

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

C22F 1/043

B22F 3/115

C22C 1/04

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96196544.4

[45]授权公告日 2001年5月30日

[11]授权公告号 CN 1066492C

[22]申请日 1996.8.28 [24]颁证日 2001.3.15

[21]申请号 96196544.4

[30]优先权

[32]1995.9.1 [33]DE [31]19532253.3

[86]国际申请 PCT/EP96/03778 1996.8.28

[87]国际公布 WO97/09457 德 1997.3.13

[85]进入国家阶段日期 1998.2.26

[73]专利权人 埃尔波斯里赫股份有限公司

地址 联邦德国菲尔贝特

[72]发明人 考曼德尔·伯恩哈德

沙特福依·罗尔夫

胡梅尔特·克劳斯 林汉德·蒂尔克

审查员 王 颖

[74]专利代理机构 隆天国际专利商标代理有限公司

代理人 左明坤

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 气缸套的制造方法

[57]摘要

本发明涉及一种由耐热、耐磨铝基材料构成的气缸套的制造方法。该方法包括用过共晶硅铝材料制备棒材或管材坯料的步骤及选择性进行的过时效退火过程以及通过后面的挤压工艺将坯料制成厚壁管或圆材的步骤,在将这些圆材截成若干段后,用流动冲压工艺将其挤压成薄壁管。该方法特别适合于制造轻金属材料的内燃机气缸套,因为这种气缸套可以满足所需要的耐磨性、耐热性及减少有害物质排放量等特性要求。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1、一种由耐热、耐磨轻金属材料构成的内燃机气缸套的制造方法，其特征在于，

5 -通过对熔融合金进行喷压或通过对用空气或惰性气体喷射出粒度小于 $250\ \mu\text{m}$ 的金属或合金混合体进行热压或冷压，生产出棒材或管材，其中，所含硅颗粒的粒度为 0.5 至 $20\ \mu\text{m}$ ；

-根据需要对所述棒材或管材进行使所含硅颗粒变大的过时效退火处理，使所含硅颗粒的粒度增长到 2 至 $30\ \mu\text{m}$ ；

10 -在 300 至 $550\ ^\circ\text{C}$ 的挤压温度下，将所获得的棒材或管材挤压成外径小于 120mm 圆形坯料；

-将该圆形坯料截为所需要的长度段；

-在 25 至 $600\ ^\circ\text{C}$ 下通过流动冲压将上述各坯料段成形为壁厚为 1.5 至 5mm 的管形半成品。

15 2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所含硅颗粒的粒度为 1 至 $10\ \mu\text{m}$ 。

3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，用于生产棒材或管材的粉末混合物、合金混合物或熔融合金为由如下以重量%计的各组分组成的组合物：

20 Si 17-35, Cu 2.5-3.5, Mg 0.2-2.0, Ni 0.5-2, 余量为Al。

4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，用于生产棒材或管材的粉末混合物、合金混合物或熔融合金为由如下以重量%计的各组分组成的组合物：

Si 17-35, Fe 3-5, Ni 1-2, 余量为Al。

25 5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，用于生产棒材或管材的



粉末混合物、合金混合物或熔融合金为由如下以重量%计的各组分组成的组合物：

Si 25-35，余量为Al。

6、如权利要求1所述的方法，其特征在于，用于生产棒材或管材的粉末混合物、合金混合物或熔融合金为由如下以重量%计的各组分组成的组合物：

Si 17-35，Cu 2.5-3.3，Mg 0.2-2.0，Mn 0.5-5，余量为Al。

7、如权利要求1至6之任一项所述的方法，其特征在于，在喷压过程中，一部分硅通过包含有硅铝合金的熔液被带入棒材或管材中，而另一部分硅则借助于颗粒喷射装置以硅粉末的形式被带入到棒材或管材中。

8、如权利要求1至6之任一项所述的方法，其特征在于，粗化硅晶粒的过时效退火是在460至540℃下、0.5至10小时内进行的。

9、如权利要求1至6之任一项所述的方法，其特征在于，在挤压温度下，将所获得的棒材挤压成直径为50至120mm的圆材，而后将其分成若干段，继而通过杯状-向前-流动冲压或杯状-向后-流动冲压工艺，在带有背压或不带背压的情况下，在25至600℃下将各段成形为杯形件，该杯形件具有1.5至5mm壁厚并具有一薄壁底部，此后，为构成所需要的管件可去除该底部。

