的深拉伸操作和减径挤压操作，

[0013] ●多个压边元件，用于保持或紧固正被深拉伸的部件，该压边元件允许消除正成形的部件中出现折痕和褶皱，

[0014] ●定心引导元件，用于确定部件的中心并引导部件穿过模，

[0015] ●多个冲头，以及

[0016] ●至少一些处理装置，其适于为前面的所有元件提供执行该处理的全面能力(深拉伸力和减径挤压力、运行速度等)。

[0017] 在包括所描述的元件的系统中执行该处理，所描述的元件包括在用于处理的机器中，每一个元件在本发明的同时发生的深拉伸和减径挤压处理中执行功能。如在现有技术中那样，一个深拉伸模被用于每个深拉伸步骤，使得深拉伸模包含将赋予在每个步骤中要获得的金属部件的形状。本发明用符号i表示每个步骤以及完成n个步骤。

[0018] 冲头适应于组合处理中要获得的中间阶段中的中间部件的内径的内部尺寸。在每个阶段i中每个冲头对板或圆盘(第一阶段)或金属部件(后续阶段)进行机械地操作，对于每个阶段，首先使部件穿过深拉伸模，然后使部件穿过减径挤压模等。

[0019] 用于保持或紧固每个阶段i的正被深拉伸的部件的压边元件(用于紧固部件的紧固装置)用于防止在组合的、同时发生的深拉伸/减径挤压操作中出现折痕和褶皱。

[0020] 为了确保机器在每个阶段i中以受控方式行动，处理装置用于在接近、操作和恢复期间用参数(例如机器的工作压力和冲头的行进速度等)对机器操作进行编程。

[0021] 该处理的特征在于：该处理包括i个阶段(i＝1，...，n)，其中执行下列步骤：

[0022] a)如果i＝1，则提供优选为圆盘形的金属板，

[0023] b)如果i≠1，则提供来自上一阶段的中间金属部件，

[0024] c)将工作参数提供给所涉及的元件的处理装置，工作参数例如是冲头的工作压力以及进场速度、操作速度和恢复速度，

[0025] d)使用工作参数执行同时发生的深拉伸操作和减径挤压操作，使深拉伸模、冲头、减径挤压模和压边元件同时工作，由此获得基本圆柱形且基本中空的中间金属部件，

[0026] e)如果i≠n，则从步骤b)重复，提供在d)中获得的基本圆柱形且基本中空的金属部件作为金属部件，

[0027] 使得当i＝n时，由此获得基本圆柱形且基本中空的最终金属部件。

[0028] 如果在大规模生产线上执行该处理，则先前描述的元件中的每一个元件都位于大规模生产线中，在大规模生产线的每个步骤中存在有深拉伸模、冲头、紧固装置、减径挤压模，并且在大规模生产线的每个步骤中通过完成动作a)至动作e)来相继地执行操作。

[0029] 对于第一步骤，提供要被成形的金属板，其在一个实施例中是圆盘形的。借助大规模生产线的第一步骤中的处理装置对机器操作参数进行编程。

[0030] 同时执行深拉伸操作和减径挤压操作，这不同于现有技术的处理，在现有技术的处理中，顺序地、相继地执行深拉伸动作和减径挤压动作。

[0031] 本发明提出同时组合深拉伸处理和减径挤压处理，使得同时执行两个处理，也就是说，深拉伸和减径挤压不再是如现有技术中的相继阶段，而是在单一动作中执行，使得在每个步骤中，深拉伸模、冲头、压边器以及减径挤压模一起操作，使所有这些元件同时工作。

[0032] 因为在每个阶段中实现更相似的力以获得最终部件，因此本发明允许在处理期间以所做的更少的总功和更低功耗来获得部件，而且在中间阶段，深拉伸系数更均匀、壁的厚度和部件的长度的减小系数更均匀、产生更小的变形，这些全部具有更低的制造成本和更少的总处理时间，因此该处理工业利润最大。

[0033] 在同时发生的深拉伸和减径挤压操作结束时，提供在第一阶段中的基本圆柱形并基本中空的中间金属部件作为结果，以将该中间金属部件提供在大规模生产线的后续阶段中。因此，在处理的第二阶段中进行与先前阶段中一样的操作，符合针对第二阶段编程的工作参数。冲头已插入在所述部件中，使得在内部保留具有可变厚度的空腔，该可变厚度与部件的底部和壁有相当大的区别，该厚度是表征弹药弹壳的特征，在这种意义上，中间金属部件是基本圆柱形的并且基本中空的，即，具有可变的且中空的部分的管状。

[0034] 当达到处理的最后阶段n时，提供所需的最终金属部件。

[0035] 组合的深拉伸和减径挤压的阶段的数量取决于要被成形的金属板的尺寸之间存在的比率、取决于要获得的最终金属部件的尺寸、取决于材料的深拉伸容易程度，以及取决于板的厚度。要赋予要获得的最终金属部件的深度越大，深拉伸和减径挤压需要的阶段越多，并且因此会需要更多的工具和操作。因此有必要设想始终以最少量的阶段执行操作的方式。通常用本领域技术人员的经验所提供的数据来确定要执行的阶段数量n，但是阶段数量n可以是仿真和优化的结果，以实现在处理期间做的总功更少、功耗更低，并且每个阶段中实现更相似的力。

[0036] 减径挤压阶段在现有技术中主要用于减小部件(例如汽车用管、管道、导线等)的壁。同时组合深拉伸阶段和减径挤压阶段使得获得这样的部件，该部件的几何形状使得，在最终部件中获得的底部的厚度实质大于壁的厚度，这是因为壁的厚度在同时发生的深拉伸和减径挤压动作的每个步骤中逐渐地减小。因此，对于需要该几何形状的部件来说，尤其是在弹药弹壳的制造中，在工业中这是令人关注的技术。

[0037] 第二发明方面涉及用于获得基本圆柱形的最终金属部件的金属板成形系统，包括：

[0038] ●多个深拉伸模，用于以组合方式对金属板同时执行深拉伸操作和减径挤压操作，

[0039] ●多个减径挤压模，用于在每个阶段同时执行迭代的深拉伸操作和减径挤压操作，

[0040] ●多个压边元件，用于保持或紧固正被深拉伸的部件，该压边元件允许消除正被深拉伸的部件中出现折痕和褶皱，

[0041] ●定心引导元件，用于确定部件的中心并引导部件穿过模，

[0042] ●多个冲头，以及

[0043] ●至少一些处理装置，其适于为前面的所有元件提供执行该处理的全面能力(深拉伸力和减径挤压力、运行速度等)。

[0044] 其特征在于：该系统适于实现根据第一发明方面的成形处理。

[0045] 如果在大规模生产线中执行该处理，则系统是深拉伸模、冲头、减径挤压模和紧固装置以及适于对描述的所有机器进行编程的处理装置的集合。

[0046] 第三发明方面涉及计算机程序，其特征在于：该计算机程序包括用于执行成形处理的仿真阶段的程序编码装置。

[0047] 第四发明方面涉及计算机可读介质，其特征在于：该计算机可读介质包含计算机程序，该计算机程序包括用于执行成形处理的仿真阶段的程序编码装置。

[0048] 第五发明方面涉及包含信息的电子信号，其特征在于：该电子信号允许重建根据第三发明方面的计算机程序。

[0049] 在本申请(包括权利要求书、说明书和附图)中描述的所有技术特征除互相排斥的那些特征以外可以以任何方式进行组合。

附图说明

[0050] 根据对优选实施例的下列详细描述，将会更好地理解发明的这些和其他特征和优点，该优选实施例是参照附图仅通过用说明性的并非限制的示例来给出。

[0051] 图1示出了对炮弹壳的几何形状的描绘，其中，示出了底部的厚度实质大于壁的厚度。

[0052] 图2描绘了用于通过金属部件成形处理(例如本发明的处理)来生产金属部件的大规模生产线。在附图中观察到在大规模生产线的每个步骤中所使用的不同元件。

[0053] 图3a描绘了金属板成形处理的步骤i，在图中观察到所操作的元件和具有特定形状的中间金属部件。

[0054] 图3b描绘了成形处理中的用于对图3a的部件进行成形以使得该部件更加成形的中间步骤j，$j>i$。

[0055] 图4A示出了在实验示例中，在每个步骤中获得的部件的外径以毫米为单位的演变。

[0056] 图4B示出了在实验示例中，在每个步骤中获得的部件的壁的厚度以毫米为单位的演变。

[0057] 图4C示出了在实验示例中，在每个步骤中获得的部件的总长度以毫米为单位的演变。

[0058] 图5描绘了在处理的每个步骤中的拉伸比的演变。

[0059] 图6描绘了在优化组合仿真处理中执行的动作的流程。

具体实施方式

[0060] 本发明涉及用于获得基本圆柱形并且基本中空的最终金属部件(2)的金属板(1)成形处理。具体地，该成形处理涉及弹药弹壳的制造，图1中描绘的、底部厚度大于壁厚度的弹药弹壳的特定几何形状允许组合深拉伸和减径挤压阶段，并用于制造。本发明还涉及实

