

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **236648**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427111**

(51) Int.Cl.

**H01B 9/00 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **18.09.2018**

(54)

**Rdzeń kompozytowy przewodu energetycznego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**23.03.2020 BUP 07/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**08.02.2021 WUP 03/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA,  
Katowice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MARIUSZ SZOT, Bytom, PL  
PIOTR SZADE, Katowice, PL  
ŁUKASZ HANKUS, Katowice, PL  
KRZYSZTOF PARADOWSKI, Katowice, PL  
BOGUSŁAW KUBIŚ, Wieszowa, PL  
BOGUSŁAW GAWILICZEK, Bytom, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. Monika Błaszczyk**

**PL 236648 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest rdzeń kompozytowy przewodu energetycznego, znajdujący zastosowanie jako element nośny przewodów energetycznych do linii przesyłowych wysokich napięć.

Znany jest z opisu wynalazku nr **PL208011** przesyłowy i dystrybucyjny kabel elektryczny z rdzeniem kompozytowym oraz sposób wytwarzania elementu rdzenia kompozytowego. Wynalazek ten dotyczy aluminiowego kabla zbrojonego rdzeniem kompozytowym (ACCC) otoczonym przynajmniej jedną warstwą przewodu aluminiowego. Rdzeń kompozytowy jest zbudowany z przynajmniej jednego typu ukierunkowanych podłużnie zasadniczo ciągłych włókien zbrojących w osnowie z żywicy termoutwardzalnej o dopuszczalnym zakresie temperatury roboczej od około 90 do około 230°C, z przynajmniej 50%-owym udziałem objętościowym włókien, wytrzymałości na rozciąganie w zakresie od około 160 do około 240 Ksi, modułu elastyczności w zakresie od około 7 do około 30 Msi i współczynniki rozszerzalności cieplnej w zakresie od około 0 do około  $6 \times 10^{-6}$  m/m/°C. Rdzeń kompozytowy do przesyłowego i dystrybucyjnego kabla elektrycznego, zbrojony włóknami osadzonymi w żywicy, według tego wynalazku, zawiera rdzeń wewnętrzny z ulepszonego materiału kompozytowego wykonany z co najmniej jednego rodzaju zasadniczo ciągłych włókien zbrojących w żywicy termoutwardzalnej, oraz rdzeń zewnętrzny z niskomodulowego materiału kompozytowego wykonany z co najmniej jednego rodzaju zasadniczo ciągłych włókien zbrojących w żywicy termoutwardzalnej, który to rdzeń kompozytowy wykazuje wytrzymałość rdzenia na rozciąganie wynoszącą co najmniej około 1103 MPa. Rodzaje włókien zbrojących rdzenia kompozytowego są wybrane z grupy obejmującej włókno węglowe, kewlar, bazalt, szkło, aramid, bor, włókna ciekłokrystaliczne, polietylen o wysokiej wytrzymałości i nanowłókna węglowe. Rdzeń kompozytowy jest wykonany z żywicy termoutwardzalnej, której odporność na pękanie wynosi co najmniej około 0,96 MPa·ml/2, a także co najmniej jeden rodzaj włókien zbrojących w rdzeniu wewnętrznym wykazuje moduł elastyczności w zakresie od około 151 GPa do około 255 GPa w zestawieniu ze współczynnikiem rozszerzalności cieplnej w zakresie od około -0,7 do około 0 m/m/°C oraz wytrzymałość na rozciąganie co najmniej 2413 MPa, a co najmniej jeden rodzaj włókna zbrojącego w rdzeniu zewnętrznym (304) wykazuje wytrzymałość na rozciąganie co najmniej około 1241 MPa w zestawieniu ze współczynnikiem rozszerzalności cieplnej w zakresie od około  $5 \times 10^{-6}$  do około  $10 \times 10^{-6}$  m/m/°C. Liczba i rodzaj włókien w rdzeniu są dobierane pod kątem uzyskania właściwości fizycznych gotowego rdzenia kompozytowego, obejmujących wytrzymałość na rozciąganie na poziomie co najmniej 1103 MPa, moduł elastyczności w zakresie co najmniej od około 48 GPa do około 206 GPa, temperaturę roboczą w zakresie od około 90 do około 230°C i współczynnik rozszerzalności cieplnej co najmniej w zakresie od około 0 do około  $6 \times 10^{-6}$  m/m/°C. Natomiast proporcja objętościowa włókno/żywica w rdzeniu wynosi co najmniej 50%, a proporcja wagowa włókno/żywica w rdzeniu wynosi co najmniej 62%. Rdzeń wewnętrzny i rdzeń zewnętrzny tworzą współosiowy rdzeń hybrydowy. Rdzeń zawiera współosiowy rdzeń hybrydowy mający warstwę wewnętrzną włókno węglowe/żywica termoutwardzalna i warstwę zewnętrzną włókno szklane/żywica termoutwardzalna. Znany jest też z tego opisu rdzeń kompozytowy do przemysłowego i dystrybucyjnego kabla elektrycznego, zbrojony włóknami osadzonymi w żywicy, który charakteryzuje się tym, że zawiera jeden lub więcej rodzajów zasadniczo ciągłych włókien zbrojących w osnowie z żywicy termoutwardzalnej, który to rdzeń wykazuje wytrzymałość na rozciąganie co najmniej około 1103 MPa i moduł elastyczności w zakresie od około 48 GPa do około 207 GPa. Rodzaje włókien zbrojących rdzenia kompozytowego są wybrane z grupy obejmującej włókno węglowe, kewlar, bazalt, szkło, aramid, bor, włókna ciekłokrystaliczne, polietylen o wysokiej wytrzymałości i nanowłókna węglowe. Rdzeń jest wykonany z żywicy termoutwardzalnej, której odporność na pękanie wynosi co najmniej około 0,96 MPa·ml/2.

