[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B22C 9/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580034799.5

[45] 授权公告日 2010 年 1 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 100579686C

[22] 申请日 2005.8.25
[21] 申请号 200580034799.5
[30] 优先权
[32] 2004. 8.25 [33] US [31] 60/604,621
[86] 国际申请 PCT/US2005/030392 2005.8.25
[87] 国际公布 WO2006/026423 英 2006.3.9
[85] 进入国家阶段日期 2007.4.12
[73] 专利权人 马丁·佐尔丹
地址 美国密执安
[72] 发明人 马丁·佐尔丹
[56] 参考文献
US6773650B1 2004.8.10
JP55 - 97844A 1980.7.25
US5962567A 1999.10.5
JP60 - 223640A 1985.11.8
CN1294951A 2001.5.16
CN2517945Y 2002.10.23
US4217949 1980.8.19
US2004/0026060A1 2004.2.12
FR2625455A1 1989.7.7
审查员 张 琛
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 蒋旭荣

权利要求书 2 页 说明书 31 页

[54] 发明名称

预应力砂芯

[57] 摘要

本发明提供了利用预应力砂芯来取代对铸件钻孔作业的方法。 该方法被用来在冷型芯盒工艺中制造长柱状的砂芯。 聚氨酯砂芯被置于压缩状态，以增大砂芯在被搬运过程中、以及在被放入到铸模中时的强度。 预应力的聚氨酯砂芯被放入到铸模中，从而在铸模中形成空腔。 熔融金属被浇注进去，以便于在铸件中形成空腔。 在铸造过程中，预应力聚氨酯砂芯可保持其最初的形状。

1. 一种用于制造砂芯的方法，该方法包括步骤：

通过牵拉线材的端部使它们相互分开而向该线材施加处于屈服点之内的张紧力；

将型砂－粘接剂混合物施加到线材的周围，以形成预定的形状；

使型砂－粘接剂混合物发生硬化；以及

释放线材中的张紧力；

其中，线材的各端部具有与该线材直径方向垂直的突起，从而，当张紧力被释放时，在突起挤压着型砂－粘接剂混合物之处，该突起封闭着所述型砂－粘接剂混合物。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述粘接剂是聚氨酯。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：另外还向型砂－粘接剂混合物中施加了催化剂，其中，该催化剂加速型砂－粘接剂混合物的硬化。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：通过将型砂－粘接剂混合物施加到处于型芯盒空洞中的线材上而确定砂芯的形状，其中，型芯盒的空洞具有该预定的形状。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于：当线材被放入到型芯盒时向线材施加张紧力。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述预定的形状是线性的圆柱状。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述预定的形状是线性的三角状。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述预定的形状是线性的矩形状。

9. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述预定的形状是不对称的。

10. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述砂芯是冷型芯。

11. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述砂芯是热型芯。

12. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述砂芯是薄壳型芯。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述砂芯适于放置到铸模中并制造铸模的铸件。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：铸件包括铝、铸铁、镁、或钢。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：砂芯被以直的形状放置到铸模中。

16. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：砂芯被以弯曲的形状放置到铸模中。

17. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：砂芯被以“之”字形的形状放置到铸模中。

18. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：砂芯被以链状放置到铸模中。

19. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：两个或多个砂芯被放置到铸模中，且这两个或多个砂芯相互连接起来。

20. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于：在铸件的固化过程中，所述砂芯能够将热量从线材排放出去。

21. 用根据权利要求 1 的方法所制得的砂芯。

预应力砂芯

与相关申请的交叉引用

本申请要求享有第 60/604621 号美国临时专利申请的优先权，该临时申请是在 2004 年 8 月 25 日提交的，其全部内容被结合到本申请中作为参考。

技术领域

本发明涉及对使用聚氨酯砂芯的方法的改进，并能达到更高的质量，同时还利于聚氨酯砂芯的制造过程。本发明还涉及对制造工艺的改进，其利用铸造取代了深孔钻操作，从而改善了制造工艺过程的工作周期。

背景技术

迄今为止，人们已采用了多种制造方法来加工金属、塑料以及陶瓷。现已广泛地采用铸造工艺，以其作为机械加工的一部分，用以对金属进行制作。喷射铸造法已被广泛地用来制造模制塑料件或陶瓷件。对于上述材料的这些制造工艺，一般使用金属型芯（非崩解性的）或崩解性型芯来制造那些具有中空部分和/或底切部分的物体。

前者的金属芯只能被用在下列的情况中：型芯可被从铸模中直接取出，或者在制出的物体变形后从铸模中取出。因而，金属型芯的使用被限定在特定的有限范围内。后者的崩解性型芯通常是由型砂制成的，因而存在如下的缺点：砂芯难于被制成预定的形状，且存在易于碎裂的趋势，由此使其难于被搬运。另外，砂芯无法满足如下的相互矛盾的要求：在加工制造过程中，需要具有耐压性，而在完成制造之后，需要具有易碎裂特性。

在此方面，在金属铸造领域中，近来已有人提出了如下的建议：采用表面被涂覆了特定涂覆材料的砂芯，以此来提高铸造过程中的耐压性。被涂覆后的砂芯被用在铸模中。但是，即使采用这样的涂覆砂

芯也存在如下的困难:

(1)需要在砂芯上形成多层涂覆材料,由此使得涂覆层难于形成。这种费事的操作会增加工艺流程的步骤数目,同时会增大制造过程的工时和成本。

(2)在铸造之后,难于完全清除掉作为涂覆材料和砂芯的组成成分的粘接剂。通常通过对型芯的型砂进行燃烧或加热来清除粘接剂。燃烧步骤增加了工艺流程的步骤数目,同时增加制造过程的工时和成本。

(3)砂芯难于被制成,且在制造过程中需要复杂的设备和相当的步骤。另外,砂芯易于碎裂,因而难于进行搬运,从而增加了生产过程的步骤数目,同时降低了铸造生产的产量。

(4)在铸造过程中,需要执行复杂的压力调控,以防止砂芯出现碎裂。另外,在铸造之后,难于使砂芯完全碎裂。上述的情况就要求增设砂芯热处理步骤、除砂步骤、以及用于从制成铸件(产品)中去除型砂的检查步骤,这会增加生产过程的步骤数目,从而增大了制造过程的工时和成本。

(5)在铸造过程中,会出现熔融金属透入到砂芯的砂粒之间、且砂芯的成分渗透到铸件(产品)中的情况。这些现象趋于在铸件上形成小孔或空腔,从而降低了铸件(产品)的产量和生产率。

(6)在铸造之后难于将砂芯的型砂完全去除掉,从而会有型砂附着在铸件(产品)上,由此造成铸件(产品)的磨损和损坏。

(7)制造复杂和/或大型的铸件是困难的,或者是基本不可能的。这就将采用砂芯的铸造方法限制到了非常狭窄的应用范围内,进而为铸件的设计和制造带来了不便。

(8)由于砂芯中含有难于完全清除掉的涂覆材料和粘接剂,所以难于重复使用砂芯的型砂。为了重复使用砂芯的型砂,需要在制造过程中增加另外的步骤,由此会增加制造过程的工时和成本。

(9)采用砂芯和深孔钻的铸造方法通常要由如下的步骤来完成,这些步骤需要增加工时和成本:(a)形成砂芯;(b)对砂芯进行涂覆;

（c）对砂芯进行干燥；（d）形成铸模；（e）倾注熔融金属以完成铸造操作；（f）从铸件（产品）中去除型砂；（g）对铸件（产品）上的型砂进行热处理；（h）检查除砂工作是否完成；（i）去除铸件（产品）上的毛刺；（j）将铸件产品送到机加工生产线；（k）钻出机加工孔以对铸件（产品）进行调整；（l）在铸件（产品）中钻出必要的孔；（m）获得完成的铸件（产品）。

可以理解：用于铸造铁和镁的模制方法（采用砂芯）同样会遇到铸造方法所存在的上述问题。

对于取代深孔钻的现有技术的描述

迄今为止，人们已经采用了多种钻孔方法来对金属进行加工。人们广泛地采用机加工方法来加工金属。在连续生产线过程中，要使用CNC机床中的高速机加工刀具以及标准的碳化物深孔钻头。

对于深孔钻方法而言，需要很大的资金来建造深孔钻工作台，并需要进行维护，以维持机加工过程的正常进行。采用这些方法存在如下的缺点：

（1）难于对冷却剂流进行调控，造成深孔钻头发生断裂。

（2）深孔钻头的使用超过其预期寿命，同样会造成深孔钻头的断裂。

（3）停下生产线以更换深孔钻头会减小机加工生产线的循环时间；

（4）对深孔钻工作台的维护保养和部件更换工作包括加衬、夹紧等。

发明内容

本发明的目的在于提供一种改进的、通过使用预应力砂芯来制造物品的方法及该方法所制造的物品，本发明克服了现有类似方法和物品所存在的缺陷。

本发明的另一目的是提供一种改进的、通过使用预应力砂芯来制造物品的方法及该方法所制造的物品，利用该方法能获得高质量的物品，同时，即使物品为中空的形状，也能减少制造过程中砂芯的破损

