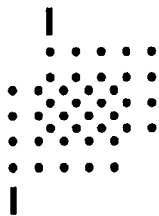


(19)



Lietuvos
Respublikos
valstybinis
patentų biuras

(10) **LT 2020 533 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2020 533**

(51) Int. Cl. (2021.01): **B23K 26/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2020-07-04**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-05-25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(71) Pareiškėjas:

**Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**

(72) Išradėjas:

**Sergejus BORODINAS, LT
Genrik MORDAS, LT
Ada STEPONAVIČIŪTĖ, LT
Romuald PETKEVIČ, LT
Karolis STRAVINSKAS, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, UAB TARPINĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-04328 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Lazerinio metalo nusodinimo galvutė

(57) Referatas:

Šis išradimas susijęs su lazeriniu 3D spausdinimu, lazeriniu metalo dangų ir (arba) mikrostruktūrizuotu paviršiu formavimu, naudojant metalo miltelius. Galvutė, apima korpusą, kuriame patalpinti metalo dalelių tiekimo ir nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė, dujų tiekimo ir nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė, vamzdelis, išdėstytas išilgai galvutės centrinės ašies, lazerio spinduliui perduoti, kad išlydytų metalo daleles, kurios patenka ant dengiamo paviršiaus. Siekiant padidinti metalo dalelių srauto pozicionavimo preciziškumą, minėtas vamzdelis yra de Laval vamzdelis, kuriuo yra tiekiamos dujos, bei nukreipiamos į galvutės išėjimo angą. De Laval vamzdelio susiaurėjime, yra padarytos metalo dalelių įsiurbimo angos į de Laval vamzdelį iš galvutės korpuso vidinės ertmės, kurios centruojamos pagal išilginę de Laval vamzdelio ašį ir nukreipiamos į galvutės išėjimo angą. Galvutės korpuso vidinė sienelė yra parabolės pavidalo, o de Laval vamzdelio ir galvutės korpuso siauriausios vietos išdėstytos koncentriškai viena priešais kitą. De Laval vamzdelio išplatėjimo zonoje numatytas pjezo akuatorius ultragarsiniams virpesiams sukurti.

Lazerinio metalo nusodinimo galvutė

Technikos sritis

Šis išradimas susijęs su lazeriniu 3D spausdinimu, lazeriniu metalo dangų ir (arba) mikrostruktūrizuotu paviršiu formavimu, naudojant metalo miltelius.

Technikos lygis

Lazerinio metalo nusodinimo galvutė leidžia suformuoti kryptingą kietų arba skystų dalelių srautą. Technškai ją sudaro vientisas išpurškimo mazgas, kuris atlieka spausdinimo medžiagos dozavimo, transportavimo ir pozicionavimo funkcijas. Jis gali būti naudojamas dažų skaidikliuose, spray sistemose, miltelių dozatoriuose ir t.t. Tai yra Venturi tipo įrenginiai (US5971297A, US7273339B2). Tačiau lazerinis metalo padengimas ir 3D spausdinimas reikalauja aukštos raiškos (erdvinės skyros), o tai reiškia ir precizinio dalelių srauto pozicionavimo. Tam yra taikomos specialios spausdinimo galvutės. Jose dažniausiai dalelės paduodamos į lazerio pagalba kaitinamą dėmę, kurioje susiformuoja lydalas, kuris vėliau sukieta, kuomet lazerio pluoštas keliauja tolyn (Xiaoyi Guan et al., 2020). Viena iš pagrindinių neigiamų savybių yra žema susidarančio lydalo ir formuojamo takelio raiška, kuri nulemia didelį paviršiaus šiurkštumą. Tai galima sumažinti, naudojant mažesnę lydalo vonelę ir plonesnį sluoksnio storį, bet tai neigiamai atsiliepia proceso spartai. Dar vienas neigiamas aspektas yra sąlyginai žemas miltelių panaudojimo efektyvumas, kuris tam tikrais atvejais gali nesiekti 8% (Syed et al., 2005). Šiais laikais yra pristatyti keli metalo dalelių pozicionavimo galvutės konceptai, skirti dalelių nusodinimo efektyvumui padidinti, dalelių išsibarstymui sumažinti ir t. t. (Kovalev et al., 2017). Dažniausiai tai yra koaksialinio srauto galvutės (US7259353B2, US20050056628A1, US5486676A). Jose lazerio spinduliuotė praeina per galvutės centrinę ašį, o dalelės tiekiamos iš šonų. Pagrindiniai patentuojami skirtumai yra tai, kaip dalelės yra paduodamos – ar tam naudojami atskiri purškikliai (US6534745B1), ar tai koaksialinis įpurškimas, ar yra papildomi dujų srautai, kurie geriau sufokusuoja dalelių srautą ir lazerinę spinduliuotę.

