

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038722**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.10.11**

(21) Номер заявки  
**202000249**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.09.22**

(51) Int. Cl. **B65D 1/02** (2006.01)  
**B65D 1/44** (2006.01)  
**B65D 23/08** (2006.01)  
**B82Y 30/00** (2006.01)

---

(54) **БУТЫЛКА**

---

(43) **2021.10.07**

(96) **2020000092 (RU) 2020.09.22**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ГРАНД  
КАСТЕЛЬ" (ООО "ГРАНД  
КАСТЕЛЬ") (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Гилядов Герман Вячеславович (RU)**

(74) Представитель:  
**Белов К.Ю. (RU)**

(56) CN-U-210000773  
CN-A-107698816  
CN-U-202541948  
CN-U-211281906  
CN-Y-2468917

---

(57) Изобретение относится к бутылкам, снабженным ребрами жесткости, и может быть использовано для хранения различных жидкостей, а его техническим результатом является улучшение механических характеристик. Технический результат достигается тем, что в бутылке, на часть поверхности канавок, образованных между вертикально ориентированными ребрами жесткости на тулове, нанесен защитный слой, имеющий толщину 100 мкм, из смеси политетрафторэтилена и нанотрубок диоксида титана диаметром 50-70 нм и длиной от 5 до 15 мкм, при этом смесь размещена в полостях микротрещин, образованных в местах нанесения слоя, кроме того, в поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 50-100 мкм и относится к его глубине как 1 к 1-5, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет десять их диаметров, а содержание нанотрубок в смеси выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ .

**B1**

**038722**

**038722**

**B1**

### **Область применения изобретения**

Заявленное изобретение относится к бутылкам, снабженным ребрами жесткости, и может быть использовано для хранения различных жидкостей, в частности напитков, в том числе и алкогольных.

### **Предшествующий уровень техники**

Известна бутылка (публикация патента на промышленный образец США D62888, опубл. 21.08.1923), выполненная из стекла и содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном, а противоположным торцом сопряженный с коническими плечиками, которые сопряжены с цилиндрической горловиной, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, при этом на внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости, равномерно размещенные по периметру корпуса, каждое ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости, причем оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса, кроме того, внешняя поверхность верхней части корпуса и внешняя поверхность нижней части корпуса выполнены гладкими и сопряжены с внешней поверхностью центральной части корпуса посредством ступенчатых переходов, с уступами которых соединены соответственно верхние и нижние концы упомянутых вертикально ориентированных ребер, кроме того, на внешней поверхности плечиков образованы ребра жесткости, при этом каждое из этих ребер жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности, радиус которого уменьшается в направлении горловины, а между соседними вертикально ориентированными ребрами жесткости образованы канавки так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности, радиус которого уменьшается в направлении горловины, кроме того, оси ребер и канавок на внешней поверхности плечиков расположены вдоль радиусов плечиков. Кроме того, внешняя поверхность верхней части корпуса и внешняя поверхность нижней части корпуса снабжены кольцевыми поперечными ребрами жесткости.

Бутылка данной конструкции имеет высокую жесткость за счет вертикально ориентированных ребер жесткости, которые в сочетании с уступами, выполняющими функции поперечных ребер жесткости, позволяют бутылке выдерживать без разрушения усилие сжатия в направлении вертикальной оси корпуса до 8000 Н, а также перепад температур, составляющий 75°C. Однако, при многократном воздействии указанных факторов на бутылку, микротрещины, имеющиеся в теле корпуса, в местах выполнения канавок, между соседними вертикально ориентированными ребрами жесткости, развиваются, увеличиваясь в размерах, что часто приводит к сквозному прохождению микротрещин от внутренней поверхности корпуса до поверхности указанных канавок, что, в свою очередь, приводит к вытеканию жидкости из внутренней полости бутылки, попаданию во внутреннюю полость бутылки посторонних газов и жидкостей.

### **Краткое описание изобретения**

Техническим результатом, который может быть получен в заявленном изобретении, является улучшение механических характеристик бутылки, а именно - устранение возможности увеличения размеров имеющихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин при воздействии на бутылку усилием сжатия в направлении вертикальной оси корпуса, составляющим 8000 Н, и перепадом температур, составляющим 75°C, а также устранение возможности образования новых микротрещин.

Кроме того, при подтверждении влияния отличительных признаков на достижение вышеуказанного технического результата было выявлено, что заявленная бутылка может использоваться без упрочняющего покрытия, что является неожиданным техническим результатом.

Технический результат достигается тем, что в бутылке, выполненной из стекла и содержащей цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном, а противоположным торцом сопряженный с радиусно выпуклыми плечиками, которые радиусно сопряжены с цилиндрической горловиной, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, при этом на внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса, каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом R1, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом R2, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости, а оси вертикально ориентированных ребер и канавок параллельны оси корпуса, причем оси вертикально ориентированных ребер и канавок параллельны оси корпуса, кроме того, внешняя поверхность верхней части корпуса выполнена гладкой и сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса посредством ступенчатого перехода, с уступом которого соединены верхние концы упомянутых вертикально ориентированных ребер, кроме того, внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена гладкой, а в месте ее сопряжения с внешней поверхностью центральной части корпуса выполнено поперечное кольцевое ребро жесткости, с которым соединены нижние концы упомянутых вертикально ориентированных ребер, на части поверхности упомянутых канавок, на половину их глубины, нанесен защитный слой, имеющий толщину 100 мкм, из смеси политетрафторэтилена и нанотрубок диоксида титана.

на диаметром 50-70 нм и длиной от 5 до 15 мкм, кроме того, упомянутая смесь размещена в полостях микротрещин, образованных в упомянутых местах нанесения упомянутого слоя, кроме того, в поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 50-100 мкм и относится к его глубине как 1 к 1-5, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет десять их (глухих отверстий) диаметров, при этом содержание упомянутых нанотрубок в упомянутой смеси выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ .

#### Описание чертежей

Заявленное изобретение поясняется при помощи чертежей, представленных на фиг. 1-6.

На фиг. 1 показан общий вид бутылки, выполненной в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 показан поперечный разрез центральной части корпуса по линии А-А на фиг. 1.

На фиг. 3 показан с увеличением фрагмент Б поперечного разреза центральной части корпуса на фиг. 2, демонстрирующий два соседних вертикально ориентированных ребра жесткости и канавку между ними.

На фиг. 4 увеличено, с местным разрезом, показан с фрагмент Г на фиг. 1, демонстрирующий соединение верхних концов вертикально ориентированных ребер жесткости с уступом ступенчатого перехода верхней части корпуса.

На фиг. 5 увеличено, с местным разрезом, показан с фрагмент Д на фиг. 1, демонстрирующий соединение нижних концов вертикально ориентированных ребер жесткости с кольцевым ребром жесткости.

На фиг. 6 показан общий вид бутылки, со ступенчатым переходом 15, расположенным под углом к образующей корпуса.

