

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **203653**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **364548**

(22) Data zgłoszenia: **23.01.2004**

(51) Int.Cl.

**H05B 7/085 (2006.01)**

**H05B 7/14 (2006.01)**

(54)

**Zespolona elektroda węglowa wyposażona w elementy złączne  
z powierzchniami kontaktowymi o ukierunkowanej strukturze**

(30) Pierwszeństwo:

**24.01.2003,DE,10302956.7**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**26.07.2004 BUP 15/04**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.10.2009 WUP 10/09**

(73) Uprawniony z patentu:

**SGL CARBON AG, Wiesbaden, DE**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**Stefan Baumann, Augsburg, DE**

**Karl Wimmer, Nordendorf, DE**

(74) Pełnomocnik:

**Misztak Irena, Rzecznik Patentowy,  
PATPOL Sp.z o.o.**

**PL 203653 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zespolona elektroda węglowa wyposażona w elementy łączące z powierzchniami kontaktowymi o ukierunkowanej strukturze, a zwłaszcza elementy elektrody zespolonej, która składa się z elektrod węglowych, stosowanych w piecach łukowych do wytwarzania wysokotopliwych metali.

Wytwarzanie karbonizowanych albo grafitowanych korpusów węglowych jest od ponad stu lat panującą techniką, która jest stosowana na skalę przemysłową i dlatego w wielu punktach jest dopracowana i optymalna pod względem kosztów. Opis tej techniki znajduje się w ULLMAN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, Vol. A5, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1986 str. 103 do 113.

Możliwość zastosowania węglowych elektrod, łączników i elektrod zespolonych w piecach łukowych zależy od własności uzyskanych przy ich wytwarzaniu, a szczególnie własności dotyczących powierzchni. Te własności powierzchni zależą na przykład od rodzaju materiału (stopień grafityzacji), od porowatości, od wielkości ziaren, od rodzaju obróbki decydującej o chropowatości powierzchni. Wyżej wymienione czynniki określają wielkość współczynników tarcia, które odgrywają rolę przy łączeniu dwóch korpusów - elektrody i łącznika albo dwóch elektrod - oraz przy ślizganiu się po sobie dwóch powierzchni. Piec łukowy zawiera przynajmniej jedną elektrodę zespoloną podtrzymaną na górnym końcu przez wspornik, przez który doprowadzany jest również do elektrody zespolonej prąd elektryczny. Wysoka temperatura w piecu wywołana przez łuk elektryczny powoduje spalanie dolnego końca elektrody zespolonej. Skracanie się elektrody zespolonej jest wyrównywane w ten sposób, że elektroda zespolona jest po kawałku wsuwana do pieca a w razie potrzeby są dokręcane od góry dodatkowe elementy. W razie potrzeby również elektroda zespolona jako całość jest wyjmowana z pieca i zastępowana przez świeżą elektrodę zespoloną o wystarczającej długości. Dokręcanie pojedynczych elektrod węglowych do elektrody zespolonej znajdującej się w piecu albo skręcanie ze sobą elektrod dla utworzenia nowej elektrody zespolonej jest wykonywane ręcznie albo za pomocą urządzenia mechanicznego. Szczególnie w przypadku elektrod o dużej średnicy, to znaczy 600 mm albo więcej, potrzebne są znaczne siły i momenty obrotowe dla zapewnienia spójności między elektrodami składowymi tworzącymi elektrodę zespoloną. Spójność elektrod w elektrodzie zespolonej jest niesłychanie ważna dla funkcjonowania pieca łukowego. Spójność ta jest zagrożona zarówno w transporcie jak również podczas pracy pieca. Podczas pracy pieca niejednokrotnie działają na elektrodę zespoloną znaczne momenty zginające spowodowane przechyleniem zbiornika pieca razem ze znajdującą się w nim elektrodą. Ponadto elektroda zespolona jest narażona na ciągłe wibracje oraz uderzenia powodowane przez materiał wsadu. Wszystkie te obciążenia, to znaczy powtarzalne momenty gnące, wibracje i uderzenia, mogą powodować luzowanie się elektrod w zespole. To luzowanie jest czynnikiem nieuniknionych i/lub niepożądanych procesów.

Do scharakteryzowania spójności elektrod tworzących elektrodę zespoloną służy wielkość pomiarowa określona jako „moment rozłączający”, który może być zmierzony za pomocą aparatury pomiarowej. Poniżej zakresu mechanicznego uszkodzenia gwintu rozluźnienie połączenia śrubowego jest tym bardziej nieprawdopodobne a praca elektrody zespolonej tym pewniejsza im wyższa jest wartość momentu rozłączającego połączenie dwóch elementów elektrody zespolonej. Dla zrozumienia problemu zostaną naszkicowane następstwa rozluźnienia połączeń śrubowych w elektrodzie zespolonej podczas pracy pieca. Malejące naprężenie w połączeniu śrubowym powoduje zmniejszenie sił dociskających do siebie powierzchnie kontaktowe sąsiadujących ze sobą elementów elektrody zespolonej. Luzowanie może postępować tak daleko, że niektóre powierzchnie kontaktowe oddzielą się od siebie. To spowoduje wzrost oporu elektrycznego połączenia. Powierzchnie pozostające ze sobą w kontakcie zostają obciążone podwyższoną gęstością prądu, co prowadzi do miejscowego przegrzania. Przy poluzowaniu połączenia śrubowego łącznik jest narażony na silne termiczne i mechaniczne obciążenie. Wskutek tego rośnie jego mechaniczna zawodność. W wyniku tego koniec elektrody zespolonej obniża się i wpada do roztopionej stali, łuk elektryczny zostaje przerwany i proces wytopu kończy się.

W celu przeciwdziałania problemowi niewystarczającej spójności oraz niewystarczającego przepływu prądu z jednej części elektrody zespolonej do części następnej stosuje się w praktyce różne rozwiązania, które są nakreślone poniżej.

W artykule J. K. LANCASTER „Transitions in the Friction and Wear of Carbons and Graphites Sliding Themselves” z ASLE TRANSACTIONS, Vol. 18, 3, str. 187 do 201 są badane warunki tarcia

między korpusami węglowymi przy różnych prędkościach tarcia. Z tej publikacji nie można wyciągnąć wniosków, w jaki sposób możliwie jak najmocniej można skrócić ze sobą dwa korpusy węglowe. Z ogólnego przeglądu widać, że przy bardzo niskich prędkościach względnych obu korpusów węglowych obserwuje się niskie wartości współczynnika tarcia, patrz fig. 1, 2 i 6. Taki wygląd wskazuje raczej na lekki wzajemny poślizg spoczywających korpusów węglowych.

