[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
E04B 1/24 (2006.01)
E04G 21/14 (2006.01)
E04B 1/38 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780015055.8

[43] 公开日 2009 年 5 月 13 日

[11] 公开号 CN 101432490A

[22] 申请日 2007.4.27
[21] 申请号 200780015055.8
[30] 优先权
[32] 2006. 4.27 [33] US [31] 60/795,170
[86] 国际申请 PCT/CA2007/000716 2007.4.27
[87] 国际公布 WO2007/124580 英 2007.11.8
[85] 进入国家阶段日期 2008.10.27
[71] 申请人 杰弗里·艾伦·帕克
地址 加拿大安大略省
共同申请人 康斯坦丁·赫里斯托普洛斯
胡安·卡洛斯·德奥利维罗
[72] 发明人 杰弗里·艾伦·帕克
康斯坦丁·赫里斯托普洛斯
胡安·卡洛斯·德奥利维罗
[74] 专利代理机构 北京明和龙知识产权代理有限公司
代理人 郁玉成

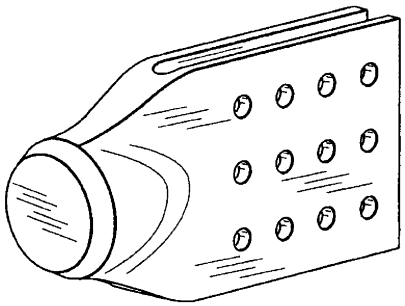
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 13 页

[54] 发明名称

铸造结构连接件

[57] 摘要

一种将结构构件诸如中空结构型材(HSS)或宽凸缘(W)型材构件连接到结构框架的铸造结构连接件。 所述连接件特别适合于横向支撑，并包括配置成容纳所述结构构件并焊接到所述结构构件的第一端、用于连接到所述结构框架的第二端和中间部分。 所述第一端包括坡口，以允许适应尺寸不同的结构构件并使得能进行完全焊缝熔透的焊接，从而发挥所述结构构件的全部轴向强度。 在框架变形时，例如在强烈地震情况下，所述中间部分用于传递力，并可以包括弯曲塑性铰接区域。 所述连接件可以焊接到所述结构框架或借助标准构造的端连接部诸如角撑板进行连接。 铸造工艺允许大批量生产该连接件。



1. 一种用在结构框架的支撑组件中的铸造结构连接件，该支撑组件包括支撑构件，所述连接件包括:

（a）第一端，其配置成容纳所述支撑构件并焊接到所述支撑构件;

（b）第二端，其适配地固定到所述结构框架；和

（c）中间部分，其设置在第一端和第二端之间，

其特征在于，所述第一端包括坡口，该坡口使得能在第一端和支撑构件之间进行完全焊缝熔透的焊接。

2. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述支撑构件为具有外侧尺寸和内侧尺寸的中空结构型材，其中所述坡口设置在第一端的远端，且该远端的尺寸小于或等于所述中空结构型材的内侧尺寸。

3. 如权利要求 2 所述的连接件，其特征在于，所述中空结构型材具有基本上为圆形、矩形、方形、卵形或椭圆形的横截面。

4. 如权利要求 3 所述的连接件，其特征在于，所述坡口配置成容纳多个内侧尺寸不同而外侧尺寸基本上相等的不同中空结构型材。

5. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述中间部分在第一端和第二端之间倾斜。

6. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述中间部分包括弯曲塑性铰接区域。

7. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述第二端直接螺栓连接或焊接到所述结构框架。

8. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述第二端螺栓连接或焊接到至少一个标准构造的端连接部，所述标准构造的端连接部连接到所述结构框架。

9. 如权利要求 8 所述的连接件，其特征在于，所述标准构造的端连接部是角撑板。

10. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述第二端包括多个在其中钻的孔，用于容纳相应的多根螺栓，且所述第二端可以操作以螺栓连接到角撑板，所述角撑板连接到所述结构框架。

11. 如权利要求 1 所述的连接件，用于静态、准静态或动态场合。

12. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述完全焊缝熔透的焊缝在强烈地震载荷的条件下，发挥支撑构件的全部轴向强度。

13. 如权利要求 1 所述的连接件，其特征在于，所述支撑构件为 W 型材，其具有介于凸缘部分之间的尺寸，且所述坡口设置在第一端的远端边缘，所述远端边缘对应于 W 型材的端部，且所述远端边缘的尺寸小于或等于所述 W 型材的内侧尺寸。

14. 如权利要求 13 所述的连接件，其特征在于，所述远端边缘包括凹口，用于容纳所述 W 型材的所述端部的腹板部分。

15. 一种与中空结构型材和结构框架联合使用的铸造结构连接件，所述中空结构型材具有外侧尺寸和内侧尺寸，所述连接件包括:

（a）第一端;

（b）第二端，其适配地连接到所述结构框架；和

（c）中间部分，

其特征在于，所述第一端包括具有远端的坡口，所述远端的尺寸等于或小于所述中空结构型材的内侧尺寸，且配置成容纳所述中空结构型材，所述第一端适配地焊接到所述中空结构型材。

16. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述坡口使得能在所述第一端和所述中空结构型材之间进行完全焊缝熔透的焊接。

17. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述中空结构型材、所述连接件以及所述端连接部相结合，在所述结构框架中用作支撑件。

18. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述中间部分包括弯曲塑性铰接区域。

19. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述第二端直接螺栓连接或焊接到所述结构框架。

20. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述第二端螺栓连接或焊接到至少一个标准构造的端连接部，所述标准构造的端连接部连接到所述结构框架。

21. 如权利要求 15 所述的连接件，其特征在于，所述第二端包括多个在其中钻的孔，用于容纳相应的多根螺栓且所述第二端可以操作以螺栓连接

到角撑板，所述角撑板连接到所述结构框架。

22. 一种与 W 型材和结构框架联合使用的铸造结构连接件，所述 W 型材具有腹板部分和凸缘部分和介于凸缘部分之间的尺寸，所述连接件包括:

（a）第一端;

（b）第二端，其适配地连接到所述结构框架；和

（c）中间部分，

其特征在于，所述第一端配置成容纳所述 W 型材的端部，所述第一端包括开坡口的远端边缘，所述远端的尺寸等于或小于所述 W 型材的所述凸缘部分之间的尺寸，所述第一端适配地焊接到所述 W 型材。

23. 如权利要求 22 所述的连接件，其特征在于，所述开坡口的远端边缘使得能在所述第一端和所述 W 型材的所述端部之间进行完全焊缝熔透的焊接。

24. 如权利要求 22 所述的连接件，其特征在于，所述开坡口的远端边缘包括凹口，用于容纳所述 W 型材的所述端部的腹板部分。

25. 一种用于结构框架的结构支撑组件，包括:

（a）支撑构件；和

（b）铸造连接件，该铸造连接件包括:

（i）第一端;

（ii）第二端，其适配地连接到所述结构框架；和

（iii）中间部分，其设置在第一端和第二端之间，

其特征在于，所述第一端包括坡口装置，用于容纳所述支撑构件，所述第一端用于焊接到所述支撑构件。

26. 如权利要求 25 所述的支撑组件，其特征在于，所述坡口使得能在所述第一端和所述支撑构件之间进行完全焊缝熔透的焊接。

27. 如权利要求 25 所述的支撑组件，其特征在于，所述支撑构件是中空结构型材或 W 型材。

28. 如权利要求 25 所述的支撑组件，进一步包括标准构造的端连接部，用于将所述支撑组件连接到所述结构框架。

29. 如权利要求 28 所述的支撑组件，其特征在于，所述标准构造的端连接部是角撑板。

30. 如权利要求 29 所述的支撑组件，其特征在于，所述第二端焊接到所述角撑板或借助螺栓来连接。

31. 一种将支撑组件组装到结构框架的方法，所述结构框架包括角撑板端连接部，所述方法包括：借助螺栓装置将所述端连接部连接到铸造结构连接件的第二端，所述铸造连接件包括第一端和设置在第一端和第二端之间的中间部分，其特征在于，所述第一端包括坡口装置，其配置成容纳中空结构型材，且所述铸造连接件的所述第一端和所述中空结构型材预先焊接，并且所述坡口装置使得能进行完全焊缝熔透的焊接。

32. 一种将支撑组件组装到结构框架的方法，所述结构框架包括角撑板端连接部，所述方法包括：

（a）借助螺栓装置将所述端连接部连接到铸造连接件的第二端，所述铸造连接件包括第一端和设置在第一端和第二端之间的中间部分，和

（b）将所述第一端焊接到中空结构型材；

其特征在于，所述第一端包括坡口装置，其配置成容纳中空结构型材，并且所述坡口装置使得能进行完全焊缝熔透的焊接。

33. 一种与支撑构件和标准构造的端连接部联合使用的铸造结构连接件，包括：

（a）第一端；

（b）第二端，其具有将被固定到所述标准构造的端连接部的装置；和

（c）位于所述第一端和第二端之间的倾斜中间部分；

其特征在于，所述第一端具有坡口装置，以容纳所述支撑构件并焊接到所述支撑构件。

铸造结构连接件

本申请要求2006年4月27日提交的美国临时申请No. 60/795,170的优先权。

技术领域

本发明涉及用在建筑领域的结构连接件和构件。本发明特别涉及用在静态、准静态和动态载荷场合的铸造结构连接件和构件。

背景技术

同心支撑框架以其简单的设计、低廉的成本、容易构造以及相对于其他抵御横向载荷的系统的卓越刚性，成为钢结构的抵御横向载荷的系统的特别受欢迎的选择。支撑框架的对角支撑构件主要承受轴向力，而在发生强烈地震时，地震能量通过拉伸支撑构件时的周期性屈服（cyclic yielding）以及压缩支撑构件时的非弹性翘曲而耗散。常用支撑构件包括拐角型材（angle）、槽型型材（channel）、宽凸缘（W）型材（wide flange（W）section），以及矩形中空型材（rectangular hollow section）和圆形中空型材（circular hollow section）。