现成形处理的系统。

[0061] 金属板成形系统

[0062] 在图2中描绘了系统的实施例中的一个，该系统至少包括以下元件：

[0063] ●多个深拉伸模(5_1至5_n)，用于对金属板(1)同时执行深拉伸操作和减径挤压操作，

[0064] ●多个冲头(6_1至6_n)，

[0065] ●多个压边元件(8_1至8_n)，用于保持或紧固正被深拉伸的部件，

[0066] ●定心引导元件，用于确定部件中心并引导部件穿过模，

[0067] ●多个减径挤压模(7_1至7_n)，用于在每个阶段同时执行减径挤压操作和深拉伸操作，以及

[0068] ●至少一些处理装置(4)，其适于为所有前面的元件提供执行该处理的全面能力(深拉伸力和减径挤压力、加工速度等)。

[0069] 借助于同时发生的深拉伸和减径挤压操作的成形处理

[0070] 该处理的特征在于，该处理包括i个阶段(i＝1，...，n)，在这i个阶段中执行以下连续的步骤：

[0071] a)如果i＝1，则提供金属板(1)，

[0072] b)如果i≠1，则提供中间金属部件(3_{i-1})，

[0073] c)将工作参数提供给所涉及的元件的处理装置(4)，如工作压力以及冲头(6_i)的进场速度、操作速度和恢复速度，

[0074] d)使用工作参数执行同时发生的深拉伸操作和减径挤压操作，使深拉伸模(5_i)、冲头(6_i)、减径挤压模(7_i)和压边元件(8_i)同时工作，由此获得基本圆柱形且基本中空的中间金属部件(3_i)，

[0075] e)如果i≠n，则从步骤b)重复，提供在d)中获得的基本圆柱形且基本中空的金属部件(3_i)作为金属部件，

[0076] 使得当i＝n时，由此获得基本圆柱形且基本中空的最终金属部件(2)。

[0077] 图2描绘了具有布置在大规模生产线中的工具使得在每个步骤i中使用一个站点来获得中间金属部件(3)的大规模生产线。在第一步骤中使金属板(1)成形，并且最终金属部件(2)由最后步骤n获得。在图中将处理装置(4)描绘为适于通过数字键盘和诸如屏幕等的显示装置来接收输入数据的装置。

[0078] 假定在本发明的一个实施例中，应用是弹药弹壳的制造，并且最根本的是该底部的厚度在整个多阶段处理中保持恒定，则在本发明的一个实施例中，应用第一阶段的拉伸比DR_1，其允许底部厚度保持不变。

[0079] $$DR_i = \frac{\text{阶段 } i-1 \text{得出的部件直径}}{\text{阶段 } i \text{的部件直径}}$$

[0080] 通常对于大于1.5的拉伸比，在本发明的实施例中不会发生的现象是对在部件的底部区域中的材料进行拉伸。

[0081] 对同时发生的深拉伸操作和减径挤压操作的组合处理的仿真

[0082] 在本发明的一个实施例中，借助于允许获得第一组合方案的仿真处理来预先确定成形参数、工作参数以及阶段的数量n。仿真处理可以由处理装置(例如，计算机或适于实现

优化仿真的阶段的微处理器)来执行。

[0083] 组合仿真包括两个不同部分:在没有同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的情况下对深拉伸操作和减径挤压操作的仿真,以及对用于同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的阶段的仿真。

[0084] ❖在没有同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的情况下的仿真

[0085] 仿真从与深拉伸操作对应的阶段开始:

[0086] ●提供关于要获得的仿真金属部件(10)的设计参数,该设计参数优选地为:要使用的材料的类型和要获得的仿真金属部件(10)的尺寸,例如最终部件的长度、最终部件的壁的厚度以及最终部件的直径,

[0087] ●计算获得仿真金属部件(10)所必需的、优选为圆盘形的仿真金属板(9)的尺寸,仿真金属部件(10)的特性与先前步骤中提供的那些特性一致,

[0088] ●计算在第一仿真中使用的至少以下元件的初始尺寸,

[0089] -仿真冲头

[0090] -仿真压边器,

[0091] -仿真深拉伸模,以及

[0092] -仿真减径挤压模,

[0093] ●在每个步骤w(w=1,…,q)中执行:

[0094] a)如果w=1,则使用设计参数借助于深拉伸仿真算法执行仿真金属板(9)的深拉伸的仿真,由此获得中间金属部件(11_1),

[0095] b)如果w≠1,则使用设计参数借助于深拉伸仿真算法执行中间金属部件(11_{w-1})的深拉伸的仿真,由此获得另一仿真的中间金属部件(11_w),

[0096] c)计算并存储关于仿真的数据,该数据优选为关于所得到的仿真中间金属部件(11_w)的数据(例如壁的直径、长度和厚度)以及参与元件的参数,例如,步骤w中冲头的进场速度、操作速度和恢复速度,以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器和仿真深拉伸模,

[0097] d)如果关于所得到的仿真中间金属部件(11_w)的数据与关于要获得的仿真金属部件(10)的数据不一致,则继续b),直到到达步骤w=q,对于步骤w=q,获得作为结果的仿真中间金属部件(11_w)。

[0098] 使得如果仿真的中间部件(11_w)的内径与要获得的部件的内径一致或小于要获得的部件的内径,则采用该中间阶段作为多阶段深拉伸处理的最后阶段,并且提供以下内容作为最后迭代n的结果:在每个仿真步骤w(w=1…q)中关于中间金属部件(11_1至11_q)的所有所存储数据;以及参与元件的参数,例如在每个步骤w中冲头和深拉伸模的速度,减径挤压模的速度和数量q,以及下述仿真元件的尺寸:仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模。

[0099] 在第一实例中对深拉伸进行仿真。由用户通过数据输入装置(例如计算机键盘)来提供在第一阶段中的设计数据。在特定示例中使用下列数据:要获得的仿真金属部件(10)的内径、长度、底部的厚度、壁的厚度以及材料类型。

[0100] 在第二阶段中,由处理装置对获得仿真金属部件(10)所需的仿真金属板(9)的尺寸进行计算。该计算是基于参数(例如,用户输入的数据)以及所选择的材料的特性,例如物

理化学特性，例如具体为：材料的密度、抗拉强度极限、屈服强度极限、刚塑性行为常量、应变硬化指数以及法向各向异性值。考虑塑性变形处理中的不可压缩性的条件以及在整个制造过程中底部厚度恒定的条件来获得开始板(9)的尺寸，开始板(9)是用于执行深拉伸步骤直到实现要获得的仿真金属部件(10)的最终尺寸的原料源。

[0101] 以相同方式，由处理装置来计算在第一仿真中使用的下述元件的初始尺寸：仿真冲头、仿真紧固装置、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模，即，工具的尺寸。该冲头的设计被计算为极限拉伸比和要获得的仿真金属部件(10)的最终尺寸的函数。根据对两个极限深拉伸条件的考虑来确定最初方案。第一极限深拉伸条件基于下述事实：在深拉伸处理过程中冲头施加在部件上的最大力一定小于材料的断裂负荷。第二极限深拉伸条件着重于极限拉伸比，并且考虑在整个塑性变形处理中体积恒定的条件，针对由输入数据、所考虑的材料的法向各向异性系数、深拉伸处理的效率因子以及应变硬化系数所建立的条件来确定拉伸比的极限值。

[0102] 使用与针对仿真冲头获得的尺寸相关的数据来确定模的直径的值、厚度和极限拉伸比。因此可以获得冲头的第一直径作为模的直径以及部件的圆盘的厚度的函数。

[0103] 一旦针对初始阶段w＝1计算出仿真工具的尺寸，则深拉伸动作的迭代仿真处理开始，仿真处理的阶段的数量将使得，给定所使用的所选材料的所述特性(例如，物理化学特性)，例如具体为：材料的密度、抗拉强度极限、屈服强度极限、刚塑性行为常量、应变硬化指数以及法向各向异性值，实现仿真最终金属部件(10)，该仿真最终金属部件(10)的内径是要获得的仿真最终金属部件(10)的内径。

