

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 769

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010-87**
(22) Přihlášeno: **03.02.2010**
(40) Zveřejněno: **10.08.2011**
(Věstník č. 32/2011)
(47) Uděleno: **17.05.2017**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **28.06.2017**
(Věstník č. 26/2017)

H01R 39/24 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)
G02B 6/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
Advanced Materials 21/2009, Carbon-Nanotube-Based Electrical Brush Contacts; New Energy and Fuel, 17.03.2009, A Great Idea for Using Carbon Nanotubes
<http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2009/03/17/a-great-idea-for-using-carbon-nanotubes/>
US 2007145853 A1; JP 2006345593 A; JP 2005039994 A; JP 2005229687 A.

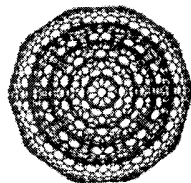
(73) Majitel patentu:
doc. Ing. František Veselka, CSc., Uherský Brod,
CZ

(72) Původce:
doc. Ing. František Veselka, CSc., Uherský Brod,
CZ

(74) Zástupce:
Ing. Václav Kratochvíl, patentový zástupce,
Táborská 758/33, 293 01 Mladá Boleslav

(54) Název vynálezu:
Kartáč elektrického stroje

(57) Anotace:
Vynález se týká kartáče elektrického stroje opatřeného elektrovodným lankem, přičemž alespoň jeho část je zhotovena ze svazku uhlíkových nanotrubic, které mají průměr od 1 do 100 nm a jsou spleteny do svazku v podobě síťky, která je svinuta a zformována do požadovaného tvaru a lanko je zasunuto do svazku nanotrubic.



CZ 306769 B6

Kartáč elektrického stroje

Oblast techniky

5

Vynález se týká kartáče elektrického stroje opatřeného elektrovodným lankem.

Dosavadní stav techniky

10

Z technické praxe je známo několik typů kartáčů elektrických strojů.

15

Kluzné kontakty v podobě uhlíkových kartáčů jsou důležitou součástí přenosu proudu v mnoha elektrických strojích. Uhlík a grafit mají dobré kluzné vlastnosti a relativně dobrou elektrickou a tepelnou vodivost a vysokou teplotní stálost. Uhlík se netaví, nýbrž sublimuje při teplotách nad 300 °C. Při výskytu spínacích jisker a oblouků se tím zamezuje tvorbě tavných kapek, které se objevují na kovových kontaktech.

20

Přírodní grafit, podle použité suroviny, obsahuje větší nebo menší podíl velmi jemně rozptýlených minerálních nečistot, které dávají přírodnímu grafitu určitou odolnost proti otěru vedle vynikajících kluzných vlastností.

25

Na komutátorových strojích byl přírodní grafit pro jeho brusné působení nahrazen elektrografitem. Přírodní grafit nedosahuje komutačních vlastností požadovaných u dnešních strojů. Kartáče z přírodního grafitu jsou trvale zatížitelné až do 10 A.cm⁻², snesou však krátkodobé proudové špičky až do 20 A.cm⁻². Elektrografit je nejuniverzálnějším a tím i nejpoužívanějším materiálem pro uhlíkové kartáče. Kromě strojů s prostou izolací komutátoru a obtížně komutujících motorů se v určitých mezích elektrografit používá na komutátorech i na kroužcích. Dobrá tepelná vodivost elektrografitu ve spojení s vysokou odolností vůči tření zabraňuje, aby se uhlíkové kartáče příliš rychle opotřebovávaly při jiskření.

30

35

Dále je znám grafit s pryskyřičným pojivem. Tento materiál má v důsledku obsahu pryskyřičného pojiva relativně vysoký vlastní odpor v rozmezí 100 až 300 μΩm a kromě toho vykazuje velký poměr příčného odporu k podélnému. Podélný odpor je způsoben destičkovou strukturou použitých grafitů. V souvislosti s vysokým přechodovým napětím je materiál schopen silně tlumit zkratové proudy mezi lamelami, překlenutými uhlíkovými kartáči. Je proto zvláště vhodný pro třířázové komutátorové stroje.

