



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107226301 B

(45)授权公告日 2019.09.13

(21)申请号 201610369472.3

(22)申请日 2016.05.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107226301 A

(43)申请公布日 2017.10.03

(73)专利权人 南通中集罐式储运设备制造有限公司

地址 江苏省南通市城港路159号

专利权人 中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司
中集安瑞科投资控股(深圳)有限公司

(72)发明人 王勇 姚春荣 梁勋南 许愿

王治宇 宋红梅

(74)专利代理机构 深圳市隆天联鼎知识产权代理有限公司 44232

代理人 刘抗美 王苗

(51)Int.Cl.

B65D 90/02(2019.01)

G22C 38/58(2006.01)

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/44(2006.01)

G22C 38/42(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

审查员 朱瑾

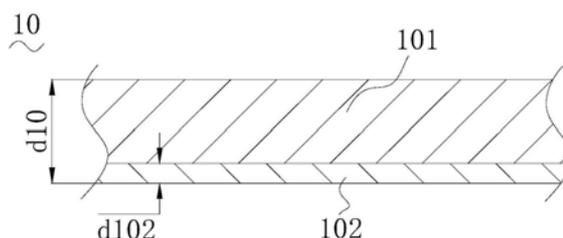
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

罐式集装箱及其罐体

(57)摘要

本发明提供了一种罐式集装箱及其罐体。罐体包括筒体和设置于筒体两端的封头;所述罐体由不锈钢复合板制成,所述不锈钢复合板包括含氮节镍奥氏体不锈钢材质的基层和耐腐蚀性高于基层的奥氏体不锈钢材质的复层,所述复层整体连续地至少包覆于所述基层的内表面。本发明的罐体同时具备了良好的耐腐蚀性能、高塑形、高强度及低原材料成本的综合性能,在一定程度上还能减小罐体的壁厚,减轻罐体自重,增加罐体的储运效率。进一步地,本发明还通过对不锈钢复合板基层及复层化学成分的改进,从而获得更佳的性能。



1. 一种罐式集装箱的罐体,包括筒体和设置于筒体两端的封头;其特征在于:所述罐体由不锈钢复合板制成,所述不锈钢复合板包括含氮节镍奥氏体不锈钢材质的基层和耐腐蚀性高于基层的奥氏体不锈钢材质的复层,所述复层整体连续地至少包覆于所述基层的内表面;所述复层与所述基层冶金结合为一体;所述复层为316L、316或304型奥氏体不锈钢材质;

所述基层材料元素满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$;

所述不锈钢复合板的室温抗拉强度 $\geq 650MPa$,延伸率 $\geq 50\%$, $-196^\circ C$ 下冲击功 $\geq 27J$ 。

2. 根据权利要求1所述的罐体,其特征在于,所述复层的总厚度占所述不锈钢复合板总厚度的2%~30%。

3. 根据权利要求2所述的罐体,其特征在于,所述复层的总厚度占所述不锈钢复合板总厚度的10%~30%。

4. 根据权利要求1所述的罐体,其特征在于,所述基层与所述复层之间通过焊接连接,并经热轧、固溶、酸洗而形成所述不锈钢复合板。

5. 根据权利要求1所述的罐体,其特征在于,所述基层的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质;

所述复层为316L型不锈钢材质,其化学成分质量百分比为:C $\leq 0.03\%$ 、Si $\leq 0.75\%$ 、Mn $\leq 2.0\%$ 、Cr:16.0~18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N $\leq 0.10\%$ 、P $\leq 0.045\%$ 、S $\leq 0.030\%$,其余为Fe及不可避免的杂质;

且上述复层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$ 。

6. 根据权利要求5所述的罐体,其特征在于,所述基层的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质;

所述复层为316型不锈钢材质,其化学成分质量百分比为:C $\leq 0.08\%$ 、Si $\leq 0.75\%$ 、Mn $\leq 2.0\%$ 、Cr:16.0~18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N $\leq 0.10\%$ 、P $\leq 0.045\%$ 、S $\leq 0.030\%$,其余为Fe及不可避免的杂质;

且上述复层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$ 。

7. 根据权利要求5所述的罐体,其特征在于,所述基层的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质;

所述复层为304型不锈钢材质,其化学成分质量百分比为:C $\leq 0.07\%$ 、Si $\leq 0.75\%$ 、Mn $\leq 2.0\%$ 、Cr:17.5~19.5%、Ni:8.0~10.5%、N $\leq 0.10\%$ 、P $\leq 0.045\%$ 、S $\leq 0.030\%$,其余为Fe及不可避免的杂质。

8. 根据权利要求5-7任一项所述的罐体,其特征在于,所述基层的化学成分中:C:0.05~0.08%、Mn:6.5~8.0%、Cr:16.0~17.0%、Ni:2.0~2.5%、Cu:2.0~2.5%、N:0.14~0.20%,以质量百分比计。