#### Осуществление изобретения

Заявленная бутылка, выполнена из стекла и содержит цилиндрический корпус 1 нижним своим торцом 2 радиусно сопряженный с дном 3, а противоположным верхним торцом 4 сопряженный с радиусно выпуклыми плечиками 5, которые радиусно сопряжены с цилиндрической горловиной 6, открытый торец которой снабжен венчиком 7 под пробку.

Дно 3 может быть плоским, либо вогнутым в направлении внутренней полости, либо иметь углубления различной формы. Например, может быть выполнено углубление в форме усеченной пирамиды, выполненной соосно корпусу 1.

Предпочтительно, что бы плечики 5, в отличие от плечиков ближайшего аналога, были радиусно выпуклыми, так как радиусно выпуклая поверхность более проста в своем изготовлении, чем снабженная ребрами жесткости коническая поверхность плечиков бутылки ближайшего аналога, что существенно снижает количество бракованных бутылок при изготовлении.

На внешней поверхности центральной части 8 корпуса образованы вертикально ориентированные ребра 9 жесткости, которые равномерно размещены по периметру центральной части 8 корпуса. Данные ребра 9 жесткости передают корпусу 1 дополнительную устойчивость к усилиям сжатия в направлении вертикальной оси 13 корпуса 1.

Каждое ребро 9 жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности с одинаковым радиусом R1, а между соседними ребрами 9 жесткости образованы канавки 10, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности с одинаковым радиусом R2, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра 9 жесткости. Поперечные сечения, имеющие форму части окружности, наиболее предпочтительны, так как в них при изготовлении бутылки возникают внутренние напряжения, имеющие меньшие значения, чем внутренние напряжения в ребрах и канавках, имеющих в поперечном сечении иную форму, например, треугольную, трапециевидную, прямоугольную и др. Оси вертикально ориентированных ребер 9 жесткости и оси канавок 10 параллельны оси 13 корпуса 1 для равномерного распределения усилий в поперечных сечениях корпуса 1 и для исключения возникновения крутящего момента под воздействием усилия сжатия, прилагаемого к бутылке в направлении вертикальной оси 13 корпуса 1.

Внешняя поверхность верхней части 14 корпуса выполнена гладкой, цилиндрической и сопряжена с внешней поверхностью центральной части 8 корпуса 1 посредством ступенчатого перехода 15, с уступом 16 которого соединены верхние концы 17 упомянутых вертикально ориентированных ребер 9 жесткости. Ступенчатый переход 15 выполняет функцию поперечного ребра жесткости, воспринимающего поперечные сжимающие или растягивающие усилия и предотвращающего нарушение целостности вертикально ориентированных ребер 9 жесткости за счет объединения их верхних концов 17.

Внешняя поверхность нижней части 18 корпуса выполнена гладкой, цилиндрической, а в месте ее сопряжения с внешней поверхностью центральной части 8 выполнено поперечное кольцевое ребро 19 жесткости, с которым соединены нижние концы 20 упомянутых вертикально ориентированных ребер 9 жесткости. Поперечное ребро 19 жесткости, так же как и ступенчатый переход 15, воспринимает поперечные сжимающие или растягивающие усилия и предотвращает нарушение целостности вертикально ориентированных ребер 9 жесткости за счет объединения их нижних концов 20. Таким образом, в заявленной бутылке, ступенчатый переход 15 и поперечное ребро 19 жесткости имеют одинаковое назначе-

ние и выполняют одинаковые функции, являясь эквивалентными признаками. Следует отметить, что для того, что бы поперечные сжимающие или растягивающие усилия, воспринимаемые ступенчатым переходом 15 и поперечным ребром 19 жесткости, не воспринимались только двумя поперечными сечениями, можно расположить ступенчатый переход 15 и/или ребро 19 жесткости под углом к образующей корпуса 1, как показано на фиг. 6. При этом вертикально ориентированные ребра 9 жесткости и канавки 10 будут иметь разную высоту.

На части поверхности упомянутых канавок 10, на половину их глубины  $h$ , нанесен защитный слой 21, имеющий толщину 100 мкм, из смеси 11 политетрафторэтилена и нанотрубок диоксида титана диаметром 50-70 нм и длиной от 5 до 15 мкм. Здесь и далее по тексту под диаметром нанотрубок диоксида титана понимается диаметр внешней поверхности указанных нанотрубок. Упомянутая смесь 11 размещена в полостях микротрещин 22, образованных в упомянутых местах нанесения упомянутого слоя 21. Здесь и далее под микротрещинами 22 понимаются микротрещины, образованные в канавках 10 при изготовлении бутылки и, в соответствии с пунктом 7.13 ГОСТ Р 52327-2005 "Тара стеклянная для продуктов детского питания", не видимые не вооруженным глазом. В указанном пункте говорится следующее: "Изделия считают выдержавшими испытания, если они не разрушались и на их поверхности нет следов удара (трещин, сколов), видимых невооруженным глазом". Указанный ГОСТ Р 52327-2005 распространяется на стеклянную тару круглой формы, а именно бутылки, используемую в промышленном производстве продуктов детского питания, к которой предъявляются наиболее высокие требования.

В поверхности канавок 10, на половине их глубины  $h$ , выполнено множество заполненных указанной смесью 11 глухих отверстий 12, диаметр  $D$  каждого из которых равен 50-100 мкм и относится к его глубине  $h_1$  как 1 к 1-5, а максимальное расстояние  $L$  между ближайшими отверстиями 12 составляет десять диаметров  $D$ . Отверстия 12 выполняются в указанных поверхностях канавок 10 посредством жесткого закрепленных на соответствующих поверхностях пресс формы отрезков вольфрамовой проволоки соответствующего диаметра. Здесь и далее под расстоянием  $L$  понимается расстояние между осями ближайших отверстий 12.

Содержание упомянутых нанотрубок в упомянутой смеси 11 выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ .

Следует отметить, что упомянутый защитный слой 21 является дискретным слоем, состоящим из множества полос смеси 11, отдельно расположенных на поверхности каждой канавки 10. Защитный слой 21 своей поверхностью, взаимодействующей с упомянутыми частями внешней поверхности корпуса 1, соединен со смесью 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22, однако указанное соединение не является обязательным.

На все внешние поверхности заявленной бутылки должен быть нанесен по меньшей мере один слой упрочняющего состава на основе диоксида титана или диоксида олова.

Заявленное изобретение реализуется следующим образом.

Во внутреннюю полость заявленной бутылки разливают жидкость (например, напиток или какую либо техническую жидкость) и закупоривают бутылку путем размещения закупорочного средства (например, пробки) на венчике 7.

Если бутылка подвергается воздействию усилия сжатия, прилагаемого к закупорочному средству в направлении вертикальной оси 13 корпуса 1 и составляющему до 8000 Н, то усилие от указанного закупорочного средства передается на венчик 7 и через него на цилиндрическую горловину 6. От цилиндрической горловины 6, упомянутое усилие передается на радиусно выпуклые плечики 5. При этом происходит деформация, таким образом, что радиус указанных плечиков 5 уменьшается. Далее упомянутое усилие от радиусно выпуклых плечиков 5 передается на верхний торец 4 корпуса 1 и на его верхнюю часть 14. Указанная верхняя часть 14 корпуса не существенно сжимается, передавая воспринимаемое усилие через уступ 16 ступенчатого перехода 15 на верхние концы 17 вертикально ориентированных ребер 9 жесткости.