W innych dziedzinach również próbuje się rozwiązać problem luzowania się elementów mocujących. W niemieckim opisie DE 41 37 020 są opisane samo zabezpieczające się elementy mocujące jak na przykład śruby i nakrętki z nieopisanych materiałów. Element na powierzchni czołowej współpracującej z inną częścią konstrukcyjną posiada pewną ilość występow w rodzaju „pryszczy”. Te występy są ukształtowane w formie piramid albo stożków o wysokości mniejszej niż 1 mm, przy czym kąt ostrza piramid albo stożków wynosi powyżej 90°. Przy skręcaniu ze sobą części konstrukcyjnych, piramidy albo stożki powinny wciskać się w ich powierzchnie kontaktowe, by w ten sposób uniemożliwić odkręcanie się elementów mocujących. W tym opisie (kolumna 2, wiersz 9) zwrócono uwagę na zjawisko osiadania i związane z tym zmniejszenie napięcia wstępnego. Piramidy albo stożki są rozłożone równomiernie na powierzchni czołowej elementu mocującego. Element mocujący nie ma powierzchni kontaktowej o ukierunkowanej strukturze, nie ma więc uprzywilejowanego kierunku działania. Odnośnie do skręcania elektrody zespolonej z elementarnych elektrod węglowych należy stwierdzić, że makroskopowe „pryszcze” na powierzchniach kontaktowych elektrod albo łączników z powodu ceramicznego a więc kruchego charakteru węgla wykruszają się przy skręcaniu. Mogą odpadać z powierzchni czołowych nawet znaczne kawałki.

Asymetryczne „pryszcze” na powierzchniach kontaktowych specjalnych elementów mocujących są opisane w międzynarodowym zgłoszeniu WO 92/14939. Za pomocą uprzywilejowanego kierunku ograniczona ilość makroskopowych, rozłożonych na obwodzie „pryszczy” uniemożliwia niezamierzone odkręcanie się opisanego dwu - albo trzyczęściowego połączenia śrubowego. Ważną cechą takich połączeń śrubowych jest współczynnik tarcia, który między płaskimi wzniosami dwóch stojących na przeciw siebie „pryszczy”. Przyczynia się do tego warstwa poślizgowa, która jest naniesiona na płaskie wzniosy.

Wykonanie elementów mocujących odpornych na niezamierzone odkręcanie się połączeń śrubowych wymaga więc niemałych nakładów. Należy przy tym zauważyć, że makroskopowe „pryszcze” na powierzchniach kontaktowych elektrod albo łączników z powodu ceramicznego a więc kruchego charakteru węgla przy skręcaniu odkruszają się. Odpadać mogą nawet znaczne kawałki z powierzchni czołowych elementów elektrody taśmowej.

W niemieckim opisie DE 34 42 316 A1 jest opisany dwustożkowy łącznik gwintowany na części środkowej. Za pomocą takiego łącznika są skręcane elektrody grafitowe. Między środkową częścią łącznika a otworami w elektrodach jest przewidziana szczelina dylatacyjna, która jest wypełniona ściśliwą masą.

Ta zasada powinna przede wszystkim zmniejszyć spiętrzenie naprężeń (stycznych) w otworach elektrod i zapobiec pękaniu elektrod. Zastosowana tu zasada różni się całkowicie od zasady zmniejszania luzowania się skręconych elektrod węglowych opisaną w wynalazku.

W amerykańskim opisie patentowym US 2,527,294 są opisane elektrody węglowe i/albo łączniki gwintowane, których odporność na szok termiczny oraz wytrzymałość uderowa są poprawione przez wprowadzenie w tych elementach wzdłużnych szczelin. Ta zasada powinna w podobny sposób jak według opisu DE 34 42 316 A1 zmniejszyć spiętrzenia naprężeń (stycznych) w otworach elektrod i zapobiec pękaniu elektrod. Ta zasada również całkowicie różni się od zasady zmniejszania luzowania się skręconych elektrod węglowych według wynalazku.

W praktyce hut stali próbuje się możliwie jak najmocniej skrócić ze sobą elektrody. Jak wspomniano wyżej, dające się wprowadzić ręcznie siły i momenty obrotowe są ograniczone. Za pomocą urządzeń mechanicznych te wielkości mogą być znacznie podwyższone, może to być jednak zrealizowane w działach stalowni posiadających takie mechaniczne urządzenia. Praktyka hut stali wskazuje, że zawsze w elektrodach zespolonych występuje luzowanie się ich części składowych.

Przedmiotem wynalazku jest zespolona elektroda węglowa, wyposażona w elementy złączone z powierzchniami kontaktowymi o ukierunkowanej strukturze a zwłaszcza elementy elektrody zespolonej, jak elektroda węglowa z otworami na stronach czołowych i gwintami wewnętrznymi i/albo łącznik węglowy łączący po dwie takie elektrody albo elektroda węglowa z otworem i gwintem wewnętrznym na jednej stronie czołowej i łącznik integralny na drugiej stronie czołowej, przewidziane do utworzenia elektrody zespolonej dla zastosowania jej w piecu łukowym do wytwarzania wysokotopliwych metali.

Elementy elektrody posiadają idealnie wykonane powierzchnie kontaktowe z wystającymi z nich łuskowatymi wzniesieniami o ukierunkowanej strukturze.

Istota wynalazku polega na tym, że łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze wystają z idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej na wysokość od 1 do 100 mikrometrów, i że sąsiadujące ze sobą powierzchnie kontaktowe połączenia śrubowego mają docisk w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>.

Korzystnie, zespolona elektroda posiada idealnie wykonane, płaskie albo zakrzywione powierzchnie kontaktowe.

Łuskowate wzniesienia na powierzchniach kontaktowych o ukierunkowanej strukturze są wykonane z tego samego materiału co elementy elektrody zespolonej i posiadają w zasadzie asymetryczny kształt charakteryzujący się różną stromizną pochylenia boków, przy czym boki łuskowatych wzniesień w kierunku mocowania połączenia śrubowego posiadają w zasadzie wznios o małym pochyleniu a w przeciwnym kierunku rozłączania mają w zasadzie wznios stromy.

Według wynalazku, najwyższe wysokości łuskowatych wzniesień są ukształtowane jako ostrze albo jako grzebień zorientowany w zasadzie promieniowo względem wzdłużnej osi cylindrycznego przeważnie elementu elektrody zespolonej, przy czym boki o małym wzniosie wszystkich łuskowatych wzniesień na powierzchni kontaktowej elektrody zespolonej są usytuowane w kierunku mocowania.

Łuskowate wzniesienia są rozmieszczone na powierzchni kontaktowej równomiernie i pokrywają idealnie wykonaną powierzchnię kontaktową częściowo albo w formie wzoru (deseniu).

