

(19)



(10) **LT 2017 002 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2017 002**

(51) Int. Cl. (2017.01): **A01J 21/00**
B65B 25/00

(22) Paraiškos padavimo data: **2017-01-09**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2017-07-10**

(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:

Rimas KARPAVIČIUS, Alyvų g. 17-1, 69393 Jūrė, Marijampolės r., LT
Renata JACKUVIENĖ, Patilžės g. 17-2, 92376 Mazūriškių k., Klaipėdos r., LT

(72) Išradėjas:

Rimas KARPAVIČIUS, LT
Renata JACKUVIENĖ, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Vytautas GUOBYŠ, Ateities g. 3-9, LT-08306 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Pastos pavidalo maisto produktų pakavimo įrenginio sukamo formavimo stalo erdvinio kumštelio gamybos būdas

(57) Referatas:

Išradimas susijęs su sviesto ir kitų pastos pavidalo produktų pakavimo įrenginiais, turinčiais formavimo stalą, kurį suka erdvinis kumštelis. Išradimo įgyvendinamo būdas apima šiuos etapus: taikant atvirkštinės inžinerijos metodą, nukopijuoja etaloninio pakavimo įrenginio judesio trajektorijos dalį su tiksliais etaloninio kumštelio koordinatėmis naudojant etaloninio įrenginio dokumentaciją; atsižvelgia į formavimo stalo tarpusavio elementų – sekiklio ir erdvinio kumštelio vyraujančią judėjimo trajektoriją, išreiškiamą projekciniu geometrijos korekcijos koeficientu, kurį pagal kosinusų teoremą apskaičiuoja erdvinio kumštelio pasisukimo kampo intervaluose 0° – 90° ir 630° – 720° ; parengia etaloninio erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivę; nustato viso diapazono judesio kreivę aprašantį judesio dėsnį, kuris atitinka 5-tosios eilės Furjė eilutę; apskaičiuoja erdvinio kumštelio geometriją, naudojant techniniams skaičiavimams skirtą daugiaplatformę programinę įrangą; gamina kopiją ir išfrezuoja erdvinį kumštelį frezavimo kopijavimo staklėmis arba kumštelį gamina skaitmeninio valdymo staklėmis pagal prieš tai sukurtą jo erdvinį kūną specialiu programiniu paketu.

Pastos pavidalo maisto produktų pakavimo įrenginio sukamo formavimo stalo erdvinio kumštelio gamybos būdas

Išradimas susijęs su sviesto, margarino ir kitų pastos pavidalo maisto produktų dozavimo ir pakavimo įrenginiais, turinčiais sukamą formavimo stalą, kuriam sukimo judesį suteikia specialios geometrijos erdvinis kumštelis.

Žinomi sviesto, margarino ir kitų panašių plastinių medžiagų pakavimo įrenginiai, aprašyti, pavyzdžiui, patentuose US 3304690 ir US 3418784, kurie turi sukamą formavimo stalą, ant kurio tolygiai išdėstyti 8 lizdai, į kuriuos įstatyti stūmikliai. Formavimo stalas sukamas nuo centrinės pavaros per sudėtingas kinematinės grandines.

Taip pat žinomi automatinės pastos pavidalo maisto produktų pakavimo įrenginiai, kurie, pavyzdžiui, skirti pakuoti į briketus sviestą, margariną, mėsą, varškę, valgomuosius riebalus, šviežią sūrį ar saldžios varškės masę ir kitus pastos pavidalo produktus į aliuminio foliją, laminatą arba pergamentinį popierių. Tokie pakavimo įrenginiai jau daug metų gaminami Lietuvoje, Vokietijoje, NVS šalyse.