10、如权利要求1至6之任一项所述的方法，其特征在于，在挤压温度下将所获得的棒材或管材挤压成壁厚为6至20mm的厚壁管，然后将该管截为若干段，接着通过中空状-向前-流动冲压或中空状-向后-流动冲压工艺，在带有背压或不带背压的情况下，在25至600℃下将各段厚壁短管成形为长度增长而厚度减薄至1.5至5mm的管段。

11、如权利要求1至6之任一项所述的方法，其特征在于，流动冲

压成形是在 25 至 480 °C 下进行的。

12、如权利要求 1 至 6 之任一项所述的方法，其特征在于，流动冲压成形是在高于过共晶硅铝材料的固态温度、低于其液态温度下进行的。

5 13、如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，可以省去时效退火步骤。



说明书

气缸套的制造方法

5 本发明涉及的是一种薄壁管的制造方法，所述薄壁管是由耐热、耐磨铝基材料制成，其特别适用于内燃机上的气缸套。

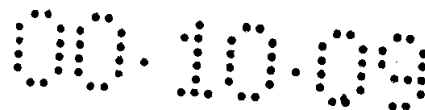
气缸套是承受摩擦力的部件，其被设置、压入或铸入在内燃机曲轴箱上的气缸孔内。

10 内燃机的气缸工作面需要承受来自于活塞、特别是活塞环的强烈的摩擦应力并且局部区域需要承受高温。因此，该工作面需要由耐磨及耐热材料制成。

为此目的，已有许多在气缸孔表面涂敷耐磨层的方法。此外，还有一种方案是在气缸内设置用耐磨材料制成的套筒，如采用灰铸铁套筒。不过，这种套筒与铝基材料相比，耐热性差并且存在一些其他的缺点。

15 为解决上述问题，人们首先采用过共晶硅铝合金铸造的气缸体。由于采用铸造技术的原因，硅含量最大重量比不得超过 20%。铸造工艺的另一缺点是，在熔融硅颗粒固化的过程中会析出尺寸较大的硅单晶颗粒（约 30-80 μm ）。由于这些颗粒尺寸较大且具有尖锐的角、棱，因而对活塞及活塞环产生磨损。为此，人们不得不在活塞及活塞环上涂敷相应的覆盖层/涂层以施加保护。硅颗粒与活塞/活塞环之间的接触面可通过机械加工磨平。在这样的机械加工之后进行电化学处理，以使位于各个硅颗粒之间的铝基材还原，从而使硅颗粒从气缸工作表面略微突出作为承载支撑构架。这样制成的气缸工作面的缺点一方面是制造成本过高（昂贵的合金、成本较高的机械加工、铁涂层活塞、铠装活塞环），另
20 一方面

25 一方面是硅颗粒分布不均。因此，在组织结构中存在大量没有硅颗粒的



区域因而易受到较强的磨损。为避免这种磨损，在工作面与相对摩擦面之间需要设置相对较厚的油膜作为隔离介质。此外，为了控制油膜厚度还需要确定硅颗粒露出的程度。油膜较厚会导致机械中摩擦损失增加及有害物质排放量的明显增加。

5 DE 42 30 228 中公开了一种气缸体，其由亚共晶硅铝合金铸造而成，而且在气缸内安装有由过共晶硅铝合金制成的气缸套。这种方案造价较低，但仍未解决前面所提到的问题。

为充分利用过共晶硅铝合金作为气缸套材料的优点，需要改变硅晶核的晶体结构。通过已知的粉末冶金方法或喷压方法可制成用铸造工艺
10 不能得到的铝合金。

这样，通过上述方法可生产过共晶合金，由于该合金中硅含量较高、硅颗粒较细并且分布较均匀，因而具有较好的耐磨性。通过在该合金中加入诸如 Fe 、 Ni 或 Mn 等元素可以获得所需要的耐热性。存在于该合金中的硅颗粒的粒度约为 0.5 至 20 μ m 。用这种方法生产出的合金特别
15 适合做气缸套零件。