40

Materiály typu kovografít jsou vyrobeny z grafitů a kovových prášků, přednostně měděných. Vyznačují se relativně vysokou elektrickou vodivostí. V závislosti na podílu kovu a jeho složení se specifický elektrický odpor grafitu s kovem pohybuje v rozsahu 0,1 až 10 μΩm. To má pak za následek nízké kontaktní odpory a přechodová napětí. Grafit implantovaný do materiálu poskytuje dobré kluzné vlastnosti. Při vysokém podílu kovu mají kovografitové uhlíkové kartáče, v porovnání s klasickými uhlíkovými kartáči, znatelně vyšší hmotnost, takže je za určitých okolností nezbytné a žádoucí zajistit zvýšený přítlak. Nejvyšší přípustné obvodové rychlosti jsou řádově 30 m.s⁻¹. Podle obsahu kovu mohou být proudová zatížení v trvalém provozu až 25 A.cm⁻².

45

50

Materiál uhlík – grafit se z hlediska materiálových vlastností nachází mezi tvrdým uhlíkem a elektrografitem. Má rovněž určité brusné a leštící schopnosti, což je však tak málo výrazné, že se prostá izolace komutátoru nemůže opotřebovat. Jeho hlavní oblastí použití jsou univerzální motory s prohloubenou izolací lamel. Materiál se používá tam, kde elektrografitové uhlíkové kartáče mají nedostatečnou čistící schopnost, avšak tvrdý uhlík se následkem příliš vysokého tření nemůže použít. Přípustná obvodová rychlost má řádově velikost 25 m.s⁻¹, proudová zatížení jsou možná až do 8 A.cm⁻². Hlavní oblast použití uhlíkových kartáčů uhlík-grafit představují

nízkonapěťové stroje s vysokými proudovými hustotami a nepříliš extrémními komutačními nároky a rovněž i kluzné kroužky při vyšších hustotách proudu kartáče.

- 5 Aby bylo možno nezávisle na materiálu měnit provozní chování uhlíkových kartáčů, byly vedle blokových kartáčů vyvinuty ještě další formy uhlíkových kartáčů, které slouží k tomu, aby se kluzný kontakt uhlíkového kartáče přizpůsobil specifickým elektrickým a mechanickým poměrům i okolním podmínkám a tím zlepšil provozní vlastnosti stroje.

- 10 U dvojitých a trojitých uhlíkových kartáčů se pro zajištění dobrých kontaktních podmínek rozdělí blokový kartáček do dvou nebo tří stejně velkých dílčích kartáčů umístěných vedle sebe v tangenciálním směru. Každý dílčí kartáč má svůj přívod proudu, a je důležité, aby byly všechny stejnoměrně přitlačeny na povrch rotoru. Toho se nejlépe dosáhne, kromě bez armaturových uhlíkových kartáčů, pomocí destičky z gumy nebo tvrzené tkaniny přiložené nebo přilepené na horní stranu kartáče. Vedle rovnoměrného rozdělení tlaku se destičkou docílí také to, že se dílčí kartáče
- 15 mohou nezávisle na sobě navzájem posouvat v radiálním směru o určitou vzdálenost, takže kartáč může lépe sledovat nerovnosti zaoblení komutátoru. Rozdělení hmoty kartáče navíc vytváří při nekruhových komutátorech menší setrvačné, respektive urychlovací síly, takže jsou kontaktní místa na komutátoru mechanicky méně namáhána. Všeobecně se prostřednictvím gumové příložky, umístěné na horní části kartáče, u kartáčových držáků s přitlačnými páčkami dosáhne uvolnění vazby mezi hmotou kartáče a přitlačnou páčkou, což má při vibracích nebo na nekruhových komutátorech za následek zmenšení reakčních sil mezi uhlíkovým kartáčem a komutátorem a současně i změnu charakteru kmitání.
- 20

- 25 Provedení kartáčů s kovovým třmenem, umístěným na dílčím kartáčku za účelem rozdělení tlaku, poskytují takové přednosti jen částečně. Dvojitě nebo trojitě uhlíkové kartáče mají větší počet míst dotyku mezi aktivní plochou uhlíkového kartáče a komutátoru, což vede ke snížení místní proudové hustoty oproti blokovému uhlíku. Současně je to spojeno s prodloužením doby komutace, takže se snižuje komutační namáhání.