US patente Nr.7626136B2, paskelbtame 2005.08.18, aprašyta lazerinio metalo plakiravimo galvutė, koaksialiai pritvirtinta prie lazerio. Metalų milteliai per išėjimo angą,

esančią galvutės apačioje, išlekia iš galvutės ir yra paveikiami lazerio spindulio. Milteliai yra tiekami tolygiai viso proceso metu net ir tuo atveju, kai galvutės ašis yra pakreipta ne vertikaliai.

Žinomo analogo trūkumas yra tai, kad šio tipo galvutė yra didelių matmenų ir didelės masės. Dėl šios priežasties ji ir yra sunkiau pozicionuojama ir valdoma, netinkama naudoti sunkiai prieinamose objektų vietose, ją naudojant negalima pasiekti aukštos erdvinės metalų nusodinimo skiriamosios gebos.

US patente Nr.259353B2, paskelbtame 2007.08.21, aprašyta plakiravimo galvutė, naudojanti metalo miltelius – tai yra kompaktiška koaksiali galvutė, kuri gali būti naudojama suvirinimo procesuose tuo atveju, kai suvirinamojo objekto geometrija turi sunkiai prieinamus suvirinamuosius paviršius ir yra reikalinga mažo dydžio galvutė. Galvutės korpusas yra kūgio formos, kuris baigiasi gana siauru galu. Galvutėje yra vamzdelis, išdėstytas išilgai galvutės centrinės ašies, skirtas lazerio spinduliutei perduoti į išleidimo angą tam, kad būtų išlydomos metalo dalelės. Metalo milteliai patenka į galvutę per keletą angų, kurios perduoda miltelius į miltelių maišymo kamerą, kurioje milteliai sumaišomi ir išleidžiami bendraašiai aplink lazerio spinduliuotę į išleidimo angą. Galvutėje inertinės dujos nukreipiamos iš viršutinės įleidimo angos į žiedinius išleidimus, kur žiedinis dujų išleidimas taip pat yra išdėstytas bendraašiai-koaksialiai aplink centrinį lazerį. Tokiu būdu išėjimo angoje tiekami metalo milteliai, dujos ir lazerio spinduliuotė tarpusavyje susisieja ir jų srautas nukreipiamas ant metalo dalelėmis dengiamo paviršiaus.

Nors ši galvutė yra kompaktiška, ji neužtikrina aukštos rezoliucijos, nes negalima pasiekti precizinio dalelių srauto pozicionavimo, kadangi milteliai patenka į galvutę per keletą angų, kuriose yra sumaišomi, taip formuojant miltelių srautą. Tik tada dalelių srautas yra išleidžiamas aplink lazerio ašį. Miltelių tiekimo trajektorijos kampas nesutampa su optine galvutės ašimi. Angos turi nepriklausomus įėjimus milteliams, o galvutės gale du ar keli srautai susimaišo, kas sumažina bendro srauto stabilumą. Tokia galvutė yra taikoma suvirinimui, kuris nereikalauja labai tikslaus dalelių srauto

pozicionavimo. Taip pat galvutė, dėl mažo savo dydžio, gali lengviau užsikimšti į ją patekus didelio dydžio miltelių dalelėms.

Sprendžiama techninė problema

Išradimu siekiama:

- padidinti metalo dalelių srauto pozicionavimo preciziškumą,
- padidinti iš metalo dalelių susidarančio lydalo ir formuojamo takelio raišką ir erdvinę skiriamąją gebą,
- užtikrinti nuolatinį precizinį miltelių dozavimą bei dalinį miltelių dydžio separavimą,
- sumažinti metalo dalelių išsibarstymą bei jų įstrigimą ant galvutės vidinių sienelių bei įsiurbimo angose.

