

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391411** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2023.08.04(51) Int. Cl. *B29B 17/00* (2006.01)
B29B 17/02 (2006.01)
B29B 17/04 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2021.11.24(54) **КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ И СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

(31) 278953

(72) Изобретатель:

(32) 2020.11.24

**Фелюс Гиль, Сталь Гад, Бигио Як
(Таго) (IL)**

(33) IL

(86) PCT/IL2021/051394

(74) Представитель:

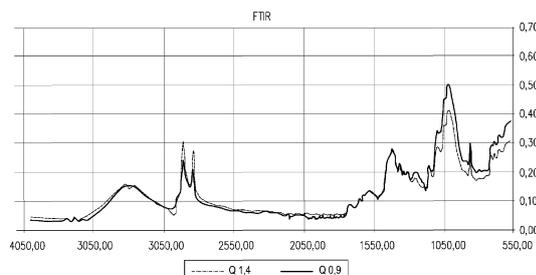
(87) WO 2022/113068 2022.06.02

**Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)**

(71) Заявитель:

Ю.БИ.КБЮ МАТИРИАЛС ЛТД. (IL)

(57) В изобретении предложен композитный материал, содержащий однородную смесь (а) по меньшей мере около 40% мас./мас. непластикового органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит, по меньшей мере, целлюлозу; (b) от около 5% мас./мас. до около 60% мас./мас. пластикового вещества от общей массы указанного композитного материала, причем указанный пластиковый материал содержит множество синтетических термопластичных полимеров; и (с) до 15% мас./мас. неорганического вещества; причем указанный композитный материал содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала; и причем указанный композитный материал характеризуется по меньшей мере одним из следующих свойств: (i) он имеет ударпрочность по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 ч/м; и (ii) образец указанного композитного материала, который подвергали литью под давлением, имеет по меньшей мере одно из следующего: прочность на растяжение по меньшей мере 8 МПа; и прочность на изгиб по меньшей мере 15 МПа. Также предложен способ получения композитного материала, причем способ включает в себя применение неоднородного потребляемого материала, содержащего арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала; и способы получения изделий промышленного производства из композитного материала.

**A1****202391411****202391411****A1**

КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ И СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее описание относится к управлению отходами и, в частности, композитным материалам, полученным из отходов.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Ниже перечислены источники, которые считаются значимыми в качестве уровня техники для описанного в настоящем документе объекта изобретения:

- публикация международной патентной заявки № WO2010/082202
- публикация международной патентной заявки № WO12007949
- патент США № 6,692,544

Подтверждение вышеуказанных ссылок в настоящем документе не следует рассматривать как означающее, что они любым способом относятся к патентоспособности описанного в настоящем документе объекта изобретения.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Только часть образовавшихся коммунально-бытовых отходов фактически перерабатывают в полезные продукты.

В публикации международной патентной заявки № WO2010/082202 описан композитный материал, имеющий термопластичные свойства и содержащий органические вещества и, необязательно, один или оба из неорганических веществ и пластика, которые могут быть получены из отходов, таких как бытовые отходы. Композитный материал обрабатывают для получения полезных изделий. Этот композитный материал можно объединять со вторым компонентом, содержащим по меньшей мере один элемент, выбранный из группы, состоящей из вулканизированного каучука и кордов шины, как описано в WO12007949.

В патенте США № 6,692,544 описано формирование брикетов и гранул из различных типов отходов, включая твердые коммунально-бытовые отходы. Брикеты и гранулы применяют в качестве топлива в процессах переработки отходов в энергию или вывозят на свалки.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Настоящее описание основано на разработке технологии, которая обеспечивает неожиданное и существенное улучшение физических свойств композитного материала, полученного из неоднородных отходов. В частности, технология основана на удалении выбранных типов синтетических полимеров из отходов, как определено ниже в настоящем документе, перед подверганием неоднородных отходов нагреванию и перемешиванию под действием усилий сдвига. Таким образом, технология обеспечивает превосходный композитный материал, способ его получения и применения.

Таким образом, в соответствии с первым из его аспектов в настоящем описании предложен композитный материал, содержащий однородную смесь:

a. по меньшей мере около 40% масс./масс. непластикового органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу; и

b. от около 5% масс./масс. до около 60% масс./масс. пластикового вещества от общей массы указанного композитного материала, причем указанное пластиковое вещество содержит множество синтетических термопластичных полимеров;

c. до 15% масс./масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала; и

причем указанный композитный материал характеризуется по меньшей мере одним из следующих свойств:

- он имеет ударпрочность по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 ч/м; и
- образец указанного композитного материала, который подвергали литью под давлением, имеет по меньшей мере одно из следующего:

прочность на растяжение по меньшей мере 8 МПа; и

прочность на изгиб по меньшей мере 15 МПа.

В некоторых примерах композитный материал характеризуется плотностью, равной или составляющей менее 1,2 г/см³.

В некоторых примерах композитный материал характеризуется ударопрочностью по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 Дж/м.

В некоторых примерах композитный материал характеризуется температурой термогравиметрического анализа (ТГА) выше 200 °С.

В некоторых примерах, когда образец указанного композитного материала подвергали литью под давлением, образец для литья под давлением характеризуется прочностью на растяжение по меньшей мере 10 МПа.

В некоторых примерах, когда образец указанного композитного материала подвергали литью под давлением, образец для литья под давлением характеризуется модулем упругости при растяжении по меньшей мере 1500 МПа.

В некоторых примерах, когда образец указанного композитного материала подвергали литью под давлением, образец для литья под давлением характеризуется модулем упругости при изгибе по меньшей мере 1500 МПа.

В некоторых примерах, когда образец указанного композитного материала подвергали литью под давлением, он имеет прочность на изгиб по меньшей мере 20 МПа; и

В некоторых примерах композитный материал содержит менее 5 мг/г силикатов.

Композитный материал, описанный в настоящем документе, может характеризоваться любой комбинацией двух или более из вышеуказанных элементов, причем каждый элемент и каждая возможная комбинация составляют отдельный вариант осуществления настоящего описания.

Как будет показано в не имеющих ограничительного характера примерах в настоящем документе, в композитном материале содержится исключительно низкое количество арильных синтетических полимеров по сравнению с их количеством в неотсортированных внутренних неоднородных отходах.

В настоящем документе также описаны способы получения композитного материала, описанного в настоящем документе.

В некоторых аспектах способ включает в себя подвергание неоднородного потребляемого материала в виде частиц по меньшей мере одному процессу экструзии при температуре, поддерживаемой в диапазоне 150 °С и 200 °С, с получением таким образом указанного композитного материала;

указанный неоднородный потребляемый материал в виде частиц содержит:

- i. по меньшей мере около 40% масс./масс. непластикового органического вещества от общей массы неоднородных отходов, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу; и
- ii. от около 5% масс./масс. до около 60% масс./масс. пластикового вещества от общей массы указанного композитного материала, причем указанное пластиковое вещество содержит множество синтетических термопластичных полимеров;
- iii. до 15% масс./масс. неорганического вещества от общей массы композитного материала; и

причем указанный неоднородный потребляемый материал содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала.

В некоторых аспектах способ включает в себя подвергание неоднородных отходов в виде частиц по меньшей мере одной стадии разделения, которая включает в себя удаление несовместимых пластиков, включая по меньшей мере арилсодержащие синтетические полимеры из указанных неоднородных отходов в виде частиц, на основе поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) для получения неоднородного потребляемого материала. и подвергание неоднородного потребляемого материала по меньшей мере одному процессу экструзии при температуре, поддерживаемой в пределах диапазона 150 °C и 200 °C, с получением таким образом композитного материала.

В некоторых примерах удаляемые несовместимые типы пластика включают в себя один или более галогенированных полимеров.

В настоящем документе также описаны изделия промышленного производства, содержащие однородную смесь композитного материала, как описано в настоящем документе, и по меньшей мере один полиолефин.

Кроме того, в настоящем документе описаны способы получения изделия промышленного производства, причем способ включает обработку композитного материала, описанного в настоящем документе, вместе с по меньшей мере одним полиолефином, причем указанная обработка включает в себя по меньшей мере одно из экструзии и формования, и

причем указанная обработка обеспечивает однородное смешивание композитного материала с по меньшей мере одним полиолефином.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Для лучшего понимания объекта изобретения, описанного в настоящем документе, и для иллюстрации того, как он может быть реализован на практике, аспекты будут описаны только в качестве не имеющего ограничительного характера примера со ссылкой на прилагаемые графические материалы, в которых:

на **Фиг. 1А–1Б** представлены графики объединенных анализов термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) (ТГ-ДСК), причем на **Фиг. 1А** представлен график ДСК композитного материала, имеющего размер частиц около 1,4 мм («Q 1,4»), от 0 °С до 1500 °С при 50° увеличения каждую одну минуту; на **Фиг. 1Б** представлен график ДСК композитного материала, имеющего размер частиц около 0,9 мм («Q 0,9»), от 0 °С до 1500 °С при увеличении на 50° каждую минуту.

На **Фиг. 2** представлен результат инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье композитных материалов в соответствии с настоящим описанием, включающих в себя композитный материал, имеющий размеры частиц 0,9 мм («Q 0,9»), композитный материал, имеющий размеры частиц 1,4 мм («Q 1,4»)

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Получение пригодных для использования композитных материалов из неоднородных содержащих пластик отходов сталкивается с множеством проблем.

При плавлении разных типов пластика друг с другом они имеют тенденцию к разделению фаз, например масла и воды. Границы фаз вызывают структурное ослабление в полученном композитном материале. Другими словами, полимерные смеси из переработанных неоднородных отходов подходят только для ограниченных вариантов применения. Для преодоления физического ослабления каждый раз при обработке неоднородных пластиковых отходов можно добавлять дополнительные исходные материалы для повышения целостности материала.

Было обнаружено, что некоторые типы пластика нежелательны при получении композитных материалов из неоднородных пластиковых отходов. В частности, теперь стало понятно, что некоторые синтетические типы пластика, такие как поливинилхлорид

(ПВХ) и полиэтилентерефталат (ПЭТ), считаются несовместимыми с другими типами пластика, как правило, переработанными, например полиолефинами.

В некоторых примерах несовместимость может быть определена тем, что они имеют температуру плавления выше температуры плавления перерабатываемых полиолефинов (например, выше 200 °С), и, таким образом, они могут недостаточно расплавляться во время обработки неоднородных отходов и, таким образом, могут вести себя аналогично металлам и/или керамическим веществам в композитном материале. Без ограничений, накладываемых теорией, по-видимому, типы пластика с температурой плавления выше температуры обработки неоднородных отходов нарушают однородность полученного композитного материала, таким образом структурно ослабляя полученный композитный материал. Присутствие таких типов пластика, т. е. имеющих температуру плавления выше температуры, при которой обрабатывают неоднородные отходы, может представлять собой проблему для образования композитных материалов для использования в перерабатывающей промышленности.

В некоторых примерах несовместимость может быть определена типами пластика, которые подвержены высвобождению токсичных летучих веществ во время обработки неоднородных отходов, включая, например, ПВХ.

Другая проблема заключается в присутствии примесей в неоднородных отходах. Авторы настоящего изобретения осознали, что неорганические материалы, такие как металлы и керамики, действуют как примеси, поскольку они не смешиваются/нерастворимы во время обработки неоднородных отходов. Присутствие таких примесей отрицательно влияет на однородность полученного композитного материала. Иногда эти неорганические вещества создают «пустоты» в полученном композитном материале, и эти пустоты могут вызывать структурное ослабление в полученном композитном материале. Иногда присутствие неорганических материалов также повреждает оборудование, используемое для обработки неоднородных отходов и производства пригодных и устойчивых композитных материалов в соответствии с настоящим описанием.

Исходя из понимания, что может быть выгодно удалить несовместимые типы пластика из отходов перед обработкой, в настоящем описании предложен композитный материал и способы его получения из материала неоднородных отходов (таких как коммунально-бытовые отходы), из которых были удалены типы пластика, несовместимые с перерабатываемыми полиолефинами (таким образом, отходы содержат только небольшие

количества, если таковые имеются). Такие обработанные неоднородные отходы можно рассматривать как модифицированные неоднородные отходы. Типы пластика, несовместимые с полиолефинами, будут включать в себя по меньшей мере арилсодержащие синтетические полимеры, такие как полистиролы и ПЭТ, и, необязательно, также галогенированные полимеры, такие как ПВХ. Композитный материал может быть отформован в различные пригодные изделия промышленного производства благодаря термопластичному поведению полученного композитного материала. В свою очередь, неожиданно было обнаружено, что композитные материалы имеют благоприятную прочность.

Таким образом, в настоящем описании предложен композитный материал, содержащий однородную смесь непластикового органического вещества, множество различных типов синтетического пластикового вещества, содержащего множество термопластичных полимеров и неорганических веществ.

В контексте настоящего описания при упоминании *«однородной смеси»* следует понимать, что данный термин охватывает массу, содержащую по существу равномерно распределенное вещество в виде частиц таким образом, что любой поперечный срез вдоль композитного материала будет показывать по существу аналогичный вид вещества внутри непрерывной массы; или иными словами, массу, имеющую по существу равномерное распределение вещества в виде частиц таким образом, что любой поперечный срез вдоль композитного материала показывает по существу аналогичный вид вещества внутри непрерывной массы. Кроме того, при упоминании однородной смеси следует понимать, что она не содержит композитный материал, состоящий из дискретных слоев или дискретных секций различных/различимых материалов или содержащий их.

Композитный материал имеет определенные диапазоны для каждого из этих компонентов (как дополнительно описано ниже) и характеризуется следующим:

- множество термопластичных полимеров в композитном материале содержит не более 10% масс./масс. и предпочтительно меньше типов пластика, которые несовместимы с полиолефинами; и
- типы пластика, несовместимые с полиолефинами, включают по меньшей мере один тип арилсодержащих соединений.

В контексте настоящего описания, и как отмечалось выше, количество арилсодержащих синтетических полимеров (включая один или более типов

арилсодержащих синтетических полимеров), если они присутствуют, составляет менее чем около 10% от общей массы указанного композитного материала. Иногда количество арилсодержащих синтетических полимеров составляет менее чем около 9% масс./масс.; иногда менее чем около 8% масс./масс.; иногда менее чем около 7% масс./масс.; иногда менее чем около 6% масс./масс.; иногда менее чем около 5% масс./масс.; иногда менее чем около 4% масс./масс.; иногда менее чем около 3% масс./масс.; иногда менее чем около 2% масс./масс.; иногда менее чем около 1% масс./масс.

В некоторых примерах полимеры, несовместимые с полиолефином, также содержат один или более галогенированных полимеров. В некоторых примерах количество галогенированных полимеров, если они присутствуют в композитном материале, составляет менее чем около 1% масс./масс. от общей массы указанного композитного материала.

