



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114851593 B

(45) 授权公告日 2023. 05. 05

(21) 申请号 202210418020.5  
 (22) 申请日 2022.04.21  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 114851593 A  
 (43) 申请公布日 2022.08.05  
 (73) 专利权人 成都飞机工业(集团)有限责任公司  
 地址 610092 四川省成都市青羊区黄田坝  
 纬一路88号  
 (72) 发明人 文诗琦 徐伟伟 李棵 文友谊  
 田鹏飞  
 (74) 专利代理机构 成都君合集专利代理事务所  
 (普通合伙) 51228  
 专利代理师 何巍

(51) Int. Cl.  
 B29C 70/34 (2006.01)  
 B29C 70/54 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 109551789 A, 2019.04.02  
 CN 112277342 A, 2021.01.29  
 CN 114103160 A, 2022.03.01  
 审查员 郭知鹤

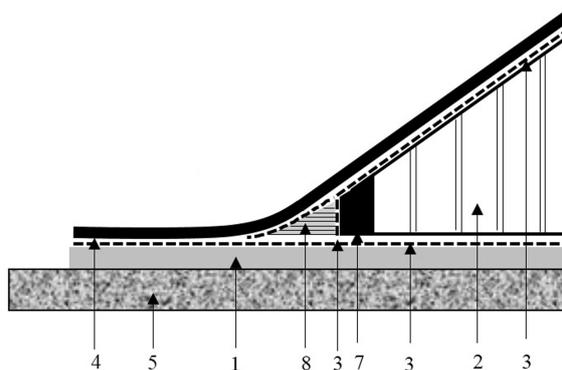
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

## (54) 发明名称

一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,包括以下步骤:1)成型工装,安放蜂窝芯;2)在蜂窝芯侧向底角安放带状发泡胶,使其嵌入芯格中;3)安装挡块后,组装封袋;4)固化;5)脱模,打磨蜂窝芯边缘,测量尖角边缘平均厚度;6)完成下蒙皮铺叠成型和胶膜铺放;7)铺放处理好边缘的蜂窝芯;8)在蜂窝芯底角边局部铺叠一层胶膜;9)在蜂窝芯底角边缘以零度方向铺设预浸料填充层,对底部尖角补全;10)预压实;11)在蜂窝芯上方铺叠胶膜后完成上蒙皮铺叠,胶膜需延伸出填充层区域3-5mm;12)封袋组装;13)进罐固化。本发明通过补偿层加蜂窝芯底角,使其形成一个整体,弥补了数控加工大芯格蜂窝芯无法实现尖角加工的问题。



1. 一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (1) 准备蜂窝芯的成型工装,将蜂窝芯安放到成型工装的型面上;
- (2) 在蜂窝芯侧向底角的上方安放一条带状发泡胶,用电熨斗将发泡胶软化嵌入进蜂窝芯的芯格中;
- (3) 在蜂窝芯边缘安装挡块后,组装封袋;
- (4) 对组装封袋后的蜂窝芯进行固化;
- (5) 然后进行脱模,并对蜂窝芯侧向芯格中已固化的发泡胶进行局部打磨使得边缘平整,然后测量尖角边缘平均厚度;
- (6) 准备下蒙皮成型模,完成下蒙皮铺叠成型和胶膜铺放;
- (7) 铺放步骤(5)中处理好边缘的蜂窝芯;
- (8) 在蜂窝芯底角边局部铺叠一层胶膜;
- (9) 在蜂窝芯底角边缘以零度方向铺设预浸料填充层,使其对底部尖角补全;
- (10) 进行预压实;
- (11) 在蜂窝芯上方铺叠胶膜后完成上蒙皮铺叠,胶膜需延伸出填充层区域3-5mm;
- (12) 接着进行封袋组装;
- (13) 然后进罐固化即可。

2. 根据权利要求1所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(1)中的蜂窝芯的底角存在厚度台阶,其材质为树脂蜂窝、铝合金蜂窝或钛合金蜂窝。

3. 根据权利要求2所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述材质为树脂蜂窝的蜂窝芯是通过芳纶纸浸渍树脂形成的,所述树脂为酚醛树脂、环氧树脂、氰酸酯树脂、双马树脂、聚酰亚胺树脂、或聚酰亚胺树脂的改性树脂中的一种。

4. 根据权利要求1~3任一项所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(2)中在蜂窝芯侧向底角上方安放的一条带状发泡胶,其宽度为1~1.5个蜂窝芯的芯格大小,其固化时向芯格深度方向及芯格与边缘挡块之间的间隙发泡,对蜂窝芯底角轮廓进行补偿和加固。

