

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491630 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.08.07

(51) Int. Cl. *E02D 3/00* (2006.01)
B29C 48/21 (2019.01)
B32B 3/26 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.12.19

(54) РАСШИРЕННЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ И СПОСОБЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

(31) 63/291,624

(32) 2021.12.20

(33) US

(86) PCT/US2022/081913

(87) WO 2023/122524 2023.06.29

(88) 2024.01.25

(71) Заявитель:

ТЕНСАР ИНТЕРНЭШНЛ
КОРПОРЕЙШН (US)

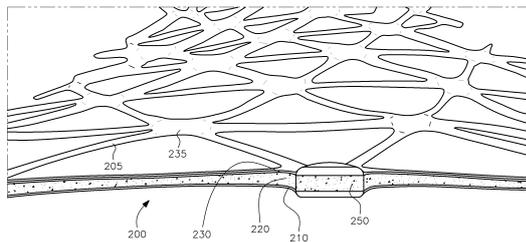
(72) Изобретатель:

Кёрсон Эндрю, Дженкинс Том-Росс,
Уоллер Эндрю Эдвард, Галлахер
Дэниел Джон (GB), Бейкер Дэниел
Марк, Тиаги Манодж Кумар, Кавано
Джозеф (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Расширенная многослойная интегральная георешетка включает множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, имеющих расположенные в определенном порядке отверстия, которую производят из соэкструдированного или ламинированного исходного листа. Интегральная георешетка имеет многослойную конструкцию по меньшей мере с одним внутренним слоем, имеющим структуру, которая расширена относительно по меньшей мере одного другого слоя из множества слоев. Благодаря структуре расширенного внутреннего слоя расширенная многослойная интегральная георешетка обеспечивает повышенную сжимаемость слоев под нагрузкой, что приводит к улучшенным свойствам материала, которые обеспечивают эксплуатационные преимущества использования расширенной многослойной интегральной георешетки при армировании грунта геосинтетическими материалами, а также к экономическим преимуществам по сравнению с подобной интегральной георешеткой без структуры расширенного внутреннего слоя.



A1

202491630

202491630

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-581340EA/061

РАСШИРЕННЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ГЕОРЕШЕТКИ И СПОСОБЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Данная заявка относится к предварительной заявке США на патент № 63/291624, поданной 20 декабря 2021 г., и претендует на приоритет в отношении нее.

Уровень техники

1. Область техники

Настоящее изобретение в целом относится к интегральным георешеткам и другим ориентированным сеткам, используемым для армирования и стабилизации конструкций и сооружений и для других геотехнических целей. Более конкретно, настоящее изобретение относится к таким интегральным георешеткам, которые имеют расширенную многослойную структуру, обеспечивающую повышенную сжимаемость интегральной георешетки. Настоящее изобретение также относится к таким интегральным георешеткам, которые обладают как улучшенными характеристиками жесткости, так и способностью входить в зацепление с заполнителями более широкого ряда и диапазона качества и стабилизировать их, а также другими желаемыми характеристиками, раскрытыми в настоящем документе.

Настоящее изобретение также относится к способу производства таких расширенных многослойных интегральных георешеток. И, наконец, настоящее изобретение относится к применению таких расширенных многослойных интегральных георешеток для армирования и стабилизации грунта и сыпучих материалов, а также к способам таких армирования и стабилизации.

Применительно к настоящему изобретению термин «интегральная георешетка», как полагают, включает интегральные георешетки и другие интегральные решетчатые структуры, изготовленные путем ориентирования (то есть, растягивания) полимерного исходного материала в форме листа или листообразной форме необходимой толщины и имеющего выполненные или сформированные в нем перфорационные отверстия или углубления.

2. Описание предшествующего уровня техники

Полимерные интегральные сетчатые структуры, имеющие ячеистые отверстия, определяемые разными геометрическими рисунками из по существу параллельных, ориентированных полос и узлов между ними, такие как интегральные георешетки, производят и продают на протяжении 35 лет. Такие решетки производят путем экструдирования и формования цельнолитого исходного листа, имеющего определенный рисунок из перфорационных отверстий или углублений, после чего следует контролируемое одноосное или двухосное растягивание и ориентирование листа в высоко ориентированные полосы и частично ориентированные узлы, определяющие отверстия ячеек, образованных перфорационными отверстиями или углублениями. Такие

растягивание и ориентирование листа или в одноосном или двуосном направлении обеспечивают прочность на растяжение и модуль упругости в соответствующем направлении растягивания. Такие интегральные ориентированные полимерные решетчатые структуры могут быть использованы для удержания или стабилизации сыпучего материала любой подходящей формы, такого как грунт, почва, песок, глина, гравий и т.д., и в любом подходящем месте, например, на обочине дороги или другой выемке или насыпи, под дорожным покрытием, покрытием взлетно-посадочной полосы и др.

Разные формы и рисунки перфорированных отверстий экспериментально проверены для достижения более высоких уровней соотношения прочности и массы или для достижения более высокой скорости обработки в процессе производства. Ориентирование проводят при контролируемых температурах и скоростях деформирования. Некоторые переменные в этом способе включают степень вытяжки, молекулярную массу, молекулярно-массовое распределение и степень разветвления или поперечной сшивки полимера.

Производство и применение таких интегральных георешеток и других интегральных сетчатых структур может быть осуществлено хорошо известными методами. Как подробно описано в патентах США №№ 4374798 (Mercer), 4590029 (Mercer), 4743486 (Mercer и Martin), 4756946 (Mercer) и 5419659 (Mercer), вначале исходный полимерный листовый материал экструдировать, а затем штампуют с получением требуемого определенного рисунка перфорационных отверстий или углублений. Затем формуют интегральную георешетку путем надлежащего растягивания и ориентирования перфорированного листового материала.

Такие интегральные георешетки, как одноосные интегральные георешетки, так и двуосные интегральные георешетки (совокупно «интегральные георешетки» или по отдельности «одноосная(ые) интегральная(ые) георешетка(и)» или «двуосная(ые) интегральная(ые) георешетка(и)») изобретены вышеупомянутым Mercer в конце 1970-ых и имели огромный коммерческий успех на протяжении последних 35 лет, произведя тотальную революцию в технологии армирования грунтов, дорожных покрытий под автомобильными дорогами и других строительных конструкций из гранулированных материалов или сыпучих материалов.

Установлено (Mercer), что начиная с относительно толстого, по существу однослойного полимерного исходного листа, предпочтительно толщиной порядка от 1,5 до 4,0 мм ((0,059055-0,15748 дм), имеющего рисунок перфорационных отверстий или углублений, центры которых лежат на условной, по существу, квадратной или прямоугольной сетке из рядов и столбцов, и растягивая исходный лист либо одноосно, либо двухосно так, чтобы ориентация полос распространялась в узлы, можно получить совершенно новую, по существу унипланарную интегральную георешетку. Как описано (Mercer), «унипланарная» означает, что все зоны листообразного материала симметричны относительно средней плоскости листообразного материала.

В патентах США №№ 3252181 (Hureau), 3317951 (Hureau), 3496965 (Hureau),

4470942 (Beretta), 4808358 (Beretta) и 5053264 (Beretta) исходный материал с требуемым рисунком из перфорационных отверстий или углублений формируют в сочетании с экструзией цилиндрического полимера, а существенная унипланарность достигается за счет прохождения экструзии по расширительному дорну. Расширенный цилиндр затем разрезают в продольном направлении с получением плоского по существу унипланарного исходного материала.

Другая интегральная георешетка описана в патенте США № 7001112 (Walsh) (далее «патент Walsh'112»), приписанном компании Tensar International Limited, ассоциированной компании правопреемника настоящей заявки на патент, Tensar International Corporation, Inc. (далее «Tensar») (Atlanta, Georgia). Патент Walsh'112 раскрывает ориентированные полимерные интегральные георешетки, включая двусосно растянутую интегральную георешетку, в которой ориентированные полосы образуют треугольные ячеистые отверстия с частично ориентированным узлом на каждом угле и с шестью высоко ориентированными полосами, встречающимися на каждом узле (далее иногда называется «трехосной интегральной георешеткой»). Трехосные интегральные георешетки патента Walsh'112 успешно внедрены в производство компанией Tensar.

Еще одна интегральная георешетка раскрыта в патентах США №№ 9556580 (Walsh), 10024002 (Walsh) и 10501896 (Walsh), которые все выданы компании Tensar Technologies Limited, еще одной ассоциированной компании правопреемника настоящей заявки на патент. Вышеупомянутые патенты США №№ 9556580, 10024002 и 10501896 (Walsh) раскрывают интегральную георешетку, имеющую то, что специалисту в данной области техники известно как высокое соотношение сторон, то есть, отношение толщины или высоты поперечного сечения полосы к ширине поперечного сечения полосы, превышающее 1,0. Хотя показано, что эксплуатационные характеристики многоосных интегральных георешеток могут быть улучшены за счет использования структуры георешетки, которая имеет ребра с соотношением сторон более 1,0, увеличение соотношения сторон приводит к увеличению общего количества требуемого полимера, что приводит к росту массы и стоимости георешетки.

Традиционно полимерными материалами, используемыми при производстве интегральных георешеток были высокомолекулярный гомополимер или сополимер полипропилена и высокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. Различные добавки, такие как ингибиторы ультрафиолетового света, технический углерод, технологические вспомогательные вещества и др., добавляют к этим полимерам для достижения желаемых эффектов в готовом продукте и/или эффективности производства.

Также традиционно исходный материал для производства таких интегральных георешеток обычно представлял собой по существу унипланарный лист, который имеет однослойную структуру, то есть, однородный одиночный слой полимерного материала.

Хотя интегральная георешетка, изготовленная из описанных выше традиционных исходных материалов, обладает в целом удовлетворительными свойствами, конструктивно и экономически выгодно производить интегральные георешетки, имеющие относительно

более высокую степень жесткости, соответствующую требованиям таких услуг, как армирование геосинтетическими материалами, или обладающие другими свойствами, желательными для конкретных областей применения геосинтетических материалов.

Таким образом, возникает потребность в исходном материале, который не только соответствовал бы технологическим ограничениям, связанным с изготовлением интегральных георешеток, но также и после изготовления интегральной георешетки и ввода ее в эксплуатацию обеспечивал бы более высокую степень жесткости, чем у обычных исходных материалов для георешеток, или придавал другие желаемые свойства, недоступные при применении современных однослойных интегральных георешеток.

Кроме того, хотя интегральная георешетка, изготовленная из описанных выше традиционных исходных материалов и в обычных конфигурациях, в целом может демонстрировать удовлетворительные свойства, конструктивно и экономически выгодно производить интегральную георешетку, имеющую структуру и геометрию, которые способны входить в зацепление с заполнителями более широкого ряда и диапазона качества и стабилизировать их, подходящую для таких работ, как армирование геосинтетическими материалами, или обладающую другими свойствами, желательными для конкретных областей применения геосинтетических материалов.

Полагают, что настоящее изобретение применимо ко всем интегральным решеткам независимо от способа формования исходного листа или способа ориентирования исходного материала в интегральную георешетку или сетчатую структуру. Объект изобретения вышеупомянутых патентов США №№ 3252181, 3317951, 3496965, 4470942, 4808358, 5053264, 7001112, 9556580, 10024002 и 10501896, явно включен в эту заявку посредством ссылки, как если бы описания были представлены здесь полностью. Эти патенты приведены в качестве иллюстративных и не считаются исчерпывающими или исключаящими другие известные в данной области техники методы получения интегральных полимерных сеточных материалов.

Несмотря на функциональные характеристики, доступные современным однослойным интегральным георешеткам, есть улучшения эксплуатационных характеристик, которые еще должны быть достигнуты по сравнению с известными интегральными георешетками. Одно из таких усовершенствований описано в заявке США № 15/766960 (далее «заявка '960»; представлена в виде публикации заявки на патент США № 2018/0298582 A1), также принадлежащей компании Tensar International Limited. В заявке '960 описаны разные варианты осуществления соэкструдированных многослойных полимерных листов в качестве исходного материала для изготовления интегральных георешеток. Благодаря структуре соэкструдированного многослойного исходного материала компоненты соэкструдированного многослойного листа после экструзии и ориентирования дают интегральные георешетки с улучшенными свойствами материала, которые создают эксплуатационные преимущества при армировании грунта геосинтетическими материалами.

Один из вариантов осуществления, описанный в заявке '960, представляет собой

трехслойную интегральную георешетку, произведенную из соэкструдированного трехслойного исходного листа, в котором средний слой ориентированной интегральной георешетки имеет расширенную или «вспененную» структуру. Согласно заявке '960 единственные преимущества расширенной или вспененной многослойной структуры представляют собой пониженную стоимость сырья и уменьшенную массу георешетки и «могут включать желательные физические и химические свойства вспененного слоя как такового». Другие преимущества не раскрыты. Объект изобретения заявки '960 явно включен в данную заявку посредством ссылки, как если бы описание было изложено здесь во всей полноте.

Сегодня современные интегральные георешетки, изготовленные с использованием современных производственных и технологических процессов, могут давать многоосные георешетки с желаемыми свойствами и признаками; однако современные технологические и производственные методы не позволяют менять тип материала в пределах поперечного сечения всей георешетки. В результате для усиления желаемых физических, механических и геометрических свойств, улучшающих эксплуатационные характеристики, требуется значительное повышение количества полимера.

Кроме того, современные технологические и производственные методы ограничивают возможность повышения или усиления определенных параметров, влияющих на эксплуатационные характеристики, при одновременном контроле за другими параметрами или без изменения других параметров, которые в случае изменения снижают технические характеристики.

Кроме того, современные технологические и производственные методы не предусматривают использование разных полимерных материалов в разных частях структуры георешетки в качестве средства максимального улучшения свойств.

Таким образом, существует потребность в интегральных георешетках, обеспечивающих лучшую «начальную совместимость» между наполнителем и георешеткой, увеличивая тем самым плотность наполнителя после завершения уплотнения и минимизируя любое возможное остаточное перемещение наполнителя или изменение его положения, которое обычно могло бы происходить после уплотнения и на начальных этапах нагрузок «при эксплуатации». Еще более конкретно, существует потребность в интегральной георешетке, имеющей вышеупомянутые свойства и обеспечивающей повышенную сжимаемость слоев под нагрузкой. Термин «начальная совместимость» используют для обозначения максимального повышения плотности наполнителя после уплотнения, чтобы в результате свести до минимума возможное перемещение или позиционирование наполнителя, которое обычно могло бы происходить после уплотнения и на начальных этапах нагрузок «при эксплуатации».

Сущность изобретения

Таким образом, цель настоящего изобретения состоит в предоставлении улучшенных функциональных характеристик многоосных интегральных георешеток за счет усиления некоторых физических, механических и геометрических характеристик

структуры многоосной интегральной георешетки, которые улучшают эксплуатационные свойства, например, путем модификации и/или включения других новых физических, химических и геометрических свойств. За счет тщательного физического размещения и управления количеством разных полимерных материалов, имеющих желаемые механические и физические свойства, в конкретных местах структур интегральных георешеток и за счет оптимизации всех других физических параметров структуры георешетки, могут быть достигнуты существенные улучшения технических характеристик.

Более конкретно, после подачи заявки '960 неожиданно было открыто, что значительно улучшенная начальная совместимость между заполнителем и расширенной многослойной интегральной георешеткой может быть достигнута, если в георешетку включены определенные параметры для вспененного или расширенного слоя, как раскрыто в данном документе. Эти параметры включают следующие:

1. общая высота или вертикальная толщина полосы (или ребра) многослойной интегральной георешетки на высоте самой тонкой части полосы (вероятно в средней точке полосы) составляет в случае вспененного среднего слоя от 1 до 4 мм, а в случае расширенного среднего слоя от 1 до 5 мм, и предпочтительно в случае вспененного среднего слоя от 1,874 до 3,095 мм, а в случае расширенного среднего слоя от 1,97 до 3,36 мм;

2. пустоты вспененного или расширенного среднего слоя составляют от 5 до 60% об. вспененного или расширенного слоя и предпочтительно от 20 до 40%;

3. вспененный или расширенный средний слой имеет минимальную сжимаемость или «сминаемость» или уменьшение высоты по окончании уплотнения от 5% и вплоть до не менее 75% с предпочтительным интервалом сжимаемости от 20 до 60% и более предпочтительным интервалом сжимаемости от 30 до 50%;

4. вспененный или расширенный средний слой имеет такое соотношение сторон, что его высота, то есть, вертикальная толщина, составляет от 1,0:1 до 3,5:1 к высоте или вертикальной толщине самого тонкого внешнего слоя, и предпочтительно для вспененного среднего слоя составляет от 1,0:1 до 1,16:1, а для расширенного среднего слоя составляет от 1,7:1 до 2,46:1; и

5. вспененный или расширенный средний слой имеет высоту или толщину по вертикали, которая составляет, по меньшей мере, сорок процентов (40%) от общей высоты конечной интегральной георешетки и предпочтительно, по меньшей мере, семьдесят процентов (70%).

За счет введения вышеуказанных физических свойств в расширенную многослойную интегральную георешетку по настоящему изобретению начальная совместимость между заполнителем и георешеткой по завершению уплотнения максимально увеличивается. А благодаря максимальной начальной совместимости любое возможное остаточное перемещение заполнителя, которое обычно происходит после уплотнения на начальных этапах нагрузки «при эксплуатации», сводится к минимуму. Таким образом, дорожное полотно остального транспортного покрытия лучше

стабилизируют и армируют для будущего движения по нему.