Powierzchnie kontaktowe zawierają przynajmniej 100 metrów długości grzebienia łuskowatych wzniesień na każdym metrze kwadratowym powierzchni kontaktowej, przeważnie 300 metrów długości grzebienia łuskowatych wzniesień na każdym metrze kwadratowym powierzchni kontaktowej.

W przypadku sąsiadujących elementów takiego samego rodzaju styczne kierunki - albo kierunek mocowania albo kierunek rozłączania połączenia śrubowego - powierzchni kontaktowych o ukierunkowanej strukturze dwóch sąsiadujących ze sobą elementów elektrody zespolonej mają zwrot przeciwny.

Zespolona elektroda posiada dwa sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, wyposażone w skierowane przeciwnie, jednakowe, styczne kierunki powierzchni kontaktowych o strukturze ukierunkowanej, i skręcone śrubami z dociskiem w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>, których moment rozłączający jest o przynajmniej 20% większy niż moment rozłączający sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, zaopatrzonej w powierzchnie kontaktowe, skręcone z dociskiem w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>, ale nie posiadające ukierunkowanej struktury na powierzchniach kontaktowych.

Według wynalazku, elektroda wyposażona jest w dwa sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, wyposażone w skierowane przeciwnie, jednakowe, styczne kierunki powierzchni kontaktowych o strukturze ukierunkowanej, i skręcone śrubami z dociskiem w zakresie od korzystnie 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>, których moment rozłączający jest o przynajmniej 20% większy niż moment rozłączający sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, zaopatrzonej w powierzchnie kontaktowe, skręcone śrubami z dociskiem w zakresie od 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>, ale nie posiadające ukierunkowanej struktury na powierzchniach kontaktowych.

Elektroda węglowa i łącznik węglowy są zestawione w jeden zestaw prefabrykowany a wewnętrzne powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego mają strukturę ukierunkowaną, przy czym wewnętrzna powierzchnia kontaktowa składa się z powierzchni gwintu w otworze elektrody i na łączniku.

Korzystnie, wewnętrzne powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego mają strukturę nieukierunkowaną, przy czym wewnętrzna powierzchnia kontaktowa składa się z powierzchni gwintu w otworze elektrody i na łączniku.

Zestaw prefabrykowany posiada jedną powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, a korzystnie kilka powierzchni kontaktowych o ukierunkowanej strukturze, które stykają się z następnym zestawem prefabrykowanym korzystnie z następną częścią elektrody zespolonej.

Według wynalazku, zestaw prefabrykowany na jednej powierzchni czołowej posiada powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, która to powierzchnia składa się z jednej, korzystnie z obu powierzchni, czyli powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu w otworze elektrody, i że zestaw prefabrykowany posiada na drugiej powierzchni czołowej, powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, która to powierzchnia składa się z jednej, korzystnie z obu powierzchni, czyli powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu łącznika.

Według wynalazku, takiego samego rodzaju styczne kierunki - albo łączenia albo rozłączania połączenia śrubowego - ukierunkowanej struktury powierzchni kontaktowych dwóch sąsiadujących elementów elektrody zespolonej są skierowane przeciwnie. Wady stanu techniki są w prosty sposób usunięte przez niniejszy wynalazek. Istotna zaleta wynalazku polega na małych wymiarach asymetrycznych „pryszczy” względnie łusek na powierzchniach kontaktowych. Małe łuski nie powodują przy odkształceniach podczas procesu skręcania odprysków na ceramicznych korpusach elektrod albo łączników z węgla albo grafitu.

Inna zaleta polega na tym, że nie jest potrzebne nanoszenie na „pryszcze”/łuski albo na powierzchnie kontaktowe warstwy poślizgowej. Dalsza zaleta polega na tym, że zwykle stosowane wzajemne dociski sąsiadujących elementów elektrody zespolonej wystarczają do powstrzymania luzowania się elementów. Przy zwykłych dociskach przeciwnie skierowane łuskowate wzniesienia sąsiadujących elementów zahaczają się wzajemnie uniemożliwiając wzajemny obrót elementów.

Pojęcia stosowane w następującym dalej tekście należy rozumieć tak:

- Końce elektrody są określone jako „strona czołowa”.
- Elektroda posiada cylindryczną powierzchnię płaszcza i z każdej strony usytuowane prostopadłe do osi elektrody „powierzchnie czołowe”.
- „Otwór” jest to współosiowo umieszczone zagłębienie w stronie czołowej elektrody. Na współosiowych wewnętrznych ścianach otworu jest wykonany (przeważnie) cylindryczny albo stożkowy gwint wewnętrzny.
- „Łącznik” jest to cylindryczna albo dwustożkowa śruba z prostopadłymi do osi łącznika powierzchniami czołowymi na obu jego końcach. Łącznik jest mniej więcej do połowy wkręcany w otwory sąsiadujących elektrod w celu ich połączenia
- „Zestaw prefabrykowany” składa się z jednej elektrody i z jednego łącznika wkręconego do połowy w otwór elektrody.
- Niektóre elektrody mają tylko na jednej stronie czołowej otwór a na drugiej stronie czołowej mają wykonany współosiowy czop z gwintem. Taki wystający na zewnątrz gwintowany czop jest nazywany „integralnym łącznikiem”.
- Nie tylko elektroda i łącznik mają powierzchnie czołowe ale również integralny łącznik posiada zewnętrzną, usytuowaną prostopadłe do osi łącznika powierzchnię czołową.
- Pod pojęciem „powierzchnie kontaktowe sąsiadujących elementów” rozumie się takie powierzchnie kontaktowe, które za pomocą skręcenia ze sobą elementów zostają do siebie dociśnięte.
- „Idealnie wykonane powierzchnie kontaktowe” są to takie zakrzywione albo płaskie powierzchnie, które nie są uszkodzone przez podwyższenia i zagłębienia.
- Gdy na idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej są umieszczone asymetryczne, łuskowate wzniesienia ustawione w jednym kierunku, to taką całość określamy jako „ukierunkowaną strukturę powierzchni”.
- Jeśli powierzchnie kontaktowe w zespole elektrod węglowych posiadają ukierunkowaną strukturę powierzchni, to nie jest bez znaczenia, w którym kierunku te powierzchnie kontaktowe zostają użyte. W jednym przypadku ukierunkowana struktura powierzchni przebiega od boków o stromym nachyleniu do boków o małym nachyleniu. W pierwszym przypadku opór stawiany ruchowi przez ukierunkowaną strukturę powierzchni jest mniejszy niż w przypadku drugim. Oczywiście chodzi tu o ruch w kierunku równoległym do powierzchni kontaktowych. Biorąc pod uwagę niewielkie wysokości łuskowatych wzniesień nie powoduje on w zasadzie ruchu w kierunku prostopadłym do powierzchni kontaktowych. Celowe jest przy śrubach wkręcanych w prawo takie zorientowanie ukierunkowanej struktury powierzchni, by przy obrocie w prawo (mocowanie połączenia śrubowego) ukierunkowana struktura powierzchni przebiegała od płaskiego do stromego wzniosu boków łuskowatych wzniesień, co odpowiada pierwszemu przypadkowi z niskim oporem. Taka orientacja struktury powierzchni jest określona przy takim ruchu śruby jako „kierunek mocowania”.
- Gdy śruba wkręcana w prawo, przy strukturze powierzchni takiej samej jak poprzednio, jest obracana w lewo (rozłączanie połączenia śrubowego), wtedy kierunek takiego ruchu śruby jest określany jako „kierunek rozłączania”.
- Łuskowate wzniesienia mają - odniesiony do wzdłużnych osi przeważnie cylindrycznych elementów elektrody zespolonej - w zasadzie promieniowo zorientowany „grzebień”
- „Długość grzebienia” łuskowatego wzniesienia jest zdefiniowana przez rzut zwykle nieregularnego grzebienia na promień wychodzący z osi wzdłużnej przeważnie cylindrycznego elementu elektrody.