数目。

本发明的一个方面在于一种制造物品的方法，其包括如下的依次步骤：将线材放置到冷的型芯盒中；夹紧线材的端部；所述夹紧件对所述线材施加张紧力；然后将型芯盒闭合，并环绕着线材形成聚氨酯型芯；将型芯盒分开，释放线材中的张紧力，使型芯处于压缩状态，这样就形成了型芯。其中，线材的各端部具有与该线材直径方向垂直的突起，从而，当张紧力被释放时，在突起挤压着型砂－粘接剂混合物之处，该突起封闭着所述型砂－粘接剂混合物。

本发明的另一方面在于：该型芯被用在制造模具中，该制造模具用于制造具有至少一个中空截面的物品，这样就形成了预应力砂芯。

根据本发明的原理，可获得如下的有利效果：（1）使用不容易碎裂的预应力聚氨酯砂芯有利于在铸模中制造型芯，因此减少了型芯的破损，并简化了生产过程，减少了生产过程中的步骤数，同时减少了制造过程的工时和成本。（2）即使在野蛮搬运的情况下，预应力聚氨酯砂芯也不易于破坏，从而变得易于进行搬运，由此便于对其进行运送和存储。（3）预应力聚氨酯砂芯减少了型芯在铸件中的破损，因而，不会有任何型芯碎片嵌入到铸件（产品）中，由此避免了在铸件（产品）中形成小孔或空腔。这就防止了生产出缺陷产品，从而提高了铸件（产品）的产量和生产率，进而获得了高质量的铸件（产品）。（4）预应力聚氨酯砂芯使得铸件（产品）的中空截面易于成形。（5）该中空截面取代了在铸件（产品）中进行钻孔的工作。（6）从而就将深孔钻工作台从生产流程中去掉。（7）同样也省去了对深孔钻工作台的维护。此外，还提高了强度，因而，不论铸件的尺寸多大，都能制造出具有完整形状和全部尺寸的铸件，从而扩展了铸造工艺的应用范围。

线材被放置到型芯盒（固结器[binder]）的下部中。将线材的各端锁定并保持就位的夹紧件位于固结器内部。固结器的上半部下降到固结器的下半部分上，并结合到一起。随着固结器的闭合，各端的夹紧件相互远离，从而在线材中造成张紧力，直到夹紧件达到设定的距离为止。混有树脂的型砂被吹入到型芯盒中，然后再将催化剂吹入到附近，以使型砂和树脂包围着线材发生硬化。当完成了催化反应后，将固结器的上下两半分开。由于固结器的两半部分分离开，夹紧件将线

材放松。当线材被夹紧件释放时，其开始收缩，从而使砂芯处于压缩状态。处于压缩状态下的聚氨酯砂芯具有很好的工作效果，但是，线材的收缩量连总距离的一小部分也无法达到，其无法收缩到原先的状态。这就使得线材仍然处于张力状态，同时，砂芯仍然处于压缩状态。

具体实施方式

根据本发明的方法，预应力砂芯被用于形成制造模具，该制造模具采用了宽度尺寸更小、树脂含量更低的砂芯，而现有技术中从未使用过这样的砂芯。此前，预应力砂芯似乎不可能被用作制造模具的型芯。这样形成的、使用了预应力砂芯的制造模具被用来生产铸件（产品）。预应力砂芯尤其适于制造圆筒形状的物品。在制造过程中，需要预应力砂芯具有耐压性或非碎裂特性，在制造完成之后，则需要其具有碎裂特性，而这两方面的特性是相互矛盾的。另外，优选地是，需要预应力砂芯在制造过程中不对产品造成影响，也就是说，其不应当是脆弱的，应当避免出现型芯破损的情况。

优选地是，该预应力砂芯被用在铸模中，以利用铸造工艺来制造铸件（产品），且该铸件是围绕着圆筒形状而形成的。因而，对第一实施方式的讨论将基于一种铸件制造方法（铸造方法）来展开，该方法采用了圆筒形的砂芯（预应力砂芯），且采用了重力铸造和低重力铸造的工艺。在该实施方式中，预应力砂芯是用酚醛树脂冷砂芯箱盒固结器的方法制成的，并形成了S形。预应力砂芯被固定地布置在上模与下模之间，从而就形成了铸造模具。预应力砂芯的一端或两端被固定地安装在上模与下模之间。在上模、下模与预应力砂芯之间形成空腔。空腔的形状对应于将要铸造形成的铸件（产品）的形状。

金属材料（例如铝）的熔融金属被加压注入到铸模中形成的空腔中，以获得与空腔形状对应的铸件（产品）。可以理解：可选择各种金属作为熔融金属的金属材料，以对应于所要制造的铸件（产品）的材料。

通过打开铸模来取出所形成的铸件（产品），这样就完成了铸造过程。而后，将不需要的部分（例如毛刺）从铸件（产品）上去除掉，

这样就获得另外所需的完工或成品铸件。这种采用预应力砂芯的铸造方法有效地防止了型芯在铸造过程中发生破碎，由此使得铸件（产品）具有改良的外观和性能质量。另外，该（根据本发明的）实施例中的铸造方法取消了钻孔机加工过程，而广泛采用的、使用砂芯的普通铸造方法则具有该机加工过程。普通的铸造方法通常包括如下的步骤：（1）形成砂芯；（2）对砂芯进行干燥；（3）将砂芯从型芯盒中取出；（4）将砂芯运送到传送带上，并将砂芯放入到铸模中；（5）注入熔融金属，以完成铸造过程；（6）将型砂从铸件（产品）中除去；（7）对铸件（产品）上的型砂执行加热处理；（8）检查除砂操作是否彻底；（9）从铸件（产品）上去除冒口和毛刺；（10）获得完整的铸件（产品）；（11）用深孔钻头在铸件（产品）上钻出孔洞；（12）对钻孔操作进行维护；（13）在深孔钻头变钝时进行更换或再磨锐；（14）当深孔钻头断裂时，减慢生产流程，以进行更换；（15）以正确的化学组成比例供应冷却剂。可以理解：在根据本发明该实施方式的铸造方法中，上述的步骤（11）、（12）、（13）、（14）、（15）成为不必要的，可被取消。如上文所讨论的那样，相比于广泛采用的、使用砂芯的普通铸造方法，根据本发明该实施方式的铸造方法可有效地获得高质量的铸件（产品），同时能极大地减少形成孔洞的步骤数，并增强砂芯的性能。

在铸造过程（从浇注熔融金属时到熔融金属固化之后的时间段）中，上文提到的预应力砂芯可保持其最初的形状，从而有助于形成所需的铸件（产品）。但是，在铸造之后，受注入并固化的熔融金属的残余热的作用，预应力砂芯的表面会受到灼烧，在铸件（产品）被从铸模中取出之后，通过人工或热处理方法来清除砂芯，从而，在所制得的铸件（产品）中不会留下任何与预应力砂芯相对应的残余材料。在上述的铸造方法中，当熔融金属达到铸模的空腔中时，所注入的熔融金属的初始温度（在熔融铝材的情况下，该温度例如约为 660℃）会被显著地降低，这就能带来如下的状况：即使在铸造过程中，预应力砂芯也可保持其最初的形状。另外，在温度和自身潜热的作用下，预应力砂芯保持着最初的形状。在完成了将熔融金属浇注到铸模空腔中

的工作之后，如果已经经过了使熔融金属固化的预定时间，则最后就利用热处理和人工方法将预应力砂芯除去。

如上文讨论的那样，既需要预应力砂芯在铸造过程中具有耐受压力（挤压）的性能和非碎裂特性，又需要其在铸造之后具有碎裂性，而这两方面的要求是矛盾的，而且，优选地是，要求其在铸造过程中不对铸件（产品）造成影响，也就是说，不具有产生大量气体的特性。

尽管上文将本发明的铸造方法描述和介绍为适于用在金属模重力铸造的场合，但可以理解：本发明的原理还可被应用于砂模重力铸造、低压铸造、精密铸造等场合。

按照本发明的铸造方法，所制得的铸件（产品）可具有多种规格的圆筒尺寸。

可以理解：可对该铸造方法进行改动，以进一步提高性能以及所制得铸件（产品）的质量。

本发明的铸造方法具有如下的有利效果。

（1）使用不容易碎裂的预应力砂芯有利于在铸模中制造型芯，因此简化了铸造设备，减少了生产过程中的步骤数，同时减少了制造过程的工时和成本。

（2）即使在野蛮搬运的情况下，预应力砂芯也不易于破坏，从而变得易于进行搬运，由此便于对其进行运送和存储。另外，也不必要在铸造过程中对压力进行调控，从而减少了生产过程中的步骤数，同时减少了制造过程的工时和成本。