尽管铝合金通常是便于加工的，但这种过共晶合金存在变形问题。EP 0 635 318 中公开了一种用过共晶硅铝合金制造气缸套的方法。其中气缸套是在压力为 1000 至 10000t 、挤压速度为 0.5 - 12m/min 的情况下挤压成型的。为减少通过挤压将气缸套制成最终尺寸的生产成本，需
20 要相当高的挤压速度。事实表明，对于承受较高压力的合金来说，若气缸套管壁厚较小，则在较高的挤压速度下会导致管件在挤压时被撕裂。

本发明的目的是提供一种改进的、造价较低的生产气缸套的方法。用该方法生产的气缸套可在耐磨性、耐热性及减少有害物质排放量等性能上获得所需要的改善。

25 本发明涉及一种由过共晶硅铝材料构成的内燃机气缸套的制造方



法，其特征在于，

-通过对熔融合金进行喷压或通过对用空气或惰性气体喷射出粒度小于 $250 \mu\text{m}$ 的金属或合金混合物进行热压或冷压，生产出棒材或管材，其中，所含硅颗粒的粒度为 0.5 至 $20 \mu\text{m}$ 、最好是 1 至 $10 \mu\text{m}$ ；

5 -根据需要对所述棒材或管材进行使所含硅颗粒变大的过时效退火处理，使所含硅颗粒的粒度增长到 2 至 $30 \mu\text{m}$ ；

-在 300 至 550°C 的挤压温度下，将所获得的棒材或管材挤压成外径小于 120mm 的圆形坯料；

-将该圆形坯料截为所需要的长度段；

10 -在 25 至 600°C 下通过流动冲压将上述各坯料段成形为壁厚为 1.5 至 5mm 的管形半成品。

按照本发明所述的气缸套的制造方法，其中用于生产棒材或管材的粉末混合物、合金混合物或熔融合金为由如下以重量%计的各组分组成的组合物：

15 Si 17-35， Cu 2.5-3.5， Mg 0.2-2.0， Ni 0.5-2)，余量为 Al；

或为 Si 17-35， Fe 3-5， Ni 1-2， 余量为 Al；

或为 Si 25-35， 余量为 Al；

20 或为 Si 17-35， Cu 2.5-3.3， Mg 0.2-2.0， Mn 0.5-5， 余量为 Al。

按照本发明所述的气缸套的制造方法，在所述的喷压过程中，一部分硅通过包含有硅铝合金的熔液被带入棒材或管材中，而另一部分硅则借助于颗粒喷射装置以硅粉末的形式被带入到棒材或管材中；

其中所述的粗化硅晶粒的过时效退火是在 460 至 540°C 下、 0.5 至
25 10 小时内进行的；



其中所述的在挤压温度下，将所获得的棒材挤压成直径为 50 至 120mm 的圆材，而后将其分成若干段，继而通过杯状-向前-流动冲压或杯状-向后-流动冲压工艺，在带有背压或不带背压的情况下，在 25 至 600 °C 下将各段成形为杯形件，该杯形件具有 1.5 至 5mm 壁厚并具有一薄壁底部，此后，为构成所需要的管件可去除该底部；

其中所述的在挤压温度下将所获得的棒材或管材挤压成壁厚为 6 至 20mm 的厚壁管，然后将该管截为若干段，接着通过中空状-向前-流动冲压或中空状-向后-流动冲压工艺，在带有背压或不带背压的情况下，在 25 至 600 °C 下将各段厚壁短管成形为长度增长而厚度减薄至 1.5 至 5mm 的管段；

其中所述的流动冲压成形是在 25 至 480 °C 下进行的；

其中所述的流动冲压成形是在高于过共晶硅铝材料的固态温度、低于其液态温度下进行的；

在本发明所述的气缸套的制造方法中，可以省去时效退火步骤。

特别是，本发明的上述摩擦特性可通过如下方案获得，即所采用的方法容许高合金熔流体以相当高的速度固化。

属于这类方法的一种工艺为喷压方法（以下简称“喷压”）。为获得理想的特性，将含有高硅合金的铝合金熔液喷出并通过氮气流以 1000 °C/s 冷却速度将其冷却。部分仍处于液态的粉末颗粒被喷到一个转动着的转盘上。该转盘在工作过程中连续向下移动。通过这两种运动的叠加便获得一个棒材，该棒的长度约为 1000 至 3000mm、直径最大为 400mm。由于冷却速度较高，因而在该喷压过程中产生的硅颗粒的粒度不超过 20 μm 。该合金中的硅含量可达到 40%重量比。由于铝熔液在气流下快速延伸，从而使所获得的棒材的过饱和状态呈准“凝固”状态。