5. 根据权利要求1~3任一项所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(3)中在蜂窝芯边缘安装的挡块,其与蜂窝芯配合处边界应为蜂窝芯理论数控加工轮廓,挡块边缘为 $90^\circ$ ,挡块高度高出蜂窝芯底角台阶厚度2-3mm。

6. 根据权利要求1~3任一项所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,步骤(9)中所述预浸料填充层由若干层宽度渐变的预浸料单向带进行铺叠而成,所述预浸料单向带的树脂体系需与蜂窝夹芯制件上蒙皮与下蒙皮所用预浸料相同。

7. 根据权利要求6所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述预浸料单向带的树脂体系为环氧、双马、聚酰亚胺、氰酸酯树脂中的一种。

8. 根据权利要求7所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(9)中在蜂窝芯底角边缘以零度方向铺设预浸料填充层的具体过程为:计算用来补全底部尖角的预浸料单向带的数量,以及预浸料单向带的宽度,并根据计算结果依次在蜂窝芯底角边缘以零度方向且宽度渐变预浸料单向带进行铺叠,使其构成预浸料填充层对

底部尖角补全。

9. 根据权利要求8所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(9)中,预浸料单向带的铺层数量计算过程如下:

$n=d/t$ ,其中 $n$ 为铺叠的预浸料单向带的铺层数量, $n$ 的取值为四舍五入取整数, $t$ 等于单向带固化后单层厚度, $d$ 为蜂窝芯底角边缘平均厚度;

预浸料单向带的宽度计算过程如下:

$l_i=9d-[t(10d-5)\times(i-1)]/d$ , $i=1,2,3,\dots,n$ ,其中 $l_i$ 为第 $i$ 层预浸料单向带的宽度, $n$ 为铺叠的预浸料单向带的铺层数量, $n$ 的取值为四舍五入取整数, $t$ 等于单向带固化后单层厚度, $d$ 为蜂窝芯底角边缘平均厚度。

10. 根据权利要求1~3任一项所述的一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其特征在于,所述步骤(6)中的下蒙皮与步骤(11)中的上蒙皮均为已固化且经过胶接表面粗化处理的蒙皮或未固化的湿蒙皮。

## 一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及复合材料蜂窝夹芯结构成型制造领域,具体是指一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法。

### 背景技术

[0002] 蜂窝夹芯复材制件凭借优异的比强度、比刚度、良好的抗失稳能力等特点,被广泛应用在飞机主、次承力结构,以满足航空航天发展结构轻量化的要求。通常,蜂窝夹芯复材制件由上蒙皮、胶膜、蜂窝芯及下蒙皮几部分组成,为满足预浸料铺覆性,蜂窝芯设计侧向倒角,其中底部呈现尖角,典型结构如图1所示,现阶段,主要采用真空袋-热压罐工艺制备蜂窝夹芯复材制件,其特征在于将复合材料上下蒙皮、胶膜及蜂窝芯放置在一定温度压力条件下的热压罐内固化成型的方法。

[0003] 蜂窝芯一般为数控铣切,采用的方法通常为将蜂窝芯粘贴到数控铣夹上再进行铣切,目前常见问题有:1)蜂窝芯侧向倒角为锐角,即尖端厚度达到0,对于低密度大芯格蜂窝,铣切时极易造成尖角边缘芯格撕裂,目前的解决办法是在蜂窝芯尖角处保留一定厚度,特别是对于如芯格边长 $\geq 5\text{mm}$ 的大芯格蜂窝芯,为保证尖角处芯格不被铣刀拉伤,蜂窝芯尖角处需预留 $\geq 3\text{mm}$ 厚度;2)数控铣切的蜂窝芯侧向底角处往往是不完整芯格,存在一定的轮廓度公差,对于大芯格蜂窝芯,这种轮廓公差通常会达到几个毫米。以上问题容易导致蜂窝夹芯复材制件成型时上蒙皮在底角处架桥或塌陷形成铺层皱褶(如图2所示),引起制件内部和外部质量问题。目前常用的方法为在蜂窝芯侧向倒角区整面填充发泡胶进行补偿(图3),这样会带来以下问题:1)较大的结构增重;2)蜂窝芯侧面需设计与蜂窝芯倒角匹配的模具用于发泡胶固化随形,增加制造成本;3)大面积发泡胶填充量不易控制,若发泡胶用量不足,发泡不充分后期需用胶液重新填充修饰固化后再打磨,工作量大;4)若采用共胶接或二次胶接工艺,大面积已固化发泡胶还会带来与已固化蒙皮匹配性不佳问题,有引起脱粘的可能。因此需要采用合适的方法对蜂窝芯的底角进行补偿,防止以上问题的发生。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种解决采用真空袋-热压罐法成型复合材料蜂窝夹芯结构时,因数控铣切无法实现大芯格蜂窝芯底角理论位置、角度精确加工,引起尖角处产生厚度台阶,进而导致蜂窝芯上蒙皮架桥、塌陷或铺层褶皱问题的夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法。

