



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124201** (13) **C2**  
(51) МПК  
*H01F 27/24* (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2019 01848</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>25.02.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>05.08.2021</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.06.2019, Бюл.№ 11</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>04.08.2021, Бюл.№ 31</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Ставинський Андрій Андрійович (UA), Авдеєва Олена Андріївна (UA), Циганов Олександр Миколайович (UA), Ставинський Ростислав Андрійович (UA), Садовий Олексій Степанович (UA), Вахоніна Лариса Володимирівна (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>МДАУ "МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2016/0343498 A, 24.11.2016 UA 100077 C2, 12.11.2012 US 6100783 A, 08.08.2000 US 4506248 A, 19.03.1985 US 2015/0270053 A1, 24.09.2015 US 2009/0273431 A1, 05.11.2009 JP S5764111 U, 16.04.1982</p>
--	--

## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ МАГНІТОПРОВОДУ ІНДУКЦІЙНОГО СТАТИЧНОГО ПРИСТРОЮ

### (57) Реферат:

Винахід належить до галузі трансформаторобудування та може бути використаний при виробництві одно- і трифазних трансформаторів і реакторів. Спосіб виготовлення магнітопроводу індукційного статичного пристрою включає формування окремих пластин поперечним розділенням фрагмента прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин щонайменше частини шарів, що утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки. Фрагмент для поперечного розділення складають стикуванням та з'єднанням, наприклад лазерним зварюванням, по лінії стику боків ділянок прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей. Перед з'єднанням ділянки анізотропної електротехнічної сталі розташовують за напрямом текстури, який паралельний лініям розділення. Технічним результатом винаходу є зниження втрат неробочого руху трансформатора на 30...40 % та зниження втрати активної потужності індукційного статичного пристрою на 16...20 %.

UA 124201 C2

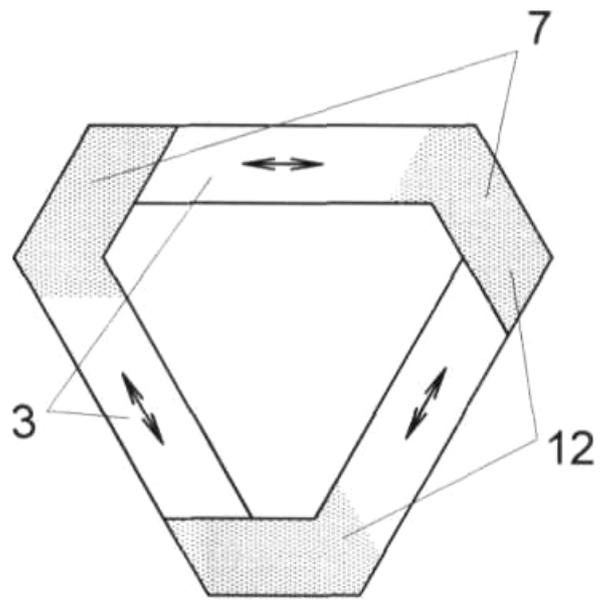


Fig. 16

Винахід належить до галузі трансформаторобудування, може бути використаний при виробництві одно- і трифазних трансформаторів і реакторів та вирішує задачу зниження втрат активної потужності.

Відомій конструкції (патент США US6100783A USA, Int. Cl. H01F27/24, Publ. Date 08.08.2000) відповідає спосіб виготовлення магнітопроводу трансформатора, який включає формування окремих прямокутних пластин з прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей та складання з таких пластин шарів зі стрижнями, ярмами і кутовими ділянками. Для усунення суттєвих втрат в кутових ділянках, що виникають в анізотропній сталі при зміні напрямку магнітного потоку відносно напрямку текстури, стрижні і ярма складають відповідно з анізотропної та ізотропної електротехнічних сталей. Для зменшення магнітного опору технологічних зазорів прямих стиків стрижневих і ярмних пластин, суміжні пластини, що утворюють ярма, мають різну ширину, а однакові стрижневі пластини у суміжних шарах магнітопроводу зсунуті в напрямку своїх осей. Але частина об'єму магнітопроводу, що визначається зсувом стрижневих пластин для перекриття стикових зазорів, не використовується. Це призводить до погіршення масовартісних показників магнітопроводу. Крім того в ярмах значно підвищуються втрати, що обумовлено гіршими магнітними властивостями ізотропної сталі відносно анізотропної сталі вздовж прокату. Ознаками вказаного способу, які співпадають зі способом винаходу, є формування окремих пластин розділенням прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин шарів, що утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки.