Вертикально ориентированные ребра 9 жесткости нижними своими концами 20 опираются на поперечное ребро 19 жесткости и, воспринимая упомянутое усилие, сжимаются в направлении дна 3. В том же направлении происходит сжатие поверхностных слоев канавок 10, то есть, поверхностные слои канавок 10 сжимаются вдоль оси 13 корпуса 1. Совместно с поверхностными слоями канавок 10, сжимается защитный слой 21, предохраняя поверхностные слои канавок 10 от разрушений. Следует отметить, что нанотрубки диоксида титана, содержащиеся в защитном слое 21, упрочняют поверхности канавок 10 на половине их глубины, препятствуя разрушению канавок 10 и образованию в них новых микротрещин. Причем пространство между нанотрубками диоксида титана заполнено политетрафторэтиленом, который легко сжимается позволяя также легко сжиматься защитному слою 21.

Глухие отверстия 12 и микротрещины 22 тоже сжимаются. Глухие отверстия 12 выполнены в поверхностных слоях канавок 10 на половине их глубины  $h$  для увеличения предела прочности при сжатии, что позволяет поверхностным слоям канавок 10 сжиматься без образования в их поверхности новых микротрещин. От поперечного ребра 19 жесткости упомянутое усилие передается на нижнюю часть 18 корпуса, которая подвергается незначительному сжатию.

Следует отметить, что выполнение отверстий 12 диаметром  $D$  менее 50 мкм неэффективно, так как

они могут не заполниться смесью 11, в результате чего противоположные поверхности указанных отверстий 12 могут соединиться при воздействии усилия сжатия и тогда может начаться процесс образования микротрещин в поверхностях канавок 10. Выполнение отверстий 12 диаметром  $D$  более 150 мкм может вызывать концентрацию как механических, так и температурных напряжений, которые так же могут вызывать процесс образования микротрещин в поверхностях канавок 10.

Так же следует отметить, что выполнение отверстий 12 глубиной  $h_1$ , к которой диаметр  $D$  тех же отверстий 12 относится как 1 к менее чем 1, недостаточно для обеспечения сжатия поверхностных слоев канавок 10 без образования микротрещин в указанных слоях.

Выполнение отверстий 12 глубиной  $h_1$ , к которой диаметр  $D$  тех же отверстий 12 относится как 1 к более чем 5, трудно выполнимо ввиду того, что упомянутые выше отрезки вольфрамовой проволоки малого диаметра изгибаются и образуют в поверхностях канавок 10 тороидные отверстия. Тороидные отверстия, пересекая друг друга, приводят к выкрашиванию поверхностных слоев канавок 10. Образованные таким образом области выкрашивания становятся концентраторами механических и термических напряжений, которые со временем приводят к возникновению микротрещин в канавках 10.

Как было отмечено выше, максимальное расстояние  $L$  между ближайшими отверстиями 12 должно составлять десять диаметров  $D$ . Если указанное расстояние  $L$  между ближайшими отверстиями 12 будет составлять более десяти диаметров  $D$ , то это расстояние  $L$  будет слишком велико для обеспечения сжатия поверхностных слоев канавок 10 без образования микротрещин в указанных слоях.

Смесь 11, заполняющая указанные отверстия 12 и микротрещины 22, обладает высокой пластичностью за счет включения в ее состав политетрафторэтилена. Так же за счет включения в ее состав политетрафторэтилена указанная смесь 11 легко сжимается, предотвращая касание противоположных поверхностей упомянутых отверстий 12 и противоположных стенок микротрещин 22 друг с другом.

При этом нанотрубки диоксида титана выполняют роль армирующих элементов внутри отверстий 12 и микротрещин 22 для политетрафторэтилена. Кроме того, указанные нанотрубки обладают высокой прочностью, что позволяет упрочнять стенки (внутренние поверхности) отверстий 12 и микротрещин 22. Это особенно важно при воздействии на бутылку усилия сжатия свыше 5000 Н в направлении вертикальной оси 13 корпуса 1, так как стенки отверстий 12 и микротрещин 22 начинают существенно деформироваться и в них могут начать развиваться новые микротрещины.

Как уже было отмечено выше, нанотрубки диоксида титана должны иметь длину от 5 до 15 мкм.

Нанотрубки диоксида титана длиной менее 5 мкм, при заполнении внутренних полостей отверстий 12 и микротрещин 22, создают неоднородную армирующую структуру для политетрафторэтилена, то есть некоторые объемы отверстий 12 и микротрещин 22 остаются без указанных нанотрубок. Нанотрубки диоксида титана длиной свыше 15 мкм плохо проникают во внутренние полости микротрещин 22 и могут скапливаться на поверхности канавок 10 без проникновения в микротрещины 22. При этом поверхности микротрещин 22 не будут упрочнены.

Таким образом, глухие отверстия 12 и микротрещины 22, сжимаясь под воздействием упомянутого выше усилия сжатия, прилагаемого к укупорочному средству в направлении вертикальной оси 13 корпуса 1, своими стенками сжимают смесь 11, которая заполняет их внутренние полости. Причем указанная смесь одновременно упрочняет внутренние стенки глухих отверстий 12 и микротрещин 22 и предохраняет их противоположные поверхности от взаимных касаний, что, в свою очередь, исключает возможность образования и развития новых микротрещин, сколов и разрушения поверхности канавок 10.

Теплопроводность смеси 11 существенно (в 10-15 раз) выше теплопроводности стекла, из которого выполнена заявленная бутылка. Это обусловлено наличием в указанной смеси 11 нанотрубок диоксида титана.

От размера диаметра нанотрубок диоксида титана в смеси 11 зависит суммарная площадь поверхности всех нанотрубок диоксида титана в смеси 11 и, следовательно, теплопроводность смеси 11.

Как уже было отмечено выше, нанотрубки диоксида титана должны иметь диаметр 50-70 нм. Выбор диаметра указанных нанотрубок осуществлялся экспериментальным путем.

Нанотрубки диоксида титана диаметром менее 50 нм, образуют суммарную поверхность нанотрубок диоксида титана в смеси 11, которая обладает теплопроводностью, при которой теплообмен между смесью 11, стеклянными поверхностями бутылки и окружающей средой протекает быстрее, чем необходимо, и может привести к образованию микротрещин в канавках 10 при перепаде температур, составляющем 50-75°C.

Нанотрубки диоксида титана диаметром менее 70 нм, образуют суммарную поверхность нанотрубок диоксида титана в смеси 11, которая обладает теплопроводностью, при которой теплообмен между смесью 11, стеклянными поверхностями бутылки и окружающей средой протекает медленнее, чем необходимо, и может привести к образованию микротрещин в поверхностях ребер 9 и канавок 10 при перепаде температур, составляющем 50-75°C.

