

Настоящее изобретение относится к покрытию для кабелей, которое способно защитить кабель от случайных ударов.

Случайные удары на кабель, которые могут иметь место, например, во время их транспортировки, укладки и тому подобного, могут вызвать ряд конструкционных изменений в кабеле, включая деформацию изолирующего слоя, отслаивание изолирующего слоя от полупроводящего слоя и тому подобное; это повреждение может привести к изменениям в электрическом градиенте изолирующего покрытия с последующим снижением изолирующей способности этого покрытия.

В кабелях, которые имеются в настоящее время в продаже, например, в тех, которые предназначены для передачи или распределения электрического тока низкого или среднего напряжения, обычно наносят металлическую броню, способную выдержать такие удары, для защиты кабелей от возможных повреждений, вызванных случайными ударами. Эта броня может быть в форме лент или проволоки (обычно изготовленной из стали) либо в форме металлической оболочки (изготовленной обычно из свинца или алюминия); в свою очередь, эту броню покрывают обычно наружной полимерной оболочкой. Пример такой конструкции кабеля описан в патенте США № 5153381.

Заявитель обнаружил, что присутствие вышеупомянутой металлической брони имеет определенные недостатки. Например, нанесение вышеупомянутой брони включает в себя одну или более дополнительных фаз в процессе обработки кабеля. К тому же, присутствие металлической брони увеличивает значительно вес кабеля в дополнение к созданию проблем защиты окружающей среды, поскольку кабель, изготовленный таким образом, нелегко утилизировать, если его необходимо заменить.

В патенте Японии, опубликованном под номером (Кокай) 7-320550, описан бытовой кабель с покрытием, стойким к ударным нагрузкам, имеющим толщину 0,2-1,4 мм, расположенным между изолятором и наружной оболочкой. Это стойкое к ударным нагрузкам покрытие состоит из невспененного полимерного материала, содержащего полиуретан в качестве основного компонента.

С другой стороны, известно, что в конструкции кабелей используют вспененные полимерные материалы для различных целей.

Например, в заявке на патент Германии № Р 15 15 709 раскрыто применение промежуточного слоя между наружной пластмассовой оболочкой и внутренней металлической оболочкой кабеля с целью повышения стойкости наружной пластмассовой оболочки к низким температурам. В этом документе не упоминается о защите внутренней структуры кабеля упомянутым промежуточным слоем. На самом деле, такой промежуточный слой должен компенсировать уп-

ругие натяжения, создаваемые в наружной пластмассовой оболочке вследствие понижения температуры, и он может состоять из свободно расположенных стекловолокон или из материала, который может быть вспененным или включающим в себя полые стеклянные сферы.

Другой документ, полезная модель Германии № G 81 03 947.6, раскрывает электрический кабель для применения в соединениях внутри устройств и машин, имеющий особую механическую стойкость и гибкость. Этот кабель особенно предназначен для прохождения по шкиву, и он достаточно гибкий для восстановления его прямой структуры после прохождения по шкиву. Таким образом, этот тип кабеля особенно предназначен противостоять механическим нагрузкам статического типа (например, тем, которые создаются во время его прохождения по шкиву) и его основным отличительным признаком является гибкость. Специалистам в данной области техники ясно, что этот тип кабеля значительно отличается от силовых или распределительных кабелей электрического тока низкого или среднего напряжения, имеющих металлическую броню, которая должна скорее, чем быть гибкой, должна быть способной выдерживать динамические нагрузки вследствие ударов определенной силы на кабель.

Известно также использование вспененных материалов в кабелях коаксиального типа или скрученного парама, предназначенных для передачи сигналов, для изоляции проводящего металла. Коаксиальные кабели предназначены обычно для передачи высокочастотных сигналов, например, коаксиальные кабели для телевидения (CAT=групповой прием телевизионных передач с общей антенной) (10-100 МГц), спутниковые кабели (до 2 ГГц), коаксиальные кабели для компьютеров (свыше 1 МГц); традиционные телефонные кабели, обычно несущие сигналы с частотой около 800 Гц.

Цель использования вспененного изолятора в таких кабелях заключается в повышении скорости передачи электрических сигналов для приближения к идеальной скорости передачи сигналов в антенном проводящем металле (которая близка к скорости света). Причиной для этого является то, что по сравнению с невспененными полимерными материалами, вспененные материалы обычно имеют низкую диэлектрическую постоянную ( $K$ ), которая пропорционально ближе к диэлектрической постоянной воздуха ( $K=1$ ), чем выше степень вспенивания полимера.

Например, патент США № 4711811 описывает кабель для передачи сигналов, имеющий вспененный фтор-полимер в качестве изолятора (толщиной 0,05-0,76 мм), плакированный пленкой сополимера этилена/тетрафторэтилена или сополимера этилена/хлортрифторэтилена (толщиной 0,013-0,254 мм). Как описано в этом патенте, цель вспененного полимера заключается

в изоляции проводника, тогда как назначение пленки из невспененного полимера, которая покрывает вспененный полимер, состоит в улучшении механических свойств изоляции, в частности, путем придания ему необходимой прочности на сжатие, когда два изолированных проводника скручивают для образования так называемой "скрученной пары" (двухжильный шнур).

Патент EP 442 346 описывает кабель для передачи сигналов с изолирующим слоем на основе вспененного полимера, расположенным прямо вокруг проводника; этот вспененный полимер имеет сверхпористую структуру с объемом пустот свыше 75% (соответствует степени расширения свыше 300%). Сверхпористая структура этого полимера должна быть такой, чтобы он сжимался, по меньшей мере, на 10% под нагрузкой  $6,89 \times 10^4$  Па и восстанавливался, по меньшей мере, на 50% от его первоначального объема после удаления нагрузки; эти значения соответствуют приблизительно типичным значениям прочности при сжатии, которую должен иметь материал, чтобы выдерживать сжатие во время скручивания кабелей.

В международной заявке на патент WO 93/15512, которая также относится к кабелю для передачи сигналов, имеющему изолирующее покрытие из вспененного материала, указано, что путем покрытия вспененного изолятора слоем невспененного изолирующего термопластичного полимера (как описано, например, в вышеупомянутом патенте США № 4711811) достигается требуемая прочность на сжатие, однако это уменьшает скорость распространения сигнала. Указанная заявка на патент WO 93/15512 описывает коаксиальный кабель с двойным слоем изолирующего покрытия, где оба слоя состоят из вспененного полимерного материала; внутренний слой состоит из микропористого политетрафторэтилена (ПТФЭ), а наружный слой - из вспененного полимера со структурой закрытых ячеек, в частности, из полимеров перфторалкокситетрафторэтилена (PFA). Изолирующее покрытие на основе вспененного полимера получают экструдированием полимера (PFA) на внутренний слой изолятора ПТФЭ, путем инъекции газа Фреона 113 в качестве порофора. Согласно представленным в описании данным, этот вспененный изолятор со структурой закрытых ячеек позволяет поддерживать высокую скорость передачи сигналов. К тому же в этой заявке на патент он определен как стойкий к сжатию, хотя там не представлены числовые данные в отношении этой прочности на сжатие. В описании подчеркивается тот факт, что проводники, покрытые таким изолятором из двух слоев, можно подвергать скручиванию. Кроме того, согласно этой заявке на патент, увеличение объема пустот в наружном слое из вспененного материала позволяет получить увеличение скорости передачи, тем самым

приводя к небольшим изменениям в способности этого покрытия препятствовать сжатию внутреннего слоя вспененного материала.

Как можно видеть из вышеуказанных документов, основной целью использования вспененных полимерных материалов со "структурой открытых ячеек" в качестве изолирующих покрытий для кабелей, предназначенных для передачи сигналов, является повышение скорости передачи электрического сигнала, однако эти покрытия из вспененных материалов имеют недостаток, заключающийся в том, что они обладают недостаточной прочностью на сжатие. Некоторые вспененные материалы были, в общем, определены также как "стойкие к сжатию", поскольку они должны обеспечивать не только высокую скорость передачи сигнала, но также достаточную стойкость к силам сжатия, обычно создаваемым во время скручивания вместе двух проводников, покрытых вышеупомянутой вспененной изоляцией, таким образом, также в этом случае приложенная нагрузка является по существу нагрузкой статического типа.