Також відомий спосіб виготовлення з прокату анізотропної електротехнічної сталі магнітопроводу трансформатора формуванням ряду різновидів пластин та складанням з таких пластин шарів з усіма косими стиками (Силовые трансформаторы. Справочная книга: под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. - М.: Энергоатомиздат, 2004. - 616 с., с. 474). Такі стики зменшують магнітний опір і намагнічуваний струм, а також об'єм зон повертання магнітного поля відносно напрямку текстури. Однак повністю усунення втрат, що обумовлені зміною напрямку силових ліній поля, не відбувається. Також виготовлення подібних магнітопроводів потребує зміни конфігурацій і значного числа типорозмірів пластин для зсуву стиків в суміжних шарах магнітопроводу. Суттєво ускладнюється технологічний процес та виникають відходи виробництва магнітопроводів. Ознаками такого способу, що співпадають зі способом винаходу, є формування окремих пластин розділенням прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин шарів, що утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки.

Крім того, з конструкції (патент України UA 100077, МПК H01F27/24, опубл. 12.11.2012) відомий спосіб виготовлення однофазного і трифазного магнітопроводів з усіма косими стиками, який прийнятий за прототип. Усі ідентичні пластини однофазного і частина пластин трифазного магнітопроводів мають шевронну форму та формуються поперечним розділенням фрагмента прокату електротехнічної сталі. Число зсунутих при складанні шарів "в переплетення" пластин та стиків в кожному окремому шарі магнітопроводу зменшено до трьох, що знижує намагнічуваний струм та втрати в кутових ділянках, а також зменшує трудомісткість виробництва. При цьому вказані варіанти магнітопроводу з шевронними пластинами передбачають застосування спеціальних сортів ізотропної сталі зі зниженими втратами, що суттєво підвищує вартість. Ознаками вказаного способу, що співпадають зі способом винаходу, є формування окремих пластин поперечним розділенням фрагмента прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин щонайменше частини шарів, що утворюють стрижні, ярма, і кутові ділянки.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу виготовлення магнітопроводу з застосуванням поперечного розділення фрагмента прокату електротехнічної сталі, у якому певні особливості технологічних операцій створення заданої структури шарів електротехнічної сталі призводять до суттєвого зниження втрат активної потужності.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі виготовлення магнітопроводу індукційного статичного пристрою, який включає формування окремих пластин поперечним розділенням фрагмента прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин щонайменше частини шарів, що утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки, фрагмент для поперечного розділення складають стикуванням та з'єднанням, наприклад, лазерним зварюванням, по лінії стику боків ділянок прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей, причому перед з'єднанням ділянку анізотропної електротехнічної сталі розташовують за напрямом текстури, який паралельний лініям розділення.

Щонайменше одну анізотропну ділянку розташовують між ізотропними ділянками та з'єднують по лініях двох боків.

Складові фрагмента формують розділенням прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей відповідно на паралелограмні і шевронні ділянки.

Після поперечного розділення фрагмента отримані пластини розділяють під заданим кутом на дві частини.