Šiuo metu AB „Fasa“, Lietuva, gamina „Dozavimo ir įvyniojimo įrenginį ARM“ (žr. FASA butter/margarine filling and wrapping machine ARM with more different portion sizes.mpg, <https://www.youtube.com/watch?v=WU-o Sef4yA>, paskelbta 2013-01-07, ir Automatic Packaging Machine ARM, Instruction manual, 2008), toliau išradimo aprašyme - pakavimo įrenginys ARM. Šio įrenginio pagrindinės sudedamosios dalys: korpusas su pagrindinėmis pavaromis, briketų formuotuvais, sukamas formavimo stalas, dozavimo dėžutė, briketų sandarinimo įtaisas, konvejeris, elektrinis valdymo pultas ir kt. Pakavimo įrenginys ARM gali atlikti šias funkcijas: produkto pakrovimą, išpilstymą, maisto pakavimo medžiagos ir datos ženklimą, etiketės užklįjavimą ir kt. Įrenginio konstrukcija užtikrina, kad visos pakavimo operacijos vyktų nuosekliai ratu. Pagrindine jungiančiąja grandimi tarp svarbiausių įrenginio mazgų yra pasukamas formavimo stalas, kuris atlieka technologines operacijas, susijusias su produkto formavimu ir pakavimu. Formavimo stalui reikalingą sukamąjį judesį suteikia erdvinis kumštelis, sąveikaudamas su sekikliu.

Erdvinis kumštelis pakavimo įrenginyje ARM užima labai svarbią vietą. Nuo kumštelio geometrijos tikslumo priklauso visų su pakavimo operacijomis susijusių funkcijų atlikimo tikslumas ir įrenginio ilgaamžiškumas. Erdvinio kumštelio gamybos technologija apima kumštelio išklotinės sudarymą, kopijuojant jau dirbusį pakavimo įrenginyje erdvinį kumštelį, kopyro gamybą pagal gautą kumštelio išklotinę, kumštelio frezavimą kopijavimo

staklėmis ir šaltkavišką išbaigimą įrenginio surinkimo metu, kuomet, įmontavus erdvinį kumštelį į įrenginio korpusą, atliekamas kruopštas rankinis suvedimas, kad sekiklis su erdviniu kumšteliu dirbtų be vibracijų.

Tačiau pakavimo įrenginyje ARM naudojamo erdvinio kumštelio gamybos technologija yra sudėtinga ir neleidžia pasiekti optimalios kumštelio geometrijos, kuri palengvintų su pakavimo operacijomis susijusių funkcijų atlikimą. Eksperimentiniai tyrimai parodė, kad apskaičiuotoji kopyro geometrija neatitinka tikslų erdvinio kumštelio judesio dėsnio koordinatų ir realių jo funkcionavimo pakavimo įrenginyje sąlygų, todėl pagamintam kumšteliai buvo reikalingas papildomas šaltkalviškas išbaigimas. Remiantis įmonėje gaminamų ARM tipo pakavimo įrenginių sudedančiųjų dalių technologinėse kortelėse esančios informacijos analize, šiai šaltkalviškai operacijai atlikti buvo skiriamas papildomas 4 val. laikas. Be to, ir po rankinio išbaigimo operacijos, erdvinis kumštelis ne visada leisdavo pakavimo įrenginiui dirbti nustatytu greičiu. Erdvinio kumštelio geometrijos trūkumai trumpino ir atskirų įrenginio mazgų ilgaamžiškumą. Dėl to buvo reikalingas dažnesnis įrenginio techninis aptarnavimas.

Išradimo uždavinys – patobulinti pastos pavidalo maisto produktų pakavimo įrenginio sukamo formavimo stalo erdvinio kumštelio gamybos būdą, kuris sutrumpintų kumštelio gamybos trukmę ir padidintų jo geometrijos tikslumą, kuris leistų pagerinti pakavimo įrenginio funkcionavimą ir ilgaamžiškumą, supaprastintų jo techninį aptarnavimą.