В некоторых примерах композитный материал, описанный в настоящем документе, имеет плотность, равную или составляющую менее 1,2 г/см³.

В некоторых примерах композитный материал, описанный в настоящем документе, имеет ударпрочность по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 Дж/м.

В некоторых примерах композитный материал имеет температуру термогравиметрического анализа (ТГА) выше 200 °С.

В некоторых примерах композитный материал содержит менее 5 мг/г силикатов.

В некоторых примерах образец указанного композитного материала, который был подвергнут литью под давлением, имеет по меньшей мере одно из следующего:

- прочность на растяжение по меньшей мере 8 МПа;
- модуль упругости при растяжении по меньшей мере 1500 МПа;
- модуль упругости при изгибе по меньшей мере 1500 МПа;
- прочность на изгиб по меньшей мере 15 МПа.

Композитный материал, описанный в настоящем документе, может характеризоваться любой комбинацией вышеуказанных элементов, включая один, два, три, четыре или более вышеуказанных элементов, причем каждая комбинация представляет собой отдельный вариант осуществления настоящего описания.

В некоторых примерах композитный материал характеризуется ударпрочностью по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 Дж/м, и прочностью на растяжение по меньшей мере

8 МПа, и прочностью на изгиб по меньшей мере 15 МПа, когда прочность на растяжение и прочность на изгиб определяются на полученном литьем под давлением образце композитного материала.

Как описано выше, композитный материал содержит непластиковое органическое вещество. Непластиковое органическое вещество присутствует в количестве по меньшей мере около 40% масс./масс. от общей массы композитного материала. В некоторых примерах непластиковое органическое вещество присутствует в количестве по меньшей мере около 45%, иногда по меньшей мере около 50%, иногда по меньшей мере около 55%, иногда по меньшей мере около 60%, иногда по меньшей мере около 65%, иногда по меньшей мере около 70%, иногда по меньшей мере около 75%, иногда по меньшей мере около 80%, иногда по меньшей мере около 85%, иногда по меньшей мере около 90%, иногда в количестве около 95%.

В некоторых примерах количество непластикового органического вещества может находиться в пределах любого диапазона между вышеуказанным нижним и верхним пределами. Например, непластиковое органическое вещество может находиться в любом диапазоне в пределах диапазона от около 40% до 95%, например от около 40% до 90% или от около 50% до 85% или от около 65% до 90% и т. д.

Это непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу. В некоторых примерах органическое вещество может дополнительно содержать гемицеллюлозу и/или лигнин.

В контексте настоящего описания следует понимать, что при упоминании целлюлозы она включает любую молекулу, содержащую целлюлозу, включая модифицированную целлюлозу, такую как бумага, картон, овощи и растения, все из которых обычно встречаются в коммунально-бытовых отходах.

Присутствие и количество целлюлозы в композитном материале можно определить с использованием способов термического анализа, включая дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК, позволяет определить содержание синтетических полимеров) и термогравиметрический анализ (ТГА, позволяет определять содержание лигноцеллюлозы и содержание неорганического вещества).

Как описано выше, композитный материал содержит пластиковое вещество. Пластиковое вещество содержит множество синтетических термопластичных полимеров и, необязательно, терморезистивных полимеров.

Пластиковый материал присутствует в количестве по меньшей мере около 5% масс./масс. от общей массы композитного материала, иногда в количестве по меньшей мере около 6%, иногда в количестве по меньшей мере около 7%, иногда в количестве по меньшей мере около 8%, иногда в количестве по меньшей мере около 9%, иногда в количестве по меньшей мере около 10%, иногда в количестве по меньшей мере около 11%, иногда в количестве по меньшей мере около 15%, иногда в количестве по меньшей мере около 20%, иногда в количестве по меньшей мере около 25%, иногда в количестве по меньшей мере около 30%, иногда в количестве по меньшей мере около 35%.

Пластиковый материал присутствует в количестве до около 60% масс./масс. от общей массы композитного материала, иногда в количестве до около 55%, иногда в количестве до около 40%, иногда в количестве до около 35%, иногда в количестве до около 30%, иногда в количестве до около 25%, иногда в количестве до около 20%, иногда в количестве до около 15%, иногда в количестве до около 12%.

В некоторых примерах количество пластикового вещества может находиться в пределах любого диапазона между вышеуказанным нижним и верхним пределами. Например, пластиковый материал может находиться в любом диапазоне в пределах диапазона от около 5% до 60%, например от около 8% до 50%, от около 5% до 30%, от около 8% до 30%, или от около 10% до 40%, или от около 10% до 30%, или от около 5% до 15% и т. д.

Пластиковый материал в композитном материале является неоднородным. В этом контексте следует понимать, что пластиковый материал не может состоять только из исходных типов пластика или типов пластика с аналогичными свойствами, например только одного или более полиолефинов. Таким образом, в контексте настоящего описания следует понимать, что пластиковый материал содержит один или более полиолефинов, а также по меньшей мере один другой неолефиновый полимер.

В некоторых примерах неолефиновый полимер не содержит или содержит только менее 10% или даже менее 5% арилсодержащих соединений (т. е. арилсодержащих синтетических полимеров).

В некоторых примерах неолефиновый полимер не содержит или содержит только менее 1% галогенированного полимера (полимеров), в частности не содержит или содержит только менее 1% ПВХ.

В некоторых примерах композитный материал содержит менее 10% масс./масс. полимеров, имеющих диапазон температур плавления по меньшей мере 200 °С или выше. Иногда композитный материал содержит менее 9% масс./масс. или менее 8% масс./масс.; или менее 7% масс./масс., или менее 6% масс./масс., или менее 5% масс./масс., или менее 4% масс./масс., или менее 3% масс./масс., или даже менее 2% масс./масс. полимеров, имеющих диапазон температур плавления по меньшей мере 200 °С или выше.

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефинов (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит полиакрилонитрилы.

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит полибутADIены.

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит поликарбонаты.

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит полиамиды (ПА).

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит сополимеры этилена и винилового спирта (EVOH).

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит полиуретан (ПУ).

В некоторых примерах пластиковое вещество в композитном материале, отличное от полиолефина (т. е. неполиолефиновый полимер), содержит полиэтилентерефталат (ПЭТ), но, как отмечалось выше, ПЭТ присутствует в количестве менее 10% масс./масс.; или менее 9% масс./масс.; или менее 8% масс./масс.; или менее 7% масс./масс.; или менее 6% масс./масс.; или менее 5% масс./масс.; или менее 4% масс./масс.; или менее 3% масс./масс. или даже менее 2% масс./масс.

В некоторых примерах пластиковое вещество содержит по меньшей мере два типа полиолефинов. В качестве примеров, полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полипропилен (ПП).

Композитный материал содержит неоднородную смесь типов пластика, включая таким образом по меньшей мере один полиолефин и по меньшей мере одно из

неолефиновых соединений. Предпочтительно композитный материал содержит множество (более 2) полиолефиновых типов пластика и множество (более 2) неполиолефинов.

В некоторых примерах пластиковое вещество содержит термореактивные вещества, хотя это может составлять небольшую часть композитного материала. В некоторых примерах пластиковое вещество содержит до 1% термореактивных материалов. Некоторые не имеющие ограничительного характера примеры термореактивных материалов, которые могут присутствовать в композитном материале, включают в себя вулканизированную резину, термопластичные полимеры вулканизированные (ТПВ) и/или полиуретаны (ПУ).

Как описано выше, композитный материал может содержать неорганическое вещество. Неорганическое вещество присутствует в количестве до около 15% масс./масс., иногда в количестве до около 10%; иногда в количестве до 9%; иногда в количестве до 8%; иногда в количестве до 7%; иногда в количестве до 6%; иногда в количестве до 5%; иногда в количестве до около 4%, 3%, 2% или даже 1%.

В некоторых примерах количество неорганического вещества может находиться в пределах любого диапазона между вышеуказанными нижним и верхним пределами. Например, неорганическое вещество может находиться в любом диапазоне в пределах диапазона от около 1% до 15%, например от около 5% до 10%, или от около 1% до 10%, или от около 3% до 8% и т. д.

В некоторых примерах неорганическое вещество внутри композитного материала относится к материалу, который обычно существует в коммунально-бытовых, бытовых и/или промышленных отходах. Это включает в себя, без ограничений, песок, камни, стекло, керамические и другие минеральные вещества, а также металлы, включая, например, алюминий, железо, медь.

В некоторых примерах неорганическое вещество содержит силикаты в количестве, дополнительно описанном ниже.

В контексте настоящего описания упоминание композитного материала, в котором отсутствует обнаруживаемое количество конкретного синтетического пластика или имеющего количество, которое меньше определенного диапазона, следует понимать как определение, выполненное с использованием традиционных аналитических методов.

В одном примере композитный материал может характеризоваться отсутствием обнаруживаемого количества или незначительным количеством галогенированных полимеров.

В некоторых примерах композитный материал может характеризоваться отсутствием обнаруживаемого количества или незначительным количеством (менее чем около 10% масс./масс. или менее 9% масс./масс.; или менее 8% масс./масс.; или менее 7% масс./масс.; или менее 6% масс./масс.; или менее 5% масс./масс.; или менее 4% масс./масс.; или менее 3% масс./масс.; или менее 2% масс./масс.;) арилсодержащих синтетических полимеров. Присутствие (в незначительном количестве) или отсутствие обнаруживаемого количества арилсодержащих синтетических полимеров в композитном материале можно определить с использованием технологии NIR, такой как система, описанная в настоящем документе.

В контексте настоящего описания упоминание «*арилсодержащих синтетических полимеров*» или «*арилсодержащих соединений*» следует понимать как относящееся к высокомолекулярным соединениям, включая предпочтительно полимеры, содержащие арилсодержащую органическую группу в качестве мономерного звена полимера.

В некоторых примерах арильная группа арилсодержащего органического соединения содержит фенильную группу.

В некоторых других примерах арильная группа арилсодержащего органического соединения содержит стирольную группу.

В предпочтительных примерах арилсодержащее органическое соединение содержит полимер, такой как, без ограничений, полистирол, высокопрочный полистирол (УППС), акрилонитрилбутадиенстирол (АБС), полиэтилентерефталат (ПЭТ), причем каждый пример считается независимым аспектом настоящего описания.

В некоторых примерах арилсодержащие синтетические полимеры содержат полистирол или представляют собой полистирол.

В некоторых примерах арилсодержащие синтетические полимеры содержат по меньшей мере ПЭТ.

Как будет показано в не имеющих ограничительного характера примерах, после обработки NIR отходы содержат в два раза меньше ПЭТ, чем в отсутствие обработки NIR.

В некоторых примерах обработку NIR используют для удаления также галогенированных полимеров. В контексте настоящего изобретения термин «галогенированные полимеры» охватывает любой синтетический пластиковый полимер, такой как ПВХ и фторпроизводный фторированный этилен пропилен (ФЭП). В частности, композитный материал может характеризоваться отсутствием обнаруживаемого количества

или незначительным количеством ПВХ. Присутствие или отсутствие галогенированного полимера и, в частности, ПВХ в композитном материале можно обнаружить с использованием технологий ближнего инфракрасного диапазона (NIR). В некоторых примерах галогенированные полимеры и конкретно ПВХ обнаруживают с использованием системы NIR, такой как SESOTEC MN 1024, как дополнительно описано ниже в разделе примеров, что составляет неотъемлемую часть настоящего описания.

В некоторых примерах было показано, что композитный материал, описанный в настоящем документе, имеет одну или любую комбинацию преимущественных физических характеристик, причем они включают, *среди прочего*, плотность, ударопрочность по Изоду с надрезом, уникальный профиль термогравиметрии (ТГА), прочность на растяжение, модуль упругости при растяжении, модуль упругости при изгибе и прочность на изгиб.

В некоторых примерах композитный материал определяется наличием конкретного уровня плотности. В контексте настоящего описания при упоминании плотности следует понимать, что плотность композитного материала равна или составляет менее 1,2 г/см². Без ограничений, накладываемых теорией, эта плотность может быть результатом ограничения и/или удаления количества неорганических веществ (металла, стекла, оксида кремния и т. д.). Как будет показано в не имеющих ограничительного характера примерах, описанная технология обеспечивала более легкий композитный материал по сравнению с WO2010/082202, что считается коммерческим преимуществом (например, с точки зрения затрат на единицу объема).

Плотность может быть определена с использованием плотности ISO1183-1 (процедура ASTM D792), как дополнительно описано ниже в связи с примерами, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания.

В некоторых других примерах композитный материал определяют по его ударопрочности по Изоду с надрезом. В контексте настоящего описания при упоминании ударопрочности по Изоду с надрезом композитного материала, описанного в настоящем документе, следует понимать, что она составляет по меньшей мере 15 Дж/м.

Без ограничений, ударопрочность по Изоду с надрезом, которая представляет собой измерение сопротивления композитного материала для воздействия со стороны качающегося маятника, может быть определена с использованием ASTM D256 (ISO180), как дополнительно описано ниже в связи с примерами, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания.

В некоторых примерах ударопрочность по Изоду с надрезом композитного материала составляет по меньшей мере 16 Дж/м, иногда по меньшей мере 17 Дж/м, иногда по меньшей мере 18 Дж/м, иногда по меньшей мере 19 Дж/м, иногда по меньшей мере 20 Дж/м, иногда по меньшей мере 21 Дж/м, иногда по меньшей мере 22 Дж/м, иногда по меньшей мере 23 Дж/м, иногда по меньшей мере 24 Дж/м, иногда по меньшей мере 25 Дж/м, иногда по меньшей мере 26 Дж/м.

В некоторых примерах ударопрочность по Изоду с надрезом находится в пределах диапазона 15 Дж/м и 50 Дж/м, иногда в пределах диапазона 20 Дж/м и 40 Дж/м, иногда в пределах диапазона 20 Дж/м и 35 Дж/м; иногда в пределах диапазона 18 Дж/м и 40 Дж/м; иногда в пределах диапазона 15 Дж/м и 35 Дж/м.

В некоторых примерах композитный материал характеризуется уникальным анализом термогравиметрии (ТГА) с потерей массы более 5% при температуре выше 200 °С; иногда при температуре выше 210 °С; иногда при температуре выше 215 °С. Как следует понимать, ТГА измеряет потерю массы в зависимости от температуры. Потеря 5% означает начало разложения. Было обнаружено, что композитный материал, описанный в настоящем документе, является более стабильным, чем композитные материалы, полученные из отходов, такие как описанные в WO2010/082202 («эталонный композитный материал»), где верхний предел температуры составлял <200 °С. Как следует понимать, чем выше температура, при которой потеря массы составляет более 5%, тем стабильнее материал (что означает, что достигается более широкий диапазон температур обработки). Например, в не имеющих ограничительного характера примерах, представленных в настоящем документе, показано, что два образца композитного материала, описанные в настоящем документе (Q 0,9 и Q 1,4), имеют температуру ТГА выше 210 °С (218 °С и 224 °С соответственно), что выше температуры эталонного композитного материала, составляющей 170 °С.

