(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117242255 A
(43)申请公布日 2023.12.15

(21)申请号 202280030359.6
(22)申请日 2022.04.21
(30)优先权数据
2021-076987 2021.04.30 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.10.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/018356 2022.04.21
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/230743 JA 2022.11.03
(71)申请人 臼井国际产业株式会社
地址 日本静冈县
(72)发明人 铃木康右
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 杨俊波 于靖帅
(51)Int.Cl.
F02M 55/02(2006.01)

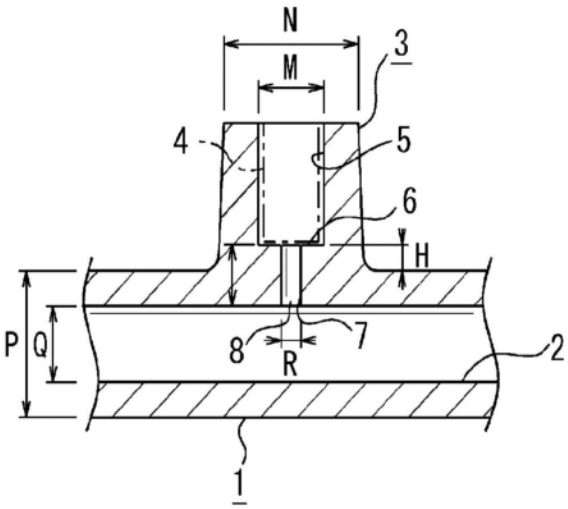
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

燃料轨

(57)摘要

避免作为应力的最大产生位置的、燃料轨主体的燃料通路与分支孔的连通口及其周边处的由燃料压力引起的应力集中。燃料轨在燃料轨主体(1)的外周面上突出形成有凸台(3),该燃料轨主体(1)在轴心方向上具有燃料通路(2),该凸台(3)在内周设置有对方部件(4)的承接凹部(5),该燃料轨在上述凸台(3)的承接凹部(5)的燃料轨主体(1)侧的端部(6)与上述燃料轨主体(1)的燃料通路(2)之间具有使该燃料通路(2)与承接凹部(5)连通的分支孔(7),上述分支孔(7)的轴向长度比上述燃料轨主体(1)的壁厚长。



CN 117242255 A

1.一种燃料轨,其组装于具有多个气缸的发动机,并且在燃料轨主体的外周面上突出形成有凸台,该燃料轨主体在轴心方向上具有燃料通路,该凸台在内周设置有对方部件的承接凹部,其特征在于,

该燃料轨在上述凸台的承接凹部的燃料轨主体侧的端部与上述燃料轨主体的燃料通路之间具有使该燃料通路与承接凹部连通的分支孔,上述分支孔的轴向长度比上述燃料轨主体的壁厚长。

2.一种燃料轨,其组装于具有多个气缸的发动机,并且在燃料轨主体的外周面上突出形成有凸台,该燃料轨主体在轴心方向上具有燃料通路,该凸台在内周设置有对方部件的承接凹部,其特征在于,

该燃料轨在上述凸台的承接凹部的燃料轨主体侧的端部与上述燃料轨主体的燃料通路之间具有使该燃料通路与承接凹部连通的分支孔,从上述分支孔的轴向长度减去上述燃料轨主体的壁厚而得到的长度H为7mm以上。

3.根据权利要求1或2所述的燃料轨,其特征在于,

上述分支孔的截面积在该分支孔的轴向上是均匀的。

4.根据权利要求1或2所述的燃料轨,其特征在于,

上述分支孔的中央部的截面积比两端部的截面积大。

5.根据权利要求1或2所述的燃料轨,其特征在于,

上述分支孔的另一端侧的截面积比一端侧的截面积大。

燃料轨

技术领域

[0001] 本发明涉及具有燃料轨主体和多个凸台的燃料轨中的、该凸台与燃料轨主体的连接构造。

背景技术

[0002] 在以往的汽油发动机车中,通常使用在管轴方向上形成有燃料通路的燃料轨主体的外周面上等间隔地突出形成有多个凸台的燃料轨。如专利文献1和图11所示的那样,在这样的燃料轨的凸台上形成有用于承接对方部件(101)的承接凹部(102)。而且,在该承接凹部(102)的燃料轨主体(103)侧的端部(104)与上述燃料轨主体(103)的燃料通路(105)之间具有使该燃料通路(105)与凸台(100)的内周连通的分支孔(106)。

[0003] 然而,在使用了上述结构的以往的燃料轨的情况下,由于近年来的系统的高压化,在燃料轨主体(103)的燃料通路(105)与分支孔(106)的连通口(107)处由燃料压力产生的应力集中,因而该连通口(107)及其周边成为最大应力产生位置。因此,该燃料通路(105)与分支孔(106)的连通口(107)及其周边的强度管理变得重要。

[0004] 另外,与上述汽油发动机车同样地,作为采用燃料的高压系统的汽车,可以举出以氢气为燃料的汽车等,但对于以该氢气为燃料的汽车,认为也会产生与上述汽油发动机车同样的课题。