Выше было указано, что на части поверхности упомянутых канавок 10, на половине их глубины  $h$ , сформирован защитный слой 21, имеющий толщину 100 мкм. Канавки 10 являются основными потенциальными концентраторами напряжений и при скачкообразном изменении их температуры даже на 50°C в

них могут возникнуть микротрещины, а уже имеющиеся микротрещины 22 могут начать развиваться и привести к нарушению их целостности.

Защитный слой 21 можно формировать путем напыления на указанные выше части поверхностей водной суспензии политетрафторэтилена, с которой перемешаны нанотрубки диоксида титана с последующей термической обработкой при температуре 240-260°C. Однако при таком методе напыления, невозможно достичь однородной толщины слоя 21 по высоте канавок 10, так как суспензия при нанесении на вертикальные поверхности начинает стекать вниз по канавкам 10. При этом некоторые верхние участки указанных выше части поверхностей оказываются свободными от защитного слоя 21.

Предпочтительно формировать указанный защитный слой 21 за счет механического натирания (предпочтительно, в двух взаимно перпендикулярных направлениях) части поверхностей канавок 10 порошкообразным политетрафторэтиленом с размером наночастиц до 10 нм смешанным с нанотрубками диоксида титана с обязательным контролем заполнения полостей глухих отверстий 12 и микротрещин 22 смесью 11, например, с помощью сканирующего электронного микроскопа. Следует отметить, что смесь 11, состоящая из наночастиц и нанотрубок, хорошо проникает во внутренние полости элементов с размерами, на несколько порядков большими, например от 1-2 мкм. После чего следует производить отжиг бутылки при температуре 240-260°C в течение 0,5-1 ч. При этом можно с высокой точностью контролировать толщину слоя 21. Защитный слой 21 выполняет функцию теплообменного элемента и его толщина, составляющая 100 нм, для наиболее эффективного теплового обмена была выбрана экспериментальным путем.

Содержание упомянутых нанотрубок в упомянутой смеси 11 выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ . То есть процентное содержание нанотрубок диоксида титана в смеси 11 прямопропорционально радиусу R1 окружности, часть которой имеет в поперечном сечении каждое вертикально ориентированное ребро 9 жесткости и обратно пропорционально радиусу R2 окружности, часть которой имеет в поперечном сечении каждая канавка 10, причем коэффициент пропорциональности равен 1/2 и был определен экспериментальным путем.

То есть, чем на большую величину радиус R1 превосходит радиус R2, тем интенсивнее должен протекать процесс теплообмена между внутренними слоями вертикально ориентированного ребра 9 жесткости и смесью 11, следовательно, содержание нанотрубок диоксида титана в смеси 11 должно быть выше. И наоборот, чем на большую величину радиус R2 превосходит радиус R1, тем медленнее должен протекать процесс теплообмена между внутренними слоями вертикально ориентированных ребер 9 жесткости и смесью 11, следовательно, содержание нанотрубок диоксида титана в смеси 11 должно быть ниже.

Если бутылка подвергается внешнему воздействию перепада температур, составляющему 75°C, а ее температура при этом должна повыситься, то первыми нагреваются поверхностные слои всех элементов бутылки и защитный слой 21, за исключением поверхностных слоев канавок 10. Защитный слой 21 нагревается значительно быстрее, чем стеклянные поверхностные слои остальных элементов бутылки. Это связано с тем, что, теплопроводность смеси 11, из которой выполнен защитный слой 21 в 10-15 раз выше теплопроводности стекла, из которого выполнена заявленная бутылка.

Защитный слой 21 соединен либо находится в контактном взаимодействии со смесью 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22. В связи с чем теплопередача между защитным слоем 21 и смесью 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22 ничем не ограничена.

Защитный слой 21 интенсивно передает теплоту поверхностным слоям канавок 10 на половине их глубины h и смеси 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22.

Смесь 11, заполняющая глухие отверстия 12 и микротрещины 22, интенсивно передает теплоту поверхностным слоям канавок 10, слоям центральной части 8 корпуса, расположенными под канавками 10, и слоям вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенными под канавками 10 на половине их глубины h. В связи с таким интенсивным теплообменом эти слои нагреваются раньше остальных элементов бутылки и, одновременно, в них протекает процесс расширения стекла. При этом остальные, не прогретые элементы бутылки только начинают расширяться. Еще не расширившиеся поперечное кольцевое ребро 19 жесткости и уступ 16 ступенчатого перехода 15 противодействуют расширению поверхностных слоев канавок 10, слоев центральной части 8 корпуса, расположенных под канавками 10, и слоев вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенных под канавками 10 на половине их глубины h. В результате этого противодействия происходит сжатие глухих отверстий 12 и микротрещин 22, что позволяет поверхностным слоям канавок 10 расширяться без образования в их поверхности новых микротрещин. Глухие отверстия 10 и микротрещины 22 сжимаются и сжимают заполняющую их смесь 11. Смесь 11, сжимается, предотвращая касание противоположных поверхностей упомянутых отверстий 12 и противоположных стенок микротрещин 22 друг с другом. Кроме того, смесь 11, образующая защитный слой 21 продолжает получать теплоту из окружающей среды и передавать ее в поверхностные слои канавок 10, от которых теплота передается во внутренние слои вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенные под канавками 10 на половине их глубины h, и внутренние слои центральной части 8 корпуса, расположенные под канавками 10, нагревая их. Таким образом, в вертикально ориентированных ребрах 9 жесткости теплота распространяется не только от внешних слоев в

направлении внутренней полости бутылки, но и от смеси 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22, к внутренним слоям самих указанных ребер 9.

В остальных элементах бутылки, а именно: венчике 7, цилиндрической горловине 6, радиусно выпуклых плечиках 4, верхней части 14 корпуса, поперечном кольцевом ребре 19 жесткости, нижней части 18 корпуса, дне 3 процесс нагрева (распространения тепла) протекает равномерно от внешних слоев в направлении оси 13 корпуса 1. При таком равномерном нагреве внутренние напряжения в указанных элементах не возникают.

В процессе нагрева бутылки поперечное кольцевое ребро 19 жесткости и уступ 16 ступенчатого перехода 15 равномерно расширяются в поперечном направлении, получая незначительную часть теплоты от вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, позволяя вертикально ориентированным ребрам 9 жесткости смещаться во всех своих поперечных сечениях вдоль радиусов центральной части 8 корпуса (здесь и далее под радиусами центральной части 8 корпуса понимаются радиусы описанной вокруг вершин вертикально ориентированных ребер 9 жесткости окружности) в направлении от оси 13 корпуса 1. В результате указанного смещения поверхностные слои канавок 10 постепенно расширяются, а вместе с ними расширяются глухие отверстия 12 и микротрещины 22, приобретая свою исходную форму. При этом образование новых микротрещин, сколов и разрушений поверхности в канавках 10 не происходит.

Если бутылка подвергается внешнему воздействию перепада температур, составляющему  $75^{\circ}\text{C}$ , а ее температура при этом должна понизиться, то, в первую очередь, охлаждаются поверхностные слои всех элементов бутылки за исключением поверхностных слоев канавок 10, а так же охлаждению подвергается защитный слой 21. Защитный слой 21 охлаждается значительно быстрее, чем стеклянные поверхностные слои остальных элементов бутылки и начинает получать теплоту от поверхностных слоев канавок 10, которые при этом охлаждаются.