ТГА может быть обеспечен с использованием *термогравиметрии* – *дифференциальной сканирующей калориметрии*, как описано ниже в разделе примеров, составляющем неотъемлемую часть настоящего описания.

Как правило и как понимают специалисты в данной области, ТГА использует тепло для запуска реакций и физических изменений в материалах. ТГА обеспечивает количественное измерение массового изменения в материалах, связанного с переходом и термическим разложением. Записи ТГА показывают изменение массы в результате дегидратации, разложения и окисления образца со временем и температурой.

Характеристические термогравиметрические кривые приведены для конкретных материалов и химических соединений ввиду уникальной последовательности физико-химических реакций, происходящих в конкретных диапазонах температур и при конкретных скоростях нагрева. Эти уникальные характеристики связаны с молекулярной структурой образца. ДСК представляет собой метод термического анализа, в котором поток тепла, поступающий в образец или из него, измеряют как функцию температуры или времени, в то время как образец подвергается контролируемой температурной программе. Это позволяет оценивать свойства материала, такие как температура стеклования, плавление, кристаллизация, удельная теплоемкость, процесс отверждения, чистота, режим окисления и термостабильность.

Композитный материал также может быть охарактеризован, в соответствии с некоторыми примерами, с помощью свойств растяжения, определенных по введенному формованному образцу, полученному из него. Например, образец для определения физических свойств композитного материала может быть получен путем подвергания количества композитного материала условиям литья под давлением. Получение образца для литья под давлением может включать в себя слияние при 170–180 °С и 350 об/мин посредством экструдера, гранулирования экструдата в гранулы по существу равномерного размера и литья под давлением гранул с помощью устройства для литья под давлением при 170–180 °С для получения испытываемых образцов. Испытываемые образцы кондиционировали в течение по меньшей мере 48 часов при 23±2 °С.

Измерения свойств растяжения образца, полученного путем литья под давлением, можно обеспечить с использованием ISO521–2:19 96. В соответствии с ISO521-2 можно использовать образец типа 1А со скоростью испытания 50 мм/мин; образец, имеющий следующие размеры: общая длина ≥ 150 –200 мм, длина узкой части с параллельными сторонами = 80±2 мм, радиус 20–25 мм, расстояние между широкими частями с параллельными сторонами 104–113 мм, ширина на концах = 20±0,2 мм, ширина в узкой части 10±0,2 мм, предпочтительная толщина 4±0,2 мм, расчетная длина 50±0,5 мм и начальное расстояние между зажимами = 115±1 мм.

В соответствии с некоторыми примерами композитный материал может характеризоваться прочностью на растяжение по меньшей мере 8 МПа.

В некоторых дополнительных примерах прочность на растяжение полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет по меньшей мере

9 МПа, иногда по меньшей мере 10 МПа, иногда по меньшей мере 11 МПа, иногда по меньшей мере 12 МПа, иногда по меньшей мере около 13 МПа.

В некоторых дополнительных примерах прочность на растяжение полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет не более 25 МПа, не более 22 МПа, не более 20 МПа.

В некоторых примерах модуль упругости при растяжении полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет по меньшей мере 1500 МПа, иногда по меньшей мере 1600 МПа, иногда по меньшей мере 1700 МПа, иногда по меньшей мере 1800 МПа, иногда по меньшей мере 1900 МПа, иногда по меньшей мере 2000 МПа, иногда по меньшей мере 2100 МПа.

В некоторых примерах модуль упругости при растяжении полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет не более 3000 МПа.

Композитный материал также может характеризоваться свойствами изгиба. Свойства изгиба могут быть определены в соответствии с ISO178. В соответствии с ISO 178 размеры образцов представляли собой следующее: длина = 80 ± 2 мм ширина = $10 \pm 0,2$ мм толщина = $4 \pm 0,2$ мм. Кроме того, в соответствии с ISO 178, скорость испытания составляла 5 мм/мин. Как правило, результаты испытаний представляли собой среднее значение по меньшей мере 5 измерений образцов, как дополнительно описано ниже.

В некоторых примерах модуль упругости при изгибе полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет по меньшей мере 1500 МПа, иногда по меньшей мере 1600 МПа, иногда по меньшей мере 1700 МПа, иногда по меньшей мере 1800 МПа, иногда по меньшей мере 1900 МПа, иногда по меньшей мере 2000 МПа, иногда по меньшей мере на 2100 МПа, иногда по меньшей мере 2200 МПа, иногда по меньшей мере 2300 МПа, иногда по меньшей мере 2400 МПа, иногда по меньшей мере на 2500 МПа, иногда по меньшей мере 2600 МПа, иногда по меньшей мере 2700 МПа.

В некоторых примерах модуль упругости при изгибе полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет не более 7000 МПа, иногда не более 6000 МПа, иногда не более 5000 МПа; иногда не более 4000 МПа; иногда не более 3000 МПа.

В некоторых примерах прочность на изгиб полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет по меньшей мере 15 МПа, по меньшей мере 16 МПа, иногда по меньшей мере 17 МПа, иногда по меньшей мере 18 МПа, иногда по

меньшей мере 19 МПа, иногда по меньшей мере 20 МПа, иногда по меньшей мере 21 МПа, иногда по меньшей мере 22 МПа, иногда по меньшей мере 23 МПа, иногда по меньшей мере 24 МПа.

В некоторых примерах прочность на изгиб полученного путем литья под давлением образца композитного материала составляет не более 50 МПа; иногда не более 40 МПа; иногда не более 30 МПа.

Без ограничений, прочность на изгиб определяли в соответствии с ISO 178. В соответствии с ISO 178 получают образцы со следующими размерами: длина = 80 ± 2 мм ширина = $10 \pm 0,2$ толщина = $4 \pm 0,2$ мм. Условия испытаний включают в себя скорость испытаний 5 мм/мин. В приведенных ниже примерах по меньшей мере 5 образцов испытывали с помощью устройства Tinius Olsen H10КТ. Результаты испытаний представляли собой среднее значение этих измерений.

Композитный материал, описанный в настоящем документе, также может характеризоваться количеством силикатов. В соответствии с некоторыми примерами количество силиката составляет менее 10 мг/г. Количество силикатов, а также других неорганических элементов можно определить с использованием атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES), подробные сведения о чем приведены в настоящем документе ниже в примерах, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания.

В некоторых примерах количество оксида кремния в композитном материале составляет не более 7 мг/г, иногда не более 6 мг/г, иногда не более 5 мг/г, иногда не более 4 мг/г, иногда не более 3 мг/г, иногда не более 2 мг/г, иногда не более 1 мг/г.

В некоторых примерах композитный материал не содержит обнаруживаемого количества оксида кремния. Иногда композитный материал содержит от 0,1 до 5 мг/г оксида кремния, иногда от 1 мг/г до 10 мг/г оксида кремния; иногда от 5 мг/г до 10 мг/г оксида кремния; иногда от 0,5 мг/г до 2 мг/г, иногда в любом диапазоне от 1 мг/г до 10 мг/г.

В некоторых примерах композитный материал может характеризоваться его поверхностной энергией, которую определяют в соответствии с ASTM D2578–84, с использованием общеизвестных и коммерчески доступных испытательных ручек дин. В некоторых примерах поверхностная энергия составляет более 35 дин/см; иногда около 36 дин/см. Иногда поверхностная энергия составляет от 35 до 40 дин/см.

Композитный материал также может характеризоваться его огнестойкостью или воспламеняемостью, как определяется его ограниченным кислородным индексом (LOI) ISO 4589-2:2017. В некоторых примерах композитный материал по определению LOI составляет до 21,5%. Для сравнения LOI ПЭ или ПП равен 17, что означает, что эти полимеры являются более воспламеняемыми.

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием вещества ДНК, обнаруживаемого с помощью раствора хлорформа:изоамилового спирта (24:1) (CTAB) в традиционном протоколе экстракции ДНК, как, например, описано в Yi, S., Jin, W., Yuan, Y. и Fang, Y. (2018). An Optimized CTAB Method for Genomic DNA Extraction from Freshly-picked Pinnae of Fern, *Adiantum capillus-veneris* L. *Bio-protocol* 8(13): e2906. DOI: 10.21769/BioProtoc.2906 (см. также примеры, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания).

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием хлорофилла, обнаруживаемого с использованием обычных протоколов, таких как описанные Yi, S., Jin, W., Yuan, Y. and Fang, Y. (2018). An Optimized CTAB Method for Genomic DNA Extraction from Freshly-picked Pinnae of Fern, *Adiantum capillus-veneris* L. *Bio-protocol* 8(13): e2906. DOI: 10.21769/BioProtoc.2906 (см. также примеры, которые составляют неотъемлемую часть настоящего описания).

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием не более 1,5 мг/г материала железа (Fe), как определено с использованием ICP-AES, как описано в настоящем документе.

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием не более 5 мг/г натрия (Na), иногда даже не более 4 мг/г, или даже не более 3 мг/г, или даже не более 2 мг/г, как определено с использованием ICP-AES, как описано в настоящем документе.

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием не более 5 мг/г Al; иногда даже не более 4 мг/г, как определено с использованием ICP-AES, как описано в настоящем документе.

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием не более 5 мг/г калия; иногда не более 4 мг/г; иногда даже не более 3 мг/г или даже не более 2,5 мг/г, как определено с использованием ICP-AES, как описано в настоящем документе.

Композитный материал по настоящему описанию также может характеризоваться присутствием не более 5 мг/г магния (Mg); иногда не более 4 мг/г; иногда даже не более 3 мг/г или даже не более 2,5 мг/г, как определено с использованием ICP-AES, как описано в настоящем документе.

Композитный материал может быть получен из неоднородных отходов. В контексте настоящего описания упоминание «*неоднородных отходов*» следует понимать как материал, содержащий комбинацию неоднородной смеси синтетического пластикового вещества, непластикового органического вещества, содержащего по меньшей мере целлюлозу и неорганическое вещество.

Для получения композитного материала, описанного в настоящем документе, смесь синтетического пластикового вещества содержит множество полимеров, и причем множество полимеров содержит менее 10% масс./масс. арилсодержащих синтетических полимеров.

В некоторых примерах смесь синтетических полимеров (1) не содержит обнаруживаемое количество типов пластика, которые несовместимы с полиолефинами, или содержит незначительное количество (т. е. менее 10% масс./масс.) типов пластика, несовместимых с полиолефинами; и/или (2) не содержит обнаруживаемое количество галогенированных полимеров, таких как поливинилхлорид (ПВХ), или содержит незначительное количество галогенированных полимеров, таких как ПВХ, причем незначительное количество представляет собой количество, которое составляет менее чем около 1% масс./масс. от общей массы указанного композитного материала, и/или (3) не содержит обнаруживаемое количество арилсодержащих синтетических полимеров или содержит незначительное количество арилсодержащих синтетических полимеров, причем незначительное количество представляет собой количество, которое составляет менее чем около 10%, как определено выше в настоящем документе, и предпочтительно менее 5% масс./масс. или даже предпочтительно менее 4% масс./масс. Неоднородные отходы, содержащие смесь синтетического пластикового вещества, включая незначительные количества или даже не содержащие обнаруживаемые количества несовместимых типов пластика, определенных выше, в настоящем документе называются неоднородным потребляемым материалом.

Неоднородные отходы до удаления типов пластика, несовместимых с полиолефинами (предпочтительно ПЭТ), могут быть получены из коммунально-бытовых, промышленных и/или бытовых отходов. Затем эти неоднородные отходы подвергают

процессу сортировки для обеспечения неоднородного потребляемого материала, содержащего множество неоднородного пластикового вещества, непластикового органического вещества и неорганического вещества, но содержащего менее 10% арилсодержащих синтетических полимеров (например, ПЭТ), как описано выше.

Неоднородный потребляемый материал преобразуют в частицы с образованием неоднородного потребляемого материала в виде частиц и затем обрабатывают с образованием продукта. Продукт может представлять собой ингредиент для получения изделий промышленного производства или продукт представляет собой конечный продукт, т. е. пригодное для использования изделие промышленного производства.

Таким образом, в настоящем описании тем самым предложен способ получения композитного материала из неоднородного потребляемого материала в соответствии с настоящим описанием, из которого можно получить пригодные для использования изделия промышленного производства, причем потребляемый материал содержит:

- i. по меньшей мере 40% масс./масс. непластикового органического вещества от общей массы неоднородного потребляемого материала, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу;
- ii. от около 5% масс./масс. пластикового вещества до около 60% масс./масс. пластикового вещества от общей массы указанного неоднородного потребляемого материала, причем указанное пластиковое вещество содержит множество термопластичных полимеров; и
- iii. до 15% неорганического вещества от общей массы неоднородного потребляемого материала.

В одном примере способ, описанный в настоящем документе, включает в себя подвергание неоднородного потребляемого материала, как определено выше, по меньшей мере одному процессу экструзии в условиях, которые включают внутреннюю (рабочую) температуру от около 150 °С до около 200 °С с получением таким образом указанного композитного материала;

причем множество термопластичных полимеров содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% масс./масс. от общей массы композитного материала; иногда даже менее 9% масс./масс.; иногда даже менее 8%

масс./масс.; иногда даже менее 7% масс./масс.; иногда даже менее 6% масс./масс.; иногда даже менее 5% масс./масс. от общей массы композитного материала.

В некоторых примерах композитный материал содержит менее 10% масс./масс. типов пластика, несовместимых с полиолефинами, причем максимальное количество 10% масс./масс. включает в себя по меньшей мере ПЭТ.

Неоднородный потребляемый материал преобразуют в частицы до экструзии или подачи в экструдер с образованием частиц.

В некоторых примерах по меньшей мере один способ экструзии также включает в себя время удерживания внутри экструдера по меньшей мере 4 мин, иногда по меньшей мере 5 мин, предпочтительно иногда по меньшей мере 5,5 мин. Это время удерживания особенно актуально, когда экструдер представляет собой одношнековый экструдер. В этом случае следует отметить, что при использовании двухшнекового экструдера можно применять более короткое время удерживания. Все же одношнековый экструдер и продленное (выше 4 мин) время удерживания являются предпочтительными.