9. 根据权利要求1-7任一项所述的罐体,其特征在于,所述不锈钢复合板为双层结构,由一层所述基层和位于所述基层内表面的一层所述复层构成。

10. 根据权利要求1-7任一项所述的罐体,其特征在于,所述不锈钢复合板为三层结构,由一层所述基层以及分别位于所述基层内表面和外表面的两层所述复层构成。

11. 一种罐式集装箱,其特征在于,包括如权利要求1-10任一项所述的罐体。

罐式集装箱及其罐体

技术领域

[0001] 本发明涉及储运设备领域,特别涉及一种罐式集装箱及其罐体。

背景技术

[0002] 在储运装备领域,罐式集装箱是目前采用最广泛的一种运输化工介质和原料的装备。它通常采用框架加罐体结构,其中罐体根据所装运介质的种类常采用碳钢或不锈钢制造。为了运输涵盖较大范围的化工介质,更多的是采用耐腐蚀较好的不锈钢材料,其中316L不锈钢的应用较为广泛。316L不锈钢材料虽具有较高的耐腐蚀性能,但强度相对于其他类型不锈钢材料较低。在设计和使用过程中,只有表层的较薄厚度作为腐蚀裕量层来达到防腐效果,腐蚀裕量层以下的作为受力部分参与壁厚强度计算,为达到所要求的强度,316L不锈钢的罐体往往需要设计为具有较大的厚度,增加了材料成本。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种罐式集装箱及其罐体,解决现有技术中罐体的耐腐蚀性、高强度、成本方面难以兼得的问题。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0005] 根据本发明的一个方面,本发明提供一种罐式集装箱的罐体,包括筒体和设置于筒体两端的封头;所述罐体由不锈钢复合板制成,所述不锈钢复合板包括含氮节镍奥氏体不锈钢材质的基层和耐腐蚀性高于基层的奥氏体不锈钢材质的复层,所述复层整体连续地至少包覆于所述基层的内表面。

[0006] 较优地,所述复层的总厚度占所述不锈钢复合板总厚度的2%~30%。

[0007] 较优地,所述复层的总厚度占所述不锈钢复合板总厚度的10%~30%。

[0008] 较优地,所述基层与所述复层之间通过焊接连接,并经热轧、固溶、酸洗而形成所述不锈钢复合板。

[0009] 较优地,所述复层为316L、316或304型奥氏体不锈钢材质。

[0010] 较优地,所述基层的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质;所述复层为316L型不锈钢材质,其化学成分质量百分比为:C≤0.03%、Si≤0.75%、Mn≤2.0%、Cr:16.0~18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N≤0.10%、P≤0.045%、S≤0.030%,其余为Fe及不可避免的杂质;且上述基、复层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$ 。

[0011] 较优地,所述基层的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质;所述复层为316型不锈钢材质,其化学成分质量百分比为:C≤0.08%、Si≤0.75%、Mn≤2.0%、Cr:16.0~

18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N≤0.10%、P≤0.045%、S≤0.030%，其余为Fe及不可避免的杂质；且上述基、复层材料元素同时需满足如下关系： $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$ 。

[0012] 较优地，所述基层的化学成分质量百分比为：C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%，其余为Fe及不可避免的杂质；所述复层为304型不锈钢材质，其化学成分质量百分比为：C≤0.07%、Si≤0.75%、Mn≤2.0%、Cr:17.5~19.5%、Ni:8.0~10.5%、N≤0.10%、P≤0.045%、S≤0.030%，其余为Fe及不可避免的杂质；且上述基层材料元素同时需满足如下关系： $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^\circ C$ 。

[0013] 较优地，所述基层的化学成分中：C:0.05~0.08%、Mn:6.5~8.0%、Cr:16.0~17.0%、Ni:2.0~2.5%、Cu:2.0~2.5%、N:0.14~0.20%，以质量百分比计。