Zwykle elektrody węglowe z węglowymi łącznikami są skręcone tworząc jedną elektrodę zespoloną, przy czym elektrody na obu stronach czołowych posiadają otwór. Nie wszystkie elektrody posiadają na obu stronach czołowych współosiowo umieszczone otwory z wewnętrznym gwintem. Są również elektrody, które taki otwór posiadają tylko na jednej stronie czołowej a na drugiej stronie czołowej mają integralny współosiowy łącznik. Oba rodzaje elektrod mają zgodną z wynalazkiem strukturę powierzchni kontaktowej, przy czym łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze wystają z idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej. Żądana powierzchnia kontaktowa na jednej stronie czołowej składa się, przy zwykle stosowanej elektrodzie, z jednej albo obu powierzchni: powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu w otworze elektrody. Dotyczy to również elektrod z jednym tylko otworem. Na drugiej stronie czołowej elektrody z jednym tylko otworem żądana powierzchnia kontaktowa składa się z jednej albo obu powierzchni: powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu integralnego współosiowego łącznika. Powierzchnie kontaktowe obu sąsiadujących ze sobą elementów posiadają strukturę ukierunkowaną. Trafiające na siebie ukierunkowane struktury powierzchni kontaktowych są zawsze zorientowane przeciwnie.

Pewne, nie luzujące się połączenia śrubowe zostają osiągnięte, gdy są spełnione dwa kryteria: po pierwsze, gdy wzajemny docisk sąsiadujących powierzchni leży w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>, po drugie, gdy łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze wystają z idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej na wysokość od jednego do stu mikrometrów. Nie można było oczekiwać, że małe łuskowate wzniesienia zabezpieczą przed luzowaniem skręcone ze sobą elementy. Okazało się, że stawiają one opór mechanicznym obciążeniom wynikającym z drgań.

Zgodne z wynalazkiem łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze są tak małe, że mogą być stosowane zarówno na powierzchniach płaskich jak strony czołowe elektrod jak również na powierzchniach zakrzywionych jak zwoje gwintu łącznika. Przy zamknięciach w rodzaju zamknięć „na rzepy” jest regułą, że właściwe zamknięcie jest wykonane z innego materiału niż łączone ze sobą części. Gdyby łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze były zrobione z innego materiału niż same elektrody, wtedy byłby do pokonania problem wyboru materiału. Większość materiałów nie wytrzymałaby termicznego obciążenia przy zastosowaniu do łączenia elementów elektrody zespolonej i podczas pracy w piecu łukowym taka elektroda rozpadłaby się. Stąd ważna jest realizacja myśli zawartej w wynalazku, by łuskowate wzniesienia na powierzchniach kontaktowych o ukierunkowanej strukturze wykonać z tego samego materiału co elektrody.

Łuskowate wzniesienia mają w zasadzie kształt asymetryczny charakteryzujący się tym, że boki wzniesień mają różną stromiznę. Asymetria wyraża się w tym, że boki łuskowatych wzniesień w kierunku mocowania połączenia śrubowego mają w zasadzie niewielkie nachylenie a w przeciwnym kierunku rozłączania połączenia śrubowego mają w zasadzie strome nachylenie. Za pomocą takiego ukształtowania łusek zostaje osiągnięte lepsze zabezpieczenie przed luzowaniem połączenia śrubowego niż za pomocą łusek ukształtowanych symetrycznie. Dalsze polepszenie zabezpieczenia przed luzowaniem zostaje osiągnięte przez zwiększenie koncentracji łusek i przez takie ich wykonanie, że największe wysokości łuskowych wzniesień tworzą ostrza lub grzebienie biegnące promieniowo w stosunku do osi wzdłużnej cylindrycznych przeważnie elementów elektrody pasmowej.

Gdyby asymetryczne łuski były rozłożone w różnych kierunkach na idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej, to ich działanie hamujące luzowanie byłoby podobne jak przy łuskach uformowanych symetrycznie. W celu lepszego zabezpieczenia przed luzowaniem wszystkie asymetryczne łuski są usytuowane jednakowo. Według wynalazku wszystkie boki łuskowatych wzniesień posiadające małe nachylenie są usytuowane w kierunku mocowania na powierzchni kontaktowej elementu elektrody.

Zabezpieczenie przed luzowaniem połączenia elektrod nie uda się przy niewielkiej ilości małych asymetrycznych łuskowatych wzniesień. Aby osiągnąć technicznie użyteczne zabezpieczenie przed luzowaniem, konieczne jest umieszczenie na powierzchniach kontaktowych znacznej ilości łusek. Na każdym metrze kwadratowym idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej powinien się znajdować grzebień utworzony z łuskowatych wzniesień, którego długość powinna wynosić przynajmniej 100 m, a przeważnie 300 m. Ta ilość łuskowatych wzniesień jest albo rozłożona równomiernie na powierzchni albo pokrywa powierzchnię tylko częściowo układając się w określony wzór (deseń).