特别是中空结构型材（HSS），以其承受压缩载荷的有效性、改善的外观以及易于获得的广泛型材尺寸，而成为横向支撑构件的惯常选择。此外，HSS广泛应用于地震场合来耗散能量。相对于矩形HSS而言，圆形HSS特别具有改进的性能，因为减小了残余应力集中。

中空结构型材是承受轴向载荷的有效构件，但是，它们的连接部通常笨重并且造价昂贵，而且当应用在危急场合包括地震场合时，难于设计。与此同时，设计和构造建筑物时考虑地震载荷的这种需求也逐渐变得普遍。具体来说，支撑件得到了更为普遍的应用，并且这种支撑件要能在拉伸和压缩时承受周期性的非弹性载荷。

以前设计的连接件集中于住房或轻体建筑领域，提供“简易快速”型的

连接件，而并不特别适合地震情况下的支撑构件。

例如，Tuell 的美国专利申请公开 No.2005/0163564 描述了一种带有以板材形成的互锁连接件的建筑系统。虽然这种连接件允许灵活地组装结构，但是在地震载荷时可能遭受不希望的连接失效。

铸造是一种制造工艺，允许设计承载金属元件时具有多功能性和几何形状自由度，同时该金属元件具有受控的维度和预定的性能特征。因此，使用铸造材料作为结构元件是已知的。

例如，授予 Beauvoir 的美国专利 6,059,482 和 6,474,902 描述了一种具有堵头的螺栓连接的连接件，用于连接在柱和梁之间。但是，这种现有技术的连接件仅设计为在梁和柱之间提供力矩连接（moment connection），而并不是特别设计用于地震场合。具体来说，这种连接件的设计并不允许支撑构件受控屈服或者发挥其全部强度。

因此，具有优势的是提供一种用于支撑构件的连接件，这种连接件可以大规模质量。此外，具有优势的是提供一种与不同尺寸和配置的支撑构件相适应的连接件。而更进一步，具有优势的是提供一种可以操作从而在地震情况下发挥支撑构件全部强度的连接件。

发明内容

本发明提供了一种用在结构框架中的铸造连接件。

在一个方面，本发明是一种用在结构框架的支撑组件中的铸造结构连接件，所述支撑组件包括支撑构件诸如中空结构型材（HSS）或宽凸缘（W）型材，所述连接件包括：第一端，其配置成容纳所述支撑构件并焊接到所述支撑构件；第二端，其适配地固定到所述结构框架；和中间部分，其设置在第一端和第二端之间，其中所述第一端包括坡口，该坡口使得能在第一端和支撑构件之间进行完全焊缝熔透（complete joint penetration）的焊接。

结构型材例如可以为 HSS 或 W 型材结构构件。在 HSS 情况下，第一端的远端上的坡口尺寸等于或小于 HSS 内侧尺寸。在 W 型材的情况下，开坡口的远端边缘尺寸等于或小于 W 型材凸缘部分之间的尺寸。因此，根据这一方面，坡口能让连接件容纳各种尺寸的结构构件并焊接到其上。坡口进一步使得能在第一端和中空结构型材之间进行完全焊缝熔透的坡口焊接，从而

在强烈地震的情况下，发挥中空结构型材的全部轴向强度。

在另一方面，本发明的连接件可以直接连接到结构框架，即借助螺栓或焊接，或者经由标准构造的端连接部，诸如例如角撑板。

虽然静态场合当然是可行的（对于柱、支撑件、桁架等），但是本发明的连接件特别优良地适合在抵御地震载荷的支撑框架中实施。在这种支撑场合中，中间部分主要传输轴向力，并在框架变形时传递伴生力矩。铸造工艺允许大批量生产这种可以操作以用于广泛构件尺寸范围的连接件。根据中空结构型材或 W 型材构件的几何特征属性，支撑件可以提供各种承载能力。

本发明进一步的特征将在以下说明部分进行说明，或从其中显现。

附图说明

参照附图，并仅作为示例，以下提供了对优选实施方式的详细描述，其中：

图 1A、1B、1C 和 1D 分别是本发明连接件的实施方式的俯视图、侧视图、端视图和立体图；

图 2A 和 2B 是侧视图，分别示出了连接件和较厚的中空结构型材，以及连接件和较薄的中空结构型材；

图 3 是连接件和支撑构件的侧视图，描述了抛光并蚀刻后的完全焊缝熔透的焊缝（weld）的放大截面显微图；

图 4A 和 4B 分别是与支撑构件和角撑板相结合的连接件的侧视分解图和立体分解图；

图 5A 和 5B 分别是将支撑构件连接到框架的连接件的侧视图和放大的立体图；

图 6 是与卵形截面的支撑构件一起使用的连接件的立体图；

图 7 是与矩形截面的支撑构件一起使用的连接件的立体图；

图 8A、8B、8C 分别是具有弯曲塑性铰接区域的连接件的侧视图、仰视图和立体图；

图 9A 和 9B 是与 W 型材支撑构件一起使用的连接件的立体图；

图 10A 是连接件和支撑构件的俯视图，图 10B 是连接件的侧视图；

图 11 是薄壁和厚壁支撑件-连接件组件的拉伸-载荷形变曲线；

图 12 示出了连接件和焊缝因支撑构件压缩屈服而产生的模型应力；和

图 13 示出了连接件和焊缝因支撑构件拉伸屈服而产生的模型应力。

应该清楚地认识到，说明书和附图仅用于说明目的，并协助进行理解，而并非用作对本发明范围的限制。

具体实施方式

本发明的连接件最好理解为轴向加载的支撑构件（bracing member）和直接连接到结构框架或标准构造的端连接部的螺栓连接或焊接连接部之间的中间连接件，所述标准构造的端连接部连接到所述结构框架，所述标准构造的端连接部诸如为角撑板（gusset plate）。支撑构件例如可以是 HSS，HSS 通常在地震支撑场合下用作横向支撑构件。HSS 可以具有各种尺寸和横截面形状，包括圆形、矩形、方形、卵形或椭圆形等。支撑构件还可以为 W 型材构件，以下有述。

连接件可以用在静态、准静态或动态载荷场合，其中“动态场合”包括疲劳、循环、地震、脉冲、爆炸和冲击载荷。在结构构件诸如柱子、撑杆、桁架、空间构架等轴向加载的情况下，连接件可以操作而用于在静态场合提供承载能力。连接件特别针对抵御地震的支撑场合，此时连接件在强烈地震条件下发挥出支撑构件的全部能力。“强烈地震条件”指的是拉伸屈服和非弹性翘曲（buckling）的重复循环，包括支撑构件达到较大非弹性应变时预计出现的强度增大（即，超强度）。

作为大规模定制的铸钢或其他铸造金属连接件而用于主要轴向加载的构件，本发明的连接件特别有用。铸造工艺赋予了铸钢连接件设计以几何自由度，以使其配合在 HSS 支撑构件和单块角撑板（作为示例）之间，以发挥支撑构件的全部轴向强度。连接件本身可以构型为适合具有任何给定外径的标准 HSS 型材（即，壁厚可变），具有焊接到管件的预先合格的完全焊缝熔透（CJP）的坡口焊缝。

这种连接部的优势不胜枚举。首先，根据熟知的方法，只要选择适当的焊接电极以及遵循适当的焊接过程，则在 HSS 或 W 型材和连接件之间产生的 CJP 坡口焊缝，对于这种结构构件中所预期的超强度范围而言，要比支撑构件更坚固。此外，铸件上的坡口边缘允许各种厚度的支撑构件使用相同的

焊接规范。一般说来，外径约为 100-500mm 和壁厚约为 3.2-16.0mm 的 HSS 适合地震场合。由于每个连接件可以配合一定范围的型材尺寸，所以少量连接件——一种连接件用于一种标准管件外径——将覆盖一定范围的支撑件选择方案，因此一种或两种连接件类型就可以用在所有建筑结构中，并通过改变支撑件的壁厚来实现适当的层间剪切力。

本发明的铸造连接件设计的额外优势在于，由于铸造工艺适合大批量生产，所以每个连接件的成本可以因重复而显著降低，削减各别设计、细部设计以及制造增强的构造 HSS-角撑连接部的成本。紧凑且流线形连接件的改善的外观也有利于其用在暴露构架的钢结构场合。

连接件另一端直接连接到结构框架或连接到与结构框架相连接的一块或多块角撑板，适合简单地制造、构建并现场安装。此外，在连接件端部和任何结构元件之间留下间隙，确保了压缩翘曲过程中形成在支撑件端部的弯曲塑性铰接区域将出现在角撑板上，而不会出现在支撑件上。

可以选择的是，连接件可以包括与角撑板分开的塑性铰接区域，允许在压缩支撑件翘曲过程中引发的弯曲塑性铰接区域形成在铸造连接件中，而不是所连接的角撑板中，以下有述。

本发明的连接件用于发挥所连接的结构钢制构件的全部轴向能力或者其中任何特别设计的载荷。铸造连接件的一端可以设计为与任何常见标准构造的结构连接部耦接，诸如耦接标准尺寸的角撑板，或者直接焊接到结构框架上，例如焊接到梁-柱交叉部或沿着桁架焊接。连接件的另一端设计成连接一定范围的尺寸不同的支撑构件。对于 HSS，连接件适应外部几何形状给定但壁厚可变的情况。对于 W 型材，连接件适应腹板高度给定但凸缘和腹板厚度可变的情况。这些特别特征允许大规模定制连接件。

如图 1A 至图 1D 所示，连接件 10 包括第一端 12、中间部分 14 和第二端 16。利用第一端 12 进行与结构构件连接。

第一端 12 在其远端倒角或开坡口，以便其可以与厚度不同的相应结构构件 18 一起使用，从图 2A 和图 2B 可以最佳看出。在这种情况下，结构构件为 HSS 支撑构件。斜坡的角度α可以进行选择，以使坡口焊可以产生焊接部分 20，该焊接部分具有足够的体积，以形成良好的焊缝，优选为 45 到 60 度。具体地说，第一端 12 上的坡口使得可以在第一端 12 和支撑构件之间