除制造棒材外，也可通过喷压制造内径为 50-120mm、壁厚达 250mm



的厚壁管件坯材。为此，将颗粒流喷射到一个在水平面上绕其纵向轴转动的支撑管上并在该处进行压缩。用该方法通过连续地沿水平方向进行有控制的进给，可获得一个管件坯料。该坯料作为后加工工艺、即管件挤压和/或其他热加工工艺中使用的原材料。所述的支撑管是由普通的锻压铝合金或类似的合金制成的，其本身也是通过喷压工艺制成的（工艺相同）。

通过后续的过时效退火工艺可改变经喷压工艺或粉末流工艺获得的棒材或管材的晶体结构。通过退火可将晶体结构改造成硅颗粒粒度为 2 至 $30\ \mu\text{m}$ ，由此获得所需的摩擦特性。在退火过程中长得较大的硅颗粒受到固定颗粒扩散的影响而成为理想的较小的硅颗粒。扩散效果取决于过时效温度及退火处理时间的长短。选择的温度越高，则硅晶核生长的速度越快。不过，在该过程中时间仅起辅助作用。理想的温度大致为 $500\ ^\circ\text{C}$ ，此时退火时间应当为 3 至 5 小时。

如果希望析出较小的硅颗粒，则不需要退火工艺。在此情况下，通过在该过程中采用合适的“气体与金属的比例”可以获得合适的硅颗粒粒度。经过喷压工艺制得的棒材或管材的厚度通常为合金的理想厚度的 95% 以上。为压实并密封残余的孔隙，需要在 $350\ ^\circ\text{C}$ 至 $550\ ^\circ\text{C}$ 温度下进行热挤压。

喷压工艺还可以提供这样的可能性，通过颗粒喷射装置将熔液中未包含的颗粒喷到棒材或管材中。由于这些颗粒可以是粒度为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $400\ \mu\text{m}$ 的任意几何形状的颗粒，因而能够实现对多种晶体结构的控制。例如该颗粒可以是粒度为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $400\ \mu\text{m}$ 的硅颗粒或在上述粒度范围内的氧化陶瓷颗粒（如 Al_2O_3 ）或无氧陶瓷颗粒（如 SiC , B_4C ）等，这些都是

在市场上可获得且对摩擦特性有意义的材料。

另一种方案是，为获得合适的晶体结构，使含有硅的过饱和铝合金



5 熔液快速固化（下称“粉末流”）。在此方案中通过向熔融液体喷射空气或惰性气体生产出粉末。该粉末可以是完全合金。这意味着，在熔融的液体中包含的全部是合金元素。或者该粉末在下一步骤中与多种合金或其他元素的粉末相互混合。接着，所述完全合金粉末或混合粉末通过冷压工艺或热压工艺或真空压力工艺被压成棒材或管材。而后，通过热挤压工艺可将棒材或管材完全压实。采用这种生产方法，一方面通过退火处理另一方面通过与颗粒（氧化陶瓷材料、非氧化陶瓷材料等）的混合可获得具有理想摩擦特性的晶体结构。

10 这样获得并确定的晶体结构在后续的工艺步骤中不再改变或者只是为得到所需要的理想摩擦特性作适当的改变。

通过“喷压”或通过“粉末流”步骤获得的管材经过挤压制成壁厚为 6 至 20mm 的厚壁管或直径为 50 至 120mm 的圆材。这里，挤压温度为 300 至 550 °C。圆材的挤压在可获得较高的挤压速度方面具有优势，因而圆材生产成本较低。