Z opisu patentowego **CN104517673A** znane jest również rozwiązanie kabla z kompozytowym rdzeniem z włókna węglowego i sposób jego produkcji. Kabel zawiera wewnętrzny rdzeń kompozytowy i przewody ze stopu aluminium. Przewody ze stopu aluminium usytuowane są wokół wewnętrznego rdzenia kompozytowego, który składa się z wielu pasm kompozytowych rdzeni wzmocnianych włóknem węglowym i co najmniej jednej warstwy taśmy szklanej zabezpieczającej powłokę, która jest ukośnie skręcona i połączona w całość. Każdy rdzeń kompozytowy wzmocniony jest włóknem węglowym, który składa się z żywicy epoksydowej, utwardzacza, przyspieszacza i włókien węglowych w stosunku 100: 120: 2: 80, a włókna węglowe wykonane są na bazie poliakrylonitrylu.

Z opisu zgłoszenia patentowego **WO2005040017A2** znane jest rozwiązanie rdzenia kompozytowego przewodu energetycznego, zawierające włókna zbrojące z co najmniej jednego rodzaju materiału

o wytrzymałości na rozciąganie przynajmniej 1200 MPa (włókna węglowe) połączone trwale z żywicą epoksydową utwardzaną termicznie.

Z opisu wynalazku **RU2519598C1** znane jest rozwiązanie w postaci ekranowanego drutu, który można zastosować jako drut uzwojenia lub rdzeń kabla wielożyłowego, zawierający wydłużony przewodnik, warstwę izolacyjną i warstwę ekranującą otaczającą wydłużony przewodnik, w którym warstwa ekranująca zawiera proszek ferromagnetyczny oraz spoiwo z materiału izolacyjnego.

Właściwości mechaniczne i termiczne przewodów znanych ze stanu techniki zostały gruntownie przebadane. Pomimo tego, jedyną zaproponowaną obecnie metodą sprawdzania integralności przewodu po jego montażu jest jego chwilowe naprężanie. Metoda ta polega na tym, że po montażu przewodu w miejscu eksploatacji poddaje się go działaniu siły rozciągającej, która powoduje ujawnienie miejsc uszkodzeń rdzenia.

Niedogodnością tej metody jest to, że jest metodą niszczącą, potencjalnie niebezpieczną dla obsługi, wymagającą dużych zmian w stosowanym oprzyrządowaniu. Metoda ta nigdy nie została zastosowana w procedurach montażu przewodów.

Problemem technicznym wymagającym rozwiązania jest ograniczenie wad i niedogodności znanych rozwiązań i poszerzenie metod badawczych przewodów.

Celem wynalazku jest umożliwienie badania ciągłości przewodów energetycznych, po ich montażu na słupach energetycznych, nowymi metodami nieniszczącymi.