Таким образом, хотя, с одной стороны, для этих изолирующих покрытий из вспененного полимерного материала, предназначенных для кабелей, передающих сигналы, требуются такие характеристики, чтобы они могли нести относительно умеренную нагрузку при сжатии (например, ту, которая создается во время скручивания вместе двух кабелей), однако, с другой стороны, в любом документе, известном заявителю, не упоминается о каком-либо типе прочности при ударных нагрузках, которая может обеспечиваться покрытием из вспененного полимерного материала. Кроме того, хотя такое изолирующее покрытие из вспененного материала способствует достижению более высокой скорости передачи сигнала, считается, что оно менее эффективно, чем покрытие, изготовленное из подобного невспененного материала, когда это касается прочности на сжатие, как указано в вышеупомянутой заявке на патент WO 93/15512.

Заявитель установил теперь, что включение в конструкцию силового кабеля соответствующего покрытия из вспененного полимерного материала, имеющего соответствующую толщину и модуль упругости при изгибе, предпочтительно в контакте с оболочкой наружного полимерного покрытия, позволяет получить кабель, имеющий высокую прочность при ударных нагрузках, таким образом можно исключить применение вышеупомянутой защитной металлической брони в конструкции этого кабеля. В частности, заявитель обнаружил, что необходимо выбирать такой полимерный материал, чтобы он имел достаточно высокий модуль упругости при изгибе, измеренный до его вспенивания, для достижения требуемых свойств стойкости к ударным нагрузкам, а также для исключения возможности повреждения внут-

ренной структуры кабеля вследствие нежелательных ударов по его наружной поверхности. В настоящем описании термин "удар" использован для всех этих динамических нагрузок определенной энергии, способных вызвать существенные повреждения структуры обычных небронированных кабелей, тогда как на обычные бронированные кабели они оказывают незначительный эффект на их структуру. Что касается обозначения, то такой удар можно считать ударной нагрузкой на наружную оболочку кабеля, который имеет величину примерно 20-30 джоулей и образован V-образным пуансоном с закругленной кромкой, имеющим радиус кривизны примерно 1 мм.

Заявитель обнаружил неожиданно также то, что вспененный полимерный материал, применяемый в качестве покрытия для кабелей в соответствии с настоящим изобретением, позволяет получить прочность при ударных нагрузках, которая лучше той, которая достигается при применении подобного покрытия, основанного на том же самом полимере, но не подвергнутому вспениванию.

Кабель с покрытием этого типа имеет различные преимущества по сравнению с обычным кабелем с металлической броней, например, более легкая обработка, уменьшение веса и размеров готового кабеля и уменьшение воздействия на окружающую среду, что касается переработки кабеля после завершения его рабочего цикла.

Таким образом, один аспект настоящего изобретения относится к силовому передающему кабелю, содержащему: а) проводник; б) по меньшей мере, один слой компактного изолирующего покрытия; с) покрытие, изготовленное из вспененного полимерного материала, причем названный полимерный материал имеет заданные механические прочностные свойства и заданную степень расширения для придания кабелю свойств стойкости к ударным нагрузкам.

Согласно предпочтительному аспекту настоящего изобретения, вспененный полимерный материал получают из полимерного материала, который имеет до вспенивания модуль упругости при изгибе при комнатной температуре, измеренный в соответствии со стандартом ASTM D790, свыше 200 МПа, предпочтительно между 400 МПа и 1500 МПа, причем особенно предпочтительны значения между 600 МПа и 1300 МПа.

Согласно предпочтительному аспекту, названный полимерный материал имеет степень расширения от около 20% до примерно 3000%, предпочтительно от около 30% до около 500%, при этом степень расширения от около 50% до около 200% особенно предпочтительна.

Согласно предпочтительному варианту настоящего изобретения, покрытие из вспененного полимерного материала имеет толщину, по меньшей мере, 0,5 мм, предпочтительно между

1 и 6 мм, в частности, между 2 и 4 мм. Согласно предпочтительному аспекту настоящего изобретения, этот вспененный полимерный материал выбирают из полиэтилена (ПЭ), полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), полиэтилена средней плотности (ПЭСП), полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП); полипропилена (ПП); этиленпропиленового каучука (ЭПК), сополимера этилена и пропилена (ЭПС), этиленпропилендиенового терполимера (ЭПДМ); натурального каучука; бутилкаучука; сополимера этилен/винилацетата (ЭВА); полистирола; сополимера этилен/метилакрилата (ЭМА), сополимера этилен/этилакрилата (ЭЭА), сополимера этилен/бутилакрилата (ЭБА); сополимера этилен/олефина; акрилонитрилбутадиенстироловых смол (АБС); галогенсодержащего полимера, поливинилхлорида (ПВХ); полиуретана (ПУ); полиамида; ароматического сложного полиэфира, полиэтилентерефталата (ПЭТ), полибутилентерефталата (ПБТ); сополимеров или их механических смесей.

Согласно другому предпочтительному аспекту, этот полимерный материал является полиолефиновым полимером или сополимером на основе полиэтилена (ПЭ) и/или полипропилена (ПП), модифицированного предпочтительно этиленпропиленовым каучуком, в котором весовое соотношение ПП/ЭПК находится между 90/10 и 50/50, предпочтительно между 85/15 и 60/40, в частности около 70/30.

Согласно еще одному предпочтительному аспекту, этот полиолефиновый полимер или сополимер на основе полиэтилена и/или полипропилена содержит заданное количество вулканизированного каучука в порошковой форме, предпочтительно между 10 и 60% по весу полимера.

Согласно другому предпочтительному аспекту, этот кабель содержит также наружную оболочку, которая находится в контакте предпочтительно с покрытием из вспененного полимера, причем эта оболочка имеет предпочтительно толщину, по меньшей мере, 0,5 мм, предпочтительно между 1 и 5 мм.

Другой аспект настоящего изобретения касается способа сообщения кабелю стойкости к ударным нагрузкам, который заключается в нанесении на этот кабель покрытия из вспененного полимерного материала.

Этот способ сообщения кабелю стойкости к ударным нагрузкам включает также, согласно предпочтительному аспекту, нанесение на это покрытие из вспененного материала наружной защитной оболочки.

Другой аспект настоящего изобретения относится к применению вспененного полимерного материала для сообщения силовому кабелю стойкости к ударным нагрузкам.

Следующий аспект настоящего изобретения относится к способу оценки стойкости ка-

беля к ударным нагрузкам, который содержит по меньшей мере одно изолирующее покрытие, этот способ включает а) измерение средней прочности на отрыв упомянутого изолирующего слоя; б) подвергание кабеля ударной нагрузке с заданной энергией; с) измерение прочности на отрыв изолирующего слоя в точке удара; d) проверка, чтобы различие между средней прочностью на отрыв и прочностью на отрыв, измеренной в точке удара, было меньше заданного значения для упомянутого кабеля относительно средней прочности на отрыв.

Согласно предпочтительному аспекту, эту прочность на отрыв измеряют между слоем изолирующего покрытия и наружным слоем полупроводящего покрытия.

В настоящем описании термин "степень расширения полимера" относится к расширению полимера, определенному следующим путем:

$$G (\text{степень расширения}) = (d_o/d_e - 1) \cdot 100,$$

где  $d_o$  обозначает плотность невспененного полимера (т.е. полимера со структурой, которая по существу свободна от объема пустот), а  $d_e$  обозначает кажущуюся плотность, измеренную для вспененного полимера.

Для целей настоящего описания термин "вспененный" полимер относится к полимеру, внутри структуры которого процентное содержание объема пустот (т.е. пространство, занятое не полимером, а газом или воздухом) составляет обычно свыше 10% от общего объема этого полимера.

В настоящем описании термин "прочность на отрыв" относится к силе, необходимой для отделения (отслаивания) слоя покрытия от проводника или от другого слоя покрытия; в случае отделения двух слоев покрытия друг от друга, эти слои обычно являются изолирующим слоем и наружным полупроводящим слоем.