Другая цель настоящего изобретения состоит в получении экономических преимуществ в случае использования интегральной георешетки, имеющей расширенную многослойную структуру. Если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с более высоким соотношением сторон, то расширенный слой по настоящему изобретению может обеспечить это более высокое соотношение сторон, при этом используя то же самое общее содержание полимера (то есть, «количества» полимера), что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией без расширенного слоя. Или, если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с таким же соотношением сторон, что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией, расширенный слой по настоящему изобретению может обеспечить это такое же соотношение сторон, используя при этом меньшее общее содержание полимера (то есть, «количества» полимера). Соответственно, расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению, в дополнение к связанным с ними конструктивными и эксплуатационными улучшениями, могут предоставить значительные экономические преимущества, то есть, достижение более высокого соотношения сторон при тех же затратах или достижение такого же соотношения сторон при более низких затратах.

Таким образом, для достижения вышеупомянутой цели настоящее изобретение направлено на интегральные георешетки, имеющие многослойную конструкцию, по меньшей мере, с одним слоем, имеющим структуру, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев. Эти многослойные георешетки часто упоминаются здесь как интегральные георешетки, имеющие, по меньшей мере, один слой со структурой, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев, или, говоря проще, «расширенная многослойная интегральная георешетка» или «расширенные многослойные интегральные георешетки». Благодаря структуре расширенного слоя расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению обеспечивают повышенную сжимаемость под нагрузкой и другие желательные характеристики.

Более конкретно, слой, имеющий расширенную структуру, содержит распределение пустот. Пустоты могут быть связаны со вспененной конструкцией слоя или могут быть связаны с дисперсным наполнителем, распределенным по всему слою для создания расширения слоя.

Кроме того, многослойная конструкция расширенных многослойных интегральных георешеток может включать слои, которые соэкструдированы, или слои, которые ламинированы. Расширение расширенного слоя может происходить во время экструзии/ламинирования, или растягивания/ориентирования, или в обоих случаях.

Готовые расширенные многослойные интегральные георешетки, имеющие множество ориентированных многослойных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными многослойными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, могут быть выполнены в виде любого из множества

повторяющихся геометрических рисунков, таких как описанные в данном документе.

В соответствии с настоящим изобретением исходный материал для изготовления расширенных многослойных интегральных георешеток включает многослойный полимерный исходный лист, имеющий перфорационные отверстия или углубления, которые создают упорядоченный рисунок из профилированных перфорационных отверстий, когда исходный материал подвергается двухосному растягиванию. Многослойный полимерный исходный лист включает расширяемый внутренний слой, имеющий вспененную структуру или содержащий дисперсный наполнитель, распределенный в нем для создания расширения слоя. В соответствии с предпочтительными вариантами слои многослойного полимерного исходного листа могут быть соэкструдированы или могут быть ламинированы один на другой.

В соответствии с конкретными вариантами осуществления изобретения расширенные многослойные интегральные георешетки включают множество ориентированных многослойных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными многослойными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, которые имеют, по меньшей мере, один расширенный слой, вставленный между двумя нерасширенными слоями. В соответствии с одним вариантом осуществления расширенная многослойная интегральная георешетка представляет собой прямоугольную георешетку, имеющую повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, которые определяют прямоугольные отверстия. В соответствии с другим вариантом расширенная многослойная интегральная георешетка представляет собой трехосную георешетку, имеющую повторяющийся шестиугольный геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, которые определяют треугольные отверстия. И в соответствии с еще одним вариантом расширенная многослойная интегральная георешетка представляет собой георешетку, имеющую повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, которые образуют внешние шестиугольники, каждый из которых окружает и поддерживает шесть внутренних соединенных друг с другом ориентированных полос, сформированных в форме внутреннего шестиугольника и определяющих меньшее шестиугольное отверстие, называемое здесь «повторяющимся плавающим шестиугольником внутри шестиугольного рисунка».

В соответствии с еще одним вариантом изобретения, конструкция из грунта включает большое количество сыпучего материала, упрочненного и стабилизированного путем заглубления в него расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей повторяющийся геометрический рисунок и имеющей расширенный внутренний слой.

В соответствии с еще одним вариантом настоящего изобретения способ изготовления исходного материала для расширенной многослойной интегральной георешетки включает получение многослойного полимерного исходного листа, имеющего

расширяемый внутренний слой, и выполнение в нем перфорационных отверстий или углублений, которые создают повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы и определяющих отверстия, когда исходный материал двуслоно растягивают.

В соответствии с другим вариантом осуществления изобретения способ изготовления расширенной многослойной интегральной георешетки включает получение многослойного полимерного исходного листа, имеющего расширяемый внутренний слой, выполнение в нем перфорационных отверстий или углублений и двуслоное растягивание расширяемого слоя многослойного полимерного листа, имеющего перфорационные отверстия или углубления, так, чтобы получить повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы и определяющих отверстия в них.

В соответствии с еще одним вариантом настоящего изобретения способ упрочнения большого количества сыпучего материала включает заглабление в большое количество сыпучего материала расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, определяющие отверстия, и имеющей расширенный внутренний слой.

Соответственно, цель настоящего изобретения состоит в создании многослойной интегральной георешетки, по меньшей мере, с одним внутренним слоем, имеющим структуру, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев, чтобы получить интегральную георешетку, имеющую повышенную сжимаемость под нагрузкой.

Таким образом, другая цель настоящего изобретения состоит в получении исходного материала для изготовления расширенной многослойной интегральной георешетки. Исходный материал включает многослойный полимерный исходный лист, имеющий расширяемый внутренний слой и перфорационные отверстия или углубления в нем, которые образуют упорядоченный рисунок из профилированных перфорационных отверстий при двуслоном растягивании исходного материала. Расширяемый слой многослойного полимерного исходного листа включает вспененную структуру или содержит дисперсный наполнитель, диспергированный в нем, для создания расширения внутреннего слоя, а слои многослойного полимерного исходного листа могут быть соэкструдированы или могут быть ламинированы один на другой.

Другая цель настоящего изобретения состоит в разработке расширенных многослойных интегральных георешеток, имеющих множество ориентированных многослойных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, которые производят из многослойного полимерного исходного листа, имеющего расширяемый внутренний слой. Расширенная многослойная интегральная георешетка может представлять собой прямоугольную георешетку, имеющую повторяющийся

геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, определяющие прямоугольные отверстия; трехосную георешетку, имеющую повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, определяющие треугольные отверстия; или георешетку, имеющую повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, определяющие внешние шестиугольники, каждый из которых окружает и поддерживает внутренний ориентированный шестиугольник, то есть, «повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольного рисунка».

Сопутствующая цель настоящего изобретения состоит в разработке геометрической конфигурации, которая может входить в зацепление с заполнителями более широкого ряда и диапазона качества и стабилизировать их, чем геометрические конфигурации, связанные в предшествующими структурами георешеток, и обеспечивать при этом повышенную сжимаемость и другие желательные характеристики.

Еще одна цель настоящего изобретения состоит в разработке конструкции из грунта, которая включает большое количество сыпучего материала, упрочненного и стабилизированного путем заглубления в него расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей повторяющийся геометрический рисунок и имеющей расширенный внутренний слой.

Еще одна цель настоящего изобретения состоит в разработке способа изготовления исходного материала для расширенных многослойных интегральных георешеток, который включает получение многослойного полимерного исходного листа, имеющего расширяемый внутренний слой, и выполнение в нем перфорационных отверстий или углублений, которые создают повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, и отверстий при двусном растягивании исходного материала. Расширяемый внутренний слой может быть получен путем создания вспененной структуры или диспергирования в нем дисперсного наполнителя. Многослойный полимерный исходный лист может быть произведен соэкструзией множества слоев или ламинированием множества слоев друг на друге.

Другая цель настоящего изобретения состоит в разработке способа изготовления расширенных многослойных интегральных георешеток, который включает получение многослойного полимерного исходного листа, имеющего расширяемый внутренний слой, выполнение в нем перфорационных отверстий или углублений и двусное растягивание многослойного полимерного исходного листа так, чтобы получить повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, и отверстий. В способе изготовления описанных выше интегральных георешеток с прямоугольными отверстиями или треугольными отверстиями можно применять известные способы производства георешеток, например, способы, описанные в упомянутых патентах США №№ 4374798, 4590029, 4743486, 5,419,659,

7001112, 9556580, 10024002 и 10501896, а также в других патентах. В способе изготовления вышеописанной интегральной георешетки, имеющей повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы и определяющих внешние шестиугольники, каждый из которых окружает и поддерживает ориентированный внутренний шестиугольник, может быть использован способ производства, описанный далее.

Более конкретно, цель настоящего изобретения состоит в разработке способа изготовления расширенных многослойных интегральных георешеток, в котором расширенный внутренний слой получают вначале путем создания вспененной структуры в слое многослойного полимерного исходного листа, а затем двуслойным ориентированием многослойного полимерного исходного листа так, чтобы растянуть вспененный материал и создать распределение пустот пены.

Соответственно, другой целью настоящего изобретения является разработка способа изготовления расширенных многослойных интегральных георешеток, в котором расширенный внутренний слой получают вначале путем диспергирования дисперсного наполнителя в слое многослойного полимерного исходного листа, и затем путем двуслойного ориентирования многослойного полимерного исходного листа так, чтобы растянуть дисперсию дисперсного наполнителя и создать распределение пустот, поскольку дисперсный наполнитель частично отделен от материала полимерного слоя.

Еще одна цель настоящего изобретения состоит в разработке способа упрочнения большого количества сыпучего материала, который включает заглабление в большое количество сыпучего материала расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей повторяющийся геометрический рисунок из частично ориентированных узлов, соединяющих друг с другом ориентированные полосы, и отверстий и имеющей расширенный внутренний слой.

Еще одна цель настоящего изобретения, в дополнение к связанными с ним конструктивными и эксплуатационными улучшениями, состоит в предоставлении значительных экономических преимуществ при использовании заявляемых многослойных интегральных георешеток, то есть, достижение более высокого соотношения сторон при тех же затратах или достижение такого же соотношения сторон при более низких затратах. Многочисленные преимущества, связанные с расширенной многослойной интегральной георешеткой по настоящему изобретению, различны по природе.

Благодаря тому, что расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению имеют не только многослойную конструкцию, но, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий структуру, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев в результате распределения в нем пустот, георешетки обеспечивают повышенную сжимаемость под нагрузкой.

Кроме того, многослойная природа расширенных многослойных интегральных георешеток по изобретению придает интегральной георешетке в целом большую жесткость относительно жесткости однослойных интегральных георешеток предшествующего

уровня. Также благодаря расширенному внутреннему слою расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению отличаются податливостью, то есть, начальной уступчивостью или гибкостью, что приводит к более хорошему уплотнению и более высокой плотности, но все же с конечной горизонтальной жесткостью композита заполнителя и георешетки, которая больше вследствие начальной уступчивости.

Кроме того, расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению обеспечивают более высокие соотношения сторон на всех полосах по сравнению с отношениями сторон интегральных георешеток предшествующего уровня. Поскольку высокое соотношение сторон интегральных георешеток по настоящему изобретению повышает заклинивание заполнителя, расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению могут лучше соответствовать меняющимся соотношениям сторон заполнителя.

Еще более конкретно, что касается более высокого соотношения сторон, достигаемого с помощью расширенных многослойных интегральных георешеток по настоящему изобретению, то более высокое соотношение сторон дает, по меньшей мере, следующие отчетливые и важные преимущества. Во-первых, если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с более высоким соотношением сторон, расширенный слой по настоящему изобретению может обеспечить это более высокое соотношение сторон, используя при этом такое же общее содержание полимера (то есть, «количества» полимера), что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией без расширенного слоя. Во-вторых, если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с таким же отношением сторон, что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией, расширенный слой по настоящему изобретению может обеспечить такое же соотношение сторон, используя при этом меньшее общее содержание полимера (то есть, «количества» полимера). Соответственно, расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению, в дополнение к связанным с ними конструктивными и эксплуатационными улучшениями, могут обеспечивать значительные экономические преимущества, то есть, достижение более высокого соотношения сторон при тех же затратах или достижение такого же соотношения сторон при более низких затратах.

Таким образом, благодаря содержащему пустоты расширенному внутреннему слою расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению обеспечивают как повышенную сжимаемость под нагрузкой, так и повышенную прочность в качестве армирующего материала для заполнителя, при этом также предоставляют экономические преимущества при их применении, основанные исключительно на количестве используемого полимера.

Все это вместе, наряду с другими объектами и преимуществами, которые станут очевидны далее, заключено в деталях конструкции и работы, которые более подробно описаны ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, составляющие часть настоящего документа, где одинаковые номера обозначают одинаковые части во всем описании. Прилагаемые чертежи предназначены для иллюстрации изобретения, но не обязательно

выполнены в масштабе.

Краткое описание чертежей

ФИГ. 1 представляет собой перспективный вид поперечного сечения участка трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки по одному варианту осуществления настоящего изобретения.

ФИГ. 2 иллюстрирует унипланарный многослойный полимерный исходный лист для трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 1, до образования в нем перфорационных отверстий или углублений.

ФИГ. 3 представляет собой перспективный вид сверху исходного листа, показанного на ФИГ. 2, который имеет пробитые в нем отверстия, для формования трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки.

ФИГ. 4 представляет собой перспективный вид поперечного сечения участка исходного листа, показанного на ФИГ. 3.

ФИГ. 5 иллюстрирует унипланарный многослойный полимерный исходный лист для трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки до образования в нем перфорационных отверстий или углублений по другому варианту осуществления настоящего изобретения.

ФИГ. 6 представляет собой перспективный вид поперечного сечения участка трехосной многослойной интегральной георешетки, связанный с исходным листом, показанном на ФИГ. 5.

ФИГ. 7 представляет собой вид в плане прямоугольной расширенной многослойной интегральной георешетки в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

ФИГ. 8 представляет собой перспективный вид прямоугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 7.

ФИГ. 9 представляет собой перспективный вид сверху исходного листа, имеющего образованные в нем перфорационные отверстия или углубления, для получения прямоугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 7.

ФИГ. 10 представляет собой вид в плане шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки в соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

ФИГ. 11 представляет собой перспективный вид шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 10.

ФИГ. 12 показывает перспективный вид сверху исходного листа, имеющего образованные в нем перфорационные отверстия или углубления, для получения шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 10.

ФИГ. 13 представляет собой вид в плане возможных размера и расстояния между ними для перфорационных отверстий, показанных в исходном листе на ФИГ. 12.

ФИГ. 14А-14Е иллюстрируют гипотезу о механизме сжатия трехслойной расширенной многослойной интегральной георешетки, которая связана с образованием пустот в расширенном внутреннем слое, под действием приложенной нагрузки.

ФИГ. 15А-15С иллюстрируют гипотезу о механизме для податливых ребер расширенного внутреннего слоя трехслойной расширенной многослойной интегральной георешетки, которая также связана с пустотами в расширенном внутреннем слое, и показывают как вертикальную, так и горизонтальную податливость интегральной георешетки под приложенной нагрузкой.

ФИГ. 16 показывает графики, иллюстрирующие сравнение поведения неэластичного ребра на основе исходного листа обычной интегральной георешетки с поведением эластичного ребра из исходного листа расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению, имеющей расширенный внутренний слой.

На ФИГ. 17 представлена таблица, в которой приведено сравнение преимуществ расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению относительно однослойной георешетки без расширенного слоя.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Хотя подробно объяснены только предпочтительные варианты осуществления изобретения, следует понимать, что область применения изобретения не ограничена деталями конструкции и расположения компонентов, которые изложены в нижеследующем описании или проиллюстрированы на чертежах. Как описано ниже, настоящее изобретение может быть реализовано в других вариантах и может быть применено на практике различными способами.

Кроме того, для большей ясности при описании предпочтительных вариантов используют совокупность терминов. Полагают, что каждый термин подразумевает его самое широкое значение, как оно понимается специалистами в данной области, и включает все технические эквиваленты, которые функционируют аналогичным образом для достижения аналогичной цели.

Используемые в этом описании термины «созэкструдированный», «созэкструдирование» и «созэкструзия» применяют в соответствии с их общепринятым определением, то есть, они относятся к одностадийному процессу, начинающемуся с двух или более полимерных материалов, которые одновременно экструдировать и формуют в одной головке для получения многослойного листа.

Как также используется в этом описании, термины «ламинированный», «ламинирующий» и «ламинирование» применяют в соответствии с их общепринятым определением, то есть, они относятся к процессу, начинающемуся с двух или более листов полимерного материала, которые готовят по отдельности и затем соединяют друг с другом с образованием многослойного листа из трех или более слоев.

Настоящее изобретение относится к интегральным решеткам, имеющим многослойную конструкцию, предпочтительно из трех слоев или более, по меньшей мере,

с одним внутренним слоем, имеющим структуру, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев, то есть, к «расширенной многослойной интегральной георешетке» или «расширенным многослойным интегральным георешеткам». Благодаря структуре расширенного внутреннего слоя расширенные многослойные интегральные георешетки обеспечивают повышенную сжимаемость под нагрузкой и другие желательные характеристики.