5 Сукупність вказаних ознак, тобто складання фрагмента для поперечного розділення  
стикуванням та з'єднання, наприклад, лазерним зварюванням, по лінії стику боків ділянок  
прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей, причому перед з'єднанням ділянку  
анізотропної електротехнічної сталі розташовують за напрямом текстури, який паралельний  
10 лініям розділення, дозволяє формувати шари магнітопроводу з суцільних пластин, що містять  
анізотропні частини в зонах співпадіння напрямків силових ліній поля з напрямом текстури та  
ізотропні частини в зонах повороту силових ліній відносно такого напрямку. Таким чином  
повністю усувається значне підвищення втрат при виконанні кутових ділянок з анізотропної сталі  
і зводиться до мінімуму об'єм магнітопроводу, що заповнений ізотропною сталлю з гіршими  
15 магнітними властивостями відносно анізотропної сталі. Це дозволяє суттєво знизити втрати  
активної потужності.

Розташування щонайменше одної анізотропної ділянки між ізотропними ділянками та їх  
з'єднання по лініях двох боків розширює технологічні можливості виробництва планарних  
стикових магнітопроводів реакторів і магнітопроводів трансформаторів та обмежує число  
однакових типорозмірів пластин в кожному шарі, що знижує трудомісткість виробництва і  
20 втрати.

Формування складових фрагмента розділенням прокату анізотропної і ізотропної  
електротехнічних сталей відповідно на паралелограмні і шевронні ділянки забезпечує  
виготовлення магнітопроводів з усіма косими стиками з обмеженого числа типорозмірів  
анізотропно-ізотропних пластин, що спрощує виготовлення трансформаторів зі зниженими  
25 втратами.

Розділення під заданим кутом на дві частини пластин, що отримані поперечним розділенням  
анізотропно-ізотропної ділянки, створює варіанти конфігурацій з кутами  $90^\circ$  і  $45^\circ$ , які  
забезпечують мінімум типорозмірів пластин та косі стики в кожному шарі одно- і трифазного  
магнітопроводу, а також мінімум втрат трансформаторів.

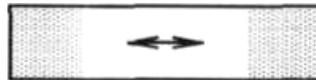
30 Винахід ілюструється кресленнями. На фіг. 1-5 зображені конфігурації пластин  
електротехнічної сталі з яких складаються варіанти магнітопроводів різновидів індукційних  
статичних пристроїв. На фіг. 6-9 показані складані фрагменти, з яких утворюються комбіновані  
анізотропно-ізотропні пластини (фіг. 1-5), фіг. 10 характеризує прокат анізотропної  
електротехнічної сталі з умовним позначенням ( $\leftrightarrow$ ) напрямку текстури, а фіг. 11 представляє  
35 прокат ізотропної електротехнічної сталі. На фіг. 12 і фіг. 13 представлені шари  
електротехнічної сталі варіантів стрижневого стикового магнітопроводу трифазного реактора.  
Фіг. 14, фіг. 15 і фіг. 16, фіг. 17 характеризують суміжні шари планарного стрижневого  
магнітопроводу і просторового радіального магнітопроводу відповідно трифазного і  
однофазного трансформаторів. На фіг. 18 і фіг. 19 представлені заготовки для формування  
40 комбінованих пластин (фіг. 4, фіг. 5) елементарних шарів (фіг. 14, фіг. 15) трифазного  
трансформатора.