（3）预应力砂芯使得铸件（产品）的中空截面易于成形。另外，还提高了强度，因而，不论铸件为何种形状和尺寸，都能制造出具有完整形状和全尺寸的铸件，从而扩展了铸造工艺的应用范围。

（4）预应力砂芯被设计成既能在铸造过程中具有耐压性和非碎裂特性，又能在铸造之后具有碎裂性，而这两方面的要求是矛盾的。因而，可防止熔融金属透入到铸件（产品）中，同时无需在铸造过程中对压力进行控制。另外，有利于在铸造之后将预应力砂芯完全破碎并清除出去。

尽管在该实施方式中已对该铸造方法进行了介绍和描述，但可以理解：本发明的原理可被用来铸造高质量的铁和镁，因而同时也有利于生产过程。另外，不难理解：本发明的预应力砂芯可被用在铸造铁或镁铸件（产品）的铸模中，在这样的场合下，预应力砂芯可实现与铸造铝铸件（产品）时类似的有利效果，同时还解决了对应的现有技术所存在的问题。

尽管上文介绍的是将预应力砂芯制成圆柱形的情况，但可以理解：预应力砂芯可被应用到任何冷型芯盒上，且砂芯中芯部低树脂含量的结构薄弱区可通过由线材施加压力来增加强度，并能利用人工方法或热处理来除去砂芯。尽管上文将预应力砂芯介绍并描述为取代了为铝铸件（产品）执行深孔钻的机加工作业，该预应力砂芯还可被用来对铁和镁进行铸造，其能满足相互矛盾的条件（在制造过程中的耐压性和制造之后的碎裂性）。

在优选的实施方式中，本发明涉及如下的方法：

金属线被布置到一种装置中，且该金属线的各端被夹紧件保持在装置中，夹紧件逐步拉伸金属线的各端，向金属线施加张紧力。

装置将金属线的张紧保持在该金属线材料的屈服点之内。

布置了金属线的该装置被称为型芯盒固结器，将聚氨酯型砂的混合物吹入到所述装置中，从而围绕着金属线形成砂芯。

该装置是固定设备，其是为吹入到型芯盒中的聚氨酯型砂混合物而设计的，所述的混合物被以设定的 psi 压力值吹入，且被吹入到型芯盒中的聚氨酯型砂混合物形成了砂芯的形状，此条件下，所述混合物为砂芯的形状，且液态或气态的催化剂被加压吹入到型芯盒中，以使得所述混合物在非常短的时间内硬化。

被布置到型芯盒中的金属线被用到直线形的圆柱砂芯中，该砂芯是围绕着该金属线形成的，且由催化剂进行了硬化。

被布置到型芯盒中的金属线被用到直线形的三角形柱状砂芯中，所述砂芯是围绕着该金属线形成的，且由催化剂进行了硬化。

被布置到型芯盒中的金属线被用到直线形的矩形柱状砂芯中，所

述砂芯是围绕着该金属线形成的，且由催化剂进行了硬化。

被布置到型芯盒中的金属线被用到不定形的砂芯中，且金属线被按照线性的方式进行布置，其中，所述砂芯是围绕着金属线形成的，且由催化剂进行了硬化。

位于线材各端的夹紧件被释放，在完成了整个砂芯形成过程之后，线材仍然处于张紧状态，其具有设定的压力值（磅/平方英寸）。

一旦夹紧件将金属线释放之后，金属线将恢复到原先的形状，而后将被置于张紧状态。

金属线具有与其直径垂直的突出或圆形造型，此条件下，所述圆形造型被结合到金属线上，以防止其移动，且所述的造型被设置到砂芯的各端处。

一旦夹紧件被释放之后，所述造型将沿着金属线收缩，随着所述金属造型的收缩，环绕着金属线形成的聚氨酯砂芯将受到压缩。

随着造型的收缩，其将对围绕着金属线形成的砂芯进行压缩，这将使砂芯处于压缩状态，从而增大了砂芯的强度，由此，对砂芯的压缩不会超过砂芯的极限强度。

可使用任何具有拉伸特性的金属线，只要所使用的金属线没有超过砂芯的极限压缩强度即可。

这一流程被用于冷芯、热芯、薄壳型芯盒工艺，并将砂芯置于预应力的状况，此条件下，使用圆柱形的砂芯来取代对铝、铸铁、镁、和钢铸件所执行的深孔钻作业。

这一流程被用于冷芯、热芯、薄壳型芯盒工艺，并将砂芯置于预应力的状况，此条件下，预应力的砂芯被用来在铝、铸铁、镁、以及钢铸件中形成空腔。

清除预应力砂芯的方法或者可由振动器来完成，以便于先除去型砂，然后再去掉线材本身，或者可通过对铸件执行热处理来完成，这将燃烧掉树脂，只将线材留在那里，从而易于将其取出，或者还可在铸件固化之后将砂芯与线材一起从铸件中取出。

砂芯中的线材使得砂芯可在不发生断裂的前提下进行弯曲。砂芯

可一直弯曲到使砂芯外侧壁的拉伸强度达到极限强度或开始剥落或开裂为止。

可将砂芯制成直线柱体的形式，然后在将其放入到铸模中时，可将其弯曲成弧形或曲线形。在铸件凝固后，曲线形的结构将能在铸件中形成曲线筒形式的空腔。所述的柱状包括矩形柱状、三角形柱状和圆柱状。

预应力砂芯的线材被布置到型芯盒的整个长度范围内，并在型芯盒内弯曲，以形成弯曲的预应力砂芯。从线材突伸出的突起将顶压着型芯盒的壁面，从而将线材保持在型芯盒空腔中的设定位置处。这样就在型芯盒中形成了弯曲的砂芯。

在型芯盒中，可将线材布置成“之”字形。从而在型芯盒中可围绕着线材形成“之”字形的砂芯。类似地，还可将线材以链状布置在型芯盒中。

在砂芯非常细薄的区域处应用了预应力线材。在型芯盒空腔的某个部分处布置了线材，以对砂芯的细薄部分施加预应力。线材的两端被夹紧。该线材的一端与砂芯线材成一直线，而另一端则具有与该砂芯线材垂直的突起。垂直的突起被夹在型芯盒中，以便于在线材中形成张紧力。

在砂芯非常细薄的区域处应用了预应力线材。在型芯盒空腔的某个部分处布置了线材，以对砂芯的细薄部分施加预应力。线材的两端被夹紧。且线材两端则都具有与线材垂直的突起。垂直的突起被夹在型芯盒中，以便于在线材中形成张紧力。

在砂芯非常细薄的区域处应用了预应力线材。在型芯盒空腔的某个部分处布置了线材，以对砂芯的细薄部分施加预应力。线材的两端被夹紧。且线材两端都与砂芯成一直线，并被夹紧。

可利用连接件将线材与另外的线材连接起来。每一线材的端部都与连接件连接起来，以形成更长的线材。各根线材的端部可被重复地连接起来，以获得不受限的长度。

连接件是与线材分开的部件，其将两分开线材的两个端部连接到

一起。该连接件使得在新形状的线材中产生预应力。

线材带有钩扣形的端部。线材端部的形状被设计成可与另一线材的另一端部钩接，从而形成更长的线材。且这样的结构允许在具有新形状的线材中产生预应力。

连接件或钩扣形端部能允许线材翻转 180 度。

由较小线材通过连接件连接到一起而形成的线材被以线形的结构放入到型芯盒中，且被置于预应力状态。

在型芯盒中形成的预应力复合型芯的线材是由较小的线材利用连接件或钩扣形的端部连接而成的。连接件或钩扣形端是暴露着的，且与型芯的直径相同。型芯在连接件处弯曲，以形成所需的“之”字形。带有连接件的“之”字形复合型芯被放入到铸件中，以形成“之”字形的空腔。

由连接件或钩扣形端连接起来的小线材能形成螺旋形的线圈。连接件或钩扣形的端部具有小的突起，这些突起顶靠着型芯盒的壁面。在型芯盒中制出型芯之前，先将线材置于预应力状态。螺旋形的型芯被从型芯盒中取出，并被放入到铸件中，以形成螺旋形的线圈空腔。

由连接件或钩扣形端部连接起来的小线材能形成卷曲的 q 形型芯。连接件或钩扣形的端部具有小的突起，这些突起顶压着型芯盒的壁面。在型芯盒中制出型芯之前，先将线材置于预应力状态。卷曲的 q 形型芯被从型芯盒中取出，并被放入到铸件中，以形成卷曲 q 形的空腔。

由连接件或钩扣形端部连接起来的小线材能形成不定形的型芯。连接件具有小的突起，这些突起顶压着型芯盒的壁面。在型芯盒中制出型芯之前，先将线材置于预应力状态。不定形的型芯被从型芯盒中取出，并被放入到铸件中，以形成不定形的空腔。