Типично изолирующий слой силовых кабелей имеет диэлектрическую постоянную (K) свыше 2. Кроме того, по сравнению с кабелями для передачи сигналов, в которых параметр "электрический градиент" не имеет какого-либо значения, к силовым кабелям прилагают электрические градиенты в интервале от примерно 0,5 кВ/мм для низкого напряжения до примерно 10 кВ/мм для высокого напряжения; таким образом присутствие в этих кабелях неоднородности в изолирующем покрытии (например, объемов пустот), которая может привести к локальному изменению в диэлектрической прочности с последующим уменьшением изолирующей способности, необходимо исключить. Таким образом этот изолирующий материал будет обычно компактным полимерным материалом, в котором термин "компактный" изолятор, в настоящем описании, относится к изолирующему материалу, имеющему диэлектрическую постоянную, по меньшей мере, 5 кВ/мм, предпочтительно свыше 10 кВ/мм, а для силовых кабелей среднего-высокого напряжения предпочтитель-

но свыше 40 кВ/мм. По сравнению со вспененным полимерным материалом этот компактный материал по существу свободен от объема пустот внутри его структуры; в частности этот материал будет иметь плотность 0,85 г/см<sup>3</sup> или выше.

В настоящем описании термин "низкое напряжение" означает напряжение до 1000 В (обычно свыше 100 В), термин "среднее напряжение" означает напряжение от примерно 1 до примерно 30 кВ, а термин "высокое напряжение" относится к напряжению свыше 30 кВ. Такие силовые кабели работают обычно при номинальных частотах 50 или 60 Гц.

Хотя в данном описании применение покрытия из вспененного полимера проиллюстрировано подробно со ссылкой на силовые кабели, в которых это покрытие может успешно заменить металлическую броню, используемую в таких кабелях, однако, специалистам в этой области техники ясно, что это покрытие из вспененного материала можно успешно применять в любом типе кабеля, для которого было бы желательно сообщить такому кабелю соответствующую защиту от ударов. В частности, определение силовых кабелей включает не только те, которые предназначены для низкого и среднего напряжения, но также кабели для передачи электрического тока высокого напряжения.

Настоящее изобретение может быть понято с помощью следующих чертежей.

Фиг. 1 показывает силовой кабель трехполюсного типа, снабженный металлической броней согласно состоянию техники на настоящее время.

Фиг. 2 представляет первый вариант кабеля трехполюсного типа согласно настоящему изобретению.

Фиг. 3 представляет второй вариант кабеля униполюсного типа в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 1 показывает схематически, в поперечном разрезе, силовой кабель трехполюсного типа для передачи тока среднего напряжения, снабженный металлической броней, согласно известной конструкции. Этот кабель содержит три проводника (1), каждый из которых покрыт внутренним полупроводящим покрытием (2), изолирующий слой (3), наружный полупроводящий слой (4) и металлическую оболочку (5); с целью упрощения описания, эту полуготовую структуру называют далее "жилой". Три жилы соединяют вместе, а промежутки в звездообразной области между ними заполняют наполнителем (9), (обычно им являются смеси эластомеров, полипропиленовые волокна и т.п.), для получения конструкции круглого поперечного сечения, которую покрывают, в свою очередь, внутренней полимерной оболочкой (8), броней из металлической проволоки (7) и наружной полимерной оболочкой (6).

Фиг. 2 показывает кабель, в соответствии с настоящим изобретением, схематически в поперечном разрезе; кабель - также трехполюсного типа, и он предназначен для передачи тока среднего напряжения. Этот кабель содержит три проводника (1), каждый из которых покрыт внутренним полупроводящим покрытием (2), изолирующим слоем (3), наружным полупроводящим слоем (4) и металлической оболочкой (5); области в форме звезды между жилами заполнены, в этом случае, ударостойким вспененным полимерным материалом (10), который покрыт, в свою очередь, наружной полимерной оболочкой. В покрытии (10) из вспененного материала обозначен (пунктирной линией) также круглый ободок (10а), который соответствует минимальной толщине покрытия из вспененного полимера вблизи наружной поверхности жил.

Фиг. 3 схематически представляет кабель в поперечном разрезе в соответствии с настоящим изобретением, унipoлюсного типа для передачи электрического тока среднего напряжения. Этот кабель содержит центральный проводник (1), покрытый внутренним полупроводящим покрытием (2), изолирующим слоем (3), наружным полупроводящим слоем (4), металлической оболочкой (5), слоем материала из вспененного полимера (10) и наружной полимерной оболочкой (6). В случае этого унipoлюсного кабеля, показанного на фигуре 3, поскольку жила имеет круглое поперечное сечение, круглый ободок (10а), указанный в примере трехполюсного кабеля, совпадает со слоем вспененного полимерного материала (10).

Очевидно, что эти фигуры показывают только несколько возможных вариантов кабеля, в которых можно успешно использовать настоящее изобретение. Ясно, что в этих вариантах возможны различные известные в технике модификации без какого-либо ограничения настоящей заявки на изобретение. Например, промежутки в области между жилами в форме звезды, можно заполнить заранее обычным наполнителем, как показано на фиг. 2, и таким образом получить полуобработанный кабель с поперечным сечением, соответствующим приблизительно круглому поперечному сечению внутри круглого ободка (10а), а затем на этот полуобработанный кабель, в области поперечного сечения, можно экструдировать слой вспененного полимерного материала (10) толщиной, соответствующей примерно круглому ободку (10а), а затем нанести наружную оболочку (6). Или же, жилы можно снабдить сектором поперечного сечения таким образом, что, когда эти жилы соединяют вместе, образуется кабель примерно круглого поперечного сечения без необходимости применения наполняющего материала для областей в форме звезды; затем слой ударостойкого вспененного полимерного материала (10) экструдировать на эти жилы, соединяя таким об-

разом их вместе, с последующим нанесением наружной оболочки (6).

В случае с кабелями для передачи электрического тока низкого напряжения конструкция этих кабелей обычно будет содержать только изолирующее покрытие, расположенное непосредственно в контакте с проводником, который имеет, в свою очередь, покрытие из вспененного полимерного материала и наружную оболочку.

Специалистам в данной области техники, которые способны оценить наиболее подходящее решение, основанное, например, на затратах, типе укладки кабеля (воздушный, вставленный в трубопроводы, уложенные прямо в грунт, внутри зданий, под морем и т.п.), рабочей температуре кабеля (максимальная и минимальная температуры, интервалы температур окружающей среды и т.п.), хорошо известны другие решения.

Покрытие из вспененного полимерного материала, стойкого к ударным нагрузкам, может состоять из любого типа вспененного полимера, например, полиолефинов, полиолефиновых сополимеров, сополимеров олефина/сложного эфира, сложных полиэфиров, поликарбонатов, полисульфонов, фенольных смол, карбамидных смол и их смесей. Примерами соответствующих полимеров являются полиэтилен (ПЭ), особенно полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полиэтилен средней плотности (ПЭСР), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП); полипропилен (ПП); этиленпропиленовый каучук (ЭПК), в частности, сополимер этилена и пропилена (ЭПМ) или этиленпропилендиеновый терполимер (ЭПДМ); натуральный каучук; бутилкаучук; сополимер этилена и винилацетата; полистирол; сополимер этилена/акрилата, особенно сополимер этилен/метилакрилата (ЭМА), сополимер этилен/этилакрилата (ЭЭА), сополимер этилен/бутилакрилата; сополимер этилена  $\alpha$ -олефина; акрилонитрилбутадиенстироловые смолы (АБС); галогенированные полимеры, особенно поливинилхлорид (ПВХ); полиуретан (ПУР); полиамиды; ароматические сложные полиэфиры, например, полиэтилентерефталат (ПЭТ) или полибутилентерефталат (ПЕТ); и сополимеры, или их механические смеси. Применяют предпочтительно полиолефиновые полимеры или сополимеры, особенно те, которые основаны на полиэтилене (ПЭ) и/или полипропилене, смешанные с этиленпропиленовыми каучуками. Можно применять преимущественно полипропилен, модифицированный этиленпропиленовым каучуком; весовое соотношение ПП/ЭПК находится между 90/10 и 50/50, предпочтительно между 85/15 и 60/40, причем особенно предпочтительно весовое соотношение примерно 70/30.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения, заявитель установил также то, что

полимерный материал, который подвергают вспениванию, особенно в случае с олефиновыми полимерами, в частности, полиэтилен или полипропилен можно механически смешивать с заданным количеством каучука в порошковой форме, например, с вулканизованным натуральным каучуком.