Pagal išradimą šis uždavinys įgyvendinamas būdu, kuris apima šiuos etapus:

taikant atvirkštinės inžinerijos metodą, nukopijuoja etaloninio pakavimo įrenginio judesio trajektorijos dalį su tiksliais etaloninio erdvinio kumštelio koordinatėmis, kur judesio trajektorijos dalis kopijuoja naudojant etaloninio įrenginio dokumentaciją, apimančią erdvinio kumštelio brėžinį ir lentelės, kuriose pateikiama etaloninio kumštelio ašinės linijos radiuso priklausomybė nuo kumštelio pasisukimo kampo;

atsižvelgia į formavimo stalo tarpusavio elementų – sekiklio ir erdvinio kumštelio vyraujančią judėjimo trajektoriją, išreiškiamą projekciniu geometrijos korekcijos koeficientu, kintančiu priklausomai nuo erdvinio kumštelio pasisukimo kampo, kurį pagal kosinusų teoremą apskaičiuoja erdvinio kumštelio pasisukimo kampo intervaluose $0^\circ - 90^\circ$ ir $630^\circ - 720^\circ$;

parengia etaloninio erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivę;

nustato etaloninio erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivę aprašanti judesio dėsnį, kuris, remiantis eksperimentiniais tyrimais, atitinka toliau išradimo aprašyme pateikiamą 5-tosios eilės Furjė eilutę;

taikant 5-tosios eilės Furjė eilutę, apskaičiuoja erdvinio kumštelio geometriją naudojant techniniams skaičiavimams skirtą daugiaplatformę programinę įrangą;

turint erdvinio kumštelio geometriją, gamina kopyrą ir išfrezuoja erdvinį kumštelį frezavimo kopijavimo staklėmis, arba

erdvinį kumštelį gamina skaitmeninio valdymo (NC) staklėmis, prieš tai sukūrus jo erdvinį kūną parametrizuoto erdvinio projektavimo programiniu paketu.

Detaliau išradimas aprašyme paaiškinamas remiantis brėžiniais, kur:

Fig. 1 parodytas pakavimo įrenginio ARM formavimo stalo įrenginys su erdviu kumšteliu.

Fig. 2 parodytas formavimo stalas, vaizdas iš viršaus.

Fig. 3 - mechaniškai apdirbtas pakavimo įrenginio ARM etaloninis erdvinis kumštelis.

Fig. 4 – erdvinio kumštelio, atkurto atvirkštinės inžinerijos metodu, viso diapazono judesio kreivė.

Fig. 5 - erdvinio kumštelio, apskaičiuoto naudojant 5-tosios eilės Furjė funkcijos eilutę, viso diapazono judesio kreivė.

Fig. 6 - erdvinis kumštelis, pagamintas skaitmeninio valdymo (NC) staklėmis.

Fig. 7 –. erdvinio kumštelio modelis, suprojektuotas parametrizuoto erdvinio projektavimo programiniu paketu.

Pakavimo įrenginio veikimo ciklas paprastai pradedamas įpakavimo medžiagos formavimu, kurį atlieka produkto fasavimo medžiagos formavimo mechanizmas (brėžiniuose neparodyta). Po to dėžutės formavimo mechanizmas suformuoja dėžutę (brėžiniuose neparodyta) ir paduoda ją į besisukančio formavimo stalo 1 (fig. 1, fig. 2), kuris skirtas technologinių operacijų, atliekamų fasuojant ir pakuojant produktą bei nuimant pagamintus briketus, vykdymui. Formavimo stalas 1 turi aštuonis lizdus 2, į kuriuos įstatyti stūmikliai 3 su kėlikliais 4, kurie remiasi į reguliuojamus kumštelius 5 ir 6. Formavimo stalo 1 sukimąsi valdo erdvinis kumštelis 7 (fig. 1, fig. 2), kuris, prasukdamas sekiklį 8, kartu suka karuselę 9, kuri sukimosi judesį perduoda toliau - korpuso dangtyje 10 esantis rutulinis guolis leidžia lengvai suktis pagrindiniai konstrukcijos ašiai, tarpusavyje standžiai sujungtai su karusele 9. Besisukdamas formavimo stalas 1 perneša anksčiau suformuotą dėžutę prie dozavimo mazgo. Dozatorius pripildo dėžutę nustatyta produkto

porcija. Toliau sukantis formavimo stalui 1 produkto briketas juda prie pakavimo mazgo. Užlenkus kraštus, lizdas 2 su briketu juda prie preso (toliau brėžiniuose neparodyta), kuris galutinai apspausdamas supakuoja briketą. Po to briketas juda prie nuėmimo mechanizmo ir paduodamas ant perversimo įrenginio, numetančio jį ant transporterio juostos.