[0005] 因此,为了解决上述那样的课题,已经研究了使燃料轨主体、凸台的壁厚比现有产品厚、或者使燃料轨主体的外径比现有产品大、或者使燃料轨主体的内径比现有产品小、或者燃料轨主体、凸台的材料使用高强度钢的方法。

[0006] 专利文献1:日本特开平10-205674号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 然而,在采用这样的以往的解决方法的情况下,有可能产生如下的问题。即,在使燃料轨主体、凸台的壁厚比以往的情况厚的情况下,重量变重,燃料消耗性能的降低、产品成本的增加成为问题。另外,在增大了燃料轨主体的外径的情况下,布局性变差,并且由于重量的增加,燃料消耗性能的降低、产品成本的增加成为问题。另外,在减小了燃料轨主体的内径的情况下,难以抑制燃料喷射时的压力脉动。另外,在燃料轨主体、凸台的材料使用高强度钢的情况下,制造成本变高。

[0009] 因此,本发明要解决上述那样的课题,特别是在汽油等液体燃料、氢气等气体燃料等中使用的燃料轨中,要得到如下的燃料轨:与以往相比,在不会增大燃料轨主体、凸台的壁厚,不会变更燃料轨主体的外径、内径的大小,不必用特别的材质形成燃料轨主体、凸台的情况下就能够避免作为应力的最大产生位置的、燃料轨主体的燃料通路与分支孔的连通口及其周边处的由燃料压力引起的应力集中。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 本申请的第一发明是解决了上述那样的课题的发明,是一种燃料轨,其在燃料轨主体的外周面上突出形成有凸台,该燃料轨主体在轴心方向上具有燃料通路,该凸台在内周设置有对方部件的承接凹部,其中,该燃料轨在上述凸台的承接凹部的燃料轨主体侧的端部与上述燃料轨主体的燃料通路之间具有使该燃料通路与承接凹部连通的分支孔,上述分支孔的轴向长度比上述燃料轨主体的壁厚长。

[0012] 另外,本申请的第二发明是一种燃料轨,其组装于具有多个气缸的发动机,并且在燃料轨主体的外周面上突出形成有凸台,该燃料轨主体在轴心方向上具有燃料通路,该凸台在内周设置有对方部件的承接凹部,其中,该燃料轨在上述凸台的承接凹部的燃料轨主体侧的端部与上述燃料轨主体的燃料通路之间具有使该燃料通路与承接凹部连通的分支孔,从上述分支孔的轴向长度减去上述燃料轨主体的壁厚而得到的长度H为7mm以上。

[0013] 另外,在上述本申请的第一、第二发明中,也可以是,上述分支孔的截面积在该分支孔的轴向上是均匀的。

[0014] 另外,在上述本申请的第一、第二发明中,也可以是上述分支孔的中央部的截面积比两端部的截面积大,也可以是上述分支孔的另一端侧的截面积比一端侧的截面积大。

[0015] 发明效果

[0016] 在本申请的第一、第二发明中,如上所述,在上述凸台的燃料轨主体侧的承接凹部的端部与上述燃料轨主体的燃料通路之间设置有使该燃料通路与凸台的内周连通的分支孔,使上述分支孔的轴向长度比上述燃料轨主体的壁厚长,因此无论燃料轨主体、凸台的壁厚、燃料轨主体的外径或内径的大小、燃料轨主体、凸台的材质等如何,都能够降低燃料轨主体的燃料通路与分支孔的连通口及其周边处的由燃料压力产生的应力。

附图说明

[0017] 图1是示出本申请的第一、第二发明的实施例1～实施例15的局部放大剖视图。

[0018] 图2是实施例1～实施例24的整体立体图。

[0019] 图3是实施例1～实施例15的分析曲线图。

[0020] 图4是示出实施例16～实施例24的局部放大剖视图。

[0021] 图5是实施例16～实施例24的分析曲线图。

[0022] 图6是示出实施例25的局部放大剖视图。

[0023] 图7是示出实施例26的局部放大剖视图。

[0024] 图8是示出实施例27的局部放大剖视图。

[0025] 图9是示出实施例28的局部放大剖视图。

[0026] 图10是示出实施例29的局部放大剖视图。

[0027] 图11是示出现有例的局部放大剖视图。

实施例

[0028] 以下对本发明的实施例1～实施例15进行说明。如图1所示,(1)是燃料轨主体,组装于具有多个气缸的发动机。另外,该燃料轨主体(1)呈在管轴方向上设置有燃料通路(2)的长条的管状。而且,如图2所示,在该燃料轨主体(1)的外周面上等间隔地突出形成有多个凸台(3)。另外,本发明的实施例1～实施例15的燃料轨不仅能够使用汽油等液体燃料,还能

够使用氢气等气体燃料。

[0029] 而且,在上述多个凸台(3)上设置有用于供对方部件(4)插入配置在内部的承接凹部(5)。而且,在该承接凹部(5)的燃料轨主体(1)侧的端部(6),连续地设置有与燃料轨主体(1)的燃料通路(2)连通的分支孔(7)。另外,使该分支孔(7)的直径R从一端至另一端是均匀的,从而使其截面积是均匀的。