Типично, эти порошки получают из частиц размером между 10 и 1000 мкм, предпочтительно между 300 и 600 мкм. Можно успешно применять отходы вулканизованного каучука, образованные от обработки шин. Процентное содержание каучука в порошковой форме может составлять от 10 до 60% по весу относительно вспениваемого полимера, предпочтительно между 30 и 50%.

Вспениваемый полимерный материал, который применяют без дальнейшей обработки или применяют в качестве основы, которая способна к вспениванию, в смеси с порошкообразным каучуком, должен иметь такую жесткость, чтобы когда его подвергают вспениванию, он обеспечивал определенную величину желаемой стойкости к ударам, чтобы защитить внутреннюю часть кабеля (т.е. слой изолятора и полупроводящие слои, которые могут присутствовать) от повреждения вследствие случайных ударов, которые могут иметь место. Особенно этот материал должен иметь достаточно высокую способность поглощать энергию удара для передачи лежащему внизу изолирующему слою некоторого количества энергии, которая является такой, что изолирующие свойства расположенных снизу покрытий не изменяются выше заданного значения. Как показано более подробно в последующем описании, причиной этого является то, что заявитель обнаружил, что в кабеле, который подвергается ударам, наблюдается различие между средним значением и значением, измеренным в точке удара, прочности на отрыв нижних изолирующих покрытий; эту прочность на отрыв можно измерить преимущественно между изолирующим слоем и наружным полупроводящим слоем. Различие в этой прочности пропорционально больше, чем выше энергия удара, передаваемая лежащим внизу слоям; в том случае, когда прочность на отрыв измеряют между изолирующим слоем и наружным полупроводящим слоем, было оценено, что защитное покрытие предлагает достаточную защиту внутренним слоям, когда различие в прочности на отрыв в точке удара, по отношению к среднему значению, составляет менее 25%.

Заявитель обнаружил, что для этой цели особенно подходит полимерный материал, выбранный из вышеупомянутых полимеров, этот материал имеет, до его вспенивания, модуль упругости при изгибе при комнатной температуре свыше 200 МПа, предпочтительно, по меньшей мере, 400 МПа, измеренный согласно стандарту ASTM D790. С другой стороны, по-

скольку чрезмерная жесткость вспененного материала может сделать готовое изделие трудным в обработке, предпочтительно применять полимерный материал, имеющий модуль упругости при изгибе при комнатной температуре менее 2000 МПа. Полимерные материалы, которые особенно подходят для этой цели - это те, которые имеют, до вспенивания, модуль упругости при изгибе при комнатной температуре между 400 и 1800 МПа, причем особенно предпочтителен полимерный материал с модулем упругости при изгибе при комнатной температуре между 600 и 1500 МПа.

Эти значения модуля упругости при изгибе могут быть характеристикой конкретного материала, или они могут быть результатом смешения двух или более материалов, имеющих различные модули, смешанных в таком соотношении, чтобы получить требуемое значение жесткости для настоящего материала. Например, полипропилен, который имеет модуль упругости при изгибе свыше 1500 МПа, можно успешно модифицировать соответствующим количеством этиленпропиленового каучука (ЭПК), имеющего модуль упругости при изгибе примерно 100 МПа, с целью уменьшения его жесткости соответствующим образом.

Примерами коммерчески доступных полимерных соединений являются:

полиэтилен низкой плотности - Риблен FL 30 (Энихем);

полиэтилен высокой плотности - DGDK 3364 (Юнион карбайд);

полипропилен - PF 814 (Монтелл);

полипропилен, модифицированный этиленпропиленовым каучуком (ЕПК) - Моплен EP-S 30R, 33R и 81R (Монтелл); Фина-Про 5660G, 4660G, 2660S и 3660S (Фина-Про).

Степень вспенивания полимера и толщина слоя покрытия должны быть такими, чтобы в комбинации с наружной полимерной оболочкой они могли обеспечивать стойкость к обычным ударам, которые возможны во время транспортировки и укладки кабеля.

Как уже упоминалось выше, "степень вспенивания полимера" определяют следующим образом:

$$G (\text{степень вспенивания}) = (d_0/d_e - 1) \cdot 100,$$

где  $d_0$  обозначает плотность невспененного полимера, а  $d_e$  = фактическая плотность, измеренная для вспененного материала.

Заявитель установил, что поскольку можно сохранить требуемые характеристики прочности при ударе для слоя вспененного материала одинаковой толщины, то предпочтительно применять полимерный материал, имеющий высокую степень вспенивания и, следовательно, можно ограничить количество полимерного материала и получить преимущества как в экономии, так и снижении веса готового изделия.

Степень вспенивания значительно меняется как функция от конкретного применяемого

полимерного материала, так и как функция толщины покрытия, предназначенного для нанесения; вообще, эта степень вспенивания может находиться в интервале от 20 до 3000%, предпочтительно от 30 до 500%, причем особенно предпочтительной степенью вспенивания является степень вспенивания между 50 и 200%. Вспененный полимер имеет обычно закрытую структуру ячеек.

Заявитель установил, что требуемая прочность при ударе уменьшается выше определенной степени вспенивания. Отмечено, в частности, что возможность достижения высоких степеней вспенивания полимера за счет поддержания высокой эффективности защиты кабеля от ударов может быть связана со значением модуля упругости при изгибе вспениваемого полимера. Заявитель обнаружил, что причиной этого является то, что модуль этого полимерного материала уменьшается, когда степень вспенивания этого материала увеличивается приблизительно согласно следующей формуле:

$$E_2/E_1 = (\rho_2/\rho_1)^2$$

где  $E_2$  представляет модуль упругости при изгибе полимера при более высокой степени вспенивания;

$E_1$  представляет модуль упругости при изгибе полимера при более низкой степени вспенивания;

$\rho_2$  = фактическая плотность полимера при более высокой степени вспенивания полимера; а

$\rho_1$  = фактическая плотность полимера при более низкой степени вспенивания.

В качестве руководства можно указать, что для полимера с модулем упругости при изгибе примерно 1000 МПа изменение степени вспенивания на 25-100% влечет за собой уменьшение примерно наполовину модуля упругости при изгибе материала. Полимерные материалы, которые имеют высокий модуль упругости при изгибе, можно вспенивать до более высокой степени, нежели полимерные материалы, имеющие низкие значения модуля упругости при изгибе, без ущерба для способности покрытия выдерживать удары.

Другой переменной величиной, влияющей на прочность кабеля при ударах, является толщина покрытия из вспененного полимерного материала; минимальная толщина, способная обеспечить стойкость к ударам, которую желательно получить с таким покрытием, будет зависеть главным образом от степени расширения и модуля упругости при изгибе этого полимера. Вообще, заявитель установил, что для того же самого полимера и для той же степени расширения можно получить более высокие значения стойкости к ударным нагрузкам путем увеличения толщины покрытия из вспененного материала. Однако с целью использования ограниченного количества материала покрытия и уменьшения таким образом затрат и размеров

готового изделия, толщина слоя вспененного материала будет по существу минимальной толщиной, необходимой для обеспечения требуемой стойкости к ударным нагрузкам. В частности, для кабелей типа среднего напряжения нашли, что толщина покрытия из вспененного материала примерно 2 мм обычно способна обеспечить достаточную стойкость к нормальным ударным нагрузкам, которым подвергается кабель этого типа. Предпочтительно, толщина покрытия будет свыше 0,5 мм, в частности между 2 и 4 мм, а толщина между 2 и 4 мм будет особенно предпочтительной.