顶靠着型芯盒壁面的突起必须是由如下的材料形成的：当围绕着型芯形成铸件，从而在铸件中形成空腔时，其不会粘连到铸件中，从而便于将型芯线材从铸件中取出。

下面将通过一些实施例来对本发明的优选实施方式进行描述。本

领域技术人员通过对此处说明书的理解或通过对文中所介绍发明的实践，能清楚地认识到在权利要求书的范围内，还存在其它的实施方式。说明书以及实施例被看作仅是示例性的，本发明的范围和核心思想是由实施例后的权利要求来限定的。

实施例：预应力砂芯

有关该实施例的细节公开在 Wayne 州立大学机械工程系的 Martin Zoldan 2005 MS Thesis 上，并被公开在于 2004 年 8 月 25 日提交的第 60/604621 号美国临时专利申请上，该申请的内容被结合到本申请中作为参考。

汽车工业中的发动机厂和机加工公司花费了几百万美元来执行机加工和钻孔，以在铸件上钻出孔洞。现有的铸造工艺采用了如下的方法，该方法适合于多种用途。此处所描述的方法可被用于处理铝、铸铁、钢、以及镁，且适用于多种铸造方法。这些合适的铸造方法可用于低重力铸造工艺、高重力铸造工艺、消失模铸造工艺（loss foam）、以及压模铸造工艺。该方法所适合的砂芯工艺是壳型工艺（shell）、自硬性工艺、热型芯盒工艺、以及冷型芯盒工艺。此处提出的方法利用预应力砂芯取代了在铸件中的钻孔作业。铸件是用在发动机组件中的缸盖和缸体。并非在机加工过程中加工出孔洞，而是在铸造过程中形成孔洞。所提出的方法将取代深孔钻工艺，用在现有的应用场合中，以形成贯通缸盖的机油道。砂芯为长柱体的形式，其是由冷型芯盒工艺制成的，且通过将线材放入到型芯盒中、并对线材施加预应力来将砂芯置于压缩状态。因而，砂芯是围绕着线材制成的。将砂芯置于压缩状态的直接结果就是增大了砂芯在被搬运放入到铸模中和浇注过程中的强度。增大砂芯的强度将能缩短缸盖制造的生产周期，并消除了由于在铸件中钻孔所带来的问题。那些将被消除的问题是深孔钻头的断裂、以及在对铸件进行钻孔之后铸件中孔隙的敞露。预应力砂芯被放入到铸模中，从而在铸模中形成空腔。熔融金属（例如铝）被浇注进去，以便于在铸件内部形成空腔。在铸造过程中，预应力砂芯可保持其原始形状。对实际产品执行了两项试验，利用拉力测定仪对砂芯

进行挤压，并利用拉力测定仪的夹具执行横向试验。并对热学特性进行了计算，以确定砂芯在浇注过程中的性能。

下面介绍该方法的详细情况。

冷型芯盒中的砂芯是由型砂和树脂制成的。砂芯非常脆弱，难于被从型芯盒中取出或进行搬运。需要在不加大树脂含量的前提下提高型芯的强度。如果增大树脂的含量，则砂芯会变得太硬，从而无法借助于热处理或振动器将其清除出去。

利用冷型芯盒工艺制成的砂芯具有此前尚无的特性。型砂的压缩特性与混凝土的压缩特性类似。可在不对砂芯制造过程造成影响的前提下对型芯进行压缩，因而，可改善砂芯的质量和性能。

利用冷型芯盒工艺来制造该砂芯的原理与通过在混凝土中放入钢筋来增强混凝土的原理相同，这样的设置将使混凝土处于压缩状态，而钢筋处于张紧状态。通过将线材布置在型芯盒中、并向线材施加张紧力，可围绕着线材形成砂芯。允许线材收缩向其最初的形状，这将把型芯置于压缩状态，因而，砂芯采用了与增强混凝土一样的原理。

制造用于吹制砂芯的设备

将线材放入到砂芯中、并使复合砂芯经受一系列测试是本发明的一部分需求，以便于验证对砂芯施加预应力的理论。制造一种围绕着线材形成的砂芯，其长度为 26″，直径为 1/2″，这是本发明要求的另一部分。砂芯不得不在如下的条件下制出：目前尚未存在能制造这种砂芯的设备。为了制造内部带有线材的型芯，必须要设计能将线材保持定位、并能安全工作的型芯盒。

下面将介绍整个型芯盒以及管路系统。

下型芯盒被放置到用作水平面的基板上。基板是尺寸为 4″×1″×40″的钢板。在基板上安装了两个夹紧件：一个固定的夹紧件和一个可调节的夹紧件。两夹紧件之间分开足够的间隙空间，以便于将下型芯盒布置到它们之间。一根 36″的线材被布置到下型芯盒的空腔中，该线材上安装木梢钉，线材位于两夹紧件上，并直接位于插入到两夹紧件中的各粗齿扁锉插入件上。尺寸为 1/4″×1″×2″的粗齿扁锉被置于线材

上，以将线材夹置住。然后，尺寸为 1/4″×1″×2″的平面钢板被放置到扁锉的顶部。然后将两个 1/4－20 的凹头螺钉经 1/4″×1″×2″扁锉以及钢板上钻出的孔洞而插入，以便于攻入到两个夹紧件中。可使用 3/16″的方孔螺钉头用扳手来旋紧凹头螺钉。随着凹头螺钉被旋紧，1/4″×1″×2″板件和 NO. 00 号粗齿扁锉也被收紧了。粗齿扁锉对布置在它们之间的线材施加了很大的夹紧力，使用 5/16″的方孔螺钉头用扳手来移动可调节夹紧件的位置，并使用刻度尺来测量该夹紧件的位移，以确定线材所受张紧力的大小。

利用位于各端的木把手将上型芯盒抓取。上型芯盒上的导向柱将与下型芯盒上的衬套对正，并被置于这些衬套中，这样就组装成了一个整体单元。在工作过程中，被置于衬套中的导向柱将上、下型芯盒保持在一起。

然后是吹砂板。吹砂板上的吹砂孔与上型芯盒顶部的出砂孔对正并放入到其中。

然后，将与管路系统相连的导管板连接到吹砂板上。导管板具有两个半部：上导管板和下导管板。吹砂板上的木钉与导管板对正。特别设计的导管板被放置到上型芯盒的顶部上。在上导管板的顶部中旋入了 2″的短管接头。在短管接头的上部旋接了 2″的钟形缩管接头，且在该钟形缩管接头上旋接了 2″×18″的导管。该 2″×18″的导管将被切割到适当的尺寸，其保持为敞口状态，直到系统被固定好为止。此条件下，采用管夹来将导管板—管路系统安装到型芯盒组件上。可通过将管夹的上部布置到导管板的上部、并将管夹的下部置于水平面的下方来完成此操作。平面位于型芯盒－管路系统的下方。这就确保了型芯盒－管路系统位于平面上，以形成一个整体单元。为了将系统安装到一起，共使用了四个管夹。

这样，系统就被固定起来了，型砂－树脂复合物需要被混合好，以备浇注到 2″×18″导管的开口端中。

型砂－树脂混合物是按照如下的方式制备而成的。在数字天平上称出 1000g 硅砂。

计算出树脂的所需含量，然后在数字天平上称出这些树脂。如果需要 1.1%的树脂，则将 1000g 型砂乘以 0.011。计算的结果是 11g。因而需要称出 11g 树脂。树脂要与型砂用数字天平分开地称出。需要使用滴管来从容器中提取树脂，并将树脂滴到位于数字天平上的量杯中，直到达到 11g 为止（参见上文的图 III.4）。将流动试剂混合到树脂中，以促进树脂－型砂混合物在管路系统中的流动。流动试剂的使用量为树脂量的 0.04%。在此情况下，11g 树脂与 0.0004 相乘，算式的结果为 0.0044g。使用滴管来将所需量的流动试剂滴到盛有 11g 树脂的量杯中。将型砂倾倒到碗体内，该碗体即为厨房台板混合器的部件。然后将所需含量的树脂以及流动试剂倾倒到同一个碗体中，使其位于型砂的上部。用混合器将树脂与型砂混合到一起，从而用这两种组分形成了一种混合物。

制成的混合物通过漏斗（参见上面的图 III.6）被倾倒到 2″×18″导管的端部中。一旦混合物被倾倒进去之后，将 2″钟形缩管接头旋接上去。在钟形缩管接头的上方接了 3/4″×2″的短管接头以及 3/4″的球阀，然后再接了 3/8″的缩管接头，然后再旋接了凸形 schroder 阀，这些部件按照上文的次序依次旋接在相互之间的顶部。