Erdvinis kumštelis 7 leidžia tiksliai transformuoti pastovų sukamąjį judėjimą į slenkamąjį, o jei šis slenkamasis judėjimas atliekamas aplink konkrečią ašį gaunamas ciklinis sukamasis judesys. Siekiant tinkamai aprašyti erdvinio kumštelio 7, gauto po baigiamojo mechaninio (fig. 3) apdirbimo, tiksliai judesio dėsnio koordinates, taikomas atvirkštinės inžinerijos metodas. Tuo tikslu pasinaudojama etaloninio pakavimo įrenginio ARM arba kito analogiško įrenginio dokumentacija, etaloninio erdvinio kumštelio brėžiniu (nepridedamas) ir lentelėse pateikiama etaloninio kumštelio ašinės linijos radiuso priklausomybė nuo pasisukimo kampo α . Tokiu būdu nukopijuojama ARM įrenginio judesio trajektorijos dalis su tiksliais erdvinio kumštelio koordinatėmis.

Siekiant pritaikyti konkrečias duotam įrenginiui erdvinio kumštelio koordinates, užtikrinančias sklandų ARM kumštelio 7 judėjimą kartu su poroje dirbančiu sekikliu 8, persukančiu stalą 1, atsižvelgiama į vyraujančią tarpusavio elementų judėjimo trajektoriją, t.y. į projekcinę geometrijos korekcijos koeficientą, kintantį atitinkamai nuo erdvinio kumštelio pasisukimo kampo α , intervaluose $0^\circ - 90^\circ$ bei $630^\circ - 720^\circ$. Projekcinio geometrijos korekcijos koeficiento reikšmės paskaičiuojamos taikant matematikoje plačiai žinomą kosinusų teorema, dažniausiai naudojamą rasti bet kokio trikampio kraštines ir (arba) kampus, žinant dvi kraštines ir kampą tarp jų.

Fig. 4 parodyti atvirkštinės inžinerijos metodu atkurto erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivės variantai, kur 1 - kreivė, gauta be korekcijos koeficiento, ir 2 - kreivė su korekcijos koeficientu, kurio įtaka matoma šios kreivės galuose.

Norint sulygtinti esamas pakavimo įrenginių erdvinio kumštelio koordinates grafiškai, būtina gauti pakavimo įrenginio funkcinę priklausomybę, kuri tiksliai aprašytų minėtų taškų kitimo pobūdį, kadangi dėl skirtingo koordinatinių žingsnio dydžio skirtinguose dokumentacijos šaltiniuose, t.y. vienoje dokumentacijoje pateikiami duomenys kas 5 laipsnius, kitoje dokumentacijoje pateikiami analogiški duomenys jau kas 2 laipsnius. Tam reikia sukurti dėsnį, kuris tinkamai aprašytų (interpoliuotų) turimą informaciją nepriklausomai nuo to kaip tankiai dokumentacijoje figūruoja ši informacija.

Turint viso diapazono erdvinio kumštelio judesio kreivę – išvestas tai aprašantis erdvinio kumštelio judesio dėsnis, grindžiamas Furjė eilutėmis, kurios praktikoje

naudojamos aprašyti bet kokios formos realių šaltinių determinuotus virpesius. Tuo tikslu buvo sudarytas matematinis modelis, pagal kurį judesio dėsnio lygtys aprašomos 3-čiosios eilės, 4-tosios eilės, 5-tosios eilės Furjė eilutėmis ir n-tosios eilės Furjė eilute. Buvo naudojamos tokios judesio lygtys:

- 3-čiosios eilės Furjė eilutė

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(x \cdot w) + b_1 \sin(x \cdot w) + a_2 \cos(2 \cdot x \cdot w) + b_2 \sin(2 \cdot x \cdot w) + a_3 \cos(3 \cdot x \cdot w) + b_3 \sin(3 \cdot x \cdot w) + 0,001;$$

