



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Antanas Kriščiūnas**

**ĮVAIRIŲ FAKTORIŲ ĮTAKOS KŪGINIŲ GUOLIŲ TRINTIES  
PROCESO RODIKLIAMS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

lektor. dr. Danas Garuckas

**PANEVĖŽYS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**  
**TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus

(data)

**ĮVAIRIŲ FAKTORIŲ ĮTAKOS KŪGINIŲ GUOLIŲ TRINTIES**  
**PROCESO RODIKLIAMS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Mechanikos inžinerija (kodas 621H30001)**

**Vadovas**

(parašas) lektor. dr. Danas Garuckas

(data)

**Recenzentas**

(parašas)

(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Antanas Kriščiūnas

(data) 2015-06-01

**PANEVĖŽYS, 2015**

## **ANOTACIJA**

Kriščiūnas A., Įvairių faktorių įtakos kūginių guolių trinties proceso rodikliams tyrimas, magistro baigiamasis darbas / Vadovas lektor. dr. D. Garuckas, Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, Technologijų katedra, - Panevėžys: KTU PTVF, 2015 – 60 p.

Šiame darbe yra apžvelgiama kūginių guolių dilimo charakteristikos veikiant įvairiems faktoriams. Darbe atliekamas guolių paviršių šiurkštumo parametro, bei guolio aukščio kitimo tendencijų analizė. Taip pat apžvelgiamos panašaus pobūdžio tyrimai kurie atlikti Lietuvoje ir Suomijos universitetuose. Atliekant tyrimus guolis dirba skirtingose alyvose, bei su trintį mažinančiais tepalo priedais.

Darbo tikslas iširti kokį poveikį dilimo intensyvumui turi skirtingos klampos alyvos. Tyrimai atliekami su naujais ir jau eksploatuotais guoliais, tad yra palyginama darbo ciklų skaičius poveikis dilimo intensyvumui. Atliekami tyrimai su RVS produkcija, kuriais siekiama detaliau iširti ir numatyti šio tepalo priedo veikimo pobūdį, poveikį trinties poroje ir numatyti jo panaudojimo sritis. Darbo pabaigoje pateikiami gauti rezultatai.

## **ABSTRACT**

This work overviews tapered bearings wear characteristics influenced by various factors. The work carried out bearing surface roughness parameter and bearing tall trend analysis. It is also reviewed similar format researches , which was done in Lithuanian and Finnish universities. Doing researches, bearing works in different oil with friction-reducing additives.

The aim of the work is to investigate the effects of wear rate of a different viscosity oil. Researches was carried out with new and already exploited bearings, so the work is comparable cycles effects wear intensity. Researches with RVS products designed to investigate in more detail and provide the lubricant additive mode of action, impact and friction pair envisage its field of application. At the end of the work results are submitted.

# TURINYS

<b>ANOTACIJA</b> .....	3
<b>TURINYS</b> .....	4
<b>ĮVADAS</b> .....	5
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA</b> .....	6
<b>2.KŪGINIŲ GUOLIŲ EKSPLOATACIJOS SĄLYGOS</b> .....	10
<b>3. TYRIMO SĄLYGOS IR METODIKA</b> .....	13
3.1. Tyrimo objektas.....	13
3.2 . Tyrimų sąlygos: .....	13
3.2.1. Guolių tepimas.....	13
3.2.2. Numatomi tyrimo etapai.....	16
3.2.2. Sukimosi greitis ir apkrova.....	16
3.3. Tyrimo priemonės.....	16
3.4. Tyrimo metodika.....	18
<b>4. TYRIMO REZULTATAI</b> .....	20
4.1 Naujų guolių dilimo charakteristikų priklausomybės.....	20
4.2 Naudotų guolių gilimo chrarakteristikų priklausomybės.....	35
<b>5. TYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ</b> .....	50
5.2 Naudotų guolių gilimo chrarakteristikų priklausomybės.....	50
5.2 Naudotų guolių gilimo chrarakteristikų priklausomybės.....	54
<b>IŠVADOS</b> .....	60
<b>LITERATŪROS SĄRAŠAS</b> .....	61
<b>PRIEDAI</b> .....	62
<b>PRIEDAS 1</b> .....	62