Защитный слой 21 интенсивно отдает в окружающую среду теплоту от поверхностных слоев канавок 10 на половине их глубины  $h$  и смеси 11, заполняющей глухие отверстия 12 и микротрещины 22. Смесь 11, заполняющая глухие отверстия 12 и микротрещины 22, интенсивно принимает теплоту от более глубоких слоев вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенных под канавками 10 на половине их глубины  $h$ , и внутренних слоев центральной части 8 корпуса, расположенных под канавками 10.

В связи с таким интенсивным теплообменом поверхностные слои канавок 10, слои вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенные под канавками 10 на половине их глубины  $h$ , и слои центральной части 8 корпуса, расположенные под канавками 10, охлаждаются раньше остальных элементов бутылки и, одновременно, в них протекает процесс сжатия стекла. При этом остальные, не охлажденные элементы бутылки только начинают сжиматься. Еще не сжатые поперечное кольцевое ребро 19 жесткости и уступ 16 ступенчатого перехода 15 противодействуют сжатию поверхностных слоев канавок 10, слоев вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенных под канавками 10 на половине их глубины  $h$ , и внутренних слоев центральной части 8 корпуса, расположенных под канавками 10, кроме того, поперечное кольцевое ребро 19 жесткости и уступ 16 ступенчатого перехода 15 начинают постепенно отдавать теплоту вертикально ориентированным ребрам 9 жесткости. В результате указанного противодействия происходит расширение глухих отверстий 12 и микротрещин 22, что позволяет поверхностным слоям канавок 10 сжиматься без образования в их поверхности новых микротрещин. Глухие отверстия 12 и микротрещины 22 расширяются и растягивают заполняющую их смесь 11. Смесь 11 растягивается без ее разрушения благодаря высокой пластичности политетрафторэтилена. Кроме того, смесь 11, образующая защитный слой 21, продолжает отдавать теплоту в окружающую среду и получать теплоту от поверхностных слоев канавок 10, слоев вертикально ориентированных ребер 9 жесткости, расположенных под канавками 10 на половине их глубины  $h$ , и внутренних слоев центральной части 8 корпуса, расположенных под канавками 10. Таким образом, вертикально ориентированные ребра 9 жесткости отдают теплоту в окружающую среду не только через внешние слои в направлении от внутренней полости бутылки, но и через смесь 11, заполняющую глухие отверстия 12, микротрещины 22 и далее слою 21, который отдает полученную теплоту во внешнюю среду.

В остальных элементах бутылки, а именно: венчике 7, цилиндрической горловине 6, радиусно выпуклых плечиках 4, верхней части 14 корпуса, поперечном кольцевом ребре 19 жесткости, нижней части 18 корпуса, дне 3 процесс охлаждения (распространения тепла) протекает равномерно. Сначала во внешнюю среду отдают теплоту внешние слои, затем через эти внешние слои отдают теплоту внутренние слои, а затем через внутренние и внешние слои теплоту отдают слои, расположенные в непосредственной близости к внутренней полости бутылки. При таком равномерном охлаждении внутренние напряжения в указанных элементах не возникают.

В процессе нагрева бутылки поперечное кольцевое ребро 19 жесткости и уступ 16 ступенчатого перехода 15 равномерно сжимаются в поперечном направлении, позволяя вертикально ориентированным ребрам 9 жесткости смещаться во всех своих поперечных сечениях вдоль радиусов центральной части 8 корпуса в направлении внутренней полости корпуса 1. В результате указанного смещения поверхностные слои канавок 10 постепенно сжимаются, а вместе с ними сжимаются глухие отверстия 12 и микротрещины 22, изменяя свои размеры. При этом образование новых микротрещин, сколов и разрушений

поверхности в поверхностных слоях канавках 10 не происходит.

Для подтверждения влияния отличительных признаков данного изобретения на достижение заявленного технического результата были изготовлены и испытаны бутылки различной вместимости с разными размерами. Все образцы были изготовлены из стекла марки БТ-1.

#### **Испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке**

Испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, а также на подтверждение устранения возможности увеличения размеров имеющихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин, а также устранение возможности образования новых микротрещин при воздействии на бутылку усилием сжатия в направлении вертикальной оси корпуса, составляющим 8000 Н, проводились в соответствии с пунктом 7.13.2 ГОСТ 32131-2013 "Бутылки стеклянные для алкогольной и безалкогольной пищевой продукции". В указанном пункте говорится следующее: "На нижнюю плиту по центру устанавливают образец, положив под него и на него прокладку. Создают вертикальную нагрузку, которая должна возрастать непрерывно до значения по 5.1.27 (5000 Н). После достижения установленного значения, которое в по 5.1.27 (5000 Н) нагрузку снимают. Образец вынимают из устройства и осматривают". Однако, с целью подтверждения заявленного технического результата, для испытанных образцов значение усилия 5000 Н было увеличено до 8000 Н, после чего нагрузку снимали.

#### **Испытания на термическую стойкость**

Испытания на термическую стойкость, а так же на подтверждение устранения возможности увеличения размеров имеющихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин, а также устранение возможности образования новых микротрещин при воздействии на бутылку перепадом температур, составляющем 75°C, проводились в соответствии с методом А по ГОСТ 13903-2016 "Упаковка стеклянная. Методы контроля термической стойкости". Следует отметить, что испытания по методам Б и В указанного ГОСТ 13903-2016 не проводились, так как в них предусмотрено разрушение образцов бутылок.

Испытания проводились с использованием, в соответствии с разделом 3, резервуаров для холодной и горячей воды, а также корзины в виде сетки. Резервуар для холодной воды вместимостью 30 л воды, снабженный водяным циркуляционным насосом, термометром и термостатическим регулятором, поддерживающим температуру воды в резервуаре в пределах  $\pm 1^\circ\text{C}$  в нижнем температурном диапазоне, указанном в ГОСТ 13903-2016, ( $22\pm 5$ ) °C.

Резервуар для горячей воды, способный вместить не менее 30 л воды, снабженный водяным циркуляционным насосом, термометром и термостатическим регулятором, поддерживающим температуру воды в резервуаре в пределах  $\pm 1^\circ\text{C}$  в верхнем температурном диапазоне ( $75\pm 5$ )°C.

Корзина в виде сетки, изготовленная из углепластика марки ВКУ-38. Корзина удерживает образцы в вертикальном положении так, чтобы они не касались друг друга, и снабжена перфорированной крышкой, изготовленной из углепластика марки ВКУ-38, предотвращающей всплывание образцов при погружении корзины в резервуар.

Перед проведением испытания образцы выдерживали в течение одного часа в помещении с температурой 18°C.

Температура воды в резервуаре для горячей воды регулировалась в пределах  $\pm 1^\circ\text{C}$  и была выше температуры воды в резервуаре для холодной воды на значение перепада, составляющего 75°C.