- 4-tosios eilės Furjė eilutė

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(x \cdot w) + b_1 \sin(x \cdot w) + a_2 \cos(2 \cdot x \cdot w) + b_2 \sin(2 \cdot x \cdot w) + a_3 \cos(3 \cdot x \cdot w) + b_3 \sin(3 \cdot x \cdot w) + a_4 \cos(4 \cdot x \cdot w) + b_4 \sin(4 \cdot x \cdot w) + 0,001;$$

- 5-tosios eilės Furjė eilutė

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(x \cdot w) + b_1 \sin(x \cdot w) + a_2 \cos(2 \cdot x \cdot w) + b_2 \sin(2 \cdot x \cdot w) + a_3 \cos(3 \cdot x \cdot w) + b_3 \sin(3 \cdot x \cdot w) + a_4 \cos(4 \cdot x \cdot w) + b_4 \sin(4 \cdot x \cdot w) + a_5 \cos(5 \cdot x \cdot w) + b_5 \sin(5 \cdot x \cdot w) + 0,001;$$

- n-tosios eilės Furjė eilutė

$$f(x) = a \cos((x \cdot \pi) / 180) + d + 0,001.$$

Čia a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_3 , b_4 – pažymintys standumines ir slopinimo savybes standumo ir slopinimo koeficientai.

Judesio dėsnio lygtys aprašomos daugiaplatforminėje programine įranga, pavyzdžiui, MATLAB. Ši programinė įranga - tai techninių skaičiavimų aplinka, skirta didelės greitaveikos skaitmeniniam apdorojimui ir vizualizacijai.

Toliau buvo atlikti 3-čiosios, 4-tosios ir 5-tosios eilės Furjė funkcijų atitikimo su turimomis erdvinio kumštelio koordinatėmis skaičiavimai.

Atlikus skaičiavimus su išvesta 3-čiosios eilės Furjė funkcijos modelio priklausomybe pagal pateiktas erdvinio kumštelio koordinatas buvo aptiktas skirtumas, viršijantis leistiną tolerancijos ribą 0,04 mm, t.y. sudarė 0,65 mm.

4-tosios eilės Furjė funkcijos atveju buvo aptiktas skirtumas, viršijantis leistiną tolerancijos ribą taip pat 0,04 mm.

Naudojant 5-tosios eilės Furjė modelio priklausomybę matematinio modelio ir interpoliuojamų taškų skirtumas tilpo tolerancijos ribose.

Skaičiavimai dėl n-tosios Furjė eilutės arba kosinuso funkcijos atitikimo su turimomis erdvinio kumštelio koordinatėmis parodė dar prastesnius rezultatus nei 3-čiosios ir 4-tosios eilės Furjė eilučių atveju, kurie toliau detaliau nenagrinėjami.

Įvertinus gautus skaičiavimus erdvinio kumštelio geometrijai apskaičiuoti, pasirinkta 5-tosios eilės Furjė eilutė. Gauti interpoliacijos koeficientai - erdvinio kumštelio ašinės linijos radiuso ilgis priklausomai nuo kumštelio pasisukimo kampo α pateikti lentelėje 1 (pateiktas jos fragmentas):

Lentelė 1. Erdvinio kumštelio ašinės linijos radiuso ilgis priklausomai nuo kumštelio pasisukimo kampo α .