Cel zrealizowano opracowując nowy rdzeń kompozytowy przewodu energetycznego umożliwiającą kontrolę mechanicznej ciągłości przewodów w miejscu ich eksploatacji, metodami magnetycznymi.

Istotą wynalazku w postaci rdzenia kompozytowego przewodu energetycznego zawierającego ułożone wzdużnie lub splecione włókna zbrojące z co najmniej jednego rodzaju materiału, o wytrzymałości na rozciąganie przynajmniej 1200 MPa jest to, że włókna zbrojące, w ilości od 50% do 90% objętości gotowego rdzenia, połączone są trwale z żywicą epoksydową utwardzaną termicznie, w ilości od 10% do 50% objętości gotowego rdzenia, wypełnioną na przestrzeni całej objętości proszkiem ferromagnetycznym lub proszkiem magnetycznym, w ilości od 1 cm<sup>3</sup> do 10 cm<sup>3</sup>, korzystnie 7 cm<sup>3</sup> w każdym metrze gotowego rdzenia.

Korzystnie włókna zbrojące stanowią włókna węglowe i/lub nanowłókna węglowe i/lub włókna szklane i/lub włókna bazaltowe i/lub włókna aramidowe i/lub włókna polietylenowe.

Korzystnie rdzeń ma warstwę zewnętrzną zawierającą włókna zbrojące o module sprężystości poniżej 100 GPa i warstwę wewnętrzną zawierającą włókna o module sprężystości powyżej 100 GPa, przy czym warstwa zewnętrzna i warstwa wewnętrzna usytuowane są współosiowo i połączone są z sobą trwale.

Korzystnie proszek ferromagnetyczny stanowi proszek żelaza, niklu, kobaltu lub ich stopów lub innego metalu o właściwościach ferromagnetycznych.

Korzystnie proszek ferromagnetyczny stanowi proszek o granulacji 0,063 mm.

Korzystnie proszek magnetyczny stanowi proszek neodymu lub innego metalu o właściwościach magnesu trwałego.

Korzystnie proszek magnetyczny stanowi proszek o granulacji 0,063 mm.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest ograniczenie wad i niedogodności znanych rozwiązań a także zwiększenie możliwości badawczych przewodów. Zrealizowano to przez modyfikację rdzeni z tworzyw sztucznych, w celu umożliwienia stosowania magnetycznych metod diagnostyki stanu uszkodzeń przewodów. Wprowadzenie do konstrukcji kompozytowych rdzeni materiału funkcjonalnego, składającego się z utwardzanej termicznie żywicy epoksydowej wypełnionej proszkiem ferromagnetycznym lub magnetycznym, umożliwiło stosowanie magnetycznych metod diagnostyki lin stalowych do badania przewodów energetycznych o rdzeniach kompozytowych. Dzięki wynalazkowi, można je z powodzeniem stosować do wykrywania uszkodzeń rdzenia kompozytowego w miejscu eksploatacji.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania oraz rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

**Fig. 1** – przekrój rdzenia przewodu energetycznego,

**Fig. 2** – przekrój rdzenia przewodu energetycznego z układem warstwowym,

**Fig. 3** – przekrój przewodu energetycznego z rdzeniem,

**Fig. 4** – przekrój przewodu energetycznego z rdzeniem z układem warstwowym,

**Fig. 5** – układ urządzeń w linii technologicznej,

**Fig. 6** – układ urządzeń w linii technologicznej.

### Przykład I

Rdzeń 1 kompozytowy przewodu energetycznego (Fig. 1 i Fig. 2) wykonany jest z ułożonych wzdłużnie (*przykład II* i Fig. 5) albo splecionych (*przykład III* i Fig. 6) włókien 1a zbrojących z co najmniej jednego rodzaju materiału, takiego jak włókno węglowe i/lub nanowłókno węglowe i/lub włókno szklane i/lub włókno bazaltowe i/lub włókno aramidowe i/lub włókno polietylenowe, stanowiących od 50% do 90% objętości gotowego rdzenia 1, pokrytych termoutwardzalną żywicą 1b epoksydową o odporności na pękanie przynajmniej 0,90 MPa\*ml/2, wytrzymałości na rozciąganie przynajmniej 60 MPa oraz lepkości poniżej 1000 mPa\*s w temperaturze 20°C przeznaczonej do procesów pultruzji, stanowiącej od 10% do 50% objętości gotowego rdzenia 1, wypełnionej na przestrzeni całej objętości proszkiem 1c ferromagnetycznym np. z żelaza, niklu, kobaltu lub ich stopów lub proszkiem 1c magnetycznym np. proszkiem neodymowym.