Образцы укладывали в корзину горловинами вверх, чтобы они не соприкасались. Корзину закрывали крышкой, фиксируя ее, и погружали в резервуар с горячей водой, при этом образцы были полностью заполнены водой, а венчики горловин находились на 70 мм ниже уровня воды в резервуаре. Образцы выдерживали в резервуаре с горячей водой в течение времени 10 мин (из расчета по меньшей мере 1,5 мин на каждый миллиметр максимальной толщины образца).

По истечении времени выдержки корзину с образцами, наполненными горячей водой, переносят в резервуар с холодной водой и выдерживают там в течение 60 с.

Время переноса корзины с образцами из одного резервуара в другой составляло 10 с.

После погружения корзины в резервуар с холодной водой образцы оставались заполненными горячей водой, а уровень воды в резервуаре был выше погруженных образцов на 70 мм.

По истечении 30 с корзину с образцами извлекали из резервуара с холодной водой. Затем образцы извлекали из корзины, выливали из них воду и проводили их осмотр на предмет увеличения размеров ранее имевшихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин, а также на предмет образования новых микротрещин. В соответствии с ГОСТ 13903-2016, осмотр проводится визуально невооруженным глазом, однако подобный осмотр не позволяет определить размеры ранее имевшихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин, а также выявить новые микротрещины.

#### **Контроль образцов при испытаниях**

Осмотр проводился с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Данный микроскоп представляет собой автоэмиссионный растровый электронный микроскоп, который

благодаря использованию в нем электронной пушки с полевой эмиссией (катодом Шотки) (Т-FE), с разрешением 2 нм, позволяет проводить осмотр образцов с размерами анализируемой области в несколько нанометров.

Перед началом испытаний с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL) был исследован каждый представленный на испытания образец бутылки, изготовленной в соответствии с настоящим изобретением. Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок 10 до испытаний. Для этого ребро, с которого начиналось построение карты, было помечено в середине точкой диаметром 1 мм, выполненной красной краской на основе диоксида титана. После окончания испытаний на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, а также после окончания испытаний на термическую стойкость, так же с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL), был исследован каждый прошедший испытания образец бутылки, изготовленной в соответствии с настоящим изобретением. Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок 10 после испытаний. Построение этой карты так же начиналось с ребра, которое было помечено упомянутой точкой. После чего карты накладывались одна на другую, и выполнялось их сравнение, посредством которого определяли, увеличились ли размеры микротрещин 22, образованных в канавках 10 при изготовлении данного образца бутылки, образовались ли на поверхности канавок 10 новые микротрещины после испытаний.

Следует отметить, что на образцы бутылок всех приведенных ниже примеров упрочняющее покрытие не было нанесено.

#### Пример 1.

Была изготовлена бутылка, в количестве 10 образцов, вместимостью 0,5 л, содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном толщиной 6 мм, а противоположным торцом сопряженный с выпуклыми плечиками, имеющими высоту 23,9 мм и радиус выпуклости их внешней поверхности 20 мм, которые по дуге, имеющей радиус внешней поверхности 13,7 мм, сопряжены с цилиндрической горловиной, имеющей радиус 28 мм, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, имеющем высоту 5,7 мм и диаметр внешней поверхности 31 мм. Дно выполнено с центральным углублением в форме усеченной пирамиды с большим диаметром 51,8 мм, высотой 20,5 мм и углом наклона образующей к оси корпуса 29°.

Внешняя поверхность верхней части корпуса имеет диаметр внешней цилиндрической поверхности 65,1 мм и высоту 58,2 мм.

Внешняя поверхность верхней части корпуса сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса, имеющей высоту 109,2 мм посредством ступенчатого перехода с уступом.

Внешняя поверхность центральной части корпуса сопряжена с внешней поверхностью нижней части корпуса посредством поперечного кольцевого ребра жесткости, имеющего максимальный диаметр 65,6 мм. Поперечное кольцевое ребро жесткости имеет полукруглое сечение с диаметром 4,5 мм.

Внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена цилиндрической с диаметром 62,9 мм и сопряжена с дном посредством выпуклого перехода с радиусом 3 мм.

На внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости в количестве 36 штук, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса. Каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3 мм, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3 мм, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости. Глубина каждой канавки составляет 0,9 мм. Оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса. Причем корпус имеет минимальную толщину стенки бутылки 3,5 мм в месте прохождения его радиуса через вершину канавки. Верхние концы вертикально ориентированных ребер жесткости соединены с уступом, а нижние с поперечным кольцевым ребром жесткости. Диаметр окружности описанной вокруг вершин вертикально ориентированных ребер жесткости равен 61,6 мм.

В поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 50 мкм и глубиной 250 мкм, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет 500 мкм.

На части поверхности канавок, на глубину 0,45 мм, нанесен защитный слой из смеси, содержащей:

50% порошкообразного политетрафторэтилена с размером наночастиц до 10 нм (производитель ОАО "ГалоПолимер", Россия);

50% нанотрубок диоксида титана диаметром 50 нм и длиной 5 мкм (производитель Kronos International, Германия).

Указанный защитный слой имеет толщину 100 нм и был сформирован за счет механического натирания поверхностей канавок на половине их глубины, после чего образцы бутылок были подвержены отжигу в печи 250°C в течение 1 ч.

Перед началом испытаний с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL) для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была

определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 68 мкм для одной канавки.

Первыми для образцов данного примера были проведены испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, по описанной выше схеме. После проведения испытаний образцы вновь исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 68 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Затем были проведены испытания на термическую стойкость по описанной выше схеме. После испытаний образцы были высушены при температуре 18-22°C и вновь исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 68 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

#### Пример 2.

Была изготовлена бутылка в количестве 10 образцов, вместимостью 0,7 л, содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном толщиной 6 мм, а противоположным торцом сопряженный с выпуклыми плечиками, имеющими высоту 26,6 мм и радиус выпуклости их внешней поверхности 23 мм, которые по дуге, имеющей радиус внешней поверхности 14 мм, сопряжены с цилиндрической горловиной, имеющей радиус 28 мм, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, имеющем высоту 5,7 мм и диаметр внешней поверхности 31 мм. Дно выполнено с центральным углублением в форме усеченной пирамиды с большим диаметром 57,6 мм, высотой 22,8 мм и углом наклона образующей к оси корпуса 29°.

Внешняя поверхность верхней части корпуса имеет диаметр внешней цилиндрической поверхности 77,3 мм и высоту 66,5 мм.

Внешняя поверхность верхней части корпуса сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса, имеющей высоту 121,5 мм посредством ступенчатого перехода с уступом.

Внешняя поверхность центральной части корпуса сопряжена с внешней поверхностью нижней части корпуса посредством поперечного кольцевого ребра жесткости, имеющего максимальный диаметр 72,9 мм. Поперечное кольцевое ребро жесткости имеет полукруглое сечение с диаметром 5,2 мм.

Внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена цилиндрической с диаметром 70 мм и сопряжена с дном посредством выпуклого перехода с радиусом 3 мм.

На внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости в количестве 36 штук, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса. Каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3,5 мм, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом 2,5 мм, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости. Глубина каждой канавки составляет 1 мм. Причем корпус имеет минимальную толщину стенки бутылки 3,5 мм в месте прохождения его радиуса через вершину канавки. Оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса. Верхние концы вертикально ориентированных ребер жесткости соединены с уступом, а нижние - с поперечным кольцевым ребром жесткости. Диаметр окружности описанной вокруг вершин вертикально ориентированных ребер жесткости равен 68,4 мм.

В поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 70 мкм и глубиной 200 мкм, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет 700 мкм.

На части поверхности канавок, на глубину 0,5 мм, нанесен защитный слой из смеси, содержащей:

70% порошкообразного политетрафторэтилена с размером наночастиц до 10 нм (производитель ОАО "ГалоПолимер", Россия);

30% нанотрубок диоксида титана диаметром 60 нм и длиной 10 мкм (производитель Kronos International, Германия).

Указанный защитный слой имеет толщину 100 нм и был сформирован за счет механического натирания поверхностей канавок на половине их глубины, после чего образцы бутылок были подвержены отжигу в печи 250°C в течение 1 ч.

Перед началом испытаний с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL) для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 97 мкм для одной канавки.

Первыми для образцов данного примера были проведены испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, по описанной выше схеме. После проведения испытаний образцы вновь исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для

каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 97 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Затем были проведены испытания на термическую стойкость по описанной выше схеме. После испытаний образцы были высушены при температуре 18-22°C и вновь исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 97 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Пример 3.

Была изготовлена бутылка, в количестве 10 образцов, вместимостью 1 л, содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном толщиной 6 мм, а противоположным торцом сопряженный с выпуклыми плечиками, имеющими высоту 27,8 мм и радиус выпуклости их внешней поверхности 26 мм, которые по дуге, имеющей радиус внешней поверхности 14 мм, сопряжены с цилиндрической горловиной, имеющей радиус 28 мм, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, имеющим высоту 5,7 мм и диаметр внешней поверхности 31 мм. Дно выполнено с центральным углублением в форме усеченной пирамиды с большим диаметром 70 мм, высотой 22,9 мм и углом наклона образующей к оси корпуса 29°.

Внешняя поверхность верхней части корпуса имеет диаметр внешней цилиндрической поверхности 86 мм и высоту 73,5 мм.

Внешняя поверхность верхней части корпуса сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса, имеющей высоту 130 мм посредством ступенчатого перехода с уступом.

Внешняя поверхность центральной части корпуса сопряжена с внешней поверхностью нижней части корпуса посредством поперечного кольцевого ребра жесткости, имеющего максимальный диаметр 85 мм. Поперечное кольцевое ребро жесткости имеет полукруглое сечение с диаметром 5,7 мм.

Внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена цилиндрической с диаметром 82 мм и сопряжена с дном посредством выпуклого перехода с радиусом 3 мм.

На внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости в количестве 36 штук, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса. Каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом 2,5 мм, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3,5 мм, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости. Глубина каждой канавки составляет 1,2 мм. Причем корпус имеет минимальную толщину стенки бутылки 3,5 мм в месте прохождения его радиуса через вершину канавки. Оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса. Верхние концы вертикально ориентированных ребер жесткости соединены с уступом, а нижние - с поперечным кольцевым ребром жесткости. Диаметр окружности описанной вокруг вершин вертикально ориентированных ребер жесткости равен 74,6 мм.

В поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 100 мкм и глубиной 100 мкм, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет 1000 мкм.

На части поверхности канавок, на глубину 0,6 мм, нанесен защитный слой из смеси, содержащей:

35,7% порошкообразного политетрафторэтилена с размером наночастиц до 10 нм (производитель ОАО "ГалоПолимер", Россия);

64,3% нанотрубок диоксида титана диаметром 70 нм и длиной 15 мкм (производитель Kronos International, Германия).

Указанный защитный слой имеет толщину 100 нм и был сформирован за счет механического натирания поверхностей канавок на половине их глубины, после чего образцы бутылок были подвержены отжигу в печи 250°C в течение 1 ч.

Перед началом испытаний с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL) для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 124 мкм для одной канавки.

Первыми для образцов данного примера были проведены испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, по описанной выше схеме. После проведения испытаний образцы вновь исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 124 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Затем были проведены испытания на термическую стойкость, по описанной выше схеме. После испытаний образцы были высушены при температуре 18-22°C и вновь исследованы с помощью сканирующего

шего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 124 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Пример 4.

Была изготовлена бутылка, в количестве 10 образцов, вместимостью 0,5 л, содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном толщиной 6 мм, а противоположным торцом сопряженный с выпуклыми плечиками, имеющими высоту 23,9 мм и радиус выпуклости их внешней поверхности 20 мм, которые по дуге, имеющей радиус внешней поверхности 13,7 мм, сопряжены с цилиндрической горловиной, имеющей радиус 28 мм, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, имеющем высоту 5,7 мм и диаметр внешней поверхности 31 мм. Дно выполнено с центральным углублением в форме усеченной пирамиды с большим диаметром 51,8 мм, высотой 20,5 мм и углом наклона образующей к оси корпуса 29°.

Внешняя поверхность верхней части корпуса имеет диаметр внешней цилиндрической поверхности 65,1 мм и высоту 58,2 мм.

Внешняя поверхность верхней части корпуса сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса, имеющей высоту 109,2 мм посредством ступенчатого перехода с уступом.

Внешняя поверхность центральной части корпуса сопряжена с внешней поверхностью нижней части корпуса посредством поперечного кольцевого ребра жесткости, имеющего максимальный диаметр 65,6 мм. Поперечное кольцевое ребро жесткости имеет полукруглое сечение с диаметром 4,5 мм.

Внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена цилиндрической с диаметром 62,9 мм и сопряжена с дном посредством выпуклого перехода с радиусом 3 мм.

На внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости в количестве 36 штук, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса. Каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3 мм, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом 3 мм, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости. Глубина каждой канавки составляет 0,9 мм. Оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса. Причем корпус имеет минимальную толщину стенки бутылки 3,5 мм в месте прохождения его радиуса через вершину канавки. Верхние концы вертикально ориентированных ребер жесткости соединены с уступом, а нижние - с поперечным кольцевым ребром жесткости. Диаметр окружности описанной вокруг вершин вертикально ориентированных ребер жесткости равен 61,6 мм.

В поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 100 мкм и глубиной 300 мкм, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет 1000 мкм.

На части поверхности канавок, на глубину 0,45 мм, нанесен защитный слой из смеси, содержащей:

50% порошкообразного политетрафторэтилена с размером наночастиц до 10 нм (производитель ОАО "ГалоПолимер", Россия);

50% нанотрубок диоксида титана диаметром 70 нм и длиной 15 мкм (производитель Kronos International, Германия).

Указанный защитный слой имеет толщину 100 нм и был сформирован за счет механического натирания поверхностей канавок на половине их глубины, после чего образцы бутылок были подвержены отжигу в печи 250°C в течение 1 ч.

Перед началом испытаний с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL) для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 74 мкм для одной канавки.