Более конкретно, расширенные многослойные интегральные георешетки включают множество ориентированных многослойных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, причем каждая из ориентированных многослойных полос и каждый из множества частично ориентированных многослойных узлов имеют множество слоев, включая внутренний слой со структурой, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из указанного множества слоев, и где множество слоев соприкасаются как вдоль каждой из ориентированных многослойных полос, так и вдоль каждого из множества частично ориентированных многослойных узлов.

Еще более конкретно, внутренний слой, имеющий расширенную структуру, содержит распределение пустот. Пустоты могут быть связаны со вспененной конструкцией слоя или могут быть связаны с дисперсным наполнителем, который распределен по всему слою для создания расширения слоя.

В данном документе термин «расширяемый» при использовании для описания вышеупомянутого внутреннего слоя относится к способности внутреннего слоя расширяться при формовании расширенной многослойной интегральной георешетки. Термин «расширенный» при использовании для описания вышеупомянутого внутреннего слоя означает структуру внутреннего слоя после формования расширенной многослойной интегральной георешетки посредством растягивания для ориентирования георешетки, включая связанное с формованием укрупнение пустот, присутствующих в расширяемом внутреннем слое.

Кроме того, многослойная конструкция может включать слои, которые соэкструдированы, или слои, которые ламинированы. Расширение расширенного внутреннего слоя может происходить во время экструзии/ламинирования или растягивания/ориентирования, или в обоих случаях. Готовая расширенная многослойная интегральная георешетка, имеющая множество ориентированных многослойных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными многослойными узлами, и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, может быть выполнена в виде любого из множества повторяющихся геометрических рисунков, описанных здесь.

Как показано на ФИГ. 1, расширенная многослойная интегральная георешетка 200 по одному варианту осуществления настоящего изобретения (в данном случае трехслойная интегральная георешетка) включает размещенный между первым внешним слоем 210 и вторым внешним слоем 230 третий слой, то есть, расширенный внутренний слой 220.

Как указано выше, расширенный внутренний слой 220 содержит распределение пустот 250. Пустоты 250 могут быть связаны со вспененной конструкцией расширенного внутреннего слоя 220 или могут быть связаны с дисперсным наполнителем, который распределен в расширенном внутреннем слое 220 для создания расширения внутреннего слоя.

В соответствии со вспененным вариантом расширенного внутреннего слоя 220 данное изобретение может включать использование пенообразователя для создания расширяемого внутреннего слоя 220, то есть, имеющего содержащую пустоты вспененную структуру. Таким образом, в соответствии с вариантом изобретения, который обеспечивает слою интегральной георешетки посредством соэкструзии (описанной ниже), один из возможных способов состоит в смешении химического пенообразователя с полимером, который экструдировать с целью получения расширяемого внутреннего слоя 220. Тепло, получаемое для плавления полимера, разлагает химический пенообразователь, что приводит к высвобождению газа. Газ затем диспергируется в полимерном расплаве и расширяется при выходе из головки. В результате расширяемый внутренний слой 220 вспенивается. Подобно химическому вспениванию впрыскивание газа в один или несколько расширяемых слоев также считается способом вспенивания по варианту осуществления изобретения.

Более конкретно, вспенивающая добавка, то есть, пенообразователь, предпочтительно составляет от 0,5 до 2% масс. расширенного слоя и более предпочтительно от 0,75 до 1,25% масс. расширенного слоя. В целом, как отмечалось выше, вспенивающая добавка создает пустоты во время процесса экструзии за счет выработки летучих газов. Объем пустот контролируют с помощью процента вспенивающей добавки, температуры плавления и контроля давления на всем пути экструзии полимера. Более того, высокую прочность расплава полимера используют для надлежащего контроля формы пустот и размера пустот в процессе экструзии.

В соответствии с вариантом осуществления расширенного внутреннего слоя 220 с дисперсным наполнителем в изобретении используют дисперсию дисперсного наполнителя для создания расширяемого внутреннего слоя 220, то есть, слоя, имеющего содержащую пустоты структуру. Включение такого дисперсного наполнителя в расширенный внутренний слой 220 создает продукт, имеющий более толстый, то есть, более высокий, профиль, что может приводить к улучшенным эксплуатационным характеристикам интегральной георешетки в некоторых областях применения. В зависимости от области применения, где расширенная многослойная интегральная георешетка должна быть использована, такие дисперсные наполнители могут включать, например, один или несколько наполнителей из числа CaCO_3 (карбонат кальция), гидросиликата магния (например, тальк), CaSiO_3 (волластонит), сульфата кальция (например, гипс), диатомовой земли, диоксида титана, нанонаполнителей, многостенной углеродной нанотрубки («MWCNT»), одностенной углеродной нанотрубки («SWCNT»), натуральных и синтетических волокон (например, стекловолокна, металлические волокна), доломита,

диоксида кремния, слюды и гидрата алюминия.

Более конкретно, дисперсный наполнитель предпочтительно составляет от 10 до 40% масс. расширенного слоя и более предпочтительно от 15 до 25% масс. расширенного слоя. В варианте изобретения с дисперсным наполнителем пустоты образуются не в процессе экструзии самого по себе (*per se*), а скорее во время ориентирования (растягивания) исходного листа, которое приводит к интегральной георешетке. То есть, пустоты образуются в процессе растягивания за счет кавитации позади отдельных частиц дисперсного наполнителя, то есть, когда на полимерную матрицу действуют сдвигающие усилия.

В соответствии как с вариантом осуществления со вспениваем, так и вариантом осуществления с дисперсным наполнителем материал для изготовления первого внешнего слоя (здесь 210) и материал для изготовления второго внешнего слоя (здесь 230) может быть таким же, как и каждого другого, или они могут отличаться друг от друга, хотя предпочтителен один и тот же материал. В целом, материал для изготовления расширяемого внутреннего слоя 220 отличается от материала для изготовления как первого внешнего слоя 210, так и материала для изготовления второго внешнего слоя 230.

Рассмотренные варианты осуществления настоящего изобретения включают варианты, в которых один или несколько вспененных слоев используют в сочетании с одним или несколькими слоями, которые включают дисперсный наполнитель.

ФИГ. 2 иллюстрирует унипланарный многослойный полимерный исходный лист 100 для расширенной многослойной интегральной георешетки 200, показанной на ФИГ. 1, до образования в нем перфорационных отверстий или углублений.

Как показано на ФИГ. 2, многослойный полимерный исходный лист 100 представляет собой вариант осуществления трехслойного листа по изобретению. То есть, предпочтительно лист 100 включает первый внешний слой 110, второй внешний слой 130 и внутренний слой 120, представляющий собой расширяемый слой, содержащий пустоты 150. Первый внешний слой 110 и второй внешний слой 130 расположены на противоположных плоских поверхностях внутреннего слоя 120 предпочтительно в унипланарной или по существу унипланарной конфигурации. Кроме того, хотя трехслойная конфигурация листа 100 показана в целях иллюстрации, изобретение предусматривает использование листа, имеющего множество слоев, расположенных в различных конфигурациях, множество слоев, имеющих различные комбинации толщины, и множество слоев, имеющих разные материалы конструкции, все в соответствии с конкретной областью применения, где интегральная георешетка должна быть использована. Например, хотя трехслойная конфигурация листа 100 показана в целях иллюстрации, изобретение также предполагает использование листов, имеющих больше трех слоев. В целом, конфигурацию слоев, толщину слоев и материал конструкции слоев выбирают так, чтобы обеспечить не только простоту изготовления интегральной георешетки, но также получение интегральной георешетки, имеющей желаемую степень сжимаемости, желаемую жесткость и другие эксплуатационные характеристики.

Как описано выше, многослойный полимерный исходный лист 100, используемый в качестве исходного материала для расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению предпочтительно имеет сквозную перфорацию, хотя вместо этого можно использовать сформированные в нем углубления. По варианту осуществления, в котором в листе сформированы углубления, эти углубления предусмотрены на каждой стороне листа 100, то есть, как на верхней, так и на нижней стороне листа. Кроме того, углубления проходят в каждый слой многослойного листа.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения общая толщина многослойного полимерного исходного листа 100 составляет приблизительно от 2 до 12 мм, и в соответствии с более предпочтительным вариантом изобретения общая толщина листа 100 составляет приблизительно от 2 до 6 мм.

Что касается отдельной толщины слоев листа, то в соответствии с предпочтительным вариантом изобретения толщина первого внешнего слоя 110 составляет приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, толщина расширяемого внутреннего слоя 120 составляет приблизительно от 1 до 9 мм, и толщина второго внешнего слоя 130 составляет приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, с учетом того, что общая толщина исходного листа 100 составляет приблизительно от 2 до 12 мм. По более предпочтительному варианту изобретения толщина первого внешнего слоя 110 составляет приблизительно от 0,5 до 2 мм, толщина расширяемого внутреннего слоя 120 составляет приблизительно от 2 до 5 мм, и толщина второго внешнего слоя 130 составляет приблизительно от 0,5 до 2 мм.

В целом, материал для изготовления первого внешнего слоя 110, расширяемого внутреннего слоя 120 и второго внешнего слоя 130 может быть таким же, как и каждого другого слоя, или они могут отличаться друг от друга. Предпочтительно материал для изготовления первого внешнего слоя 110 и материал для изготовления второго внешнего слоя 130 являются одинаковыми. Более предпочтительно, чтобы материал для изготовления расширяемого внутреннего слоя 120 отличался от материала для изготовления как первого внешнего слоя 110, так и материала для изготовления второго внешнего слоя 130.

В целом, слои листа являются по природе полимерными. Например, материалы для изготовления могут включать высокомолекулярные полиолефины и полимеры с широкими техническими характеристиками. Кроме того, полимерные материалы могут представлять собой первичное сырье или повторно используемые материалы, такие как, например, переработанные полимерные материалы после промышленного или потребительского использования. Также подразумевается использование одного или нескольких полимерных слоев, имеющих более низкую стоимость, чем стоимость вышеупомянутых высокомолекулярных полиолефинов и полимеров с широкими техническими характеристиками.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения материалом для изготовления первого внешнего слоя 110 и второго внешнего слоя 130 является высокомолекулярный полиолефин, например, полипропилен («ПП» («PP»)). По такому предпочтительному варианту осуществления материалом для изготовления

расширяемого внутреннего слоя 120 является полимер с широкими техническими характеристиками, например, не бывший в употреблении ПП или переработанный ПП, например, ПП после промышленного использования или другой переработанный ПП. Однако в зависимости от конкретной области применения интегральной георешетки полимерные компоненты из материала для изготовления, отличного от полипропилена, могут быть включены в многослойный полимерный исходный лист 100.

В соответствии с настоящим изобретением многослойный полимерный исходный лист 100 может быть произведен соэкструзией слоев, например, описанной в вышеупомянутой заявке '960, или ламинированием слоев, произведенных по отдельности.

ФИГ. 3 представляет собой перспективный вид сверху многослойного полимерного исходного листа 100, показанного на ФИГ. 2, который имеет отверстия 140, пробитые в нем, для формирования трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки 200, показанной на ФИГ. 1. ФИГ. 4 представляет собой перспективный вид поперечного сечения участка многослойного полимерного исходного листа 100, показанного на ФИГ. 3.

Размер и расстояние между перфорационными отверстиями 140 описаны в патенте Walsh'112. Трехосная расширенная многослойная интегральная георешетка 200 включает высоко ориентированные полосы 205 и частично ориентированные узлы 235, как также описано в патенте Walsh'112. Второй внешний или верхний слой 130 многослойного полимерного исходного листа 100 растягивают и ориентируют в верхний слой 230 из полос 205 и узлов 235. Аналогично, первый внешний слой или нижний слой 110 многослойного полимерного исходного листа 100 растягивают и ориентируют в нижний или находящийся ниже слой 210 из полос 205 и узлов 235. Поскольку второй слой 130 и первый слой 110 растягиваются и ориентируются, второй или расширенный внутренний слой 120 также растягивается и ориентируется в средний слой 220 как из полос 205, так и узлов 235.

Как указано выше, хотя трехслойная конфигурация многослойного полимерного исходного листа 100 представлена для иллюстрации, изобретение также предполагает использованием исходных листов, имеющих больше трех слоев.

Например, исходный лист может иметь пятислойную конфигурацию, такую как многослойный полимерный исходный лист 400, показанный на ФИГ. 5. Лист 400 включает средний слой 420, первый расширенный внутренний слой 410, второй расширенный внутренний слой 430, первый внешний слой 440 и второй внешний слой 450. Первый расширенный внутренний слой 410 и второй расширенный внутренний слой 430 расположены на противоположных плоских поверхностях среднего слоя 420, предпочтительно в унипланарной или по существу унипланарной конфигурации. Первый внешний слой 440 и второй внешний слой 450 расположены на противоположных плоских поверхностях, соответственно, первого расширенного внутреннего слоя 410 и второго расширенного внутреннего слоя 430 предпочтительно в унипланарной или по существу унипланарной конфигурации.

В конкретном варианте изобретения, показанном на ФИГ. 5, многослойный полимерный исходный лист 400 изготовлен путем соэкструзии или ламинирования первого

материала, который образует средний слой 420, второго материала, который образует первый расширенный внутренний слой 410, третьего материала, который образует второй расширенный внутренний слой 430, четвертого материала, который образует первый внешний слой 440, и пятого материала, который образует второй внешний слой 450.

В целом, материал для изготовления среднего слоя 420, первого расширенного внутреннего слоя 410, второго расширенного внутреннего слоя 430, первого внешнего слоя 440 и второго внешнего слоя 450 может быть таким же, как и каждого другого слоя, или они могут отличаться друг от друга. Например, средний слой 420 может иметь первый материал для изготовления, первый расширенный внутренний слой 410 и второй расширенный внутренний слой 430 могут иметь второй материал для изготовления, и первый внешний слой 440 и второй внешний слой 450 могут иметь третий материал для изготовления. Таким образом, в зависимости от конкретной области применения, где расширенная многослойная интегральная георешетка, изготовленная из листа 400, должна быть использована, могут быть применены разные комбинации материалов для изготовления вышеописанных пяти слоев.

ФИГ. 6 представляет собой перспективный вид поперечного сечения трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки 500, связанной с многослойным полимерным исходным листом 400, показанном на ФИГ. 5. Трехосная расширенная многослойная интегральная георешетка 500 включает высоко ориентированные полосы 505 и частично ориентированные узлы 535. После пробивки перфорационных отверстий в листе 400 первый внешний слой 440 и второй внешний слой 450 листа 400 растягивают и ориентируют, соответственно, в первый внешний слой 540 и второй внешний слой 550 из полос 505 и узлов 535. Аналогично, первый расширенный внутренний слой 410 и второй расширенный внутренний слой 430 листа 400 растягивают и ориентируют, соответственно, в первый расширенный внутренний слой 510 и второй расширенный внутренний слой 530 из полос 505 и узлов 535. И по мере того, как первый внешний слой 440 и второй внешний слой 450, а также первый расширенный внутренний слой 410 и второй расширенный внутренний слой 430 растягиваются и ориентируются, средний слой 420 также растягивается и ориентируется в средний слой 520 как из полос 505, так и узлов 535.

Как и в случае многослойного полимерного исходного листа 100 (то есть, трехслойного варианта осуществления), многослойный полимерный исходный лист 400, имеющий пять слоев, может иметь расширенные слои, которые вспенены или которые имеют дисперсный наполнитель, и могут быть получены соэкструзией или ламинированием.

Если вернуться к геометрии расширенных многослойных интегральных георешеток, то изобретение подразумевает, по меньшей мере, три общие категории: треугольные (например, «трехосные»), прямоугольные и шестиугольные.

Геометрия трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки 200 такая, как показано на ФИГ. 1 и 6.

Геометрия прямоугольной расширенной многослойной интегральной георешетки 700 представлена на ФИГ. 7. Прямоугольная расширенная многослойная интегральная георешетка 700 включает высоко ориентированные полосы 705 и частично ориентированные узлы 735. Как показано на ФИГ. 8, прямоугольная расширенная многослойная интегральная георешетка 700 включает размещенный между первым внешним слоем 710 и вторым внешним слоем 730 третий слой, то есть, расширенный внутренний слой 720. Как и в случае треугольной геометрии, описанной в данном изобретении, расширенный внутренний слой 720 содержит распределение пустот 750. Пустоты 750 могут быть связаны со вспененной конструкцией расширенного внутреннего слоя 720 или могут быть связаны с дисперсным наполнителем, который распределен в расширенном внутреннем слое 720 для создания расширения внутреннего слоя.

Второй внешний или верхний слой 730 многослойного полимерного исходного листа 600 (описан ниже) растягивают и ориентируют в верхний слой 730 из полос 705 и узлов 735. Аналогично, первый внешний слой или нижний слой 710 многослойного полимерного исходного листа 600 растягивают и ориентируют в нижний или находящийся ниже слой 710 из полос 705 и узлов 735. По мере того, как второй слой 730 и первый слой 710 растягиваются и ориентируются, второй или расширенный внутренний слой 720 также растягивается и ориентируется в средний слой 720 как из полос 705, так и узлов 735.