Išradimo esmės atskleidimas

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, kad lazerinio metalo nusodinimo galvutėje, apimančioje korpusą, kuriame patalpinti metalo dalelių tiekimo į korpuso ertmę priemonė ir dalelių nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė, dujų tiekimo į korpuso ertmę priemonė bei dujų nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė, vamzdelis, išdėstytas išilgai galvutės centrinės ašies, kuris gali būti panaudotas perduoti lazerio spinduliutei tam, kad išlydytų metalo daleles, kurios tuo pačiu metu patenka ant jomis dengiamo paviršiaus; kur ant metalo dalelėmis dengiamo paviršiaus metalo milteliai, dujos ir lazerio spinduliuotė tarpusavyje susisieję patenka vienu metu, minėtas vamzdelis yra de Laval vamzdelis, kuriuo yra tiekiamos dujos, bei nukreipiamos į galvutės išėjimo angą, kuri sutampa su de Laval vamzdelio išėjimo anga, de Laval vamzdelio susiaurėjime, kur sukuriamas didžiausias dujų srauto greitis bei susidaro dalinis vakuumas, yra padarytos metalo dalelių įsiurbimo angos į de Laval vamzdelį iš galvutės korpuso vidinės ertmės, kur metalo dalelės vamzdelyje veikiamos pagreitinto dujų srauto yra centruojamos pagal išilginę de Laval vamzdelio ašį ir nukreipiamos į galvutės išėjimo angą, galvutės korpuso vidinė sienelė yra parabolės pavidalo, o metalo dalelių įėjimo ir nepanaudotų dalelių išėjimo angos galvutės korpuse išdėstytos taip, kad

palaikytų galvutės viduje sūkurinį, tornado pavidalo metalo dalelių judėjimo srautą, kur de Laval vamzdelio ir galvutės korpuso siauriausios vietos išdėstytos koncentriškai viena priešais kitą, padidinant dalelių koncentraciją arti įsiurbimo angų; de Laval vamzdelio išplatėjimo zonoje numatytas pjezo akuatorius ultragarsiniams virpesiams sukurti bei įsiurbimo angoms ir vamzdelio ertmei nuo dalelių užsikimšimo apsaugoti ir trinties koeficientui de Laval vamzdelio išplėtimo zonoje sumažinti.

Pagal kitą šio išradimo prioritetinį išpildymą lazerio spinduliuotė į lokalių metalo dalelėmis dengiamą paviršių perduodama atskirai, ne per minėtą galvutę.

Metalo dalelių įsiurbimo angos yra pailgo ir lenkto pavidalo pasvirę plyšiai, išdėstyti vienodais atstumais vienas nuo kito aplink de Laval vamzdelio siaurąją dalį, sukuriant sūkurinį srautą vamzdelio viduje.

Įsiurbimo angų dydis ir forma parinkti pritaikant juos pasirinktam dalelių kiekio dozavimui ir dydžio separavimui.

Kai lazerio spinduliuotė tiekama per galvutėje esantį de Laval vamzdelį, jo forma parinkta pritaikant ją lazerio spinduliuotei su metalo dalelių srautu sucentruoti.

Galvutės išėjimo anga turi apvalų skerspjūvį.

Dujos gali būti parinktos iš inertinių dujų, tokių kaip azotas ar argonas, arba gali būti suspaustas oras.

Išradimo naudingumas

Galvutė pagal pasiūlytą išradimą pasižymi preciziniu metalo dalelių srauto pozicionavimu, kurį galima pasiekti dėl miltelių judėjimo trajektorijos ir lazerio spinduliuotės ašies sinchronizavimo (mechaninė ir optinė ašys sutampa), kai lazerio spinduliuotė perduodama per de Laval vamzdelį.

Pasirenkant metalo dalelių įsiurbimo angų dydį ir formą, pasiekiamas norimas metalo dalelių kiekio dozavimas bei dalinis dydžių separavimas, o dėl to galima pagerinti spausdinimo kokybę, naudojant galvutę 3D spausdinimui.

Metalo dalelių centravimas su lazerio spinduliuotės pluoštu ir jų pagreitinimas tiekiamų dujų pagalba de Laval vamzdyje leidžia suformuoti siaurą metalo dalelių pluoštą bei padidinti iš metalo dalelių susidarančio lydalo ir formuojamo takelio raišką ir skiriamąją gebą.