Schroder 阀的配对凹形部件被锁定到阳部件上。阴部件被连接到与空气压缩机相连的软管上。这样，整个系统就完备了，球阀的阀件被转到开启位置。

压力约为 90psi 的空气从软管流到 2″×18″的导管中，此时，型砂位于导管中。空气的作用力将型砂吹入到管路系统的其余部分中。型砂流经木质的空腔，然后再进入到吹砂板的吹砂孔中。然后，型砂将流入到型芯盒的空腔中，以围绕着线材形成所需形状的砂芯。一旦阀件被开启了约 10 秒、且型砂被吹入到型芯盒中之后，将阀件关闭。

管路系统首先被拆去，直至拆卸 2″×18″导管。需要这样做来拆卸管夹。完全组装完成后的管路系统太过笨重，难于一次完全拆除，需要分段进行拆除。然后再将管夹拆去。之后将吹砂板从上型芯盒上抬起。木质的吹砂板被布置在上型芯盒的上方。从 CO_2 储罐引出的软管

的开口端被接到木质空腔顶部的 1″孔洞上。将 CO_2 储罐打开，并将 CO_2 的压力调定到 40psi，以将 CO_2 泵送到木质空腔中，CO_2 将用 35 秒的时间流入到型芯盒中。对催化剂而言，35 秒的时间限制足以将型砂－树脂砂芯硬化。

木质的吹砂板被从上型芯盒上抬起。使用 5/16″的方孔螺钉头用扳手将可调节的夹紧件放松，以释放线材中的张紧力。然后，3/16″的方孔螺钉头用扳手将凹头螺钉放松，此操作将把位于型芯盒各端夹紧件顶部上的 1/4″×1″×2″的平板与扁锉放松。然后，凹头螺钉被从攻制螺纹中拆出。然后将上型芯盒拆去，从而将砂芯露出，以便于将围绕着线材形成的砂芯从下型芯盒的空腔中取出。这样就完成了该砂芯产品。

总之，在将砂芯从型芯盒中取出时，放置在砂芯中的线材就表现出了有利的作用。取出内部不带有线材的砂芯会造成该砂芯的破裂。将线材植入到砂芯中使得砂芯能被取出时保持完好。

线材的材料及其结构特性

钢材料和铝材料被认为适合于预应力砂芯的场合。考虑采用钢材料的原因在于其能胜任混凝土的情况，并能比其它材料更好地胜任浇注过程中的高温。混凝土与型砂具有相同的压缩特性，区别只在于型砂的压缩特性较小之外。对型砂所施加的压力和载荷的数值范围也小于强化混凝土的压力和载荷。钢丝在型砂中的性能表现与其在混凝土中的表现类似。铸件是用铝制成的，用于进行试验的线材也是由铝制成的。铝可被重复熔融以降低成本。

屈服点是指线材在出现永久变形之前具有的磅/平方英寸(psi)数。使用该信息有助于确定多大的压缩能提高砂芯的性能。屈服点揭示了两个重要的因素。第一个因素是线材可移动的距离或伸长量。了解线材能延展多长是重要的。一旦知道了线材可延展多长之后，就知道了线材要恢复到其最初的位置要产生多大的位移。如果该距离大于砂芯能承受的距离，则就存在当在型芯盒中形成砂芯时使砂芯破损的趋势。如果位移的距离不足以对砂芯施加很大的压缩力，则就不能使用这样的线材。第二个因素是 psi 数值。对于相同的延展距离，不同的线材

具有不同的 psi 值。如果 psi 值太大，则在形成砂芯的吹砂过程中，型砂将会被压碎。如果 psi 不够大，则在砂芯上施加的压力将不足。

利用下型芯盒来确定各种材料屈服点的弹性拉伸量。按照如下的过程来进行这种为获得屈服点信息的试验。

在手册中没有找到具体线材的确切信息，且产品制造商并不这样来使用该材料。线材通常被用作焊丝，在焊接场合中，严格地使用材料的屈服点。

将线材放入到型芯盒中，并利用型芯盒对线材进行拉伸，这将能获得线材在屈服点性能方面的信息。用于测试屈服点的型芯盒与用于制造复合砂芯的型芯盒是同一型芯盒。各种直径的线材被放入到型芯盒中，并被固定夹紧件和可调夹紧件夹在型芯盒的各端上。线材具有特殊的量规，随着可调节夹紧件被移动而对线材进行拉伸，量规将对线材进行测量。量规被连接到型芯盒上的固定位置处。量规被布置在线材的端部上—可调夹紧件的那一端，随着可调夹紧件被移动而使得线材被拉伸，该量规对线材进行测量。一旦线材被移动了一定量之后，将线材拆下，然后测量其是否能收缩到原先的长度。然后对该线材进行标号，并搁置到一边。重复进行该过程，直到该直径的线材对于相同的位移表现不出任何弹性拉伸为止。一旦从试验中获得了稳定的相同位移值，则就找到了屈服点的位移部位。

各种直径的钢丝表现出对于 1/8″的弹性拉伸位移具有一致的性能，其一旦被从型芯盒上释放，就能收缩到原先的长度。各种直径的铝丝对于 1/8″的位移也表现出一致的性能。

利用数学方法确定出各种材料的线材在屈服点时的 lbf 值。借助于表 1 中所示的、利用弹性模量的公式来确定钢的屈服点。利用表 2 来计算铝的屈服点和弹性伸长量。

表 1

[（以英寸为单位的长度）（载荷）]=弹性伸长

[（金属面积）（弹性模量）]

[（以英寸为单位的长度）（金属面积）（材料的 psi 值）]=弹性伸

长

[（金属面积）（弹性模量）]

材料的 psi 值 = 弹性伸长（弹性模量）

（以英寸为单位的长度）

100694.44=[0.125″（29×10^6psi）]（1/36″）

各种直径的线材的金属面积为：

（1/8″）$^2\times3.141593=0.012272in^2$；（3/32″）$^2\times3.141593=0.006903in^2$；（1/16″）$^2\times3.141593=0.003068in^2$

各种直径的线材在屈服点时的载荷为：

直径：（线材的面积）（材料的 psi 值）= 材料的 lbf 值

对于 1/8″：（$0.012272in^2$）（100694.44 psi）= 1235.72lbf；

对于 3/32″：（$0.006903in^2$）（100694.44 psi）= 695.094 lbf；

对于 1/16″：（$0.003068in^2$）（100694.44 psi）= 308.9 lbf；

各种直径钢丝在屈服点的位移为 0.125″。各种直径的线材在屈服点的载荷为：

对于 1/8″，载荷为 1235.72 lbf；对于 3/32″，载荷为 695.094 lbf；对于 1/16″，载荷为 308.9 lbf。

表 2

在与线材使用条件相同的状态下，试验并确定了铝材的载荷。在采用了与型芯盒上所用夹紧件类似的夹紧件的张力测定仪上，确定出了线材的极限强度。根据极限强度点、位移、以及此刻所用载荷，确定出材料的 psi 以及材料的弹性模量。因而，能确定出三种直径的材料的 lbf 值。对于 1/16″直径的铝丝，当被夹紧时，其到达屈服点的位移太软了，而且当在该线材上形成螺纹时，其变得太软了。发现铝丝的位移与以发现的各种直径钢丝的屈服点位移为相同的规律。在这些条件下，应尽可能好地确定出屈服点的位移，并表现出 1/8″的屈服点位移。

为了确定出弹性模量，在张力测定仪上对线材进行了试验，获得了在 0.1956″位移的极限强度值为 299 lbf。

材料的 psi 值 = [（材料的 lbf）（1/线材的面积）]

24364.40678 psi = （299 lbf/0.01227″）

弹性模量 = [（以英寸为单位的长度）（材料的 psi）]

[（弹性伸长量）]

4484246.647 = [（36″）（0.01227″）]/（0.1956″）

材料的 psi 值 = = 弹性伸长（弹性模量）

（以英寸为单位的长度）

15570.30086=[0.125″（4.5×10^6psi）]/（36″）

各种直径的线材的金属面积为：

（1/8″）$^2\times3.141593=0.012272in^2$；（3/32″）$^2\times3.141593=0.006903in^2$；（1/16″）$^2\times3.141593=0.003068in^2$

各种直径的线材在屈服点时的载荷为：

直径：（线材的面积）（材料的 psi 值）= 材料的 lbf 值

对于 1/8″：（$0.012272in^2$）（24364.40678 psi）= 191.0787 lbf；

对于 3/32″：（$0.006903in^2$）（24364.40678 psi）= 107.4818 lbf；

对于 1/16″：（$0.003068in^2$）（24364.40678 psi）= 47.77 lbf；

各种直径钢丝在屈服点的位移为 0.125″。各种直径的线材在屈服点的载荷为：

对于 1/8″，载荷为 191.0787 lbf；对于 3/32″，载荷为 107.4818 lbf；对于 1/16″，载荷为 47.77 lbf。

钢丝（在屈服点的 lbf）		铝丝（在屈服点的 lbf）
1/8″	1235.72lbf	191.0787 lbf
3/32″	695.094 lbf	107.4818 lbf
1/16″	308.9 lbf	47.77 lbf