Технологічний процес виготовлення кожного з варіантів магнітопроводів індукційних  
статичних пристроїв включає формування окремих пластин фіг. 1-5 поперечним розділенням  
фрагментів фіг. 6-9 прокату електротехнічної сталі фіг. 10, фіг. 11 та складання з таких пластин  
45 (фіг. 1-5) більшої частини шарів (фіг. 12-15) або усіх шарів (фіг. 16, фіг. 17), що утворюють  
стрижні 1-3, яра 4-7 і кутові ділянки 8-12. Кожен з фрагментів фіг. 6-9 для поперечного  
розділення складають стикуванням та з'єднанням, наприклад, лазерним зварюванням, по лініях  
12-15 стиків боків ділянок 16-19 прокату анізотропної електротехнічної сталі 20 і ділянок 21-24  
прокату ізотропної електротехнічної сталі 25, причому перед з'єднанням ділянки 16-19  
50 анізотропної сталі розташовують за напрямками текстури, які паралельні лініям 26-29  
розділення, тобто ділянки 16, 17 розташовують ортогонально лініям 12, 13 стиків боків, а  
ділянки 18, 19 розташовуються під кутами  $60^\circ$  і  $45^\circ$  до ліній 14, 15 стиків боків. Для формування  
комбінованих пластин (фіг. 1, фіг. 2) шарів (фіг. 12, фіг. 13) магнітопроводу трифазного реактора  
анізотропні ділянки 16, 17 розташовуються між ізотропними ділянками 21, 22 та з'єднують по  
55 лініях 12, 13 двох боків. Для виготовлення пластин (фіг. 3) і заготовок пластин (фіг. 4, фіг. 5)  
ділянки 18, 19 фрагментів (фіг. 8, фіг. 9) формують розділенням прокату анізотропної сталі 20 та  
прокату ізотропної сталі 25 відповідно на паралелограмні ділянки 30 і шевронні ділянки 31. Для  
виготовлення пластин (фіг. 4, фіг. 5) після поперечного розділення фрагмента (фіг. 9) отримані  
60 пластини заготовки 32 розділяють під заданими кутами  $90^\circ$  (фіг. 18) і  $45^\circ$  (фіг. 19) на дві частини  
відповідно 33, 34 і 35, 36.

При роботі індукційних статичних пристроїв з варіантами структур шарів (фіг. 12-17) магнітопроводів, силові лінії магнітного поля повертаються відносно напрямків текстури анізотропних ділянок 1-6 в кутових ізотропних ділянках 8-12 завдяки виготовленню і застосуванню комбінованих анізотропно-ізотропних пластин (фіг. 1-5). Тому вказані структури (фіг. 12-17) усувають відоме підвищення втрат в шихтованих магнітопроводах з анізотропної електротехнічної сталі на 37...58 % відносно питомих втрат в такої сталі при замиканні магнітного поля вздовж текстури. Комбіновані анізотропно-ізотропні пластини (фіг. 3-5) забезпечують косі стики, мінімальне число та заданий раціональний зсув таких стиків у суміжних шарах (фіг. 14-17). Це знижує втрати на вихрові струми та намагнічуваний струм. Спосіб виготовлення забезпечує зниження втрат неробочого руху трансформатора на 20-30 % та знижує загальні втрати активної потужності індукційного статичного пристрою на 10-15 %.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

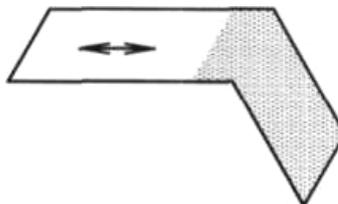
1. Спосіб виготовлення магнітопроводу індукційного статичного пристрою, який включає формування окремих пластин поперечним розділенням фрагмента прокату електротехнічної сталі та складання з таких пластин щонайменше частини шарів, що утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки, який **відрізняється** тим, що перед розділенням фрагмент прокату складають стикуванням та з'єднанням по лінії стику боків ділянок прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей, причому перед з'єднанням ділянку анізотропної електротехнічної сталі розташовують за напрямом текстури, який паралельний лініям майбутнього розділення.
2. Спосіб виготовлення магнітопроводу за п. 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну анізотропну ділянку розташовують між ізотропними ділянками та з'єднують по лініях двох боків.
3. Спосіб виготовлення магнітопроводу за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що складові фрагмента формують розділенням прокату анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей відповідно на паралелограмні і шевронні ділянки.
4. Спосіб виготовлення магнітопроводу за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що після поперечного розділення фрагмента отримані пластини розділяють під заданим кутом на дві частини.