Wynik zabezpieczenia przed luzowaniem wtedy jest najlepszy, gdy opór stawiany ruchowi przez powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze jest najwyższy. Dotyczy to również współpracy dwóch powierzchni kontaktowych takich jak przy śrubie. Przy śrubie wkręconej w prawo opór przeciwko luzowaniu jest według wynalazku wtedy największy, gdy śruba jest obracana w lewo, to znaczy

w kierunku rozłączania. Założeniem jest, że takiego samego rodzaju styczne kierunki - tu kierunek rozłączania połączenia śrubowego - dwóch powierzchni kontaktowych o ukierunkowanej strukturze, dwóch sąsiadujących ze sobą elementów elektrody zespolonej są skierowane przeciwnie.

Różne możliwości wykonania wynalazku powodują, że różne są momenty rozłączania połączenia śrubowego. Zależy to od wielu parametrów takich jak wysokość łuskowatych wzniesień, kąt nachylenia boków łusek, szerokość łusek oraz ilość i sposób rozłożenia łusek na powierzchniach kontaktowych. Po uwzględnieniu tych parametrów stwierdzono, że przy nacisku w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup> w przypadku skręcenia elementów wykonanych według wynalazku moment rozłączający jest o 20% większy niż przy takim samym nacisku w przypadku skręcenia ze sobą elementów, których powierzchnie kontaktowe nie mają struktury ukierunkowanej. Wysokie dociski skręcanych ze sobą elementów są uzyskiwane przy skręcaniu maszynowym. Zalety zastosowania ukierunkowanej struktury powierzchni kontaktowych uwiadamniają się jednak bardziej w przypadku ręcznego skręcania elementów, przy którym dociski są relatywnie niskie, od 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>. W tym przypadku połączenia elementów wykonanych według wynalazku wykazują moment rozłączający większy o przynajmniej 30% w stosunku do połączeń elementów nie posiadających ukierunkowanej struktury na powierzchniach kontaktowych, przy takim samym docisku w zakresie od 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>.

Dla użytkownika elektrod, przeważnie stalowni elektrycznych, wygodną formą dostawy jest zestaw prefabrykowany składający się z elektrody z powierzchnią kontaktową o ukierunkowanej strukturze oraz wkręconego przez wytwórcę elektrod łącznika. Przy tym ukierunkowana struktura powierzchni jest wykonana na powierzchniach gwintu w otworze elektrody i na powierzchniach gwintu na łączniku, w przypadkach szczególnych tylko albo na powierzchniach gwintu w otworze albo na powierzchniach gwintu łącznika.

Gdy zestaw prefabrykowany jest zastosowany w piecu łukowym, to taki zestaw wykonany według wynalazku na jednej albo na kilku powierzchniach styku z następnym zestawem albo z następną częścią elektrody pasmowej posiada ukierunkowaną strukturę powierzchni o orientacji przeciwnej niż na części współpracującej. Przy tym zestaw prefabrykowany posiada na jednej stronie czołowej powierzchnię kontaktową, która składa się z jednej albo z obu powierzchni: powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu w otworze elektrody, a na drugiej stronie czołowej zestaw posiada powierzchnię kontaktową, która składa się z jednej albo z obu powierzchni: powierzchni czołowej elektrody i powierzchni gwintu łącznika.

Podczas gdy dotąd ryzyko poluzowania przy połączeniu skręcanych ręcznie mogło być ograniczone tylko przez dodatkowe nakłady, częściowo przez dodatkowe środki zabezpieczające w stalowni, rozwiązanie według wynalazku jest zintegrowane z procesem produkcyjnym.

Na stanowisku skręcania fabryki Piccardi (Dalmine, Bergamo, Italien) pod nazwą „Nipplingstation”, rok budowy 1997, zostały skręcone w jedną elektrodę zespoloną dwie grafitowe elektrody o średnicy 600 mm z odpowiednim łącznikiem. Przy tym został zastosowany zestaw prefabrykowany składający się z elektrody i uprzednio wkręconego w otwór elektrody łącznika. Zestaw i elektroda zostały ze sobą skręcone. Po osiągnięciu momentu dokręcającego 4000 Nm wkręcanie zostało zakończone.

Aby scharakteryzować zabezpieczenie spójności połączenia śrubowego, połączenie zostało ponownie rozkręcone i został przy tym zmierzony moment rozłączający.

To zasadnicze postępowanie zostało przeprowadzone w trzech wariantach, przedstawionych w tabeli:

Wariant A

Powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego i elektrody nie posiadają ukierunkowanej struktury według wynalazku i zostały skręcone jako system odniesienia.

Wariant B

Zestaw prefabrykowany i pojedyncza elektroda z powierzchniami kontaktowymi o ukierunkowanej i przeciwnie zorientowanej strukturze zostały ze sobą skręcone. Jako kontaktowe zostały wybrane powierzchnie czołowe elektrod.

Wariant C

Powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego i pojedynczej elektrody zostały wyposażone w warstwę poślizgową. Warstwę poślizgową stanowił smar łożyskowy pod nazwą „arcanol 12 V” firmy FAG Kugelfischer (Scheinfurt, Deutschland). Jako powierzchnie kontaktowe zostały wybrane powierzchnia czołowa elektrody i wolne powierzchnie gwintu łącznika. Grubość warstwy poślizgowej wynosiła 0,1 mm.

T a b e l a  
Podane wartości są ważne dla elektrod o średnicy 600 mm  
i dla momentu dokręcającego 4000 Nm przy skręcaniu

|           | Środek                                                                         | Powierzchnie modyfikowane                                    | Moment rozłączający [Nm] |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Wariant A | Bez środka poślizgowego, bez ukierunkowanej struktury powierzchni kontaktowych | Nie ma                                                       | 6000                     |
| Wariant B | Z ukierunkowaną strukturą powierzchni kontaktowych                             | Powierzchnie czołowe elektrod                                | 9000                     |
| Wariant C | Ze środkiem poślizgowym (0,1 mm, smar łożyskowy arcanol 12 V)                  | Powierzchnie czołowe elektrod i powierzchnie gwintu łącznika | > 12000                  |

Jak widać z tabeli, moment rozłączający był zależny od rodzaju wykonania względnie przygotowania powierzchni. Najniższy moment rozłączający był osiągnięty przy powierzchniach kontaktowych bez zastosowania szczególnych środków (wariant A). Przy powierzchniach czołowych z ukierunkowaną strukturą przeciwnie zorientowaną na współpracujących powierzchniach kontaktowych skręconych elementów został zmierzony bardzo wysoki moment rozłączający.