В еще другом примере неоднородный потребляемый материал в виде частиц, подвергаемый по меньшей мере одному процессу экструзии, содержит множество термопластичных полимеров, которые содержат незначительное количество арилсодержащих синтетических полимеров, таких как полистирол, причем незначительное количество составляет менее чем около 10%; иногда менее чем около 9%; иногда менее чем около 8%; иногда менее чем около 7%; иногда менее чем около 6%; иногда менее чем около 5%; иногда менее чем около 4%; иногда менее чем около 3%.

В некоторых примерах неоднородный потребляемый материал в виде частиц, подвергаемый по меньшей мере одному процессу экструзии, содержит множество термопластичных полимеров, которые содержат незначительное количество галогенированных полимеров, таких как поливинилхлорид (ПВХ), причем незначительное количество представляет собой количество, которое составляет менее чем около 1% масс./масс. от общей массы указанного композитного материала.

В еще одном примере описанный в настоящем документе способ включает в себя подвергание неоднородного потребляемого материала в виде частиц стадии разделения, которая включает в себя удаление полимеров, имеющих температуру плавления выше 200 °С.

В некоторых дополнительных примерах описанный в настоящем документе способ включает в себя подвергание неоднородного потребляемого материала в виде частиц стадии разделения, которая включает в себя удаление поливинилхлорида.

В некоторых дополнительных примерах описанный в настоящем документе способ включает в себя подвергание неоднородного потребляемого материала в виде частиц стадии разделения, которая включает в себя удаление одного или более арилсодержащих синтетических полимеров из неоднородного потребляемого материала в виде частиц на основе поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) для получения отсортированных неоднородных отходов.

Неоднородный потребляемый материал предложен в виде частиц.

В соответствии с некоторыми примерами неоднородный потребляемый материал получают из неоднородных неотсортированных отходов, которые заведомо подвергали одной или более стадиям предварительной обработки необработанных, неоднородных неотсортированных отходов, что в конечном итоге приводит к получению потребляемого материала в виде частиц, приемлемого для способов, описанных в настоящем документе.

В контексте настоящего описания термин *«необработанные неоднородные отходы»* или *«необработанные отходы»* относится к материалу неотсортированных неоднородных отходов, а именно, не подвергшемуся какому-либо промышленному процессу сортировки.

В некоторых примерах материал необработанных неоднородных отходов подвергают процессу предварительной сортировки, в котором удаляют крупные нежелательные элементы отходов. Например, необработанные отходы могут быть предварительно отсортированы для удаления любого из металлов, стекла и крупных минеральных веществ. Предварительную сортировку можно проводить вручную, например, путем транспортировки необработанных отходов на конвейерной ленте и определения нежелательных крупных элементов отходов.

Кроме того, или в альтернативном варианте, предварительная сортировка включает в себя разделение с использованием магнитных сил (разделение на основе магнита), как правило, для разделения и удаления черных металлов.

Кроме того, или в альтернативном варианте, предварительная сортировка включает в себя разделение с использованием вихретокового сепаратора, как правило, для удаления цветных металлов.

Материал необработанных отходов также может быть подвергнут процессу сушки. В контексте настоящего описания упоминание сушки следует понимать как удаление части воды из материала необработанных отходов. Сушку не следует рассматривать как удаление всей воды из отходов. В некоторых примерах неочищенные отходы содержат от около 30% до 40% масс./масс. воды, и сушка включает в себя удаление по меньшей мере 50% содержания воды; иногда по меньшей мере 60% содержания воды; иногда по меньшей мере 70% содержания воды; иногда по меньшей мере 80% содержание воды; иногда по меньшей мере 90% содержания воды; иногда по меньшей мере 95% содержания воды. Затем полученный материал отходов можно рассматривать как *высушенный материал отходов*.

В некоторых примерах высушенный материал отходов содержит не более 11% масс./масс. воды; не более 10% масс./масс. воды; иногда не более 9% воды; иногда не более 8% воды; иногда не более 7% содержания воды; иногда не более 6% содержания воды.

Сушка может быть достигнута любыми способами, известными в данной области.

В некоторых примерах сушка достигается путем помещения отходов на открытом воздухе и обеспечения их сушки. В некоторых других примерах сушка достигается путем помещения отходов в поток сухого воздуха и/или в печь и/или путем вытеснения жидкости.

В процессе сушки удаляют воду и иногда некоторые летучие жидкости. Это может включать в себя жидкости, имеющие давление пара по меньшей мере 15 мм рт. ст. при 20 °С, например этанол.

В некоторых примерах сушка достигается путем процесса биосушки с использованием бактерий, изначально присутствующих в отходах. С этой целью материал отходов, как правило, помещают в среду с регулируемой температурой. В некоторых примерах биосушку осуществляют при температуре, поддерживаемой на уровне около 70 °С.

В некоторых примерах бактерии добавляют к материалу отходов (например, к материалу предварительно отсортированных отходов), чтобы вызвать или усилить процесс биосушки.

Без привязки к какой-либо теории, в настоящее время считается, что остаточное содержание оставшейся воды играет роль в происходящем химическом процессе, который преобразует высушенный материал отходов в композитный материал по настоящему описанию.

Затем материал отходов, предпочтительно высушенный материал отходов, подвергают стадии преобразования в частицы для получения материала отходов в виде частиц, используемого в способах, описанных в настоящем документе.

В контексте настоящего описания термин «*преобразование в частицы*» следует понимать как охватывающий любой процесс, который включает в себя уменьшение размера материала отходов. Преобразование в частицы может происходить посредством любого одного или комбинации следующих способов: гранулирования, дробления, измельчения, нарезки, резки, раздавливания, разрушения, помола и т. д.

В некоторых примерах преобразование в частицы включает в себя дробление отходов (высушенных или невысушенных, но предпочтительно высушенных) на частицы среднего размера менее 40 мм, иногда менее 30 мм; иногда менее 20 мм.

Примечательно, что из-за трения внутри измельчителя преобразование в частицы может приводить к дополнительному снижению влажности (например, дополнительно на 2–3%).

В некоторых предпочтительных примерах затем отходы в виде частиц подвергают селективному процессу разделения (также называемому процессом очистки), в котором удаляют частицы остатков металла и/или минеральных веществ («примеси»).

В некоторых примерах остатки примесей удаляют путем подвергания вещества в виде частиц воздействию системы воздушного сепаратора, в которой тяжелые частицы (например, металлические частицы и/или минеральные вещества) удаляют за счет гравитации при сборе и/или транспортировке легкой фракции отходов на следующую стадию процесса.

Полученная легкая фракция будет содержать низкое количество металла и минеральных веществ. Без ограничений, считается, что фракция содержит не более 1% масс./масс. металлов (черных и цветных) и не более 5% минеральных веществ.

Один признак описанного в настоящем документе способа включает в себя обработку материала отходов селективным разделением с использованием ближнего инфракрасного диапазона (NIR). Разделение на основе NIR обеспечивает оптическую сортировку нежелательных пластиковых материалов из других пластиковых отходов на основе типа полимера (на основе сигнатур длин волн). Как будет понятно специалистам в технологии NIR, система разделения на основе NIR запрограммирована с возможностью обеспечения определения многих полимеров и других химических соединений. Оператор

системы определяет, какие соединения останутся, а какие будут отсортированы. Более конкретно, на стадии разделения NIR используют системы, которые оснащены алгоритмами для удаления каждого вещества, содержащего полимеры, несовместимые с полиолефинами, такие как полимеры, имеющие температуру плавления выше 200 °С или даже выше 210 °С; и/или галогенированные полимеры и/или арилсодержащие синтетические полимеры и, необязательно, другие полимеры при необходимости. Этот алгоритм позволяет соответствующим образом определять и разделять каждое соединение. В этом отношении специалистам в данной области будет понятно, что каждое химическое соединение имеет сложный ИК-спектр, который представляет собой «отпечаток пальцев» химического соединения. Этот отпечаток можно найти в любом общедоступном «Химическом атласе», и он может распознаваться компьютерными программами.

В некоторых примерах и как уже отмечалось выше, разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить разделение по меньшей мере полимера, распознаваемого в данной области как несовместимого с полиолефином.

В некоторых примерах и как уже отмечалось выше, разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить разделение по меньшей мере галогенированных полимерных смол, таких как смолы поливинилхлорида (ПВХ или винила).

В некоторых дополнительных или альтернативных примерах, также уже упомянутых выше, разделение на основе NIR осуществляют таким образом, чтобы обеспечить разделение арилсодержащих синтетических полимеров и предпочтительно стирольных или полистирольных органических полимеров.

В некоторых дополнительных примерах неоднородный потребляемый материал характеризуется его уровнями зольности. В некоторых примерах содержание золы в неоднородном потребляемом материале составляет менее 10% масс./масс.; иногда менее 8% масс./масс.; иногда менее 6% масс./масс. или даже менее 5% масс./масс.

Уровни зольности в потребляемом материале (а также в готовом композитном материале) могут быть определены в соответствии со способом А ISO 3451 с использованием двух порций для испытаний, каждая из которых составляет 5 г и сжигается при 950±500 °С в течение 30 мин.

Полученные в результате частицы и отсортированный материал отходов в настоящем документе называются термином «*неоднородный потребляемый материал*» или иногда термином «*отсортированный неоднородный потребляемый материал*».

Затем неоднородный потребляемый материал подвергают по меньшей мере одному процессу экструзии. Условия экструзии включают в себя по меньшей мере следующие:

- внутренняя (рабочая) температура равна или составляет ниже 200 °С; иногда от около 150 °С до около 200 °С; иногда от около 120 °С до около 180 °С; иногда от 160 °С до 200 °С, иногда от 150 °С до 180 °С;
- минимальное время удерживания внутри экструдера составляет по меньшей мере 2,0 минуты; иногда по меньшей мере 2,5 минуты, иногда по меньшей мере 3 минуты, иногда по меньшей мере 3,5 минуты, иногда по меньшей мере 4 минуты, иногда по меньшей мере 4,5 минуты, иногда по меньшей мере 5 минут, иногда по меньшей мере 5,5 минут, иногда по меньшей мере 6 минут, иногда по меньшей мере 7 минут. Все же существует ограничение, что время удерживания не должно вызывать разложение или сгорание материала в процессе экструзии. Таким образом, в некоторых случаях время удерживания определяется как находящееся в пределах диапазона от около 2 до около 10 минут, иногда от около 3 минут до 7 минут, иногда от около 2,5 минут до 10 минут, иногда от около 3,5 минут до 8 минут, иногда от около 4,5 минут до 8 минут, иногда от около 5,5 минут до 7 минут, иногда от около 5,5 минут до 6,5 минут.

Экструдер, как правило, содержит нагретый барабан, содержащий вращающийся в нем один винт или множество винтов. В контексте настоящего описания можно использовать различные типы экструзии.

Без ограничений, накладываемых теорией, считается, что приложение силы сдвига к отсортированным неоднородным отходам при температурах материала ниже 200 °С приводит к преобразованию органического волокнистого материала (лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза и другие углеводы) в частично карбонизированные лигноцеллюлозные волокна, которые действуют как естественные «*молекулярные стежки*», объединяющие (связывающие) типы пластика и, в частности, полиолефины с различной полярностью, которые в противном случае разделяются на фазы и создают органический-термопластичный композитный материал.

В некоторых предпочтительных примерах экструзию выполняют в одношнековом экструдере. Было обнаружено, что при использовании одношнекового экструдера минимальное время удерживания должно составлять по меньшей мере 3 минуты или по меньшей мере 4 минуты и предпочтительно по меньшей мере 5 минут или 5,5 минут.

В некоторых примерах одношнековый экструдер имеет размеры, которые выполнены с возможностью обеспечения определенного выше диапазона времени удерживания. Специалистам в данной области будет понятно, как проектировать диаметр, длину, отверстие головки и т. д. экструдера для достижения требуемого времени удерживания.

В некоторых примерах экструдер выполнен с возможностью работы при 30–10 об/мин, иногда при 40–90 об/мин.

Рабочую температуру в процессе экструзии (т. е. внутреннюю температуру, иными словами, температуру экструдированного материала) можно регулировать с помощью термопары, такой как термопара типа J.

В некоторых примерах экструдер оснащен по меньшей мере 2 или более вентиляционными зонами. Присутствие двух отдельных вентиляционных зон вдоль экструдера снижает количество летучих органических соединений внутри экструдированного материала и предотвращает захват летучих соединений. Было обнаружено, что присутствие по меньшей мере двух вентиляционных зон является важным для предотвращения воздушных пустот в изделиях промышленного производства, изготовленных из описанного композитного материала (изделиях промышленного производства, представляющих собой формованные или экструдированные изделия).

Перед экструзией в неоднородный потребляемый материал можно добавлять различные добавки. Они включают в себя, без ограничений, любую одну или комбинацию стеарата цинка, стеарата кальция, антиоксидантов, УФ-стабилизаторов, пенообразующих веществ, пластификаторов, эластомеров, наполнителей, например тальк и карбонат кальция; антипирены и пигменты, такие как технический углерод, диоксид титана и другие пигменты, используемые в пластиковой промышленности.

Затем композитный материал, выпускаемый из экструдера, может быть подвергнут дополнительной обработке.

В некоторых примерах экструдат подвергают регулируемому охлаждению.

В некоторых примерах охлаждение осуществляется путем подвергания экструдата воздействию потока охлаждающего воздуха. В некоторых дополнительных примерах регулируемое охлаждение проходит через экструдат на конвейерной ленте и при транспортировке экструдата его подвергают действию потока охлаждающего воздуха. Охлаждение является постепенным, что позволяет дополнительно устранять запах и ЛОС.

В некоторых примерах композитный материал, выпущенный из экструдера, подвергают по меньшей мере одной стадии переработки, которая включает в себя уменьшение размера композитного материала. Эта переработка, как правило, происходит после охлаждения выпускаемого композитного материала.

В некоторых примерах переработка включает в себя размалывание композитного материала с использованием любой традиционной системы размалывания.

В некоторых примерах размалывание включает в себя пропускание композитного материала через непрерывный процесс размалывания, например молотковую мельницу (например, тип 40/32 НА).

В некоторых других примерах экструдат подвергают процессу ударного размалывания, в котором высокоскоростные вращающиеся лезвия (пластины колотушки) разбивают композитный материал об ограждающие стенки и об себя, а трение вызывает уменьшение размера.

В некоторых примерах переработка может быть достигнута путем подвергания композитного материала «ножевой мельнице», что, например, достигается путем использования ROTOPLEX 50\100. Технология разработана с возможностью обеспечения высоких усилий резки с высокой пропускной способностью. С использованием принципа «ножниц» барабан с ножами перемещается с высокой скоростью перед противоположным ножом в охлажденной среде.

В некоторых примерах переработку выполняют с помощью комбинации двух или более методов переработки, например, первого использования технологии молотковой мельницы и второго использования технологии ударного размалывания. Комбинация технологий обеспечивает уменьшение содержания порошкового концентрата до менее чем 1,5 мм.