Z uwagi na odporność rdzenia 1 na zginanie, w rdzeniach 1 nie jednomateriałowych (Fig. 2), szczególnie korzystne jest zastosowanie ułożenia włókien 1a niskomodułowych (o module sprężystości poniżej 100 GPa) w zewnętrznej warstwie I rdzenia 1, a włókien 1a wysokomodułowych (o module sprężystości powyżej 100 GPa) w wewnętrznej warstwie II rdzenia 1. Przykładowe, najbardziej korzystne składy materiałowe włókien 1a zbrojących wraz z ich procentowym udziałem objętościowym w rdzeniu 1, wymieniono w Tabeli 1.

Tabela 1

<i>Warstwa II wewnętrzna rdzenia 1</i>	<i>Warstwa I zewnętrzna rdzenia 1</i>
włókna węglowe 40%	włókna szklane typu E 60%
włókna węglowe 40%	włókna polietylenowe 60%
nanowłókna węglowe 30%	włókna szklane typu E 70%
włókna aramidowe 50%	włókna szklane typu E 50%
włókna bazaltowe 100%	
włókna szklane typu S 100%	

Proszek 1c ferromagnetyczny lub magnetyczny najlepiej jeśli ma ziarnistość 0,063 mm. Ilość proszku 1c dobiera się tak, aby występował w objętości przynajmniej 1 cm<sup>3</sup> do 10 cm<sup>3</sup>, a najlepiej 7 cm<sup>3</sup> na metr bieżący gotowego rdzenia 1. Wyższe zawartości proszku 1c skutkują większą dokładnością magnetycznej metody detekcji uszkodzeń rdzenia 1.

Rdzeń 1 charakteryzują następujące parametry techniczne:

- właściwości mechaniczne: wytrzymałość na rozciąganie przynajmniej 1200 MPa,
- moduł sprężystości w zakresie 48 GPa do 200 GPa,
- temperatura robocza od 90°C do 230°C,
- współczynnik rozszerzalności cieplnej od 0 x 10<sup>-6</sup> m/m/°C do 6 x 10<sup>-6</sup> m/m/°C.

Ostateczne właściwości uzyskanego rdzenia 1 kompozytowego uzależnione są od rodzaju użytych włókien 1a zbrojących, ich proporcji w przypadku zastosowania więcej niż jednego rodzaju włókien 1a, rodzaju zastosowanego splotu lub sposobu ułożenia włókien 1a równoległych. Sposób ułożenia włókien 1a w kompozycie może być regulowany najprościej poprzez zastosowanie odpowiednich płytek przelotowych i formujących w trakcie wytwarzania.

Do napowietrznych linii przesyłowych, których dotyczy wynalazek, stosuje się przewody aluminiowe. Ostateczna średnica rdzenia 1 zależna jest od konstrukcji przewodu do którego zostanie zastosowany i dobrana tak, aby zapewniała wystarczającą siłę nośną dla zewnętrznych warstw ze stopów aluminium lub czystego, wyżarzonego aluminium.

Gotowy rdzeń 1 według wynalazku, może być otoczony jedną lub kilkoma warstwami drutów ze stopów aluminium lub czystego, wyżarzonego aluminium.

Rdzeń kompozytowy 1 według *przykładu I* może być przykładowo otoczony dwoma warstwami drutów trapezowych 2 (Fig. 3) albo trzema warstwami drutów okrągłych 3 (Fig. 4). Bardziej korzystne jest stosowanie drutów trapezowych 2 z uwagi na lepsze wypełnienie przekroju takiego przewodu a tym samym lepsze właściwości przesyłowe.

W **przykładach II i III**, opisano sposoby wytwarzania rdzenia 1 kompozytowego do przewodów energetycznych według wynalazku, zależne od ułożenia włókien 1a zbrojących.