15 同样，用通过“喷压”或通过“粉末流”步骤获得的管材可生产壁厚较小的厚壁管。

20 通过流动冲压可获得理想的变形。为此，选用一段比所需要生产的薄壁管体积更大的管材或棒材。在选用管段时既可采用中空状-向前-流动冲压(Hohl-Vorwärts-Flie pressen),也可采用中空状-向后-流动冲压(Hohl-Ruckwärts-Flie pressen)其上可带或不带背压。在选用棒段时既可采用杯状-向前-流动冲压也可采用杯状-向后-流动冲压，其上可带或不带背压。

25 在所有方法中背压可通过一个冲头提供。背压可在待变形材料中产生张力状态，由此可阻止在变形材料中产生裂缝，这对于在室温下仅仅产生有限变形的材料尤为有利。



可产生变形、但不会使晶体切面结构发生变化的温度区域从室温移到 480 °C。同样也可以在出现液相的温度区域（根据合金构成在 520 °C 至 600 °C 之间选择）变形。在此情况下，析出的粗大硅颗粒为从 10 μ m 到 30 μ m，但在采用未经退火的原材料的情况下仍可获得理想的摩擦特性。

5 此后，在管端处对以最终壁厚度或接近最终壁厚度成型的管件进行裁切加工。在采用杯状-向前或杯状-向后流动冲压的情况下，可通过切削或冲裁去除薄壁端。

本发明方法具有如下优点，用此方法可裁切出合适的气缸套材料。借助于后续的第二热变形工艺步骤可以降低在挤压过程中相对于挤压压力、挤压速度和保证产品质量所产生的高成本。

实施例 1：

经过喷压工艺，将组合物 Si 25，Cu 2.5，Mg 1，Ni 1，余量为 Al 的合金置于 830 °C 熔融温度下并以 4.5 m³/kg（每公斤熔液立方米气体）的气体/金属比例将其压缩成棒材。在上述条件下，喷压而成的棒材中的硅析出颗粒粒度范围为 1 μ m 至 10 μ m。随后，在 520 °C 下对喷压而成的棒材进行 4 小时的退火处理。在该退火处理之后，析出的硅颗粒粒度范围为 2 μ m 至 30 μ m。通过在温度为 420 °C、成形出口速度为 0.5m/min 的条件下用成形工具热挤压出外径为 94mm、内径为 68mm 的管材。由于挤压温度低于退火温度，因此晶体结构仍保持不变。

20 将上述经过挤压而成的厚壁管材截成长度为 30mm 的短管，而后在 420 °C 下通过中空状-向前-流动冲压工艺将其制成外径为 74mm、内径为 67mm、长度为 130mm 的薄壁管段。这里，因为每个管段都受到其后方管段的挤压，所以形成的管材可以完全没有凸缘。

25 如示意图 1A 所示，将管材 1 放入到凹模 2 中。在冲头 3 与凹模 2 的共同作用下，将第一管材 1 部分地成形为一段管子（如图 1B 所示）。而



后再将冲头 3 抬起，同时将下一个管材放入到凹模 2 中（如图 1C 所示）。当再次向下压冲头 3 时，借助于第二管材使第一管段完全成形并使其脱模（如图 1D 所示）。

实施例 2：

5 与实施例 1 相同地通过喷压工艺将合金材料挤压成外径为 74mm 的圆材。由于该几何形状简单，故可采用 1.5m/min 的挤压速度进行挤压，这意味着可明显地降低成本。而后将该圆材截为 27mm 长的棒材段。随后，通过在 420 °C 下进行杯状-向后-流动冲压，将其成形为外径 74mm、内径 67mm、长度 130mm 的管段。而后，在管端加工过程中将厚度为 4mm 的薄底端去除。

实施例 3：

与实施例 1 和 2 相同地通过喷压工艺将合金材料挤压成外径为 74mm 的圆材，其中没有前述的退火步骤。析出的硅颗粒的粒度为 1 μ m 至 7 μ m。将该圆材截为 27mm 长的棒材段。对该棒材段进行 4 至 5 分钟的励磁使其加热到 560 °C。在该温度下，合金处于液态与固态之间的相态。这样一种半液态的棒材段既可保持一定的机械稳定性同时又便于继续加工。