Dalelės patiekiamos į de Laval vamzdelį už siauriausios vamzdelio vietos, kur yra dujų pagreitinimo zona, todėl vamzdelio senelės apsaugomos nuo erozijos ir taip yra padidinamas vamzdelio ilgaamžiškumas, o dalelės įgauna didžiausią greitį;

Ultragarsiniai virpesiai užtikrina nuolatinį miltelių dalelių tiekimą galvutėje, neleidami dalelėms nusėsti ant galvutės sienelių ir įstrigti įsiurbimo angose.

Pasiūlytos galvutės konfigūracija leidžia taikyti spausdinimo galvutę ne tik 3D spausdinimui, bet ir lazeriniam padengimui bei suvirinimui.

Mažas galvutės dydis pagerina spausdinimo galvutės prieinamumą, esant sudėtingai objekto geometrijai.

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kur

Fig. 1 - pavaizduotas lazerinio metalo nusodinimo galvutės išorinis vaizdas.

Fig. 2 - pavaizduotas lazerinio metalo nusodinimo galvutės išilginis pjūvis.

Fig. 3 – pavaizduotos įsiurbimo angos, padarytos de Laval vamzdelio susiaurėjime.

Išradimo realizavimo pavyzdžiai

Galvutė turi metalo dalelių įėjimo į galvutės vidinę ertmę angą 1 ir nepanaudotų metalo dalelių išėjimo iš galvutės vidinės ertmės angą 2. Galvutėje numatyta ir antroji metalo dalelių įėjimo į galvutės ertmę anga 3, kur minėtos įėjimo angos 1 ir 3, bei išėjimo anga 2 išdėstytos taip, kad palaikytų galvutės viduje sukūrinį, tornado pavidalo metalo dalelių judėjimo srautą. Galvutės viename gale yra išėjimo anga 4 ir kitame gale nešančių dujų srauto įėjimo anga 5. Taip pat numatytas pjezo akuatorius 6. Išilgai galvutės centrinės ašies išdėstytas de Laval vamzdelis 7, kurio išėjimo anga sutampa su galvutės išėjimo anga 4, o įėjimo anga sutampa su galvutės įėjimo anga 5, per kurią paduodamos inertinės dujos, tokios kaip azotas ar argonas, arba suspaustas oras. Koncentriškai de Laval vamzdelio siaurajai daliai įtaisyta priemonė tornado efektui sukurti, pavyzdžiui penkios pailgos pasvirusios metalo dalelių įsiurbimo angos 8, išdėstytos vienodais atstumais viena nuo kitos aplink de Laval vamzdelio 7 siaurąją dalį, sukuriant sukūrinį srautą vamzdelio 7 viduje. Galvutės korpuso 9 vidinė sienelė yra parabolės pavidalo, kurios siauriausia vieta išdėstyta koncentriškai de Laval vamzdelio 7 siaurajai vietai.

Į korpuso 9 vidų metalo milteliai kartu su dujomis yra tiekiami per vieną iš korpuso apačioje esančių angų (1, 3) tornado srautui sudaryti. Šios korpuso apačioje esančios angos (1, 3) taip pat naudojamos nepanaudotų miltelių pašalinimui iš korpuso. Korpuso viršuje esanti anga 2 skirta nepanaudotų dalelių pašalinimui iš sistemos tuo atveju, jei galvutė spausdinimo metu yra apverčiama. Dujos paduodamos į de Laval vamzdelio 7 įėjimo angą, kuri sutampa su galvutės įėjimo anga 5. Dujos teka per siaurą de Laval vamzdelio dalį daug greičiau nei platesnėse srityse, dėl šios priežasties ties metalo dalelių įsiurbimo angomis 8 susidaro dalinis vakuumas. Tam, kad sistema veiktų sklandžiai ir nesusiformuotų dalelių sangrūda, ties įsiurbimo ertmėmis visas vamzdelio korpusas pjezo akuatorių sistemos pagalba 6 nuolat žadinamas ultragarsinėmis vibracijomis. Metalo dalelių pozicionavimo sistema korpuso 9 ertmėje kartu su esančiu aukščiau aprašytu de Laval vamzdeliu 7 sudaro metalo dalelių ir inertinių dujų srauto kolektorių. Dujų srautas patenka per angą 5, o metalo dalelės įsiurbiamos per įsiurbimo angas 8 dideliu greičiu į de Laval vamzdelį, kuriame dalelės yra centruojamos su jame sklindančia lazerio spinduliuote ir nukreipiamos į galvutės išėjimo angą. Šios dalelių pozicionavimo sistemos svarbiausi techniniai sprendimai yra specialiai sukuriamas