В некоторых примерах экструдат подвергали уменьшению размера с использованием комбинации размалывающих устройств, предназначенных для размалывания экструдата в порошок (переработанный композитный материал), и путем

просеивания через сита с размером ячеек 900 мкм (0,9 мм) или 1400 мкм (1,4 мм) были получены две совокупности порошков, одна из которых имела размер частиц менее 0,9 мм (упоминаемая в настоящем документе как сокращение «Q 0,9»), а другая имела размер частиц менее 1,4 мм (упоминаемая в настоящем документе как сокращение «Q 1,4»).

В некоторых примерах полученный порошок просеивают, например с использованием систем вибрационного сита, которые просеивают частицы по размеру, используя отверстия разных размеров и разных диаметров.

В некоторых примерах уменьшение размера выполняют до размера частиц по определению d_{90} , равного или составляющего менее 1,4 мм. Иногда уменьшение размера выполняют до размера частиц по определению d_{90} , равного или составляющего менее 1,3 мм; иногда равного или составляющего менее 1,2 мм; иногда равного или составляющего менее 1,1 мм; иногда равного или составляющего менее 1,0 мм; иногда равного или составляющего менее 0,9, иногда равного или составляющего менее 0,8 мм; иногда равного или составляющего менее 0,7 мм.

В следующих не имеющих ограничительного характера примерах переработанный композитный материал, имеющий размер $d_{90} \leq 1,4$ мкм, называется сокращенно Q 1,4; а переработанный композитный материал, имеющий размер $d_{90} \leq 0,9$ мм, называется сокращенно Q 0,9.

Полученный композитный материал и предпочтительно переработанный композитный материал можно повторно нагревать до термопластичного расплава путем нагревания до температуры выше 100 °С. В некоторых примерах композитный материал превращается в текучий расплав при нагревании до температуры выше 120 °С; иногда выше 130 °С; иногда выше 140 °С; иногда выше 150 °С; иногда выше 160 °С; иногда выше 170 °С; и даже выше 180 °С, иногда до любой температуры ниже 200 °С, при условии, что композитный материал не подвергается какому-либо разложению или сгоранию в результате нагревания.

Затем расплаву можно придать форму требуемого изделия промышленного производства с использованием любого известного метода, среди прочего, экструзии с раздувкой, формования, включая выдувное формование и ротационное формование. Таким образом можно изготавливать изделия определенной конфигурации. Например, композитный материал можно использовать для получения различных изделий промышленного производства, которые, как правило, получают из исходных типов пластика или переработанных типов пластика. Они включают в себя, например, цветочные

горшки, облицовку домов, материалы для настила, напольные покрытия, мебель, ламинаты, поддоны, септические резервуары и т. п.

Различные добавки, наполнители и т. п. могут быть добавлены к композитному материалу при повторном нагреве / повторной обработке в пригодные для использования изделия промышленного производства для придания изделию в конечном итоге определенных требуемых свойств после охлаждения. Примеры наполнителей могут включать в себя, без ограничений, песок, минеральные вещества, переработанный материал шин, бетон, стекло, древесную стружку, термореактивные материалы, другие термопластичные полимеры, гравий, металл, стеклянные волокна и частицы и т. д. Эти наполнители могут быть получены из переработанных продуктов, однако могут также использоваться исходные материалы, такие как исходные типы пластика (например, полипропилен и/или полиэтилен). Другие добавки могут быть добавлены для улучшения внешнего вида, текстуры или запаха композитного материала, такого как красители, маскирующие запах агенты (например, активированный уголь), окислители (например, перманганат калия) или антиоксиданты. Тем не менее, следует отметить, что свойства композитного материала по настоящему описанию и его потенциальных вариантов использования достигаются без необходимости использования связующих веществ или пластификаторов, хотя они могут быть добавлены в некоторых вариантах осуществления.

Для производства изделий промышленного производства композитный материал можно объединять с некоторым количеством типов пластика. Это включает в себя переработанный пластик и исходные типы пластика.

В некоторых примерах композитный материал повторно нагревают вместе с полиолефинами. В некоторых примерах композитный материал повторно нагревают с любым из полиэтилена и полипропилена. Повторно нагретую смесь можно экструдировать в смешанные гранулы, которые впоследствии можно использовать в качестве потребляемого материала в пластиковой промышленности.

Таким образом, композитный материал по настоящему описанию, а также материал, полученный путем смешивания композитного материала с типами пластика, можно таким образом обрабатывать посредством различных промышленных процессов, известных как таковые, с образованием различных полуфабрикатов или готовых продуктов.

Используемые в настоящем документе формы единственного числа включают в себя формы как единственного, так и множественного числа, если из контекста явно не следует

иное. Например, термин «*вещество в виде частиц*» включает в себя один или более типов вещества в виде частиц, имеющих перечисленные характеристики.

Кроме того, в настоящем документе термин «*содержащий*» предназначен для обозначения того, что композитный материал содержит перечисленные компоненты, т. е. непластиковые органические вещества, типы пластика и неорганические вещества, но не исключая другие элементы. Термин «*состоящий по существу из*» используется для определения композитного материала, который содержит перечисленные элементы, но исключает другие элементы, которые могут иметь существенную значимость для свойств композитного материала. Таким образом, «*состоящий из*» означает исключение больше чем следовых элементов других элементов. Варианты осуществления, определенные каждым из этих переходных терминов, входят в объем настоящего изобретения.

Кроме того, все числовые значения, например количества или диапазоны компонентов, составляющих композитный материал или неоднородный потребляемый материал, описанный в данном документе, являются приближениями, которые варьируются (+) или (-) до 20%, иногда до 10% от указанных значений. Следует понимать, что даже если не всегда явно указано, всем числовым обозначениям предшествует термин «*около*». Например, термин «около 10%» следует понимать как охватывающий диапазон от 9% до 11%; термин около 100 °С обозначают диапазон от 90 до 110 °С.

Далее изобретение будет проиллюстрировано в последующем описании экспериментов, проведенных в соответствии с данным изобретением. Следует понимать, что эти примеры предназначены в качестве иллюстрации, а не ограничения. Очевидно, что в свете вышеизложенной идеи возможны многие модификации и вариации этих примеров. Таким образом, следует понимать, что в пределах объема прилагаемой формулы изобретения изобретение может быть реализовано на практике во множестве возможных способов, как конкретно описано ниже в настоящем документе.

ОПИСАНИЕ НЕ ИМЕЮЩИХ ОГРАНИЧИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ПРИМЕРОВ

Пример 1. Обработка бытовых отходов с преобразованием в композитный материал

Устройства и способы

В следующих примерах использовали различные устройства и системы. Следует понимать, что, хотя некоторые из устройств были сконструированы для целей настоящего изобретения, все они основаны на традиционных устройствах. Они включают в себя

измельчитель, одношнековый экструдер, устройство для литья под давлением, пресс для формования прессованием и любое другое оборудование, в котором материал подвергается резке и/или нагреву, например, гранулятор, пресс-гранулятор, мельница и т. д.

В частности:

Биосушка (Compost Bio-Drying Systems) — Биосушка была активирована бактериями и многоклеточными организмами, присутствующими в бытовых отходах. Этот процесс происходит посредством расщепления органического материала бактериями, которые вырабатывают тепло. Важно, чтобы бытовые отходы свободно расслаивались в контролируемых условиях и вентилировались точно определенным количеством воздуха. Этот воздух не должен быть слишком холодным или слишком влажным, а усилие обдува регулируется цифровым управлением. В течение нескольких дней и до 2 недель коммунально-бытовые отходы (MW) нагреваются и набирают тепло — до 70 °С. Нагрев регулируется контролируемой подачей воздуха, и устанавливается оптимальная температура процесса от около 55 °С до 70 °С. Когда MW достигает уровня сухости от около 15 до 20% или даже от 15% до 18% содержания воды, активность бактерий значительно снижается, и процесс биосушки считается завершенным.

Металлический разделительный магнит (IFE MPQ900 F-P) использовали для отделения железного материала. Магнитный разделительный магнит включает в себя электромагнит, пролетающий над конвейерной лентой; катушка создает узкое и глубокое магнитное поле, которое поднимает части из черного металла и транспортирует их на короткое расстояние по собственной конвейерной ленте, таким образом отделяя магнитные металлы от остальных материалов. Металлы помещают в бункер в нижней части системы и отправляют обратно на переработку. Система магнитной ленты установлена на конце конвейерной ленты, а коробка расположена точно над параболой полета для улавливания магнитных материалов.

Вихретоковую систему (магнит Вагнера 0429\0-37) использовали для разделения металлов. В частности, использовали вихретоковую ленту шириной 2,5 м с неодимовыми магнитами с высоким градиентом. Система полюсов была эксцентрично установлена внутри более медленного барабана ленты. Барабан ленты имеет внешнюю скорость от 1 до 3 м/с. Внутренний барабан перемещается со скоростью до 3000 об/мин. Это создает поле вихревых токов, которое отталкивает цветные металлы (которые таким образом удаляются), но притягивает и нагревает черные металлы. Усилие разделения является

наибольшим для алюминия и уменьшается для латуни, меди и далее для других цветных металлов.

Вихретоковый способ можно заменить металлодетекторами для достижения аналогичных результатов.

Измельчитель (Vecoplan ВАЗ 1300) использовали для преобразования в частицы высушенных отсортированных отходов. В частности, использовали два типа: первичную *предварительную дробилку* и *вторичный измельчитель*.

Предварительная дробилка определена одним, двумя, тремя или четырьмя валами, соединенными с гидравлическими или электромеханическими приводами. Характеристика первичных предварительных дробилок заключается в том, что для дробления отходов на мелкие части создается очень большое усилие. Недробимые материалы, которые мешают вторичному дроблению, могут быть отделены. Используемые измельчающие валы механически соединены с валами, и периферийная скорость валов является низкой.

Вторичное измельчение следует за разделением. Вторичное измельчение осуществляли с помощью 1 или 2 роторов, механически соединенных с изнашиваемыми инструментами и встречными лезвиями, перед роторами устанавливали ситовую корзину для контроля размера частиц.

Систему воздушного сепаратора (IFE UFS600X+1000X) использовали для разделения легких и тяжелых частиц. В частности, воздушный сепаратор/классификатор состоит из ускорительной ленты, на которой частицы располагаются в один слой, и последующей воздушной планки, которая нагнетает в материал регулируемый, определенный поток воздуха. За воздушной планкой обычно имеется сепаратор между легкими и тяжелыми частицами. После разделения имеется разделительное пространство, которое дает возможность легким частям опускаться вниз. Тяжелые материалы отделяются между воздушной планкой и сепаратором.

Систему ближнего инфракрасного диапазона (SESOTEC MN 1024) использовали для селективной сортировки/отделения конкретных пластиковых полимеров. В частности, использовали систему со сканером, активной поддержкой датчиков и планкой активной продувки. Кроме того, система была оснащена NIR-камерой высокого разрешения с чувствительностью не менее 1,5 мм, которая улавливала отражение ИК-спектра специальных веществ и сравнивала его с сохраненными спектрами различных веществ. Если система обнаруживала требуемое вещество, свободно запрограммированная функция

запрашивалась в бинарной форме — отделить или сохранить. Затем частицы выдувались с той же мелкостью, что и при обнаружении, с использованием соединенной планки выдувного сопла.

В результате селективной сортировки были получены селективные неоднородные отходы в виде частиц, содержащие менее 1% ПВХ, менее 3% ПС и менее 5% ПЭТ.

Использовали *одношнековый экструдер* (тип F: GRAN 145). В частности, одношнековый экструдер имел следующие размеры: диаметр 145 мм, длину шнека: 950 см, расстояние от шнека до барабана: 0,5–2 мм, высокоизносостойкий шнек и барабан, диаметр отверстия головки до 30 мм и 2 вентиляционные зоны. Во время работы роторы, предотвращающие засорение бункера, поддерживали режим, *готовый к использованию* (RTW, т. е. отсортированные неоднородные отходы) в движении, что предотвращало засорение материала и обеспечивало сыпучесть. Подающий шнек автоматически активировался в зависимости от использования мощности экструдера.

После процесса экструдера материал был перемещен в регулируемую систему охлаждения с охлаждающим конвейером длиной 800 см и потоком воздуха 15 000 куб. метров в час.

Размалывающие устройства — Было использовано несколько размалывающих устройств для уменьшения размера конечного продукта, т. е. композитного материала.

Молотковая мельница типа 40\32 HA — Молотковая мельница измельчает куски от низкой до средней твердости в непрерывном процессе, в котором материал подвергается процессу смешивания частиц при измельчении, что приводит к однородности.

Ударная мельница (ULTRAPLEX UPZ 500) — Размер частиц был уменьшен до другого уровня за счет использования высокоскоростных вращающихся лопастей (ударных пластин), которые «ударяют» частицы о стенки и между собой, а также при значительном трении между сторонами измельчителя (дорожки измельчения), и ударная пластина превращает материал в порошкообразную форму. Полученный порошок прошел через систему вибрационного сита, которая просеивает частицы по размеру с использованием отверстий разных размеров и разных диаметров.

Затем частицы уменьшенного размера транспортировались из молотковой мельницы через воздуходувки на следующую стадию измельчения, ударную мельницу.

Ножевая мельница (ROTOPLEX 50\100) — частицы размером 0,9 мм (и меньше) отправлялись сразу на хранение, как и в случае 1,4 мм. Частицы размером более 1,4 мм

подвергались дальнейшей обработке с использованием «Ножевой мельницы» (ROTOPLEX 50\100). В частности, ножевая мельница выполнена с возможностью обеспечения высоких усилий резки с высокой пропускной способностью. С использованием принципа «ножниц» барабан с ножами перемещается с высокой скоростью перед противоположным ножом в охлажденной среде. При помощи системы ножевой мельницы частицы (особенно волокна) были дополнительно уменьшены в размере до менее 1,4 мкм.

Элементный анализатор (Flash EA 1112) — использовали для определения общего содержания углерода (С), водорода (Н), азота (N), серы (S) и кислорода (O).

Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR) — Nicolet 6700, спектрофотометр для среднего инфракрасного диапазона. Спектры поглощения получают путем регистрации поглощения как функции длины волны. Концентрации рассчитывали на основе измерений поглощения при конкретных длинах волн, которые приводятся в инструкциях производителя по эксплуатации и основаны на общеизвестных библиотеках.