如图 2 所示，将半液态的棒材段 1 放入到一个已经铸好的模具中进行杯状-向后-流动冲压变形，该模具是由一个冲头 3、凹模 2 及一个顶杆 4 构成的。为此，将管段 1 放入到该模具中（如图 2E 所示），借助于冲头 3 使其变形（如图 2F 所示）并通过顶杆 4 将已成形的管件推出模体（如图 2G 所示）。由此生产出一种外径 74mm、内径 67mm、高度 130mm 的杯形件。而后，通过管端加工步骤或冲裁工艺将该成形的杯形件的 4mm 厚的底部去除。

25 由于是在半流体状态下成形，因而只需要很小的变形力。在该半流体

00:10:09

下进行加工的过程中，析出的硅颗粒的粒度为 $20\ \mu\text{m}$ 至 $25\ \mu\text{m}$ 。

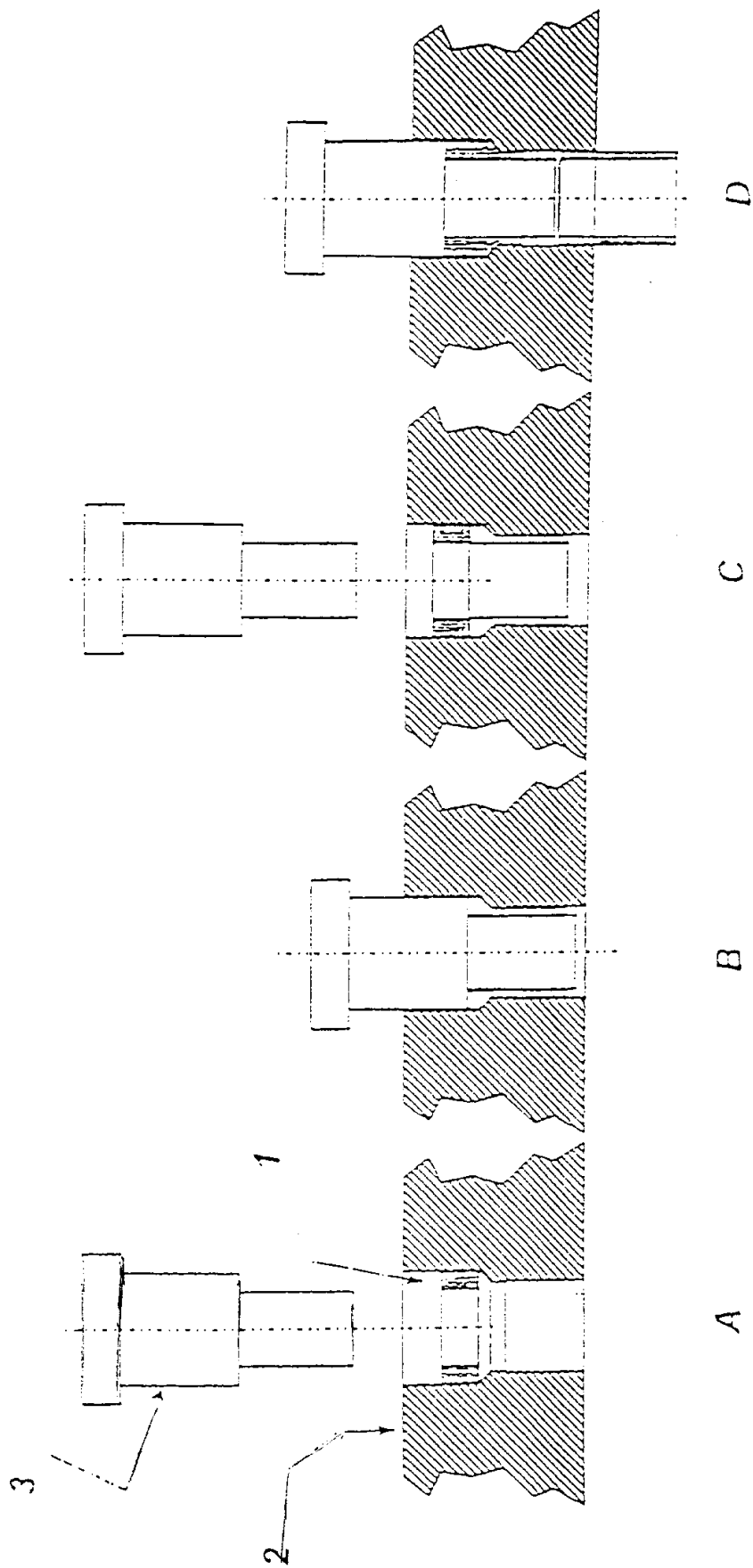


图1：中空——向前——冲压（实施例1）

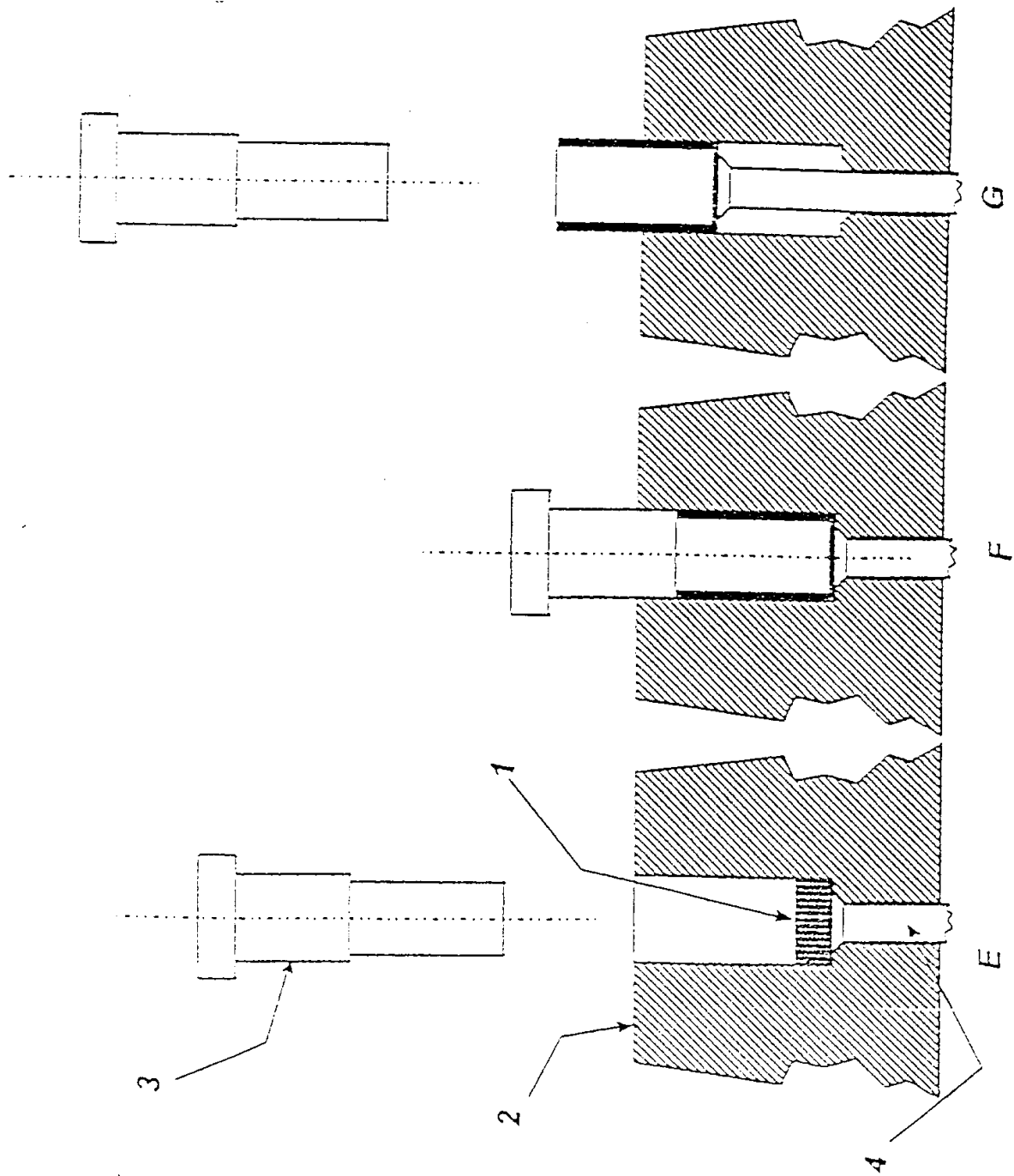


图 2: 杯状一向后一冲压 (实施例 3)