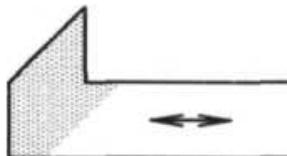
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

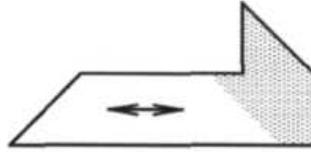


Fig. 5

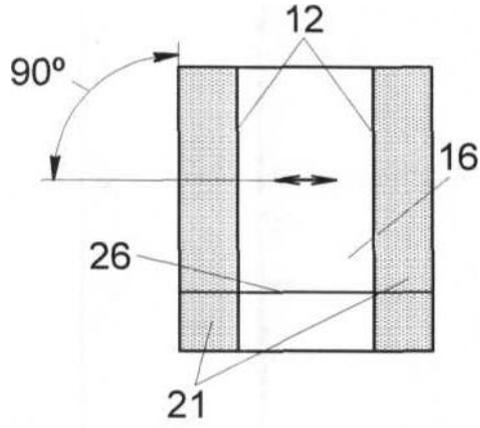


Fig. 6

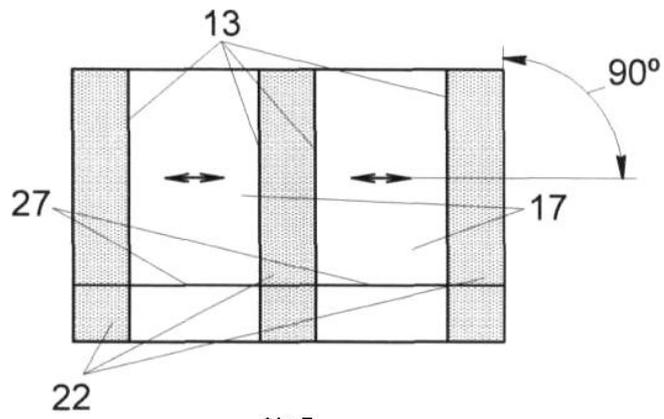


Fig. 7

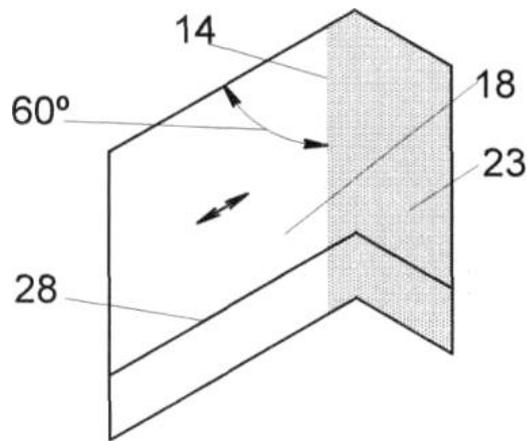