$\alpha, ^\circ$	R,mm	$\alpha, ^\circ$	R,mm	$\alpha, ^\circ$	R,mm	$\alpha, ^\circ$	R,mm
0,00	0,000	185,00	183,688	365,00	183,861	545,00	367,375
5,00	0,174	190,00	183,688	370,00	184,444	550,00	367,375
10,00	0,757	195,00	183,688	375,00	185,500	555,00	367,375
70,00	55,780	255,00	183,688	435,00	248,076	615,00	367,375
75,00	64,389	260,00	183,688	440,00	257,040	620,00	367,375
80,00	73,352	265,00	183,688	445,00	266,247	625,00	367,375
85,00	82,560	270,00	183,688	450,00	275,578	630,00	367,375
90,00	91,891	275,00	183,688	455,00	284,908	635,00	367,375
95,00	101,220	280,00	183,688	460,00	294,112	640,00	367,375
100,00	110,425	285,00	183,688	465,00	303,071	645,00	367,375
105,00	119,383	290,00	183,688	470,00	311,673	650,00	367,375
160,00	180,301	345,00	183,688	525,00	365,574	705,00	367,375
165,00	181,887	350,00	183,688	530,00	366,625	710,00	367,375
170,00	182,937	355,00	183,688	535,00	367,204	715,00	367,375
175,00	183,516	360,00	183,688	540,00	367,375	720,00	367,375
180,00	183,688						

Fig. 5 pateikta erdvinio kumštelio, apskaičiuoto naudojant 5-tosios eilės Furjė funkcijos eilutę, viso diapazono judesio kreivė. Interpoliacijos koeficientai, pateikti lentelėje 1 esant erdvinio kumštelio posūkio kampui α intervale $0 - 180^\circ$, atitinka kumštelio judėjimo trajektorijos kreivąją dalį, kuri artima sinuso dėsnui; intervale $180 - 360^\circ$ - kumštelio judėjimo trajektorijos tiesiąją dalį; $360 - 540^\circ$ - trajektorijos kreivąją dalį; $540 - 650^\circ$ - trajektorijos tiesiąją dalį; $650 - 720^\circ$ - trajektorijos kreivąją dalį.

Turint matematinį dėsnį (5-tosios eilės Furjė funkcijos eilutė), kuris tiksliai aprašo pakavimo renginio ARM erdvinio kumštelio judėjimą, apskaičiuojama erdvinio kumštelio geometrija ir iš vientiso ruošinio frezavimo kopijavimo staklėmis HRF 500 gaminamas erdvinio kumštelio kopyras ir pats kumštelis.

Turint pakavimo įrenginio ARM erdvinio kumštelio su judesio dėsnio koordinatų judėjimo kopyro geometriją, erdvinis kumštelis (fig. 6) gali būti gaminamas taip pat skaitmeninio valdymo (NC) staklėmis, prieš tai sukūrus jo erdvinį kūną (Fig. 7 parametrizuoto erdvinio projektavimo, pavyzdžiui, SolidWorks programiniu paketu.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Pastos pavidalo maisto produktų pakavimo įrenginio sukamo formavimo stalo erdvinio kumštelio gamybos būdas, apimantis jau dirbusio pakavimo įrenginyje erdvinio kumštelio kopijavimą, kumštelio kopyro gamybą ir kumštelio frezavimą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad, taikant atvirkštinės inžinerijos metodą, nukopijuoja etaloninio pakavimo įrenginio judesio trajektorijos dalis su tiksliais etaloninio erdvinio kumštelio koordinatėmis, atsižvelgia į formavimo stalo tarpusavio elementų – sekiklio ir erdvinio kumštelio vyraujančią judėjimo trajektoriją, išreiškiamą projekciniu geometrijos korekcijos koeficientu, kintančiu priklausomai nuo erdvinio kumštelio pasisukimo kampo, parengia etaloninio erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivę, nustato šią kreivę aprašantį judesio dėsnį, pagal kurį apskaičiuoja erdvinio kumštelio geometriją, ir po to pagal apskaičiuotą erdvinio kumštelio geometriją gamina kopyrą ir išfrezuoja erdvinį kumštelį.

2 Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad etaloninio pakavimo įrenginio judesio trajektorijos dalis kopijuoja naudojant įrenginio dokumentaciją, apimančią etaloninio erdvinio kumštelio brėžinį ir lentelės, kuriose pateikiama etaloninio kumštelio ašinės linijos radiuso priklausomybė nuo kumštelio pasisukimo kampo.

3 Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad projekcinį geometrijos korekcijos koeficientą apskaičiuoja erdvinio kumštelio pasisukimo kampo intervaluose 0° - 90° ir 630° - 720° .

4. Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s s tuo, kad projekcinį geometrijos korekcijos koeficientą apskaičiuoja pagal kosinusų teorema.

5. Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad etaloninio erdvinio kumštelio viso diapazono judesio kreivę aprašanti judesio dėsnio lygtis yra 5-tosios eilės Furjė eilutė

$$f(x)=a_0+a_1*\cos(x*w)+b_1*\sin(x*w)+a_2*\cos(2*x*w)+b_2**\sin(2*x*w)+a_3*\cos(3*x*w)+b_3*\sin(3*x*w)+a_4*\cos(4*x*w) + b_4*\sin(4*x*w)+a_5*\cos(5*x*w)+b_5*\sin(5*x*w)+0,001,$$

kur $a_0, a_1, a_2, a_3, b_1, b_3, b_4$ – pažymintys standumines ir slopinimo savybes standumo ir slopinimo koeficientai.

6. Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad 5-tosios eilės Furjė eilutė aprašoma daugiaplatforme programine įranga.

7. Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad erdvinį kumštelį ir jo kopyrą gamina frezavimo kopijavimo staklėmis HRF 500.

8. Erdvinio kumštelio gamybos būdas pagal 1-6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad erdvinį kumštelį gamina skaitmeninio valdymo staklėmis, prieš tai sukūrus jo erdvinį kūną erdvinį kūną parametrizuoto erdvinio projektavimo programiniu paketu.