[0030] 在上述那样的结构的燃料轨中,如图1所示,在燃料轨主体(1)的燃料通路(2)与分支孔(7)的连通口(8)及其周边,由燃料压力产生的应力集中,该部分成为最大应力产生位置。因此,对该连通口(8)处的应力进行了分析。以下对该应力分析进行说明。

[0031] 首先,关于图1所示的结构的燃料轨,在以下的表1中示出了实施例1~实施例15的各参数、即燃料轨主体(1)的外径P及其内径Q、分支孔(7)的直径R、凸台(3)的内径M及其外径N。

[0032] 【表1】

[0033]

	实施例1	实施例2	实施例3	实施例1	实施例5	实施例6	实施例7	实施例8	实施例9	实施例10	实施例11	实施例12	实施例13	实施例14	实施例15
燃料轨主体的外径P	18mm	18mm	18mm	20mm	20mm	20mm	22mm	22mm	22mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm	20mm
燃料轨主体的内径Q	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm
分支孔的直径R	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	4mm	4mm	4mm	5mm	5mm	5mm
凸台的内径M	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm
凸台的外径N	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm

[0034] 而且,在实施例1~实施例15中,进行了使从分支孔(7)的轴向长度减去上述燃料轨主体(1)的壁厚而得到的长度H如以下那样变化的情况下的连通口(8)附近的应力分析。关于上述实施例1~实施例15的分析结果,在下述表2中示出,另外,在图3中示出基于表2的折线曲线图。

[0035] (实施例1~实施例9)

[0036] H 0mm、4mm、7mm、8mm、9mm、14mm、34mm

[0037] (实施例10~实施例15)

[0038] H 0mm、4mm、9mm、14mm、34mm

[0039] 【表2】

[0040]

H(mm)	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	实施例7	实施例8	实施例9	实施例10	实施例11	实施例12	实施例13	实施例14	实施例15
0	69.6	65.3	62.1	66.3	62.4	59.3	63.3	60.1	57.3	65.9	61.6	58.2	65.8	61.0	57.3
4	58.9	55.5	53.0	55.6	52.7	50.4	53.1	50.8	48.9	56.3	53.2	50.7	57.8	54.2	51.3
7	56.3	53.9	50.5	53.0	51.1	48.0	50.4	49.2	46.2	-	-	-	-	-	-
8	56.1	53.5	50.2	52.9	50.7	47.8	50.2	48.7	46.0	-	-	-	-	-	-
9	56.1	53.2	50.1	52.8	50.4	47.6	50.2	48.4	45.8	53.4	50.9	47.9	55.2	52.2	48.9
14	55.5	52.0	49.3	52.3	49.2	46.9	49.6	47.1	45.1	52.9	49.6	47.1	54.7	51.0	48.1
34	55.5	51.8	49.1	52.2	49.0	46.6	49.6	47.0	44.8	52.9	49.4	46.8	54.6	50.8	47.9

[0041] 如表2和图3所示,确认了在实施例1~实施例15的全部中,存在H越长应力越低的倾向,特别是在H为7mm以上时能够得到接近最大的应力降低效果的值。由此可知,无论燃料轨主体(1)的外径和内径的大小、凸台(3)的壁厚(凸台(3)的外径N-凸台(3)的内径M)以及分支孔(7)的直径的大小如何,通过将H设为7mm以上,能够有效地降低集中于上述连通口(8)的应力。

[0042] 另外,根据实施例1～实施例15的分析结果,如图3所示,H从7mm至34mm时,应力的值维持大致相同程度的值,因此,即使在将H设为34mm以上的情况下,应力降低效果也维持大致相同程度。但是,若分支孔(7)的轴向长度过长,则凸台(3)从燃料轨主体(1)突出的突出高度变高,因此燃料轨整体的布局性产生问题。另外,导致燃料轨主体(1)的重量增加,有可能导致燃料消耗性能的降低和产品成本的增加。

[0043] 因此,即使将H设为14mm以上,对于应力降低效果也几乎没有发现变化,或者即使存在变化也几乎没有变化的观点出发,也可以考虑使H小于14mm。

[0044] 另外,发动机振动通常在1000Hz以下存在较大的振动。因此,在燃料轨的固有振动频率为1000Hz以下的情况下,伴随共振而该燃料轨产生较大的振动应力。由此,例如在燃料轨的重量变重了1.5倍以上的情况下,固有振动频率有可能成为1000Hz以下,共振的风险变高。因此,关于H的上限值,能够以燃料轨的重量变为1.5倍的情况为基准。

[0045] 例如,在将燃料轨主体(1)的重量×0.5分配给被施加燃料压力的凸台(3)的情况下,燃料轨的重量变为1.5倍。然后,若将上述燃料轨主体(1)的重量×0.5换算成长度,则燃料轨主体(1)的全长×0.5成为被施加燃料压力的各凸台(3)中的H的总和。然后,通过将该凸台(3)中的H的总和除以凸台(3)的数量,能够计算各凸台(3)中的H的长度的平均值,并将该平均值考虑为H的值的上限值。

[0046] 以上,关于H的值的上限,可以说能够通过H＝(燃料轨主体(1)的全长)×0.5÷(被施加燃料压力的凸台(3)的数量(这里为喷射器凸台的数量+传感器凸台的数量+入口凸台的数量))这样的数学式而求出。