Wprowadzie wariant C przyniósł jeszcze wyższy moment rozłączający niż wariant B, ale był on możliwy tylko za pomocą dodatkowego zabiegu. Natomiast w wariantcie B osiągnięto korzystny moment rozłączający bez dodatkowego zabiegu.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia równoległy do osi wzdłużnej przekrój przez elektrodę z umieszczonymi na obydwu powierzchniach czołowych otworami z cylindrycznym gwintem wewnętrznym oraz widok niezależnych łączników z gwintem cylindrycznym, fig. 2 - widok elektrody z integralnym współosiowym łącznikiem uformowanym na jednej stronie czołowej; na drugiej stronie czołowej jest widok boczny elektrody z wyrwanym przekrojem równoległym do osi wzdłużnej; przekrój pokazuje w tym miejscu otwór ze stożkowym gwintem, fig. 3 - przekrój równoległy do osi przez zestaw prefabrykowany, który składa się z elektrody ze stożkowymi otworami oraz łącznika z podwójnym stożkowym gwintem, fig. 4 - przestrzenne przedstawienie powierzchni czołowej elektrody z powierzchnią kontaktową o ukierunkowanej strukturze, fig. 5 - powiększone przedstawienie ukierunkowanej struktury na powierzchni czołowej elektrody.

Według fig. 1 powierzchniami kontaktowymi elektrody 1 są: powierzchnia czołowa 3 elektrody 1 i powierzchnie gwintu 4 współosiowo umieszczonego w elektrodzie otworu. Dno otworu 10 elektrody nie jest powierzchnią kontaktową. W niezależnym łączniku 2 powierzchniami kontaktowymi są powierzchnie gwintu 5 łącznika 2. Obie powierzchnie czołowe 6 łącznika 2 nie są powierzchniami kontaktowymi.

Według fig. 2 powierzchniami kontaktowymi elektrody 1 z integralnym łącznikiem są: powierzchnia czołowa 3 elektrody 1 i powierzchnie gwintu 1 integralnego współosiowego łącznika oraz na drugiej stronie czołowej elektrody 1 jej powierzchnia czołowa 3 i powierzchnie gwintu 4 otworu. Zewnętrzna powierzchnia czołowa 3 integralnego współosiowego łącznika nie jest powierzchnią kontaktową przeznaczoną do wyposażenia w warstwę poślizgową. Dno otworu 10 elektrody nie jest powierzchnią kontaktową.

Według fig. 3 wewnętrznymi powierzchniami kontaktowymi zestawu prefabrykowanego 9 są: powierzchnie gwintu 4 współosiowo umieszczonego otworu elektrody 1 i powierzchnie gwintu 5 niezależnego łącznika 2. Powierzchnie czołowe 6 łącznika 2 nie są powierzchniami kontaktowymi.

Zewnętrznymi powierzchniami kontaktowymi zestawu prefabrykowanego 9 od strony wkręczonego łącznika 2 są: powierzchnie gwintu 5 niezależnego łącznika 2 oraz powierzchnia czołowa 3 elektrody 1. Powierzchnie czołowe 6 łącznika 2 nie są powierzchniami kontaktowymi.

Zewnętrznymi powierzchniami kontaktowymi zestawu 9 od strony bez wkręczonego łącznika są: powierzchnia czołowa 3 elektrody 1 i powierzchnie gwintu 4 współosiowo umieszczonego otworu elektrody. Dno otworu 10 elektrody nie jest powierzchnią kontaktową.

Według fig. 4 elektroda 1 ma na płaskiej powierzchni czołowej 3 ukierunkowaną strukturę. Pojedyncze asymetryczne łuskowe wzniesienia mają uprzywilejowaną orientację, która odpowiada kierunkowi mocowania 11 dla śrub wkręcanych w prawo. Kierunek mocowania 11 należy rozumieć w ten sposób, że pokazana na fig. 4 elektroda 1 i wkręcany w nią łącznik są nieruchome względem siebie. Od góry zostaje nakręcona dalsza, nie pokazana elektroda. Tą elektrodą obraca się przy mocowaniu w kierunku strzałki 11. Ten proces odpowiada procesowi w stalowni. Struktura powierzchni pola V z fig. 4 jest przedstawiona w powiększeniu na fig. 5.

Fig. 5 pokazuje w powiększeniu pole V z powierzchniami kontaktowej 3 elektrody 1 z fig. 4. Pokazana jest ukierunkowana struktura powierzchni czołowej elektrody.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Zespólna elektroda węglowa wyposażona w elementy złączone z powierzchniami kontaktowymi o ukierunkowanej strukturze a zwłaszcza elementy elektrody zespolonej, jak elektroda węglowa z otworami na stronach czołowych i gwintami wewnętrznymi i/albo łącznik węglowy łączący po dwie takie elektrody albo elektroda węglowa z otworem i gwintem wewnętrznym na jednej stronie czołowej i łącznik integralny na drugiej stronie czołowej, przewidziane do utworzenia elektrody zespolonej dla zastosowania jej w piecu łukowym do wytwarzania wysokotopliwych metali, przy czym elementy posiadają idealnie wykonane powierzchnie kontaktowe z wystającymi z nich łuskowatymi wzniesieniami o ukierunkowanej strukturze, **znamienna tym**, że łuskowate wzniesienia o ukierunkowanej strukturze wystają z idealnie wykonanej powierzchni kontaktowej na wysokość od 1 do 100 mikrometrów, i że sąsiadujące ze sobą powierzchnie kontaktowe połączenia śrubowego mają docisk w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>.

2. Zespólna elektroda według zastrz. 1, **znamienna tym**, że idealnie wykonane powierzchnie kontaktowe są płaskie albo zakrzywione.

3. Zespólna elektroda według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że łuskowate wzniesienia na powierzchniach kontaktowych o ukierunkowanej strukturze są wykonane z tego samego materiału co elementy elektrody zespolonej.

4. Zespólna elektroda według zastrz. 3, **znamienna tym**, że łuskowate wzniesienia posiadają w zasadzie asymetryczny kształt charakteryzujący się różną stromizną pochylenia boków, przy czym boki łuskowatych wzniesień w kierunku mocowania połączenia śrubowego posiadają w zasadzie wznios o małym pochyleniu a w przeciwnym kierunku rozłączania mają w zasadzie wznios stromy.

5. Zespólna elektroda według zastrz. 4, **znamienna tym**, że najwyższe wysokości łuskowatych wzniesień są ukształtowane jako ostrze albo jako grzebień zorientowany w zasadzie promieniowo względem wzdłużnej osi cylindrycznego przeważnie elementu elektrody zespolonej.

6. Zespólna elektroda według zastrz. 4, **znamienna tym**, że boki o małym wzniosie wszystkich łuskowatych wzniesień na powierzchni kontaktowej elektrody zespolonej są usytuowane w kierunku mocowania.

7. Zespólna elektroda według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że łuskowate wzniesienia są rozmieszczone na powierzchni kontaktowej równomiernie.

8. Zespólna elektroda według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że łuskowate wzniesienia pokrywają idealnie wykonaną powierzchnię kontaktową częściowo albo w formie wzoru (deseniu).