[0005] 本发明通过下述技术方案实现:一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,包括以下步骤:

[0006] (1)准备蜂窝芯的成型工装,将蜂窝芯安放到成型工装的型面上;

[0007] (2)在蜂窝芯侧向底角的上方安放一条带状发泡胶,用电熨斗将发泡胶软化嵌入进蜂窝芯的芯格中;

[0008] (3)在蜂窝芯边缘安装挡块后,组装封袋;

- [0009] (4)对组装封袋后的蜂窝芯进行固化;
- [0010] (5)然后进行脱模,并对蜂窝芯侧向芯格中已固化的发泡胶进行局部打磨使得边缘平整,然后测量尖角边缘平均厚度;
- [0011] (6)准备下蒙皮成型模,完成下蒙皮铺叠成型和胶膜铺放;
- [0012] (7)铺放步骤(5)中处理好边缘的蜂窝芯;
- [0013] (8)在蜂窝芯底角边局部铺叠一层胶膜;
- [0014] (9)在蜂窝芯底角边缘以零度方向铺设预浸料填充层,使其对底部尖角补全;
- [0015] (10)进行预压实;
- [0016] (11)在蜂窝芯上方铺叠胶膜后完成上蒙皮铺叠,胶膜需延伸出填充层区域3-5mm;
- [0017] (12)接着进行封袋组装;
- [0018] (13)然后进罐固化即可。
- [0019] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(1)中的蜂窝芯的底角存在厚度台阶,其材质为树脂蜂窝、铝合金蜂窝或钛合金蜂窝。
- [0020] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述材质为树脂蜂窝的蜂窝芯是通过对位或间位芳纶纸浸渍树脂形成的,所述树脂为酚醛树脂、环氧树脂、氰酸酯树脂、双马树脂、聚酰亚胺树脂、或聚酰亚胺树脂的改性树脂中的一种。
- [0021] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(2)中在蜂窝芯侧向底角上方安放的一条带状发泡胶,其宽度约1~1.5个蜂窝芯的芯格大小,其固化时向芯格深度方向及芯格与边缘挡块之间的间隙发泡,对蜂窝芯底角轮廓进行补偿和加固。
- [0022] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(3)中在蜂窝芯边缘安装的挡块,其与蜂窝芯配合处边界应为蜂窝芯理论数控加工轮廓,挡块边缘为90°,挡块高度高出蜂窝芯底角台阶厚度2-3mm。
- [0023] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,步骤(9)中所述预浸料填充层由若干层宽度渐变的预浸料单向带进行铺叠而成,所述预浸料单向带的树脂体系需与蜂窝夹芯制件上蒙皮与下蒙皮所用预浸料相同。
- [0024] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述预浸料单向带的树脂体系为环氧、双马、聚酰亚胺、氰酸酯树脂中的一种。
- [0025] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(9)中在蜂窝芯底角边缘以零度方向铺设预浸料填充层的具体过程为:计算用来补全底部尖角的预浸料单向带的数量,以及预浸料单向带的宽度,并根据计算结果依次在蜂窝芯底角边缘以零度方向且宽度渐变预浸料单向带进行铺叠,使其构成预浸料填充层对底部尖角补全。
- [0026] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(9)中,预浸料单向带的铺层数量计算过程如下:
- [0027]  $n=d/t$ ,其中n为铺叠的预浸料单向带的铺层数量,n的取值为四舍五入取整数,t等于单向带固化后单层厚度,d为蜂窝芯底角边缘平均厚度;
- [0028] 预浸料单向带的宽度计算过程如下:
- [0029]  $l_i=9d-[t(10d-5)\times(i-1)]/d$ , $i=1,2,3,\dots,n$ ,其中 $l_i$ 为第i层预浸料单向带的宽度,n为铺叠的预浸料单向带的铺层数量,n的取值为四舍五入取整数,t等于单向带固化后单层厚度,d为蜂窝芯底角边缘平均厚度。