从上文可看出，钢丝在屈服点的载荷约是铝丝在屈服点载荷的 6 倍。

对聚氨酯砂芯进行的压缩试验有助于更好地确定所用线材的误差限。下文将介绍该压缩试验。

不同树脂含量砂芯的压缩和拉伸数据

线材当被放入到砂芯中时，被施加了预应力，从而对砂芯施加了压缩作用。压缩数据表示出了不同树脂含量的砂芯的性能误差。从压缩试验获得的数据表示了极限的压缩强度。极限的压缩强度对应着各种树脂含量下的极限位移和 psi 值。

基于如下的原因而采用了不同的树脂含量:

1. 无论进行多少次检查，生产过程总存在差异。不同的树脂含量会引发由这些差异所带来的问题。

2. 当树脂含量变低时，确定树脂含量的表现。从而存在采用低树脂含量的可能性，进而降低树脂成本。

按照如下方法制得了 Ecolotec 砂芯的压缩试样。型砂－树脂复合物被混合起来，并倾注到直径为 2"、长度为 3"的管道中。带有阀门的缩管接头被旋接到缩管接头上。与空气压缩机相连的软管被连接到阀门上。直径为 2"、长度为 3"的管道与 3/4"的管接头相连，该管接头旋拧到 3/4"的法兰中。3/4"的法兰被旋拧到木质的顶部件中。该木质的顶部件是三个木质件中的其中之一: 其被用于将直径为 2"、长度为 2"的管道保持在一起，而成为整体单元。该直径为 2"、长度为 2"的塑料管被用作型芯盒，以制成试样。其它另外两个木质件位于底部。两侧具有 6.5"长、直径为 1/4"的螺栓，以将 3 个木质件、以及 2"直径的管道夹置到一起。位于底部的两个木质件被旋到一起。设置了直径为 2"、厚度为 1/4"的木质件，其带有贯通的冲孔，其被用作两底部件顶部上通气孔。在这两个部件之间设置了筛网，其被切割到适于被装配到两木质件之间的尺寸。木质底部件的底面上也带有用于通气的冲孔，该冲孔开始于顶部部件。一旦阀门被转到开启位置之后，型砂－树脂复合物就被正好吹入到直径为 2"、长度为 2"的管道中。

型砂－树脂复合物填充了直径为 2"、长度为 2"的管道，从而将空气从该管道中经制在下方两木质件上的通气孔排出。一旦型砂－树脂复合物被吹入到型芯盒中之后，将管路系统拆除，并将 CO_2 催化剂吹入到直径为 2"、长度为 2"的管道中，保持 30 秒钟，以使型砂－树脂复合物固化成为砂芯试样。将砂芯试样从型芯盒管道中取出。对于不

同的树脂含量，重复进行该流程。

将各种试样放到张力测定仪中进行试验。

2.4%树脂的样品	位移	挠曲
屈服点	0.02679″	268.55469 lbs
极限强度点	0.04012″	566.40625 lbs

利用张力测定仪从 2.4%树脂的砂芯试样所获得的数据被用来求得 26″长、直径为 1/2″的砂芯的屈服点和极限强度点。下面的公式确定了 26″的砂芯能承受多大的压缩。

[（长度的英寸数）（载荷）]＝弹性伸长量

[（金属面积）（弹性模量）]

2″*268.555=6379.1951

（pi）（1）（0.02679″）

2″*566.40625=8984.056354

（pi）（1）（0.04012″）

屈服点

材料的 psi 值＝材料的 lbf 值

（材料的 psi）*（线材的面积）＝材料的 lbf 值

线材的面积

85.48371148=268.555 ⇒（85.48371148）*（0.19634954）=16.78469

3.141593

极限强度点

材料的 psi 值＝材料的 lbf 值

（材料的 psi）*（线材的面积）＝材料的 lbf 值

线材的面积

180.292709=566.40625 ⇒（180.292709）*（0.19634954）=35.40039

3.141593

[（以英寸为单位的长度）（载荷）]＝弹性伸长量

[（金属面积）（弹性模量）]

26″*16.78469=0.34827

（pi）（0.0625）（6379.1951）

26″*35.40039=0.52156

（pi）（ 0.0625）（8984.056354）

对含 2.4%树脂的 26″长砂芯的计算	位移	挠曲
屈服点	0.34827″	16.78469 lbs
极限强度点	0.52156″	35.40039 lbs

这些试验所得到的数据有助于弄清线材在哪些参数下在拉伸状态对型砂进行压缩。对比砂芯在极限强度点的位移，可发现线材的屈服点处于砂芯极限强度的位移范围内。极限强度点也是砂芯的破碎点。图 IV.1 列出了不同直径钢材和铝材的屈服点载荷。这两种材料的屈服点位移都为 1/8″。

直径	钢材（屈服点的 lbf）	铝材（屈服点的 lbf）
1/8″	1235.72 lbf	191.0787 lbf
3/32″	695.094 lbf	107.4818 lbf
1/16″	308.9 lbf	47.77 lbf

对含 2.4%树脂的 26″长砂芯的计算	位移	挠曲
屈服点	0.34827″	16.78469 lbs
极限强度点	0.52156″	35.40039 lbs

参见 1/16″铝丝的屈服点，并将其与 26″长砂芯的极限强度点进行比较，可以看出，1/16″长的铝丝与砂芯具有几乎相同的强度。

无论使用了什么样的砂芯工艺，可利用试验砂芯的类似方法来为各种类型的砂芯工艺设立参数。对大多数砂芯的测试是在用于聚氨酯砂芯的型芯盒中完成的，这有助于得出更为精确的参数。所进行的计算是以内部不具有线材的砂芯为基础的。该数据能清楚地表现出 26″长、直径为 0.5″的砂芯是如何脆弱。对内部带有线材的砂芯的压缩试验表达了有关复合砂芯在压缩条件下强度的更多信息。

横向抗弯数据

横向抗弯试验的目的在于探索砂芯的固有压缩特性，并力图改善带有或不带有线材的砂芯的强度。砂芯的强度应当足以允许将其从型

芯盒中取出、从型芯盒搬运到铸模中、以及熔融金属向铸模中倾注的过程。对此应用场合的另一重要特征在于能将砂芯制得又长又细，以验证长而细的砂芯不会对铸造过程以及制造砂芯的过程造成阻碍。对砂芯的横向测试将决定：向砂芯增加线材是否能利用砂芯的压缩弹性而增强砂芯的强度。

采用台式张力测定仪来进行测试。制造了两个临时的夹具来与张力测定仪进行连接，以进行三点式弯曲试验。夹具 1 和夹具 2 是用相同的材料制成的，且除了长度之外，其它尺寸都相同。夹具 1 是用 1″×1″×11″的矩形铝管制成的，其用于测试其中未设置线材的砂芯。

夹具 2 是用 1″×1″×22″的矩形铝管制成的，其用于测试预应力的复合砂芯。夹具 1 和夹具 2 被用 1/2－20 的螺钉连接到张力测定仪上。每次试验时，夹具 1 和夹具 2 上样品的端部未被固定。

在夹具 1 上放置三个不带有线材的砂芯，张力测定仪测量它们的载荷和挠度。带有线材的砂芯被置于夹具 2 上，张力测定仪测量其载荷和挠度。与不带有线材的砂芯的性能相比，带有线材的砂芯的性能表现出那些性能获得了改善、改善程度多大。第三组测试是对各种直径的线材所作的。每次试验中都将代表砂芯中一种直径的线材置于夹具 2。在夹具 2 上布置各线材，并由张力测定仪测量其载荷和挠度。

在张力测定仪上测试三个不带有线材的砂芯。不带有线材的 26″砂芯非常脆弱，以致于无法完整地从型芯盒中取出、并置于张力测定仪上进行试验。从破损的砂芯件中，得到不同长度的砂芯，以便于在张力测定仪上进行试验。最长的无线材砂芯是 15″，其次是 11″，最短的是 6″。三根无线材砂芯的图线被放到六个图表的每一个中，以便于与各个预应力复合砂芯进行对比。图 VI.1b 中的汇总表格表示出了图表中关于 6″、11″、15″无线材砂芯的信息。6″和 11″无线材砂芯的极限负载达到 1 磅，15″无线材砂芯的极限负载达到 0.733 lbs。6″和 11″砂芯的极限负载高于 15″砂芯的极限负载。6″和 11″砂芯具有相同的弯曲载荷，但 6″砂芯的位移大于 11″无线材砂芯的位移。

样品	位移	挠曲
15"无线材砂芯（极限强度点）	0.0494"	0.733 lbs
11"无线材砂芯（极限强度点）	0.0420"	1 lbs
6"无线材砂芯（极限强度点）	0.0455"	1 lbs

