

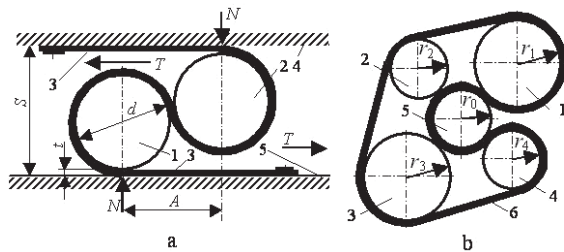
LANKŠČIOS JUOSTOS PARAMETRŲ ĮTAKA RITINIŲ MECHANIZMŲ CHARAKTERISTIKOMS

Tomas Umaras, Paulius Ulozas

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

Įvadas

1967 m. JAV mokslininkas Donaldas F. Uilksas (Wilkes D. F.) sukūrė juostinį ritinį mechanizmą, kurį pavadino rolamaito tipo mechanizmu (RTM) [12] (1 pav., a). 1995 m. Kanados mokslininkas Erikas Brinkmanas (Brinkman E.) panašų ritinį mechanizmą pavadino skrolerio tipo mechanizmu [3] (1 pav., b). Abu šie mechanizmai pasižymi bendra ypatybe – ritinėliai gaubiami juosta ar juostomis dideliu kampu (didesniu kaip 180°) ir rieda juosta neslysdami, mechanizmai turi platų funkcinį pritaikomumą.



1 pav. Tiksliųjų juostinių-ritinių mechanizmų schemas: a – rolamaito tipo mechanizmo schema; 1, 2 – ritinėlis; 3 – juosta; 4, 5 – kreipiantys paviršius; T – juostos įtempimas; S – atstumas tarp kreipiančiųjų plokštumų; N – normalinė jėga; A – atstumas tarp ritinėlių centrų pagal horizontalę; t – juostos storis; d – ritinėlio skersmuo; b – skrolerio tipo mechanizmo schema; 1, 2, 3, 4 – kraštinis ritinėlis; 5 – centrinis ritinėlis; 6 – juosta; r_0, r_1, r_2, r_3, r_4 – ritinėlio spindulys

RTM ritinėliai atlieka slankiojamąjį su viena laikiu sukimusi judesį. Mechanizmo statinė pusiausvyrą aprašoma lygtimi:

$$TS = NA,$$

čia: T – juostos įtempimo jėga; S – atstumas tarp kreipiančiųjų paviršių; N – normalinė jėga; A – horizontalus atstumas tarp ritinėlių centrų.

Didžiausią leidžiamą ritinėlių skersmenį (reikalingą tam, kad ritinėliai 1 ir 2 „neiškristų“ iš juostos 3 kilpų) nulemia atstumas tarp kreipiančiųjų paviršių 4 ir 5:

$$(d_1 + d_2 + 3t) > S; (d_1 + 3t) < S,$$

čia: d_1 ir d_2 – ritinėlių skersmenys (d_1 – didesnis skersmens ritinėlis); t – juostos storis.

Norint apskaičiuoti elastinės juostos, kuri naudojama skrolerio mechanizmui (juostos storis t) ilgį, reikalingos formulės:

$$A_i = r_{i+1} - r_i;$$

$$B_i = 2r_0 + r_{i+1} + r_i + 2t;$$

$$C_i = \sqrt{\frac{B_i^2 - A_i^2}{2}}.$$

$$L = (6r_0 + 5r_1 + 2r_2 + 2r_3 + 5r_4 + 10t) \frac{\pi}{4} +$$

$$+ \sum_{i=1}^3 \left(A_i \arcsin \left(\frac{\sqrt{2} A_i (B_i + C_i)}{A_i^2 + B_i^2} \right) + C_i \right).$$

Jei keturi išoriniai ritinėliai turi tą patį spindulį r , formulė supaprastėja:

$$L = (3r_0 + 7r + 5t) \frac{\pi}{2} + 3\sqrt{2}(r_0 + r + t)$$

Lanksti ir atspari tempimui juosta daroma iš plastiškų metalų, ypač berilio ir vario lydinių, plastikų ir austinių medžiagų. Ritinėliai daromi iš kaprono, politetrafluoretileno su austo stiklo pluošto užpildu, berilinės bronzos, nerūdijančio plieno.