## IVADAS

Trinties jėgos egzistuoja veikiant visiems realiems paviršiams, ypač mašinų mechanizmuose. Visais atvejais stengiamasi sumažinti trinties jėgų poveikį ir padidinti mechanizmo resursą. Tam naudojamos įvairios brangios, aukščiausios kokybės alyvos. Tačiau nepaisant to mechanizmų dalys dėvisi ir jas nuolatos reikia keisti. Toks problemos sprendimas yra ekonomiškai nenaudingas, nes trinties poroje esančios detalės, priklausomai nuo kokybės, yra sąlyginai brangios, taip pat susidėvėjusius komponentus keičiant naujais, tokių mechanizmų gamyba bei tolimesnis aptarnavimas reikalauja didelių investicijų. Siekiant to išvengti yra stengiamasi panaudoti medžiagos, kurios kiek galima labiau sumažintu trintį ir prailginti mechanizmo veikimo laiką. Šioje srityje vienas iš žinomesnių ir tirtų produktų yra metalo keramikos pagrindu veikiančys tepalo priedai.

### **Tyrimo objektas.**

Tyrimams pasirinktas ritininis kūginis guolis (JL 69310). Tokį pasirinkimą lėmė tai, kad šis guolis yra naudojamas labai plačiai. Dėl jo plataus panaudojimo galimybių yra poreikis išsamiau patyrinėti guolio dilimo charakteristikas.

### **Darbo uždaviniai.**

1. Atlikti literatūros apžvalgą siekiant išsiaiškinti ar yra atliktų tyrimų tiriant kūginių guolių dilimo charakteristikas tepimui naudojant įvairias alyvas ir alyvas su metalo keramikos priedais. Išsiaiškinti ar yra atliekami tokie tyrimai, kokios tyrimo metodikos ar įranga yra naudojama.
2. Susiprojektuoti ir pasigaminti tribologinį standą kūginių guolių bandymams.
3. Numatyti parametrus, kuriuos bus galima išmatuoti, ir kurių požiūriu bus vertinamas kūginių guolių dilimas. Susidaryti guolių dilimo tyrimo metodiką.
4. Atlikti kūginių guolių eksperimentinius tyrimus išbandant naujus guolius ir guolius buvusius eksploatacijoje keičiant tepančiąsias alyvas bei apkrovas, kuriomis bus veikiami guoliai. Surinkti dilimo parametrų eksperimentinius duomenis.
5. Nustatyti kūginių guolių dilimo rodiklių kitimo priklausomybes nuo naudojamos tepimo alyvos (be priedų ir su priedais), guolio apkrovos dydžio, guolio resurso.
6. Atlikti gautų tyrimo rezultatų analizę.

### **Temos aktualumas**

Panaudojus RVS technologiją, kurios esmė yra ta, kad besitrinantys susidėvėję metalo paviršiai atsistato metalo keramikos pagrindu, tikėtina, kad bus prailgintas detalės darbo resursas. Darbo resurso prailginimas visais atvejais vertinamas teigiamai, nes tai, tiesiogiai įtakoja jo eksploataavimo kaštus bei ilgaamžiškumą, kuris didinamas nestabdant įrengimo kapitaliniam remontui. Prailginus detalės darbo resursą sumažėja detalių paklausa, ko pasėkoje sumažėja gaminamų detalių kiekis ir kaina, taip yra mažiau teršiama aplinka ir mažinamas žemės resursų naudojimas.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

Tyrimų su RVS alyva ar alyva su RVS priedais yra atlikta daug, tačiau panašaus pobūdžio tyrimų publikuojama santykinai mažai. Tyrimai atlikti “Rautaruukki” Corporation – plieno perdirbimo korporacijoje su reduktoriais [4]. Bandymų metodika: bandomas reduktorius su 2,7 perdavimo koeficientu. Bandymui parinktas elektros variklis HXUR 182A2B3 kurio galio 1,1 kW apkrovai sukurti panaudotas tepalo siurblys sukuriantis 21 bar darbinį slėgį. Variklio sukimosi dažnis 1451 aps./min. Atliekant tyrimą temperatūra patalpoje buvo pastovi.

Matavimų metodai ir įranga.

- Alyvos temperatūros matavimas naudojant prietaisą HYDAC HMG-2010.
- Srovės stiprumo matavimas su prietaisu Microlog analyser.
- Vibracijos stiprumo, pagreičio matavimai atlikti su prietaisu SKF CMVA 60 duomenys apdorojami su “Prism” programa.