上述的结果是符合逻辑的，原因在于6"砂芯较短，从而，与同直径的砂芯相比，其抗力大于11"和15"无线材的砂芯。

由于复合砂芯在张力测定仪的试验中性能显著，对具有不同材料和不同直径线材的所有六种砂芯都在张力测定仪上进行了试验，并用该章节进行了分析。六个图表表示出：在砂芯内部植有线材的情况下，复合砂芯与无线材的砂芯相比，表现出不同的性能。复合砂芯的位移超过无线材砂芯的位移量。除了采用直径为1/8"钢丝的砂芯之外，在张力测定仪上试验的复合砂芯都没有断裂。复合砂芯可进行弯曲，且在被施加了更大的力之后，能继续弯曲。随着每一砂芯的弯曲，砂芯的上表面将处于压缩状态，而下表面将处于拉伸状态。砂芯上处于压缩侧的表面将发生弯曲，直到压缩表面开始剥落为止。在上表面开始剥落之前，复合砂芯达到屈服点。拉伸侧保持完好状态。夹具允许1½"的位移，且除了含直径1/8"钢丝的砂芯之外，在张力测定仪上测试的复合砂芯都达到了1½"的距离。直径1/8"钢丝的砂芯在达到夹具2所允许的最大1½"的距离之前就已开始破裂。直径1/8"钢丝所具备的抵抗力大于围绕着钢丝的砂芯所能承受的抗力。其它的复合砂芯并未破裂，能全程弯曲到夹具2所允许的1½"的距离。一旦张力测定仪完成了测试之后，张力测定仪收缩，砂芯将被释放。在被从张力测定仪上释放之后，尚未破裂的砂芯将收缩到其原先的起始位置。除了一个砂芯之外，其它所有的砂芯都收缩到原先的位置和形状。从图表1可见，含1/16"铝丝的复合砂芯保持弯曲状态，没有收缩回去。线材弯曲的原因在于1/16"直径线材的柔软度和粗细，但是，砂芯和线材一起作为复合体，使复合砂芯保持弯曲。一旦测试完成之后，该砂芯将不收缩到原先的位置。直径1/8"线材能更强地抵抗张力测定仪的压力；这使得张力测定仪与线材之间的区域破裂，从而露出砂芯下方的线材。

六种情况中的每一典型线材都被置于夹具 2 上，并用张力测定仪进行测试。如同其它样品的情况，线材被置于夹具上，且端部未被固定。每一线材的性能都是带有略微坡度的线性图。由于端部未被固定，张力测定仪能在抵抗力很小的情况下移动线材。

d）复合砂芯以及复合砂芯组成部件之间的比较

1）图表 1: 1/16″铝丝砂芯

表 VI.1a 和 1b 以汇总表格的形式表示出了有关 6″、11″、以及 15″无线材砂芯、1/16″铝丝复合砂芯、以及 1/16″铝丝的图线。

表 VI.1a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15″无线材砂芯（极限强度点）	0.0494″	0.733 lbs
11″无线材砂芯（极限强度点）	0.0420″	1 lbs
6″无线材砂芯（极限强度点）	0.0455″	1 lbs
1/16″复合砂芯的对比位移	0.0450″	0.538 lbs
1/16″复合砂芯在极限强度时（对比挠度）	0.544″	1.03 lbs

表 VI.1b（将线材与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
直径 1/16″线材	1.2″	0.0587 lbs
1/16″复合砂芯的对比位移	1.2″	0.44 lbs

参见图表，并将无线材砂芯的图线与复合砂芯的图线进行比较，所注意到的第一种现象就在于针对载荷的位移不同。1/16″铝丝复合砂芯能与 6″、11″长的无线材砂芯达到相同的极限载荷。在位移方面，1/16″复合砂芯超过 6″、11″、以及 15″无线材砂芯。在 6″无线材砂芯的极限点，6″无线材砂芯达到了 0.0455″的位移量。在该极限点，1/16″复合砂芯的位移为 0.544″。该数据表明 1/16″复合砂芯能与无线材砂芯达到相同的极限强度，但是，复合砂芯能弯曲到实现极限负载的形状。在浇注过程中，1/16″复合砂芯并不具有所需的刚性。当 1/16″复合砂芯在 0.44 lbs 的条件下达到 1.19 英寸时，该砂芯的其它行为表现出来了，其出现了穿透其 1/2″直径厚度的裂纹。

对于 1/16″复合砂芯而言，在 0.44 lbs 条件下的 1.19″点即为破裂点。1/16″复合砂芯没有断裂而露出芯部，仅有的一种以这种方式断裂的复合砂芯是 1/8″钢丝砂芯，原因在于 1/8″钢丝的刚性。1/16″复合砂芯的开裂是由于 1/16″线材的粗细和柔软度。1/8″线材与砂芯的连接过于刚硬，从而使线材周围区域的砂芯开裂。但 1/16″铝丝将砂芯保持在一起，这使得砂芯发生开裂，而不是断裂。1/16″复合砂芯的破裂点不同于极限强度点。无线材砂芯的破裂点和极限强度点是相同的。一旦达到破裂点后，无线材砂芯就将断裂。

1/16″铝丝被置于张力测定仪上，所收集到的数据表明：1/16″的线材为略有斜度的线性图。1/16″线材在 0.0587 lbs 的条件下达到 1.2″的最大位移，也就是说，斜度为 1:20。相比于复合砂芯，出现了显著的改善，复合砂芯在与线材相同的位移时达到了 0.44 lbs。这就意味着：在相同位移条件下，复合砂芯的强度是线材的 7.5 倍。

数据表明：复合砂芯能比无线材砂芯进一步地弯曲。数据还表明：复合砂芯的强度大于 1/16″铝丝的强度。需要进一步分析的一项是端部固定的 1/16″复合砂芯的性能。预计这种端部固定的复合砂芯能显著减小 1/16″复合砂芯的挠度。但难于说出挠度会减小多少，另外五个图表将表明：线材的直径越大，复合砂芯作为整体抵抗挠曲的抗力越强。

表 VI.2a、b 将以汇总表格的形式表示出有关 6″、11″、以及 15″无线材砂芯、1/16″钢丝复合砂芯、以及 1/16″钢丝的图线。

表 VI.2a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15″无线材砂芯（极限强度）	0.0494″	0.733 lbs
11″无线材砂芯（极限强度）	0.0420″	1 lbs
6″无线材砂芯（极限强度）	0.0455″	1 lbs
1/16″复合砂芯的对比位移	0.0450″	0.489 lbs
1/16″复合砂芯在极限强度时（对比挠度）	0.146″	1.12 lbs

表 VI.2b（将线材与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
直径 1/16″线材	1.37″	1.371 lbs
1/16″复合砂芯的对比位移	1.37″	2.5 lbs

相比于上文关于 1/16″的铝丝复合砂芯，该图表的性能改善显著。除了 1/16″钢丝复合砂芯未断裂之外，在与图表 1 类似的性能方面，砂芯也将发生弯曲。1/16″钢丝复合砂芯的极限强度点为 1.53″时的 2.83 lbs。该 1.53″是夹具的最大间隙范围 1½″。强度是稳定增加的，直到 1/16″钢丝复合砂芯达到 0.538″时的 2.25 lbs。6″无线材砂芯在开裂之前、在 1 lbs 条件下的 0.0455″时达到其极限强度，而 1/16″钢丝复合砂芯在 0.0420″条件下达到 0.489 lbs，而不会达到 1.12 lbs，直至达到 0.146″的位移。在砂芯弯曲时，1/16″钢丝复合砂芯不会开裂，直至达到夹具上间隙的位移极限 1.5″为止。1/16″钢丝的斜率是 0.964。钢丝所达到的最大位移是 1.371 lbs 时的 1.37 英寸，与此相比，1/16″复合砂芯当位移为 1.37 英寸时，达到 2.5 lbs。

表 VI.3a、b 将以汇总表格的形式表示出有关 6″、11″、以及 15″无线材砂芯、3/32″铝丝复合砂芯、以及直径 3/32″铝丝的图线。

表 VI.3a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15″无线材砂芯（极限强度点）	0.0494″	0.733 lbs
11″无线材砂芯（极限强度点）	0.0420″	1 lbs
6″无线材砂芯（极限强度点）	0.0455″	1 lbs
3/32″复合砂芯的对比位移	0.0391″	0.855 lbs
3/32″复合砂芯（对比挠度）	0.0601″	1.10 lbs

样品	位移	挠度
直径 3/32″线材	1.5″	0.259 lbs
3/32″复合砂芯的对比位移（极限强度）	1.51″	4.40 lbs

复合砂芯的极限强度达到了 1.51″时的 4.40 lbs。相比于 1/16″钢丝复合砂芯的极限强度，该数值几乎翻倍。复合砂芯强度远大于由自身测试的线材的强度。被测试线材的最大强度是 1.50 英寸时的 0.259 lbs。