[0047] 接着,对本发明的实施例16～实施例24进行说明。如图4所示,(31)是燃料轨主体,形成为在管轴方向上设置有燃料通路(32)的长条的管状。而且,如图2所示,在该燃料轨主体(31)的外周面上等间隔地突出形成有多个凸台(33)。

[0048] 而且,如图4所示,上述多个凸台(33)设置有用于供其对方部件(34)插入配置在内部的承接凹部(35)。而且,在该承接凹部(35)的燃料轨主体(31)侧的端部36上,连续地设置有与燃料轨主体(31)的燃料通路(32)连通的分支孔(37)。而且,在上述实施例1～实施例15中,使该分支孔(37)的截面积从一端到另一端是均匀的,但在实施例16～实施例24中,使分支孔(37)的截面积在一端侧和另一端侧不同。即,将燃料轨主体(31)的燃料通路(32)侧即一端侧的内径S设为3mm,并且将该分支孔(37)的凸台(33)的承接凹部(35)侧的另一端侧的内径R设为4mm。

[0049] 在上述那样的结构的燃料轨中,如图4所示,在燃料轨主体(31)的燃料通路(32)与分支孔(37)的连通口(38)及其周边,由燃料压力产生的应力集中,该部分成为最大应力产生位置。因此,对该连通口(38)处的应力进行了分析。以下对该应力分析进行说明。

[0050] 首先,在表3中示出了图4所示的结构的燃料轨的实施例16～实施例24的各参数、即燃料轨主体(31)的外径P及其内径Q、分支孔(37)的直径R和S、凸台(33)的内径M及其外径N。而且,在该实施例16～实施例24中,进行使从分支孔(37)的轴向长度减去上述燃料轨主体(31)的壁厚而得到的长度H变化为0mm、4mm、7mm、8mm、9mm、14mm、34mm的情况下的连通口(38)附近的应力分析。

[0051] 【表3】

[0052]

	实施例16	实施例17	实施例18	实施例19	实施例20	实施例21	实施例22	实施例23	实施例24
燃料轨主体的外径P	18mm	18mm	18mm	20mm	20mm	20mm	22mm	22mm	22mm
燃料轨主体的内径Q	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm	10mm
分支孔的直径R	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm
分支孔的直径S	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm
凸台的内径M	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm	9.4mm
凸台的外径N	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm	23mm	25mm	27mm

[0053] 关于上述实施例16～实施例24的分析结果,在下述表4中示出,另外,在图5中示出基于表4的折线曲线图。

[0054] 【表4】

[0055]

H(mm)	实施例16	实施例17	实施例18	实施例19	实施例20	实施例21	实施例22	实施例23	实施例24
0	67.1	63.0	59.9	64.0	60.2	57.3	61.2	58.0	55.3
4	58.4	55.1	52.6	55.3	52.4	50.1	52.8	50.4	48.4
7	56.0	53.7	50.4	52.9	51.0	48.0	50.4	49.1	46.3
8	55.9	53.3	50.2	52.8	50.7	47.8	50.3	48.7	46.1
9	55.8	53.0	50.0	52.8	50.4	47.7	50.2	48.4	45.9
14	55.3	51.8	49.3	52.3	49.2	46.9	49.7	47.3	45.2
34	55.3	51.7	49.1	52.2	49.1	46.7	49.7	47.1	45.0

[0056] 如表4和图5所示,确认了在实施例16～实施例24的全部中,存在H越长应力越低的倾向,特别是在H为7mm以上时能够得到接近最大的应力降低效果的值。根据该结果可知,无论燃料轨主体(31)的外径和内径的大小、凸台(3)的壁厚(凸台(3)的外径N-凸台(3)的内径M)以及分支孔(37)的直径的大小及其形状的变化如何,通过将H设为7mm以上,能够有效地降低集中于上述连通口(38)的应力。

[0057] 另外,根据实施例16～实施例24的分析结果,如图5所示,H从7mm至34mm时,应力的值维持大致相同程度的值,因此,即使在将H设为34mm以上的情况下,应力降低效果也维持大致相同程度。但是,若分支孔(37)的轴向长度过长,则凸台(33)从燃料轨主体(1)突出的突出高度变高,因此燃料轨整体的布局性产生问题。另外,导致燃料轨主体(31)的重量增加,有可能导致燃料消耗性能的降低和产品成本的增加。

[0058] 因此,从即使将H设为14mm以上也几乎观察不到应力降低效果的变化、或者即使存在变化也几乎没有变化的观点出发,还考虑使H小于14mm。

[0059] 另外,通常发动机振动在1000Hz以下存在较大的振动,因此在燃料轨的固有振动频率为1000Hz以下的情况下,伴随共振而该燃料轨产生较大的振动应力。因此,例如在燃料轨的重量变重1.5倍以上的情况下,固有振动频率有可能成为1000Hz以下,因此共振的风险变高。因此,关于H的值的上限值,能够以燃料轨的重量变为1.5倍的情况为基准。