[0104] 仿真模型提供初始阶段w＝1的仿真工具的尺寸作为在w≠1的仿真步骤的输入值。在整个连续的深拉伸步骤中，部件的壁保持相当恒定，维持部件的底部的原始厚度，该原始厚度与开始圆盘一致。连续深拉伸步骤的目的是要获得特定尺寸的部件，使得部件为后续的拉伸处理准备好，即，执行深拉伸步骤，直到部件的内径(冲头的直径)与要获得的仿真最终金属部件(10)的内径一致。基于对三个极限深拉伸条件的考虑来建立针对深拉伸步骤w≠1的初始方案。针对计算所考虑的变量，例如对于w＝1，是模的直径。模型从三个深拉伸条件中获得的三个直径中选择最大直径。一旦直径已知，则模型确定定义与该步骤对应的部件所需的其余尺寸。如果在w＝1中未实现部件的所需内部尺寸，则模型执行所述数量的连续深拉伸步骤w，即迭代处理，直到达到步骤w＝q，在步骤w＝q，内径与要获得的最终部件的内径一致或小于该最终部件的内径。

[0105] 利用在深拉伸处理过程中由冲头施加在仿真中间部件(11_w)上的最大深拉伸力必须小于材料的断裂负荷的要求，建立第一极限再拉伸条件。借助于迭代处理并考虑材料的抗拉强度极限、材料的摩擦系数以及进模角度，根据作为在该步骤w中冲头的厚度和直径的函数的、先前步骤w-1的冲头的直径来获得部件的所需直径，并且迭代地执行该处理所需的次数，直到获得与深拉伸处理的最后步骤w＝q对应的、冲头的直径。

[0106] 关于第二极限深拉伸条件，所述条件着重于材料的刚塑性行为，因此可以相对于先前阶段w-1的直径以及最终变形来确定深拉伸处理的一般阶段w的部件的外径。

[0107] 关于第三极限深拉伸条件(其重于对极限拉伸比的约束)，考虑到材料的法向各向异性、摩擦系数、应变硬化系数以及进模半径的影响，将极限拉伸比应用在深拉伸操作中。在该模型中使用极限拉伸比作为变量，以确定深拉伸步骤w的所需数量以及相应的工具的

尺寸。假定材料是刚塑性的。考虑材料是旋转对称的，相同的特性是基于存在法向各向异性和平面各向同性。考虑到，由于在整个部件中应力的连续性，所以在再拉伸模的半径的区域中生成的应力(其引起杯壁的塑性失稳)等于凸缘的区域中的径向深拉伸应力。

[0108] 因此可以从给定模半径和在每个深拉伸步骤w中模半径的减小量开始来确定再拉伸处理的每个阶段的极限拉伸比的值。一旦知道了与每个深拉伸阶段w对应的极限拉伸比，则模型确定每个步骤的直径，向步骤w的冲头的直径给出值，作为先前步骤w-1的直径与极限深拉伸极限之间的比值的函数。

[0109] 该迭代处理的结果是提供与在每个仿真步骤w(w＝1，...，q)中的中间金属部件(11_1至11_q)相关的所有所存储数据，以及参与元件的参数，例如每个步骤w中的冲头的速度和数量q以及下述仿真元件的尺寸：仿真冲头、仿真紧固装置和仿真深拉伸模。

[0110] 仿真继续与减径挤压操作对应的阶段，如下：

[0111] ●在每个步骤j(j＝1，…，m)中执行：

[0112] e)如果j＝1，则使用设计参数借助于减径挤压仿真算法对先前仿真的经深拉伸的金属部件(9)的减径挤压执行仿真，由此获得经拉伸的中间金属部件(11_1)，

[0113] f)如果j≠1，则使用设计参数借助于减径挤压仿真算法对中间金属部件(11_{j-1})的减径挤压执行仿真，由此获得另一仿真的中间金属部件(11_j)，

[0114] g)计算并存储关于仿真的数据，该数据优选地为：关于所得到的仿真的中间金属部件(11_j)的数据，例如壁的直径、长度和厚度；以及参与元件的参数，例如步骤j中冲头的进场速度、操作速度和恢复速度，以及下述仿真元件的尺寸：仿真冲头、仿真压边器和仿真减径挤压模，

[0115] h)如果关于所得到的仿真的中间金属部件(11_j)的数据与关于要获得的仿真的金属部件(10)的数据不一致，则继续f)，直到到达步骤j＝m，在步骤j＝m，获得作为结果的仿真的中间金属部件(11_j)，

[0116] 使得如果仿真的中间部件的壁的厚度等于或小于要获得的最终部件的厚度，则采用该中间阶段作为最终阶段，并且提供以下内容作为最后迭代m的结果：作为与最后阶段的厚度对应的厚度的最终部件的厚度；每个仿真步骤j(j＝1，…，m)中关于中间金属部件(11_1至11_m)的所有所存储数据；以及参与元件的参数，例如在每个步骤j中的冲头和深拉伸模的速度、减径挤压模的速度和数量m以及下述仿真元件的尺寸：仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模。

[0117] 在该第二实例中对减径挤压操作执行仿真，即，壁的厚度在逐渐地减小，直到达到最终部件的厚度。创建用于获得直径的新条件。所需的步骤数量将取决于要获得的仿真最终金属部件(10)的尺寸。所考虑的模型是基于在每个减径挤压步骤中符合三个极限减径挤压条件并且从关于深拉伸处理的数据开始。针对每个极限减径挤压条件来确定中间金属部件(11_1至11_m)的直径，并且因为模型需要符合这三个极限条件，所以选择三个直径中的最大直径。如果所选直径大于通过深拉伸处理产生的部件的最终直径，则模型将获得的数据存储为与中间步骤j对应的数据并且再次重复该处理。重复发生该处理，直到达到要获得的部件的最终厚度。

[0118] 第一极限减径挤压条件通过平均减径挤压应力必须小于材料的断裂应力的事实来确定。该第一极限减径挤压条件提供作为材料的抗拉强度极限、取决于材料的减径挤压

系数、在先前阶段j-1中部件的直径以及在所述阶段j-1中的减径挤压力的函数的直径。

[0119] 关于第二极限减径挤压条件，表示为在材料减径挤压处理中施加的应力小于屈服极限。从经退火的材料开始并且使用效率因子，确定与第二极限减径挤压条件对应的表达式，并且将直径确定为先前阶段j-1中的直径和变形的增加量的函数。

[0120] 必须符合与极限厚度减小系数相关的第三极限减径挤压条件。该系数从经验性考虑开始。在仿真方法中针对每个深拉伸步骤w考虑系数，该系数基本取决于减径挤压步骤j以及所使用的材料类型。

[0121] ❖对同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的仿真的组合

[0122] 在对深拉伸操作和减径挤压操作分开仿真后，对深拉伸阶段和减径挤压阶段的数量执行组合，使得获得了取决于q和m的组合数量n。

[0123] 因此，成形参数、工作参数以及阶段的数量在已借助于非组合仿真处理预先确定之后，借助于对深拉伸阶段和减径挤压阶段的数量进行组合的处理来组合，使得获得了取决于q和m的组合数量n，从而可以在连续迭代步骤中同时执行深拉伸和减径挤压，而不是相继地执行深拉伸和减径挤压。

[0124] 在一个实施例中已确定了五个深拉伸步骤和2个减径挤压步骤。通过应用组合，两种处理被组合，以执行仅5个步骤而不是7个步骤(5+2)。

[0125] ❖通过同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的优化仿真

[0126] 在一个实施例中，在下面描述对深拉伸阶段和减径挤压阶段的数量进行优化使得获得最优数量n的处理。仿真将深拉伸操作与减径挤压操作进行组合，使得减少了阶段的总数量，并且还减少制造时间、处理成本、做的总功以及能耗。因此获得取决于q和m的最优数量n，包括以下步骤：

[0127] ❖组合仿真

[0128] ●提供关于在每个仿真步骤中通过没有同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的仿真提供的中间金属部件(11_w,11_j)的数据，以及参与元件的参数，例如在每个步骤中的冲头的进场速度、冲头的操作速度、冲头的恢复速度和数量q、m，以及下述仿真元件的尺寸：仿真冲头、仿真压边器、仿真深拉伸模以及仿真减径挤压模，