- 30 Rovněž existují rozpěrné uhlíkové kartáče. Jedná se o zvláštní formu dvojitých kartáčů. Oba dílčí kartáče přitom mají horní stranu skloněnou směrem ke středu kartáče. U kartáčových držáků s páčkou se založením přizpůsobeného klínového přitlačného dílu, nebo u držáků se stočenou páskovou pružinou se pomocí pružinového válečku přitlačují k povrchu komutátoru. V každém případě se oba dílčí kartáče, při pohledu od hlavy kartáče, rozeprou, takže se vůle mezi uhlíkovým kartáčem a tělesem držáku zmenšuje, nebo se zcela eliminuje. V provozu u stroje se sklonem ke kmitání vzniká následkem většího tření, způsobeného rozepršením, mezi uhlíkovým kartáčem a vnitřní stěnou tělesa držáku lepší kontakt s komutátorem.
- 35

- 40 Při velmi obtížné komutaci je možno pro eliminaci silného jiskření, opalování lamel a velkého otěru, použít vrstevné kartáče. Ty sestávají, jako dvojitě nebo trojitě kartáče, ze dvou nebo více dílčích kartáčů uložených navzájem v tangenciálním směru, které jsou navzájem buď vysoceodporově, nebo zcela izolačně slepeny. Tím se příčný odpor v komutačním obvodu zvyšuje a komutace se zlepšuje. Přívod proudu k takovému kartáči je proveden tak, že je každý dílčí kartáč, tj. vrstva, opatřen vlastním proudovým přívodním lankem. U dvojvrstevných kartáčů takové
- 45 lanko připevníme v oblasti lepicí vrstvy, takže mají obě uhlíkové části stejný kontakt. Bezprostřední spojení jednotlivých vrstev má za následek, že se příčný odpor příliš nezvýší. V mnoha případech však již dostačuje ke zřetelnému zlepšení komutace. Výraznějšího zvýšení lze dosáhnout, přivede-li se proud přes vysoce odporový uhlíkový vrcholový díl, nalepený společně na dílčí kartáče. Hovoříme pak o vrstevných kartáčích s odporovou hlavou. Toto provedení je však
- 50 nákladné a drahé. Vedle zvýšení příčného odporu poskytuje tenká, avšak relativně tvrdá vrstva lepidla slabý čistící účinek, který se může kladně uplatnit na kontaktu mezi uhlíkovým kartáčem a komutátorem. U více-materiálových uhlíkových kartáčů jsou jednotlivé vrstvy tvořeny různými materiály. Speciální vlastnosti vrstevných uhlíkových kartáčů se plně uplatní teprve v případě, že se všechny dílčí kartáče - vrstvy současně dotýkají komutátoru, což je předpokladem klidného
- 55 chodu stroje.

U stávající konstrukce kartáčů je lanko kartáče představováno ohebným vodičem, zkrouceným z měděných drátků, svázaných z pramenů. Kartáč slouží k přenášení proudu z rotující části, např. komutátoru, případně kroužku, na pevnou část elektrického stroje. Je známo, že držák kartáče je dobrý vodič proudu, a proto odstranění případně jím vedeného proudu si vyžaduje odpovídající opatření. Proud může protékat z komutátoru na pevnou část stroje různými cestami, v závislosti na odporu vodičových cest. Optimální je vedení proudu přes nízkohmický kontakt. Lanko musí být dostatečně ohebné, aby nepřekáželo pohybu kartáče, který musí sledovat i nerovnosti na povrchu komutátoru.

Lanka pro uhlíkové kartáče jsou sestavené z drátků měkké, elektrovední mědi. Lanko musí být měkké a ohebné, po rozstříhnutí se jeho jednotlivé prameny nesmí samovolně rozpadnout.

U elektrických strojů s velkými vibracemi je doporučováno zajistit ohybné lanko několika ocelovými držáky. Lanka jsou pak pevnější a svojí pružností i částečně redukuje vibrace.

Materiálem na drátky o průměru, 0,063 a 0,071 mm, je měkká, elektrovedná měď. Měděné drátky se vyrábějí z tzv. vysokovodné, bezkyslíkové mědi ECu. Měrný odpor této kvality $\rho = 0,01786 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$, měrná hmotnost $\gamma = 8,9 \text{ kpdm}^{-3}$. Pro některé větší průřezy lanek se používá i drátek $\varnothing 0,112 \text{ mm}$, zejména pro kartáče trakčních motorů velkých výkonů.

Lámavost lanek. Tento problém nastává, když se lanka zalisují do materiálu kartáčů a potom se i s uhlíky vypalují. Vypalování se většinou provádí ve vodíkové atmosféře, v pecích. Velmi často se stává, že po vypálení se lanko úplně rozdrobí vlivem vodíkové nemoci. Tento jev se objevuje v mědi již při obsahu 0,04% O_2 . Eliminace se provádí až dodatečným zatemováním již vypálených kartáčů.