sūkurinis, tornado srautas kuris tinkamu kampu veiki dalelių įsiurbimo ertmes, užtikrina metalo dalelių transportavimo našumą bei precizinį dalelių sucentravimą į de Laval sistemos ašį. Pjezoelektrinių komponentų sistemos–pagalba sistemoje sukurama de Laval vamzdelio rezonansinio dažnio valdoma trintis tarp vamzdelio paviršiaus ir jį paveikiančių metalo dalelių. Taip pat pati de Laval vamzdelio geometrija sistemoje atlieka kertinį vaidmenį – pagreitina dujų srautą. Šio atakuojančio dujų srauto energijos veikiamą dalelę, patekusi į de Laval vamzdelio centrą, nubloškia tiesia trajektorija. Tuo tarpu optimalus greitis padeda užtikrinti dalelės ir formuojamo paviršiaus konvergenciją.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Lazerinio metalo nusodinimo galvutė, apimanti korpusą, kuriame patalpinti

-metalo dalelių tiekimo į korpuso ertmę priemonė ir dalelių nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė,

- dujų tiekimo į korpuso ertmę priemonė bei dujų nukreipimo į galvutės išėjimo angą priemonė,

- vamzdelis, išdėstytas išilgai galvutės centrinės ašies, kuris gali būti panaudotas perduoti lazerio spinduliuotei tam, kad išlydytų metalo daleles, kurios tuo pačiu metu patenka ant jomis dengiamo paviršiaus;

kur ant metalo dalelėmis dengiamo paviršiaus metalo milteliai, dujos ir lazerio spinduliuotė tarpusavyje susisieję patenka vienu metu,

b e s i s k i r i a n t i tuo, kad

- minėtas vamzdelis yra de Laval vamzdelis, kuriuo yra tiekiamos dujos, bei nukreipiamos į galvutės išėjimo angą, kuri sutampa su de Laval vamzdelio išėjimo anga,

- de Laval vamzdelio susiaurėjime, kur sukuriamas didžiausias dujų srauto greitis bei susidaro dalinis vakuumas, yra padarytos metalo dalelių įsiurbimo angos į de Laval vamzdelį iš galvutės korpuso vidinės ertmės, kur metalo dalelės vamzdelyje veikiamos pagreitinato dujų srauto centruojamos pagal išilginę de Laval vamzdelio ašį ir nukreipiamos į galvutės išėjimo angą,

- galvutės korpuso vidinė sienelė yra parabolės pavidalo, o metalo dalelių įėjimo ir nepanaudotų dalelių išėjimo angos galvutės korpuse išdėstytos taip, kad palaikytų galvutės viduje sukurtą, tornado pavidalo metalo dalelių judėjimo srautą, kur de Laval vamzdelio ir galvutės korpuso siauriausios vietos išdėstytos koncentriškai viena priešais kitą, padidinant dalelių koncentraciją arti įsiurbimo angų;

- de Laval vamzdelio išplėtimo zonoje numatytas pjezo akuatorius ultragarsiniams virpesiams sukurti bei įsiurbimo angoms ir vamzdelio ertmei nuo dalelių užsikimšimo apsaugoti ir trinties koeficientui de Laval vamzdelio išplėtimo zonoje sumažinti.

2. Galvutė pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad lazerio spinduliuotė į lokalią metalo dalelėmis dengiamą paviršių perduodama atskirai, ne per minėtą galvutę.
3. Galvutė pagal 1 arba 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad metalo dalelių įsiurbimo angos yra pailgo ir lenkto pavidalo pasvirę plyšiai, išdėstyti vienodais atstumais vienas nuo kito aplink de Laval vamzdelio siaurąją dalį, sukuriant sūkurinį srautą vamzdelio viduje.
4. Galvutė pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad įsiurbimo angų dydis ir forma parinkti pritaikant juos pasirinktam dalelių kiekio dozavimui ir dydžio separavimui.
5. Galvutė pagal 1, 3 arba 4 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad tuo atveju, kai lazerio spinduliuotė tiekama per galvutėje esantį de Laval vamzdelį, jo forma parinkta, pritaikant ją lazerio spinduliuotei su metalo dalelių srautu sucentruoti.
6. Galvutė pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad galvutės išėjimo anga turi apvalų skerspjūvį.
7. Galvutė pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad dujos gali būti parinktos iš inertinių dujų, tokių kaip azoto ar argono, arba gali būti suspaustas oras.