[0014] 较优地，所述不锈钢复合板的室温抗拉强度≥650MPa，延伸率≥50%，-196℃下冲击功≥27J。

[0015] 较优地，所述不锈钢复合板为双层结构，由一层所述基层和位于所述基层内表面的一层所述复层构成。

[0016] 较优地，所述不锈钢复合板为三层结构，由一层所述基层以及分别位于所述基层内表面和外表面的两层所述复层构成。

[0017] 根据本发明的另一个方面，本发明还提供一种罐式集装箱，包括如上所述的罐体。

[0018] 由上述技术方案可知，本发明的优点和积极效果在于：本发明的罐体采用不锈钢复合板制成，该不锈钢复合板具有高强度的不锈钢基层以及耐腐蚀性好的不锈钢复层，可以保持与较高耐腐蚀性的316L或316或304不锈钢相当的耐腐蚀性能的同时，还具有更高的强度及良好的塑形和低温冲击韧性，相对于现有常用的316L不锈钢材质的罐体而言，可以减小厚度，根据罐式集装箱箱型的不同，罐体厚度可减小0.1mm~0.2mm不等，降低比率2%~3%左右，罐体主体材料成本可降低20%以上，成本上更为经济；同时，罐体的重量可减少约30kg~60kg，降低比率占罐体重量的2%~3%左右，提高储运效率。该不锈钢复合板的基层和复层同为奥氏体不锈钢，热加工性能相近，与现有技术中碳钢加不锈钢复合板相比，本发明中所采用的不锈钢复合板具有更好的可制造性。同时，基层具有较好的耐腐蚀性能，复合板加工过程无需特殊工艺来防止基层表面或截面锈蚀问题的发生。综上，本发明的罐体同时具备了良好的耐腐蚀性能、高塑形、高强度及低原材料成本的综合性能，还能减小罐体的壁厚，减轻罐体自重，增加罐体的储运效率。

附图说明

[0019] 图1是罐体的结构示意图。

[0020] 图2是本发明优选实施例中罐体所采用的不锈钢复合板的一种截面结构示意图。

[0021] 图3是本发明优选实施例中罐体所采用的不锈钢复合板的另一种截面结构示意图。

[0022] 图4是本发明优选实施例中罐体所采用的不锈钢复合板实施例1的横截面显微组织照片。

[0023] 图5是本发明优选实施例中罐体所采用的不锈钢复合板实施例2中基层、复层材料与对比例1基材不锈钢的冷加工形变马氏体变化关系对比图。

[0024] 附图标记说明如下:1、罐体;11、筒体;12、封头;10、不锈钢复合板;101、基层;102、复层;103、复层。

具体实施方式

[0025] 体现本发明特征与优点的典型实施方式将在以下的说明中详细叙述。应理解的是本发明能够在不同的实施方式上具有各种的变化,其皆不脱离本发明的范围,且其中的说明及图示在本质上是当作说明之用,而非用以限制本发明。

[0026] 本发明提供一种由不锈钢复合板材质构成的罐体及具有该罐体的罐式集装箱,其中,罐体可与现有技术中的框架相连接而形成罐式集装箱。

[0027] 参阅图1,罐体1的结构形式为常见结构,主要由筒体11和设置于筒体11两端的封头12形成具有内部存储空间的结构。基于本发明的优选实施例,筒体11和封头12分别由不锈钢复合板10制成,而后筒体11和封头12焊接即可。

[0028] 参阅图2,不锈钢复合板10可以为双层结构,由一层基层101和位于基层101内表面的一层复层102构成。其中,“内”、“外”的方位以罐体1所围合的空间为参照,下同。即:不锈钢复合板10制作为罐体1后,基层101为罐体1的外层,与外部环境相接触;复层102为罐体1的内层,与罐体1内部所装运的介质相接触。

[0029] 再参阅图3,不锈钢复合板10还可以为三层结构,由一层基层101以及分别位于基层101内表面和外表面的两层复层102、103构成。

[0030] 上述不锈钢复合板10的两种结构形式中,复层102(103)整体连续地包覆于基层101的内表面,或同时还包覆于基层101的外表面。基层101的材质为含氮节镍奥氏体不锈钢,复层102(103)的材质为耐腐蚀性高于基层101材质的奥氏体不锈钢,例如316L、316或304型奥氏体不锈钢等。

[0031] 根据各国标准的不同,316L、316或304型奥氏体不锈钢的名称也各有不同。其中,316L型不锈钢对应的近似牌号或代号包括:S31603,1.4402,1.4404,SUS316L等。316型不锈钢对应的近似牌号或代号包括:S31600,S31608,1.4401,SUS316等。304型不锈钢对应的近似牌号或代号包括:S30400,S30408,1.4301,SUS304等。

[0032] 本发明的该不锈钢复合板可以保持与316L或316或304不锈钢相当的耐腐蚀性能的同时,还具有更高的强度及良好的塑形和低温冲击韧性,可代替316L不锈钢而应用于罐体中,相对于316L不锈钢材质的罐体而言,可以减小厚度,节省材料成本。该不锈钢复合板的基层和复层同为奥氏体不锈钢,热加工性能相近,与现有技术中碳钢加不锈钢复合板相比,本发明中所采用的不锈钢复合板具有更好的可制造性。同时,基层具有较好的耐腐蚀性能,复合板加工过程无需特殊工艺来防止基层表面或截面锈蚀问题的发生。