9. Zespólna elektroda według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że powierzchnie kontaktowe zawierają przynajmniej 100 metrów długości grzebienia łuskowatych wzniesień na każdym metrze kwadratowym powierzchni kontaktowej, przeważnie 300 metrów długości grzebienia łuskowatych wzniesień na każdym metrze kwadratowym powierzchni kontaktowej.

10. Zespólna elektroda według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że w przypadku sąsiadujących elementów takiego samego rodzaju styczne kierunki - albo kierunek mocowania albo kierunek rozłączania połączenia śrubowego - powierzchni kontaktowych o ukierunkowanej strukturze dwóch sąsiadujących ze sobą elementów elektrody zespolonej mają zwrot przeciwny.

11. Zespólna elektroda według zastrz. 1, **znamienna tym**, że posiada dwa sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, wyposażone w skierowane przeciwnie, jednakowe, styczne kierunki powierzchni kontaktowych o strukturze ukierunkowanej, i skręcone śrubami z dociskiem w zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>, których moment rozłączający jest o przynajmniej 20% większy niż moment rozłączający sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, zaopatrzonej w powierzchnie kontaktowe,

skręcone z dociskiem zakresie od 0,1 do 80 N/mm<sup>2</sup>, ale nie posiadające ukierunkowanej struktury na powierzchniach kontaktowych.

12. Zespółona elektroda według zastrz. 1, **znamienna tym**, że posiada dwa sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, wyposażone w skierowane przeciwnie, jednakowe, styczne kierunki powierzchni kontaktowych o strukturze ukierunkowanej, i skręcone śrubami z dociskiem w zakresie od korzystnie 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>, których moment rozłączający jest o przynajmniej 30% większy niż moment rozłączający sąsiadujące ze sobą elementy elektrody zespolonej, zaopatrzonej w powierzchnie kontaktowe, skręcone śrubami z dociskiem zakresie od 0,1 do 2 N/mm<sup>2</sup>, ale nie posiadające ukierunkowanej struktury na powierzchniach kontaktowych.

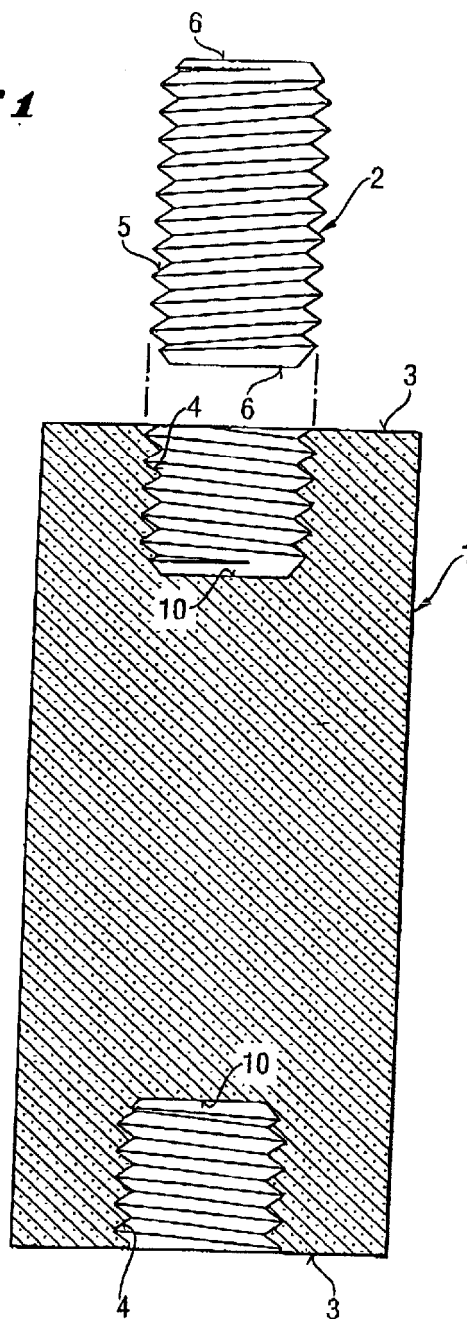
13. Zespółona elektroda według zastrz. 1 albo 12, **znamienna tym**, że elektroda węglowa (1) i łącznik węglowy (2) są zestawione w jeden zestaw prefabrykowany (9) i że wewnętrzne powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego (9) mają strukturę ukierunkowaną, przy czym wewnętrzna powierzchnia kontaktowa składa się z powierzchni gwintu w otworze (4) elektrody i na łączniku (5).

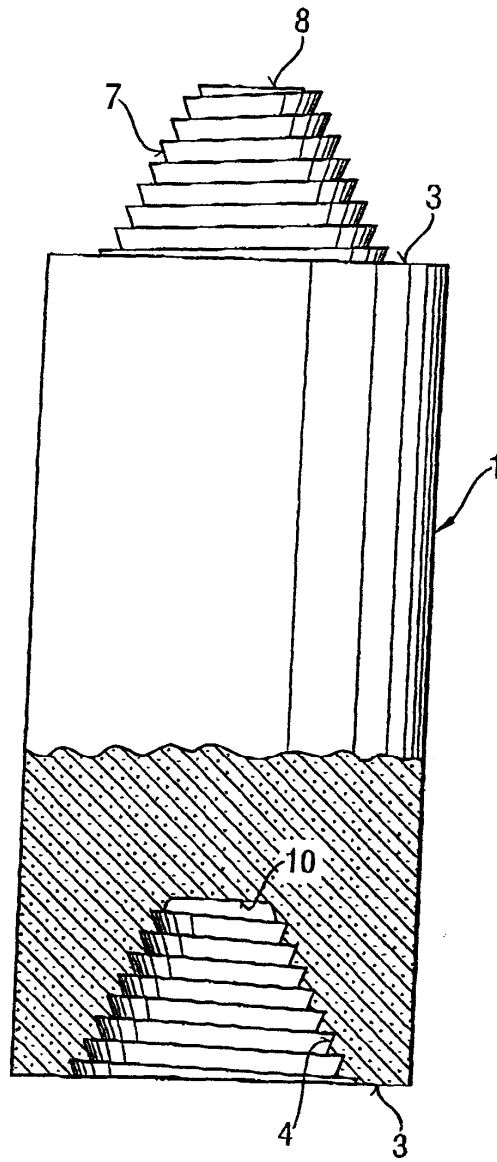
14. Zespółona elektroda według zastrz. 1 albo 12, **znamienna tym**, że elektroda węglowa (1) i łącznik węglowy (2) są zestawione w jeden zestaw prefabrykowany (9) i że wewnętrzne powierzchnie kontaktowe zestawu prefabrykowanego (9) mają strukturę nieukierunkowaną, przy czym wewnętrzna powierzchnia kontaktowa składa się z powierzchni gwintu w otworze (4) elektrody i na łączniku (5).