[0129] ●如果q<m(深拉伸步骤数量<减径挤压步骤数量)，则使用n＝m并且组合处理遵循以下步骤：

[0130] i.将步骤w＝1中的直径用作第一步骤i＝1中的直径，

[0131] j.将减径挤压阶段j＝1至j＝n-1的非组合方案中计算的厚度用作阶段i＝1至i＝n-1中的壁的厚度，

[0132] k.将要获得的最终直径用作阶段i＝n的最终直径，

[0133] l.将要获得的最终部件的厚度用作阶段i＝n的壁的厚度，

[0134] m.将要获得的最终部件的厚度用作n个组合阶段的底部的厚度，并且该底部的厚度在整个组合处理中保持不变，

[0135] n.使用在减径挤压阶段j＝1至j＝n中获得的口厚度减小比$K_i=\frac{\text{阶段 } i-1\text{厚度}}{\text{阶段 } i\text{厚度}}$，

[0136] o.将在深拉伸操作的第一仿真阶段w＝1中获得的拉伸比用作第一阶段的拉伸比DR_1，

[0137] p.借助于计算下述参数来获得组合处理的中间阶段的拉伸比DR_i和直径:完成对处理的求解的中间阶段的直径d_i、厚度s_i和长度l_i,使用提及的参数迭代地获得d_i、s_i,并获得l_i,如下:

[0138] $$l_{i-1} = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{i-1}^2 e_u}{4} - s_{i-1}^2 e_u + d_{i-1}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{i-1}-s_{i-1})}$$

[0139] $$l_i = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_i^2 e_u}{4} - s_i^2 e_u + d_i s_i e_u}{s_i(d_i - s_i)}$$

[0140] $$l_{e,i} = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{e,i}^2 e_u}{4} - s_{i-1}^2 e_u + d_{e,i}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{e,i}-s_{i-1})}$$

[0141] ●如果q>m(深拉伸步骤数量>减径挤压步骤数量),则n=q,组合处理定义如下:

[0142] q.将对深拉伸阶段w=1至w=n-1的仿真中获得的直径用作不同阶段的组合方案的初始直径,

[0143] r.将要获得的最终直径用作阶段i=n的最终直径,

[0144] s.将要获得的最终部件的厚度用作阶段i=n的壁的厚度,

[0145] t.将要获得的最终部件的厚度用作n个组合阶段的底部的厚度,并且该底部的厚度在整个组合处理中保持不变,

[0146] u.将深拉伸阶段w=1至w=n中获得的拉伸比用作拉伸比DR_i,

[0147] v.借助于计算下述参数来获得组合处理的中间阶段的减径挤压比K_i和直径:完成对处理的求解的中间阶段的直径d_i、厚度s_i和长度l_i,使用提及的参数迭代地获得d_i、s_i,并获得l_i,如下:

[0148] $$l_{i-1} = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{i-1}^2 e_u}{4} - s_{i-1}^2 e_u + d_{i-1}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{i-1}-s_{i-1})}$$

[0149] $$l_i = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_i^2 e_u}{4} - s_i^2 e_u + d_i s_i e_u}{s_i(d_i - s_i)}$$

[0150] $$l_{e,i} = \frac{\frac{\kappa}{\pi}\frac{d_{e,i}^2 e_u}{4} - s_{i-1}^2 e_u + d_{e,i}s_{i-1}e_u}{s_{i-1}(d_{e,i}-s_{i-1})}$$

[0151] 随着阶段的数字从初始阶段增加,取得所选拉伸比并且计算后续阶段的参数。因此,如果阶段2中拉伸比(例如)是$DR_2=2$并且阶段i-1=1中直径为3mm,例如

[0152] $$DR_i = \frac{\text{阶段 } i-1\text{得出的部件的直径}}{\text{阶段 } i\text{的部件直径}}$$

[0153] 然后,

[0154] $$\text{阶段 2的部件直径} = \frac{\text{阶段 1得出的部件的直径}}{DR_2} = \frac{3}{2} = 1.5\,\text{mm}$$

[0155] 因而求解出下列参数：

[0156] d_i＝仿真步骤i中得到的部件的外径，

[0157] s_i＝仿真步骤i中得到的部件的壁的厚度，

[0158] l_i＝仿真步骤i中的部件的长度。

[0159] ❖对组合仿真的优化

[0160] 借助于组合优化算法对借助于组合仿真处理获得的参数进行优化。该算法是基于对目标函数的求解。

[0161] 目标函数将优化组合处理中所做的总功最小化，该函数为：

[0162]
$$f_w = \sum_{i=1}^{n}[\text{压边功}+\text{深拉伸功}+\text{减径挤压功}] =$$

$$= \sum_{i=1}^{n}[0.015S_y\pi(d_{i-1}-2s_{i-1})h\cos(\alpha)l_{i-1} + \left[\pi(d_i-2s_i)s_{i-1}S_u\frac{a_{i-1}}{a_{e,i}} - 0.7\right]l_{e,i} + \frac{\pi}{4}(d_{e,i}^2-d_i^2)n_eS_ul_i]$$

[0163] 其中，

[0164] S_y＝用于仿真的材料的屈服强度极限，

[0165] h＝保持或紧固元件的高度，

[0166] S_u＝用于仿真的材料的抗拉强度极限，

[0167] α＝进入深拉伸模的角度，

[0168] n_e＝减径挤压系数＝s_n/s_1，

[0169] d_{i-1}＝仿真步骤i-1中得到的部件的外径，

[0170] s_{i-1}＝仿真步骤i-1中得到的部件的壁的厚度，

[0171] l_{i-1}＝仿真步骤i-1中部件的长度，

[0172] $d_{e,i}$＝仿真步骤i中的中间直径，$d_{e,i}=d_i+2(s_{i-1}-s_i)$，

[0173] 其中，被最小化的参数有：

[0174] d_i＝仿真步骤i中得到的部件的外径，

[0175] s_i＝仿真步骤i中得到的部件的壁的厚度，

[0176] l_i＝仿真步骤i中部件的长度，

[0177] e_n＝仿真步骤n中所得到的部件的底部的厚度，

[0178] 在本发明的一个实施例中，在优化处理中假定下列约束：

[0179] ●$V_i=V_{i-1}=K$

[0180] ●使 Vi=该部件的总体积＝$\frac{\pi}{4}d_i^2l_i+\frac{\pi}{4}(d_i-2s_i)^2(l_i-e_n)$

[0181] ●$d_{i-1}-s_{i-1}\leq 1.7d_i-3.4s_i$.

[0182] ●$n_e(d_is_{i-1}-d_is_i+s_{i-1}^2-2s_{i-1}s_i+s_i^2)<d_is_i-s_i^2$

[0183] 使得由此获得整体上使目标函数最小化并定义优化组合处理的参数。

[0184] 找到将总功的函数最小化的参数还间接地减小了定义如下所使用的总时间以及制造成本：

[0185] ●在仿真处理中投入的总时间：

[0186] $$f_t = \sum_{i=1}^{n} t_i$$

[0187] 其中t_i是在用于对深拉伸和减径挤压进行仿真的每个仿真步骤i中所使用的时间，

[0188] $$t_i = \frac{l_{i-1}}{v_{a,i}} + \frac{L_{u,i} + l_i}{v_{e,i}} + \frac{l_{i-1} + L_{u,i} + l_i}{v_{s,i}}$$

[0189] $v_{a,i}$＝仿真步骤i中冲头的进场速度，

[0190] $v_{e,i}$＝仿真步骤i中冲头的操作速度，

[0191] $v_{s,i}$＝仿真步骤i中冲头的恢复速度，

[0192] $L_{u,i}$＝仿真步骤i中工具组件的长度，

[0193] ●以及总处理成本：

[0194] $$f_c = C_{mf} + C_E = \sum_{i=1}^{n} \left(c_{lb} t_i + \frac{c_e}{3.6 * 10^6} W_i \right)$$

[0195] C_{mf}＝施加至仿真金属板(9)的工作成本，

[0196] C_E＝用于操作在深拉伸和减径挤压中使用的机器的电力成本，

[0197] c_{lb}＝每小时的劳动力成本，

[0198] c_e＝每小时能量成本，

[0199] W_i＝仿真步骤i中的总功。

[0200] 优化组合方案的应用的实验示例

[0201] 在一个实施例中，通过先前执行的仿真和优化处理来实现金属板成形方法。已以完整示例对用UNS C26000黄铜制造的弹药弹壳的制造进行仿真。表1示出了要获得的部件的最终尺寸以及该实验中使用的材料的特性。还包括使用的摩擦系数。