Заявитель установил, что можно определить, с разумным приближением, зависимость между толщиной покрытия и степенью расширения полимерного материала для материалов с различными значениями модуля упругости при изгибе, таким образом толщина покрытия из вспененного материала будет иметь соответствующий размер в функции степени расширения и модуля упругости при изгибе, особенно для толщины покрытия из вспененного материала примерно 2-4 мм. Такую зависимость можно выразить следующим образом:

$$V \cdot d_e \geq N,$$

где  $V$  представляет объем вспененного полимерного материала на линейный метр кабеля ( $\text{м}^3/\text{м}$ ), этот объем является относительным по отношению к круглому ободку, образованному минимальной толщиной покрытия из вспененного материала, который соответствует круглому ободку (10а) на фиг. 2 для многополюсных кабелей или покрытию (10) на фиг. 3 для униполюсных кабелей;

$d_e$  представляет фактическую плотность, измеренную для вспененного полимерного материала ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ); а

$N$  - результат произведения двух вышеупомянутых значений, который должен быть выше или равен:

0,03 для материалов с модулем >1000 МПа,

0,04 для материалов с модулем 800-1000 МПа,

0,05 для материалов с модулем 400-800 МПа,

0,06 для материалов с модулем <400 МПа.

Параметр  $V$  связан с толщиной ( $S$ ) покрытия из вспененного материала следующим соотношением:

$$V = \pi(2R_i S + S^2),$$

где  $R_i$  представляет внутренний радиус круглого ободка (10а). Параметр  $d_e$  связан со степенью расширения полимерного материала предшествующим соотношением:

$$G = (d_e/d_0 - 1) \cdot 100.$$

На основе вышеупомянутой зависимости для покрытия из вспененного материала толщиной примерно 2 мм, нанесенного на круглое сечение кабеля диаметром примерно 22 мм, для

различных материалов, имеющих различные модули упругости при изгибе при комнатной температуре ( $M_y$ ), установлено, что это покрытие должно иметь фактическую плотность примерно:

0,40 г/см<sup>3</sup> для ПЭНП ( $M_y$ =примерно 200);

0,33 г/см<sup>3</sup> для смеси 70/30 ПП/ЭПК ( $M_y$ =примерно 800);

0,46 г/см<sup>3</sup> для ПЭВП ( $M_y$ =примерно 1000);

0,20 г/см<sup>3</sup> для ПП ( $M_y$ =примерно 1500).

Эти значения фактической плотности вспененного полимера соответствуют максимальной степени расширения примерно:

130% для ПЭНП ( $d_0=0,923$ );

180% для смеси ПП/ЭПК ( $d_0=0,890$ );

260% для ПЭВП ( $d_0=0,945$ );

350% для ПП ( $d_0=0,900$ ).

Аналогично, для толщины покрытия из вспененного материала примерно 3 мм, нанесенного на кабель идентичных размеров, получены следующие значения минимальной фактической плотности:

0,25 г/см<sup>3</sup> для ПЭНП;

0,21 г/см<sup>3</sup> для смеси ПП/ЭПК;

0,17 г/см<sup>3</sup> для ПЭВП;

0,13 г/см<sup>3</sup> для ПП;

соответствующие максимальной степени расширения примерно:

270% для ПЭНП;

320% для смеси ПП/ЭПК;

460% для ПЭВП;

600% для ПП.

Показанные выше результаты указывают на то, что с целью оптимизации характеристик ударостойкости покрытия из вспененного материала заданной толщины следует учитывать механические прочностные характеристики материала (в частности, его модуль упругости при изгибе) и степень расширения упомянутого материала. Однако значения, определенные при применении вышеуказанной связи, не должны рассматриваться как ограничивающие объем настоящего изобретения. В частности, максимальная степень расширения полимеров, которые имеют значения модуля упругости при изгибе, близкие к верхним пределам интервалов, определенных для изменения числа (то есть, 400, 800 и 1000 МПа), в действительности могут быть даже выше, чем те, которые были вычислены согласно вышеупомянутому соотношению; таким образом, например, слой ПП/ЭПК толщиной примерно 2 мм (с модулем упругости = примерно 800 МПа) будет все же способен обеспечить требуемую защиту от ударов даже при степени расширения примерно 200%.

Обычно полимер подвергают вспениванию во время фазы экструзии. Это вспенивание может достигаться химическим способом, путем добавления соответствующего "вспенивающего" вещества, то есть вещества, которое способно образовывать газ в условиях определенных температур и давления, или его можно осуществ-

лять физическим способом путем впрыскивания газа под высоким давлением прямо в цилиндр экструдера.

Примеры соответствующих химических "вспенивателей" являются азодикарбоамид, смеси органических кислот (например, лимонная кислота) с карбонатами и/или бикарбонатами (например, бикарбонат натрия).

Примерами газов, впрыскиваемых под высоким давлением в цилиндр экструдера, являются азот, двуокись углерода, воздух и углеводороды с низкой температурой кипения, например, пропан и бутан.

Защитная наружная оболочка, которая покрывает слой вспененного полимера, может быть обычно используемого типа. Материалы для наружного покрытия, которые можно применять, являются полиэтиленом (ПЭ), в частности, полиэтилен средней плотности (ПЭСП) и полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), поливинилхлоридом (ПВХ), смесями эластомеров и т.п. Предпочтительно применять ПЭСП или ПВХ. Типично, полимерный материал, который образует эту наружную оболочку, имеет модуль упругости при изгибе между примерно 400 и примерно 1200 МПа, предпочтительно между примерно 600 МПа и примерно 1000 МПа.

Заявитель установил, что присутствие наружной оболочки содействует получению покрытия с требуемыми характеристиками стойкости к ударам в комбинации с покрытием из вспененного материала. В частности, заявитель обнаружил, что этот вклад оболочки в направлении стойкости к ударам для такой же толщины покрытия из вспененного материала увеличивается при повышении степени расширения полимера, который образует это вспененное покрытие. Толщина этой наружной оболочки составляет предпочтительно свыше 0,5 мм, в частности, между 1 и 5 мм, предпочтительно между 2 и 4 мм.

Изготовление кабеля со стойкостью к ударам в соответствии с настоящим изобретением описано со ссылкой на схему конструкции кабеля, представленную на фиг. 2, в которой звездообразные промежутки между жилами, которые должны покрываться, заполнены не прямо вспененным полимером (10), а обычным наполнителем; вспененное покрытие затем экструдировать на этот полуобработанный кабель для образования круглого ободка (10а) вокруг этого полуобработанного кабеля, а после этого его покрывают наружной полимерной оболочкой (2). Приготовление жил кабеля, то есть сборки проводника (4), внутреннего полупроводящего слоя (9), изолятора (5), наружного полупроводящего слоя (8) и металлической оболочки (4) осуществляют известным способом, например, экструдированием. Эти жилы затем связывают вместе, а звездообразные промежутки заполняют обычным наполнительным материалом (например, смеси эластомеров, волокна полипро-



пилен и т.п.) обычно путем экструдирования наполнителя на связанные жилы для получения полубрабанного кабеля круглого поперечного сечения. На материал наполнителя затем экструдируют покрытие из вспененного полимера (10). Предпочтительно экструзионная головка будет иметь диаметр, слегка превышающий окончательный диаметр кабеля с покрытием из вспененного материала, чтобы полимер мог вспениваться снаружи экструдера.

Установлено, что при идентичных условиях экструдирования (например, скорость вращения шнека, скорость линии экструдирования, диаметр головки экструдера и т.п.) температура экструзии является одним из переменных параметров процесса, который имеет значительное влияние на степень расширения. Вообще, для температур экструзии ниже 160°C трудно получить достаточную степень расширения; температура экструзии по меньшей мере 180°C является предпочтительной, особенно примерно 200°C. Обычно повышение температуры экструзии соответствует более высокой степени расширения.

Степень расширения полимера можно регулировать путем регулирования скорости охлаждения, поскольку можно увеличить или уменьшить степень расширения названного полимера за счет соответственно замедления или ускорения охлаждения полимера, который образует вспененное покрытие на выходе из экструдера.