[0030] 为了更好地实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(6)中的下蒙皮与步骤(11)中的上蒙皮均为已固化且经过胶接表面粗化处理的蒙皮或未固化的湿蒙皮。

[0031] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

[0032] (1)本发明基于真空袋-热压罐工艺成型,蜂窝芯底角铣切边缘芯格采用局部填充发泡胶,一方面发泡胶固化后发泡,对芯格进行了填充,增加了蜂窝芯底角边非完整芯格的刚度,防止蜂窝芯铣切边缘因芯格强度较弱在热压罐中被压塌;另一方面依靠发泡胶填充了蜂窝芯边缘挡块与蜂窝芯底角边的间隙,对数控铣切轮廓公差进行了补偿,对蜂窝芯轮廓进行了修正;

[0033] (2)本发明通过设置与夹芯复材制件蒙皮树脂体系相同的、宽度渐变的预浸料填充层对蜂窝芯底角厚度台阶进行补偿,通过补偿层加蜂窝芯底角形成一个整体,弥补了数控加工大芯格蜂窝芯无法实现尖角加工的问题,同时该填充层在蜂窝芯底角处为上蒙皮铺叠提供了支撑,减缓了上蒙皮铺叠至蜂窝板芯区至板板区的坡度,避免了上蒙皮在蜂窝芯底角台阶处的架桥、塌陷和褶皱问题;

[0034] (3)本发明可同时运用于共固化、共胶接、二次胶接工艺成型夹芯复材制件,解决采用真空袋-热压罐法成型复合材料蜂窝夹芯结构时,因数控铣切无法实现大芯格蜂窝芯底角理论位置、角度精确加工,引起尖角处产生厚度台阶,进而导致蜂窝芯上蒙皮架桥、塌陷或铺层褶皱问题,适用范围广,适宜推广应用。

## 附图说明

[0035] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其他特征、目的和优点将会变得更为明显:

[0036] 图1为典型蜂窝夹芯复材制件结构示意图;

[0037] 图2为本发明中上蒙皮在蜂窝芯底角处褶皱示意图

[0038] 图3为本发明中蜂窝芯侧向倒角整体使用发泡胶补偿示意图

[0039] 图4为本发明中蜂窝芯底角局部铺叠发泡胶示意图

[0040] 图5为本发明中蜂窝芯底角发泡胶固化后铺叠填充层示意图

[0041] 图6为本发明中底角补偿后夹芯复材制件示意图。

[0042] 其中:1—下蒙皮,2—蜂窝芯,3—胶膜,4—上蒙皮,5—成型工装,6—挡块,7—发泡胶,8—预浸料填充层。

## 具体实施方式

[0043] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0044] 实施例1:

[0045] 本实施例提供一种夹芯复材制件蜂窝芯侧向底角的补偿方法,其具体步骤如下:

[0046] S1:准备数控铣切后的蜂窝芯2(如Nomex纸蜂窝),将蜂窝芯2安放至成型工装5上;

[0047] S2:裁剪1条宽度约1~1.5倍芯格大小的带状发泡胶7(如牌号EF 562)铺覆于蜂窝芯2底角上方(如使用边长为5.5mm芯格大小的六边形蜂窝芯2,发泡胶7宽度可选则12mm),

用电熨斗升温至 $65 \pm 5^\circ\text{C}$ 将发泡胶7软化嵌入进芯格中,如图4所示;

[0048] S3:安放蜂窝芯2边缘挡块6,并将挡块6固定在成型工装5上后组装封袋;

[0049] S4:送入烘箱中进行发泡胶7的固化,需全程抽真空;

[0050] S5:脱模,检查蜂窝芯2底角边缘发泡胶7是否平整,按需对不平整或多余的发泡胶7进行打磨修饰,用游标卡尺或者千分尺测量底角台阶平均高度d;

[0051] S6:准备蜂窝夹芯制件成型模,完成下蒙皮1铺叠(可以是湿蒙皮也可以是已固化的经过胶接表面处理的蒙皮)和胶膜3铺叠;

[0052] S7:将处理好的蜂窝芯2安放至激光投影仪投出的轮廓中,在蜂窝芯2底角边局部铺叠一层胶膜3;

[0053] S8:准备填充层8单向带预浸料,从材料规范中查询出预浸料固化后单层厚度t,计算填充层8所需数量 $n=d/t$ ,四舍五入取整(如 $d=3.02\text{mm}$ ,  $t=0.125\text{mm}$ ,则 $n=24$ );