Į skrolerio tipo mechanizmus galima žiūrėti kaip į RTM modifikaciją. Kaip pateikia D. F. Uilksas, RTM elementai juda vienas kito atžvilgiu be praslydimų, tačiau kiti mokslininkai, pavyzdžiui, C. M. Persivalas ir F. R. Norvudas, taip pat R. V. Kedenas, savo darbuose [4, 5] nurodo, kad ritinėliai praslysta esant tam tikriems mechanizmo parametrams, nors teorinio pagrindimo šiam reiškiniui nepateikia. Jie atkreipia dėmesį, kad labai svarbu suprasti praslydimo tarp RTM elementų esmę. Taigi, vienas pagrindinių aspektų, kuriant rolamaitinius mechanizmus, yra praslydimas tarp RTM elementų. Nustatyta, kad rolamaitiniuose mechanizmuose pasireiškia geometrinis ir tamprusis slydimas [5, 6].

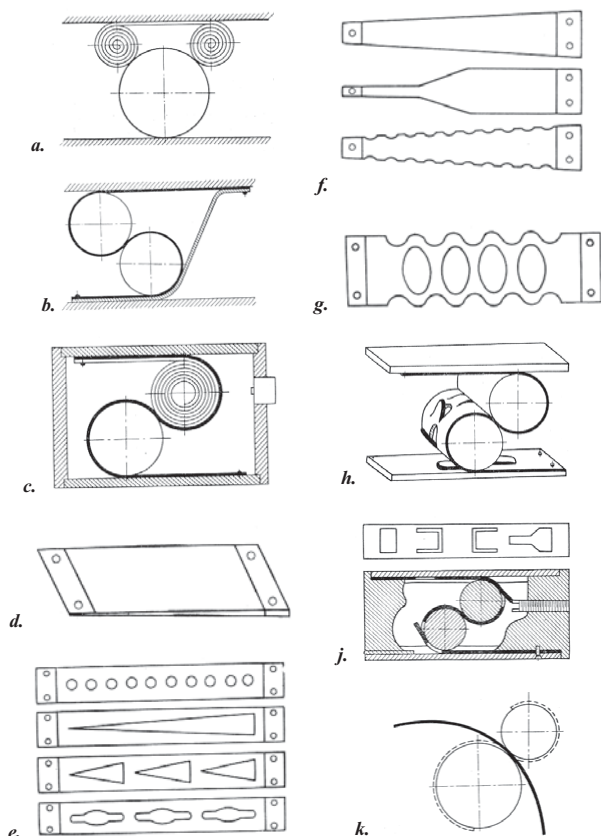
Praslydimui tarp RTM elementų turi įtakos juostos parametrai, jos įtempimo jėgos T dydis ir ritinėlių apgaubimo juosta kampo α dydis. Didinant ritinėlių apgaubimo juosta kampą, įtempimai RTM elementų susilietimo paviršiuose paskirstomi lygiau, apkrova, veikianti juostą, pasiskirsto vienodžiau.

Darbo tikslas – išsiaiškinti RTM juostos para-

metrų ir jos sąveikos su kitais RTM elementais įtaką mechanizmų charakteristikoms. Tyrimų objektas – RTM lanksti juosta.

RTM juostų konstrukcinė analizė

Spyruoklinėms charakteristikoms išgauti gali būti panaudojami debalansuoti ar nevienodo skersmens ritinėliai, taip pat ir tokie, kurių kreipiantieji paviršiai yra nelygiagretūs. RTM spyruoklinėms charakteristikoms gauti gali būti panaudoti įvairūs lankčių juostų variantai (žr. 2 pav.).



2 pav. RTM lankčių juostų schemas

Konstruktiniu sprendimu įdomus RTM, kuriame lanksti juosta ne pritvirtinta prie kreipiančiųjų paviršių, o susukta į du ritinėlius, sąveikaujančius su trečiuoju (tikruoju) ritinėliu (2 pav., a). Toks mechanizmas iš tikro turi tik vieną juostą ir vieną ritinėlių. Priklausomai nuo to, kurio juostinio ritinėlio skersmuo didesnis, lanksti juosta „stengiasi“ grįžti į pusiausvyros padėtį, t. y. į mažesnio skersmens juostinio ritinėlio pusę iki to momento, kol abiejų juostinių ritinėlių skersmenys tampa vienodi. Tampriąsias savybes galima gauti įtraukiant į RTM konstrukciją papildomą juostą. Tai gali būti „stumianti“ juosta (su numatyta tampriąja charakteristika) (2 pav., b), susukta į ritinėlių juosta (2 pav., c). Pagalbinė juosta „stengiasi“ išsitiesinti, veikia kaip spyruoklė ir sujungia kontaktą mechanizme.