11

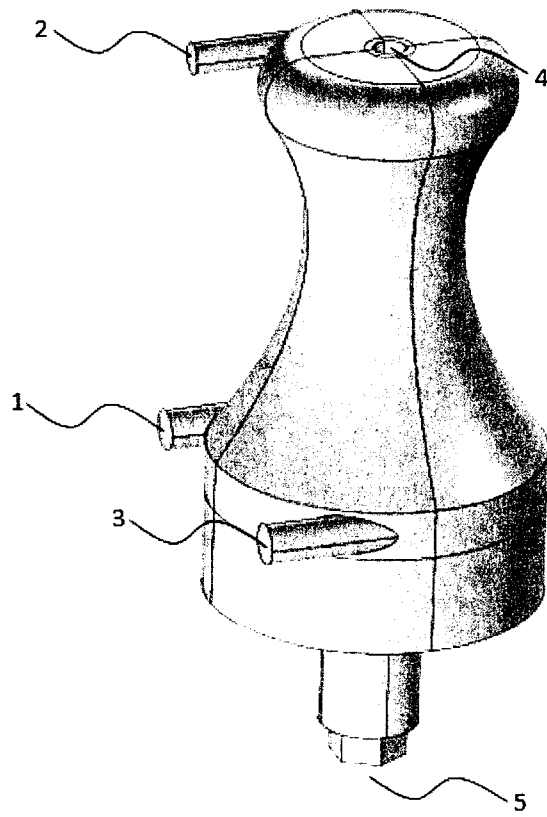


Fig. 1

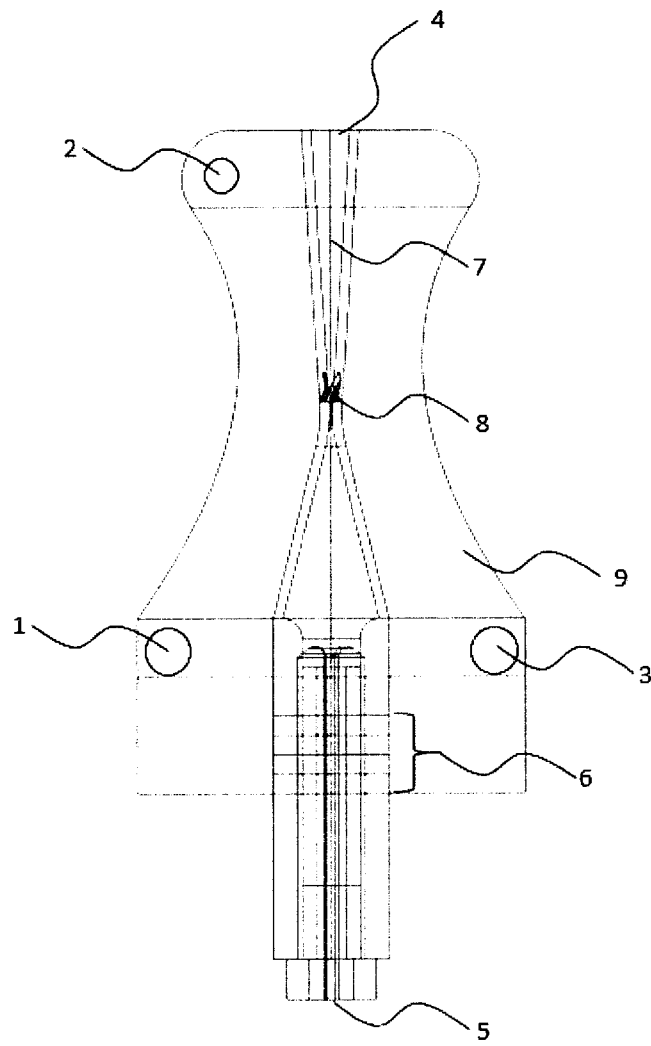


Fig. 2



Fig. 3