#### **Przykład II**

**Przykład II** opisuje sposób wytwarzania rdzenia 1 z **przykładu** z włóknami 1a zbrojącymi ułożonymi wzdłużnie.

Na początku linii technologicznej (**Fig. 5**) znajduje się urządzenie 4 z systemem szpul wyposażonych w hamulce wywołujące naciąg, z których odwijane są zastosowane do danego kompozytu włókna 1a zbrojące w postaci włókien węglowych i/lub nanowłókien węglowych i/lub włókien szklanych i/lub włókien bazaltowych i/lub włókien aramidowych i/lub włókien polietylenowych.

Wprowadzenie naciągu ułatwia równoległe prowadzenie włókien 1a zbrojących i sprawne ich przeciąganie przez płytki formujące.

Włókna 1a zbrojące przechodzą następnie przez prowadnicę 5, która wprowadza je na równoległe tory ruchu i zapobiega płątaniu.

Następnie włókna 1a zbrojące przechodzą przez piec wstępnego nagrzewania 6 z cyrkulacją powietrza, o temperaturze 70°C, który służy odprowadzeniu ewentualnej wilgoci z włókien 1a zbrojących.

Następnym etapem jest przejście włókien 1a zbrojących przez zbiornik 7 przesycania, w którym znajduje się termoutwardzalna żywica 1b epoksydowa Sicomin SR 1331 z dodatkiem utwardzacza SH 166, przyspieszacza wiązania SX AC1MI, oraz wypełniacza w postaci proszku 1c ferromagnetycznego Fe-Si 15 o granulacji 0,063 mm lub proszku 1c magnetycznego, które pozwalają na skrócenie czasu żelowania żywicy 1b (wstępnego utwardzenia i uzyskania kleistości) do paru minut. Materiał przygotowywany jest w próżniowym mieszalniku żywicy 1b i dostarczany do zbiornika 7 przesycania w miarę jego zużywania.

Otoczone żywicą włókna zbrojące wychodząc ze zbiornika przechodzą przez system zgarniaków 8 ściągający z nich nadmiar żywicy, który może zostać zawrócony od razu do zbiornika 7 przesycania w celu ponownego wykorzystania.

Następnie włókna 1a zbrojące kierowane są do pieca 9 wstępnego utwardzania o temperaturze 80°C w celu wprowadzenia żywicy 1b w stan kleistości pozwalający na rozpoczęcie formowania ostatecznego kształtu wyrobu – rdzenia 1. W piecu 9 znajdują się płyty z otworami przelotowymi, które układają wstęgi żywicy 1b z włóknami 1a zbrojącymi koncentrycznie oraz stopniowo zagęszczają włókna 1a do uzyskania zakładanej średnicy rdzenia 1, tworząc kompozyt. Uformowany rdzeń 1 wprowadzany jest do pieca 10 głównego utwardzania o temperaturze w zakresie od 140°C do 210°C gdzie następuje proces sieciowania żywicy 1b i utwardzenie rdzenia 1.

Ostatnim etapem podstawowego procesu wytwarzania rdzenia 1 jest chłodzenie w piecu 11 o temperaturze od 20°C do 40°C.

Dodatkowo rdzeń 1 może zostać poddany procesowi dogrzewania w temperaturze od 20°C do 160°C oraz ponownemu chłodzeniu w temperaturze od 40°C do 80°C w celu ulepszenia właściwości mechanicznych żywicy 1b.

Gotowy rdzeń 1 kompozytowy kierowany jest na koło nawojowe 12 lub bezpośrednio do procesu owinięcia drutami w przypadku integracji z linią produkcyjną przewodów energetycznych.

#### **Przykład III**

**Przykład III** opisuje sposób wytwarzania rdzenia 1 opisanego z **przykładu I**, z włóknami 1a zbrojącymi splecionymi.

Na początku linii technologicznej (**Fig. 6**) znajduje się urządzenie 13 ze szpulą wyposażoną w hamulce wywołujące naciąg, z których odwijany jest zastosowany do danego kompozytu splot włókien 1a zbrojących złożony z włókien węglowych i/lub nanowłókien węglowych i/lub włókien szklanych i/lub włókien bazaltowych i/lub włókien aramidowych i/lub włókien polietylenowych.

Wprowadzenie naciągu ułatwia sprawne przeciąganie splotu włókien 1a zbrojących przez płytki formujące.