Термогравиметрия (ТГ) – Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) — STA TG-DSC 449 F3 Jupiter[®] (NETZSCH-Geratebau) — Одновременное применение ТГ и ДСК к одному образцу в приборе STA дает больше информации, чем отдельное применение ТГ и ДСК на двух разных инструментах. STA позволяет одновременно проводить количественный мониторинг массо- и термодинамических изменений, происходящих в испытываемом материале при нагреве. Сочетание МС с прибором для термического анализа позволяет определять материалы/компоненты, выделяющиеся во время эксперимента по нагреву. Таким образом, комбинация STA ТГ-DSC с МС обеспечивает уникальный простой инструмент для четкой экспериментальной характеристики химических реакций и фазового преобразования в широком диапазоне материалов. ТГ-ДСК проводили при следующих условиях:

Печь	- Карбид кремния
Диапазон температур	- От -150 °С до 1550 °С
Скорость нагрева	- От 0,001 К/мин до 50 К/мин
Скорость охлаждения	- От 1540 до 100 °С: 60 мин
(естественное охлаждение)	
Диапазон взвешивания	- 35 г
Макс. исходная масса	- 35 г

Атмосферы	- инертная (N ₂ , Ar), окислительная (сухой воздух), восстановительная (Ar+5% H ₂ su), вакуум
Встроенный регулятор массового расхода	- для 2 продувочных газов и 1 защитного газа
Герметичная сборка для высокого вакуума	- до 10 ⁻⁴ мбар (10 ⁻² Па)

Газовая хроматография – масс-спектрометрия (ГХ-МС) — Образцы композитного материала анализировали после 24-часовой экстракции в свободном пространстве с использованием анализатора газовой хроматографии (ГХ) с последующей газовой хроматографией – масс-спектрометрией (МС). В частности, прибор ГХ Agilent 7890А был оснащен автоматическим пробоотборником, инжектором с разделением и без разделения и тремя детекторами: FID и ECD и TCD. Прибор ГХ был оснащен электронным управлением давлением и потоками газа.

Испытания на растяжение — свойства при растяжении определяли в соответствии с ISO 521-2:1996 с использованием образца типа А1: общая длина ≥ 150–200 мм, длина узкой части с параллельными сторонами = 80±2 мм, радиус 20–25 мм, расстояние между широкими частями с параллельными сторонами 104–113 мм, ширина на концах = 20±0,2 мм, ширина в узкой части 10±0,2 мм, предпочтительная толщина 4±0,2 мм, расчетная длина 50±0,5 мм и начальное расстояние между зажимами = 115±1 мм.

Ударопрочность по Изоду (с надрезом) — ударопрочность по Изоду измеряли с использованием ISO 180 (маятник 1 Дж)/ASTM D256 (маятник 1 Дж), с надрезом, молоток 1 Дж. (Ударопрочность по Изоду, образцы с надрезом по кромке)

Ударная вязкость по Шарпи — испытание на ударную вязкость по Шарпи проводили в соответствии со стандартом ISO 179 с использованием надреза, молоток 1 Дж (ударная прочность по Шарпи, образцы с надрезом по краю, согласно ISO 179, масса маятника 1 Дж).

Испытания на изгиб — испытание проводили с использованием способа ASTM D790 (ISO 178) при скорости испытания 5 мм/мин.

Содержание золы — зольность определяли по способу А ISO 3451. Использовали две порции для испытания по 5 г каждая и обжигали при 950±500 °С в течение 30 мин.

Поверхностная энергия — поверхностную энергию измеряли по стандарту ASTM D2578 с использованием ручек дин.

Кислородный индекс — кислородный индекс определяли в соответствии с ISO 4589-2.

Плотность — плотность измеряли с использованием MRC Laboratory Instruments (модель BPS750-C2 V2) в соответствии с процедурой ASTM D792 = ISO1183-1 (типы пластика — способы определения плотности неклочных типов пластика). Размер образца должен составлять по меньшей мере 1 см³ и иметь толщину по меньшей мере 1 мм (на каждый 1 г массы).

Способы

Смешанные бытовые отходы прошли предварительную сортировку и биосушку. Этот процесс начинается с удаления металлических частиц, черных и цветных, с использованием металлического разделительного магнита (тип IFE MPQ 900 F-P).

На следующей стадии отходы пропускали через вихревые токи (магнит Вагнера типа 0429\0-37), система полюсов была установлена внутри ленточного барабана. Ленточный барабан имел внешнюю скорость от 1 до 3 м/с. Внутренний барабан перемещается со скоростью до 3000 об/мин. Это создавало поле вихревых токов, которое отталкивало цветные металлы от потока MW. В конце этого участка отходы очищались от металлов и передавались по конвейеру в процесс биосушки (тип Compost Systems). Отходы на этой стадии обычно имеют высокое содержание воды/влажности – от 30% до 50%, а биосушка была разработана и регулируется для снижения уровня влажности до уровня ниже 20%.

Затем биовысушенные MW подвергали измельчению для получения частиц отходов размером не более (до) 30 миллиметров. Частицы, измельченные на уровне и до 30 миллиметров, удаляли через специальную корзину, в то время как более крупные частицы продолжали вращаться в измельчителе, пока не достигали требуемого размера. Примечательно, что измельчение создавало некоторое трение, что еще больше уменьшало влажность на 2–3%. Измельченные частицы становились более однородными, что позволяло более эффективно работать на следующих стадиях процесса.

После измельчения некоторые из примесей, которые были «склеены» или завернуты в измельченные частицы отходов, были высвобождены системой воздушного сепаратора. Измельченный материал поступал в систему воздушного сепаратора (воздушный классификатор (тип IFE UFS600X+1000X)), который удаляет из измельченного материала

любые напоминающие части тяжелых частиц (металлы или минералы) (что приводит к образованию «легкой фракции»).

Затем легкую фракцию подавали в систему разделения NIR, где галогенированный полимер, такой как ПВХ, и арилсодержащие синтетические полимеры, такие как полистирол и/или ПЭТ, селективно удалялись.

Материал после разделения NIR обеспечивал отсортированный неоднородный потребляемый материал, который затем подвергали экструзии. Экструдер работал с рабочей температурой от 150 °С до 180 °С, временем пребывания 5–7 минут и скоростью вращения 60–90 об/мин.

После прохождения процесса экструдера полученный расплавленный материал охлаждали до 40 °С через охлаждающий конвейер (длина 800 см и поток воздуха 15 000 куб. метров в час).

Охлажденный композитный материал подвергали уменьшению размера / переработке размера путем пропускания его через молотковую мельницу, а затем через ударную мельницу, после чего измельченные частицы селективно просеивали с получением либо продуктов Q 0,9 (частиц размером до 0,9 мм), либо продуктов Q 1,4 (частиц размером до 1,4 мм).

Пример 2. Анализ и определение характеристик

Экстракция ДНК и содержание хлорофилла в Q 0,9 и Q 1,4

Протокол экстракции ДНК был модифицирован из <http://www.bio-protocol.org/e2906>. В частности, 20 г Q 0,9 и Q 1,4 в трех повторностях измельчали в жидком азоте до мелкодисперсного порошка с помощью охлаждаемой ступки и пестика (это обычный способ экстракции ДНК LN2 при –210 С). Затем мелкодисперсный порошок помещали в пробирку, в которую добавляли 500 мкл 2% раствора хлороформ:изоамиловый спирт (24:1) (СТАВ) и инкубировали при интенсивном перемешивании на водяной бане при 65 °С в течение одного часа. Использование СТАВ, катионного детергента, облегчает отделение полисахаридов во время очистки, в то время как добавки, такие как поливинилпирролидон, могут способствовать удалению полифенолов. Экстракционные буферы на основе СТАВ широко используют при очистке ДНК из растительных тканей.

Затем смесь центрифугировали при 12 000 g в течение 15 минут и собирали супернатант, к которому добавляли равный объем хлороформа и снова центрифугировали.

Отбирали водную фазу и добавляли равный объем изопропилового спирта, осторожно перемешивая пробирку. Пробирки выдерживали при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ один час и центрифугировали при $12\ 000\ \text{g}$ в течение 15 минут. К осадку после центрифугирования добавляли 700 мкл 75% этанола и центрифугировали при $12\ 000\times\text{g}$ в течение 5 мин. Осадок после центрифугирования полностью высушивали и смешивали с 30 мкл сверхчистой воды, 1 мкл 10% РНКазы А, и инкубировали при $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение одного часа. Количество ДНК определяли с использованием NanoDrop.

Определение содержания хлорофилла проводили с использованием протокола, модифицированного из <http://www.bio-protocol.org/e2906>. В частности, в пробирку объемом 1,5 мл, содержащую 1 мл диметилформамида (ДМФА), добавляли Q 20 мг в трех повторностях. Пробирки инкубировали в течение ночи при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы позволить хлорофиллу раствориться в растворе ДМФА. 300 мкл раствора образца смешивали с 600 мкл ДМФА в свежей пробирке «Эппендорф» (2 объема ДМФА на объем образца). Поглощение (A) измеряли на спектрофотометре при длинах волн 647 нм и 664,5 нм с использованием кварцевой кюветы.

$$\text{Содержание хлорофилла } a \text{ (мкг/мл)} = (12 \times A_{664,5}) - (2,79 \times A_{647})$$

$$\text{Содержание хлорофилла } b \text{ (мкг/мл)} = (20,78 \times A_{647}) - (4,88 \times A_{664,5})$$

Таблица 1. Общая ДНК и содержание хлорофилла

	Q 0,9	Q 1,4
Хлорофилл мкг/г	97	96
ДНК мг/г	5	3

Элементный анализ (C, H, N) материалов Q

Элементный анализ C, H, N, S и O был проведен с использованием элементного анализатора Flash EA 1112 в соответствии с инструкциями производителя.

Таблица 2. Элементный анализ (органические вещества)

%	Н	П	Ш
Q 0,9	0,6	53,8	7,6

Q 1,4	0,5	54,7	7,9
--------------	-----	------	-----

ICP — атомно-эмиссионная спектроскопия

Образцы Q 0,9 и Q 1,4 расщепляли с помощью системы микроволнового расщепления (Milestone Ethos-1) и анализировали с помощью ICP-AES (аксиальный) (Spectro ARCOS-EOP) и ICP-AES (радиальный) (Spectro ARCOS-SOP), как описано выше в настоящем документе.

Полученные данные представлены в **таблице 3**.

Таблица 3. Элементный анализ (неорганические вещества)

Элемент мг/кг	Q 0,9	Q 1,4	Элемент	Q 0,9	Q 1,4
Ag	0,7585	0,1026	Mn	38,9	22,4
Al	3111	3731	Mo	1,94	1,03
As	<0,4	<0,4	Na	3953	2873
B	17,3	13,0	Ni	10,93	6,38
Ba	141,7	24,2	P	651	2485
Ca	29647	25814	Pb	28,3	2,64
Cd	0,841	0,052	S	1434	1129
Co	3,46	1,76	Sb	12,3	<0,7
Cr	23,2	15,4	Se	<0,5	<0,5
Cu	64,0	13,1	Si	1732	1010
Fe	1333	942	Sn	10,55	9,35
Hg	<0,57	<0,57	Sr	57,7	67,4
K	2130	1543	Ti	28,3	13,6
Li	1,47	0,56	V	1,98	1,21
Mg	1189	875	Zn	136,0	40,9

Интересно, что, как показано в **таблице 3**, как Q 0,9, так и Q 1,4 содержат высокие уровни калия и магния (см. также таблицу 13).

Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR)

FTIR-спектрометрию проводили с использованием Nicolet 6700, используя ATR Accessory, как описано выше в настоящем документе.

На **Фиг. 2** представлены результаты для двух разных образцов, включая композитный материал размером 0,9 мм (Q 0,9) и композитный материал размером 1,4 мм (Q 1,4).

Интересно, что библиотека FTIR определила Q 0,9 как лютеин (86%), а Q 1,4 как газетную бумагу (черные чернила) (92%). Хотя это нельзя рассматривать как окончательное химическое определение, это интересное наблюдение и четкое отличие между Q 0,9 и Q 1,4 и другими древесными типами пластика. В то время как Q 1,4 относительно богат целлюлозными волокнами, Q 0,9 содержал меньше волокон и большую долю более мелких молекул, таких как лютеин.

Термогравиметрический анализ (ТГА) – дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)

ТГА измеряет потерю массы в зависимости от температуры. Потеря 5% означает начало разложения. Было обнаружено, что композитный материал, описанный в настоящем документе, является более стабильным, чем композитный материал, описанный в WO2010/082202, содержание которого включено в настоящий документ путем ссылки (см. также таблицу 13 ниже). Q 0,9 был стабилен при температуре до 218 °С, а Q 1,4 был стабилен при температуре до 224 °С. Примечательно, что чем выше начинается разложение, тем шире окно обработки.

Методология, использованная для анализа органических/неорганических соединений, обнаруженных в испытываемых образцах Q 0,9 и Q 1,4, была основана на следующих способах термического анализа:

- a. Дифференциальный сканирующий анализ (ДСК) для определения относительного количества синтетических полимеров.
- b. Термогравиметрический анализ (ТГА) для определения термической стабильности ($T_{\text{начало}}$ и T_0), количества неорганического материала (содержания золы) и приблизительного количества лигноцеллюлозных компонентов.

Результаты

Содержание лигноцеллюлозы — прибл. 350 °С (из ТГА)

Содержание неорганических веществ — содержание золы >650 °С (из ТГА)

Сочетание МС с прибором для термического анализа позволяет определять материалы/компоненты, выделяющиеся во время эксперимента по нагреву.

В **таблице 4** и на **Фиг. 1А–1Б** представлена термостабильность композитных материалов, описанных в настоящем документе, т. е. Q 0,9 и Q 1,4.

Таблица 4. Термостабильность Q 0,9 и Q 1,4

Временная точка	Q 0,9	Q 1,4
Начало Т (начало потери массы, т. е. температура, при которой начинается разложение окислением)	218 °С	224 °С
T ₀ (температура разложения окислением, температура максимума при скорости потери массы)	298 °С	299 °С

На Фиг. 1А показана ТГ-ДСК Q 1,4 от 0 до 1500 градусов по Цельсию с увеличением на 50 градусов каждую минуту.

На Фиг. 1Б показана ТГ-ДСК Q 0,9 от 0 до 1500 градусов по Цельсию с увеличением на 50 градусов каждую минуту.

Как видно, пики ТГА на каждом из графиков показывают изменение массы с началом уменьшения при T_{начало} и наибольшим уменьшением при T₀. В то время как графики ДСК показывают получаемое энерговыделение. На этих двух фигурах показано, что композиты стабильны при температурах выше 210 °С.

Состав каждого образца, Q 0,9 и Q 1,4, также определяли с помощью связанной МС, и данные представлены в **таблице 5**.