[0033] 其中,复层102(103)的总厚度(即图2结构中d102或图3结构中d102+d103)占不锈钢复合板10总厚度d10的2%~30%。较优地,在10%~30%之间。在不锈钢复合板厚度配比方面,如不锈钢复层太薄,会影响不锈钢复合板的产品质量和使用寿命;另一方面,不锈钢复层太厚,材料成本较高,产品的经济性较差。为此,不锈钢复层总厚占不锈钢复合板总厚的2~30%为宜,使得不锈钢复合板具有良好使用性能的同时,还具有较好的经济性。

[0034] 优选地,罐体1所采用的不锈钢复合板10中,基层101和复层102(103)的化学成分采用下述设计成分。

[0035] 基层101的化学成分质量百分比为:C:0.03~0.10%、Si:0.2~1.0%、Mn:6.0~8.5%、Cr:16.0~18.0%、Ni:1.5~3.0%、Mo:0.1~0.5%、Cu:1.5~3.0%、N:0.10~0.25%、P:0.005~0.40%、S:0.001~0.01%,其余为Fe及不可避免的杂质。

[0036] 复层102(103)的化学成分依据其材质的不同而不同,具体如下。

[0037] 复层102(103)为316型不锈钢时,其化学成分质量百分比为:C \leq 0.03%、Si \leq 0.75%、Mn \leq 2.0%、Cr:16.0~18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N \leq 0.10%、P \leq 0.045%、S \leq 0.030%,其余为Fe及不可避免的杂质;且上述基、复层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^{\circ}C$ 。其中, $Md_{30/50}(\alpha')$ 指发生30%塑性应变量导致50% α' 马氏体转变温度,下同,以下将不再重复描述。

[0038] 当复层102(103)为316型不锈钢时,其化学成分质量百分比为:C \leq 0.08%、Si \leq 0.75%、Mn \leq 2.0%、Cr:16.0~18.0%、Ni:10.0~14.0%、Mo:2.0~3.0%、N \leq 0.10%、P \leq 0.045%、S \leq 0.030%,其余为Fe及不可避免的杂质;且上述基、复层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^{\circ}C$ 。

[0039] 当复层102(103)为304型不锈钢时,其化学成分质量百分比为:C \leq 0.07%、Si \leq 0.75%、Mn \leq 2.0%、Cr:17.5~19.5%、Ni:8.0~10.5%、N \leq 0.10%、P \leq 0.045%、S \leq 0.030%,其余为Fe及不可避免的杂质;此时,上述基层材料元素同时需满足如下关系: $Md_{30/50}(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\% \leq 20^{\circ}C$ 。

[0040] 进一步,较优地,基层101的化学成分中:C:0.05~0.08%、Mn:6.5~8.0%、Cr:16.0~17.0%、Ni:2.0~2.5%、Cu:2.0~2.5%、N:0.14~0.20%,以质量百分比计。

[0041] 该不锈钢复合板10中,基层101的材质(以下简称“基材”)上述组成成分的限定理由如下:

[0042] C(碳):碳是强奥氏体形成元素,一定程度上可以取代镍,促进奥氏体形成,并稳定奥氏体组织,同时可以提高不锈钢的强度。但是当碳含量过高时,碳与铬结合后在晶界形成富铬碳化物,导致晶间腐蚀;另外,形成的富铬碳化物还降低钢的冲击韧性。过低的碳含量将增加制备过程中的难度和成本。因此,本发明基材不锈钢中设计碳含量为0.03~0.10%。

[0043] Si(硅):硅在熔炼过程中用于脱氧,因此,一般不锈钢中含有0.2%以上的硅。但是硅含量过高时将降低氮的溶解度。因此,本发明基材不锈钢中设计硅含量为0.2~1.0%。

[0044] Mn(锰):锰是比较弱的奥氏体形成元素,但在不锈钢中是强烈的奥氏体组织稳定元素,并能提高氮在钢中的溶解度。在低镍型奥氏体不锈钢中,锰与钢中碳、氮等元素复合作用,部分取代镍确保不锈钢在室温下为奥氏体组织。但,锰对奥氏体不锈钢的耐蚀性有着负面影响。因此,锰含量控制为6.0~8.5%。

[0045] Cr(铬):铬是不锈钢中最重要的合金元素,是获得不锈钢不锈性和耐蚀性的保证。由于铬是显著增强耐腐蚀性能的元素,为保证良好的耐蚀性,本发明基材不锈钢中设计铬含量在16.0%以上。但是,铬是主要的铁素体形成元素,过高的铬将难以保证基材获得室温

奥氏体组织。因此,本发明基材不锈钢中铬含量控制为16.0~18.0%。

[0046] Ni(镍):镍是形成和稳定奥氏体相最重要的元素,同时是保证低温韧性的关键材料。但是,镍价格昂贵,因此,本发明基材不锈钢中镍含量控制在1.5~3.0%,以保证材料具有较低成本,同时确保钢具有室温下的奥氏体组织以及低温下具有优异的冲击韧性。