视线完全焊缝熔透的坡口焊接。完全焊缝熔透的坡口焊缝在强烈地震条件下，能发挥给定支撑构件的全部轴向能力。第一端 12 上的坡口也有利于与支撑构件对准和对中。图 3 示出了贯穿连接件和 HSS168x9.5mm 支撑构件之间的 CJP 坡口焊缝的经抛光和化学蚀刻的截面。

本发明的一项优势在于，连接件 10 可以现场或非现场地连接到结构构件 18。一般来说，不需要现场制作的焊缝是更好的焊缝，具有更可靠的属性。

连接件 10 具有第二端 16，该第二端适配地螺栓连接到一个或多个标准构造的端连接部 22，从图 4A、图 4B、图 5A 和图 5B 可以最好地看出。第二端 16 可以具有多个孔 24（图 1A），它们适配地在连接到标准构造的端连接部 22 诸如角撑板的时候容纳螺栓。端连接部 22 能让支撑构件 18 连接到需要支撑的结构框架 26。

可以选择的是，第二端 16 可以适配地焊接到一个或多个标准构造的端连接部，而且在这种情况下，不需要孔（未示出）。此外，第二端 16 可以适配地直接焊接到结构框架 26，不论是直接焊接到梁柱交叉部、焊接到桁架还是直接焊接到梁或柱等。

示出的中间部分 14 包括从第一端 12 到第二端 16 渐变的斜面或曲线，改善了铸造性，并允许力在支撑构件 18 和端连接部 22 之间逐渐分散。

如图 5A 所示，两个铸造连接件 10 可以工厂焊接到支撑构件 18 的端部，允许将支撑件-连接件组件螺栓连接地安装在建筑框架 26 中。在图 5B 中，示出了铸造连接件连接到位于结构框架的梁-柱交叉部内的标准构造的端连接部。

应该理解，根据连接件 10 的特定的轴向承载能力需求和尺寸，第二端 16 的构造，即其厚度，以及连接到标准构造的端连接部 22 时容纳螺栓的孔 24 的数目和取向，都变化很大。

本领域技术人员将会理解，这种连接部可以与厚度不同的中空结构型材一起使用。此外，这种连接部允许支撑件的长度和角度方面存在安装容许误差，而仍然连接到圆形、方形、矩形和椭圆形或卵形的中空型材，并且不需要对结构构件进行仿形、开坡口或倒角。

例如，图 6 示出的连接件 28 具有第一端 30，用于连接到卵形 HSS。图 7 示出的连接件 32 具有第一端 34，用于连接到方形 HSS 支撑构件。

如图 8A、图 8B 和图 8C 所示，连接件 36 的另一种实施例可以包括弯曲塑性铰接区域 38，其与角撑板分开。这样允许在支撑件压缩性翘曲时，在铸造连接件 36 上形成弯曲塑性铰链，而非在所连接的角撑板上形成，从而在发生强烈地震的情况下，保护角撑板以及梁-柱交叉部。

参照图 9A 和图 9B，本发明连接件的进一步实施方式特别设计地与 W 型材支撑构件一起使用。在这种情况下，连接件具有对应的 W 型材第一端 40，其适配地焊接到 W 型材支撑构件 42 上。具体来说，端部 40 包括相对的斜坡边缘 44，所述边缘具有基本上 V 形凹槽 46，用于容纳支撑构件 42 的腹板部分 48，而端部 40 进一步包括腹板斜坡边缘 50，用于容纳腹板部分 48。V 形凹槽 46 用来使第一端 40 与支撑构件 42 对准和对中。斜坡边缘 44 和 50 使得能在第一端 40 和支撑构件 42 之间进行完全焊缝熔透的焊接，用于凸缘和腹板厚度变化的支撑构件。

本领域技术人员应该理解，本发明的连接件可以用各种材料铸造而成。用钢铸造它们特别有用。而且，根据特定场合所需的属性，可以用不同的合金和不同类型的钢进行铸造。

实施例

外径为 168mm 的 HSS 支撑构件被选作示例，与本发明的连接件一起使用。HSS 支撑构件的外径为 168mm，但是壁厚不同。这种支撑构件可以从大多数钢管制造商处获得，因为这是一种常用管径。此外，大多数可用的 168mm 管的标称回转半径在常见支撑构件长度的情况下提供的长径比小于 200（对拉伸-压缩支撑件的要求）。最后，168mm 直径管件的屈服能力（yield capacity）从约 500kN 到 3000kN（125 到 675 千磅（kip）），取决于壁厚和钢材等级。这样赋予了连接件的终端用户为小高层建筑物的每一楼层提供适当级别的横向强度的能力，同时指定相同的铸造连接件。

铸件的螺栓连接端设计成抵御壁厚最大的 168mmCHS 支撑构件的最大可能屈服强度，CHS 支撑构件常见于北美：HSS 168x13 CAN/CSA-G40.20/G40.21 Grade 350W 和 HSS 6.625x0.500 ASTM A500 Grade C。这是用 12 根直径 1 英寸的 ASTM A490 螺栓连接到 30mm 的角撑板而视线的。12 根预张紧的高强度螺栓提供了足够的防滑性（slip resistance）（呈现喷抛清洁的接触表面），以承担可用的最大 168mmHSS 的可能屈服强度。

虽然在某些管理规定中并不专门要求摩擦型（slip-critical）连接（不像使用预张紧的螺栓那样），但是在周期性加载的情况下，摩擦型连接性能更好，并且优选用于地震场合。此外，螺栓数目增加至超过满足螺栓剪切设计所要求的数字，确保了连接件在整个螺栓区域保持实质上完全弹性。这样能在地震之后再次使用该连接件。在实践中，连接件的终端使用者可以根据所连接的管件的强度而指定螺栓数目。根据需要，终端使用者还可以选择为了美观而切掉连接件过长的凸片。

在预定边界条件范围内设计铸件利用三维实体建模软件来实现，同时考虑通过连接件的力流，并牢记铸造工艺的局限。

对于砂型铸造、最常用于结构工程尺寸部件的钢铸造工艺、以及用于制造连接件原型的工艺来说，过渡几何形状要保持平滑，以确保铸造质量。此外，铸件的几何形状应该便于定向凝固，从而减少对冒口以及其他专用且昂贵的铸造条件（casting considerations）的需求。

由于设计出能妥善铸造的部件最为重要，所以一般需要反复进行应力设计，随后进行铸造车间分析（foundry analysis），由铸造车间提供建议以改善最终产品的固化性。对于本实例的铸造连接件而言，铸造车间建议将连接件的质量提高 18%。

参照图 10A 和图 10B，实例连接件的尺寸如下：

外径=D=168mm

长度=L=510mm

最大角撑板长度=L_g=330mm

间隙=g=31mm

凸片厚度=t=23mm

凸片宽度=W=282mm

在同心支撑的框架中，支撑构件本身作为吸能元件。因此，根据能力设计准则（principles of capacity design），在支撑构件拉伸屈服过程中、支撑件翘曲过程中或支撑件由于总体或局部非弹性翘曲而在中跨或两个支撑件端部发生塑性铰接过程中，铸造连接件优选保持弹性。在原型连接件的设计过程中，利用有限元应力分析建立连接件的弹性特性。

实体造型软件包用于示例连接件的三维设计。将该模型发送给铸造车间

生产样品（pattern），由此制作用于原型的砂型。为了进行有限元应力分析，改动连接件模型，在 336mm 长（2 倍直径）的具有标称直径和厚度的 HSS 168x13 支撑构件和该铸造连接件之间包括完全焊缝熔透的坡口焊缝。由于对称，所以仅需要对该组件的四分之一进行有限元建模。部件的几何形状直接导出到有限元分析软件。利用更高等级（high order）的三维四面体实体单元将实体主体网格化，使得每个单元由 10 个节点限定，每个节点具有 3 个自由度。这些单元具有二次位移特性，最适合模拟弯曲或边界不规则的实体主体。在模型的三个面上需要对称的边界条件，以使所分析的有限元模型表示完整的支撑件-连接件组件。由于连接件螺栓连接的角撑板防止铸造连接件的凸片向内移动，所以“仅压缩”边界条件应用于连接件凸片的内侧面。最后，在 25.5mm（1 英寸）的宽度上，向直径为 27mm 的螺栓孔的内表面施加位移，重现螺栓承载的效果。重要的是注意前述的边界条件不允许支撑件总体翘曲。但是，边界条件允许实例中提供的圆形支撑构件对称地局部翘曲。因此，对压缩载荷进行有限元分析时产生的应力表示上界，撑杆总体翘曲过程中，连接件将实际出现该上界。此外，由于假设铸造材料线性应变硬化，计算出来超过铸件屈服点的应力和变形保守地较大。

通过向螺栓孔的支承面施加增量位移来进行非线性分析。实际上，螺栓预张紧导致载荷借助铸件凸片和角撑板之间的分布式摩擦应力进行传递，但是，这样施加位移足以模拟连接件组件的静态位移控制加载，并且也在螺栓孔上产生了保守地较大的应力集中。通过进行较大的变形，顾及了非线性材料特性以及几何非线性，这样也允许在加载过程中发生形状改变。对于每个单元的局部刚度矩阵公式使用了简化积分。

有限元分析证实，在支撑组件加载时，在支撑构件中局部发生非弹性变形，直到支撑件的可能屈服强度，如图 11 所示。此外，有限元应力分析还显示，当拉伸或压缩变形应用于连接件，导致产生对应于设计屈服力 AR_yF_y 的支撑力时，铸件中的应力一般低于铸钢的标称屈服应力 345MPa。应力仅在焊接区域超过 345MPa，这在预料之中并且也可以接受，因为焊接金属将比有限元分析结果表现出更高的强度水平。管状支撑件内的应力分布在距离焊接连接部非常短的距离处是均匀的，显示出不存在与常见焊接构造的开槽管件-角撑板连接部相关联的剪滞情况。

图 12A 和图 12B 示出了 HSS 168x13 支撑件受到支撑以抵抗总体翘曲的压缩屈服从而在连接件和焊缝中产生的建模等效（von-Mises）应力。图 13A 和图 13B 示出了因 HSS 168x13 支撑件的拉伸屈服而在连接件和焊件中产生的建模等效（von-Mises）应力。