ФИГ. 9 представляет собой перспективный вид сверху многослойного полимерного исходного листа 600, который имеет перфорационные отверстия 640, пробитые в нем, для получения прямоугольной расширенной многослойной интегральной георешетки 700, показанной на ФИГ. 7 и 8. Многослойный полимерный исходный лист 600 включает размещенный между первым внешним слоем 610 и вторым внешним слоем 630 третий слой, то есть, расширяемый внутренний слой 620. Как и в случае треугольной геометрии, описанной здесь, расширяемый внутренний слой 620 содержит распределение пустот 650.

Как и в случае треугольного варианта осуществления расширенной многослойной интегральной георешетки, прямоугольный вариант расширенной многослойной интегральной георешетки имеет расширенный слой, который или вспенен, или содержит дисперсный наполнитель. Исходный лист прямоугольного варианта расширенной многослойной интегральной георешетки является таким же, как и ранее описанный в данном документе для треугольного варианта, и может иметь или соэкструдированную структуру или ламинированную структуру.

И, наконец, геометрия шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки является такой, как показано на ФИГ. 10 и 11. Стимулом для разработки шестиугольной многослойной интегральной георешетки является то, что конструктивно и экономически выгодно производить интегральную георешетку, имеющую структуру и геометрию, способные входить в зацепление с заполнителями более широкого ряда и диапазона качества и стабилизировать их, которые соответствуют требованиям таких услуг, как геосинтетическое армирование, или имеющие другие свойства, желательные для конкретного геосинтетического применения.

Для достижения упомянутой способности входить в зацепление с заполнителями более широкого ряда и диапазона качества и стабилизировать их, чем в случае геометрических форм, связанных со структурами предшествующих георешеток, при этом одновременно обеспечивать различные степени локализации внеплоскостной и внутрислойной жесткости, шестиугольная расширенная многослойная интегральная георешетка по изобретению имеет повторяющийся рисунок из соединенных друг с другом ориентированных полос и частично ориентированных узлов, которые образуют повторяющийся рисунок из внешних шестиугольников, каждый из которых поддерживает и окружает ориентированный внутренний шестиугольник, определяя три отверстия разной формы однослойной многоосной интегральной георешетки. Кроме того, для придания дополнительных жесткости и стабильности геометрическая конфигурация внешних шестиугольников образует линейные полосы, которые проходят непрерывно через всю многоосную интегральную георешетку.

Образованный таким образом внутренний шестиугольник состоит из шести ориентированных полос и поддерживается шестью ориентированными соединительными полосами, которые проходят от частично ориентированных узлов внешнего шестиугольника к соответствующему углу внутреннего шестиугольника с образованием ориентированных трехточечных соединений. Трехточечные соединения имеют намного более высокий уровень ориентации, чем узлы, и склонны к полной ориентации. Эта конфигурация создает внутренний шестиугольник, который подвешен, то есть, плавает относительно внешней шестиугольной структуры. Эта структура позволяет внутреннему шестиугольнику смещаться вверх или вниз таким образом, чтобы «плавать» или изгибаться (деформироваться) относительно основной плоскости георешетки во время размещения и уплотнения заполнителя, что усиливает способность георешетки зацеплять и стабилизировать заполнитель. Описанную выше структуру георешетки в данном документе называют «повторяющимся плавающим шестиугольником внутри шестиугольного рисунка».

Как показано на ФИГ. 10 и 11, шестиугольная расширенная многослойная интегральная георешетка 1100 включает множество соединенных друг с другом, ориентированных полос, имеющих совокупность расположенных в определенном порядке отверстий, повторяющийся плавающий шестиугольник внутри шестиугольного рисунка из соединенных друг с другом, ориентированных полос и отверстий, и включает линейные полосы, которые проходят непрерывно через всю многоосную интегральную георешетку. Более конкретно, шестиугольная расширенная многослойная интегральная георешетка 1100 включает повторяющийся рисунок из плавающих внутренних шестиугольников 1130 внутри каждого внешнего шестиугольника 1110. Внешний шестиугольник 1110 включает множество внешних ориентированных полос или ребер 1120, соединенный друг с другом частично ориентированными узлами 1115. Внутренний шестиугольник 1130 включает множество ориентированных соединительных полос 1145 и 1150, соединенных друг с другом трехточечным соединением 1135, и определяет центральное отверстие

шестиугольной формы 1170. Внешний шестиугольник 1110 соединен с меньшим внутренним шестиугольником 1130 множеством поддерживающих полос 1140 и 1160, которые определяют множество трапециевидных отверстий 1180. В центре каждого рисунка из трех соседних внешних шестиугольников 1110 находится отверстие треугольной формы 1190. Как показано, узлы 1115 намного больше, чем трехточечные соединения 1135.

Как очевидно из ФИГ. 10, другим признаком шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки по изобретению является линейно непрерывный характер внешних полос 1120 повторяющегося рисунка из внешних шестиугольников. То есть, ориентированные полосы 1120 являются линейно непрерывными через частично ориентированные узлы 1115, так как они проходят непрерывно через всю многоосную интегральную георешетку в трех разных направлениях, отделенных друг от друга приблизительно на 120° и обозначенных на ФИГ. 10 и 11 стрелками 120А, 120В и 120С. Специалисты в данной области техники оценят, что после растяжения возможны разные ориентации одной и той же базовой геометрии, если выполнить подходящий соответствующий поворот геометрии исходного перфорированного листа. Линейно непрерывный характер полос 1120 придает как повышенную прочность, так и жесткость в плоскости шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетке по настоящему изобретению.

Предпочтительно, чтобы толщина шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки 1100 в месте ее самом тонкого размера (на узлах 1115) составляла приблизительно от 2 до 9 мм, и более предпочтительно, чтобы такая толщина многоосной расширенной многослойной интегральной георешетки 1100 составляла приблизительно от 4 до 7 мм.

На ФИГ. 12 показан перспективный вид сверху многослойного полимерного исходного листа 1300, имеющего образованные в нем перфорационные отверстия или углубления, для получения шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 10 и 11. Многослойный полимерный исходный лист 1300 включает размещенный между первым внешним слоем 1310 и вторым внешним слоем 1330 третий слой, то есть, расширяемый внутренний слой 1320. Как и в случае треугольной и четырехугольной геометрической конфигурации, описанных в изобретении, расширяемый внутренний слой 1320 содержит распределение пустот 1350.

Многослойный полимерный исходный лист 1300, используемый в качестве исходного материала для шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению предпочтительно имеет сквозную перфорацию, хотя вместо этого можно использовать углубления, сформированные в нем. В соответствии с вариантом исходного материала, в котором в листе сформированы углубления, эти углубления предусмотрены на каждой стороне листа, то есть, как на верхней, так и нижней стороне листа.

Как показано на ФИГ. 13, многослойный полимерный исходный лист 1300 на ФИГ. 12 включает повторяющийся рисунок 1410 из перфорационных отверстий 1420 и расстояний между ними 1430, которые при ориентировании создают плавающий шестиугольник внутри рисунка из шестиугольников шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки, показанной на ФИГ. 10 и 11. В соответствии с одним возможным вариантом изобретения диаметр отверстий 1420 равен 3,68 мм, а расстояние между отверстиями 1420 соответствует размерам, показанным на ФИГ. 13.

Предпочтительно, общая толщина многослойного полимерного исходного листа 1300 составляет приблизительно от 3 до 10 мм, и более предпочтительно, общая толщина многослойного полимерного исходного листа 1300 составляет приблизительно от 5 до 8 мм.

В целом, многослойный полимерный исходный лист 1300 является полимерным по природе. Например, материал для изготовления может включать высокомолекулярные полиолефины и полимеры с широкими техническими характеристиками. Кроме того, полимерные материалы могут представлять собой первичное сырье или повторно используемые материалы, такие как, например, переработанные полимерные материалы после промышленного или потребительского применения. Также предполагается использование одного или нескольких полимерных слоев, имеющих более низкую стоимость, чем вышеупомянутые высокомолекулярные полиолефины и полимеры с широкими техническими характеристиками. В предпочтительном варианте изобретения высокомолекулярным полиолефином является полипропилен.

В соответствии с предпочтительным вариантом настоящего изобретения полосы 1120, 1140, 1145, 1150 и 1160 шестиугольной расширенной многослойной интегральной георешетки 1100 имеют то, что специалистам в данной области техники известно как высокое соотношение сторон, то есть, отношение толщины или высоты поперечного сечения полосы к ширине поперечного сечения полосы, составляющее больше 1,0, согласно вышеуказанным патентам США №№ 9556580, 10024002, и 10501896 (Walsh). Хотя для настоящего изобретения это и не является абсолютно необходимым, высокое соотношение сторон для полос или ребер предпочтительно. Таким образом, многоосная интегральная георешетка по изобретению обеспечивает улучшенную совместимость между георешеткой и наполнителем, что приводит к улучшению заклинивания, устойчивости к боковому смещению и ограничения наполнителя.

Как и в случае прямоугольного и трехосного вариантов осуществления расширенной многослойной интегральной георешетки, вариант расширенной многослойной интегральной георешетки с многоосным «повторяющимся плавающим шестиугольником внутри шестиугольного рисунка» имеет расширенный слой, который или вспенен или содержит дисперсный наполнитель. Исходный лист для варианта осуществления расширенной многослойной интегральной георешетки с многоосным «повторяющимся плавающим шестиугольником внутри шестиугольного рисунка» является таким же, как и ранее описанный для треугольного и прямоугольного вариантов, и может иметь или соэкструдированную конструкцию или ламинированную конструкцию.

Изобретение также относится к способу получения вышеописанных вариантов осуществления расширенных многослойных интегральных георешеток. Например, способ получения вышеописанной трехосной расширенной многослойной интегральной георешетки 200 включает: получение многослойного полимерного исходного листа 100; формирование множества перфорационных отверстий или углублений в многослойном полимерном исходном листе 100 по выбранному рисунку, например, в соответствии с описанием патента Walsh'112; и двусное растягивание и ориентирование многослойного полимерного исходного листа, имеющего расположенное по рисунку множество перфорационных отверстий или углублений, с получением расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей множество соединенных друг с другом, ориентированных полос между частично ориентированными узлами, и конфигурированием перфорационных отверстий или углублений в виде отверстий решетки.

В целом, после получения многослойного полимерного исходного листа 100 с перфорационными отверстиями или углублениями трехосная расширенная многослойная интегральная георешетка 200 может быть произведена из листа 100 в соответствии со способами, описанными в выше обозначенных патентах и известных специалистам в данной области техники.

Кроме того, что касается способа получения для варианта осуществления расширенной многослойной интегральной георешетки с многоосным «повторяющимся плавающим шестиугольником внутри шестиугольного рисунка», то способ включает приготовление полимерного листа 1300; создание выполненного в виде рисунка множества перфорационных отверстий или углублений 1310 в полимерном листе 1300; и ориентирование полимерного листа 1300, имеющего расположенное по рисунку множество перфорационных отверстий или углублений 1310, с получением множества соединенных друг с другом, ориентированных полос 1120, 1140, 1145, 1150 и 1160, имеющих расположенные в определенном порядке отверстия 1170, 1180 и 1190, повторяющийся плавающий шестиугольник 1130 внутри рисунка из внешних шестиугольников 1110 из соединенных друг с другом, ориентированных полос и отверстий, включая три линейные полосы, которые проходят непрерывно через всю многоосную расширенную многослойную интегральную георешетку 1100.

В целом, после получения исходного листа 1300 с перфорационными отверстиями или углублениями многоосная расширенная многослойная интегральная георешетка 1100 может быть изготовлена из исходного листа 1300 в соответствии со способами, описанными в обозначенных патентах и известными специалистам в данной области техники.

Как указано выше, шестиугольная геометрическая форма внешнего шестиугольника 1110 и меньшего внутреннего шестиугольника 1130 является предпочтительным вариантом для создания плавающей геометрической конфигурации по настоящему изобретению. Однако другие геометрические формы возможны в рамках объема настоящего изобретения. Например, геометрические формы могут быть прямоугольными или квадратными с четырьмя поддерживающими или соединительными полосами, соединяющими каждый

внутренний угол внешнего прямоугольника или квадрата с соответствующим внешним углом меньшего внутреннего прямоугольника или квадрата. Или геометрические формы могут быть треугольными только с тремя поддерживающими или соединительными полосами между соседними внутренними углами внутренних треугольника и внешними углами меньшего внутреннего треугольника.

В прямоугольном или квадратном варианте осуществления настоящего изобретения, описанном в предыдущем абзаце, было бы предпочтительно иметь две линейные полосы, которые проходят непрерывно через всю георешетку, для каждого внешнего прямоугольника или квадрата, причем такие непрерывные полосы проходят под углом приблизительно 90° друг к другу. В треугольном варианте, по-видимому, будет три линейных полосы для каждого внешнего треугольника, которые проходят под углом около 120° друг к другу, аналогично линейным полосам 1120 предпочтительного шестиугольного варианта, описанного в изобретении более подробно.

Также возможны разные геометрические формы без отступления от настоящего изобретения. Например, внутренняя геометрическая форма может представлять собой круглое кольцо, поддерживаемое внутри предпочтительной внешней шестиугольной формы, причем шесть поддерживающих полос аналогичны описанному здесь предпочтительному варианту. Таким образом, полагают, что геометрические формы внешней повторяющейся структуры и внутренней или находящейся внутри плавающей структуры не ограничены идентичными геометрическими формами.

ФИГ. 14А-14Е иллюстрируют гипотезу по механизму сжатия трехслойной расширенной многослойной интегральной георешетки, которая связана с пустотами в расширенном внутреннем слое под действием приложенной нагрузки. Как показано на ФИГ. 14А, до приложения нагрузки пустоты и полимер вокруг пустот остаются нетронутыми. Как только появляется нагрузка (ФИГ. 14В), полимер вокруг пустот начинает сжиматься. При продолжении нагрузки (ФИГ. 14С) полимер вокруг пустот перестает поддаваться, и начинают сжиматься пустоты. По мере увеличения нагрузки (ФИГ. 14D) пустоты полностью сжимаются, и полимер вокруг пустот снова начинает поддаваться. И, наконец, как показано на ФИГ. 14Е, при снятии нагрузки ребро расширенной многослойной интегральной георешетки разжимается, причем остаточная деформация пустот сохраняется из-за разрушившихся в некоторой степени пустот наряду с остаточной деформацией полимера вокруг пустот.

ФИГ. 15А-15С иллюстрируют гипотезу по механизму податливости ребер расширенного внутреннего слоя трехслойной расширенной многослойной интегральной георешетки, которая также связана с пустотами в расширенном внутреннем слое, и показывают как вертикальную, так и горизонтальную податливость интегральной георешетки под приложенной нагрузкой. Как показано на ФИГ. 15А, до приложения нагрузки пустоты и полимер вокруг пустот остаются нетронутыми. Как только нагрузка приложена (ФИГ. 15В), система начинает подвергаться упругому сжатию по мере того, как пустоты начинают разрушаться. Наконец, как показано на ФИГ. 15С, система перестает

подаваться, поскольку пустоты начинают сжиматься и уплотняться. Таким образом, благодаря наличию пустот в расширенном внутреннем слое расширенной многослойной интегральной георешетки достигается как вертикальная, так горизонтальная податливость георешетки под нагрузкой.

На ФИГ. 16 представлены графики, иллюстрирующие сравнение поведения неэластичного ребра на основе исходного листа обычной интегральной георешетки, с поведением эластичного ребра из исходного листа расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению, имеющего расширенный внутренний слой. Как видно, ребра расширенной многослойной интегральной георешетки, которые вертикально и горизонтально податливы, способствуют более оптимальному размещению заполнителя и его уплотнению. Этот признак расширенной многослойной интегральной георешетки позволяет использовать «большие» ребра без того, чтобы ребра были «разрушителями» системы заполнителя.

На ФИГ. 17 представлена таблица, в которой приведено сравнение преимуществ расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению относительно однослойной георешетки без расширенного слоя. Образец 1 представляет собой интегральную георешетку с треугольной геометрией, изготовленную из однослойного полипропиленового исходного листа, имеющего общую толщину исходного листа 4,15 мм. Образец 1 имеет массу готовой интегральной георешетки 200 г/м². Образец 2 представляет собой интегральную георешетку с треугольной геометрией, изготовленную из расширенного многослойного исходного листа по настоящему изобретению, который имеет общую толщину исходного листа 4,2 мм. Многослойная структура образца 2 имеет первый полипропиленовый внешний (то есть, верхний) слой толщиной 0,5 мм, внутренний расширенный полипропиленовый слой толщиной 3,2 мм и второй полипропиленовый внешний (то есть, нижний) слой толщиной 0,5 мм. Образец 2 имеет массу готовой интегральной георешетки 171 г/м². Образцы 1 и 2 подвергают имитационным дорожным испытаниям, в которых определяют среднюю поверхностную деформацию интегральной георешетки в течение последних 500 проходов, при этом технические характеристики определяют в миллиметрах деформации поверхности. Средняя поверхностная деформация образца 1 составляет 61,8 мм, и средняя поверхностная деформация образца 2 практически такая же, то есть, 61,6 мм.