[0054] S9:计算出每一层填充层8宽度 $l_i$ (如 $d=3.02\text{mm}$ ,  $n=24$ ,则 $l_1=9 \times 3.02 - [0.125 \times (10 \times 3.02 - 5) \times (1-1)]/3.02=27.18\text{mm}$ ,  $l_2=26.14\text{mm}$ ,  $l_3=25.09\text{mm} \cdots \cdots l_{24}=3.19\text{mm}$ ),使用自动下料机或手动裁剪的方式完成填充层8下料后逐层铺叠至蜂窝芯2底角边缘,如图5所示,使用 $-33\text{Kpa} \sim -40\text{Kpa}$ 真空预压实 $\geq 10\text{min}$ ;

[0055] S10:在蜂窝芯2及填充层8上方铺叠胶膜3后完成上蒙皮4的铺放(可以是湿蒙皮也可以是已固化的经过胶接表面处理的蒙皮),如图6所示;

[0056] S11:组装封袋后送入热压罐中进行固化;

[0057] S12:脱模,得到满足要求的蜂窝夹芯复材制件。

[0058] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

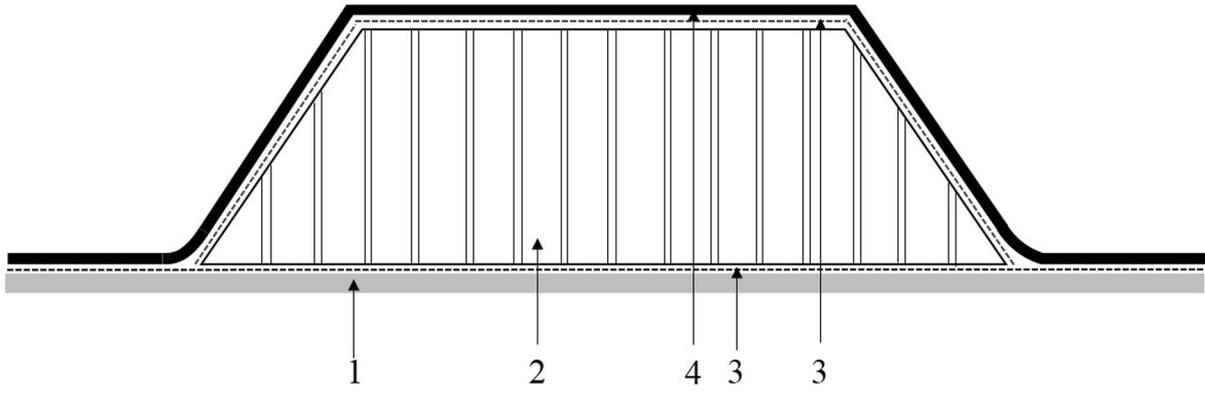


图1

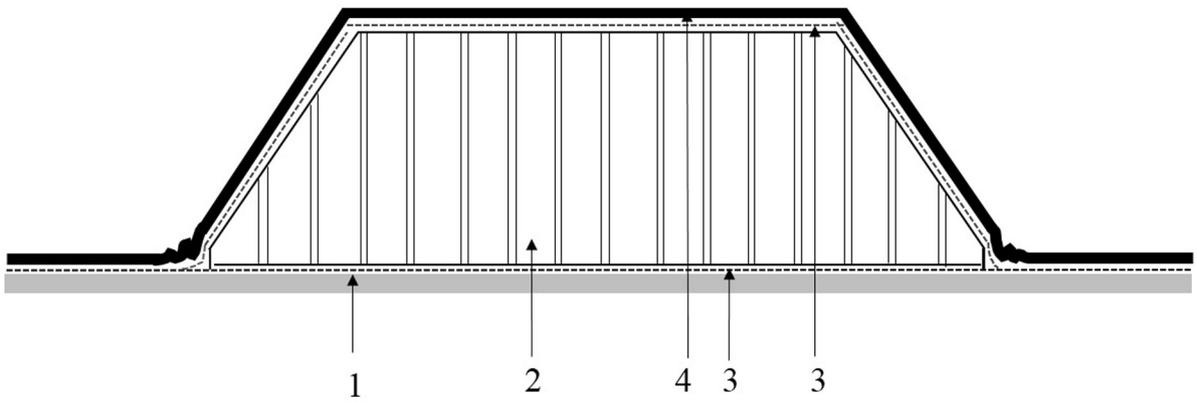