Lanka se připojují přechováním, při kterém se lanko vloží do otvoru se závitem nebo do kónicky vyvrtaného otvoru s opačným kónusem. Otvor je o něco větší než průměr lanka. Tento meziprostor se na speciálním strojním zařízení vyplní práškovou mědí. Dosahuje se nejnižší přechodový odpor a zůstává nejdelší pracovní část kartáče.

Při rozválcování je lanko upevněné pod hlavou válcového nýtu. Pokud je třeba ke kartáči upevnit dvě lanka, dáváme jedno z jedné a druhé z druhé strany. Nýt se rozválcuje. Toto spojení má velké nedostatky, hlavně tehdy je-li lanko jen otočené okolo válcového nýtu.

Další možností je připojení přívodu přišroubováním. Otvory se vyvrtají jako v předchozím případě, pomědí se a lanko se přichytí pomocí šroubku. Výhodou je, že šroubek a lanko je možno použít několikrát. V praxi se používá málokdy.

Při aplikaci armaturování se pocínovaný konec lanka zasune do krčku, vytvořeného na armatuře a ze spodní strany se k ní přicínuje. Takto připravená objímka se upevní ke kartáči a pomocí válcovitých nýtů se fixuje na těleso kartáče. Hlava kartáče se musí ofrézovat tak, aby oba konce nýtů nepřesahovaly šířku kartáče. Tento typ armatury je málo stabilní, nýt se po čase může uvolnit a celý přechodový odpor upevnění se velmi zvýší.

V některých případech se aplikuje zalisování. Lanko se pomocí speciálního příslušenství přivede do lisu a spolu s vylišovaným kartáčem zůstane zalisované v materiálu. Této technologie se využívá pouze u mědnografitů. Bývají však problémy s vypalováním, lanko přitom někdy úplně zkřehne a rozpadává se, i když se použije ochranná atmosféra v peci.

Při připájení se kartáč provrtá a na jedné straně se otvor rozšíří. Po provlečení se jeho konec mírně rozplete a do rozšířené části se připájí - nejčastěji cínem. Aby byl spoj pevnější, dodatečně se ještě pocínovaná část lanka roztlačí do kónického otvoru, čímž se vytvoří pevnější spoj. Tento způsob se u nás nepoužívá, protože předpokládá ještě aplikaci Cu na povrchu.

Pro omezení opotřebení hlavy kartáče a přítlačného palce držáku kartáče se připevňuje ke kartáči plechová armatura. Tato může být v podobě ochranné izolace zhotovená z mosazného plechu, přimontovaného k hlavě kartáče. Palec z držáku i při silnějších nárazech měkkí grafitické tělo kartáče, protože tlačí na oplechování.

Izolační izolace se použije hlavně tehdy, když chceme zamezit nekontrolovatelnému průchodu proudu přes armaturu. Palec držáku tlačí na gumu nebo plastickou látku, která, je buď přilepená, nebo vložená do hlavy kartáče. Toto provedení je nejvhodnější a nejrozšířenější. Je však problémem zabezpečení gumy proti smykovým silám.

Vodivá izolace v posledním čase se používá hlavně při měkkých grafitických materiálech, kde byl problém s ubíjením lanka, tak jako se zabezpečením hlavy kartáče proti úderům tvrdého palce držáku. Vzhledem k tomu, že se armatura může v praxi uvolnit, nepoužívá se často.

Nejčastěji se zhotovují kartáče bez kovové armatury, jen s tlumícími podložkami proto, že takové vyhotovení je levnější a hlavně, že lépe snáší časté vibrace, kterým jsou kartáče vystaveny. Spodní guma je přilepená na uhlík a na horní straně má přilepeno kovovou destičku, aby palec držáku nepoškodil měkkou gumu. Taktéž tvrdá podložka rozdělí síly na obě dvě části dvojdielného kartáče. Problémem je lepidlo, které drží i při zvýšené teplotě. Boční smykové síly mohou být zachycené výstupky. Nejvhodnější pro tyto účely je silikonová guma, která snáší požadované teploty a nestárne. Jako lepidla se používají buď epoxidové, nebo polyuretanové.