Как видно из ФИГ. 17, образец 2, расширенная многослойная интегральная георешетка по изобретению, на 14,5% легче образца 1, нерасширенной однослойной интегральной георешетки. Но все же, судя по дорожным испытаниям, образец 2 демонстрирует показатель поверхностной деформации, который эквивалентен поверхностной деформации более тяжелого образца 1. Следовательно, за счет использования технологии расширенной многослойной интегральной георешетки по изобретению масса изделия может быть уменьшена, но при этом все еще достигаются показатели поверхностной деформации, эквивалентные поверхностной деформации более тяжелого, нерасширенного, однослойного изделия.

Кроме того, как видно на ФИГ. 17, образец 3 представляет собой интегральную георешетку с треугольной геометрией, изготовленную из однослойного полипропиленового исходного листа, имеющего общую толщину исходного листа 4,55 мм. Образец 3 имеет массу готовой интегральной георешетки 217 г/м². Образец 4 представляет собой интегральную георешетку с треугольной геометрией, изготовленную из расширенного многослойного исходного листа по изобретению, имеющего общую толщину исходного листа 6,2 мм. Многослойная структура образца 4 содержит первый полипропиленовый внешний (то есть, верхний) слой толщиной 1 мм, внутренний расширенный полипропиленовый слой толщиной 4,2 мм и второй полипропиленовый внешний (то есть, нижний) слой толщиной 1 мм. Образец 4 имеет массу готовой интегральной георешетки 215 г/м², то есть, по существу такую же массу, что и масса образца 3. Образцы 3 и 4 также подвергают имитационным дорожным испытаниям, в которых определяют среднюю поверхностную деформацию интегральной георешетки в течение 500 проходов, при этом технические характеристики измеряют в мм деформации поверхности. Средняя поверхностная деформация образца 3 составляет 46,4 мм, тогда как средняя поверхностная деформация образца 4 существенно меньше, то есть, 37,2 мм.

Как видно из ФИГ. 17, образец 4, расширенная многослойная интегральная георешетка по изобретению, имеет массу, которая по существу такая же, как и масса образца 3, нерасширенной однослойной интегральной георешетки. Но все же, судя по дорожным испытаниям, образец 4 демонстрирует показатель поверхностной деформации, который на 19,8% лучше (то есть, меньшую поверхностную деформацию), чем образец 3. Соответственно, за счет использования технологии расширенной многослойной интегральной георешетки по настоящему изобретению масса изделия может быть сохранена, но при этом достигнуты лучшие показатели поверхностной деформации, то есть, меньшая поверхностная деформация, чем деформация в случае нерасширенного однослойного изделия.

Таким образом, благодаря тому, что расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению имеют не только многослойную конструкцию, но, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий структуру, которая расширена относительно, по меньшей мере, одного другого слоя из множества слоев из-за распределения в нем пустот, георешетки обеспечивают повышенную сжимаемость слоев под нагрузкой.

Также многослойная природа расширенных многослойных интегральных георешеток по изобретению придает интегральной георешетке в целом большую жесткость по сравнению с жесткостью однослойных интегральных георешеток предшествующего уровня. Кроме того, благодаря расширенному внутреннему слою расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению отличаются податливостью, то есть, начальной уступчивостью или гибкостью, что приводит к лучшему уплотнению и более высокой плотности, но все же при конечной горизонтальной жесткости композита из заполнителя и георешетки, которая выше в результате начальной уступчивости.

Кроме того, расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению обеспечивают более высокие соотношения сторон на всех полосах по сравнению с соотношениями сторон интегральных георешеток предшествующего уровня. Так как высокое соотношение сторон интегральных георешеток по изобретению повышает заклинивание заполнителя, расширенные многослойные интегральные георешетки по изобретению могут лучше соответствовать меняющимся соотношениям сторон заполнителя.

Наконец, расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению, помимо обеспечения конструктивных и эксплуатационных улучшений, описанных здесь, дают значительные экономические преимущества. Если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с более высоким соотношением сторон, расширенный слой по настоящему изобретению может обеспечить это более высокое соотношение сторон, используя при этом такое же общее содержание полимера (то есть, «количество» полимера), что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией без расширенного слоя. Или, если желательна интегральная георешетка, имеющая полосы с таким же соотношением сторон, что и интегральная георешетка с аналогичной конфигурацией, расширенный слой по изобретению может обеспечить такое же соотношение сторон, используя при этом меньшее общее содержание полимера (то есть, «количество» полимера). Таким образом, расширенные многослойные интегральные георешетки по настоящему изобретению, в дополнение к связанным с ними конструктивными и эксплуатационными улучшениями, могут создавать значительные экономические выгоды, то есть, достижение более высокого соотношения сторон при тех же затратах или достижение такого же соотношения сторон при более низких затратах.

Первый аспект настоящего изобретения относится к расширенной многослойной интегральной георешетке для взаимного зацепления с заполнителем и его армирования, содержащей множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, причем указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, имеющим расширенную структуру, содержащую распределение пустот в нем, чтобы улучшить начальную совместимость между заполнителем и интегральной георешеткой для максимального повышения плотности заполнителя после уплотнения заполнителя и георешетки.

По меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может иметь объем пустот от 5 до 60%. По меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может иметь коэффициент сжимаемости от 5 до 75%. По меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может включать пену, причем пена содержит полипропилен и вспенивающую добавку. По меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может включать дисперсный наполнитель. Дисперсный наполнитель может быть выбран из группы, состоящей из

карбоната кальция, гидросиликата магния, сульфата кальция, диатомовой земли, диоксида титана, наноаполнителя, многостенной углеродной нанотрубки, одностенной углеродной нанотрубки, натурального и синтетического волокна, доломита, диоксида кремния, слюды и гидрата алюминия. Расширенная многослойная интегральная георешетка может быть произведена из соэкструдированного многослойного полимерного листа. Расширенная многослойная интегральная георешетка может быть произведена из ламинированного многослойного полимерного листа. Ориентированные полосы могут быть одноосно или двуосно растянуты. Расширенная многослойная интегральная георешетка по пункту 8, где многослойный полимерный лист включает первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя. Многослойный полимерный лист может иметь толщину приблизительно от 2 до 12 мм. Первый слой многослойного полимерного листа может иметь толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, расширенный внутренний слой может иметь толщину приблизительно от 1 до 9 мм, и третий слой может иметь толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм. Расширенная многослойная интегральная георешетка может представлять собой трехосную интегральную георешетку или прямоугольную интегральную георешетку.

Второй аспект настоящего изобретения относится к исходному материалу для изготовления расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, способным образовывать расширенную структуру, содержащую распределение пустот, причем указанный исходный материал включает многослойный полимерный лист, имеющий перфорационные отверстия или углубления в нем, которые создают отверстия, когда лист двуосно растягивают.

Многослойный полимерный лист может быть соэкструдирован. Многослойный полимерный лист может быть ламинирован. Многослойный полимерный лист может включать первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя. Многослойный полимерный лист может иметь начальную толщину, по меньшей мере, 2 мм.

Третий аспект изобретения относится к конструкции из грунта, содержащей большое количество сыпучего материала, который упрочнен путем заглубления в нем расширенной многослойной интегральной георешетки для взаимного зацепления с заполнителем и его армирования, содержащей множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, причем указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, имеющим расширенную структуру, содержащую распределение пустот, чтобы улучшить начальную совместимость между заполнителем и интегральной георешеткой для максимального

повышения плотности заполнителя после уплотнения заполнителя и георешетки.

Четвертый аспект настоящего изобретения относится к способу упрочнения большого количества сыпучего материала, включающему заглабление в большое количество сыпучего материала расширенной многослойной интегральной георешетки для взаимного зацепления с заполнителем и его армирования, содержащей множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними, причем указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, имеющим расширенную структуру, содержащую распределение пустот, чтобы улучшить начальную совместимость между заполнителем и интегральной георешеткой для максимального повышения плотности заполнителя после уплотнения заполнителя и георешетки.

Пятый аспект настоящего изобретения относится к способу изготовления расширенной многослойной интегральной георешетки, включающему получение многослойного полимерного листа, имеющего множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, способным образовывать расширенную структуру, содержащую распределение пустот; создание выполненного в виде рисунка множества перфорационных отверстий или углублений в многослойном полимерном листе; и ориентирование многослойного полимерного листа, имеющего выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, для создания множества ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, и для конфигурирования перфорационных отверстий или углублений в виде отверстий решетки, причем указанный, по меньшей мере, один внутренний слой имеет расширенную структуру, содержащую распределение пустот в многослойной интегральной георешетке.

В соответствии с вариантом осуществления способа по изобретению, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может включать пену. По меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, может включать дисперсный наполнитель. Стадия получения многослойного полимерного листа может представлять собой соэкструзию. Стадия получения многослойного полимерного листа может представлять собой ламинирование. Многослойный полимерный лист, имеющий выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, может быть ориентирован путем одноосного или двуосного растягивания. Многослойный полимерный лист может включать первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя. Многослойный полимерный лист может иметь начальную толщину, по меньшей мере, 2 мм. Первый слой многослойного полимерного листа может иметь толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, расширенный внутренний слой может иметь толщину приблизительно от 1 до 9 мм, и третий слой может

иметь толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм. В первом слое материалом для изготовления может быть высокомолекулярный полиолефин, расширенный внутренний слой может иметь материал для изготовления полимер с широкими техническими характеристиками, и в третьем слое материалом для изготовления может быть высокомолекулярный полиолефин. Расширенная многослойная интегральная георешетка может быть трехосной интегральной георешеткой или прямоугольной интегральной георешеткой.

Шестой аспект настоящего изобретения относится к способу создания конструкции расширенной многослойной интегральной георешетки, включающему одноосное или двуосное растягивание исходного материала, который представляет собой многослойный полимерный лист, имеющий выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, для получения расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, и множество отверстий решетки; и заглупление интегральной георешетки в большое количество сыпучего материала.

Седьмой аспект настоящего изобретения относится к расширенной многослойной интегральной георешетке, содержащей множество соединенных друг с другом ориентированных полос и частично ориентированных узлов, образующих повторяющийся рисунок из внешних шестиугольников, имеющих расположенные в определенном порядке отверстия; причем каждый из указанных внешних шестиугольников поддерживает и окружает меньший внутренний шестиугольник, имеющий ориентированные полосы, при этом указанные ориентированные полосы и указанные частично ориентированные узлы указанного внешнего шестиугольника образуют множество линейных полос, которые проходят непрерывно через всю расширенную многослойную интегральную георешетку, указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала, проходящих через всю указанную георешетку, и, по меньшей мере, один внутренний слой из указанного множества слоев имеет расширенную структуру, содержащую распределение пустот.

Вышеизложенное рассматривают только в качестве иллюстрации принципов изобретения. Кроме того, поскольку специалистам в данной области техники могут быть легко доступны многочисленные модификации и изменения, нежелательно ограничивать изобретение описанными и показанными точными конструкцией и действием.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Расширенная многослойная интегральная георешетка для взаимного зацепления с заполнителем и армирования заполнителя, содержащая:

множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами и имеющих расположенные в определенном порядке отверстия между ними,

причем указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала,

при этом, по меньшей мере, один внутренний слой из указанного множества слоев имеет расширенную структуру, содержащую распределение пустот, для улучшения начальной совместимости между заполнителем и интегральной георешеткой с целью максимального повышения плотности заполнителя после уплотнения заполнителя и георешетки.

2. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, имеет объем пустот от 5 до 60%.

3. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, имеет коэффициент сжимаемости от 5 до 75%.

4. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, включает пену.

5. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 4, в котором пена содержит полипропилен и вспенивающую добавку.

6. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, включает дисперсный наполнитель.

7. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 6, в котором дисперсный наполнитель выбирают из группы, состоящей из карбоната кальция, гидросиликата магния, сульфата кальция, диатомовой земли, диоксида титана, нанонаполнителя, многостенной углеродной нанотрубки, одностенной углеродной нанотрубки, натурального и синтетического волокна, доломита, диоксида кремния, слюды и гидрата алюминия.

8. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором расширенную многослойную интегральную георешетку производят из соэкструдированного многослойного полимерного листа.

9. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором расширенную многослойную интегральную георешетку производят из ламинированного многослойного полимерного листа.

10. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором ориентированные полосы одноосно или двуосно растянуты.

11. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 8, в котором многослойный полимерный лист включает первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя.

12. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 8, в котором многослойный полимерный лист имеет толщину приблизительно от 2 до 12 мм.

13. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 11, в котором первый слой многослойного полимерного листа имеет толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, расширенный внутренний слой имеет толщину приблизительно от 1 до 9 мм, и третий слой имеет толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм.

14. Исходный материал для изготовления расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющий множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, способным образовывать расширенную структуру, содержащую распределение пустот, причем указанный исходный материал содержит многослойный полимерный лист, имеющий перфорационные отверстия или углубления, которые создают отверстия, когда лист двусно растягивают.

15. Исходный материал по п. 14, в котором многослойный полимерный лист соэкструдирован.

16. Исходный материал по п. 14, в котором многослойный полимерный лист ламинирован.

17. Исходный материал по п. 14, в котором многослойный полимерный лист включает первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя.

18. Исходный материал по п. 14, в котором многослойный полимерный лист имеет начальную толщину, по меньшей мере, 2 мм.

19. Конструкция из грунта, содержащая большое количество сыпучего материала, упрочненная путем заглубления в нее расширенной многослойной интегральной георешетки по п. 1.

20. Способ упрочнения большого количества сыпучего материала, включающий заглубление в большое количество сыпучего материала расширенной многослойной интегральной георешетки по п. 1.

21. Способ получения расширенной многослойной интегральной георешетки, включающий:

получение многослойного полимерного листа, имеющего множество слоев каждый из полимерного материала, по меньшей мере, с одним внутренним слоем из указанного множества слоев, способным образовывать расширенную структуру, содержащую распределение пустот;

создание выполненного в виде рисунка множества перфорационных отверстий или углублений в многослойном полимерном листе; и

ориентирование многослойного полимерного листа, имеющего выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, для создания множества ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, и для конфигурирования перфорационных отверстий или углублений в виде отверстий решетки,

причем указанный, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, содержит распределение пустот в многослойной интегральной георешетке.

22. Способ по п. 21, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, включает пену.

23. Способ по п. 21, в котором, по меньшей мере, один внутренний слой, имеющий расширенную структуру, включает дисперсный наполнитель.

24. Способ по п. 21, в котором стадия получения многослойного полимерного листа представляет собой соэкструзию.

25. Способ по п. 21, в котором стадия получения многослойного полимерного листа представляет собой ламинирование.

26. Способ по п. 21, в котором многослойный полимерный лист, имеющий выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, ориентируют путем одноосного или двуосного растягивания.

27. Способ по п. 21, в котором многослойный полимерный лист включает первый слой, расширенный внутренний слой и третий слой, причем первый слой и третий слой расположены на противоположных плоских поверхностях расширенного внутреннего слоя.

28. Способ по п. 21, в котором многослойный полимерный лист имеет начальную толщину, по меньшей мере, 2 мм.

29. Способ по п. 27, в котором первый слой многослойного полимерного листа имеет толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм, расширенный внутренний слой имеет толщину приблизительно от 1 до 9 мм, и третий слой имеет толщину приблизительно от 0,5 до 4,5 мм.

30. Способ по п. 21, в котором первый слой имеет в качестве материала для изготовления высокомолекулярный полиолефин, расширенный внутренний слой имеет в качестве материала для изготовления полимер с широкими техническими характеристиками, и третий слой имеет в качестве материала для изготовления высокомолекулярный полиолефин.

31. Способ создания конструкции расширенной многослойной интегральной георешетки, включающий:

одноосное или двуосное растягивание исходного материала, который представляет собой многослойный полимерный лист, имеющий выполненное в виде рисунка множество перфорационных отверстий или углублений, для получения расширенной многослойной интегральной георешетки, имеющей множество ориентированных полос, соединенных друг с другом частично ориентированными узлами, и множество отверстий решетки; и

заглубление интегральной георешетки в большое количество сыпучего материала.

32. Расширенная многослойная интегральная георешетка по п. 1, в котором интегральная георешетка представляет собой трехосную интегральную георешетку или прямоугольную интегральную георешетку.

33. Способ по п. 21, в котором расширенная многослойная интегральная георешетка представляет собой трехосную интегральную георешетку или прямоугольную интегральную георешетку.