[0047] Mo(钼):钼是不锈钢中提高耐腐蚀性能的重要元素,其机理是稳定钝化膜及促进铬元素在钝化膜中的富集,钼还可以与氮协同作用,进一步提高耐点蚀性能,因此,钼的主要作用是提高耐腐蚀性。但钼含量过高将增加合金成本,本发明基材不锈钢中的钼含量控制为0.1~0.5%。

[0048] Cu(铜):铜是一种奥氏体形成元素,铜的加入可以提高不锈钢的塑性,但是铜含量过高时不利于热加工性能。因此,本发明基材不锈钢中铜含量控制为1.5~3.0%。

[0049] N(氮):氮在不锈钢中是非常强烈地形成、稳定和扩大奥氏体区的元素。氮在不锈钢中除了可以替代贵重资源如镍之外,还可以在不明显降低材料塑性和韧性的前提下,明显提高材料的强度,还能提高不锈钢的耐点蚀性能。但是氮含量过高时,将增大含氮金属间相形成的风险,同时提高熔炼和热加工的难度,导致难以生产。因此,本发明基材不锈钢中的氮含量控制为0.10~0.25%。

[0050] P(磷):磷在基材不锈钢中被视为有害元素,应尽量控制得越低越好。

[0051] S(硫):考虑到基材不锈钢中锰含量较高,容易形成MnS夹杂物,影响耐蚀性能,同时考虑到硫对焊接熔池流动性的影响,因此,要求控制硫含量在0.001~0.01%的水平。

[0052] 需要说明的是,本发明基材不锈钢中铬、锰、氮三个元素的含量必须协同设计添加。为了使氮在钢中有足够的固溶度,就必须添加一定量的铬、锰元素,但为了保证单一的奥氏体组织,铬含量也不能太高。采用铬当量和镍当量来参考, $C_{req}(\text{铬当量}) = \%Cr + \%Mo + 1.5\%Si$, $N_{ieq}(\text{镍当量}) = \%Ni + 30\%C + 30\%N + 0.5\%Mn + 0.25\%Cu$ 。通过计算 C_{req} 和 N_{ieq} ,配合Schaeffler-Delong(舍夫勒-德龙)的结果控制相比例,因此本发明中基材不锈钢Ni含量降低后,必须适当提高N含量以确保奥氏体相组织。

[0053] 另外,为了保证不锈钢复合板10具有优异良好的冷加工性能,基材不锈钢成分设计确保 $Md30/50(\alpha')$ 在20℃以下,其中 $Md30/50(\alpha')$ 由以下计算公式确定: $Md30/50(\alpha') = 580 - 520C\% - 2Si\% - 16Mn\% - 16Cr\% - 23Ni\% - 300N\% - 26Cu\% - 10Mo\%$ 。如基材 $Md30/50(\alpha')$ 过高,室温冷加工变形过程中容易产生形变马氏体组织,从而影响变形组织的稳定性。本发明中,基层101通过合理的成分设计确保了 $Md30/50(\alpha')$ 在20℃以下,与316L不锈钢材质的复层102、103复合得到的不锈钢复合板10在室温(20℃)条件下进行变形量20%以下的冷加工,基本上没有形变马氏体产生,冷加工形变组织更加稳定,因此,具有更加优良的冷加工性能。

[0054] 按上述设计成分,基层101采用高Cr含N、Mo微合金化奥氏体不锈钢,保证了基层不锈钢具有较好的耐腐蚀性能和强度,同时添加1.5~3.0%的Ni,保证了基层101具有良好的低温冲击韧性,提升复合板的综合性能。

[0055] 基层101与复层102、103之间通过焊接连接,并经热轧、固溶、酸洗而形成不锈钢复合板10。由于基层101与复层102、103同为奥氏体不锈钢,两者焊接后,焊缝耐蚀性能优良。

[0056] 具体地,不锈钢复合板10在制造时,将按照上述成分要求的含氮节镍奥氏体不锈钢作为基层101与耐蚀性高于基层的奥氏体不锈钢复层102(或102、103)通过焊接方法制成

单面或双面不锈钢复合坯;不锈钢复合坯经热轧、固溶、酸洗制成不锈钢复合板10,或进一步通过后道冷轧工序制成不锈钢冷轧卷板。

[0057] 本发明罐体1所采用的不锈钢复合板10室温抗拉强度 $\geq 650\text{MPa}$,延伸率 $\geq 50\%$, -196°C 下冲击功 $\geq 27\text{J}$,具有高强和高塑性,并且低温冲击韧性和耐腐蚀性优良,并具有较好的冷加工及焊接使用性能,在罐体1中取代纯316L不锈钢的使用,具有更佳的性能。