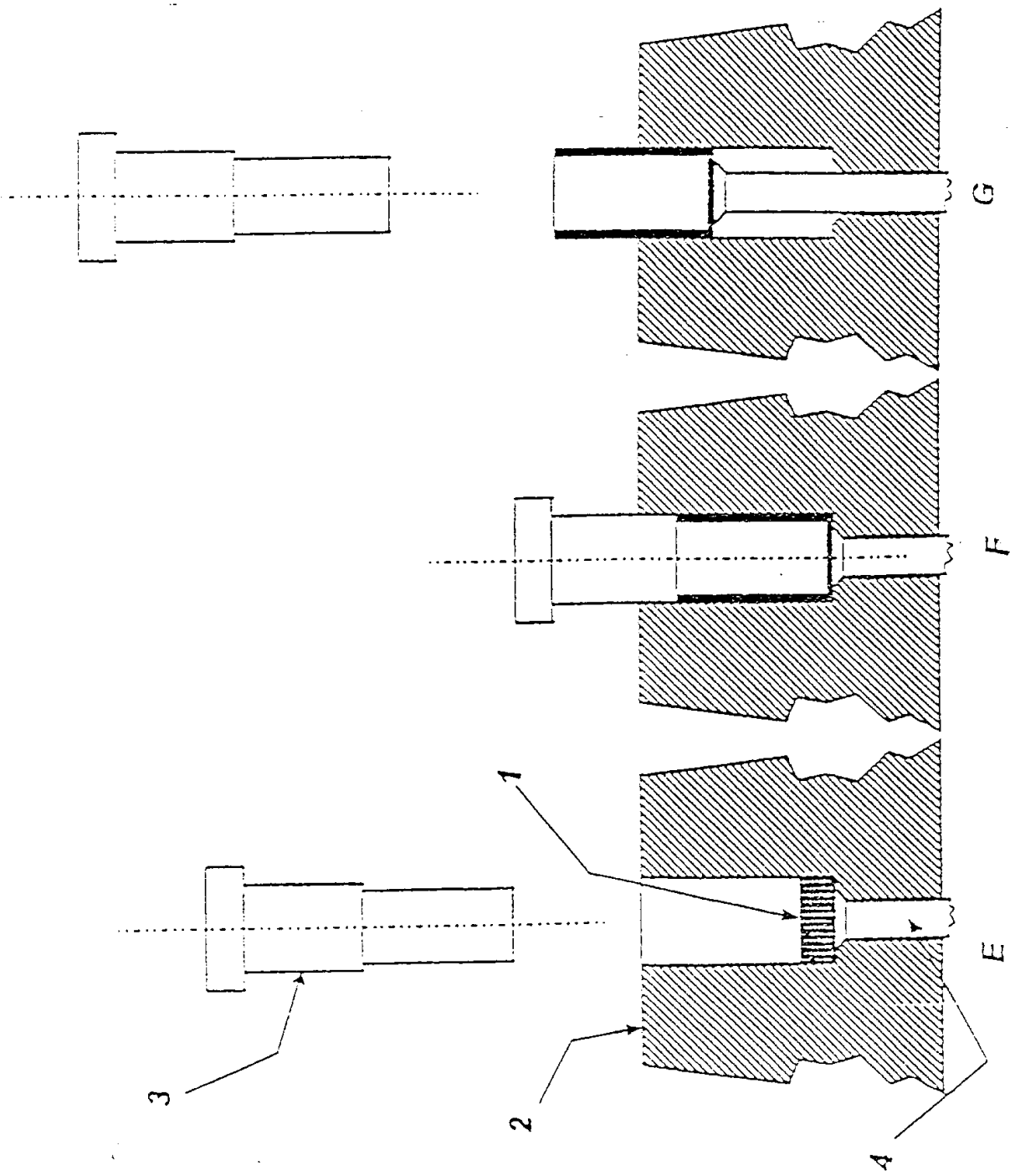


图3：杯状一向后一冲压（实施例3）