Paplitęs būdas tamprioms charakteristikoms gauti yra RTM lankščios juostos skerspjūvio keitimas. Galimi du variantai. Pirmasis – juostos storio keitimas (2 pav., d). Antrasis variantas – juostos skerspjūvio ploto keitimas išpjovomis. Atsižvelgiant į išpjovos formą, galima gauti pastovaus ar kintamo dydžio jėgas (2 pav., e, f, g). Išpjovos juostoje gali būti vidinės (2 pav., e), išorinės (2 pav., f), kombinuotos (2 pav., g).

Ašinei jėgai F_x nustatyti RTM sistemoje su dviem vienodo skersmens ritinėliais ir kintamo pločio juosta reikalinga formulė:

$$F_x = \frac{E(W_b - W_a)t^3}{d^2},$$

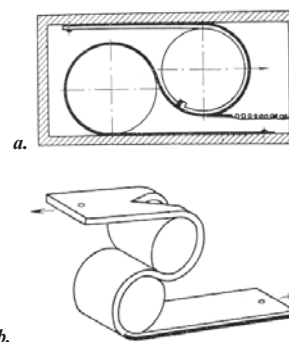
čia: W_a ir W_b – efektyvus juostos plotis atitinkamuose a ir b taškuose; E – juostos medžiagos tamprumo modulis; d – ritinėlio skersmuo.

Jeigu W_a ir W_b išreikšti kaip ašinės koordinatės x funkcija, tai gauname jėgos pokyčio dėsnį šioje koordinatėje.

Žinomi RTM, kuriuose tampriosiems charakteristikoms gauti panaudojami standinimo „liežuvėliai“. 2 h paveiksle parodyti RTM su užapvalintais standinimo liežuvėliais, o 2 j – RTM su juosta, kuri pagaminta su išpjovomis bei stačiakampiais standinimo liežuvėliais.

Taip pat rolamaito tipo mechanizmuose, norint gauti kintamą tamprią RTM charakteristiką, naudojamos juostos su kintamu (pagal ilgį) pradiniu kreivumo spinduliu (2 pav., k).

Jeigu juostą bus bimetalinė, tai RTM tampriji charakteristika priklausys nuo aplinkos temperatūros. Šiuo atveju RTM galės būti panaudotas kaip termostatas (žr. 3 pav.).



3 pav. RTM bimetalinių juostų schemas

RTM 3 a paveiksle yra bimetalinė juosta ir papildoma spyruoklė, pritvirtinta prie pagrindinės juostos, o RTM, pavaizduotame 3 b paveiksle, juosta pagaminta iš dviejų dalių ir su trikampė vidine išpjova.

Papildoma spyruoklė ir trikampė išpjova reikalingos norint gauti atsveriančią mechanizmo spyruoklinę jėgą. RTM – termostatai yra 4–5 kartus jautresni už paprastus plokštinius bimetalinius termostatus.

RTM gali būti gaminami su juosta, kurioje išpausti vingiai. Tai skatina spyruoklinės jėgos, veikiančios ritinėlius, atsiradimą.

Teoriniai juostinių ritininių mechanizmų lanksčios juostos tyrimai

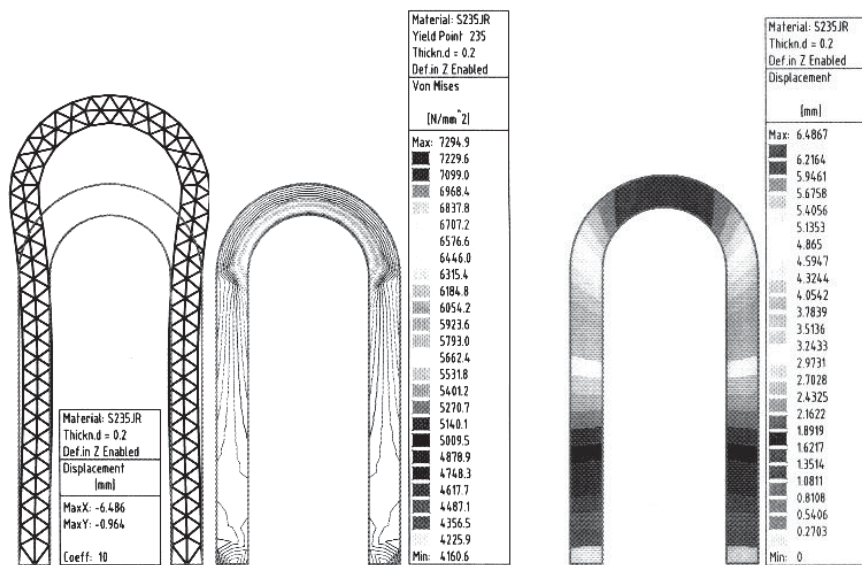
Teoriniai RTM lanksčios juostos tyrimai buvo atliekami pasitelkiant baigtinių elementų metodą (BEM) pagal kompiuterinę *SolidWorks Simulation Software Finite Elements Analysis (FEA)* programą. Ši programa naudojama įtempimams ir deformaci-

joms lanksčioje juostoje apskaičiuoti.