图2

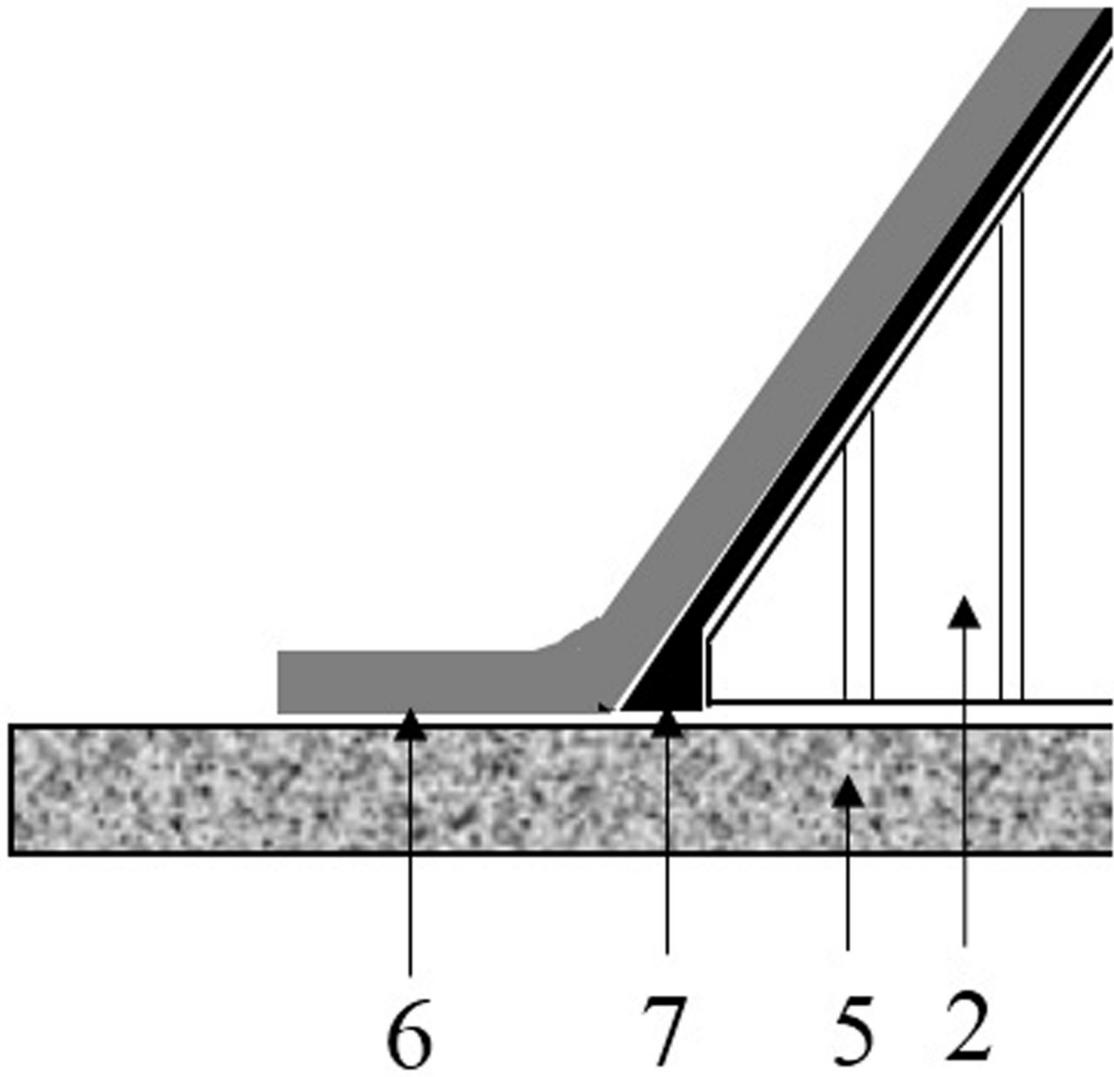


图3

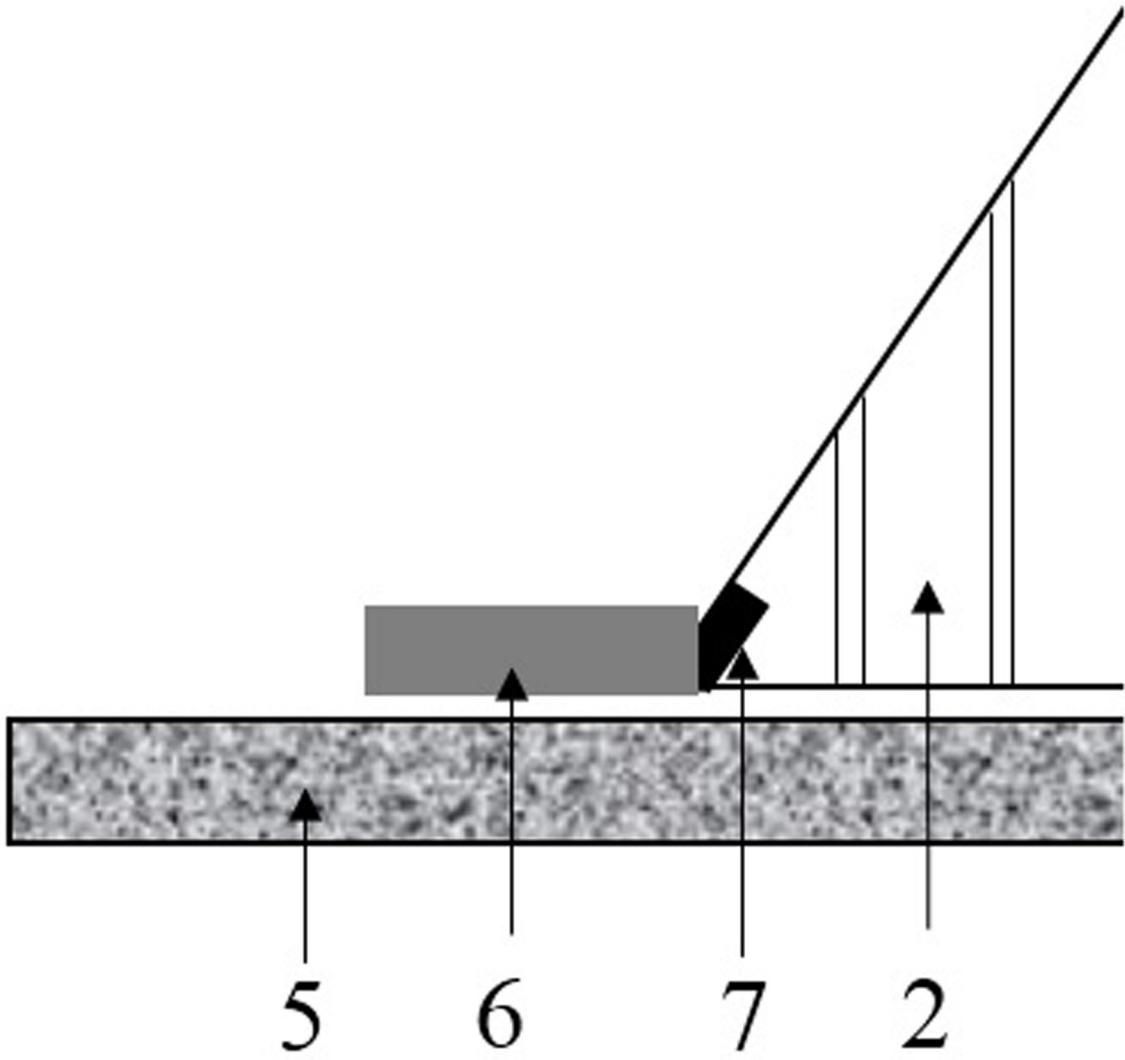


图4

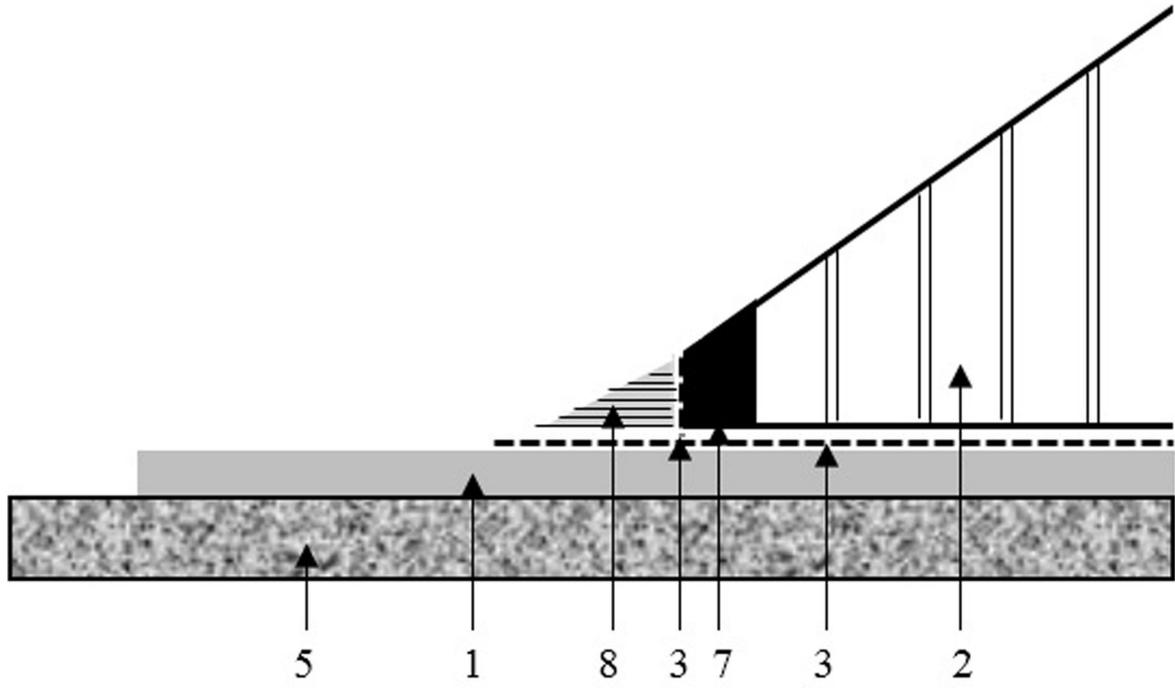


图5

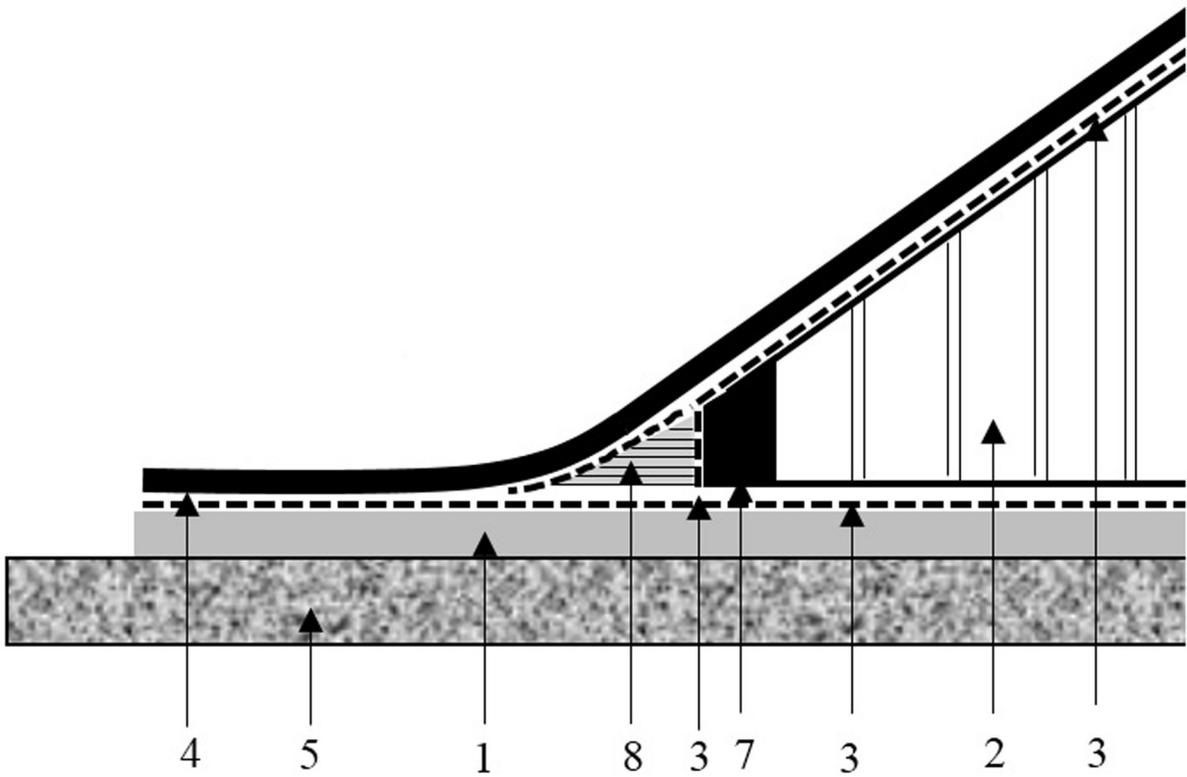


图6