Как уже упоминалось, заявителем установлено, что эффекты ударов на покрытие кабеля можно определить количественным способом путем измерения прочности на отрыв слоев покрытия кабеля, различий между средним значением такой прочности на отрыв и значением, измеренным в точке оцениваемого удара. В частности, для кабелей типа среднего напряжения со структурой, содержащей внутренний полупроводящий слой, изолирующий слой и наружный полупроводящий слой, прочность на отрыв (и относительное различие) можно успешно измерить между слоем наружного полупроводящего материала и изолирующим слоем.

Заявитель установил, что эффекты особенно сильных ударов, которым может подвергаться кабель, в частности, бронированный кабель для среднего напряжения, можно воспроизвести испытанием на ударную нагрузку согласно французскому стандарту HN 33-S-52, относящемуся к испытанию армированных кабелей для передачи тока высокого напряжения, который допускает энергию удара, на кабель примерно 72 джоулей (Дж).

В соответствии с французским стандартом HN 33-S-52 можно измерить прочность на отрыв слоя покрытия, согласно которой измеряют силу, необходимую для приложения, для отделения наружного полупроводящего слоя от изолирующего слоя. Заявитель обнаружил, что пу-

тем непрерывного измерения этой силы в точках, в которых происходит удар, можно измерить пики силы, которые указывают изменение в когезионной прочности между двумя слоями. Установлено, что эти изменения обычно связаны с уменьшением изолирующей способности покрытия. Это изменение будет пропорционально большим, чем меньше стойкость к ударным нагрузкам, обеспечиваемая наружным покрытием (которое, в случае с настоящим изобретением, состоит из покрытия из вспененного материала и наружной оболочки). Размер изменения этой силы измеряют в точках удара, относительно среднему значению, измеренному вдоль кабеля, таким образом получают показание степени защиты, обеспечиваемой защитным покрытием. В общем, считаются допустимыми до 20-25% изменений в прочности на отрыв относительно среднего значения.

Характеристики покрытия из вспененного материала (материал, степень расширения, толщина), которое можно применять с соответствующей защитной наружной полимерной оболочкой, можно выбрать соответственно защите от ударов, которая должна наноситься на расположенную внизу конструкцию кабеля, причем они зависят также от свойств конкретного материала, применяемого в качестве изолятора и/или полупроводника, например, твердости материала, плотности и т.п.

Как можно увидеть из настоящего описания, кабель согласно настоящему изобретению особенно подходит для замены обычных бронированных кабелей вследствие преимущественных свойств покрытия из вспененного полимера по отношению к покрытию кабеля металлической броней. Однако его применение не должно быть ограничено таким конкретным использованием. На самом деле, кабель, согласно настоящему изобретению, можно использовать во всех применениях, где желателен кабель, имеющий улучшенные свойства стойкости к ударным нагрузкам. Особенно кабель, имеющий стойкость к ударным нагрузкам в соответствии с настоящим изобретением, может заменить обычные небронированные кабели во всех этих применениях, где до настоящего времени использовали бронированные кабели, но от которых отказались вследствие недостатков металлического бронирования.

Для более подробного описания настоящего изобретения представлено далее несколько иллюстративных примеров.

Пример 1. Приготовление кабеля с покрытием из вспененного материала.

Для оценки стойкости к ударным нагрузкам покрытия из вспененного полимера в соответствии с настоящим изобретением приготовили различные образцы для испытаний путем экструдирования нескольких полимеров различной толщины с различной степенью расширения на жиле, состоящей из многопроволочно-

го проводника толщиной примерно 14 мм, покрытого слоем (0,5 мм) полупроводящего материала, слоем толщиной 3 мм изолирующей смеси на основе этиленпропиленового каучука (ЭПК), а также слоем толщиной 0,5 мм "легко отдираемого" полупроводящего материала на основе сополимера этилена и винилацетата (ЭВА), дополненного углеродной сажей для получения общей толщины жилы примерно 22 мм.

В качестве вспениваемых полимерных материалов использовали полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полипропилен (ПП), 70/30 по весу механической смеси ПЭНП и тонкоизмельченного порошка вулканизированного натурального каучука (размер частиц=300-600 мкм) (ПЭ-порошок), ПП, модифицированный каучуком ЭПК (ПП-ЭПК в качестве смеси 70/30 по весу); эти материалы обозначены буквами от А до Е и описаны подробно в следующей таблице:

Таблица 1

	Материал	Торговая марка и изготовитель	Модуль (МПа)
А	ПЭНП	Риблен FL 30 - Энихем	260
В	ПЭВП	DGDK 3364 - Юнион Карбайд	1000
С	ПП	PF 814 - Монтелл	1600
Д	ПП-ЭПК	ФИНА-ПРО 3660S	1250
Е	ПЭ/порошок	Риблен FL 30	

Полимер вспенивали химическим способом, либо применяли два различных вспенивающих вещества (ВВ), их определили следующим образом:

	Вещество	Торговая марка и изготовитель
ВВ 1	азодикарбоамид	Сармапор РО - Сарма
ВВ 2	карбоновая кислота-бикарбонат	Гидросерол CF 70 - Боехрингер Ингельхейм

Полимер и вспенивающее вещество для вспенивания полимера загрузили (в соотношениях, указанных в таблице 2) в одночервячный экструдер (Бандера) размером 80 мм - 25 Д; этот экструдер оснащен передающим шнеком с резьбой, отличающимся конечной зоной глубиной 9,6 мм. Система экструдера состоит из пуансона, способного обеспечить плавную пропускаемость жилы, предназначенной для ее покрытия (обычно диаметром, превышающим примерно на 0,5 мм диаметр покрываемой жилы), и матрицу с диаметром, который примерно на 2 мм меньше диаметра кабеля с покрытием из вспененного материала; таким образом экструдированный материал вспенивается на выходе из экструдера. Скорость движения покрываемой жилы (скорость линии экструдирования) устанавливают в функции требуемой толщины вспененного материала (см.таблицу 2). Примерно на расстоянии 500 мм от головки экструдера проходит охлаждающий трубопровод (содержит холодную воду), предназначенный для прекращения вспенивания и охлаждения экструдированного материала. После этого кабель наматывают на катушку.

Как показано в таблице 2, состав смеси полимерного материала/вспенивателя, а также условия экструзии (скорость, температура) изменили, соответственно.

Таблица 2. Вспенивание смеси и условия экструзии

Кабель №	Материал+% и тип вспенивателя	Скорость экструдера (об/мин)	<sup>(1)</sup> Температура (°C)	Скорость (м/мин)
1	A+2% BB1 (CE1)	6,4	165	3
2	A+2% BB1 (CE1)	11,8	190-180	2
3	A+2% BB1 (CE1)	5,5	190-180	3
4	A+2% BB1 (CE1)	6,8	190-180	2
5	A+2% BB1 (CE1)	6,4	165	1,5
6	A+0,8% BB2 (CE2)	5,7	225-200	2
7	C+0,8% BB2 (CE2)	3,7	200	2
8	C+0,8% BB2 (CE2)	6,3	200	2
9	E+0,8% BB2 (CE2)	4,9	225-200	1,8
10	B+1,2% BB2 (CE2)	8,2	225-200	2
11	D+2% BB2 (CE2)	8	225-200	2

<sup>(1)</sup>: Температура экструзии относится к температуре цилиндра и к экструзионной головке. Когда дано только одно значение, эти температуры являются идентичными. В начальной зоне экструдера температура составляет примерно 150°C.

Образец 1 не был подвергнут вспениванию вероятно потому, что температура экструдера была слишком низкой (165°C) и аналогично, по той же причине, образец 5 был подвергнут только ограниченному вспениванию (только 5%).

Кабель с покрытием из вспененного материала затем покрыли обычной оболочкой из полиэтилена средней плотности (ПЭСП) (CE 90 - Materie Plastiche Bresciane) непостоянной толщины (см.таблицу 3) обычными способами экструдирования, получив таким образом образцы кабеля с характеристиками, определенными в таблице 3; в качестве сравнительного покрытия из невспененного полимера был взят кабель № 1, в котором полимер не подвергся вспениванию. Таблица 3 также представляет для целей сравнения характеристики кабеля, испытывающего недостаток в заполнении вспененным материалом и покрытого только наружной оболочкой (кабель № 0).