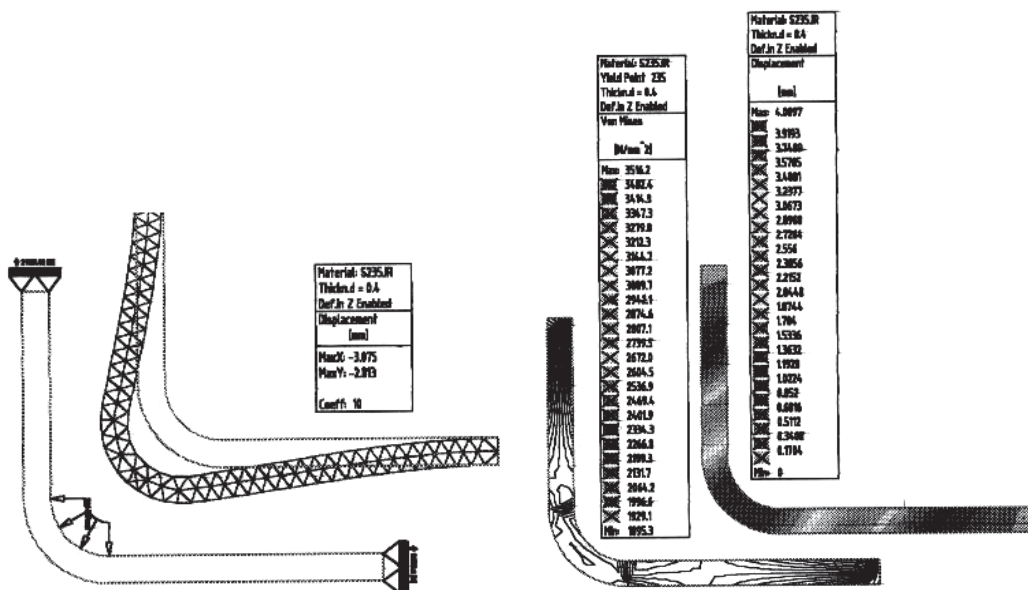
Pirmiausiai pasirenkama juosta, jos medžiaga, įtvirtinimo vietos. Užduodame juostos apkrovų reikšmes, pasirenkame juostos storį.

Juostos storis – 0.2; 0.4; 0.8 mm. Ritinėlio gaubimo juosta kampas $\alpha = 90^\circ; 180^\circ$.

Suvedus visus reikalingus duomenis, skaičiuojami rezultatai, gauti pasitelkus BEM. Rezultatų tikslumas priklauso nuo tinklelio smulkumo, t. y. kuo tinklelis smulkesnis, tuo rezultatai tikslesni. Jis pasirenkamas prieš skaičiavimo pradžią. Rezultatai pateikiami įtempimų ir deformacijų pasiskirstymo diagramose (4, 5 pav.).



4 pav. Juostos įtempimų ir deformacijų pasiskirstymo diagramos, kai juostos storis lygus 0,2 mm; juosta gaubia ritinėlį 180° kampu



5 pav. Juostos įtempimų ir deformacijų pasiskirstymo diagramos, kai juostos storis lygus 0,4 mm; juosta gaubia ritinėlį 90° kampu

Deformacijų ir įtempimų priklausomybės nuo juostos storio pateiktos lentelėje 1, o nuo ritinėlio gaubimo juosta kampo – lentelėje 2.

1 lentelė. *Deformacijų ir įtempimų priklausomybės nuo juostos storio*

Parametrai	Juostos storis, mm		
	0,2	0,4	0,8
Max. deformacijos, mm	6,48	3,24	1,62
Max. įtempimai, N/mm ²	7294,9	3657,2	1823,7

Tyrimai parodė, kad mažinant juostos storį, įtempimai ir deformacijos, pasiskirstę juostoje, didėja. Pradinis juostos įtempimas neturi įtakos statinei rolamaito charakteristikai ir yra būtinas tik praslydimui išvengti. Lenkimo įtempimai, juostai pereinant nuo ritinėlio ant ritinėlio, keičia savo ženklą. Taip juosta dirba esant kintamojo ženklo lenkimo įtempimams. Tai trumpina jos ir viso RTM darbo ilgumą.