Bandymų eiga:

Pradžioje reduktorius buvo paleistas dirbti be priedų 8 valandas. Bandymo metu matuotos visos reikšmės visais metodais.

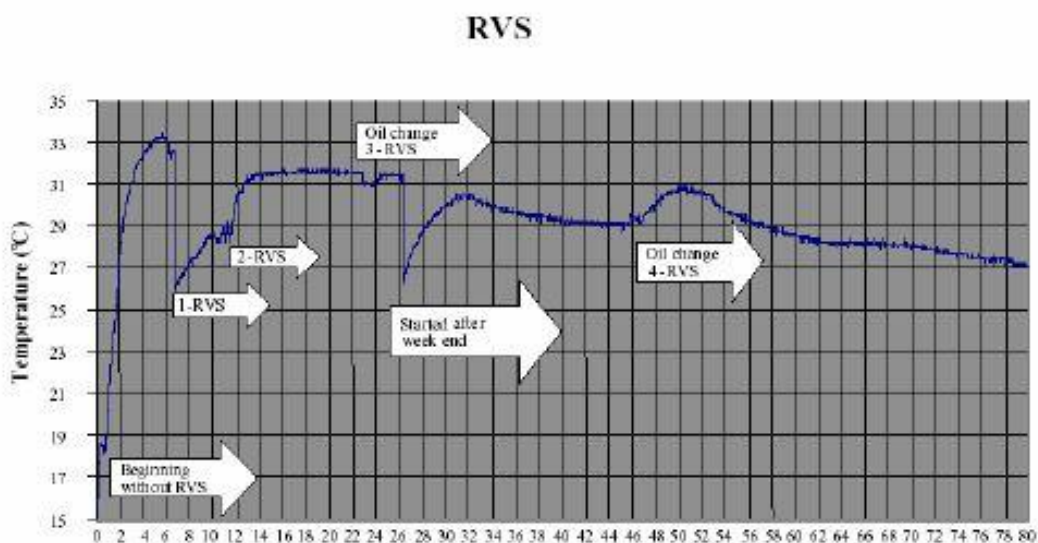
2. Tada atliktas pirmasis apdorojimas, kuris tęsėsi 5 valandas.

3. Antrasis apdorojimas vykdomas 24 valandas.

4. Pasibaigus antrojo apdorojimo laikotarpiui alyva buvo pakeista. Po trečio apdorojimo transmisija nuolat veikė apytiksliai 72 valandas.

5. Atlikus trečiąjį apdorojimą alyva buvo pakeista ir atliekamas ketvirtas apdorojimas, kuris buvo vykdomas apie savaitę. Atlikinėjant tyrimus visa savaitę buvo fiksuojami duomenys. Pirmajame apdorojimo etape buvo panaudota du kartus daugiau priedo nei reikalaujama.

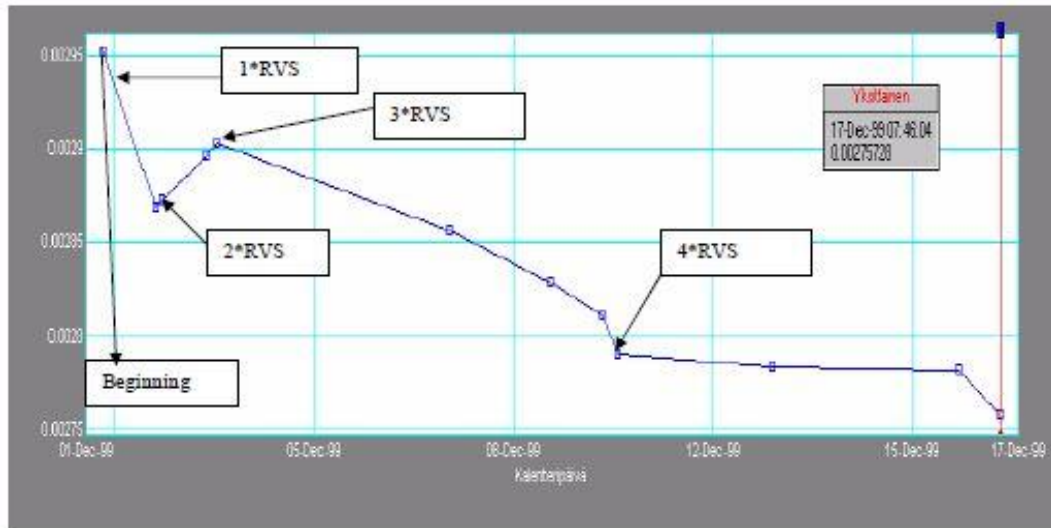
Surinkti duomenys (1.1 pav.).