[0058] 表1列出了本发明罐体1所采用的不锈钢复合板10的多个实施例及对比例基层、复层的化学成分及复合配比情况,表2列出了不锈钢复合板10及对比例复合板的关键性能。其中,表中所列的不锈钢复合板10采用316L型不锈钢作为复层,对于其他采用316型不锈钢或304型不锈钢复层的不锈钢复合板而言,亦具有大致类似的综合性能。

[0059] 按照表1中化学成分及复层总厚占复合板总厚度2%~30%的复合配比选定加工好基层和复层,然后通过焊接方法制成不锈钢复合坯,经热轧、固溶、酸洗制成不锈钢复合板,复合板总厚为6mm;其中,以含氮节镍奥氏体不锈钢为基层,在基层的任一面复合316L奥氏体不锈钢复层得到基层101+复层102的单面复合板(即图2所示双层结构的不锈钢复合板10,制作为罐体1时,以复层102作为罐体1的内层);以含氮节镍奥氏体不锈钢为基层,在基层的上下两面均连续地包覆着316L奥氏体不锈钢复层得到复层102+基层101+复层103的双面复合板(即图3所示三层结构的不锈钢复合板10)。

[0060] 对上述不锈钢复合板10进行力学拉伸、冲击及腐蚀等各项性能试验。其中,力学拉伸性能按照GB/T 6396-2008复合钢板力学及工艺性能试验方法进行;冲击试验按照GB 2016-80金属夏比V型缺口冲击试验方法进行;焊缝点腐蚀性能按照GB/T 17899-1999不锈钢点蚀电位测量方法进行,晶间腐蚀性能按照GB/T 4334-2008金属和合金的腐蚀-不锈钢晶间腐蚀试验方法中的E法进行。具体测试结果参见表2。

[0061] 测完各项性能后,对表1中所列实施例2的原始基层、复层进行冷加工,利用铁素体仪测量钢板不同冷加工变形后的磁性含量,以表征形变马氏体量(体积分数)的变化,结果见图5。

[0062] 观察图4基层与复层结合界面的微观组织,可以发现基、复层的奥氏体晶粒相互融合再结晶长为一体,这表明基层与复层在结合界面处存在原子间相互扩散,即复合板是完全通过冶金结合的方式形成;

[0063] 由图5可知,实施例2基层含氮节镍奥氏体不锈钢、复层316L不锈钢Md30/50(α') $\leq 20^\circ\text{C}$,经过变形量 $\leq 20\%$ 的室温冷加工后,基本没有磁性产生。对比例1基层不锈钢Md30/50(α') $\leq 45^\circ\text{C}$ 左右,10%的冷加工变形磁性明显,即产生了形变马氏体。

[0064]

表 1
单位：重量百分比

钢种号	基层/复层	厚度 配比	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Md _{30/50} (°C)
实施例 1	复层 102	0.1	0.018	0.42	1.40	0.028	0.001	16.36	10.05	2.05	-	0.06	16.0
	基层	0.8	0.030	1.00	7.15	0.030	0.002	17.30	1.70	0.10	2.50	0.16	18.1
	复层 103	0.1	0.018	0.42	1.40	0.028	0.001	16.36	10.05	2.05	-	0.06	16.0
	复层 102	0.2	0.020	0.45	1.32	0.027	0.002	16.62	10.10	2.10	-	0.07	7.4
实施例 2	基层	0.7	0.065	0.62	7.05	0.032	0.003	16.56	2.30	0.15	2.26	0.16	6.0
	复层 103	0.1	0.020	0.45	1.32	0.027	0.002	16.62	10.10	2.10	-	0.07	7.4
实施例 3	基层	0.8	0.080	0.50	6.00	0.023	0.001	16.00	2.00	0.50	3.00	0.15	11.4
	复层	0.2	0.015	0.60	1.38	0.030	0.001	16.62	10.03	2.06	-	0.06	13.7
实施例 4	基层	0.9	0.050	0.30	8.50	0.028	0.002	18.00	3.00	0.20	1.50	0.20	-40.6
	复层	0.1	0.025	0.46	1.42	0.030	0.002	16.23	10.16	2.15	-	0.06	10.5
实施例 5	复层 102	0.1	0.013	0.40	1.48	0.021	0.001	16.70	10.30	2.03	-	0.06	6.4
	基层	0.8	0.10	0.40	7.5	0.032	0.002	17.05	1.50	0.25	2.0	0.10	15.4
	复层 103	0.1	0.013	0.40	1.48	0.021	0.001	16.70	10.30	2.03	-	0.06	6.4
	复层 1	0.1	0.015	0.36	1.35	0.027	0.002	16.28	10.07	2.05	-	0.06	19.3
对比例 1	基层	0.8	0.070	0.30	9.20	0.030	0.002	14.60	0.95	0.10	1.80	0.16	44.6
	复层 2	0.1	0.015	0.36	1.35	0.027	0.002	16.28	10.07	2.05	-	0.06	19.3
对比例 2 (316L)	-	-	0.020	0.45	1.32	0.027	0.002	16.62	10.10	2.10	-	0.07	7.36