Splot włókien 1a zbrojących przechodzi następnie przez prowadnicę 14, która wprowadza go na odpowiedni tor ruchu i zapobiega płątaniu.

Następnie splot włókien 1a zbrojących przechodzi przez piec wstępnego nagrzewania 15 z cyrkulacją powietrza, o temperaturze 70°C, który służy odprowadzeniu ewentualnej wilgoci z włókien 1a zbrojących.

Następnym etapem jest przejście splotu włókien 1a zbrojących przez zbiornik 16 przesycania, w którym znajduje się termoutwardzalna żywica 1b epoksydowa Sicomin SR 1331 z dodatkiem utwar-

dzacza SH 166, przyspieszacza wiązania SX AC1MI, oraz wypełniacza w postaci proszku **1c** ferromagnetycznego Fe-Si 15 o granulacji 0,063 mm lub proszku **1c** magnetycznego, które pozwalają na skrócenie czasu żelowania żywicy **1b** (wstępnego utwardzenia i uzyskania kleistości) do paru minut. Materiał przygotowywany jest w próżniowym mieszalniku żywicy **1b** i dostarczany do zbiornika **16** przesycania w miarę jego zużywania.

Otoczony żywicą splot zbrojący wychodząc ze zbiornika przechodzi przez system zgarniaków **17** ściągający nadmiar żywicy ze splotu włókien zbrojących, który może zostać zawrócony od razu do zbiornika przesycania **7** w celu ponownego wykorzystania.

Następnie kierowany jest do pieca wstępnego utwardzania **18** o temperaturze 80°C w celu wprowadzenia żywicy **1c** w stan kleistości pozwalający na rozpoczęcie formowania ostatecznego kształtu wyrobu – rdzenia **1**. W piecu **18** znajdują się płyty z otworami przelotowymi, które ściskają przesycony splot, ściskają go oraz stopniowo zagęszczają splot do uzyskania zakładanej średnicy rdzenia **1**, tworząc kompozyt. Uformowany rdzeń **1** wprowadzany jest do pieca **19** głównego utwardzania o temperaturze w zakresie od 140°C do 210°C gdzie następuje proces sieciowania żywicy **1b** i utwardzenie rdzenia **1**.

Ostatnim etapem podstawowego procesu wytwarzania rdzenia **1** jest chłodzenie w piecu **20** o temperaturze od 20°C do 40°C.

Dodatkowo rdzeń **1** może zostać poddany procesowi dogrzewania w temperaturze od 60°C do 160°C oraz ponownemu chłodzeniu w temperaturze od 40°C do 80°C w celu ulepszenia właściwości mechanicznych żywicy **1b**.

Gotowy rdzeń **1** kompozytowy kierowany jest na koło nawojowe **21** lub bezpośrednio do procesu owinięcia drutami w przypadku integracji z linią produkcyjną przewodów energetycznych.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Rdzeń kompozytowy przewodu energetycznego zawierający ułożone wzdłużnie lub splecione włókna zbrojące z co najmniej jednego rodzaju materiału, o wytrzymałości na rozciąganie przynajmniej 1200 MPa, **znamienny tym**, że włókna (**1a**) zbrojące, w ilości od 50% do 90% objętości gotowego rdzenia (**1**), połączone są trwale z żywicą (**1b**) epoksydową utwardzaną termicznie, w ilości od 10% do 50% objętości gotowego rdzenia (**1**), wypełnioną na przestrzeni całej objętości proszkiem (**1c**) ferromagnetycznym lub proszkiem (**1c**) magnetycznym, w ilości od 1 cm<sup>3</sup> do 10 cm<sup>3</sup>, korzystnie 7 cm<sup>3</sup> w każdym metrze gotowego rdzenia (**1**).
2. Rdzeń wg. zastrz. 1, **znamienny tym**, że włókna (**1a**) zbrojące stanowią włókna węglowe i/lub nanowłókna węglowe i/lub włókna szklane i/lub włókna bazaltowe i/lub włókna aramidowe i/lub włókna polietylenowe.
3. Rdzeń wg. zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że ma warstwę (**I**) zewnętrzną zawierającą włókna (**1a**) zbrojące o module sprężystości poniżej 100 GPa i warstwę (**II**) wewnętrzną zawierającą włókna o module sprężystości powyżej 100 GPa, przy czym warstwa (**I**) zewnętrzna i warstwa (**II**) wewnętrzna usytuowane są współosiowo i połączone są ze sobą trwale.
4. Rdzeń wg. zastrz. 1, **znamienny tym**, że proszek (**1c**) ferromagnetyczny stanowi proszek żelaza, niklu, kobaltu lub ich stopów, lub innego metalu o właściwościach ferromagnetycznych.
5. Rdzeń wg. zastrz. 1 lub 4, **znamienny tym**, że proszek (**1c**) ferromagnetyczny stanowi proszek o granulacji 0,063 mm.
6. Rdzeń wg. zastrz. 1, **znamienny tym**, że proszek (**1c**) magnetyczny stanowi proszek neodymu lub innego metalu o właściwościach magnesu trwałego.
7. Rdzeń wg. zastrz. 1 lub 6, **znamienny tym**, że proszek (**1c**) magnetyczny stanowi proszek o granulacji 0,063 mm.