Fig. 8

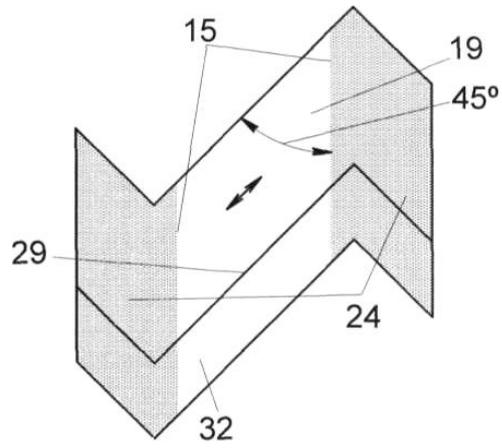


Fig. 9

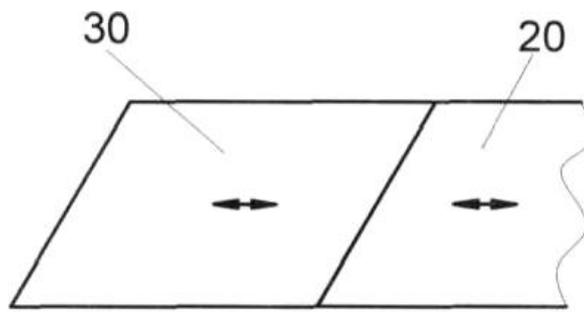


Fig. 10

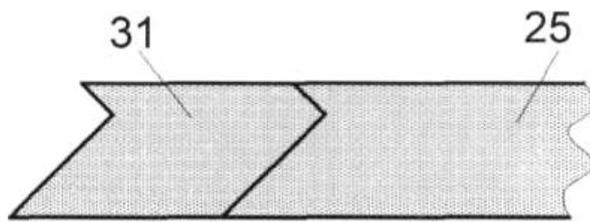


Fig. 11

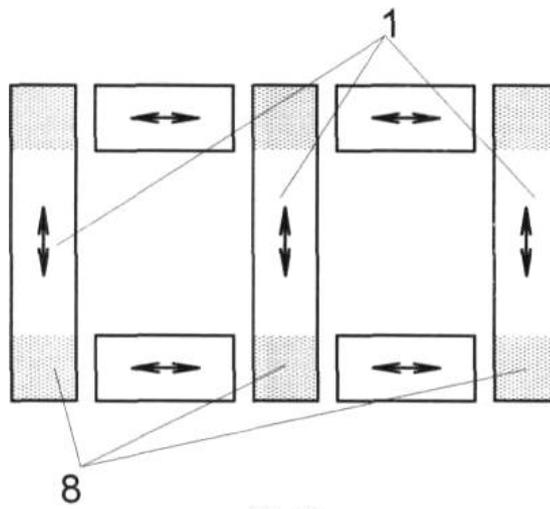
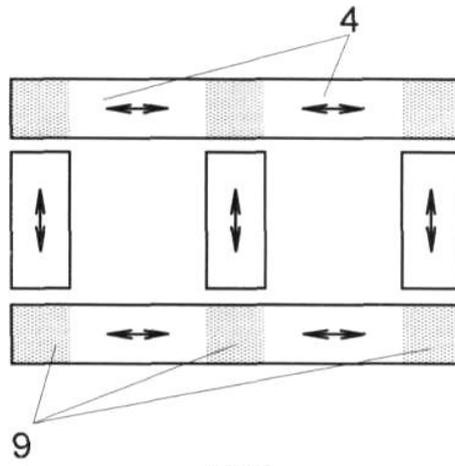
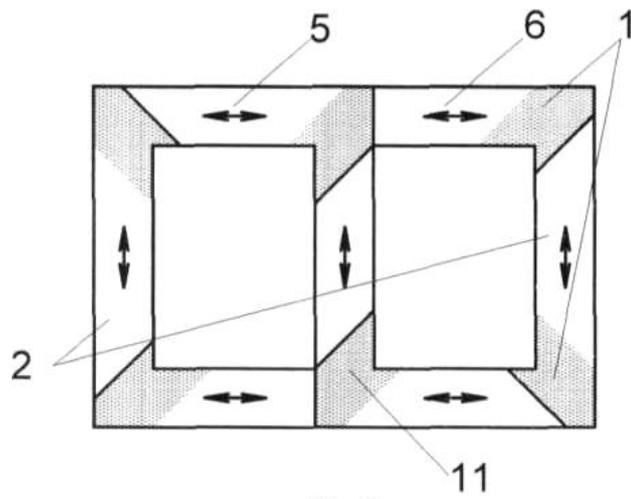