Таблица 3. Характеристики покрытия

Кабель №	Степень вспенивания наполнителя, %	Толщина наполнителя, (мм)	Толщина оболочки, (мм)
0	-	0	3
1	0	1	3
2	31	4,3	3
3	61	1	3
4	48	2,5	3
5	5	3	3
6	35	2	2
7	52	2	2
8	29	3	2,2
9	23	2,5	2
10	78	4	2
11	82	4	2

Аналогично описанному способу приготовили 6 других образцов кабеля с применением покрытия из вспененного полимера с модулем

упругости при изгибе примерно 600 МПа, которое состояло из полипропилена, модифицированного примерно 30% этиленпропиленового каучука (ЭПК), как указано в таблице 4 (примеры 12-17); в таблице 4 представлены также два сравнительных примера кабелей с покрытием из вспененного материала, но без наружной оболочки (примеры 16а и 17а).

Таблица 4. Характеристики покрытия

Кабель №	Степень вспенивания наполнителя (%)	Толщина наполнителя, (мм)	Толщина оболочки, (мм)
12	71	3	1,9
13	22	2	2
14	167	3	1,8
15	124	2	2
16	56	2	2
16а	56	2	-
17	84	2	2
17а	84	2	-

Пример 2. Испытания на прочность при ударах.

Для оценки прочности при ударах кабелей, полученных согласно примеру 1, были проведены испытания на кабеле с последующей оценкой повреждения. Эффекты удара оценили визуальным анализом кабеля и измерением изменения прочности на отрыв слоя полупроводящего материала в точке удара. Испытание на прочность при ударах основано на Французском стандарте HN 33-S-52, предусматривающем энергию удара на кабель примерно 72 джоулей (Дж), которую получают путем опускания груза весом 27 кг с высоты 27 см. Для настоящего испытания такую энергию удара получили опусканием груза весом 8 кг с высоты 97 см. Завершение удара груза обеспечивается пробивочной головкой с V-образной скругленной кромкой (радиус кривизны=1 мм). Для целей настоящего изобретения прочность при ударах определяют при одном ударе. Для образцов 6-12 испытание повторили во второй раз на расстоянии примерно 100 мм от первого.

Прочность на отрыв измеряли в соответствии с Французским стандартом HN 33-S-52, согласно которому измеряли силу, необходимую для приложения для отделения наружного полупроводящего слоя от изолирующего слоя. Измеряя эту силу непрерывно, измеряют пики силы в точках, в которых происходит удар. Для каждого испытываемого образца измеряют, в точке удара, "положительный" пик силы, соответствующий увеличению усилия (по отношению к среднему значению), необходимому для разделения двух слоев, и "отрицательный" пик силы (уменьшение по отношению к среднему значению). Из различия между максимальным (С.мак.) и минимальным (С.мин.) значениями измеренных пиков сил получают максимальное изменение прочности на отрыв в точке удара.

Таким образом изменение в прочности на отрыв вычисляют определением процентного соотношения между вышеупомянутым различием

(С.мак.-С.мин.) и средним значением прочности на отрыв, измеренным для кабеля (С.<>), согласно следующему соотношению:

$$\% \text{ изменения} = 100 (\text{С.мак.} - \text{С.мин.}) / \text{С.} <>$$

Размер изменения этой силы, измеренной в точках удара, по отношению к среднему значению, измеренному вдоль кабеля, дает таким образом показание степени защиты, обеспечиваемой покрытием из вспененного материала. Изменения до 20-25% считаются вообще приемлемыми. Таблица 5 представляет значения изменения прочности на отрыв для образцов 0-17а.

Таблица 5. % Изменения прочности на отрыв

Кабель	Первое испытание	Второе испытание
0	62	78
1	40	-
2	18	-
3	27	-
4	13	-
5	21	-
6	17	23
7	9	12
8	4	5
9	19	15
10	9,8	12,5
11	4,3	2,5
12	7	14
13	16	17
14	14	12
15	10	10
16	16	18
16а	30	55
17	15,5	13
17а	116	103

Как можно увидеть из таблицы 3, для образца 1 (для которого не получили вспенивания) процент изменения прочности на отрыв очень высокий; это указывает на то, что невспененный полимер имеет несомненно низкую способность к поглощению ударов, чем слой идентичной толщины того же полимера, который подвергают вспениванию (см. образец 3 с покрытием из 61% вспененного полимера). Образец показывает изменение в прочности на отрыв, которая слегка выше 25% предельного значения; ограниченная прочность при ударе, обеспечиваемая образцом, может быть отнесена главным образом за счет толщины только 1 мм покрытия из вспененного материала по отношению к другим образцам толщиной от 2 до 3 мм.

Образец 5 с толщиной покрытия из вспененного материала 3 мм имеет высокое значение прочности на отрыв за счет низкой степени вспенивания полимера (5%), демонстрируя таким образом ограниченную прочность при ударе, обеспечиваемую покрытием с низкой степенью вспенивания. Образец 4, хотя он и имеет толщину вспененного материала, которая меньше толщины образца 5 (2,5 мм по сравнению с 3 мм), тем не менее имеет более высокую прочность при ударе, с изменением прочности на отрыв 13% по сравнению с 21% для образца 5, тем самым демонстрируя тот факт, что более

высокая степень вспенивания позволяет получить более высокую прочность при ударе.

Сравнение образца 13 с образцом 15 показывает, как увеличение степени вспенивания полимера (от 22 до 124%) для такой же толщины слоя вспененного материала и наружной оболочки влечет за собой повышение прочности на удар покрытия (начиная от 16-17% до 10% изменения прочности на отрыв). Эта тенденция подтверждается сравнением образца 16 с образцом 17. Однако из сравнения образцов 16а и 17а (без наружной оболочки) с образцами 16 и 17 можно увидеть, как увеличивается вклад наружной оболочки в направлении защиты от удара при повышении степени вспенивания.

Пример 3. Сравнительное испытание на прочность при ударе с бронированным кабелем.

Кабель № 10 был подвергнут испытанию в сравнении с обычным бронированным кабелем для подтверждения эффективности слоя покрытия из вспененного материала на прочность при ударе.

Армированный кабель имеет такую же жилу, как и кабель № 10 (то есть многопроводный проводник толщиной примерно 14 мм, покрытый слоем полупроводящего материала толщиной 0,5 мм, 3 мм слоем изолирующей смеси на основе этиленпропиленового каучука (ЭПК) и дополнительным слоем толщиной 0,5 мм "легко сдираемого" полупроводящего материала на основе этиленвинилацетата (ЭВА), дополненного углеродистой сажей, для общей толщины жилы примерно 22 мм). Эта жила окружена изнутри в сторону наружной стороны кабеля:

- а) слоем наполнительного материала на основе каучука толщиной примерно 0,6;
- б) оболочкой из поливинилхлорида (ПВХ) толщиной примерно 0,6 мм;
- с) 2 бронировующими стальными лентами толщиной примерно 0,5 мм каждая;
- д) наружной оболочкой из полиэтилена средней плотности (ПЭСП) толщиной примерно 2 мм.

Для сравнительного испытания применяли машину для динамических испытаний типа "падающий груз" (CEAST, мод.6758). Были проведены две группы испытаний путем сбрасывания груза весом 11 кг с высоты 50 см (энергия удара равнялась примерно 54 джоулей) и 20 см (энергия удара равнялась примерно 21 джоулей), соответственно; груз, на его ударном конце, снабжен полусферической головкой с радиусом примерно 10 мм.

Полученная деформация кабелей показана на фигурах 4 и 5 (при высоте 50 см и 20 см соответственно), где кабель, согласно настоящему изобретению, обозначен а), тогда как обычный бронированный кабель обозначен б).