[0060] 例如,在将燃料轨主体(31)的重量×0.5分配给被施加燃料压力的凸台(33)的情况下,燃料轨的重量变为1.5倍。然后,若将上述燃料轨主体(31)的重量×0.5换算成长度,则燃料轨主体(31)的全长×0.5成为被施加燃料压力的各凸台(33)中的H的总和。然后,通

过将该凸台(33)中的H的总和除以凸台(33)的数量,能够计算各凸台(33)中的H的长度的平均值,并将该平均值考虑为H的值的上限值。

[0061] 以上,关于H的值的上限,可以说能够通过H＝(燃料轨主体(1)的全长)×0.5÷(被施加燃料压力的凸台(33)的数量(这里为喷射器凸台的数量+传感器凸台的数量+入口凸台的数量))这样的数学式而求出。

[0062] 另外,对于与上述实施例不同的结构的燃料轨,在H为7mm以上的情况下也能够得到同样的应力降低效果。

[0063] 即,作为实施例25,作为图6和实施例26,图7所示的燃料轨与上述实施例16～实施例24同样地,使分支孔(45)、分支孔(51)的截面积在一端侧和另一端侧不同,另一方面,与将燃料通路(32)侧即一端侧的截面积形成为比凸台(33)的承接凹部(35)侧的另一端侧的截面积小的实施例16～实施例24不同,使轴向中央部侧的截面积比燃料轨主体(44)、燃料轨主体(50)的燃料通路(46)、燃料通路(52)侧和承接凹部(48)、承接凹部(54)侧的两端侧的截面积大。另外,实施例25的凸台(47)用作入口管,并且实施例26所示的凸台(53)用作传感器凸台。

[0064] 另外,作为实施例27,图8所示的燃料轨在燃料轨主体(56)的燃料通路(58)的截面中在从轴心部(57)偏离的位置处突出形成凸台(60),并且形成分支孔(61),使分支孔(61)的截面积从一端到另一端是均匀的。

[0065] 另外,作为实施例28,在图9所示的燃料轨中,上述实施例1～实施例27的分支孔(7)、(37)、(45)、(51)、(61)相对于燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)的燃料通路(2)、(32)、(46)、(52)、(58)在垂直方向上形成,与此相对,在实施例28中,如图9所示,相对于燃料通路(65)在倾斜方向上形成,本实施例的凸台(66)是非正上方型的喷射器保持架。

[0066] 另外,作为实施例29,图10所示的燃料轨在燃料轨主体(78)上具有凸台(77),该凸台(77)用于供图10所示那样的作为对方部件(80)的喷射器杯适配器的一端(76)插入配置。

[0067] 以上,在上述所有实施例中,通过使分支孔(7)、(37)、(45)、(61)、(71)、(82)的轴向长度比燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)、(67)、(78)的壁厚长,能够得到如下效果:无论燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)、(67)、(78)、凸台(3)、(33)、(47)、(53)、(60)、(66)、(77)的壁厚、燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)、(67)、(78)的外径或内径的大小、燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)、(67)、(78)、凸台(3)、(33)、(47)、(53)、(60)、(66)、(77)的材质等如何,都能够降低燃料轨主体(1)、(31)、(44)、(50)、(56)、(67)、(78)的燃料通路(2)、(32)、(46)、(52)、(58)、(65)、(79)与分支孔(7)、(37)、(45)、(61)、(71)、(82)的连通口(8)、(38)、(42)、(49)、(64)、(72)、(83)及其周边处的由燃料压力产生的应力。

[0068] 标号说明

[0069] 1、31、44、50、56、67、78:燃料轨主体;2、32、46、52、58、65、79:燃料通路;3、33、47、53、60、66、77:凸台;4、34、43、55、62、68、80:对方部件;5、35、48、54、63、70、81:承接凹部;6、36:端部;7、37、45、51、61、71、82:分支孔;8、38、42、49、64、72、83:连通口。