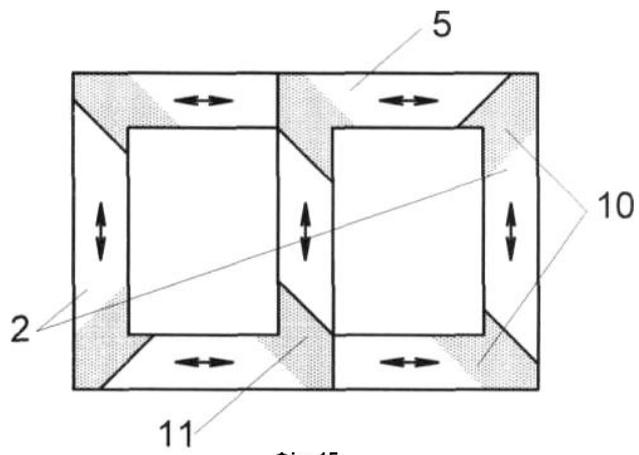
Fig. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

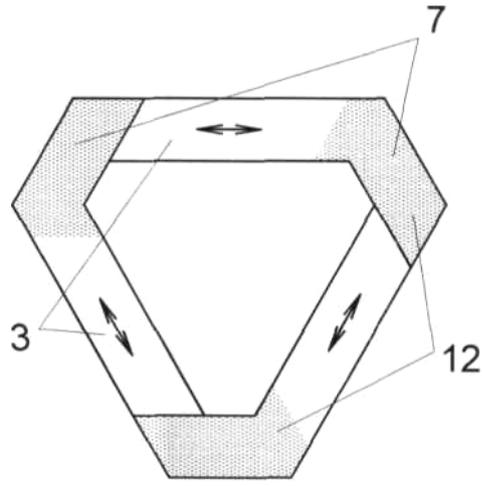


Fig. 16

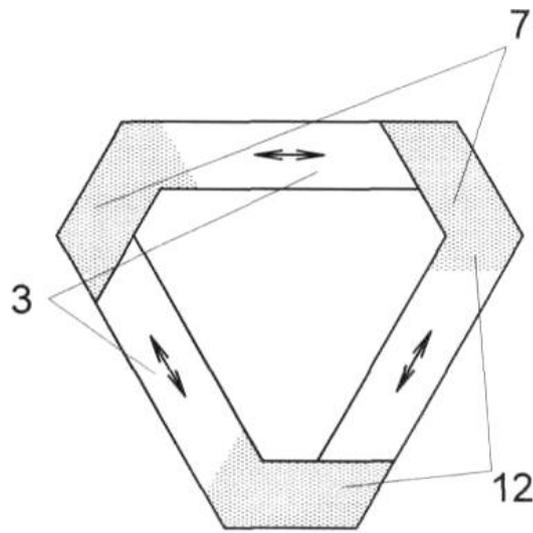


Fig. 17

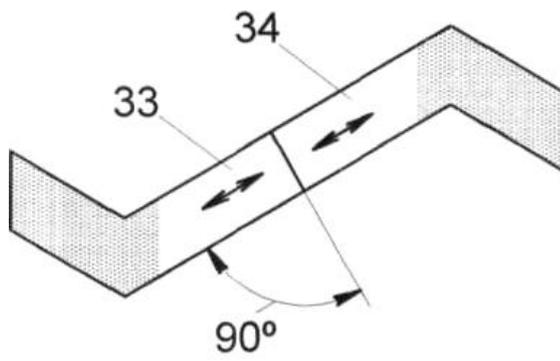


Fig. 18

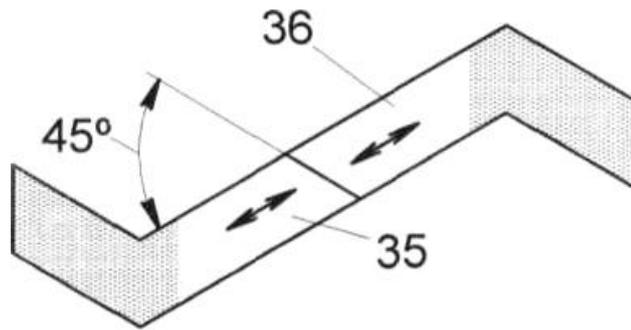


Fig. 19