Для оценки повреждения структуры кабеля измеряли деформацию жилы. Фактически, более высокая деформация полупроводящей-

изолирующей-полупроводящей оболочки вызвана, более вероятно, электрическими дефектами в изолирующих свойствах кабеля. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. % Уменьшения толщины полупроводящего слоя после удара

	В обычном бронированном кабеле	В кабеле № 10
Удар с высоты 50 см	41%	26,5%
Удар с высоты 20 см	4,4%	2,9%

Как видно из результатов, представленных в таблице 6, настоящее изобретение показывает даже лучшие характеристики прочности при ударе, чем обычный бронированный кабель.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Кабель, содержащий внутреннюю структуру и покрытие, расположенное вокруг внутренней структуры, в котором покрытие получено из вспененного полимерного материала, имеющего степень вспенивания полимерного материала примерно от 20 до 3000%, и модуль упругости при изгибе до вспенивания при комнатной температуре, измеренный согласно стандарту ASTM Д 790, по меньшей мере, 200 МПа.

2. Кабель по п.1, в котором кабель является силовым кабелем, а внутренняя структура, содержащая проводник и, по меньшей мере, один слой компактного изолирующего покрытия, расположена вокруг проводника.

3. Кабель по п.1, в котором модуль упругости при изгибе находится между 400 и 1800 МПа.

4. Кабель по п.1, в котором модуль упругости при изгибе находится между 600 и 1500 МПа.

5. Кабель по п.1, в котором степень вспенивания полимерного материала составляет примерно от 30 до 500%.

6. Кабель по п.1, в котором степень вспенивания полимерного материала составляет примерно от 50 до 200%.

7. Кабель по любому из пп.1-6, в котором покрытие из вспененного полимерного материала имеет толщину 0,5 мм.

8. Кабель по любому из пп.1-6, в котором покрытие из вспененного полимерного материала имеет толщину между 1 и 6 мм.

9. Кабель по любому одному из пп.1-6, в котором покрытие из вспененного полимерного материала имеет толщину между 2 и 4 мм.

10. Кабель по п.1, в котором вспененный полимерный материал выбирают из полиэтилена (ПЭ), полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), полиэтилена средней плотности (ПЭСП), полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП); полипропилена (ПП), этиленпропиленового каучука (ЭПК), сополимера этилена и пропилена (ЭПМ), этиленпропилен-

диенового терполимера (ЭПДМ); натурального каучука; бутилкаучука; сополимера этилен/винилацетата (ЭВА); полистирола; сополимера этилен/акрилата, сополимера этилен/метилакрилата (ЭМА), сополимера этилен/этилакрилата (ЭЭА), сополимера этилен/бутилакрилата (ЭБА); сополимера этилен/ $\alpha$ -олефина; акрилонитрилбутадиенстироловых смол (АБС); галогенированного полимера, поливинилхлорида (ПВХ); полиуретана; полиамида; ароматического сложного полиэфира, полиэтилентерефталата (ПЭТ), полибутилентерефталата (ПБТ); и сополимеров, или их механических смесей.

11. Кабель по п.1, в котором вспененный полимерный материал является полиолефиновым полимером или сополимером на основе полиэтилена (ПЭ), и/или полипропилена (ПП).

12. Кабель по п.1, в котором вспененный полимерный материал является полиолефиновым полимером или сополимером на основе полиэтилена (ПЭ), и/или полипропилена (ПП), модифицированного этиленпропиленовым каучуком.

13. Кабель по п.12, в котором вспененный полимерный материал является полипропиленом, модифицированным этиленпропиленовым каучуком (ЭПК), весовое соотношение содержания полипропилена/этиленпропиленового каучука составляет от 90/10 до 50/50.

14. Кабель по п.13, в котором весовое соотношение ПП/ЭПК находится между 85/15 и 60/40.

15. Кабель по п.13, в котором весовое соотношение ПП/ЭПК равно примерно 70/30.

16. Кабель по п.12, в котором полиолефиновый полимер или сополимер на основе этилена и/или полипропилена содержит также заданное количество вулканизированного каучука в форме порошка.

17. Кабель по п.16, в котором заданное количество вулканизированного каучука в порошковой форме находится между 10 и 60% по весу полимера.

18. Кабель по любому из предшествующих пп.1-17, в котором кабель содержит наружную полимерную оболочку.

19. Кабель по п.18, в котором оболочка находится в контакте с покрытием из вспененного полимера.

20. Кабель по п.18 или 19, в котором оболочка имеет толщину свыше 0,5 мм.

21. Кабель по п.18 или 19, в котором оболочка имеет толщину между 1 и 5 мм.

22. Способ придания прочности при ударе внутренней структуре кабеля, содержащий размещение вокруг внутренней структуры покрытия из вспененного полимерного материала.

23. Способ по п.22, в котором полимерный материал имеет степень вспенивания примерно от 20 до 3000% и модуль упругости при изгибе, по меньшей мере, 200 МПа, измеренный до вспенивания при комнатной температуре согласно стандарту ASTM Д 790.

24. Способ по п.22, в котором кабель является силовым кабелем.

25. Способ по п.22, содержащий также нанесение наружной полимерной оболочки на покрытие из вспененного материала.

26. Способ по п.22, в котором внутренняя структура содержит, по меньшей мере, два прилегающих покрытия, имеющих заданную среднюю прочность на отрыв между ними, при этом модуль упругости и степень вспенивания полимерного материала являются такими, что при подвергании кабеля удару с энергией примерно 72 Дж, различие между упомянутой средней прочностью на отрыв и прочностью на отрыв, измеренной у слоя в точке удара, было меньше чем примерно 25%.

27. Применение вспененного полимерного материала для придания силовому кабелю прочности при ударе.

28. Способ оценки прочности кабеля при ударе, содержащего, по меньшей мере, одно изолирующее покрытие, заключающийся в

а) измерении средней прочности на отрыв изолирующего слоя;

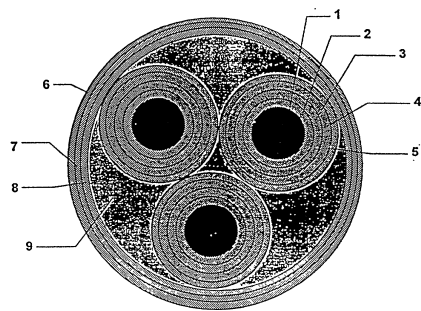
б) подвергании кабеля удару с заданной энергией;

с) измерении прочности на отрыв изолирующего слоя в точке удара;

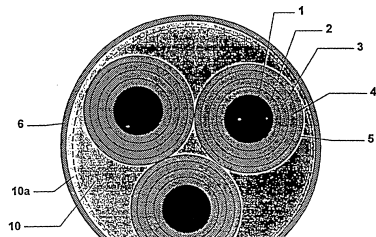
д) проверке, чтобы различие между средней прочностью на отрыв и прочностью на отрыв, измеренной в точке удара, было меньше заданного значения.

29. Способ по п.28, в котором прочность на отрыв измеряют между слоем изолирующего покрытия и слоем наружного полупроводящего покрытия.

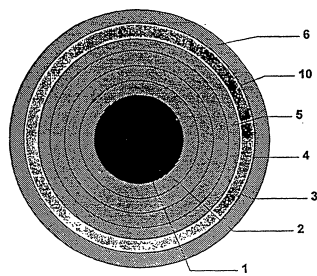
30. Способ по п.29, в котором различие между средней прочностью на отрыв и прочностью, измеренной в точке удара, составляет менее 25%.



Фиг. 1

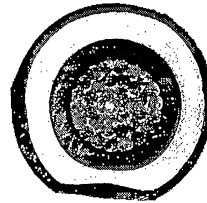


Фиг. 2

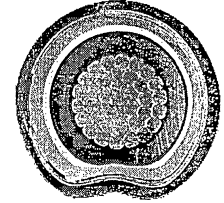


Фиг. 3

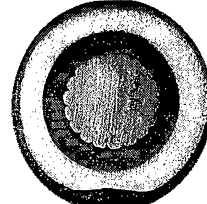
Испытание на удар с высоты 50 см



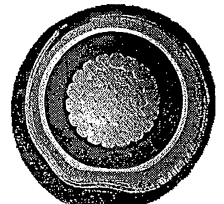
а) Кабель № 10

б) Обычный бронированный кабель  
Фиг. 4

Испытание на удар с высоты 20 см



а) Кабель № 10

б) Обычный бронированный кабель  
Фиг. 5