表 2

分类	力学拉伸性能			冲击功, J (5×10×55 mm)		焊缝腐蚀性能		备注
	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (A50, %)	20℃	-196℃	点腐蚀电位 (V)	晶间腐蚀试验	
实施例 1	370	730	53	68	25	0.37	弯曲后无裂纹	对比例
	330	670	59	91	36	0.38	弯曲后无裂纹	
实施例 2	350	675	57	106	42	0.40	弯曲后无裂纹	对比例
	280	620	64	118	46	0.41	弯曲后无裂纹	
实施例 3	330	660	55	92	34	0.37	弯曲后无裂纹	
实施例 4	410	735	56	87	32	0.34	弯曲后无裂纹	
实施例 5	360	700	57	86	27	0.37	弯曲后无裂纹	
对比例 1	305	710	61	68	13	0.32	弯曲后无裂纹	
对比例 2	285	590	60	128	86	0.43	弯曲后无裂纹	

[0065] 虽然已参照几个典型实施方式描述了本发明,但应当理解,所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质,所以应当理解,上述实施方式不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

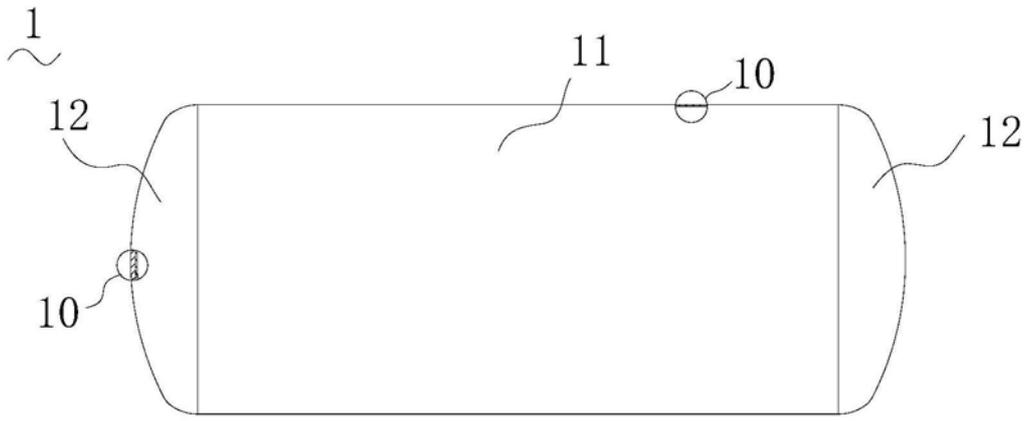


图1

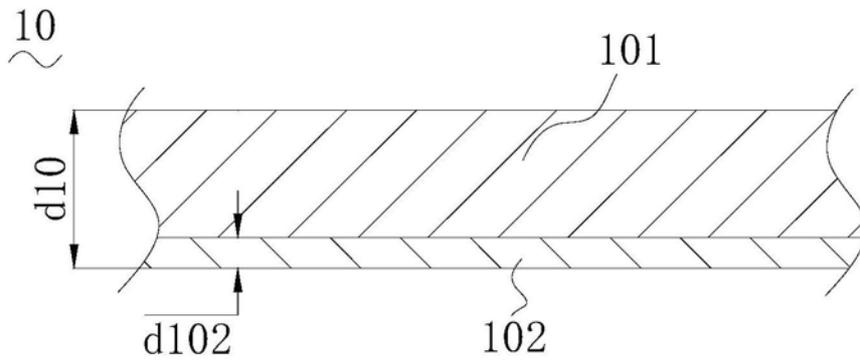


图2

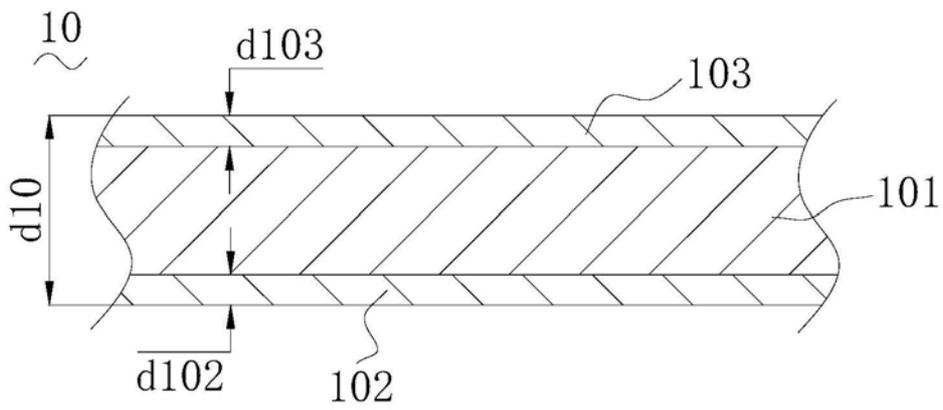


图3

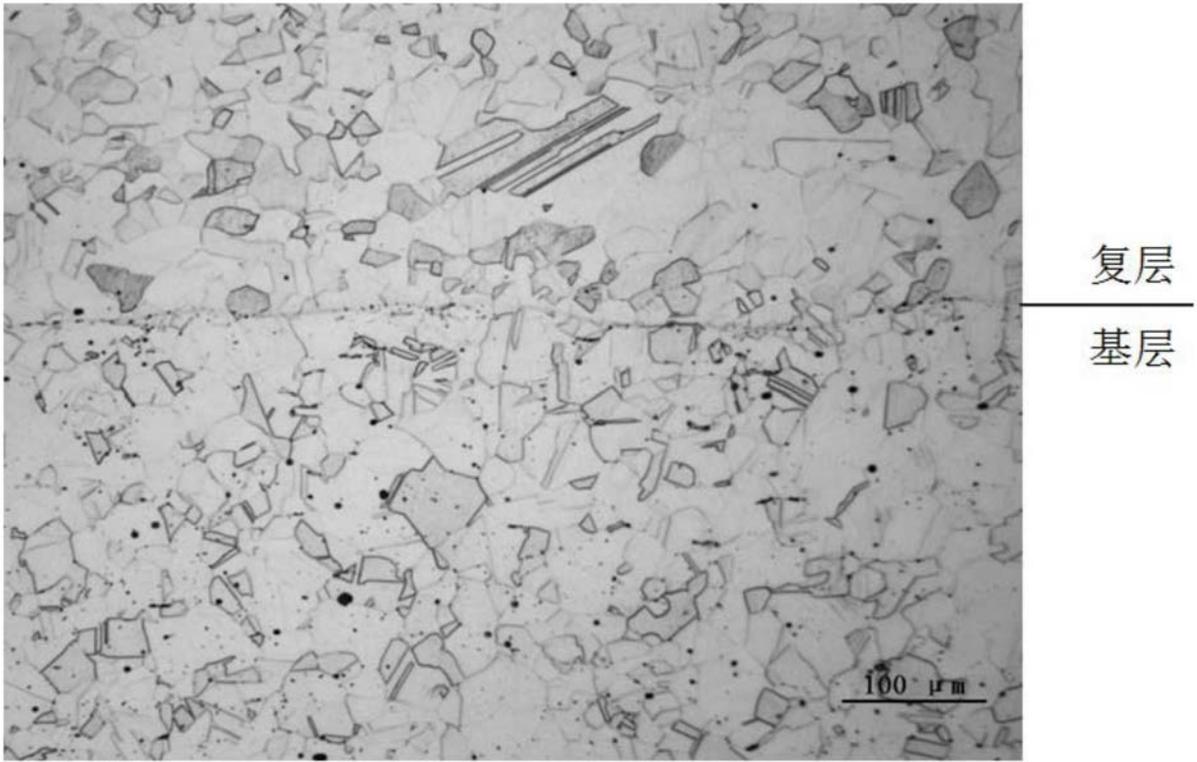


图4

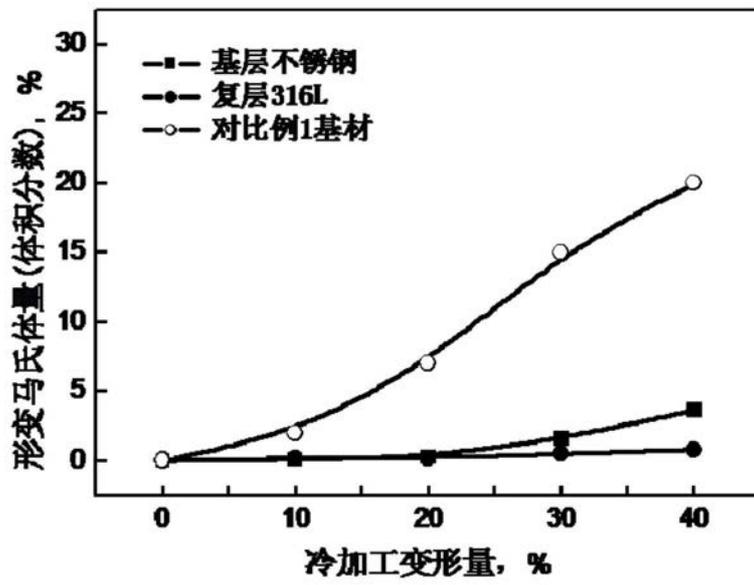


图5