2 lentelė. *Deformacijų ir įtempimų priklausomybės nuo ritinėlio gaubimo juosta kampo*

Parametrai	Ritinėlio gaubimo juosta kampas, laipsn.	
	90	180
Max. deformacijos, mm	4,09	3,24
Max. įtempimai, N/mm ²	3516,2	3657,2

Didinant ritinėlio gaubimo juosta kampą, maksimalios deformacijos mažėja, o maksimalūs įtempimai didėja.

Išvados

1. Keičiant RTM lanksčios juostos skerspjūvį galima gauti skirtingas tampriąsias charakteristikas.
2. Didinant juostos storį (esant vienodoms apkrovoms) maksimalios deformacijos ir įtempimai atitinkamai mažėja.
3. Didinant ritinėlio gaubimo juosta kampą (esant vienodoms apkrovoms) maksimalios deformacijos mažėja, o įtempimai didėja.

Literatūra

1. Wilkes D. F., 1967, *Rolamite: A New Mechanical Design Concept.-Research Report SC-RR-67-656 A*, Sandia Laboratories, December.
2. Wilkes D. F., 1968, *Rolamite: A New Mechanism.-Mechanical Engineering*. April, v. 90, No 4. P. 11–29.
3. *Scroller mechanics. Design / Engineering*. Prieiga internete: http://www.scrollermechanics.com/Documents/Scroller_Mechanics.pdf.
4. Percival C. M., Norwood F. R., 1969, A Theoretical and Experimental Investigation of the Dynamic Response of Rolamite. *Journal of Engineering for Industry*. Trans. ASME, Ser.B., v. 91, No 1. P. 235–239.
5. Cadman R. V. Rolamite – Geometry and Force Analysis. *Journal of Engineering for Industry*. Trans. ASME, Ser.B, Feb. v. 91, No 1. P. 185–191.
6. Ulozas R. V., 2000, Geometrinis slydimas tiksluose juostiniuose ritiniuose mechanizmuose. *Mechanika*, Nr. 3 (23). P. 52–55.
7. Ulozas R. V., 2002, Investigation of Springy Slipping in Rolamite Type Mechanisms. *Mechanika*, Nr. 4 (36). P. 58–62.

THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF FLEXIBLE BAND ON CHARACTERISTICS OF MECHANISMS

Tomas Umaras, Paulius Ulozas

Summary

The paper presents a research into the influence of parameters of flexible band on characteristics of mechanisms. Two schemes of precision roller-band mechanisms (Rolamite and Scroller) are presented and geometrical position of their elements in the mechanisms is described. Rollers are wrapped in a flexible band or bands with strain and in big angle and are contacting among themselves only through a flexible band in both types of the given mechanisms. It is noted that there is geometrical and springy sliding between elements of the Rolamite-type mechanisms. The analysis of constructions of various types of bands of Rolamite-type mechanisms is presented. Analysis of the different cross-section bands of mechanisms proved that there are various springy characteristics in the mechanism. With increase in thickness of the band under the same conditions of experiment, deformations and strains are decreasing accordingly. With increase in angle of roller wrapping by band using the same loads in experiment, the maximal deformations are decreasing and the strains are increasing.

Keywords: Rolamite-type mechanisms, Scroller-type mechanisms, roller, band, displacement.

LANKSČIOS JUOSTOS PARAMETRŲ ĮTAKA RITININIŲ MECHANIZMŲ CHARAKTERISTIKOMS

Tomas Umaras, Paulius Ulozas

Santrauka

Straipsnyje išnagrinėta lanksčios juostos parametrų įtaka mechanizmų charakteristikoms. Pateiktos dvi tikslių juostinių ritininių mechanizmų, t. y. rolamaito ir skrolerio, schemas, aprašytas elementų geometrinis išsidėstymas mechanizmuose. Ritinėliai gaubiami lanksčia juosta ar juostomis su įtempimu dideliu kampu ir tarpusavyje kontaktuoja tik per lanksčią juostą. Pastebėta, kad tarp rolamaito tipo mechanizmo elementų egzistuoja geometrinis ir tamprusis slydimas. Pateikta rolamaito tipo mechanizmų įvairių tipų juostų konstrukcinė analizė.

Tyrimai parodė, kad keičiant RTM lanksčios juostos skerspjūvį galima gauti skirtingas tampriąsias charakteristikas. Didinant juostos storį (esant vienodoms apkrovoms) maksimalios deformacijos ir įtempimai atitinkamai mažėja. Didinant ritinėlio gaubimo juosta kampą (esant vienodoms apkrovoms) maksimalios deformacijos mažėja, o įtempimai didėja.

Prasminiai žodžiai: rolamaito tipo mechanizmai, skrolerio tipo mechanizmai, ritinėlis, juosta, poslinkis.

Įteikta 2010-09-27