1.1 pav. Transmisijos alyvos temperatūros pokyčiai bandymo metu

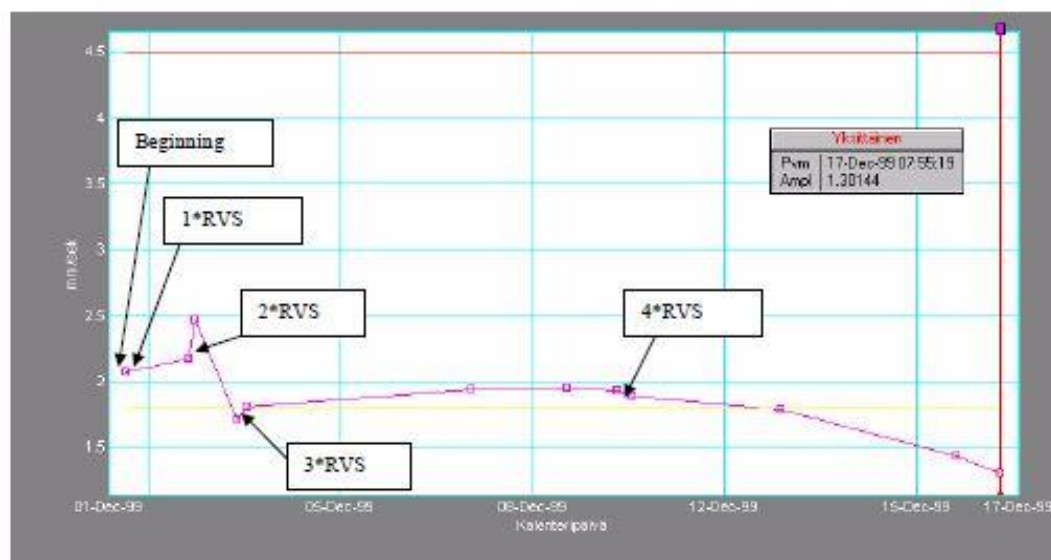
Pradinė temperatūra prieš RVS apdorojimą, buvo  $33,1^{\circ}\text{C}$ , o galutinė temperatūra ketvirto apdorojimo pabaigoje buvo  $27,3^{\circ}\text{C}$ . Temperatūros pokytis  $5,8^{\circ}\text{C}$ , kuris atitinka 17,5 proc.

Pastebėta, kad bandymo metu buvo pastebėta, kad RVS turi dirbti 24-48 valandų, kol jos įtaka gali būti vertinama atsižvelgiant į temperatūros vertes.



1.2 pav. Srovės stiprumo kitimas

Dabartinis variklio srovės stiprumas bandymo metu pakito nuo 2,94 A iki 2,75, kuris atitinka 6,25% kaita. Amplitudė vertės y ašyje turi būti padaugintas iš 1000.



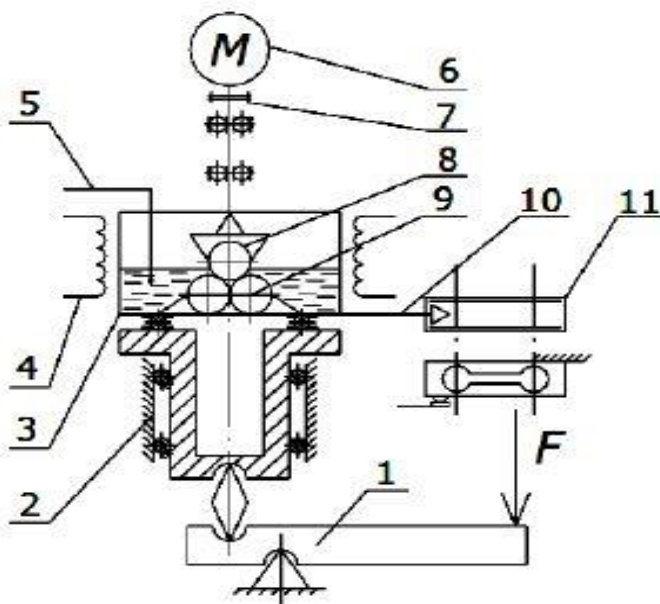
1.3 pav. Vibracijos greičio pokytis bandymo metu

Vibracijos iš viso pasikeitė nuo 2.07 mm/s vertės iki 1,3 mm/s, kuris atitinka 37,1 proc. pokytį.