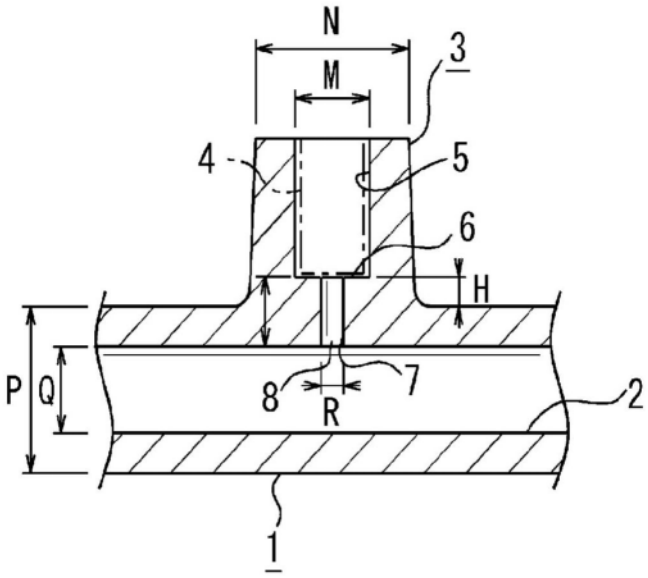


图1

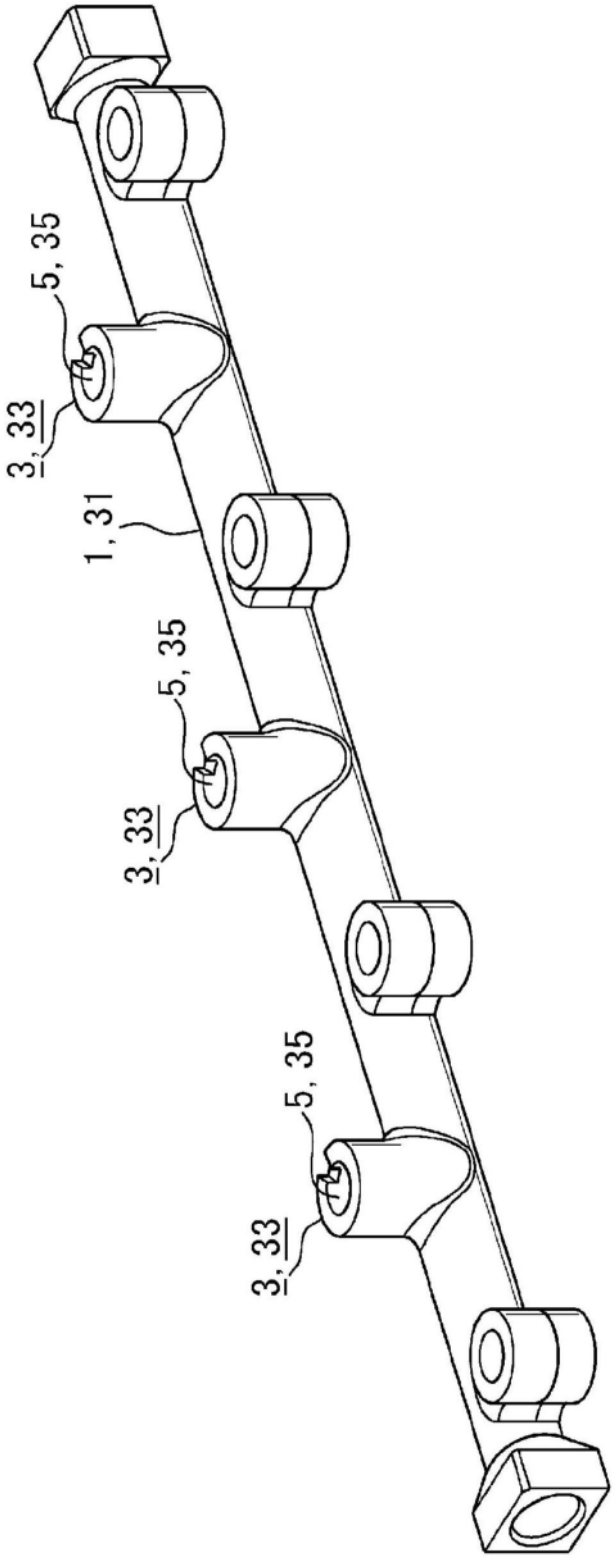


图2

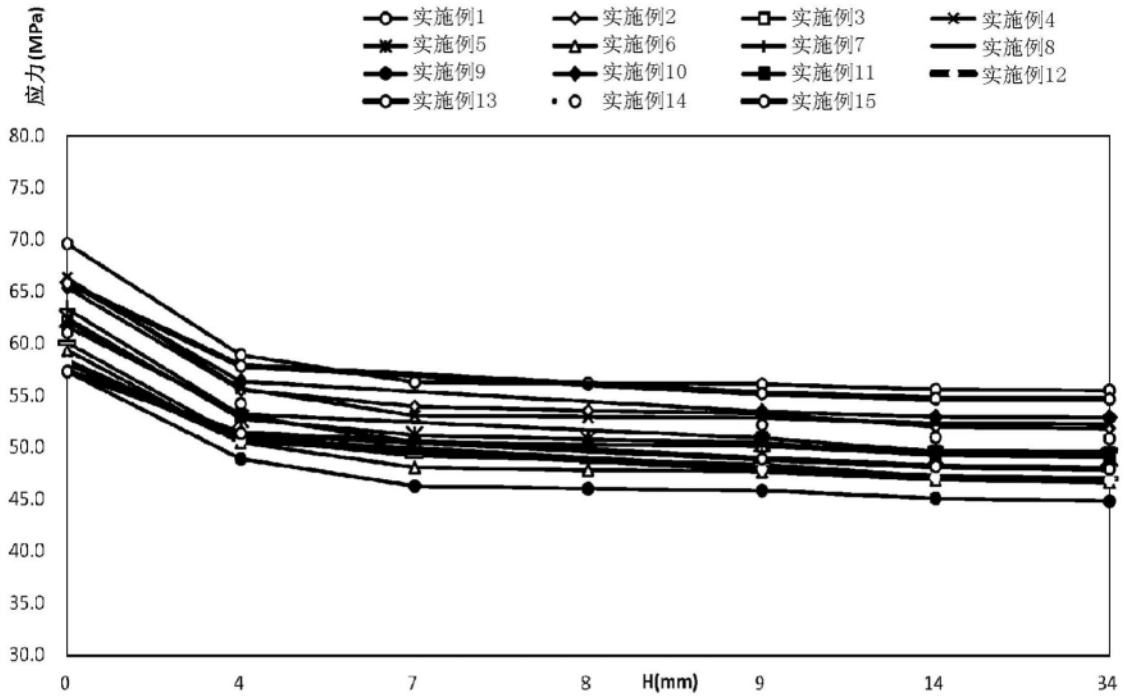

应力(MPa)
实施例1
实施例2
实施例3
实施例4
实施例5
实施例6
实施例7
实施例8
实施例9
实施例10
实施例11
实施例12
实施例13
实施例14
实施例15
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
0
4
7
8
H(mm)
9
14
34