34. Расширенная многослойная интегральная георешетка содержащая:

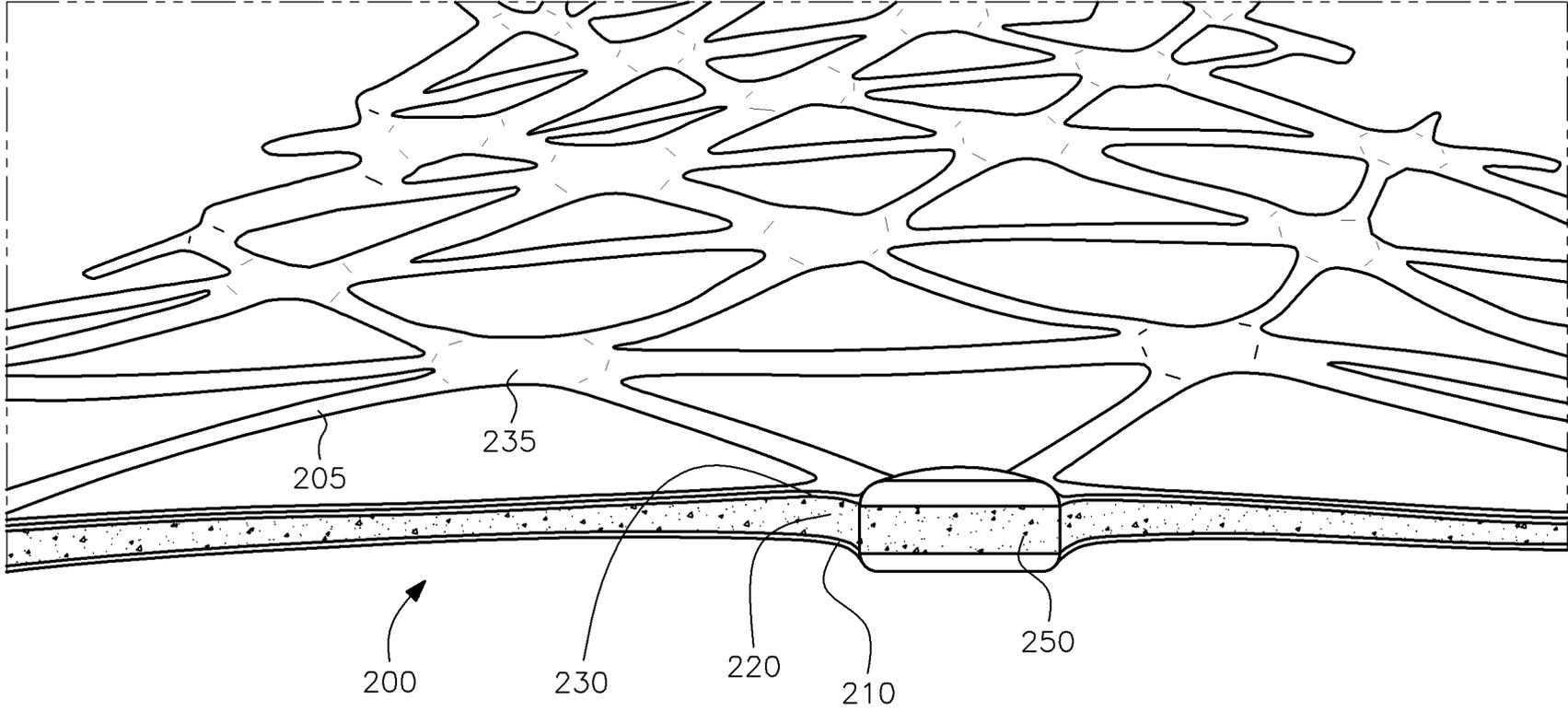
множество соединенных друг с другом ориентированных полос и частично ориентированных узлов, образующих повторяющийся рисунок из внешних шестиугольников, имеющих расположенные в определенном порядке отверстия;

причем каждый из указанных внешних шестиугольников поддерживает и окружает меньший внутренний шестиугольник, имеющий ориентированные полосы,

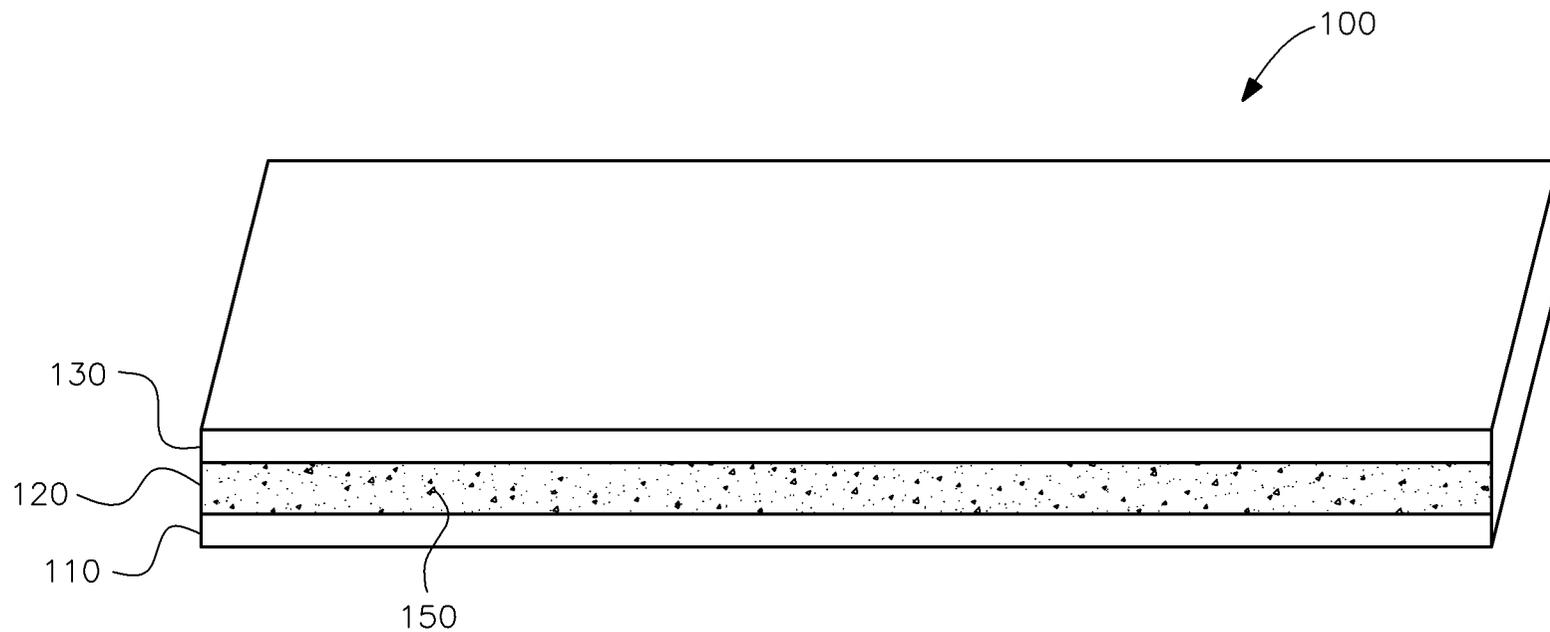
указанные ориентированные полосы и указанные частично ориентированные узлы указанного внешнего шестиугольника образуют множество линейных полос, которые проходят непрерывно через всю расширенную многослойную интегральную георешетку,

указанная интегральная георешетка имеет множество слоев каждый из полимерного материала, проходящих по всей указанной георешетке, и

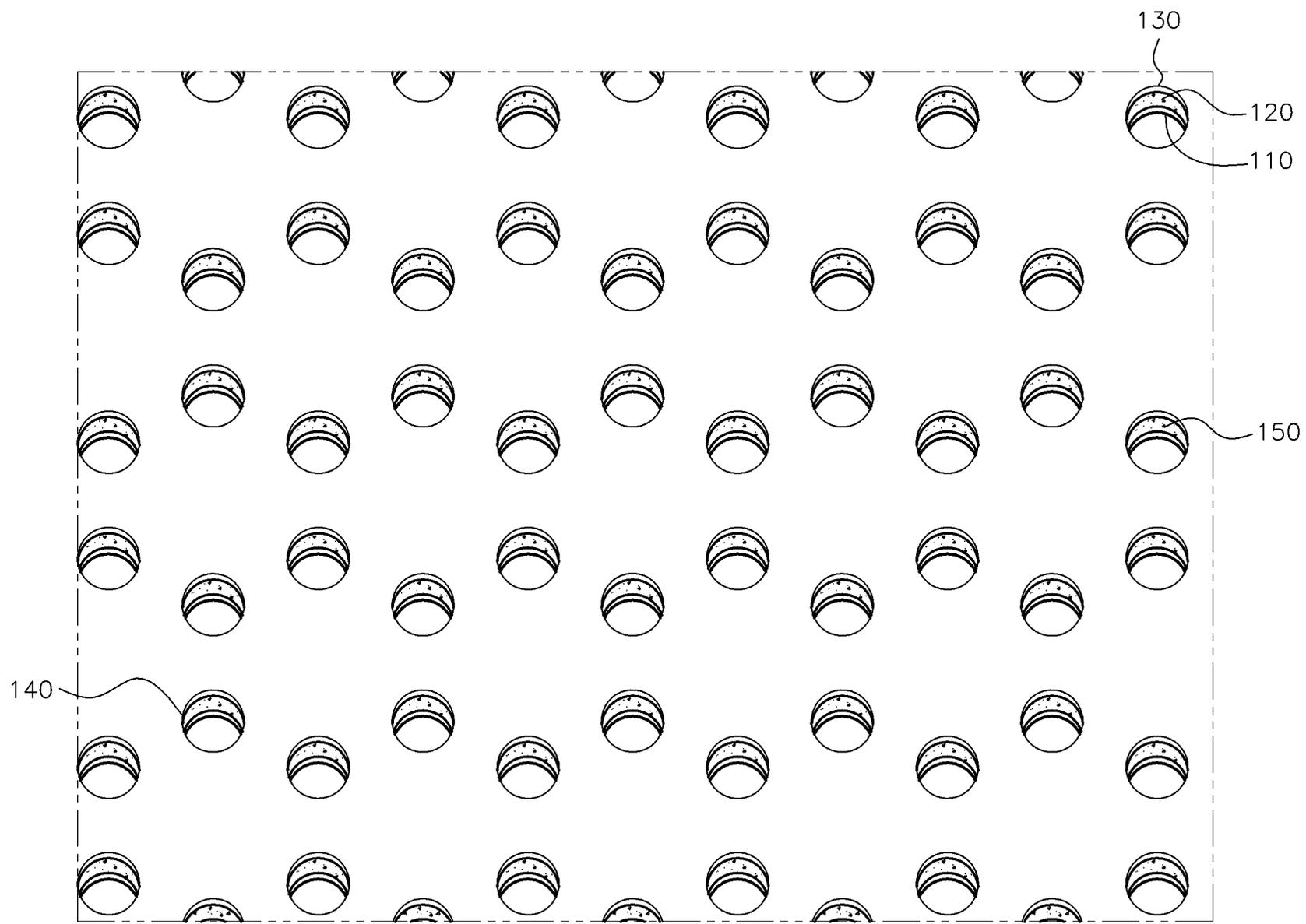
по меньшей мере один внутренний слой из указанного множества слоев имеет расширенную структуру, содержащую распределение пустот.