Visos matuotos reikšmės po RVS apdorojimo lyginant su pradinėmis vertėmis yra sumažėjusios. Akivaizdūs pokyčiai prasidėjo tik po trečiojo apdorojimo, kai buvo padidintas apdorojimų laiko intervalas. Gauti rezultatai palyginami su prieš 48 valandas atliktais matavimais. Pirmojo apdorojimo laikotarpis, tikėtina, buvo per trumpas, nes nebuvo matyti aiškių pasikeitimų. Po to, kai antrojo apdorojimo visos matavimo vertės padidėjo, ir pasiliko aukštos per visą veikimo laikotarpį, trunkantį apie 24 valandas. Šiuo atveju koncentracija buvo dvigubai didesnė, tačiau tam įtakos galėjo turėti per trumpas veikimo laikas. Galbūt RVS atstovai galėtų suteikti detalesnės informacijos šiuo klausimu.

Tyrimai atlikti Aleksandro Stulginskio universitete. Tyrimus atliko prof. Juozas Padgurskas [9].

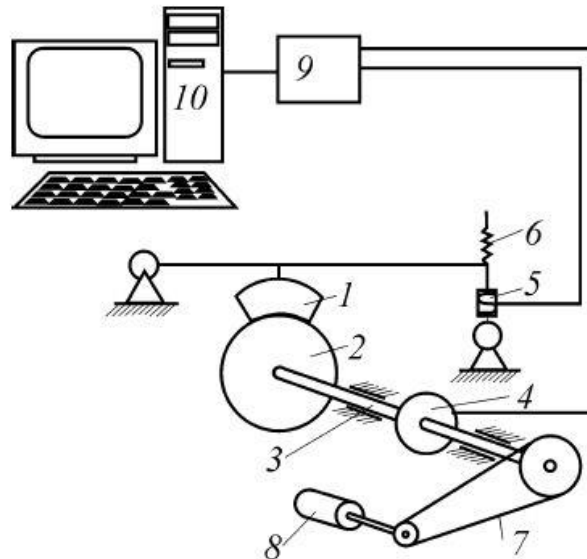
Bandymų metodika. Pirmajame etape bandymai buvo atliekami keturių rutulių bandymo mašina MAST-1 (1.4 pav.). Bandymai buvo atliekami su rutuliais, kurių skersmuo yra 12,7 mm. Su šiuo įrenginiu buvo atliekami prailgintos trukmės bandymai, apkraunant 150 N apkrova. Rutulys, įtvirtintas sūklyje, buvo sukamas 1420 aps./min. dažniu. Pirmojo bandymų etapo tikslas – nustatyti alyvos temperatūros ir trinties momento kitimo dėsningumus bandymų metu. Parinkta atliekamų tyrimų trukmė buvo 300 minučių. Bandymų metu buvo registruojami šie parametrai: bandomos alyvos inde temperatūra ir trinties momentas [X2].



1.4 pav. Keturių rutulių trinties mašinos MAST-1 kinematinė schema: 1 – svirtis; 2 – vertikalaus centravimo guolis; 3 – alyvos indas; 4 – alyvos šildytuvas; 5 – temperatūros jutiklis; 6 – elektros variklis; 7 – mova; 8 – sūklyje besisukantis rutulys; 9 – apačioje tvirtai įtvirtinti trys rutuliai; 10 – svirtis, perduodanti trinties momentą; 11 – jėgos jutiklis momentui matuoti

Antrajame etape bandymai buvo vykdomi trinties mašina SMC-2 (1.5 pav.). Antrojo bandymų etapo tikslas nustatyti dangos iš tiriamos RVS medžiagos susiformavimą ir įvertinti pagal galimybes jos ir trinties paviršiaus savybes. Siekiant priartinti bandymų sąlygas prie realių mašinų darbo sąlygų, buvo bandoma trinties pora „ritinėlis – segmentas“. Ritinėlis buvo pagamintas iš konstrukcinio plieno St45, grūdintas, o segmentas – iš Al lydinio, skirto trinties poroms. Bandymų metu naudota apkrova 250 N (kontaktinis slėgis 4 ... 10 MPa), ritinėlio sūkių dažnis 840 aps./min. Trinties pora buvo tepama, panardinant 1/3 ritinėlio į bandomą alyvą. Bandymų trukmė 22 valandos, bandymų metu mašina buvo tris kartus 1-nai minutei stabdoma: po 15 min, po 2 h 15 min ir po 4 h 15 min.