原型铸钢连接件利用生产为 ASTM A958 Grade SC8620 Class 80/50 的钢进行制造。这种铸造材料的化学成分类似于标准锻钢等级，并根据 CSA W59 认为是一种可焊接的基体金属，只要该铸件的硅含量不超过 0.55%（重量）即可。生产成这种规格的材料，在 50mm 情况下，最小屈服应力为 345MPa，最小极限拉伸强度为 550MPa，最小延伸率为 22%，断面缩减率为 35%。指定了另外的 Charpy V-Notch（CVN）冲击测试值要求为 20℃（-4℉）时 27 焦耳（20ft·lb），以确保连接部在连接件与支撑件之间的焊接区域具有适当的韧性。该值超过了对于耗能元件或焊接部件的一般韧性要求，但是更为接近对于动态加载连接部所需的焊接填料材料的 CVN 要求。

对于焊接过程，可以准备适当的规则，用于从钢背材一侧进行 CJP 坡口焊，形成 60 度的 V 形或根部间隙为 3mm 的坡口接头。

验证构思的实验室测试包括连接件-支撑件组件的伪动态测试和静态拉伸测试以及铸造连接件的破坏实验。同心加载的支撑件-连接件组件的静态和伪动态测试结果表明，使用铸钢连接件是一种在地震场合连接管状支撑构件的可行措施。实验室测量与有限元结果之间的相关性用来验证设计连接件时进行的有限元建模。

应该理解，以上说明仅作为实例来说明本发明。本发明的许多变形对于本领域技术人员而言是显然存在的，所以这些显然的变形应该落入本文所述的发明构思范围内，而无论是否对其进行明确描述。