25 Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny kartáčem elektrického stroje opatřeným elektrovodným lankem, podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že alespoň jeho část je zhotovena ze svazku uhlíkových nanotrubic, které mají průměr od 1 do 100 nm. Uhlíkové nanotrubičky jsou spleteny do svazku v podobě síťky, která je svinuta a zformována do požadovaného tvaru. Lanko je zasunuto do svazku nanotrubic, případně je k nim i jinak elektricky vodivě připojen. Kartáč může být opatřen optickými vlákny a otvory.

Kartáč je s výhodou naplněn teflonem, kovem, nebo uhlíkem, přičemž v jeho různých vrstvách může být různý materiál.

Kartáč elektrického stroje, vyrobený z uhlíkových nanomateriálů, může být tvořen nanotrubičkou, nanosítkou, apod. Ty mohou být strukturovány do svazku, případně v podobě nano látky, svinuty do vhodně tvarovaného svazku.

Kartáč může mít tvar pyramidy a/nebo může být umístěn v krytu v podobě pyramidy.

Uvedené řešení přinese především zvýšení pružnosti, umožní využití kapilárního a dalších efektů. Umožňuje impregnaci různými materiály elektricky vodivými a nevodivými v různých fázích výrobního postupu založených na různých principech. Zlepší se vytváření kontaktu mezi kartáčem a komutátorem, nebo kroužkem. Tím se sníží degradace vnějšího povrchu komutátoru, nebo kroužku. Impregnace kartáče elektricky vodivou látkou, například do dané výšky kartáče, umožní provádění kvalitních vývodů z kartáčů. Vývod je možné realizovat na krátké dráze. Tím se umožní prodloužit dobu technického života kartáčů. Rovněž bude možno vhodným způsobem modifikovat, případně i řídit, příčný odpor kartáče a tím efektivně ovlivňovat kvalitu komutace stroje. Přitom lze eliminovat několik technologických operací, například: výrobu temovacího prášku, temování, armování některých kartáčů, vrtání díry do kartáče, řezání složitých geometrických tvarů, výrobu různých přípravků, apod. Inovaci kartáčů je možno poté výrobu nejen výrazně zjednodušit, ale naopak lze v jejím průběhu použít i progresivních technologií.

Nano trubičky mohou být spleteny do svazků, které lze dále svinovat a teprve potom formovat do požadovaných tvarů, i složitých, odpovídajících optimální geometrii z hlediska vlastností mechanických, tepelných, EMC, chemických, apod. Nano trubičky umožňují zlepšit přechod z vývodu kartáče do vlastního tělesa kartáče. Vývody kartáčů je možné provádět s různou geometrií a případně i s odstupňovaným průměrem tak, aby bylo dosaženo optimálního proudového rozložení. Je možné využít různé geometrie nano materiálů a tím ovlivňovat základní parametry kartáče. Nano materiál umožní vytváření kapilárního vztaku v oblasti kontaktní zóny a tím i pohlcovat reziduální H_2O . Kartáče bude možné připravovat ke každému stroji zcela individuálně a s optimálními parametry. S využitím nanomateriálů je možno eliminovat vedení proudu držákem kartáče.

Při aplikaci na jednotlivé dílčí nanotrubice lze vytvořit i uhlíkové polovodiče a nastavit jeho parametry. Tím mohou nanotrubice nahradit komponenty elektronických zařízení, mohou bezproblémově a bezprostředně eliminovat i EMC.

U těchto kartáčů lze ovlivňovat součinitel tření, charakteristiky materiálu a charakter vedení proudu v mezikontaktním prostoru.

Uhlíková nanotrubice představuje zvláštní formu uhlíku, objevenou v roce 1991. Trubice mají průměr od 1 do 100 nm a délka může převýšit až 100 μm . Mohou být jednovrstvé, nebo případně složeny z několika vrstev. Zvládají teplotu do 2000 °K a jsou chemicky stabilní, mají dobrou tepelnou vodivost, vysokou pevnost a dobré mechanické vlastnosti.

Nanotrubice o rozměru menším než 10 nm jsou zařazeny mezi takové rozměry, kde kvantové vlastnosti převládají nad molekulárními. To vede k vytváření jejich unikátních elektrických a magnetických vlastností. Například měrný odpor se pohybuje 8 $\mu\Omega m$.