Таблица 5. Состав Q 0,9 и Q 1,4 с помощью определения термических характеристик ТГ-ДСК

	Q 0,9	Q 1,4
Целлюлоза (%)	79,2%	78,2%
Синтетические (неорганические) полимеры (%)	11,6%	15,3%
Неорганические (%)	9,2%	6,5%

Общий экстрагированный углерод

Общий экстрагированный углерод определяли с использованием 20 г Q 0,9 и Q 1,4, экстрагированных диметилэфиром (ДМЭ). Масляный остаток взвешивали и рассчитывали количество экстрагированного углерода. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. Общий экстрагированный углерод

	Q 0,9	Q 1,4
Содержание углерода (г)	0,7	0,56
Содержание углерода (%)	3,5	2,8

Следует отметить, что как Q 0,9, так и Q 1,4 содержали значительные количества экстрагированного углерода. ДМЭ представляет собой разлагающийся органический растворитель. Таким образом, предполагается, что большая часть содержания углерода приходится на жирные кислоты. Это также проверено методом ГХ-МС, представленным ниже.

Испытания на растяжение

Образцы для испытаний на растяжение получали следующим образом: композитный материал экструдировали при 170–180 °С и 350 об/мин на лабораторном экструдере ZSK 18 для получения однородного материала. Экструдат измельчали в лабораторном грануляторе, а гранулированный материал подвергали литью под давлением на приборе Haitian 120 t при 170–180 °С для изготовления испытываемых образцов. Испытываемые образцы кондиционировали в течение по меньшей мере 48 часов при 23±2 °С.

Измерения свойств растяжения образца, полученного путем литья под давлением, были проведены с использованием ISO 521-2:1996.

Образец типа 1А имел следующие размеры: общая длина ≥ 150 –200 мм, длина узкой части с параллельными сторонами = 80 ± 2 мм, радиус 20–25 мм, расстояние между широкими частями с параллельными сторонами 104–113 мм, ширина на концах = $20 \pm 0,2$ мм, ширина в узкой части $10 \pm 0,2$ мм, предпочтительная толщина $4 \pm 0,2$ мм, расчетная длина $50 \pm 0,5$ мм и начальное расстояние между зажимами = 115 ± 1 мм.

По меньшей мере 5 образцов испытывали с помощью устройства Tinius Olsen H10KT. Скорость испытания 50 мм/мин. Результаты испытаний представляют собой среднее значение этих измерений.

В таблице 7 представлена сводка физических свойств.

Таблица 7. Физические свойства

Физическое свойство	Q 0,9	Q 1,4
Модуль упругости при растяжении (МПа)	2260	1740
Напряжение при разрушении (МПа)	11,8	12,2
Макс. усилие (Н)	484	505
деформация при макс. напряжении (%)	1,02	1,48
Предел текучести (МПа)	12,1	12,3
Деформация при текучести (%)	0,97	1,29
Усилие при текучести (Н)	484	493
Общее удлинение (%)	1,18	1,74

Ударопрочность по Изоду (с надрезом)

Ударопрочность по Изоду с надрезом представляет собой одноточечное испытание, которое измеряет сопротивление материалов ударам качающегося маятника. Ударопрочность по Изоду (с надрезом) определяется как кинетическая энергия, необходимая для инициирования трещины и продолжения трещины до разрушения образца.

По меньшей мере 5 образцов испытывали с помощью устройства Tinus Olsen Impact, модель 503 (масса маятника 1 Дж). Результаты испытаний представлены в **таблице 8** и представляют собой средние значения этих измерений.

Таблица 8. Ударопрочность по Изоду (с надрезом)

	Q 0,9	Q 1,4
Прочность (кДж/м ² , ISO 180)	2,1	3,0
Прочность (Дж/м, ASTM D256)	21,8	28,0
Состояние разрыва*	П	Ш

*Н — не- / Ч — частичный / П — полный / Ш — шарнирный

Q 0,9 и Q 1,4 продемонстрировали улучшенную ударопрочность по Изоду по сравнению с композитным материалом WO2010/082202 (см. также таблицу 13).

Ударная вязкость по Шарпи

Испытание на ударную вязкость по Шарпи представляет собой одноточечное испытание, которое измеряет сопротивление материалов ударам качающегося маятника. Ударная вязкость по Шарпи определяется как кинетическая энергия, необходимая для инициирования трещины и продолжения трещины до разрушения образца. Полученные значения можно использовать для контроля качества или для различения общей прочности.

По меньшей мере 5 образцов испытывали с помощью устройства Tinius Olsen Impact, модель 503 (масса маятника 1 Дж). Результаты, представленные в таблице, представляют собой среднее значение этих измерений.

Ударная вязкость по Шарпи Q 0,9 и Q 1,4 представлена в **таблице 9**.

Таблица 9. Ударная вязкость по Шарпи

	Q 0,9	Q 1,4
Прочность (кДж/м ² , ISO 179)	2,3	3,1
Прочность (Дж/м, ASTM D256)	18,0	24,3
Состояние разрыва*	П	Ш

*Н — не- / Ч — частичный / П — полный / Ш — шарнирный

Q 0,9 и Q 1,4 продемонстрировали улучшенную ударную вязкость по Шарпи по сравнению с композитным материалом WO2010/082202 (см. также таблицу 12).

Испытания на изгиб

Испытание на изгиб измеряет усилие, необходимое для изгибания бруска в условиях трехмерной нагрузки. Данные часто используют для выбора материалов для частей, которые будут поддерживать нагрузку без изгибания. Модуль упругости при изгибе используют в качестве показателя жесткости материала при изгибе.

По меньшей мере 5 образцов испытывали с помощью устройства Tinius Olsen H10KT. Результаты, представленные в **таблице 10**, представляют собой среднее значение этих измерений.

Таблица 10: Результаты испытаний на изгиб (ISO 178)

	Q 0,9	Q 1,4
Модуль упругости при изгибе (МПа)	2900	2100
Максимальное усилие (Н)	40,9	42,3
Прочность при изгибе (МПа)	23,8	24,6
Общее удлинение (%)	1,8	2,9

Содержание золы

Для определения того, заполнены ли Q 0,9 или Q 1,4, использовали испытание зольности. Испытание обычно определяет общее содержание наполнителя или содержание неорганических веществ. Образцы для испытаний составляли 5 г каждый.

Результаты содержания золы в Q 0,9 и Q 1,4 составляют 10,4% и 7,9% соответственно.

Следует отметить, что низкое содержание золы означает низкое количество минеральных веществ в композите, что приводит к улучшению термопластичных свойств. По сравнению с композитным материалом WO2010/082202 очевидно, что композитный материал, описанный в настоящем документе, имеет значительно более низкое содержание золы.

Поверхностная энергия

Прочность притяжения между материалом и покрытием определяется относительной поверхностной энергией / поверхностным натяжением материалов. Чем выше поверхностная энергия твердого вещества относительно поверхностного натяжения жидкости, тем больше молекулярное притяжение, которое притягивает краску, чернила или адгезив для обеспечения высокой прочности сцепления. Чем ниже поверхностная энергия твердого вещества относительно поверхностного натяжения жидкости, тем слабее притягивающие силы, и это будет отталкивать покрытие.

Было обнаружено, что поверхностная энергия Q 0,9 и Q 1,4 одинакова, составляя 36 дин/см. Что касается поверхностной энергии, следует отметить, что для большей части печати на основе растворителя типы пластика необходимо обрабатывать на уровне от 36 до 40 дин/см. Таким образом, Q 0,9 и Q 1,4 демонстрируют очень хорошую поверхностную энергию в отличие от обычных типов пластика.

Кислородный индекс

Для определения поведения в отношении горения в соответствии с кислородным индексом испытательный образец поддерживается вертикально в смеси кислорода и азота, протекающей вверх через прозрачную дымовую трубу. Верхний конец образца поджигается и наблюдается последующее горение образца. Период, в течение которого продолжается горение, или длина сожженного образца сравниваются с указанными пределами для такого горения. Путем испытания ряда образцов при различных концентрациях кислорода оценивают минимальную концентрацию кислорода.

Согласно вышеизложенному, кислородный индекс Q 0,9 составлял 21,3%.

Плотность

Плотность представляет собой отношение массы образца к его объему, выраженное в кг/м³. Для определения плотности образец выдерживали в течение 40 часов при 23 °С ± 2 °С и комнатной влажности 50 ± 5%. Объем образца составлял не менее 1 см³, и его поверхность и края были сглажены. Толщина образца составляла по меньшей мере 1 мм для каждого 1 г массы. Было обнаружено, что образец массой от 1 до 5 г является удобным, но также допустимы образцы приблизительно до 50 г.

Для определения плотности образец взвешивают на воздухе (А), а затем снова во вспомогательной жидкости (В) с известной плотностью, в данном примере этаноле.

Затем плотность твердого ρ рассчитывают в соответствии со следующим уравнением:

$$\rho = \frac{A}{A - B} (\rho_0 - \rho_L) + \rho_L$$

ρ = плотность образца

А = масса образца в воздухе

В = масса образца в вспомогательной жидкости (этаноле)

ρ_0 = плотность вспомогательной жидкости (этанола)

ρ_L = плотность воздуха

Плотность этанола составляет 789 кг/м³ и воздуха — 1,225 кг/м³.

Плотность определяют при стандартной комнатной температуре 23 °С ± 2 °С.

Плотность Q 1,9 и Q 1,4 при 23 °С по отношению к этанолу представлена в **таблице 11**.

Таблица 11. Плотность

	Q 0,9	Q 1,4
Плотность (г/см ³)	1,20	1,12

Желательно получить продукт с низкой плотностью, поскольку типы пластика продаются по цене за фунт, а более низкая плотность (или более низкая удельная плотность) будет означать больше материала на единицу массы. Как показано в таблице 13, плотность Q 0,9 и Q 1,4 была ниже, чем композитного материала, описанного в WO2010/082202.

Пример 3. Сравнение с композитным материалом WO2010/082202

Для оценки превосходства композитных материалов, описанных в настоящем документе, было выполнено сравнение с композитным материалом, описанным в WO2010/082202. В таблице 12 представлено сравнение.

Таблица 12. Сравнение с WO2010/082202

Параметр	Един. измерения	WO2010/082202 (поддержка)	Q 0,9	Q 1,4
Поверхностная энергия	дин/см	44–48 (таблицы 3 и 12)	36	36
Плотность	г/см ³	1,35–1,55 (таблицы 3 и 8)	1,20	1,12
ТГА	°С	170 (Фиг. 3 и 4)	218	224
Прочность на растяжение	МПа	5,13–6,25 (таблицы 8 и 9)	12,1	12,3
Модуль упругости при растяжении	МПа	686 –1,160 (таблицы 8 и 9)	2260	1740
Модуль упругости при изгибе	МПа	830–1935 (таблицы 8 и 9)	2900	2100
Прочность на изгиб	МПа	7,68–13,3 (таблицы 8 и 9)	23,8	24,6

Параметр	Един. измерения	WO2010/082202 (поддержка)	Q 0,9	Q 1,4
Ударопрочность по Изоду с надрезом	кДж/м ²	1,2 (стр. 25, 12 кДж/м)	2,1	3,0
Ударная вязкость по Шарпи	кДж/м ²	1,39–2,22 (таблица 8 и 9)	2,25	3,06
Удельная теплоемкость	кДжК ⁻¹ кг ⁻¹	4,4 (таблица 3)	НО	НО
Огнестойкость (LOI)	%	22	21,3	НО
ДНК		+	+	+
Хлорофилл		+	+	+
Ca	мг/г	24,7–32 (таблица 2)	29,6	25,8
Fe	мг/г	4,4–6,54 (таблица 2)	1,3	0,9
Na	мг/г	7 (таблица 2)	4,0	2,9
Al	мг/г	10,5–13,9 (таблица 2)	3,1	3,7
K	мг/г	2,19 (таблица 2)	2,1	1,5
Mg	мг/г	6,14 (таблица 2)	1,2	0,9
P	мг/г	0,66 (таблица 2)	0,7	2,5
Zn	мг/г	0,36 (таблица 2)	0,1	0,0
Si	мг/г	71,3 (Таблица 2)	1,7	1,0
S	мг/г	0,74 (таблица 2)	1,4	1,1

+ - указывает, что обнаружено присутствие элемента

НО - указывает, что элемент не был обнаружен.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композитный материал, содержащий однородную смесь:

- a. по меньшей мере около 40% масс./масс. непластикового органического вещества от общей массы композитного материала, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу; и
- b. от около 5% масс./масс. до около 60% масс./масс. пластикового вещества от общей массы указанного композитного материала, причем указанное пластиковое вещество содержит множество синтетических термопластичных полимеров;
- c. до 15% масс./масс. неорганического вещества;

причем указанный композитный материал содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала; и

причем указанный композитный материал характеризуется по меньшей мере одним из следующих свойств:

- он имеет ударопрочность по Изоду с надрезом по меньшей мере 15 ч/м; и
- образец указанного композитного материала, который подвергали литью под давлением, имеет по меньшей мере одно из следующего:

прочность на растяжение по меньшей мере 8 МПа; и

прочность на изгиб по меньшей мере 15 МПа.

2. Композитный материал по п. 1, в котором указанные арилсодержащие синтетические полимеры содержат полиэтилентетрафталат (ПЭТ).

3. Композитный материал по п. 2, содержащий указанный ПЭТ в количестве менее 5% от общей массы указанного композитного материала.

4. Композитный материал по любому из пп. 1–3, характеризующийся по меньшей мере одним из следующих признаков:

- указанный композитный материал имеет плотность, равную или составляющую менее 1,2 г/см³
- указанный композитный материал имеет температуру термогравиметрического анализа (ТГА) выше 200 °С;

- образец указанного композитного материала, который подвергали литью под давлением, имеет по меньшей мере одно из следующего:
 - прочность на растяжение по меньшей мере 10 МПа;
 - модуль упругости при растяжении по меньшей мере 1500 МПа;
 - модуль упругости при изгибе по меньшей мере 1500 МПа; и
 - прочность на изгиб по меньшей мере 20 МПа; и
 - указанный композитный материал содержит менее 5 мг/г силикатов.
- 5.** Композитный материал по п. 1 или 4, содержащий галогенированные полимеры в количестве менее чем около 1% масс./масс. от общей массы указанного композитного материала.
- 6.** Композитный материал по любому из пп. 1–5, имеющий плотность, равную или составляющую менее 1,2 г/см³.
- 7.** Композитный материал по любому из пп. 1–6, имеющий температуру термогравиметрического анализа (ТГА) выше 200 °С.
- 8.** Композитный материал по любому из пп. 1–7, в котором в образце указанного композитного материала, который был подвергнут литью под давлением, образец имеет:
- прочность на растяжение по меньшей мере 10 МПа;
 - модуль упругости при растяжении по меньшей мере 1500 МПа;
 - модуль упругости при изгибе по меньшей мере 1500 МПа; и
 - прочность на изгиб по меньшей мере 20 МПа.
- 9.** Композитный материал по любому из пп. 1–8, содержащий менее 5 мг/г силикатов.
- 10.** Композитный материал по любому из пп. 1–9, содержащий переработанные частицы, имеющие распределение по размеру d₉₀, равное или составляющее менее 1500 мкм.
- 11.** Композитный материал по любому из пп. 1–10, содержащий переработанные частицы, имеющие распределение по размеру d₉₀, равное или составляющее менее 900 мкм.
- 12.** Способ получения композитного материала, включающий:
- а. подвергание неоднородного потребляемого материала в виде частиц по меньшей мере одному способу экструзии внутри экструдера при температуре,

поддерживаемой в пределах диапазона 150 °С и 200 °С, с получением таким образом указанного композитного материала;

причем указанный неоднородный потребляемый материал в виде частиц содержит:

- i. по меньшей мере 40% масс./масс. непластикового органического вещества от общей массы неоднородных отходов, причем указанное непластиковое органическое вещество содержит по меньшей мере целлюлозу; и
- ii. от около 5% масс./масс. до около 60% масс./масс. пластикового вещества от общей массы указанного композитного материала, причем указанное пластиковое вещество содержит множество синтетических термопластичных полимеров;
- iii. до 15% масс./масс. неорганического вещества от общей массы композитного материала; и

причем указанный неоднородный потребляемый материал содержит арилсодержащие синтетические полимеры в количестве менее 10% от общей массы указанного композитного материала.