图3

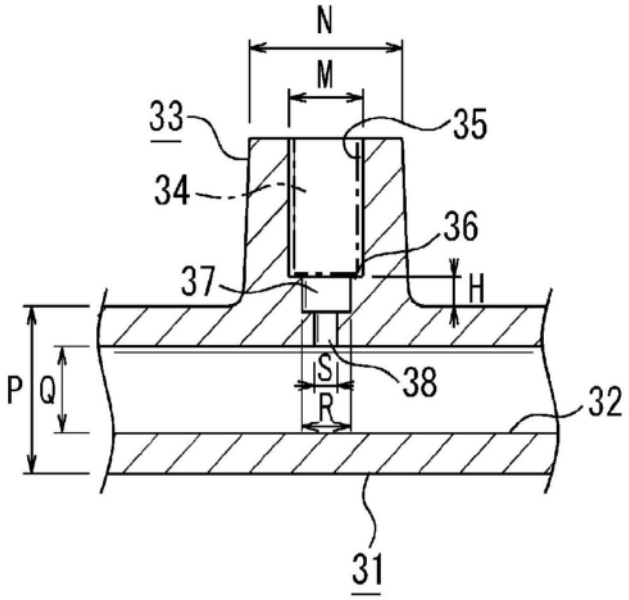

N
M
33
35
34
36
37
H
P
Q
S
R
38
32
31

图4

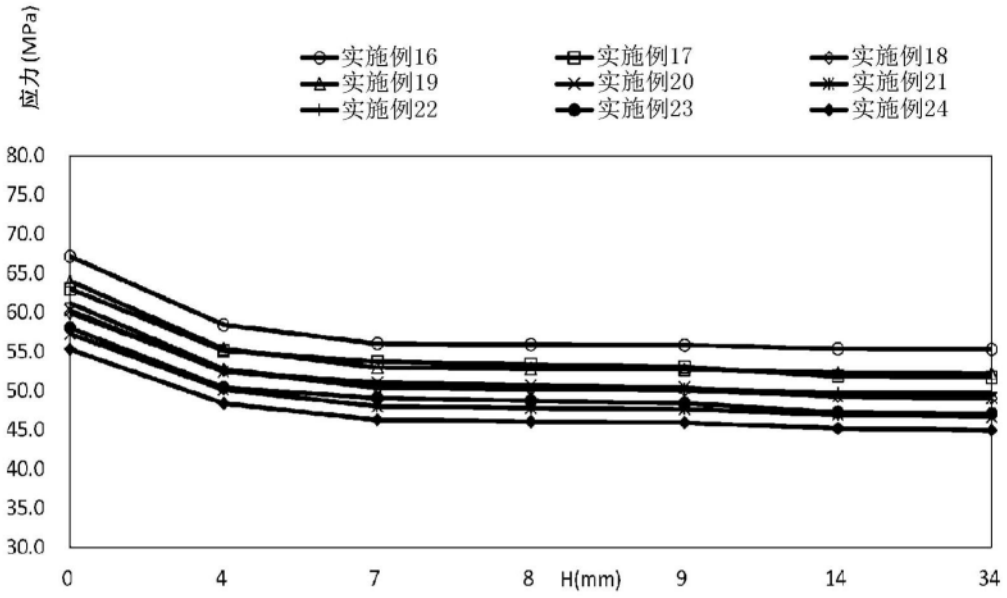

应力(MPa)
实施例16
实施例17
实施例18
实施例19
实施例20
实施例21
实施例22
实施例23
实施例24
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
0
4
7
8
H(mm)
9
14
34