1.5 pav. Trinties bandymų mašinos SMC-2 schema: 1 – segmentas; 2 – ritinėlis; 3 – velenas; 4 – sukimo momento jutiklis; 5 – apkrovos jutiklis; 6 – apkrovos sraigtas; 7 – pavara; 8 – variklis; 9 – ADC-200/20; 10 – kompiuteris

Buvo nustatytos šios išvados:

Prailginti bandymai keturių rutulių mašina parodė, kad naudojant RVS-master medžiagas greičiau ir labiau stabilizuojasi bandomos alyvos temperatūra ir trinties momentas. Šiais bandymais tirtų medžiagų esminė įtaka trinties momento dydžiui ir paviršių nusidėvėjimui nenustatyta. Nustatyti triboplevelės iš šios medžiagos formavimosi fragmentai.

Antro etapo bandymais trinties mašina SMC-2 nustatyta, kad naudojant RVS-master medžiagas ant trinties paviršiaus formuojasi papildomas glotnus sluoksnis. Besiformuojančio sluoksnio vientisumas priklauso nuo pradinės paviršiaus būsenos ir trinties paviršių kontakto, todėl įvairių mašinų ir įrenginių apdorojimas RVS-master medžiagomis turi būti atliktas priklausomai nuo jų techninės būklės. Susiformavusio sluoksnio storis priklauso nuo apdorojamų paviršių nusidėvėjimo.

Atliktų badymų panašumai ir skirtumai.

Šie bandymai buvo atliekami su trinties poromis kuriu kontaktinis plotas yra santykinai mažas ir juos veikia dideli įtempiai. Atliekant tyrimus fiksuojami parametrai: alyvos temperatūra, sukiamos vibracijos didumas, elektros variklio sunaudojamos srovės kitimas.

Tačiau apžvelgus visus šiuos parametrus galima daryti prielaidą jog tikslumas nėra tiesiogiai susijęs su trinties poroje vykstančiais procesais. Atsižvelgiant į atliktų bandymų duomenis daroma prielaid, kad jie yra netiesioginiai todėl atliekant bandymus su guoliais parenkami pagrindiniai parametrai yra kontaktinių paviršių šiurkštumas ir santykinis guolio nudilimo aukštis. Iš dalies temperatūra.

## 2. KŪGINIŲ GUOLIŲ EKSPLOATACIJOS SĄLYGOS

Tyrimams buvo prinkti nauji ir naudoti automobilių ratų kūginiai guoliai. Renkantis naudotus guolius ypatingų matavimų atlikta nebuvo. Guoliai buvo apžiūrėti vizualiai ar nėra perkaitimo, stambių pažeidimų ar didelių deformacijų požymių.

Visi pasirinkti naudoti guoliai yra lengvųjų automobilių galinės ašies ratų guoliai. Visi pasirinkti guoliai yra pasirinktinai nuimti nuo vokiškų automobilių modelių WV, Audi. Pasirinktų automobilių amžius svyruoja nuo 15 iki 20 metų. Pagal statistikos duomenis vidutiniškai vakarų valstybėse per metus su automobiliu yra nuvažiuojama 60 000 kilometrų. Priimu, kad automobiliai eksploatuoti 17 metų, tai:

$$S_v = T \cdot S, \quad (2.1)$$

čia  $S_v$  – visas automobilio kilometražas,  
 $T$  – automobilio eksploatacijos laikas, metais;  
 $S$  – atstumas įveikiamas per metus,

$$S_v = 17 \cdot 60\,000 = 1\,020\,000 \text{ km}$$

Ant automobilių buvo sumontuoti R16 colių dydžio ratlankiai su 205/65 dydžio padangomis. Tad vieno rato apsisukimo įveikiamas kelias yra:

$$C = 2\pi(r + d), \quad (2.2)$$

čia  $C$  – ratlankio išorinio skersmens perimetro ilgis, mm;  
 $d$  – padangos aukštis, mm;  
 $r$  – ratlankio spindulys, mm

$$\begin{aligned} C &= 2 \cdot 3,14 \cdot (203,2 + 133,25) \\ C &= 2113 \text{ mm} \\ C &= 2,113 \text{ m} \end{aligned}$$