Первыми для образцов данного примера были проведены испытания на сопротивление усилию сжатия бутылок при вертикальной нагрузке, по описанной выше схеме. После проведения испытаний образцы вновь исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 74 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

Затем были проведены испытания на термическую стойкость, по описанной выше схеме. После испытаний образцы были высушены при температуре 18-22°C и вновь исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7001F (JEOL). Для каждого образца была построена карта распределения микротрещин в поверхности канавок. Была определена суммарная средняя длина микротрещин на поверхности одной канавки, которая составила 74 мкм для одной канавки. Новых микротрещин на поверхности канавок не выявлено.

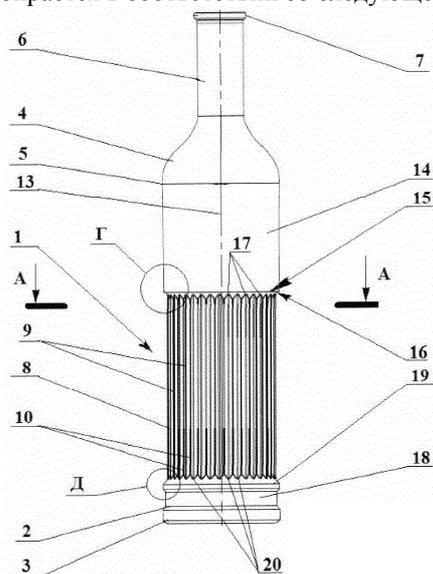
Как следует из приведенных выше примеров, заявленная бутылка, по своим механическим свойст-

вам, полностью соответствует требованиям ГОСТ 32131-2013 и ГОСТ 13903-2016 и может использоваться без упрочняющего покрытия, что является неожиданным техническим результатом.

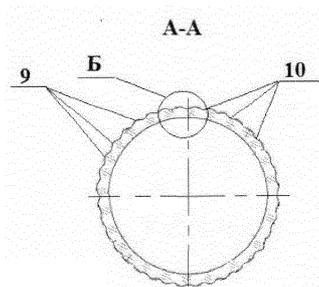
Таким образом, за счет того, что в заявленной бутылке на части поверхности упомянутых канавок, на половину их глубины, нанесен защитный слой, имеющий толщину 100 мкм, из смеси политетрафторэтилена и нанотрубок диоксида титана диаметром 50-70 нм и длиной от 5 до 15 мкм, при этом упомянутая смесь размещена в полостях микротрещин, образованных в местах нанесения упомянутого слоя, кроме того, в поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 50-100 мкм и относится к его глубине как 1 к 1-5, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет десять их диаметров, при этом содержание упомянутых нанотрубок в упомянутой смеси выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ , улучшены механические характеристик бутылки, а именно - устранена возможность увеличения размеров имеющихся в канавках между вертикально ориентированными ребрами жесткости микротрещин при воздействии на бутылку усилием сжатия в направлении вертикальной оси корпуса, составляющим 8000 Н и перепадом температур, составляющим 75°C, а также устранена возможность образования новых микротрещин.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

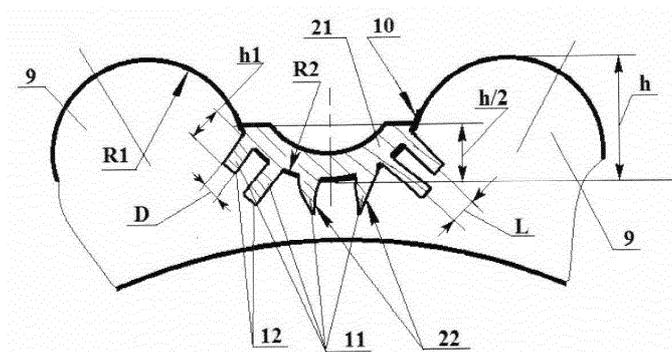
Бутылка, выполненная из стекла и содержащая цилиндрический корпус, одним своим торцом сопряженный с дном, а противоположным торцом сопряженный с радиусно выпуклыми плечиками, которые радиусно сопряжены с цилиндрической горловиной, открытый торец которой снабжен венчиком под пробку, при этом на внешней поверхности центральной части корпуса образованы вертикально ориентированные ребра жесткости, равномерно размещенные по периметру внешней поверхности центральной части корпуса, каждое вертикально ориентированное ребро жесткости имеет в поперечном сечении форму части окружности радиусом R1, а между соседними ребрами жесткости образованы канавки, так же имеющие в поперечном сечении форму части окружности радиусом R2, сопряженной с частями окружностей, образующих указанные соседние ребра жесткости, а оси вертикально ориентированных ребер жесткости и канавок параллельны оси корпуса, кроме того, внешняя поверхность верхней части корпуса выполнена гладкой и сопряжена с внешней поверхностью центральной части корпуса посредством ступенчатого перехода, с уступом которого соединены верхние концы упомянутых вертикально ориентированных ребер жесткости, кроме того, внешняя поверхность нижней части корпуса выполнена гладкой, а в месте ее сопряжения с внешней поверхностью центральной части корпуса выполнено поперечное кольцевое ребро жесткости, с которым соединены нижние концы упомянутых вертикально ориентированных ребер, на части поверхности упомянутых канавок, на половину их глубины, нанесен защитный слой, имеющий толщину 100 мкм, из смеси политетрафторэтилена и нанотрубок диоксида титана диаметром 50-70 нм и длиной от 5 до 15 мкм, при этом упомянутая смесь размещена в полостях микротрещин, образованных в местах нанесения упомянутого слоя, кроме того, в поверхности канавок, на половине их глубины, выполнено множество заполненных указанной смесью глухих отверстий, диаметр каждого из которых равен 50-100 мкм и относится к его глубине как 1 к 1-5, а максимальное расстояние между ближайшими отверстиями составляет десять их диаметров, при этом содержание упомянутых нанотрубок в упомянутой смеси выбирается в соответствии со следующей зависимостью  $(R1/2R2) \times 100\%$ .



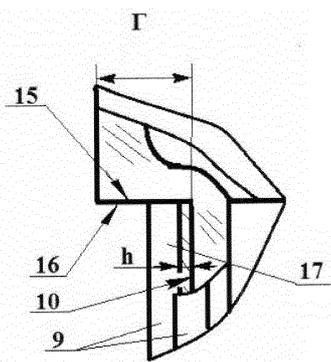
Фиг. 1



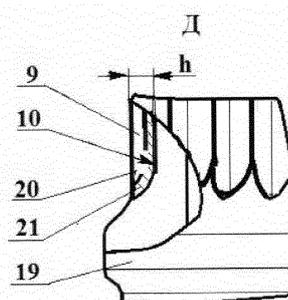
Фиг. 2



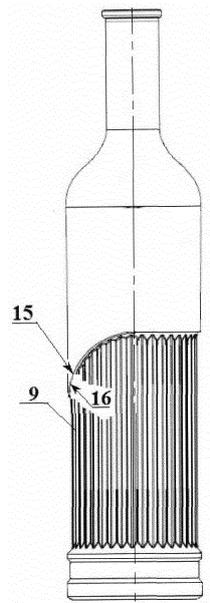
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