[0202] 表1：实验的最终尺寸和材料

[0203]

外径(d_n)	110.6mm
长度(l_n)	560mm
底部的厚度(e_n)	7.3mm
壁的厚度(s_n)	1.2mm
材料	UNS C26000
密度，ρ	8.53Kg/dm^3
材料的刚塑性行为常量，C	895.0MPa
材料的应变硬化指数，n	0.485

屈服强度极限，S_y	435.0MPa
抗拉强度极限，S_u	525.0MPa
法向各向异性系数，R	0.83
摩擦系数，圆盘-模	0.1
摩擦系数，圆盘-冲头	0.12
摩擦系数，部件-模	0.1
摩擦系数，部件-冲头	0.12

[0204] 系统包括三个部件：工具、液压系统以及控制面板。工具由容纳模的支架以及压边元件形成。冲头与压力机的可动头是一体的。借助于控制面板(12)来执行机器操作和沿着冲头的路径采取的压力调节、速度调节以及压力记录。

[0205] 如图4A、图4B和图4C中的曲线图中所示，组合的深拉伸和减径挤压处理允许将整个处理从七个步骤减少到五个步骤。附图示出了这些步骤的较重要的尺寸的演变：图4A示出了在每个步骤中获得的部件的外径以毫米为单位的演变，图4B示出了在每个步骤中获得的部件的壁的厚度以毫米为单位的演变，图4C示出了在每个步骤中获得的部件的总长度以毫米为单位的演变。在三幅图中可以看出，新设计的处理(15)示出了比传统处理(14)补偿更多的处理。实验结果(16)与理论设计(15)一致。

[0206] 表2中可以观察到在图4A、图4B和图4C中的曲线图描绘的结果。表2：在处理的每个步骤中获得的部件的直径的演变

[0207]

直径以 mm 为单位的演变								
步骤	0	1	2	3	4	5	6	7
非组合方案（14）	228	128.18	122.8	117.6	114.21	112.02	110.62	110.6
优化组合方案（15）	228	194.8	167.2	144.9	126.3	110.6		
实验结果（16）	228	195.5	167.7	145.5	126.7	110.8		

[0208] 表3：在处理的每个步骤中获得的部件的壁的厚度的演变

[0209]

壁的厚度以 mm 为单位的演变								
步骤	0	1	2	3	4	5	6	7
非组合方案(14)	7.3	7.3	7.3	4.7	3.01	1.91	1.21	1.2
优化组合方案（15）	7.3	5.16	3.4	2.3	1.6	1.2		
实验结果（16）	7.3	5.35	3.35	2.1	1.52	1.15		

[0210] 表4:在处理的每个步骤中获得的部件的长度的演变

[0211]

长度以 mm 为单位的演变								
步骤	0	1	2	3	4	5	6	7
非组合方案（14）	0	84.3	87.2	138.5	219.9	349.3	554.8	560
优化组合方案（15）	0	33.5	86.1	179.5	336	560		
实验结果（16）	0	33.7	91.7	205.6	372	610		

[0212] 此外,如图5所示,拉伸比(DR)对于所设计的五个阶段具有相似的值,这表现出了与初始方案相比更平衡的处理。在初始设计(14)的第一阶段获得的最高拉伸比(DR)在组合处理(15)中减小。

[0213] 表5:在处理的每个步骤中的拉伸比(DR)的演变

[0214]

在每个步骤中的拉伸比的演变							
步骤	1	2	3	4	5	6	7
非组合方案（14）	1.8215	1.0194	1.1706	1.1651	1.1539	1.1471	1.1418
优化组合方案（15）	1.1706	1.1651	1.1539	1.1471	1.1418		
实验结果（16）	1.1662	1.1658	1.1526	1.1484	1.1435		

[0215] 关于总处理时间,还实现组合处理相对于传统处理更短的总时间,这些值为:

[0216] -传统处理时间:35.45秒,

[0217] -在组合处理的仿真中的估算时间:26.21秒,

[0218] -实验中使用的时间:27.53秒

[0219] 用上面提及的比率来获得这些时间:

[0220] $$t_t = \sum_{i=1}^{n} t_i ,$$

[0221] 其中,

[0222] $$t_i = \frac{l_{i-1}}{v_{a,i}} + \frac{L_{u,i}+l_i}{v_{e,i}} + \frac{l_{i-1}+L_{u,i}+l_i}{v_{s,i}}$$

[0223] 根据获得的结果,组合处理相对于初始方案实现了26%的改善。相对于实验结果,

存在有22.34%的改善，所以该模型相对于实验性方案获得了95.2%的验证度。

[0224] 关于在处理中使用的总功，实现了下列值：

[0225] -传统处理的功：648.9KJ，

[0226] -在组合处理的仿真中估算的功：543.55KJ，

[0227] -在实验中使用的功：566.99KJ。

[0228] 用上面提及的比率来获得所做的总功：

[0229]

$$f_w = \sum_{i=1}^{n} [\text{压边功} + \text{深拉伸功} + \text{减径挤压功}] =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} [0.015 S_y \pi (d_{i-1} - 2s_{i-1}) h \cos(\alpha) l_{i-1} + \left[\pi (d_i - 2s_i) s_{i-1} S_u \frac{d_{i-1}}{d_{e,i}} - 0.7\right] l_{e,i} +$$

$$\frac{\pi}{4} (d_{e,i}^2 - d_i^2) n_e S_u l_i]$$

[0230] 根据所获得的结果，通过优化组合处理做的功相对于非组合方案实现了16.23%的改善。对比而言，在非组合方案和实验结果之间存在有12.62%的改善。这些结果示出了实验结果相对于所设计出的优化组合仿真处理的方案有95.86%的验证度。