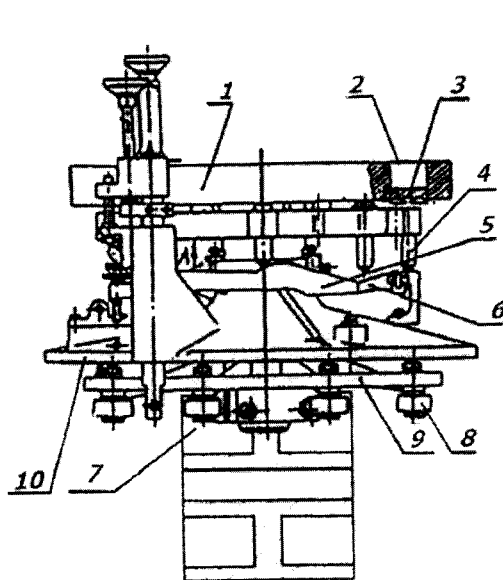


Fig. 1

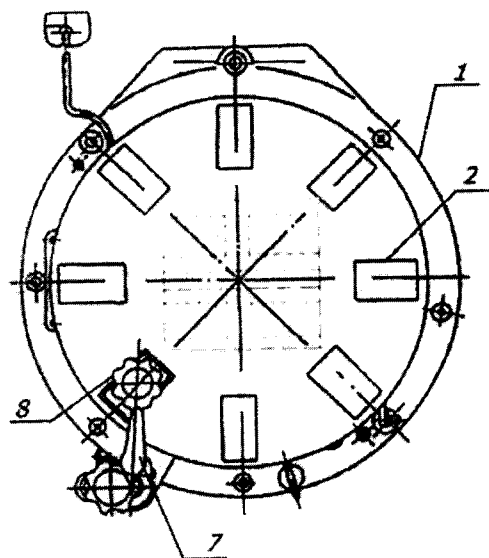


Fig. 2

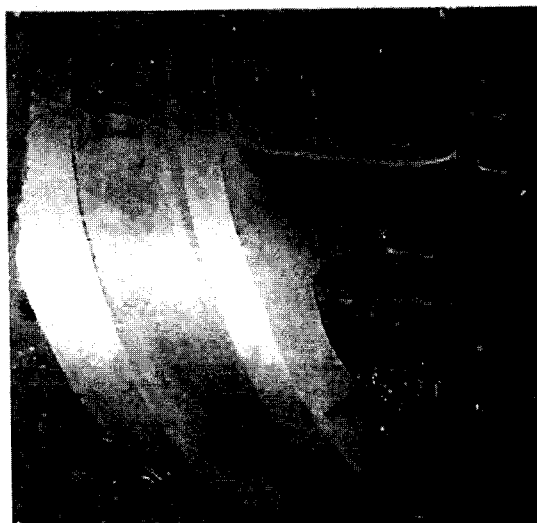


Fig. 3

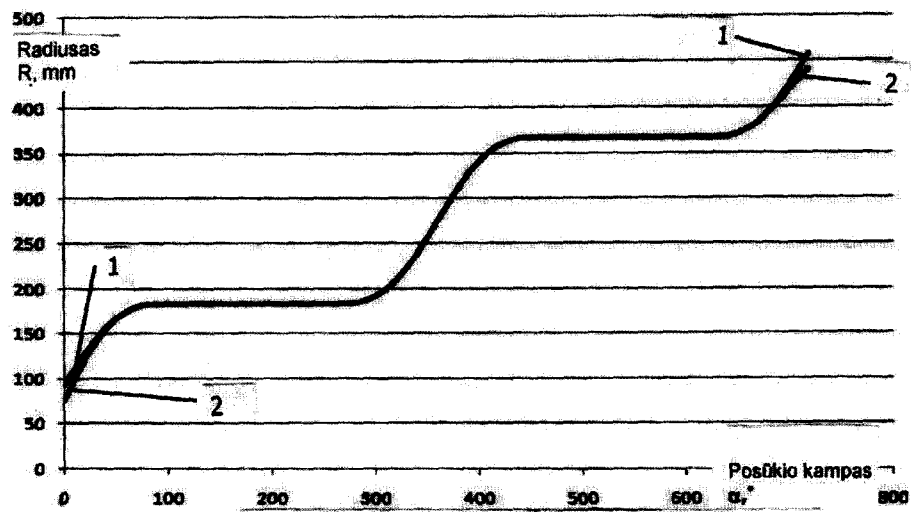


Fig. 4

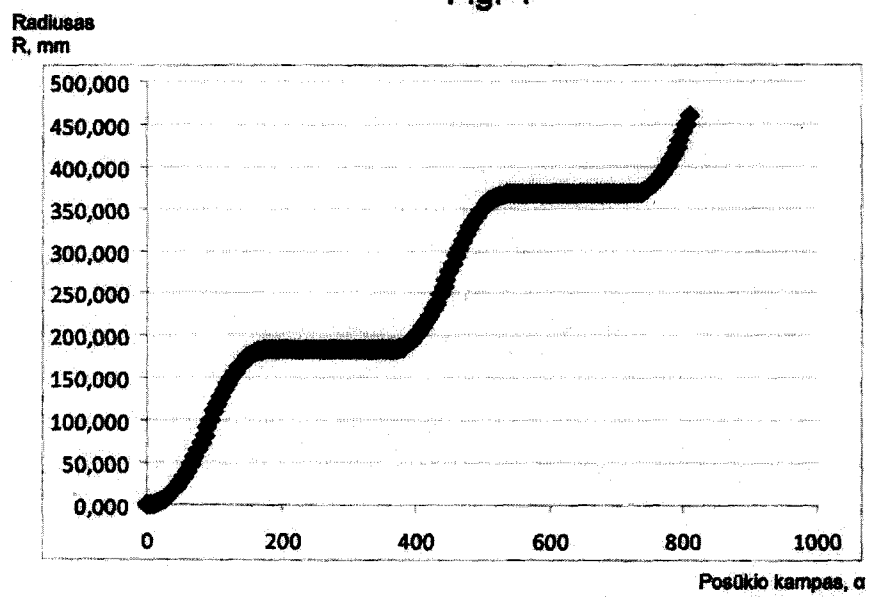


Fig. 5

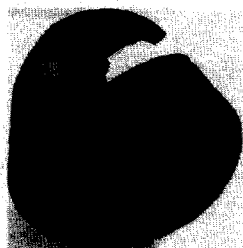


Fig. 6

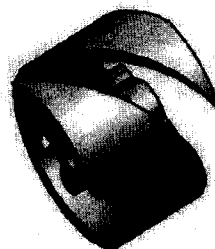


Fig. 7