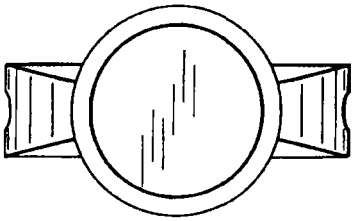


图 1C

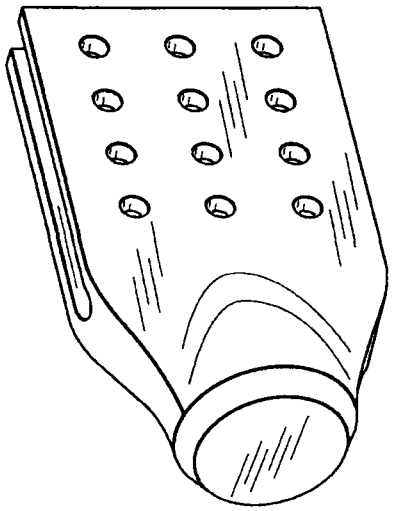


图 1D

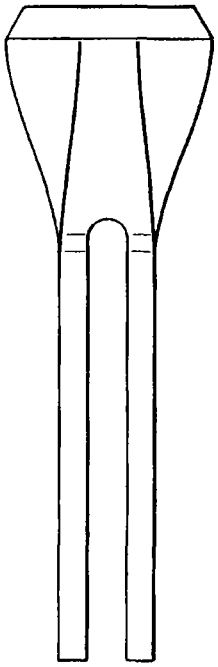


图 1A

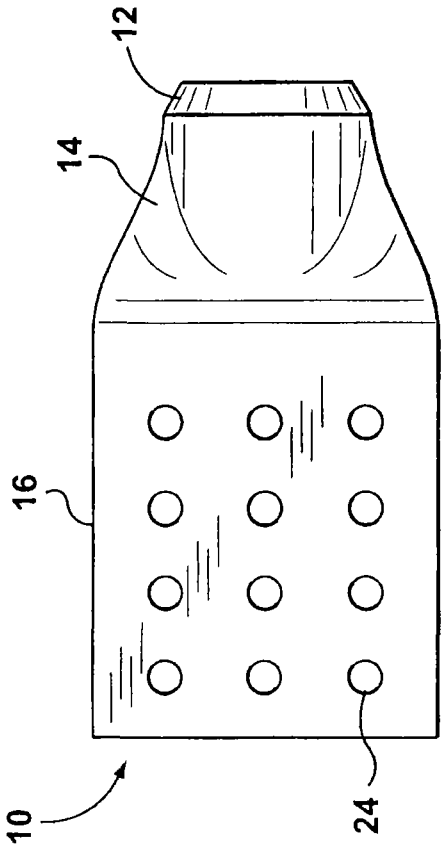


图 1B

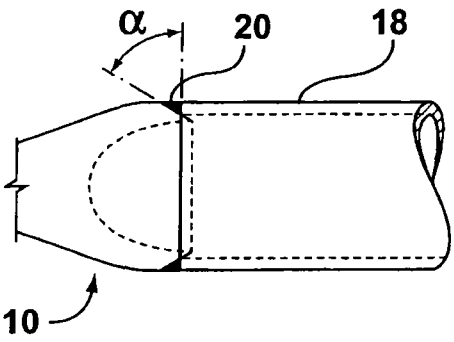


图2A

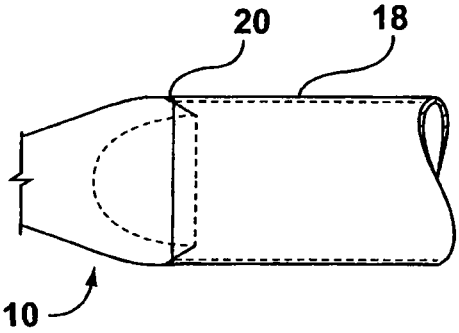


图2B

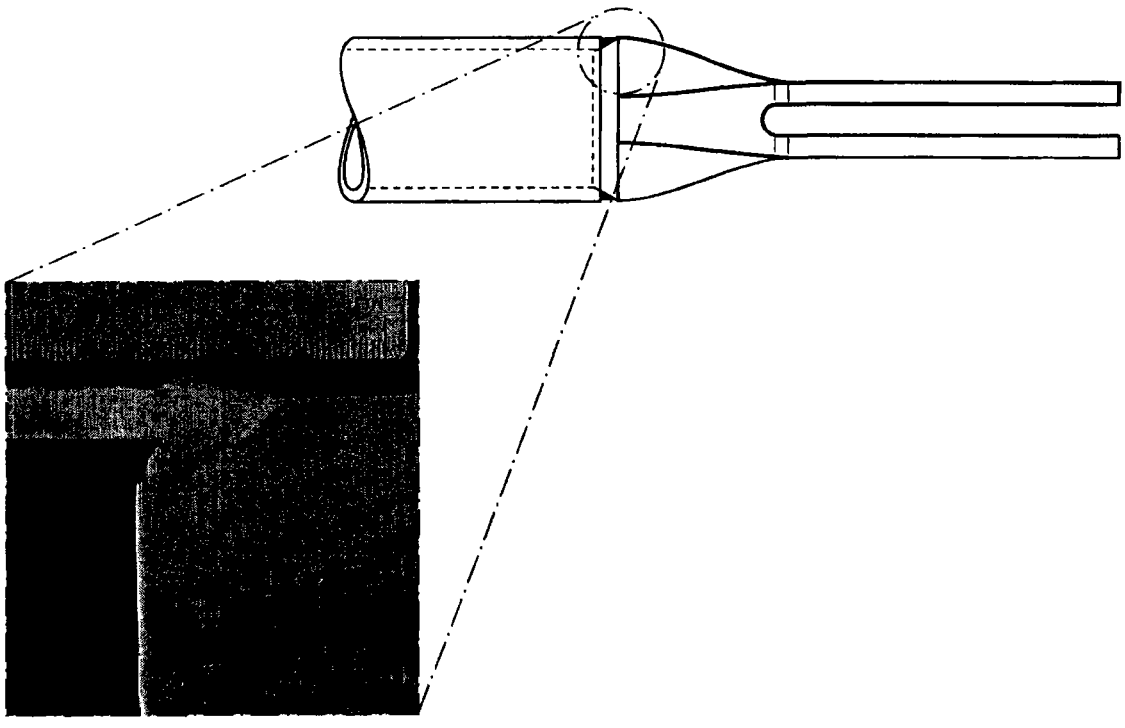


图3

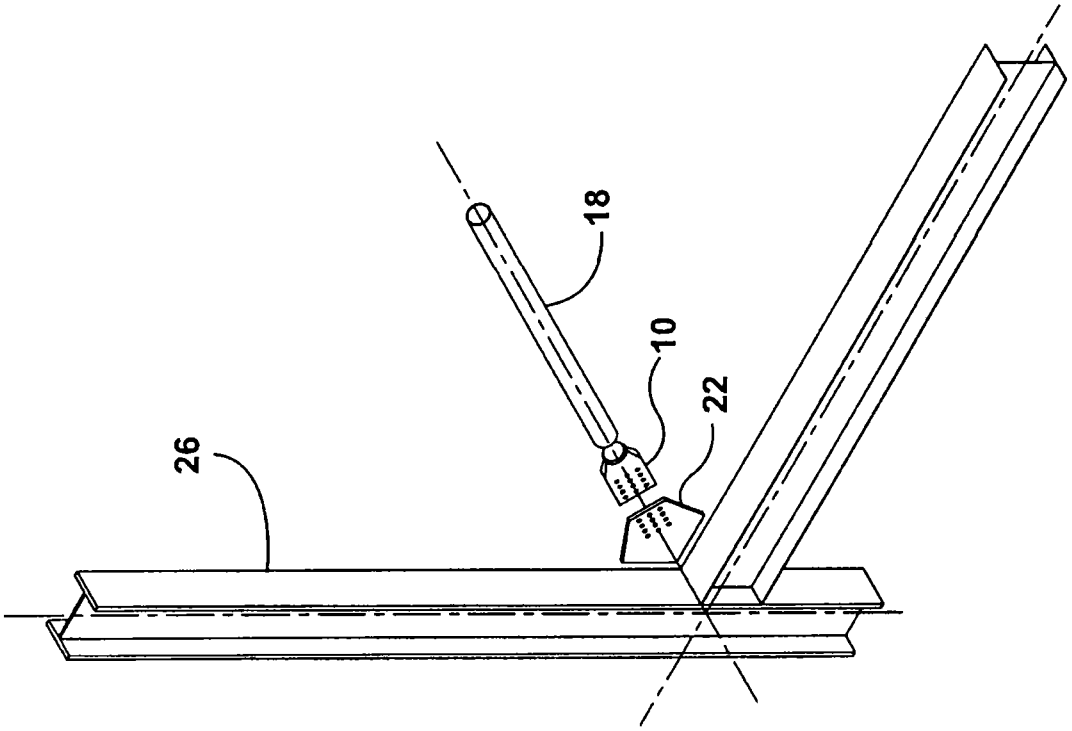


图 4B

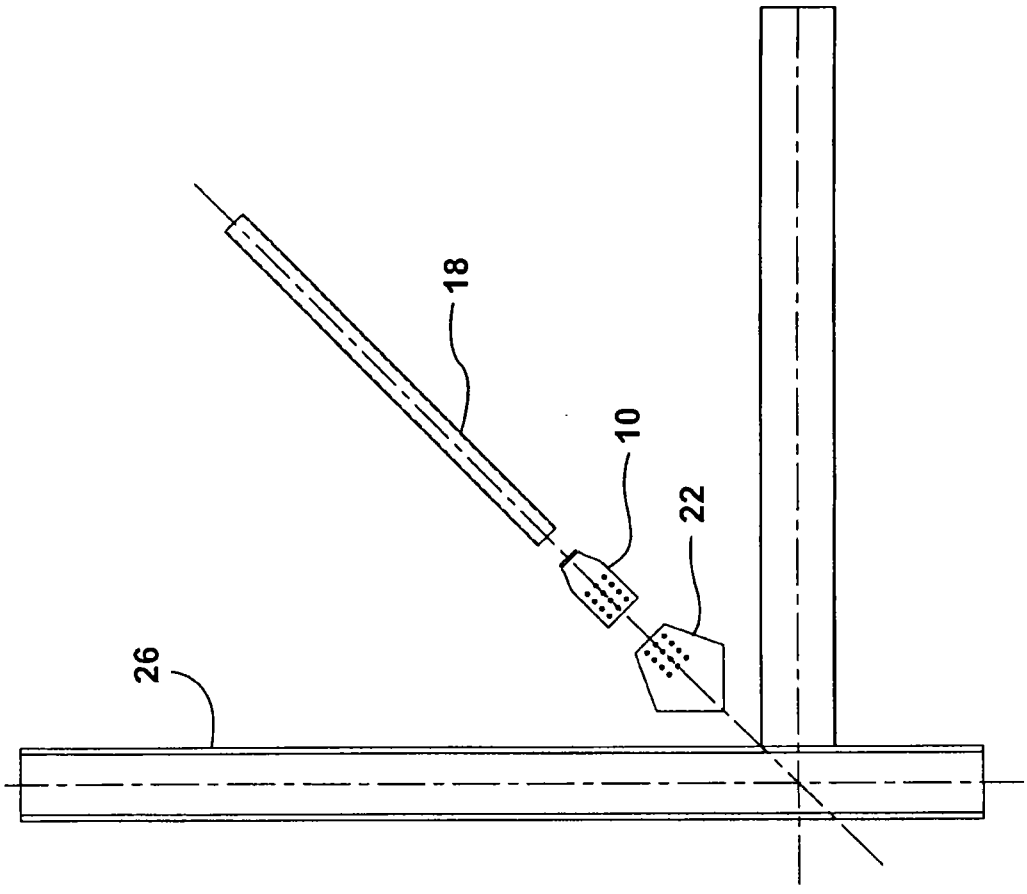


图 4A