[0231] 图6描绘了优化组合仿真处理的实施例中执行的所有操作的流程图：

[0232] 1.在没有同时地组合深拉伸阶段和减径挤压阶段的情况下的仿真：深拉伸步骤的仿真阶段。

[0233] 2.在没有同时地组合深拉伸阶段和减径挤压阶段的情况下的仿真：减径挤压步骤的仿真阶段。

[0234] 3.组合仿真。该阶段寻求同时组合深拉伸操作和减径挤压操作的阶段数量，即使这些阶段可能不是最优的。

[0235] 4.优化组合仿真。在该阶段，计算工具和元件的尺寸，使得如示例中所示使所做的总功减小。

[0236] 优化阶段是最优的并且可以被应用在需要组合处理的事件中，组合处理的参数必须被最优化以减小所做的总功。

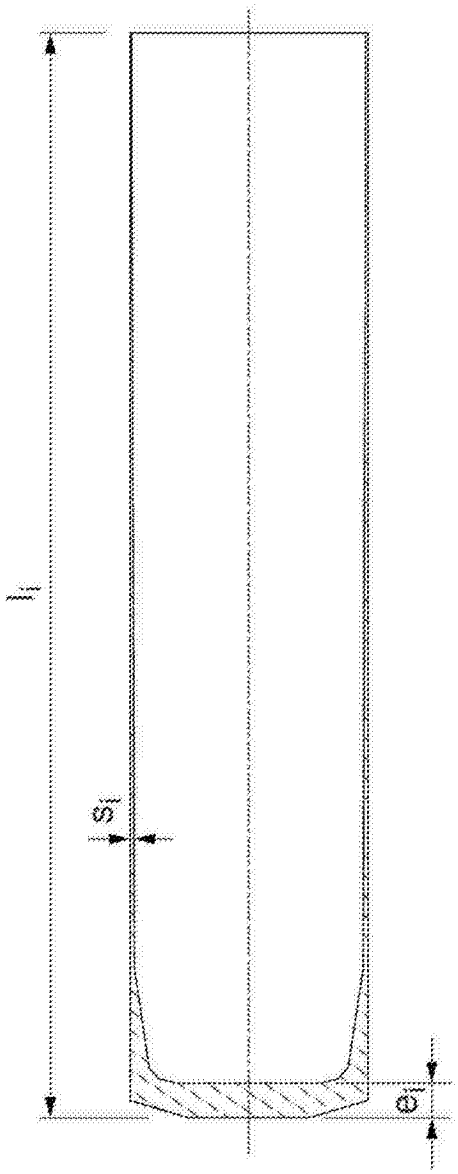


图1

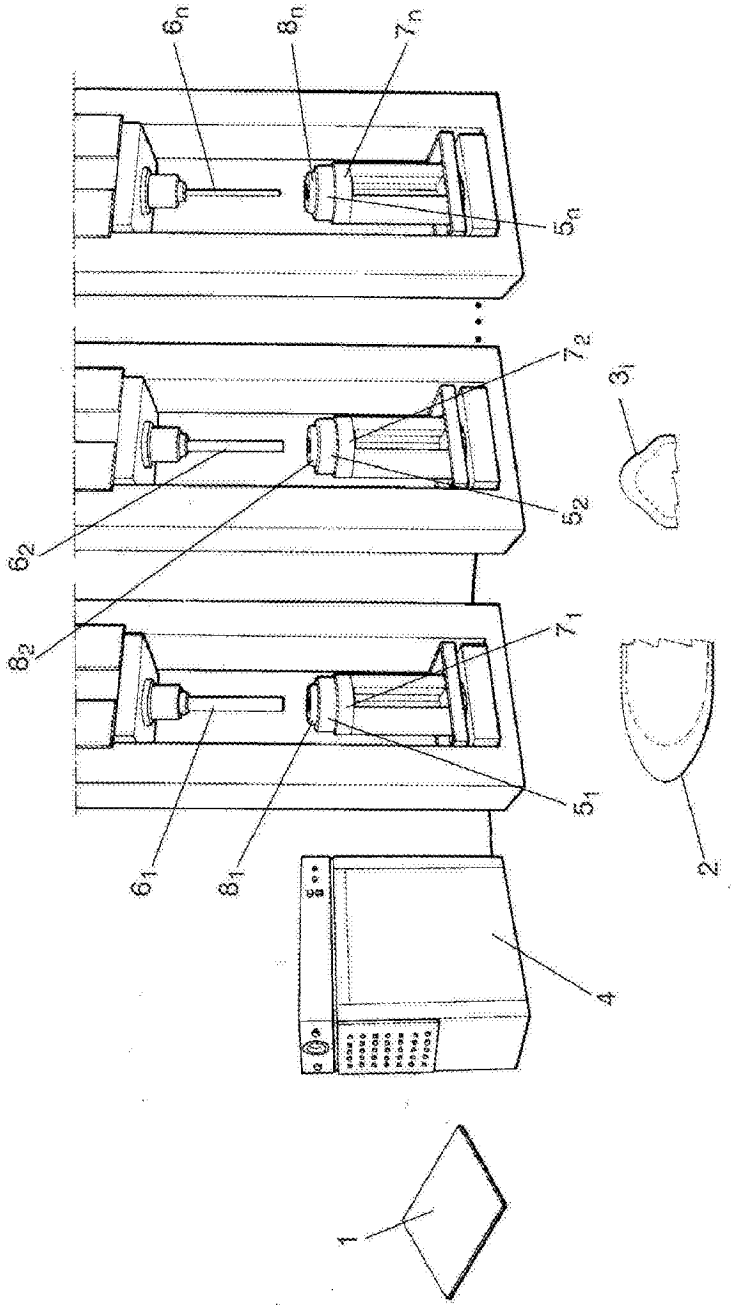


图2

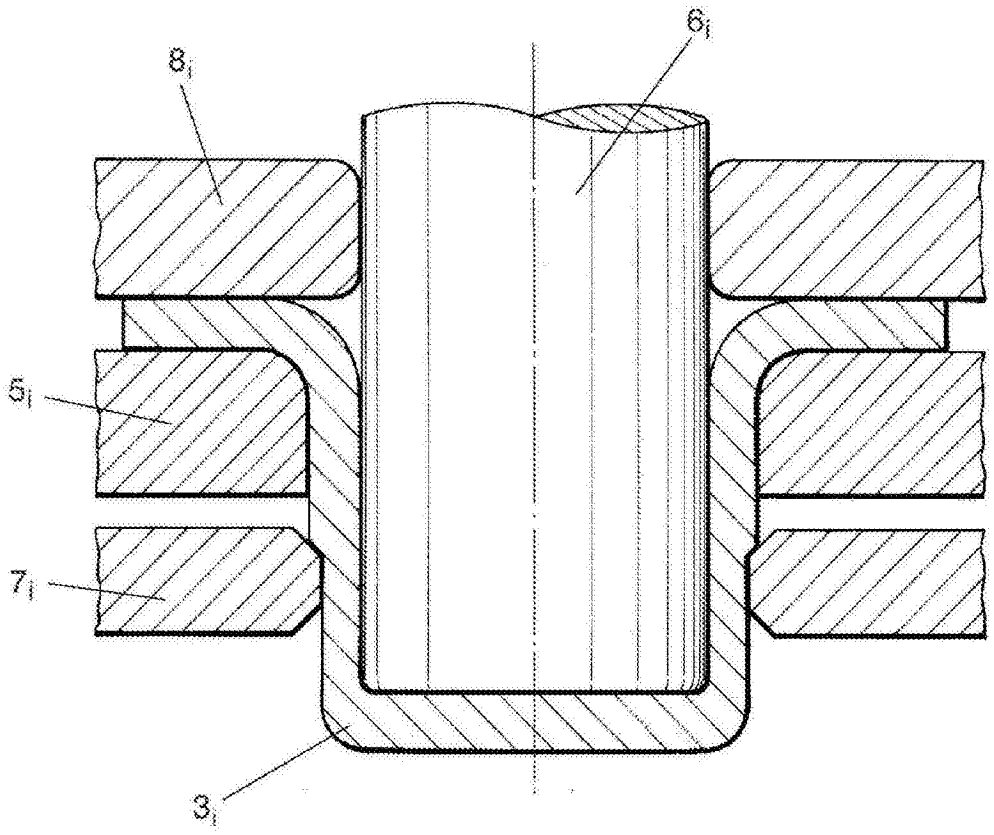


图3a

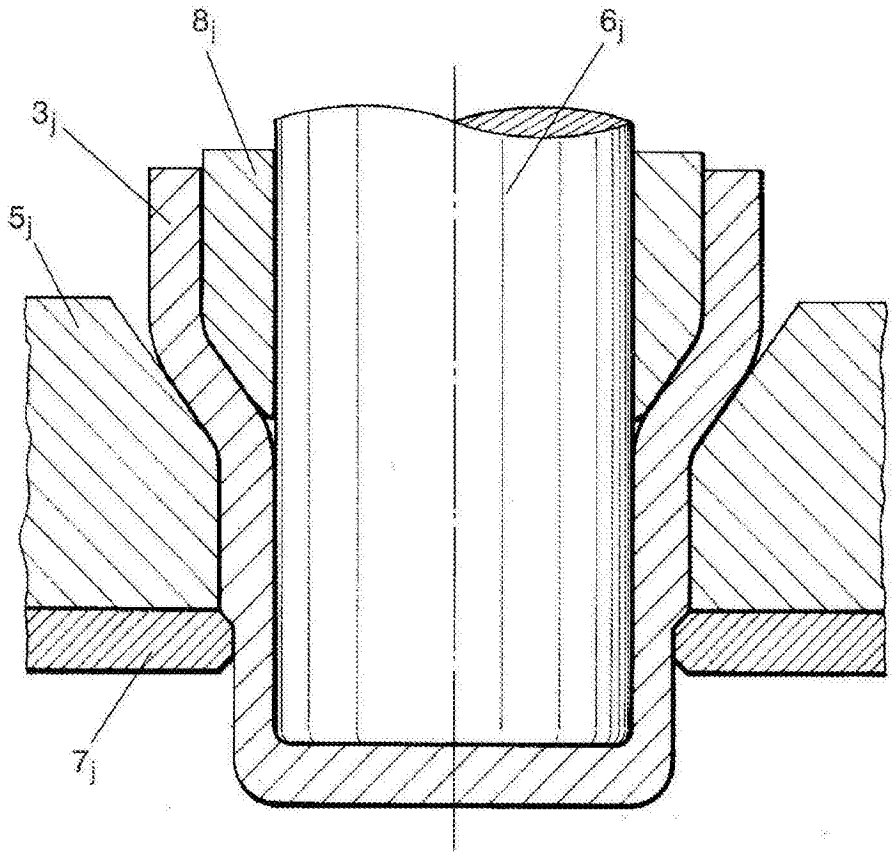