V závislosti na struktuře nanotrubice se může projevit vlastnosti polovodiče a případně i kovů. Je-li průřez nanotrubice 1 μm , pak příčný průřez dosahuje $1,43 \cdot 10^{-18} m^2$. Při jejím zatížení 100 nN bude dosaženo napětí 70 GPa a deformace bude činit 6,6 %. Jungův modul dosahuje $E = 1060$ GPa. Jednoslojové trubice se ohýbají a vícenoslojové zůstávají rovné.

U kartáčů ve tvaru pyramidy a/nebo u těch, které jsou umístěny v krytu v podobě pyramidy, dochází k pomalejšímu opotřebení.

Předností uvedeného řešení je především univerzálnost provedení kartáčů, jejich cena, ekonomie provozu, ekologické řešení, životnost a minimální nároky na údržbu. Kartáče jsou výhodné zejména pro malé a mikrostroje, kdy stávající výrobní technologie jsou aplikovány s velkou pracností a zmetkovitostí.

Objasnění výkresů

Vynález bude podrobněji popsáno na konkrétních příkladech provedení s pomocí přiložených výkresů. Na obr. 1 je znázorněn příklad pružné nanostruktury. Na obr. 2a až 2c jsou znázorněny modely struktur jednovrstvých nanotubic. Na obr. 3a až 3e je znázorněna skladba jednotlivých vláken z nanotubic. Na obr. 4a a 4b jsou znázorněny uhlíkové cibulovité struktury s pěti vrstvami z koncentrických fullerénů podél osy symetrie. Na obr. 5a až 5c jsou znázorněny možné struktury pro výrobu kartáčů ve tvaru složené struktury, hranolu a svitku.

Příklady uskutečnění vynálezu

Provedení kartáče z nanomateriálu může být realizováno jak kartáč z nanotubic, nebo jako kartáč z nanolátky. V prvním případě závisí jeho konstrukční provedení na kubatuře stroje, jeho pro-

vedení, provozních otáčkách, okolním prostředí, velikosti proudu, úrovni vibrací, apod. Nanolátka může být tvořena z elektricky nevodivého materiálu, nebo z elektricky vodivého materiálu, například uhlíku. V tomto případě se nanolátka svine, případně slisuje, do požadovaného tvaru, vytvaruje se geometrie kartáče, naimpregnuje se elektricky vodivou látkou a případně se připojí dracounky. Pro některé aplikace lze zvolit sendvičovou strukturu. V takovém případě se geometrie kartáče vytvoří postupným skládáním jednotlivých vrstev na sebe, slisováním, naimpregnováním a případně připojením vývodů kartáče.

Kartáč nemusí být opatřen dracounky a přívod proudu je realizován držákem kartáče, který může být alespoň z části z teflonu.

Průmyslová využitelnost

Kartáč elektrického stroje opatřený elektrovodným lankem, podle tohoto technického řešení nalezne uplatnění zejména u elektromotorů, zařízení k přenosu proudu ze stacionární na rotační části, uzemnění konstrukčních částí a podobně.

PATENTOVÉ NÁROKY

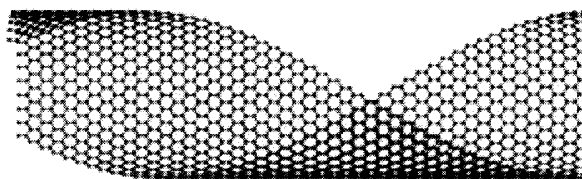
1. Kartáč elektrického stroje opatřený elektrovodným lankem, obsahující alespoň jednu vrstvu z uhlíkových nanomateriálů, **vyznačující se tím**, že alespoň jeho část je zhotovena ze svazku uhlíkových nanotubic, které mají průměr od 1 do 100 nm, přičemž uhlíkové nanotubice jsou spleteny do svazku v podobě síťky, která je svinuta a zformována do tvaru kartáče a lanko je zasunuto do svazku nanotubic.

2. Kartáč podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je opatřen alespoň jedním průchozím otvorem.

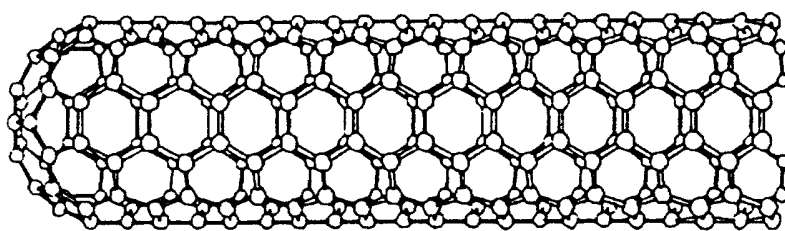
3. Kartáč podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že vrstva z uhlíkových nanomateriálů je na svém povrchu opatřena teflonem, kovem, a/nebo uhlíkem.