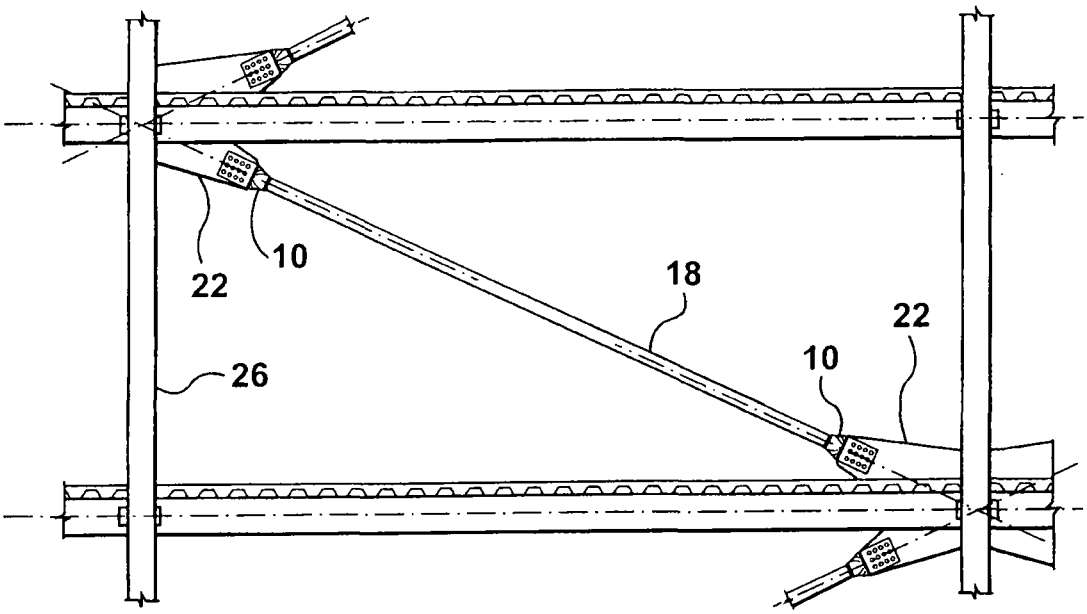


图5A

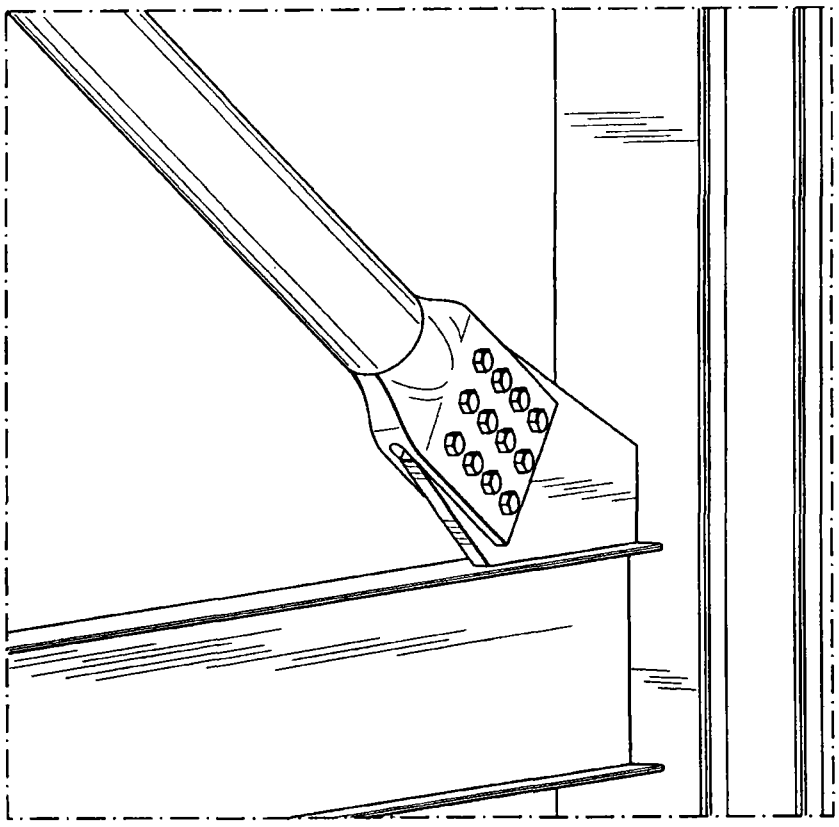


图5B

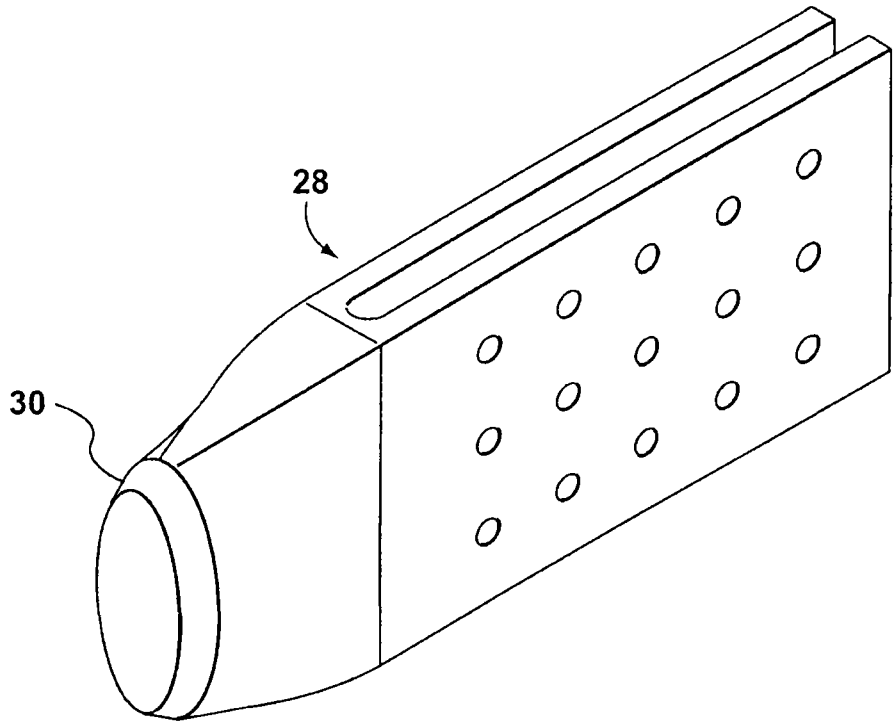


图6

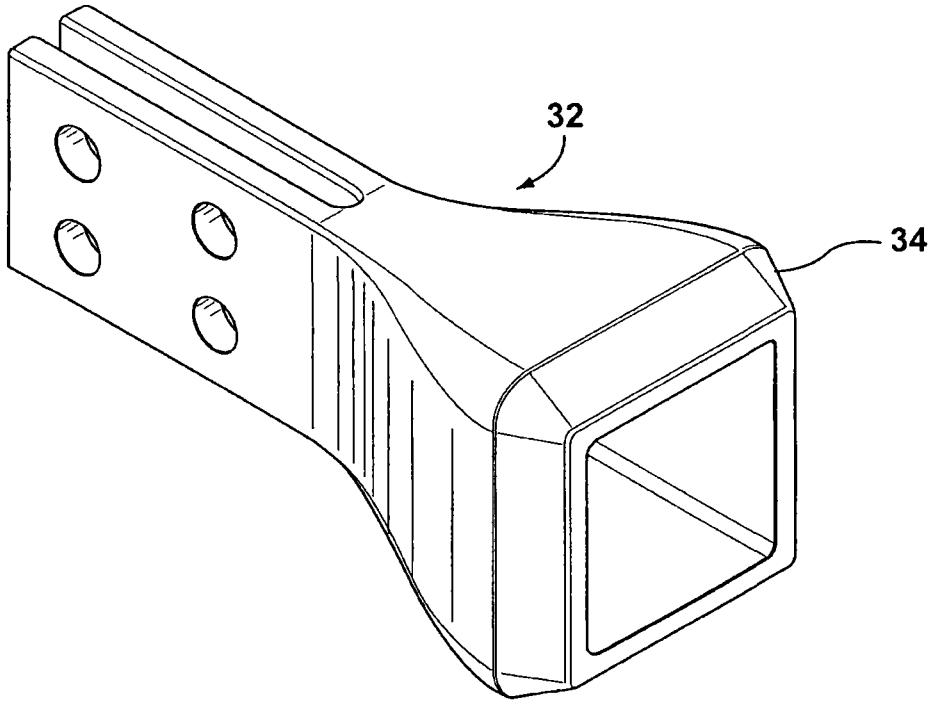


图7

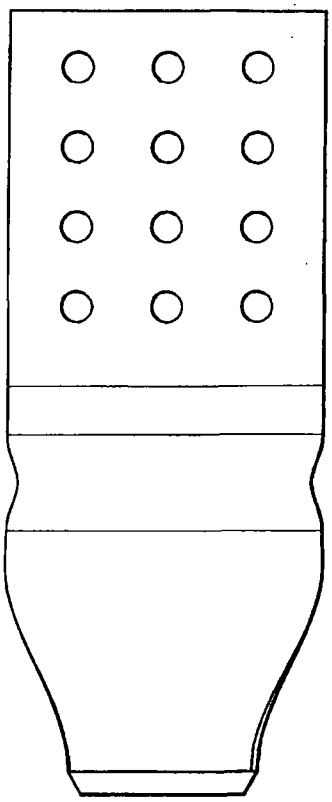


图8A

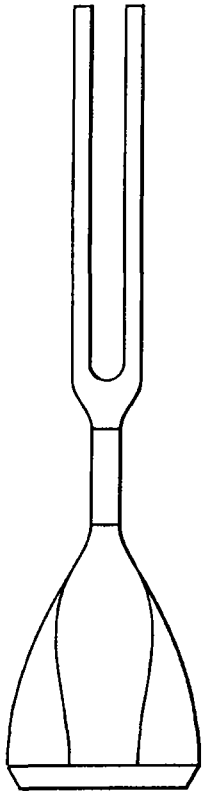


图8B

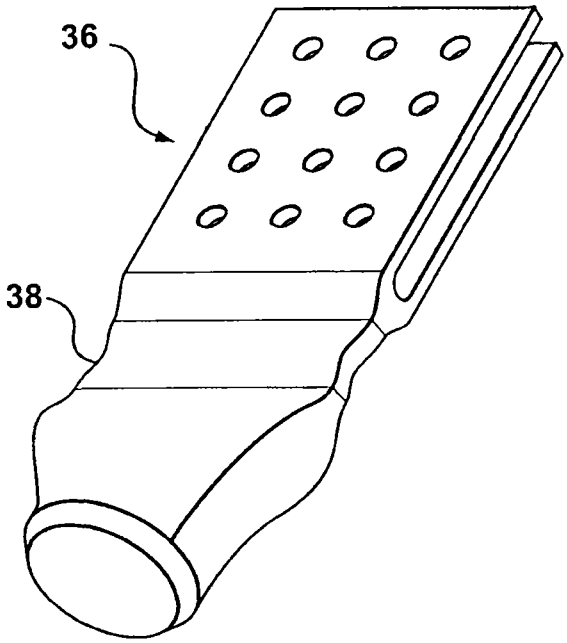


图8C

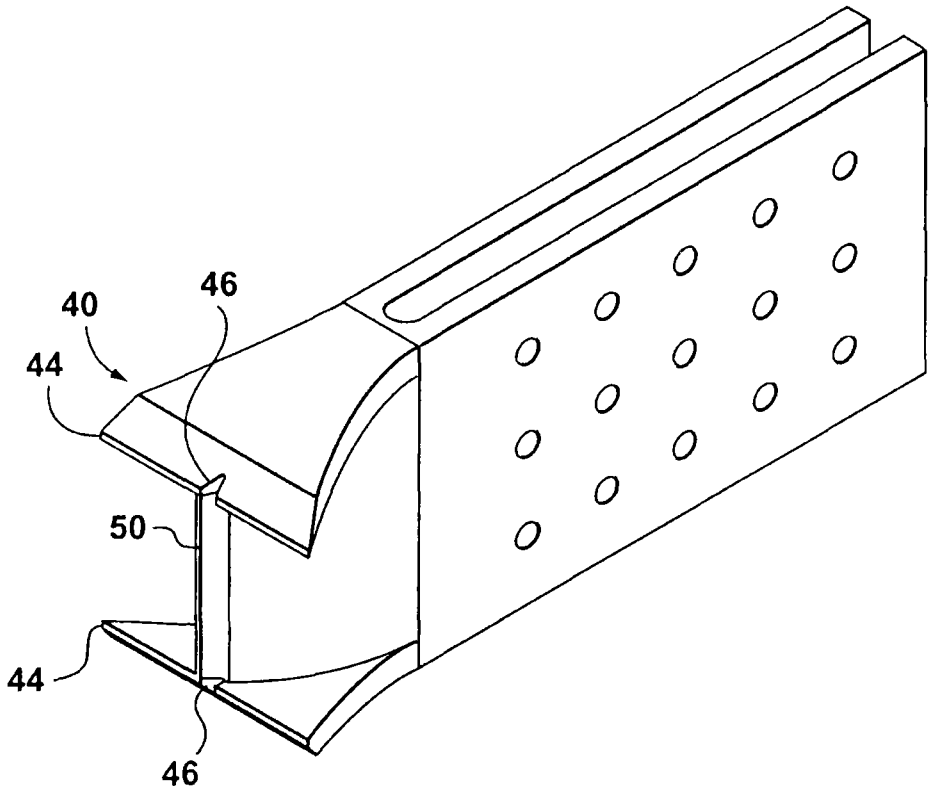


图9A

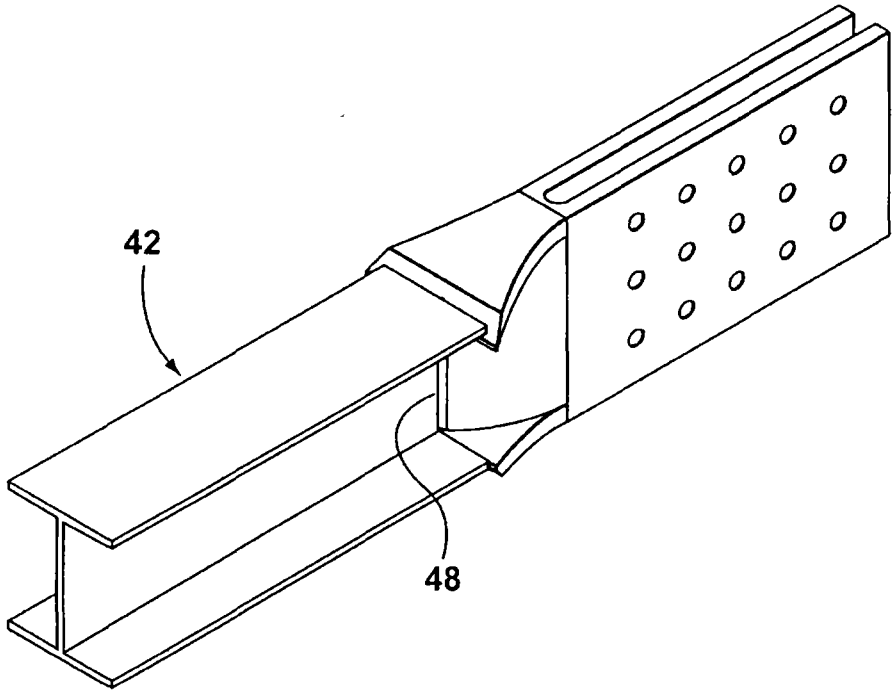


图9B