表 VI.4a、b 将以汇总表格的形式表示出有关 6″、11″、以及 15″无线材砂芯、3/32″钢丝复合砂芯、以及直径 3/32″钢丝的图线。

表 VI.4a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15″无线材砂芯（极限强度）	0.0494″	0.733 lbs
11″无线材砂芯（极限强度）	0.0420″	1 lbs
6″无线材砂芯（极限强度）	0.0455″	1 lbs
3/32″复合砂芯的对比位移	0.0455″	0.855 lbs
3/32″复合砂芯（对比挠度）	0.052″	1 lbs

表 VI.4b（将线材与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
直径 3/32″线材	1.5″	0.777 lbs
3/32″复合砂芯的对比位移（极限强度）	1.54″	10.9 lbs

3/32″钢丝复合砂芯的极限强度达到了 1.54″时的 10.9 lbs。该数值大于 3/32″铝丝复合砂芯极限强度的两倍。该复合砂芯的强度在 0.052 英寸时达到 1 lbs，而 11″无线材砂芯在 0.042 英寸时达到 1 lbs，该数值点也是 11″无线材砂芯的极限强度点。被测试线材的最大强度是 1.50 英寸时的 0.777 lbs。

表 VI.5a、b 将以汇总表格的形式表示出有关 6″、11″、以及 15″无线材砂芯、1/8″铝丝复合砂芯、以及 1/8″铝丝的图线。

表 VI.5a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15″无线材砂芯（极限强度）	0.0494″	0.733 lbs
11″无线材砂芯（极限强度）	0.0420″	1 lbs
6″无线材砂芯（极限强度）	0.0455″	1 lbs
1/8″复合砂芯的对比位移	0.0450″	0.733 lbs
1/8″复合砂芯在极限强度时（对比挠度）	0.053″	1 lbs

表 VI.5b（将线材与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
直径 1/8"线材	1.5"	0.66 lbs
1/8"复合砂芯的对比位移（极限强度）	1.53"	10.3 lbs

1/8"铝丝复合砂芯的极限强度达到了 1.53"时的 10.3 lbs。1/8"铝丝复合砂芯在 0.053"时达到 1 lbs，而 6"无线材砂芯在 0.0455"、1lbs 时达到其极限强度。1/8"铝丝复合砂芯的性能类似于图表 4 中给出的 3/32"铝丝复合砂芯的性能。被测试线材的最大强度点是 1.50"时的 0.66 lbs。

表 VI.6a、b 将以汇总表格的形式表示出有关 6"、11"、以及 15"无线材砂芯、1/8"钢丝复合砂芯、以及 1/8"钢丝的图线。

表 VI.6a（将无线材的砂芯与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
15"无线材砂芯（极限强度）	0.0494"	0.733 lbs
11"无线材砂芯（极限强度）	0.0420"	1 lbs
6"无线材砂芯（极限强度）	0.0455"	1 lbs
1/8"复合砂芯的对比位移	0.0350"	1.344 lbs
1/8"复合砂芯在极限强度时（对比挠度）	0.0350"	1.344 lbs

表 VI.6b（将线材与复合砂芯进行比较）

样品	位移	挠度
直径 1/8"线材	1.35"	2.20 lbs
1/8"复合砂芯的对比位移	1.35"	26 lbs

1/8"钢丝复合砂芯的极限强度达到了 1.58"时的 30.6 lbs。即将达到夹具的最大允许间隙 1.58"时，砂芯从位于其中心部的钢丝处开始开裂。1/8"钢丝复合砂芯在 0.035"时达到 1.344 lbs，而 6"无线材砂芯在 0.0455"、1lbs 时达到其极限强度。与图表 4 和 5 所给出的 3/32"钢丝复合砂芯和 1/8 铝丝复合砂芯相比，当前砂芯的性能得到了改善。被测试线材的最大强度是 1.35"时的 2.20 lbs。

总之，对复合砂芯的测试次序是：1/16"铝丝、1/16"钢丝、3/32"铝丝、3/32"钢丝、1/8"铝丝、以及 1/8"钢丝。参见各个图表中的对应

性能，可了解到复合砂芯的性能如何从1/16"铝丝到1/8"钢丝提高。对于所使用的两种材料的每一种而言，性能都是随着直径的增加而稳步地改善。除了图表1中的1/16"铝丝复合砂芯之外，复合砂芯的性能都超过了无线材砂芯的极限强度。1/16"铝丝复合砂芯的性能与其它复合砂芯缺乏可比性。在持续时间的长久性方面，复合砂芯超过无线材砂芯。无线材砂芯在达到其对应的极限强度点之后将断裂。但是，所有的复合砂芯具备无线材砂芯不具备的特性。除了1/16"铝丝复合砂芯和1/8"钢丝复合砂芯之外，复合砂芯都能弯曲而不断裂。1/16"铝丝复合砂芯断裂的原因在于1/16"铝丝非常弱，无法承受此角度的弯曲。1/8钢丝复合砂芯断裂的原因在于：其与1/16"铝丝复合砂芯是相反的极端情况。复合砂芯中的1/8"钢丝的抗力大于围绕着其的砂芯，其能进行处理并且在测试过程中，砂芯开裂而露出下方的线材。不论无线材砂芯为任何长度，1/8"钢丝复合砂芯的强度都超越其的强度。3/32"铝丝、3/32"钢丝达到了相同的性能，且1/8"铝丝复合砂芯和1/8"钢丝复合砂芯的抗力性能超越无线材砂芯的性能。复合砂芯端部被固定则能提高砂芯的抗力性能。需要进行端部固定场合下的测试，以确定出性能改善量的数据。复合砂芯的性能表明：在被制成如此长度的情况下，其能耐受被从型芯盒中取出、放入到铸模中、以及浇注的过程。对于6种情况中的4种情况，复合砂芯不仅能达到与无线材砂芯类似的强度，而且在无线材砂芯的长度较短时也是如此。无线材砂芯在较低的载荷、较短的位移状况下就断裂，而所有的复合砂芯都能保持较大的位移和较高的载荷。复合砂芯能进行弯曲补偿的特性使得其存在可被应用到未知场合的可能性。

制造其内设置有预应力砂芯的铸件

型砂被吹入到用木头制成的砂模中，并围绕着木头构建，这样就形成了砂模。两个预应力砂芯被放入到砂模中。与铸造缸盖和缸体所用铝材料相同的铝356材料被熔融成液态，且被浇注到铸模中。在浇注过程中，液态铝围绕着砂芯成型。固化后的铸件被从砂模中取出，预应力砂芯位于铸件内部，其形成了所需的孔洞，从而取消了钻孔作

业。

结论

内部布置有线材的26"长、1/2"直径砂芯的性能增大了其强度。该砂芯可被完好地从型芯盒中取出。横向试验表明：利用较强的线材，能提高砂芯的性能，其中的线材包括3/32"到1/8"的铝丝和钢丝。这将提高砂芯的强度，使其足以被放入到铸模中，并承受熔融金属的浇注过程。1/8"钢丝具有最好的性能，而3/32"铝丝复合砂芯的性能优于15"无线材砂芯的性能。

热学模拟试验表明：热量可从砂芯传出，且对于铝铸造和铸铁铸造的过程，在为了固化铸件而进行的强制冷却过程中，砂芯能保持着其中的线材。在不采用强制冷却的条件下，铝丝不能承受铸铁铸造所带来的温度。3/32"的钢丝和铝丝表现出对于直径粗细和导热性的最好性能。

在铝铸造的情况下，针对强度性能和热学性能，3/32"铝丝和3/32"钢丝是26"砂芯的最佳选择。在铸铁铸造的情况下，针对强度性能和热学性能，3/32"钢丝是26"砂芯的最佳选择。

出乎意料的是，复合砂芯能超过无线材砂芯的位移，并能进行弯曲。弯曲以在铸件中形成不同形状的特性将带来了这样的可能性：制造此前从未被想到的铸件。需要进行另外一些试验。对于使用这种类型砂芯的情况，砂芯在该长度、直径条件下的断裂不再是问题了。这证明了：将线材放入到砂芯中以形成复合砂芯的方案能解决铸造厂此前在使用该长度、直径的无线材砂芯时遇到的问题。

基于上文的描述，可了解到本发明实现了几方面的优点，并获得了其它的优点。

由于在不悖离本发明范围的前提下可对上述方法和组成作出多种改动，所以，上文描述以及附图中表示的所有事项都可被看作是示例性的，不具有限定的意义。

文中所引用的所有文件都被结合到文中作为参考。文中对参考文献的讨论仅是为了总结作者的结论，而并非认可任何文献可作为现有技术。申请人保留对所引用文献提出置疑和针对意见的权力。