图3b

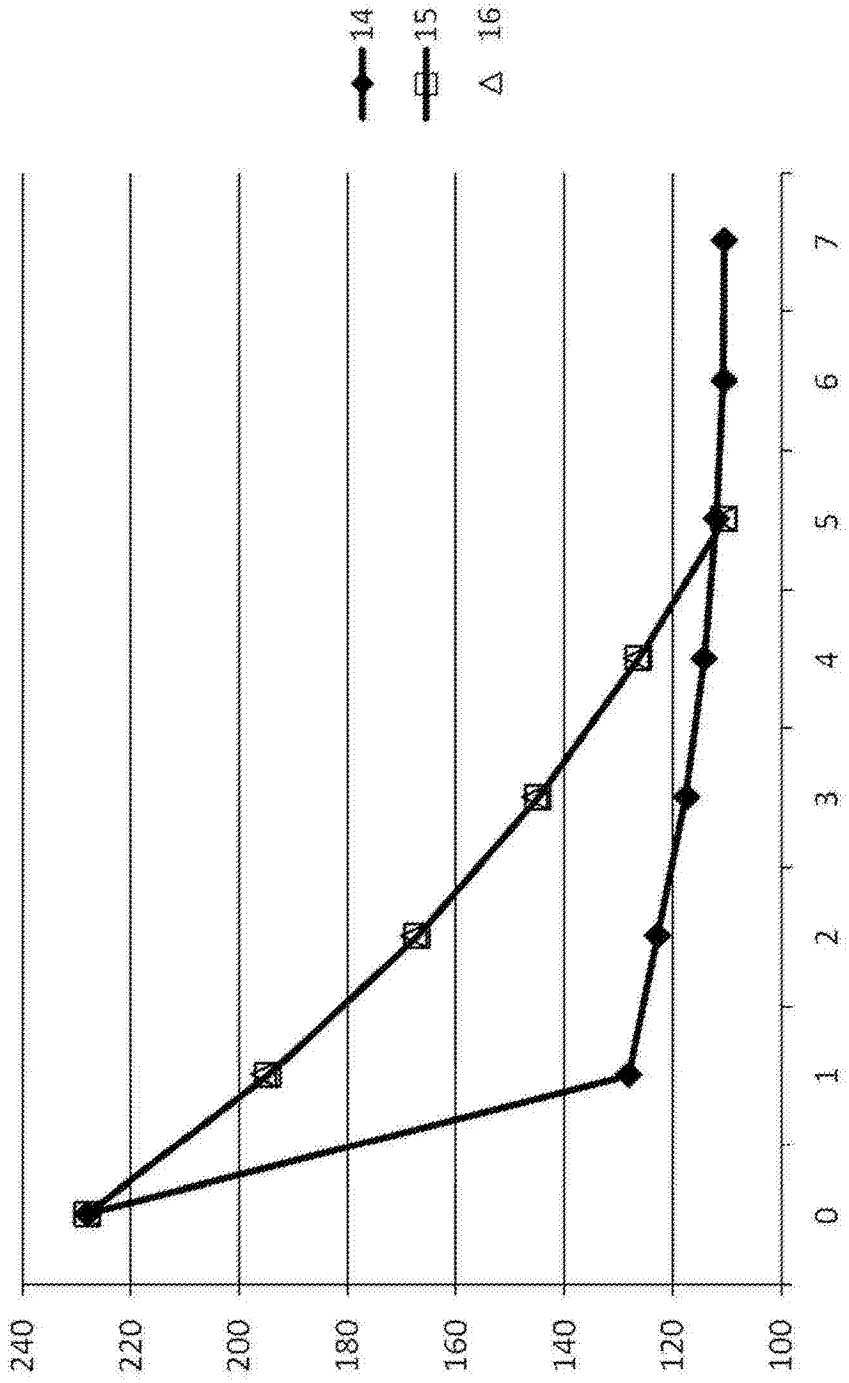


图4A

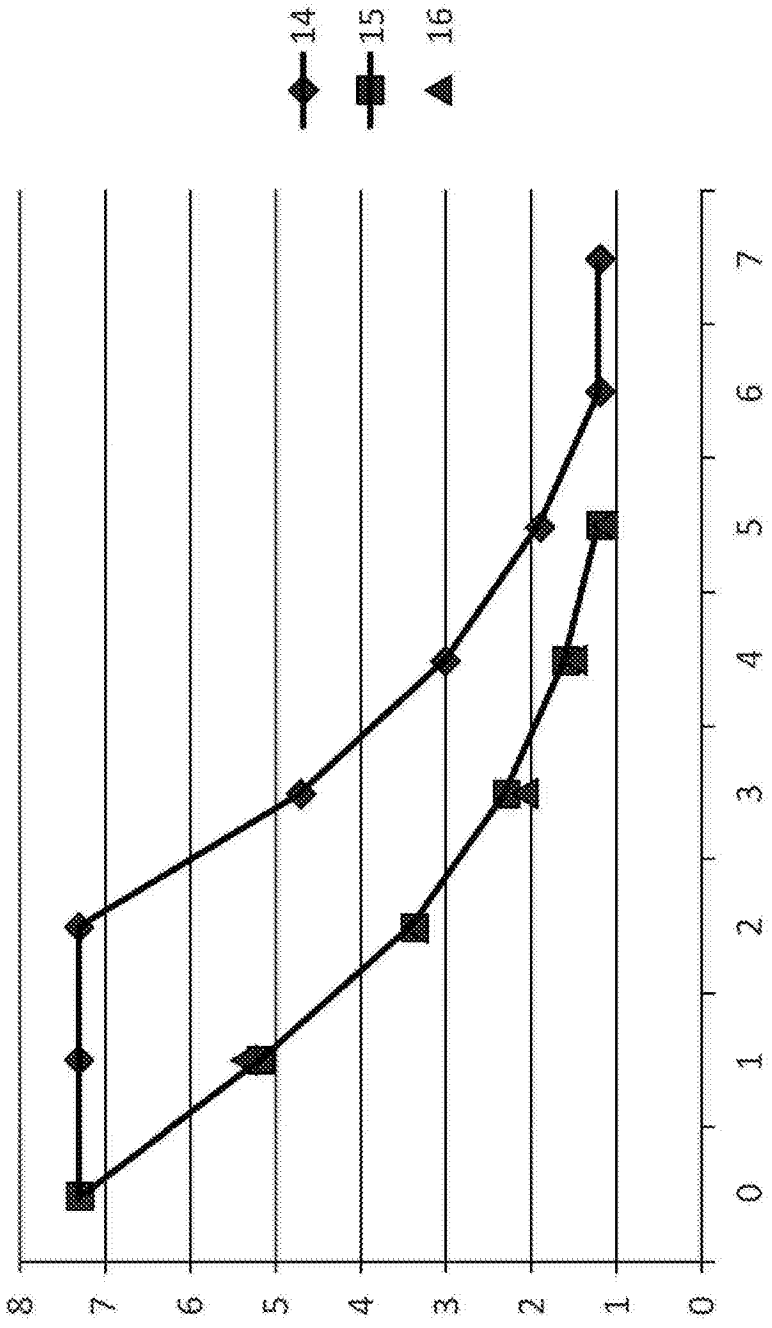


图4B

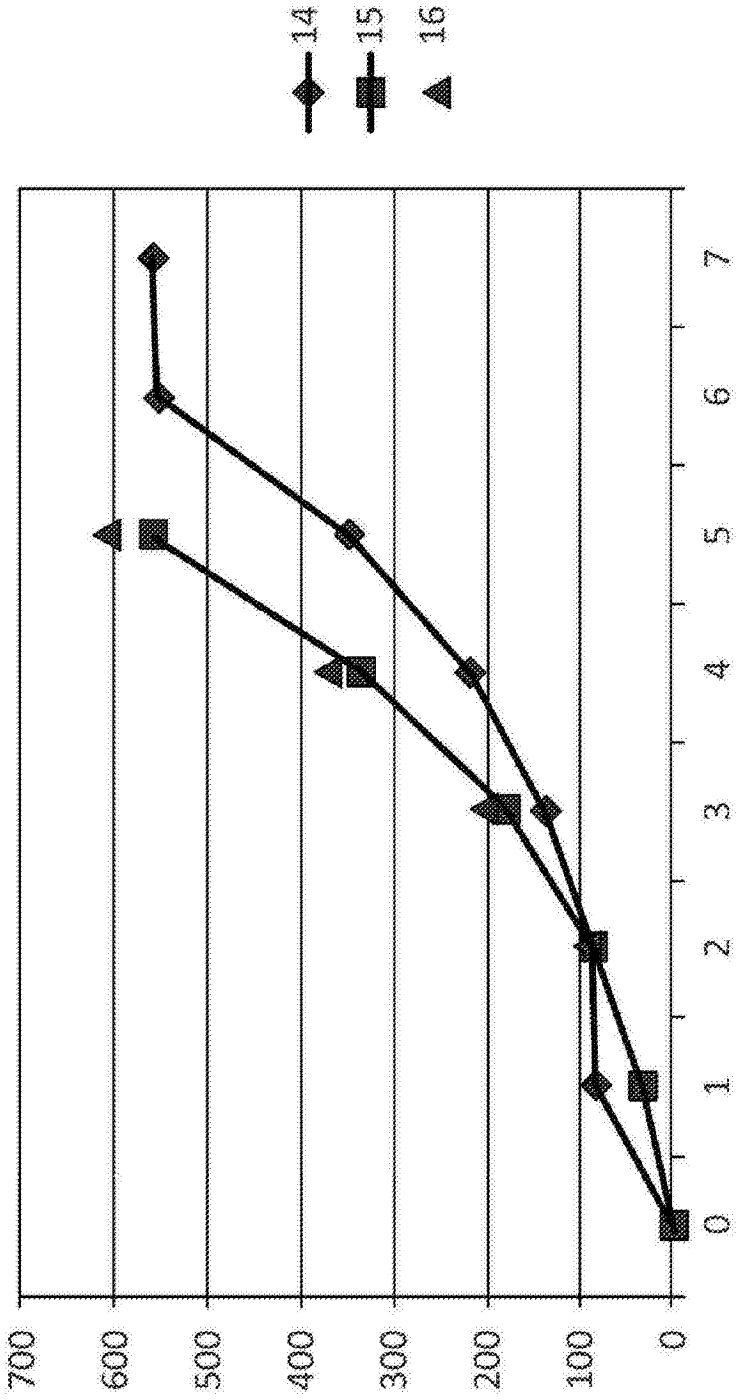


图4C

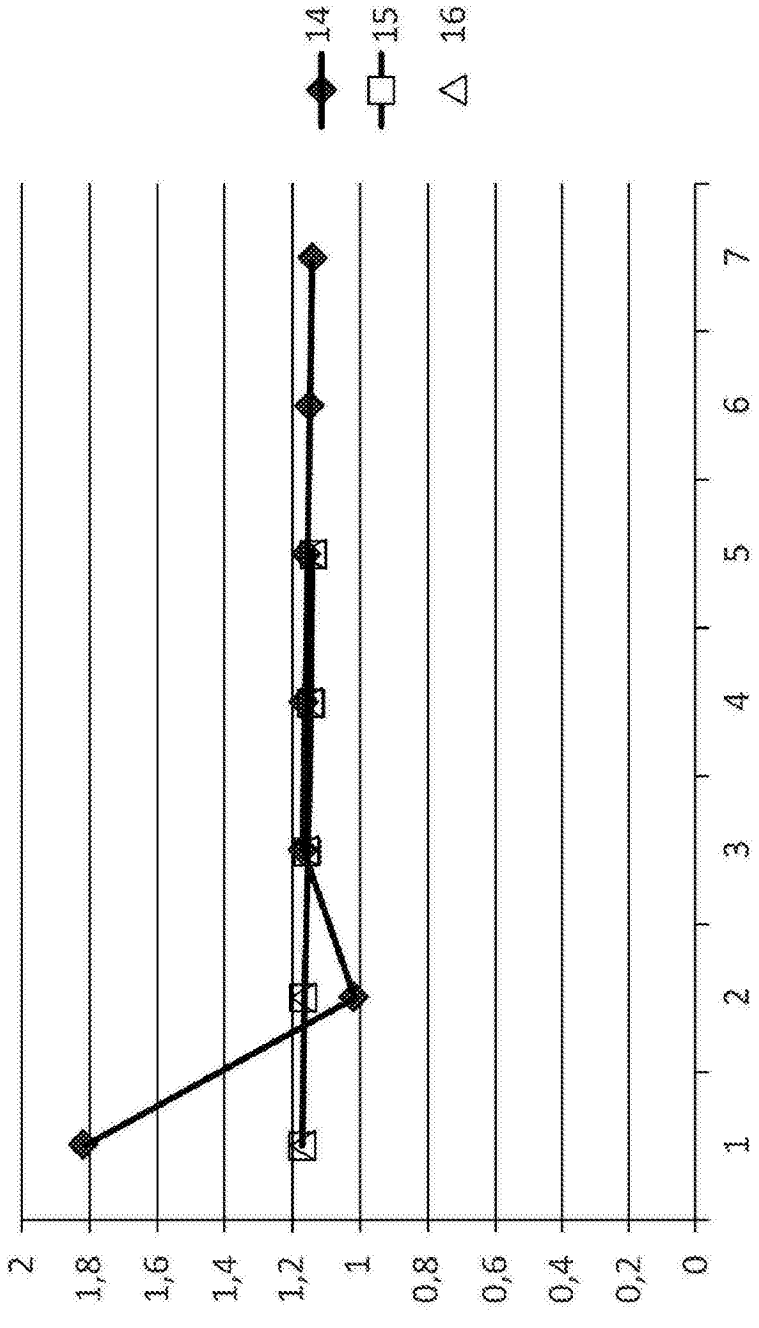


图5

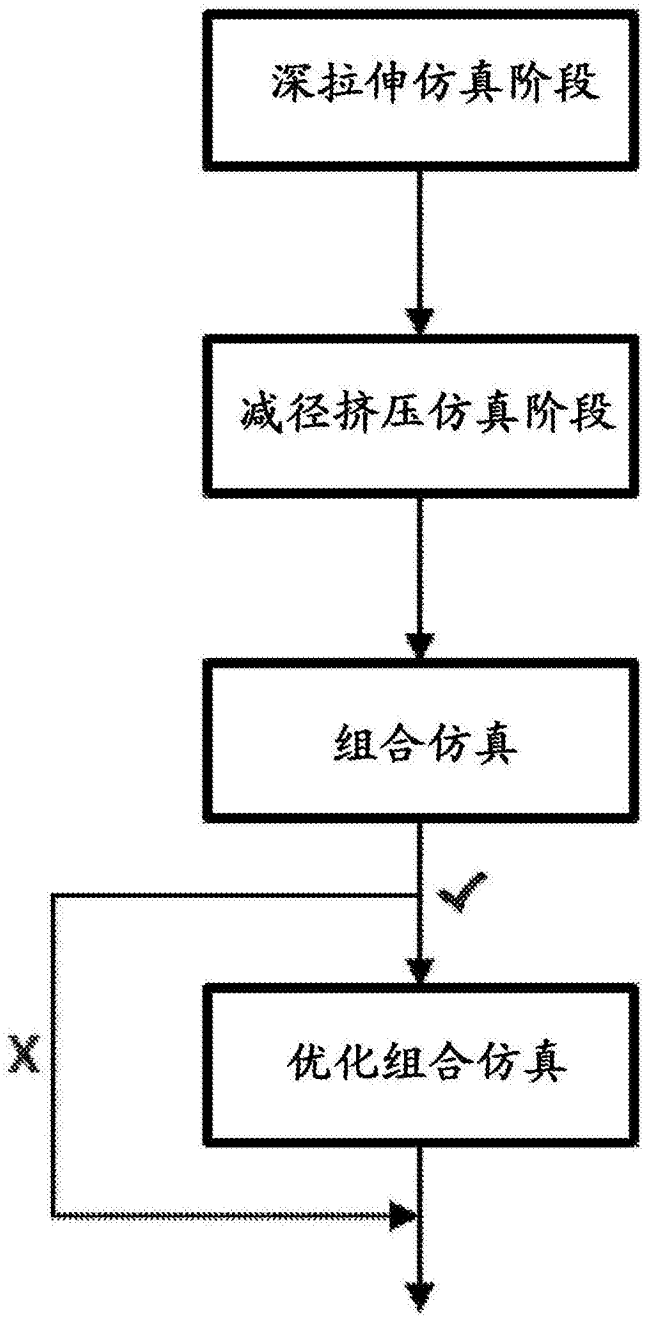


图6