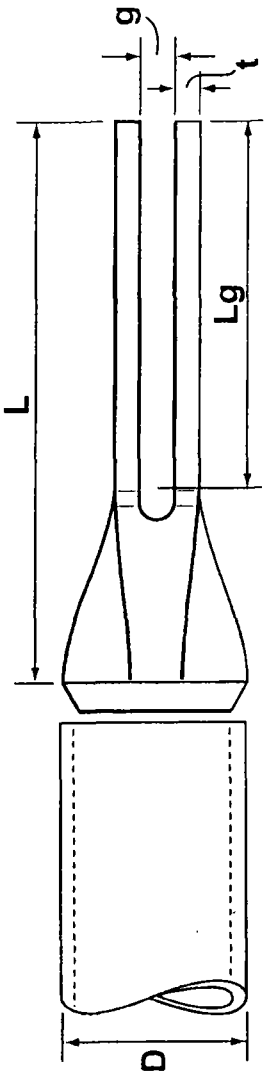


图 10A

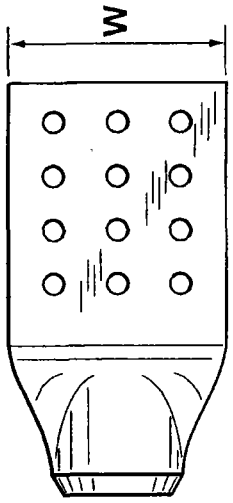


图 10B

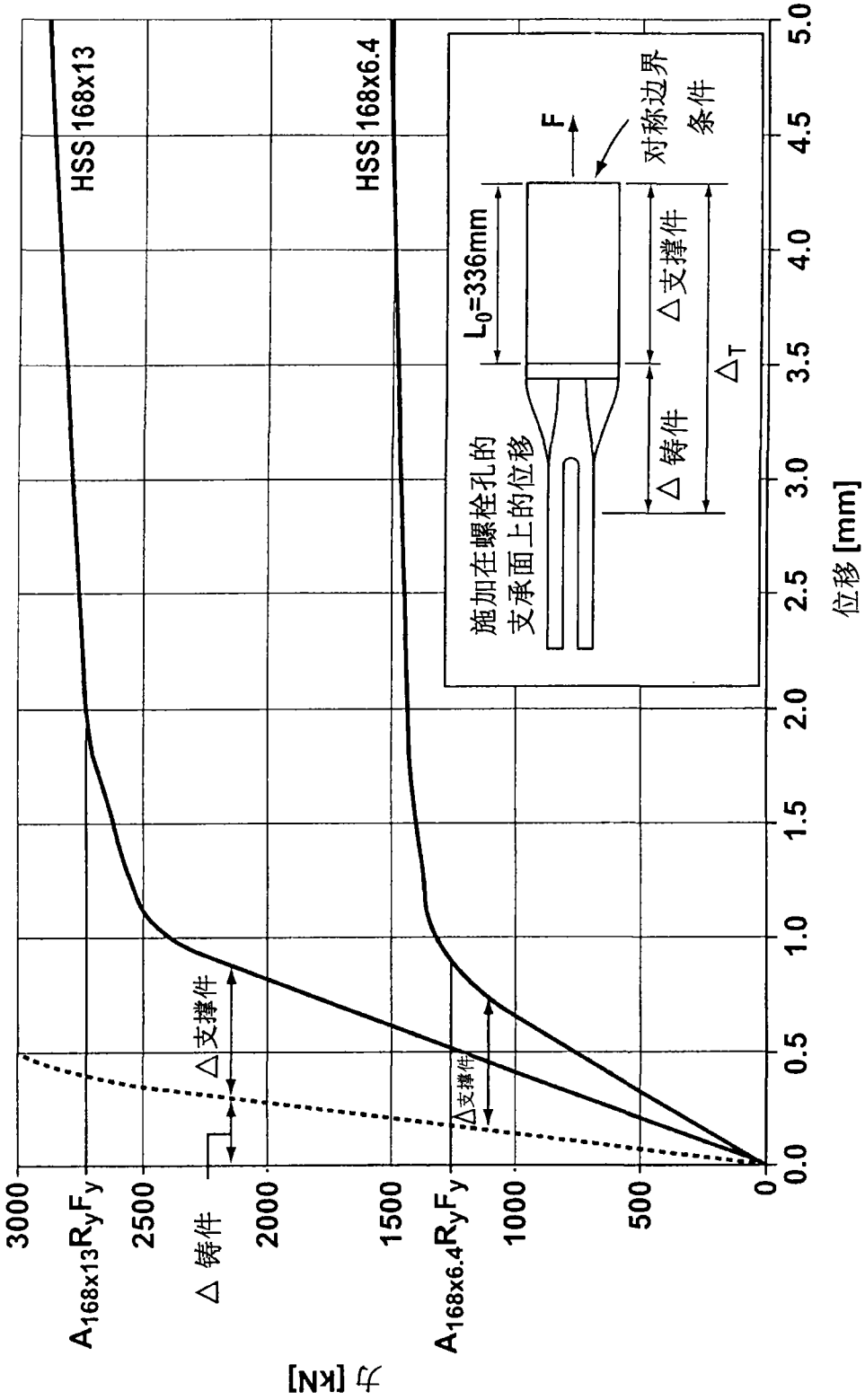

HSS 168x13
HSS 168x6.4
$A_{168x13}R_yF_y$
$A_{168x6.4}R_yF_y$
Δ 铸件
Δ支撑件
Δ支撑件
力 [kN]
位移 [mm]
施加在螺栓孔的支承面上的位移
L_0=336mm
F
对称边界条件
Δ 铸件
Δ支撑件
Δ_T

图 11

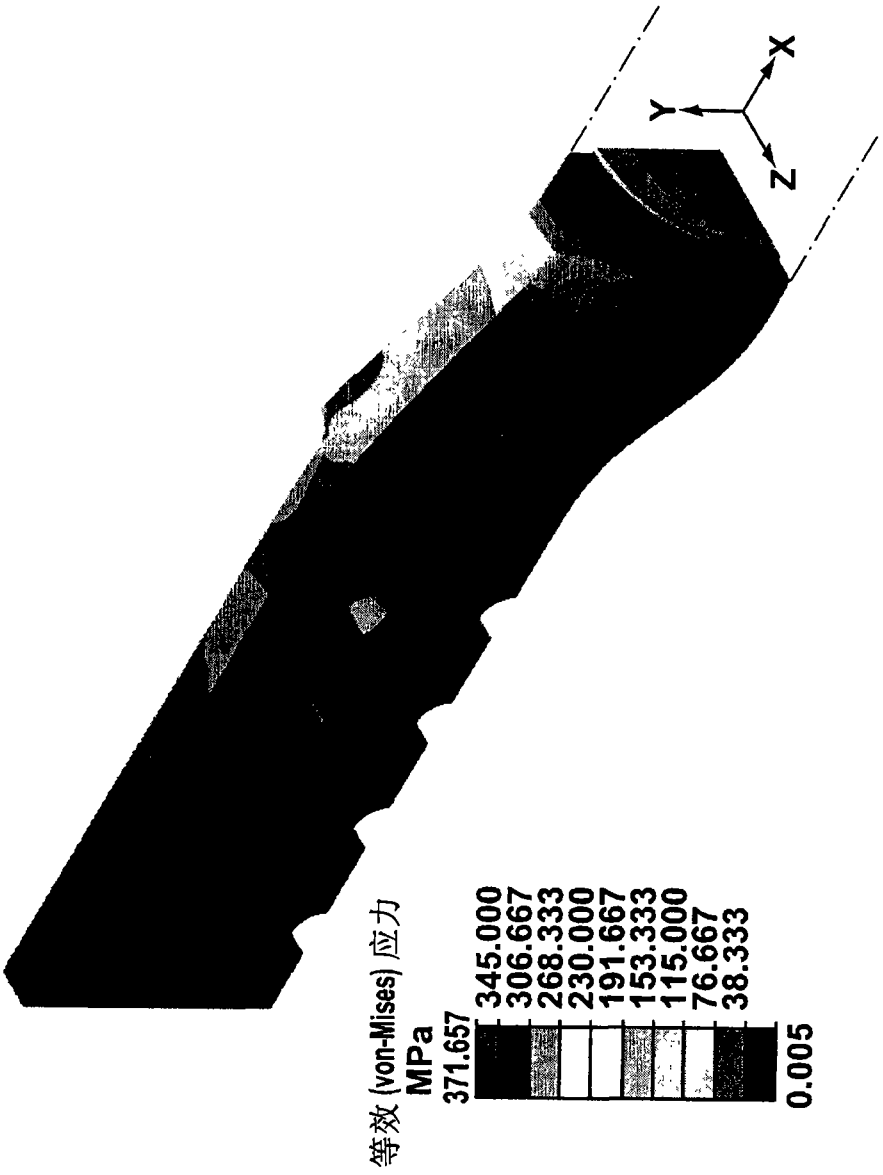

X
Y
Z
等效 (von-Mises) 应力
MPa
371.657
345.000
306.667
268.333
230.000
191.667
153.333
115.000
76.667
38.333
0.005