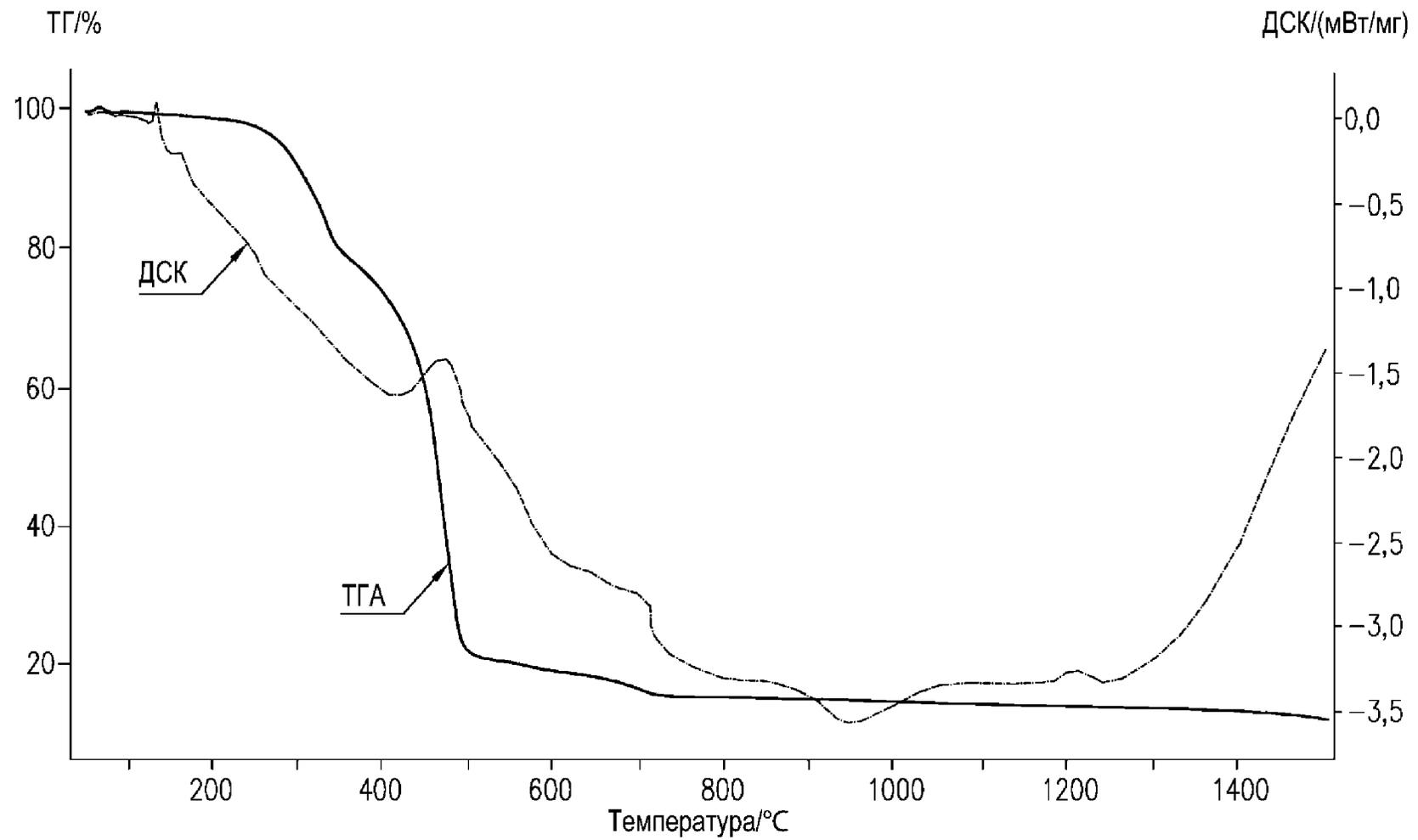
13. Способ по п. 12, в котором указанный потребляемый материал содержит галогенированные полимеры в количестве менее чем около 1% масс./масс. от общей массы указанного композитного материала.

14. Способ по п. 12 или 13, в котором указанные арилсодержащие синтетические полимеры содержат ПЭТ.

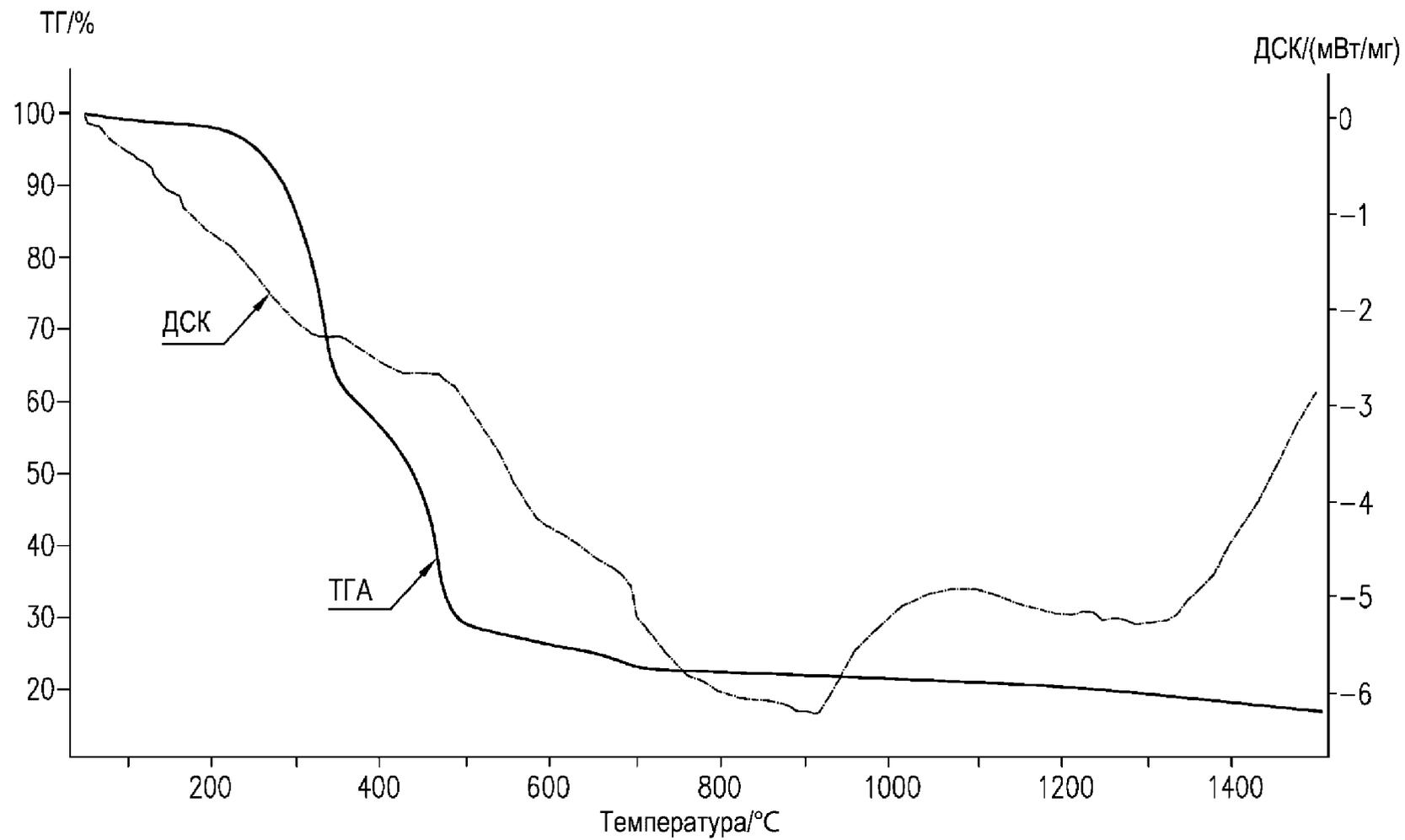
15. Способ по п. 14, в котором указанный потребляемый материал содержит ПЭТ в количестве менее 5% от общей массы указанного композитного материала.

16. Способ по любому из пп. 12–15, включающий подвергание неоднородных отходов в виде частиц по меньшей мере одной стадии разделения перед указанным способом экструзии, причем стадия разделения включает удаление одного или обоих из галогенированных полимеров и арилсинтетических полимеров из указанных неоднородных отходов в виде частиц на основе поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) для получения отсортированных неоднородных отходов.

17. Способ по любому из пп. 12–16, в котором указанный неоднородный потребляемый материал в виде частиц получают путем подвергания неоднородных отходов двум или более стадиям образования частиц и просеивания.
18. Способ по любому из пп. 12–17, включающий регулируемое постепенное охлаждение экструдата, выделяемого из экструдера.
19. Способ по любому из пп. 12–18, в котором указанный композитный материал подвергают по меньшей мере одной стадии переработки, включающей уменьшение размера композитного материала.
20. Способ по п. 19, в котором указанное уменьшение размера соответствует размеру, который по определению d_{90} составляет не более 1500 мкм.
21. Изделие промышленного производства, содержащее однородную смесь композитного материала по любому из пп. 1–11 и по меньшей мере один полиолефин.
22. Способ получения изделия промышленного производства, включающий обработку композитного материала по любому из пп. 1–11 вместе с по меньшей мере одним полиолефином, причем указанная обработка включает по меньшей мере одно из экструзии и формования, и причем указанная обработка обеспечивает однородное смешивание композитного материала с по меньшей мере одним полиолефином.

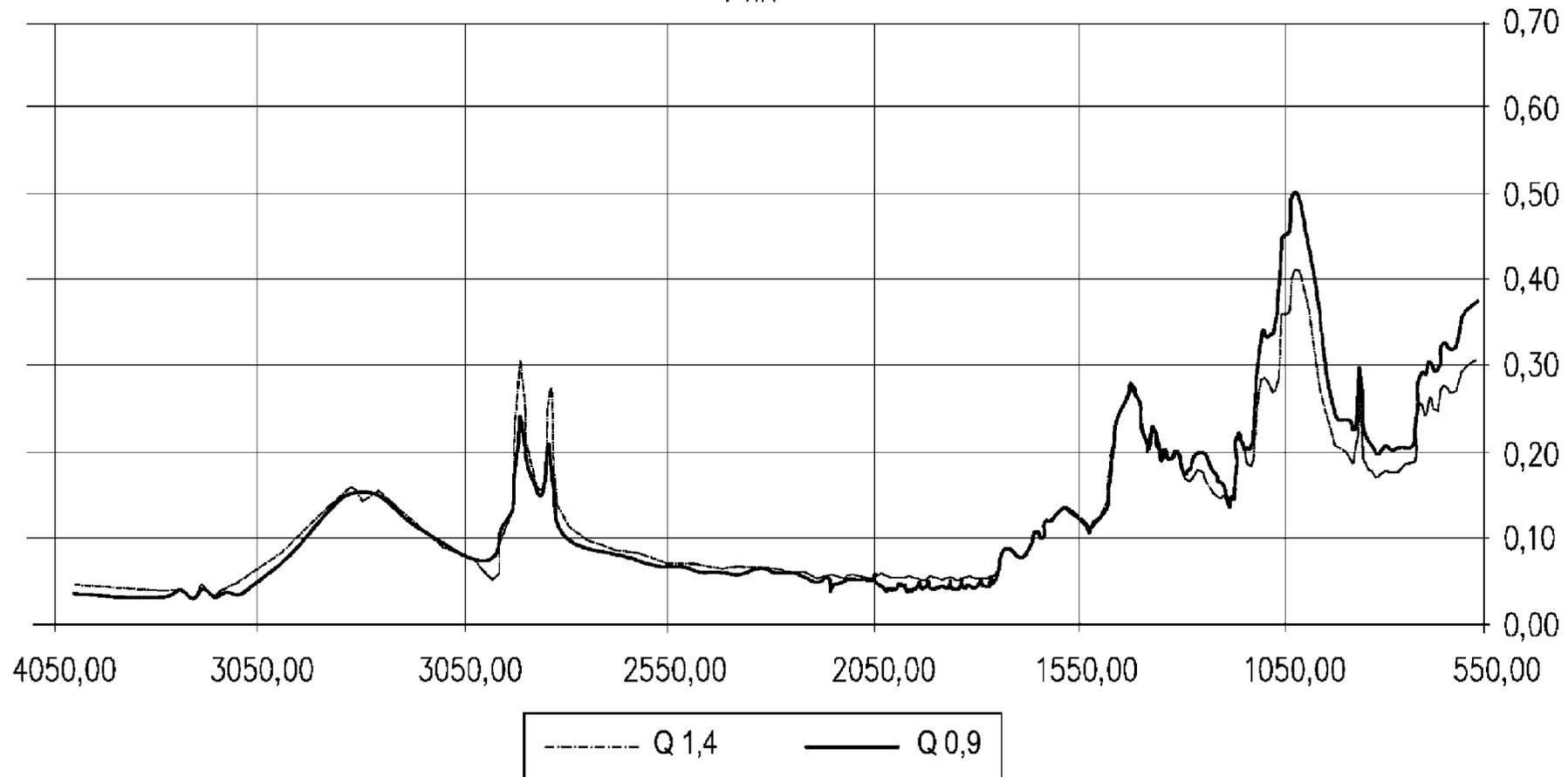


ФИГ. 1А



ФИГ. 1Б

FTIR



3/3

ФИГ. 2