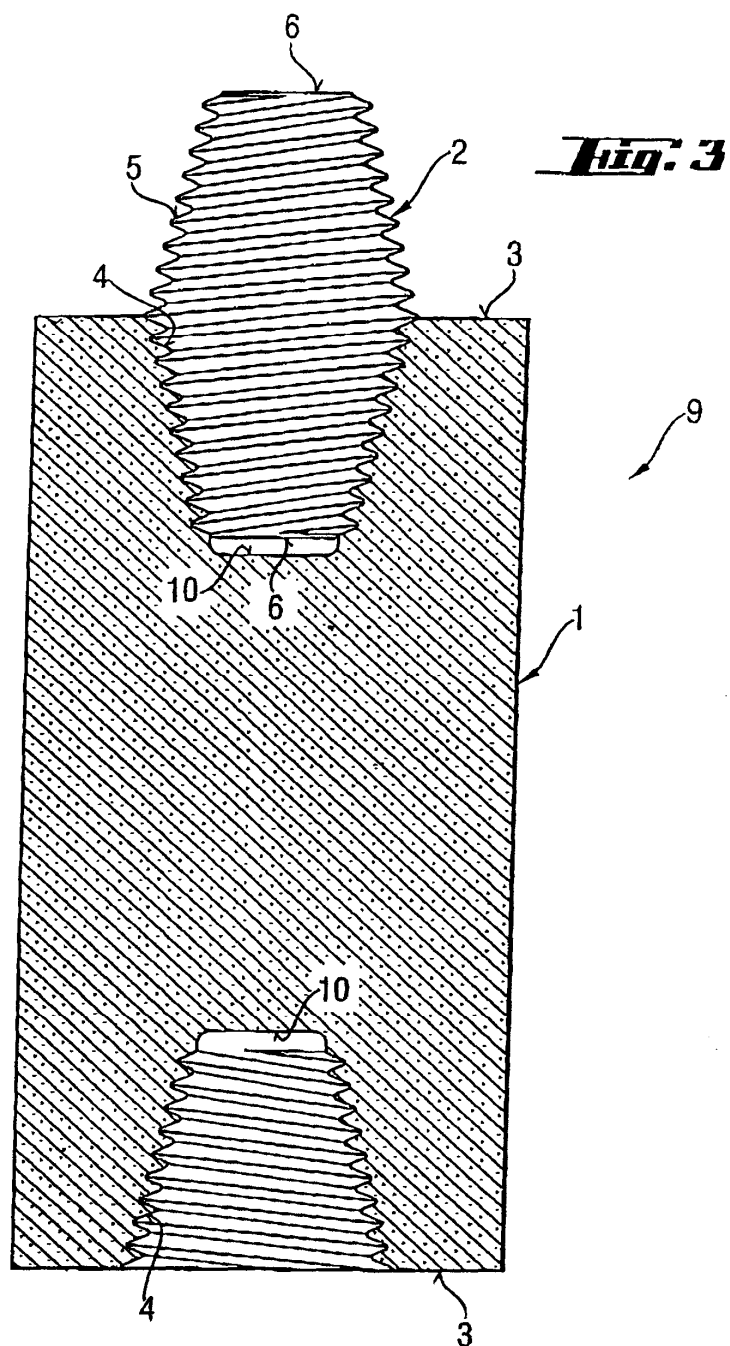
15. Zespółona elektroda według zastrz. 13, **znamienna tym**, że zestaw prefabrykowany (9) posiada jedną powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, a korzystnie kilka powierzchni kontaktowych o ukierunkowanej strukturze, które stykają się z następnym zestawem prefabrykowanym (9) korzystnie z następną częścią elektrody zespolonej.

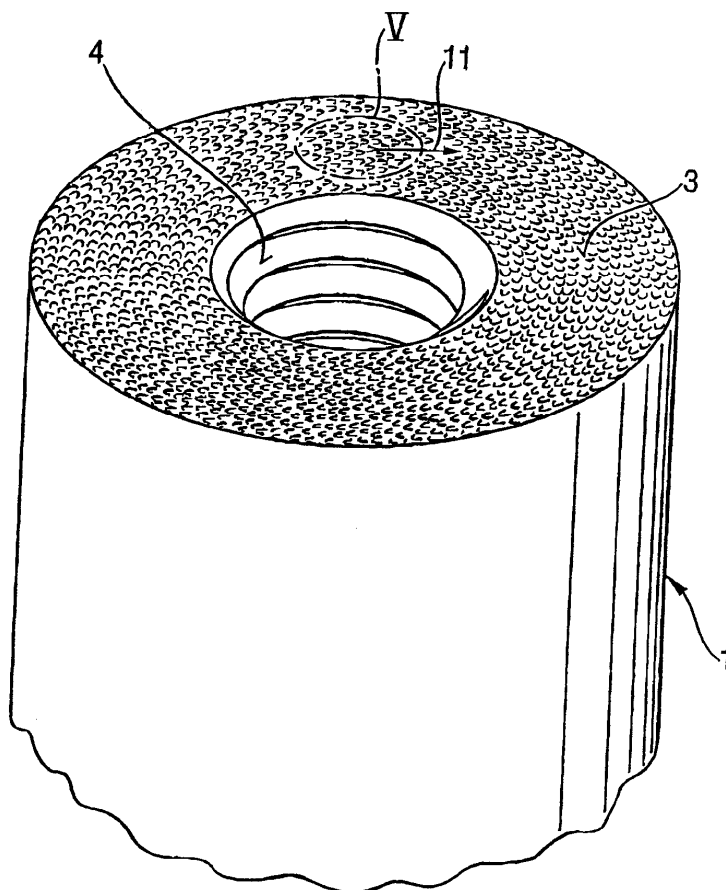
16. Zespółona elektroda według zastrz. 15, **znamienna tym**, że zestaw prefabrykowany (9) na jednej powierzchni czołowej posiada powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, która to powierzchnia składa się z jednej, korzystnie z obu powierzchni, czyli powierzchni czołowej elektrody (3) i powierzchni gwintu w otworze elektrody (4), i że zestaw prefabrykowany (9) posiada na drugiej powierzchni czołowej, powierzchnię kontaktową o ukierunkowanej strukturze, która to powierzchnia składa się z jednej, korzystnie z obu powierzchni, czyli powierzchni czołowej elektrody (3) i powierzchni gwintu łącznika (5).

## Rysunki

**Fig. 1**

**Fig. 2**



**Fig. 4****Fig. 5**