图 12A

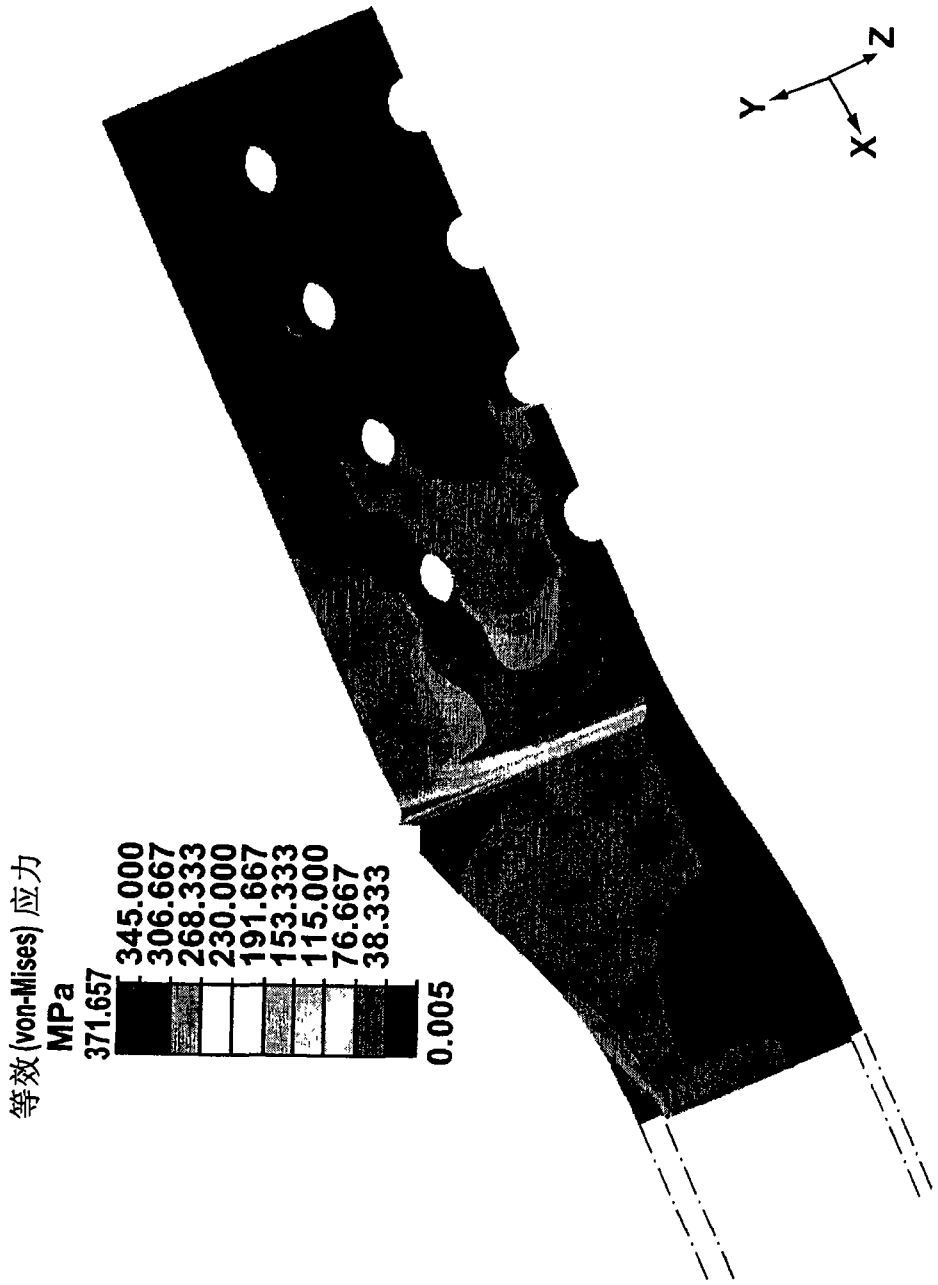

等效(von-Mises)应力
MPa
371.657
345.000
306.667
268.333
230.000
191.667
153.333
115.000
76.667
38.333
0.005
Z
Y
X

图 12B

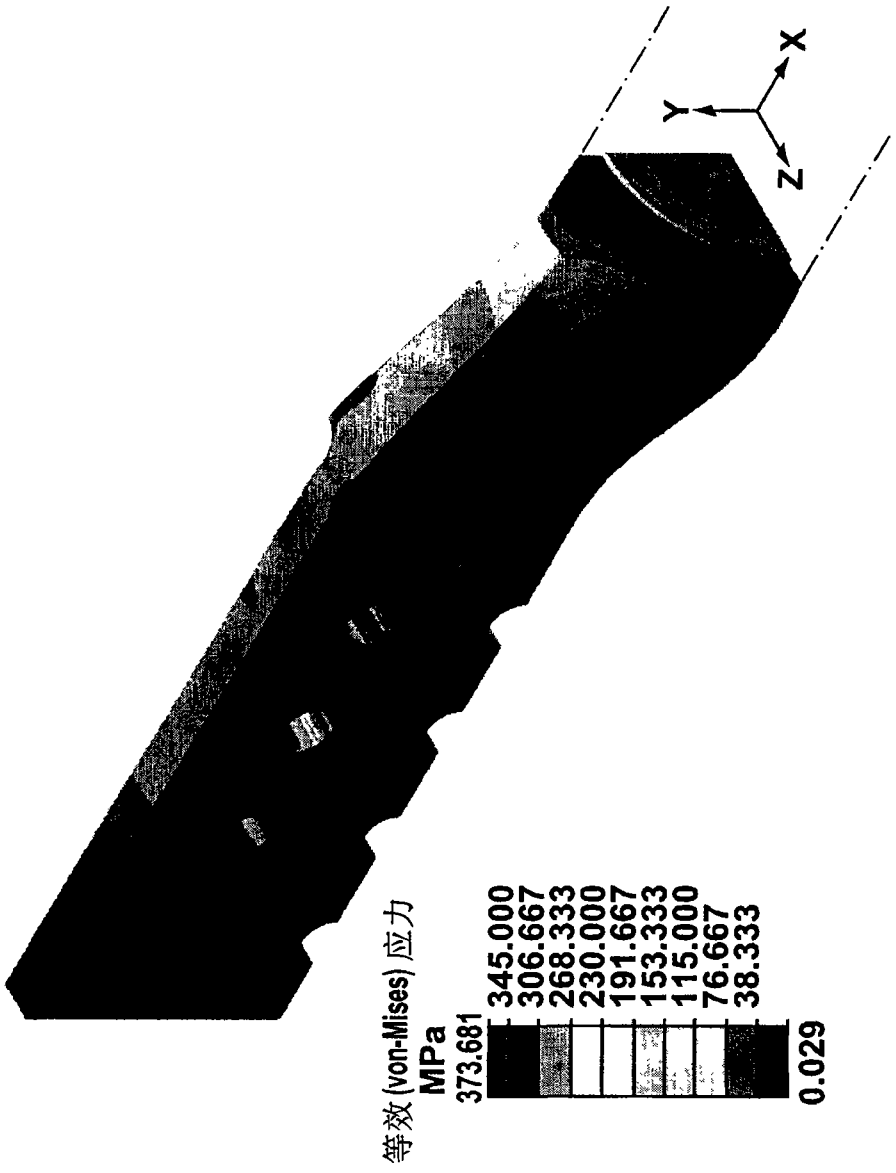

等效(von-Mises)应力
MPa
373.681
345.000
306.667
268.333
230.000
191.667
153.333
115.000
76.667
38.333
0.029
Y
X
Z

图 13A

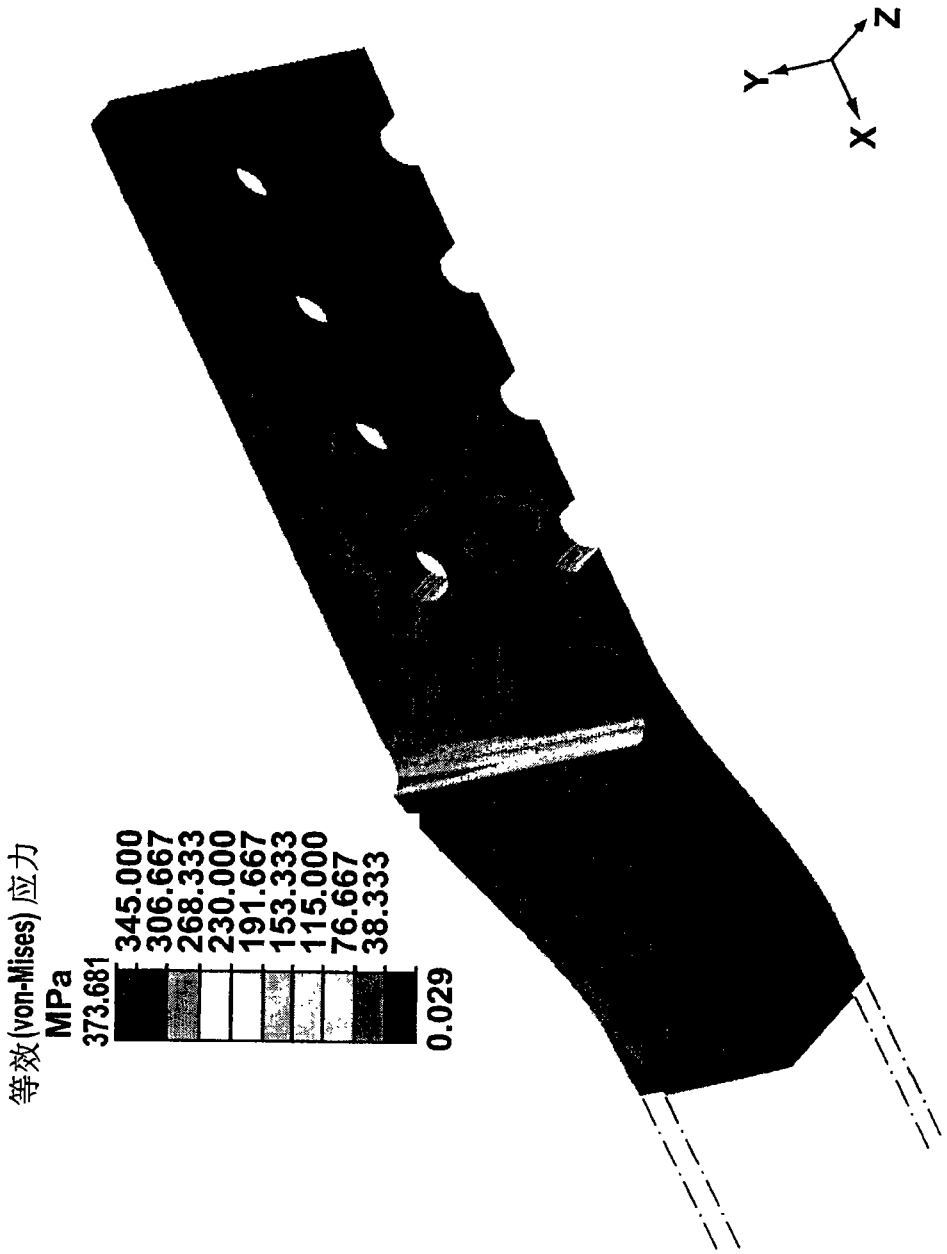

等效(von-Mises)应力
MPa
373.681
345.000
306.667
268.333
230.000
191.667
153.333
115.000
76.667
38.333
0.029
Z
Y
X

图 13B