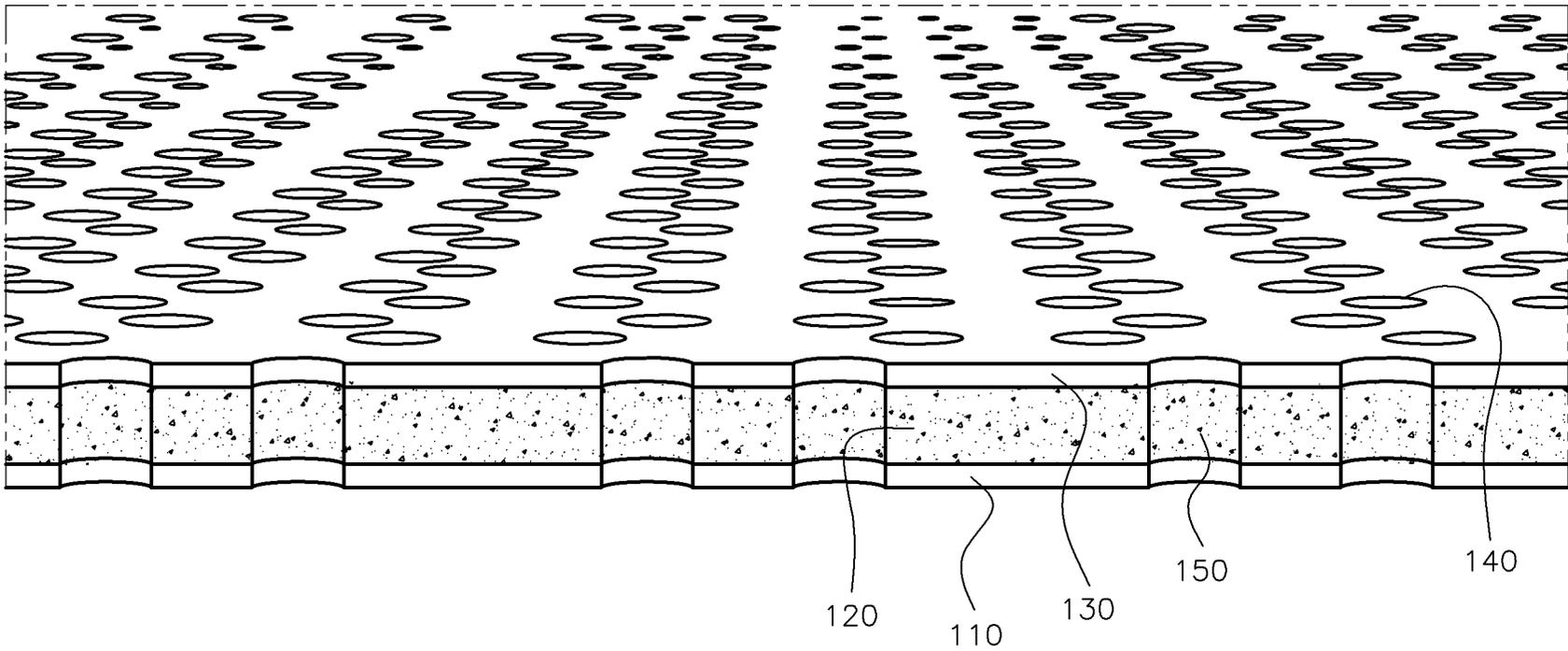
ФИГ. 1



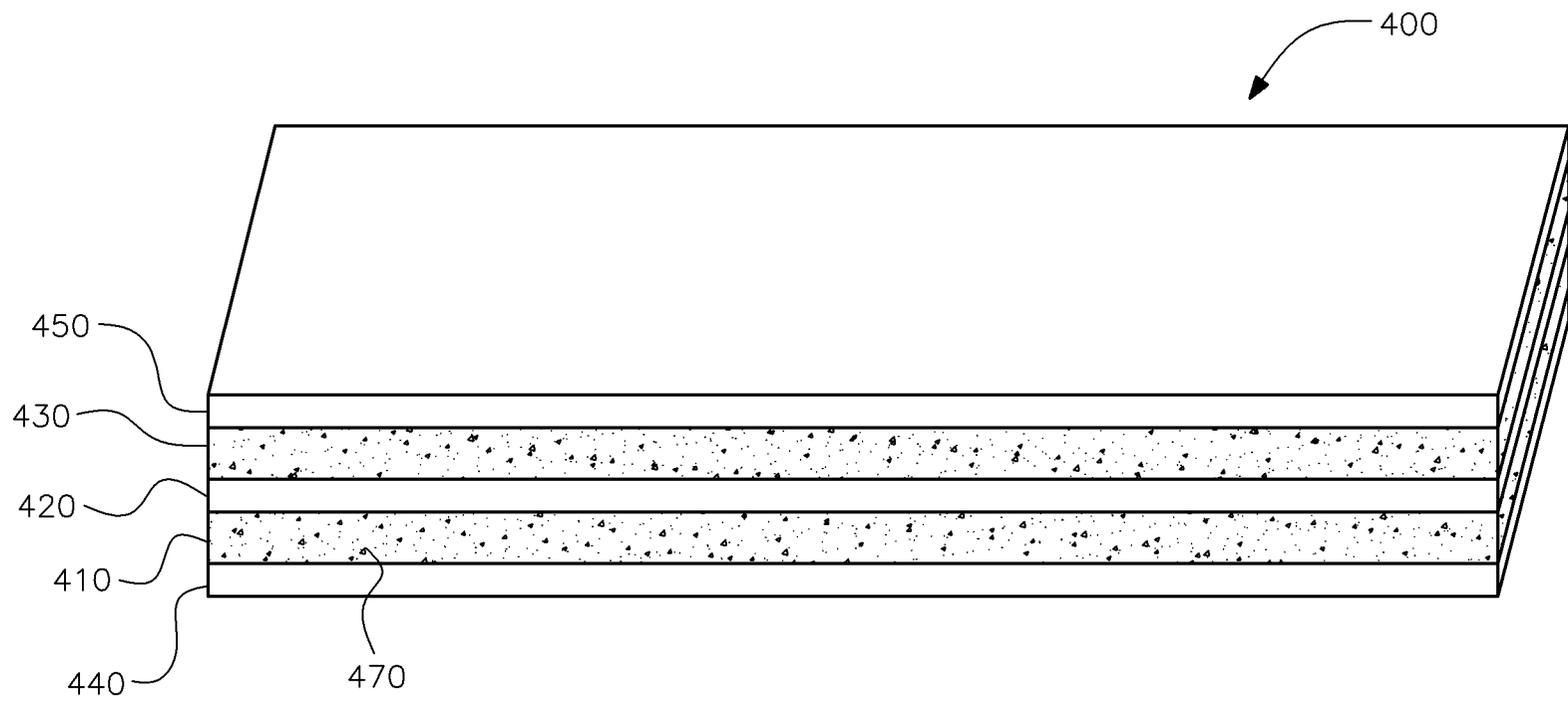
ФИГ. 2



ФИГ. 3

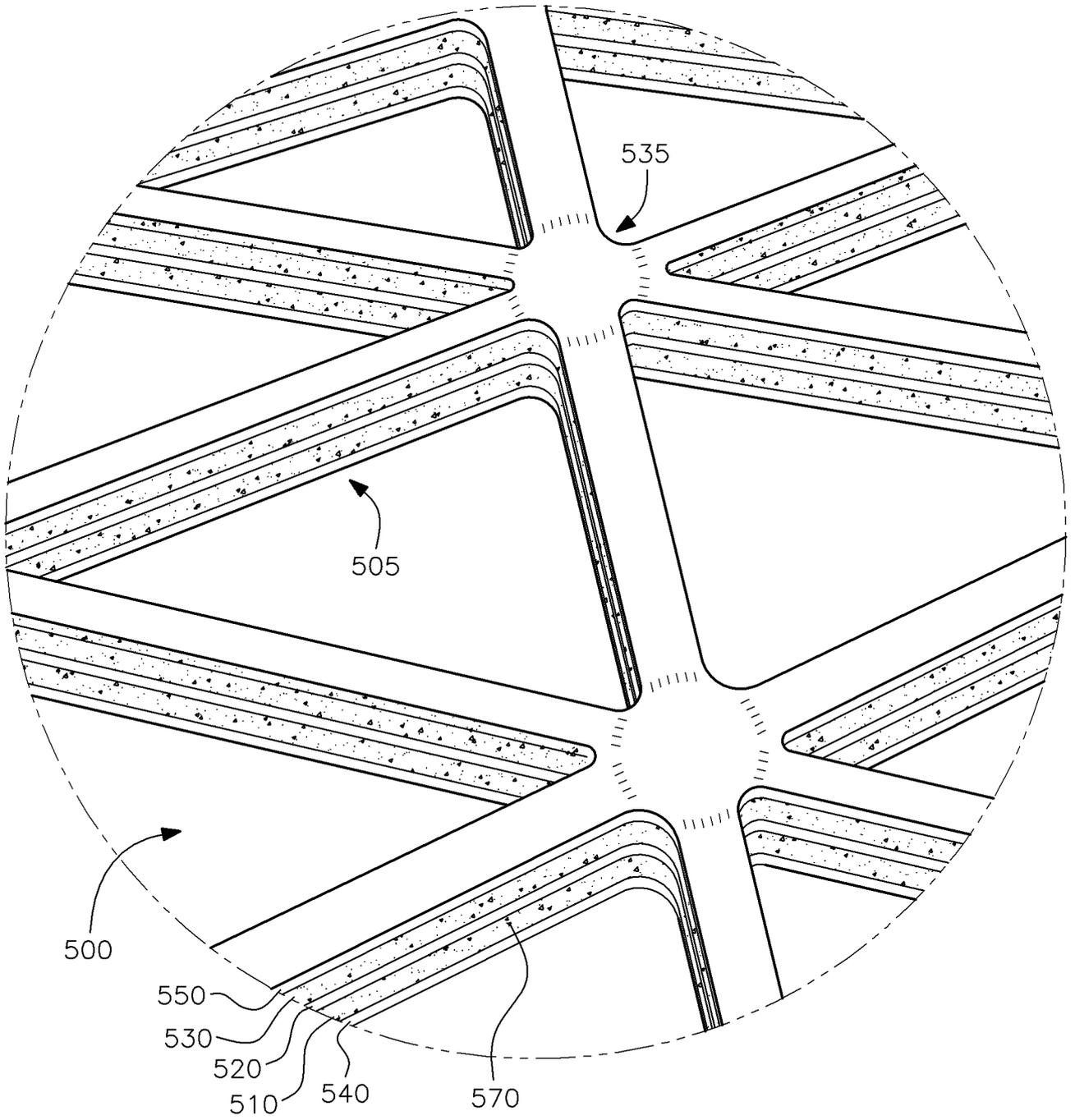


ФИГ. 4

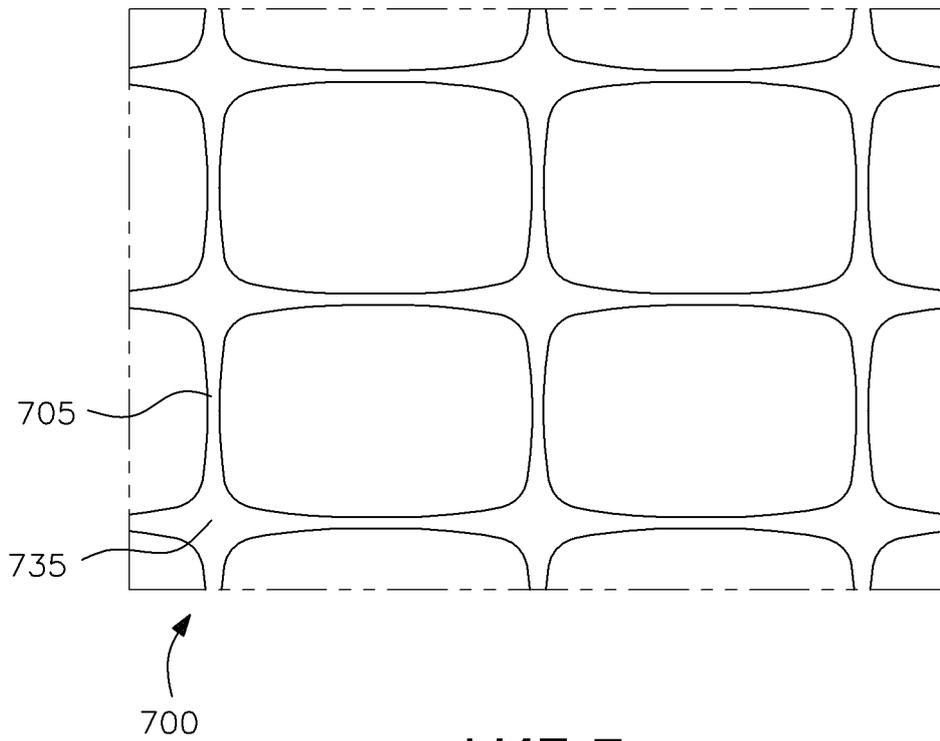


5/17

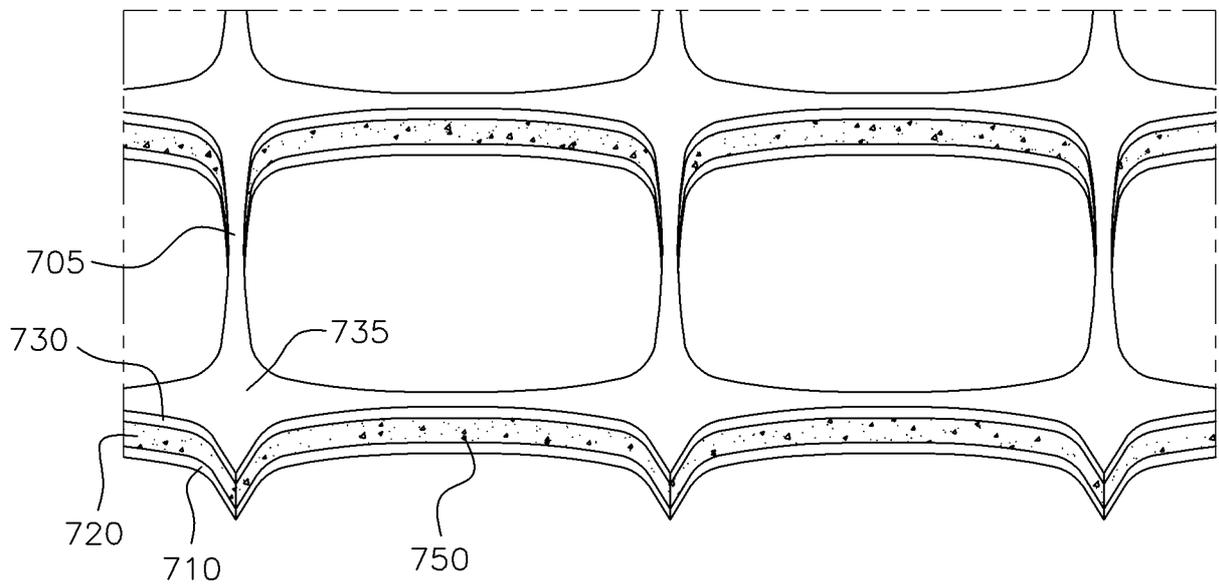
ФИГ. 5



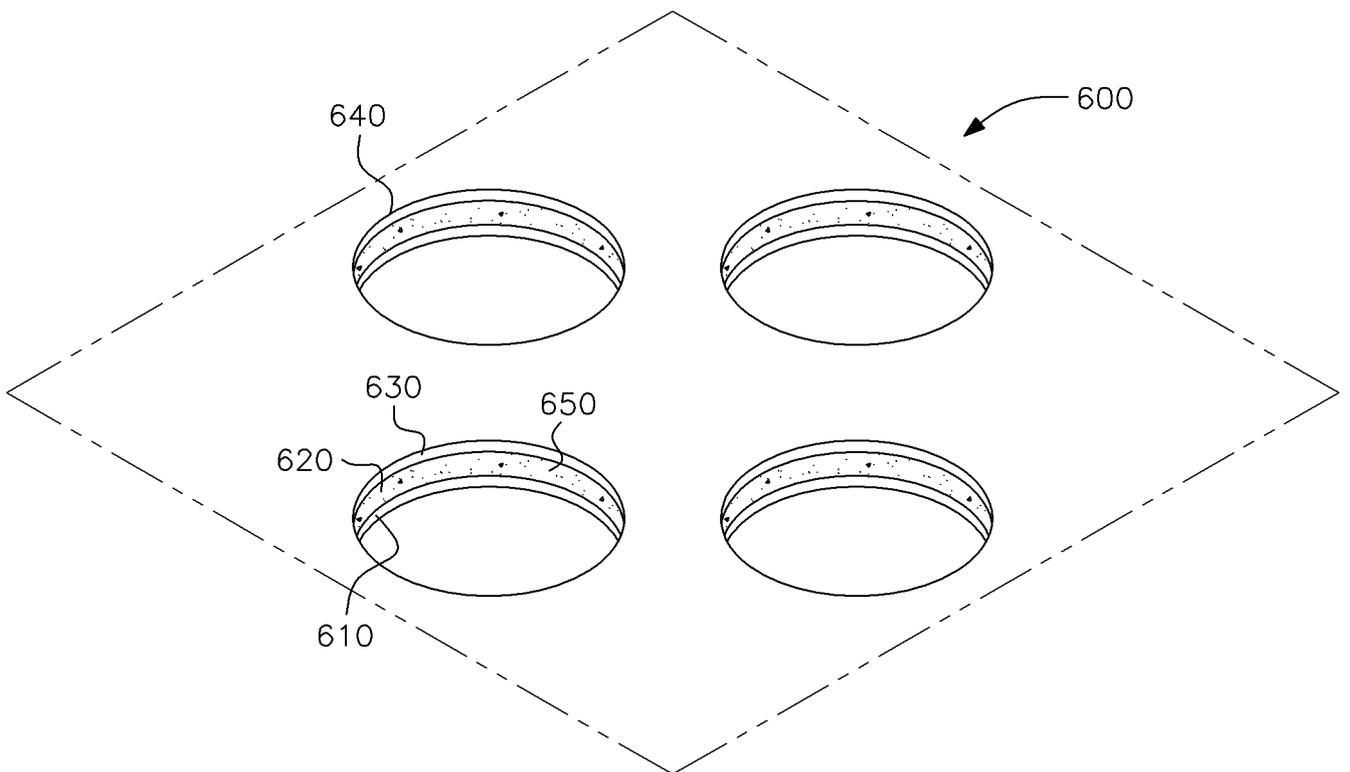
ФИГ. 6



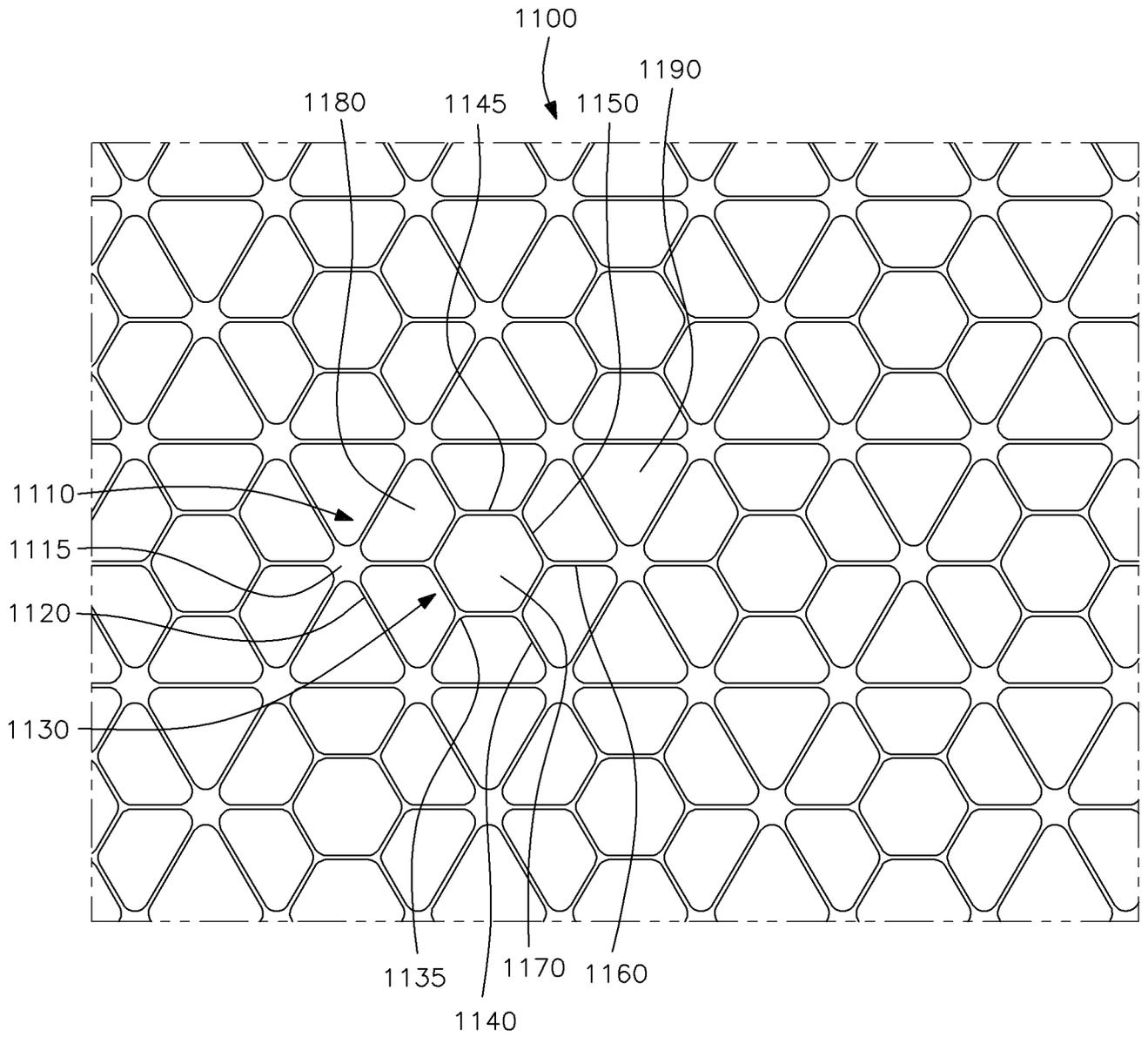
ФИГ. 7



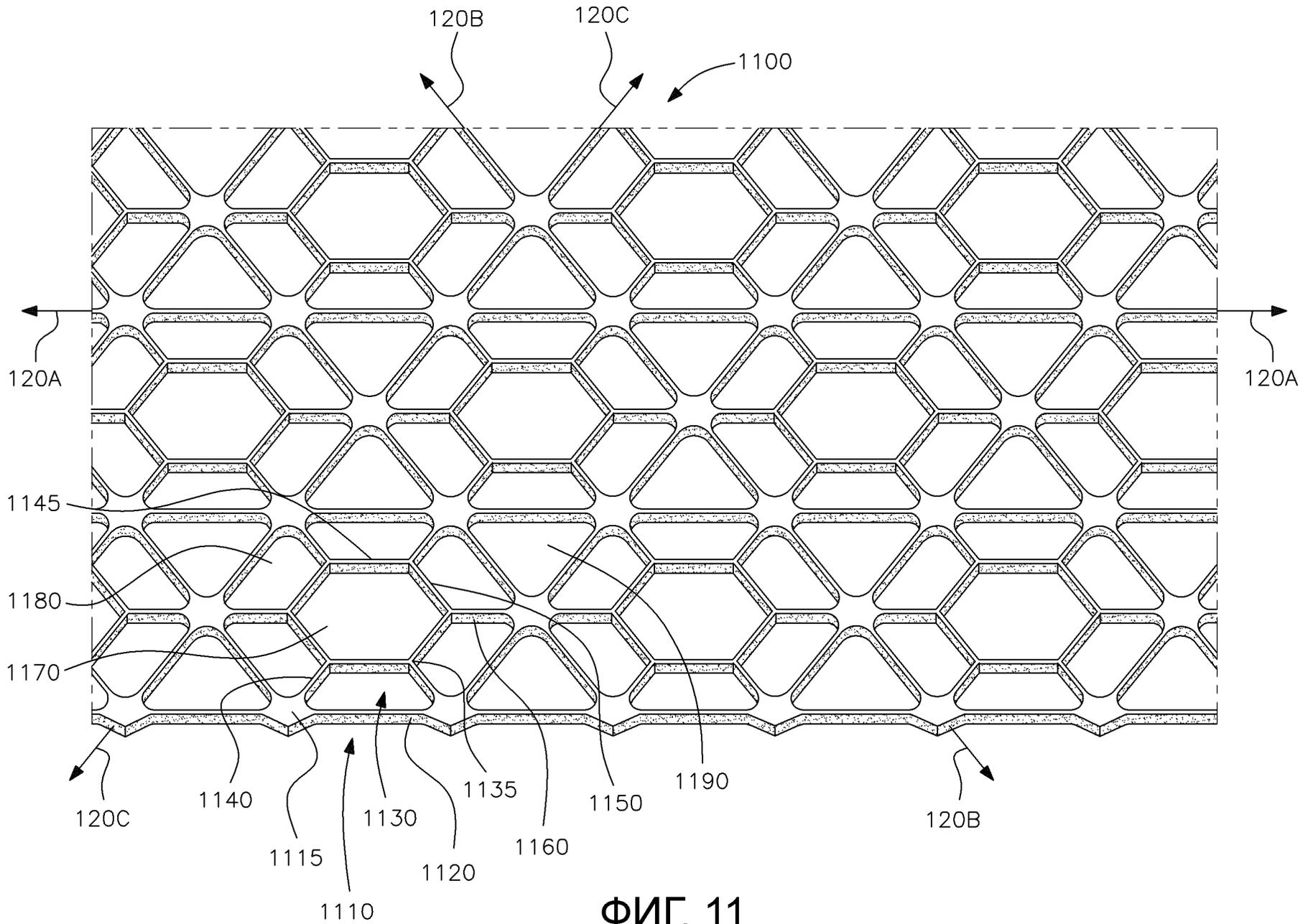
ФИГ. 8



ФИГ. 9

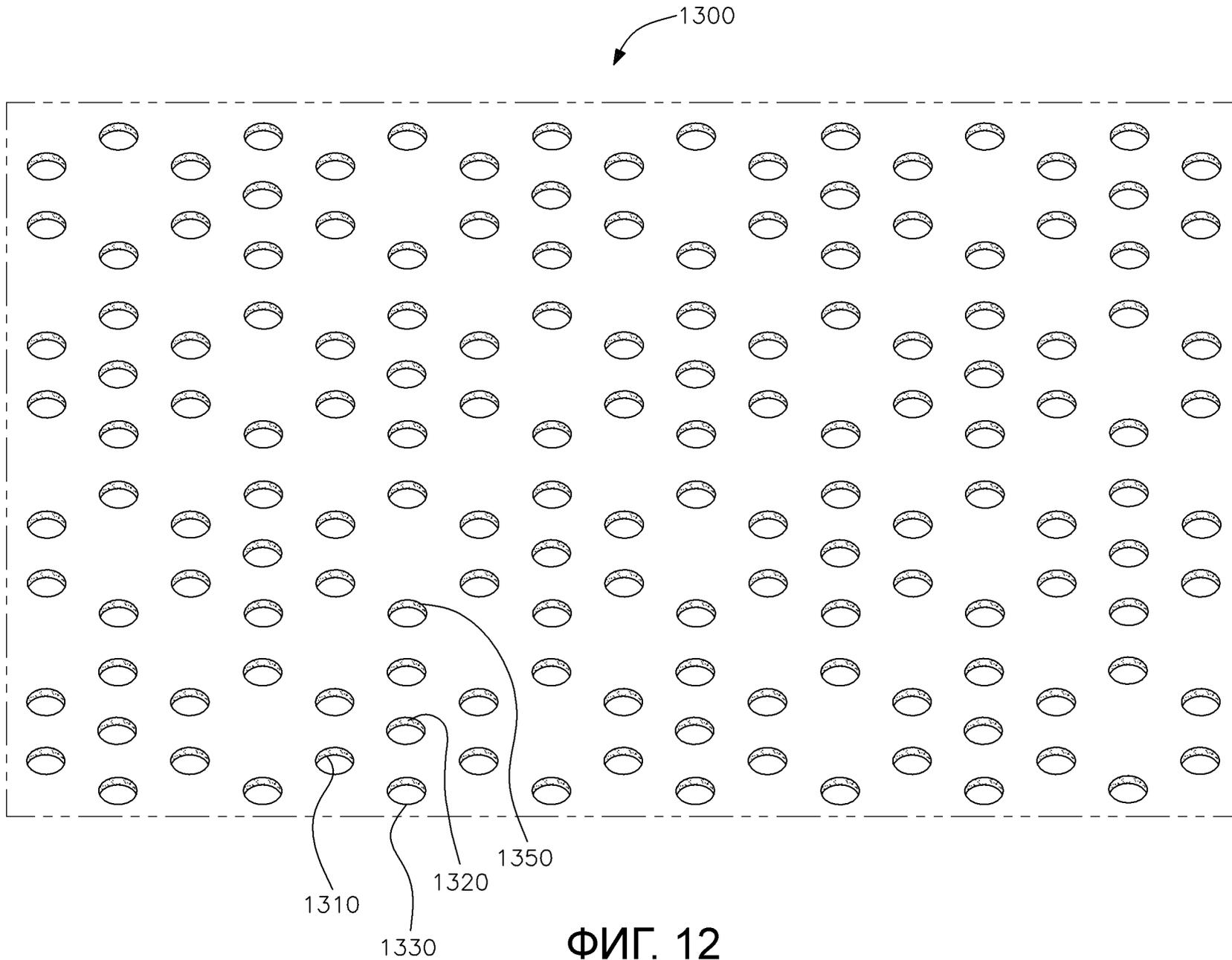


ФИГ. 10

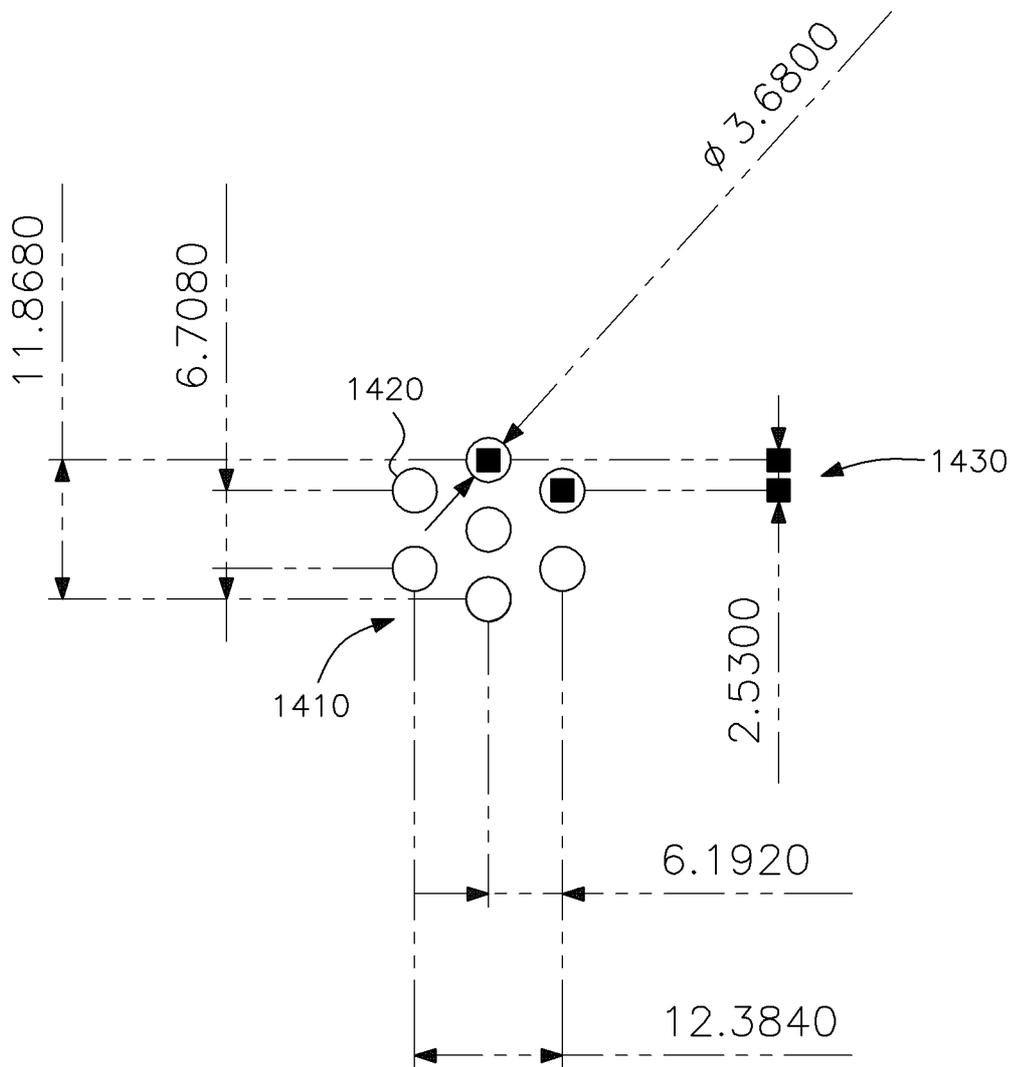


11/17

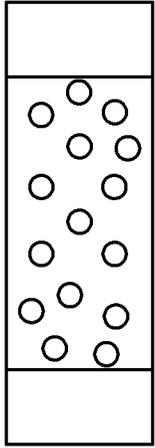
ФИГ. 11



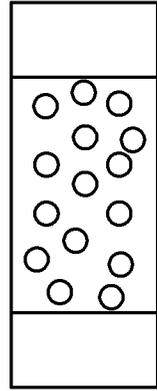
ФИГ. 12



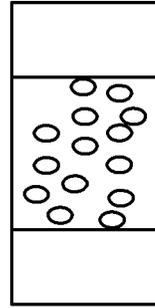
ФИГ. 13



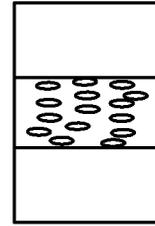
ФИГ. 14А



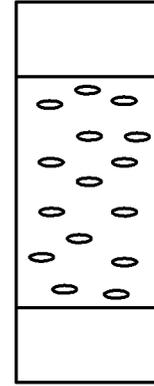
ФИГ. 14В



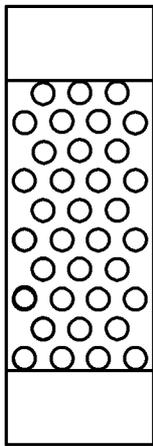
ФИГ. 14С



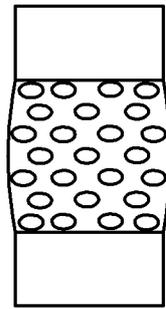
ФИГ. 14D



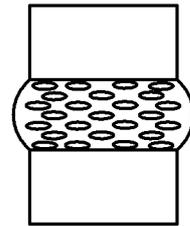
ФИГ. 14Е



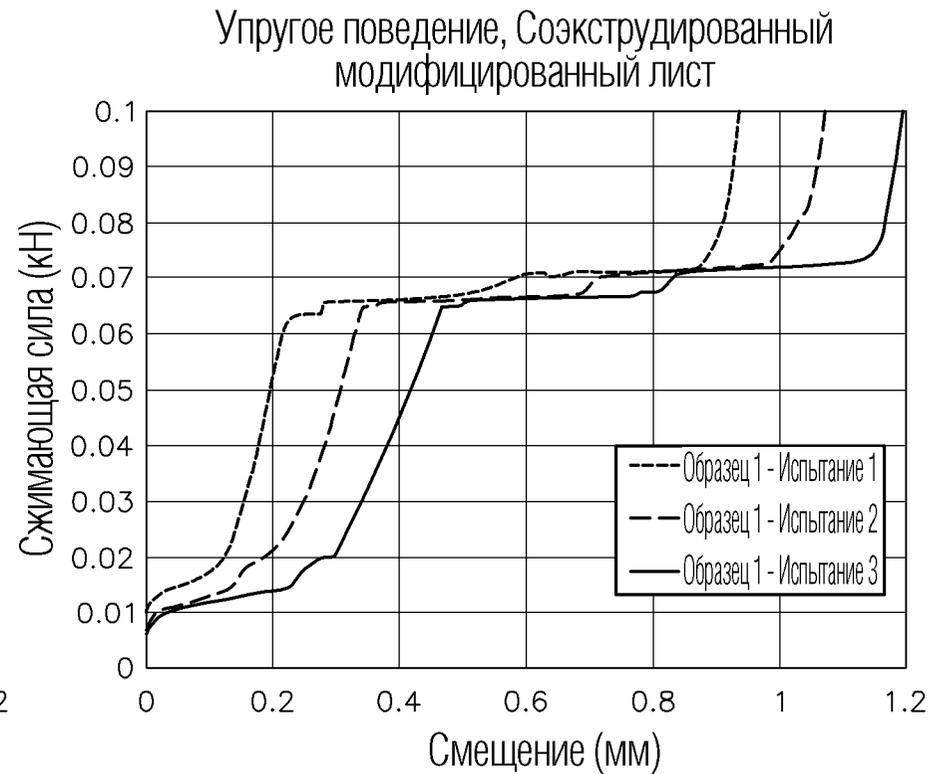
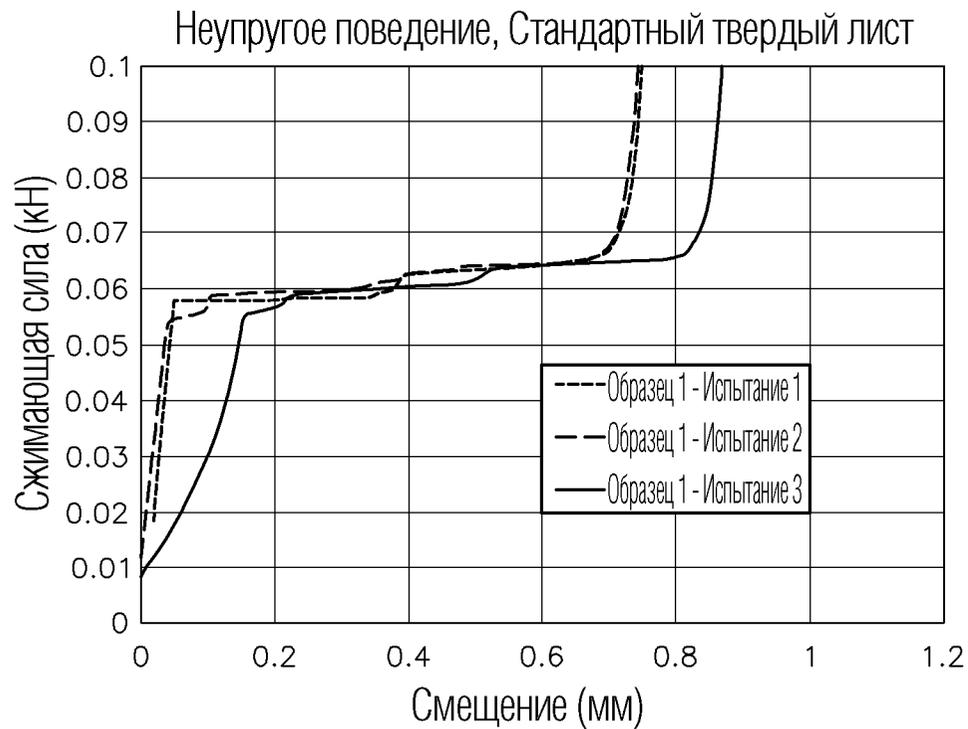
ФИГ. 15А



ФИГ. 15В



ФИГ. 15С



ФИГ. 16

Сравнение технических характеристик изделия с расширенной сердцевинной и однослойного изделия

Образец №	Общая толщина листа (мм)	Структура листа	Геометрия	Удельный вес готового изделия (г/кв.м)	Технические характеристики (мм): измерено по средней поверхностной деформации за последние 500 проходов при мелкомасштабных испытаниях
1	4,15	Монослой ПП	Треугольники	200	61,8
2	4,2	0,5 мм ПП/3,2 мм расширенный ПП/0,5 мм ПП	Треугольники	171	61,6
3	4,55	Монослой ПП	Треугольники	217	46,4
4	6,2	1 мм ПП/4,2 мм расширенный ПП/1 мм ПП	Треугольники	215	37,2

Принцип 1: При использовании методики с расширенной сердцевинной вес изделия может быть уменьшен, при этом все еще достигаются эквивалентные технические характеристики

Пример: Образец № 2 на 14,5% легче образца № 1 при эквивалентных технических характеристиках

Принцип 2: При использовании методики с расширенной сердцевинной при эквивалентном весе конечного изделия могут быть получены более высокие технические характеристики

Пример: Образец № 4 имеет такой же вес, что и образец № 3, но технические характеристики лучше на 19,8%

ФИГ. 17

17/17