图5

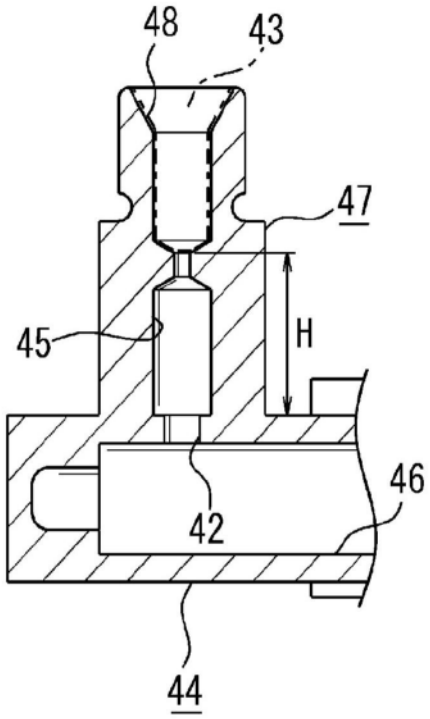

48
43
47
H
45
46
42
44

图6

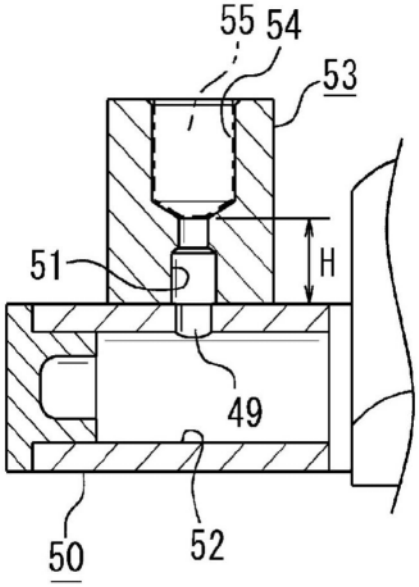


图7

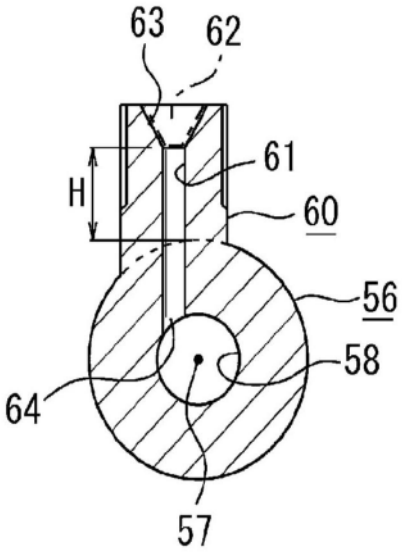


图8

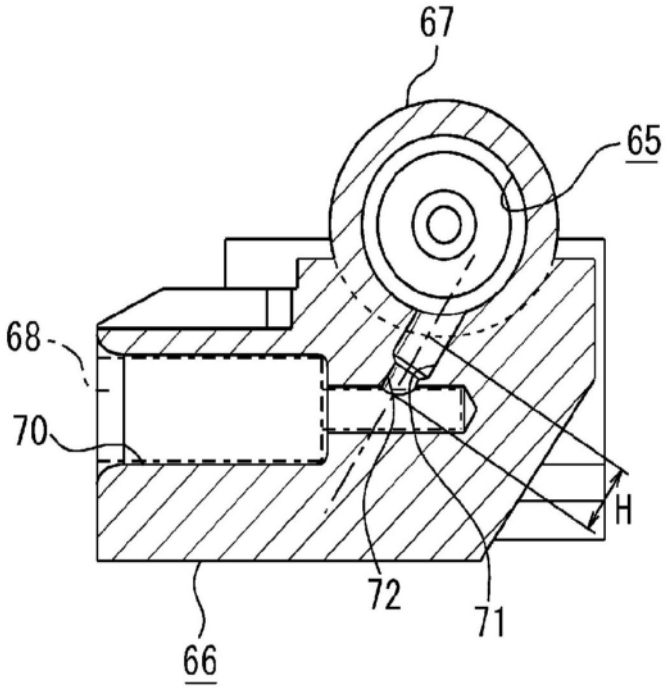


图9

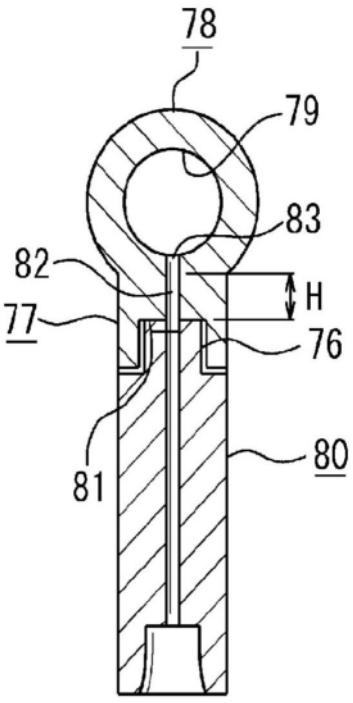


图10

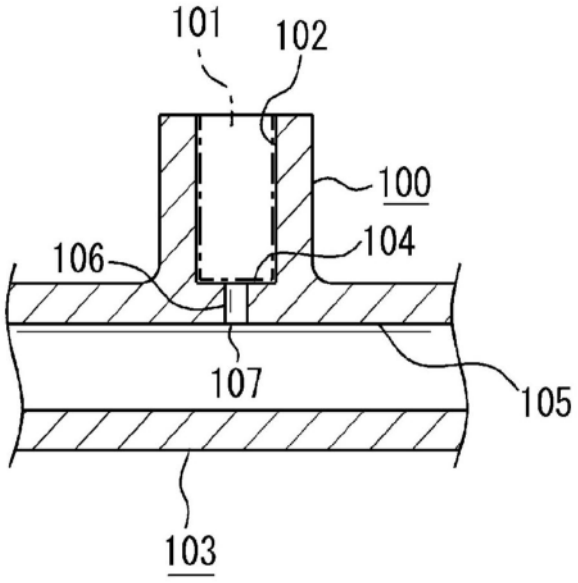


图11