4. Kartáč podle kteréhokoli z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že má tvar pyramidy a/nebo je umístěn v krytu v podobě pyramidy.

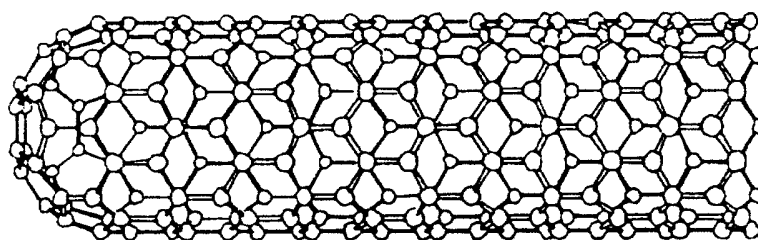
3 výkresy



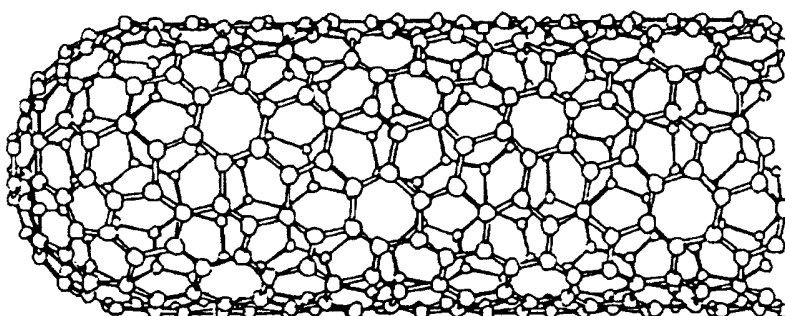
Obr.1.



(a)

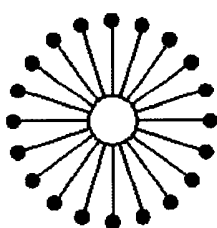


(b)



(c)

Obr.2:



a



b



c

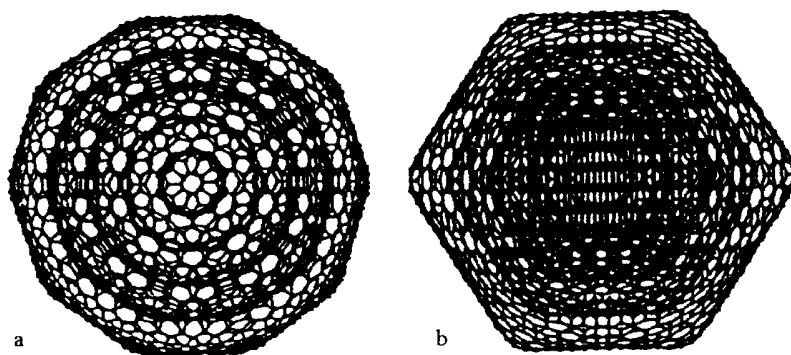


d

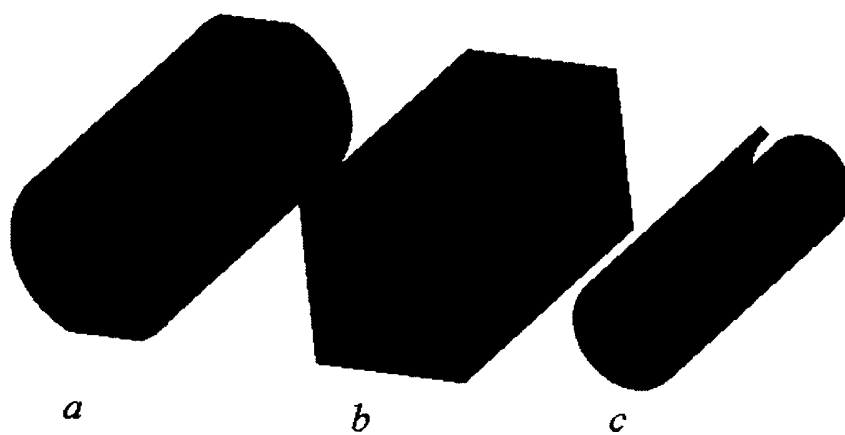


e

Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

Konec dokumentu