Rysunki

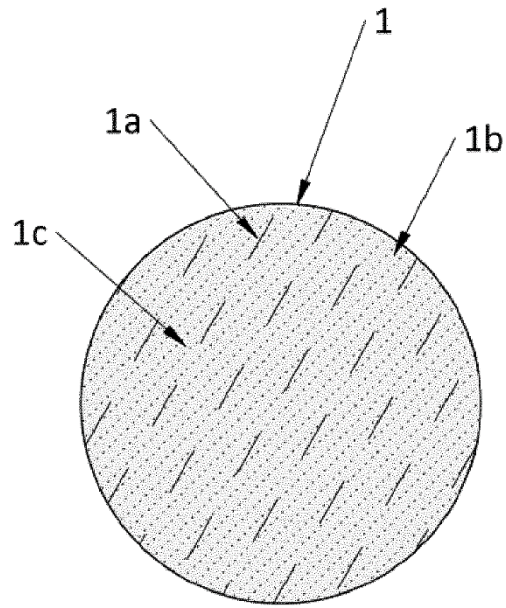


Fig. 1

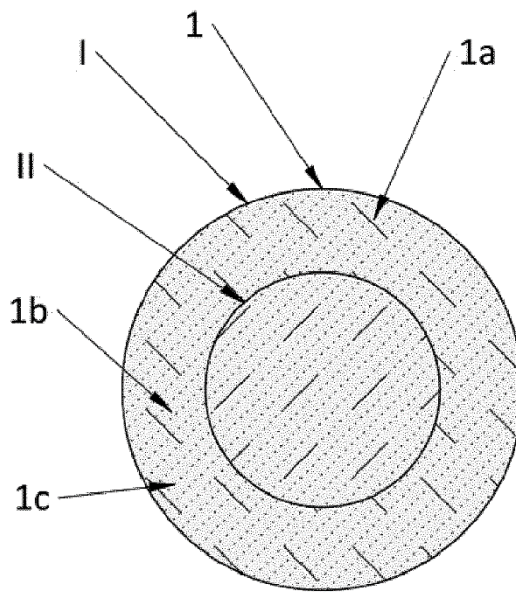
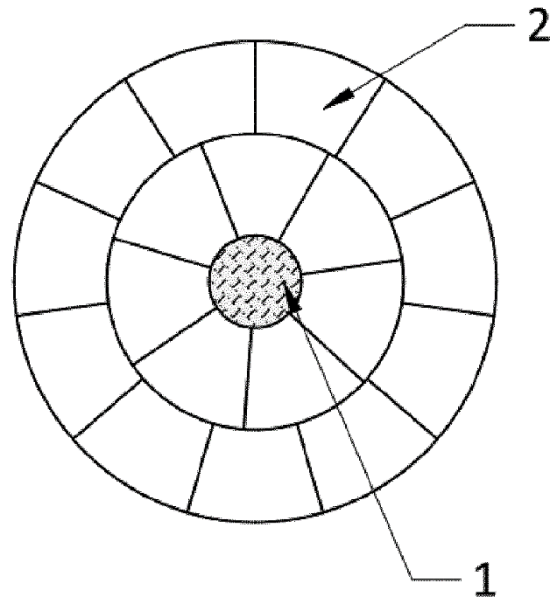
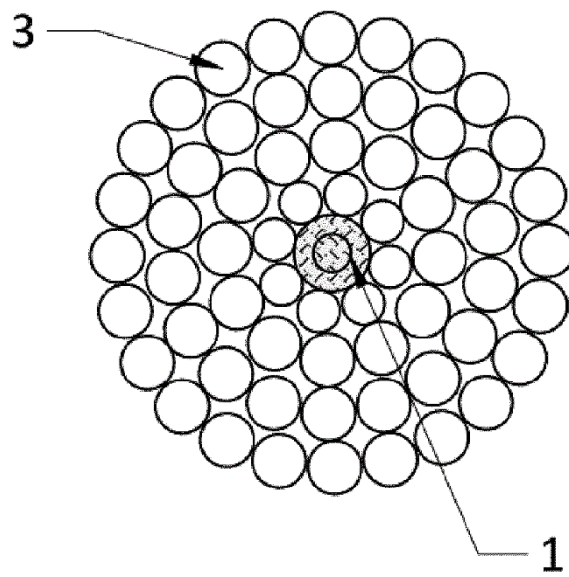


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

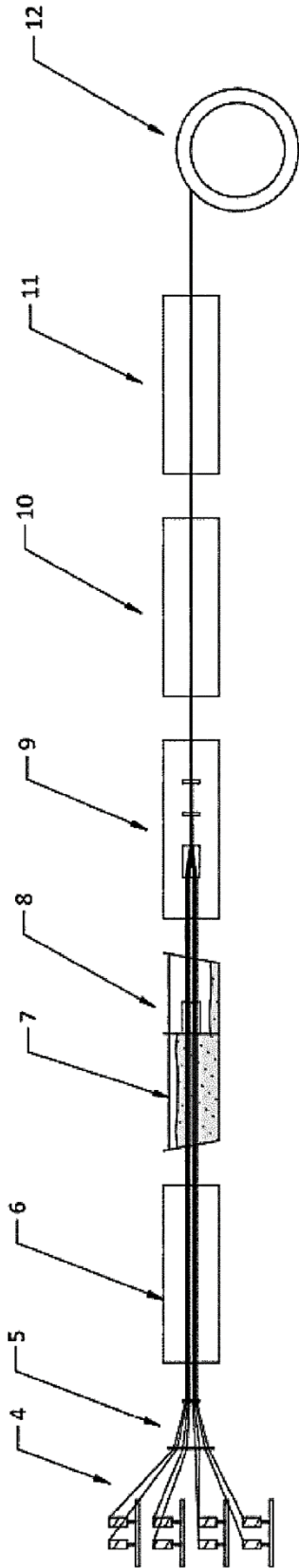


Fig. 5

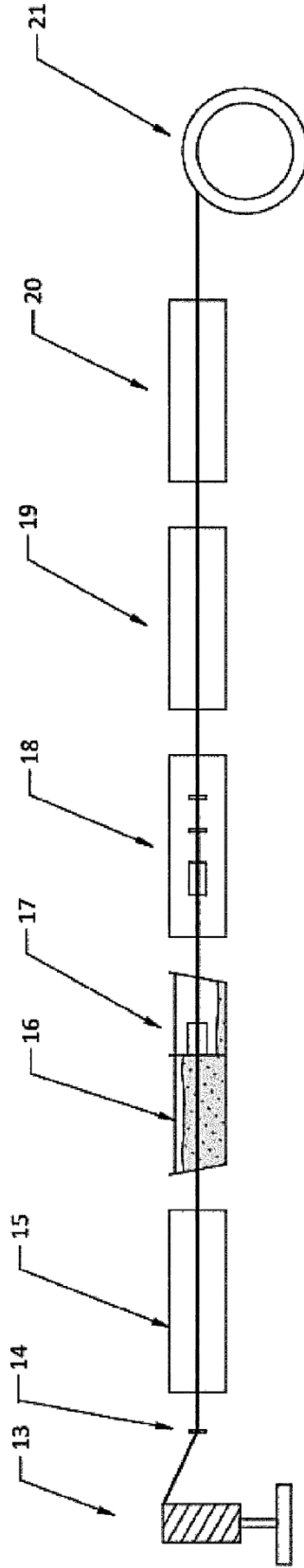


Fig. 6