Turint vidutinę ridą ir vidutinį rato apsisukimo ilgį galime apskaičiuoti kiek ciklų jau atlikęs rato guolis:

$$f_v = S_v / C, \quad (2.3)$$

$$f_v = \frac{1020000}{0.002113} = 480 \cdot 10^6$$

Prenkant apsisukimų skaičių bandymams, reikia atsižvelgti į realias sąlygas. Pagal pateiktą formulę apskaičiuojamas guolių apsisukimų dažnis realiomis sąlygomis.

$$f = \frac{V}{C}, \quad (2.4)$$

čia  $V$  – automobilio greitis.

Automobiliui judant 50 km/h greičiu arba 13.88m/s greičiu rato sukimosi dažnis randamas

$$f_{50} = \frac{13.88}{2.113},$$

$$f_{50} = 6.516 \text{ Hz},$$

$$f_{50} = 390 \text{ aps./min.}$$

Automobiliui judant  $V=90 \text{ km/h}$  yra:

$$f_{90} = \frac{25}{2.113},$$

$$f_{90} = 11.83 \text{ Hz},$$

$$f_{90} = 709.8 \text{ aps./min.}$$

Automobiliui judant  $V=120 \text{ km/h}$ :

$$f_{120} = \frac{33.33}{2.113},$$

$$f_{120} = 15.77 \text{ Hz},$$

$$f_{120} = 946.4 \text{ aps./min.}$$

Guoliui tenkanti apkrova taip pat yra nevienoda. Priklausomai nuo lengvojo automobilio modelio jo svoris ji gali skirtis nuo 700 kg iki 2500 kg, tad ir guoliui tenkančios apkrovos ne visada vienodos.

Apskaičiuojant preliminarų svorį tenkanti guoliui priimu, kad vidutinis nepakrauto automobilio svoris yra 1500 kg. Atsižvelgiant į tai jog guoliai yra nuo galinės ašies, jiems tenkanti apkrova yra skaičiuojama:

$$F = \frac{\%}{2} \cdot m, \quad (2.5)$$

čia % - automobilio svorio dalis tenkanti galiai ašiai, procentais;

$m$  – bendra automobilio masė, kg;

$$F = \frac{30\%}{2} \cdot 1500$$

$$F = 225 \text{ kg}$$

Kaip matyti iš duomenų ir skaičiavimų į Lietuvą atvežami ir pardavinėjami automobiliai su jau didelėmis ridomis. Pasidomėjus apie ratų guolių priežiūra informacijos rasti nepavyko, tad darau prielaidą, kad ratų guoliai tiek užsienyje, tiek Lietuvoje yra prižiūrimi minimaliai, nesilaikant reikalavimų. Todėl tikėtina, kad 15-20 metų automobilio guoliai jau yra prastos būklės, dėl kurios toliau ji eksploatuojant didėja kuro sąnaudos bei mažėja saugumas. Detalei ar mechanizmui nusidėvėjus iki kritinių parametrų, ją reikia keisti nauja. Naujų guolių kainos labai priklauso nuo automobilio modelio ir gali svyruoti nuo 10 eurų iki 200 eurų, ir dar daugiau, o ir ji pakeisti reikalingos specialios žinios ir įrankiai, kas gali dar labiau padidinti remonto kaštus. Siekiant sumažinti eksploatacijos kaštus, prailginti mechanizmo, mazgo ar detalės tarnavimo laiką buvo nutarta iširti RVS technologijų privalumus pritaikyti tokių guolių darbinių paviršių remontui – atsatymui. Todėl bandymams pasirinkta RVS master ir RVS Tech produkcija – alyvos ir RVS priedai.

Pasidomėjus apie alternatyvas pavyko rasti medžiagas, kaip teigiama, atstatančias besitrinančius paviršius iki pradinių parametrų. RVS produkcija, gamintojo teigimu, pasižymi šiomis savybėmis: RVS Master formuoja metalokeramikos apsauginį sluoksnį ant besitrinančių paviršių.

Sluoksnio storis priklauso nuo besitrinančių detalių sudilimo laipsnio, tai yra detalių didis atsistato iki buvusių parametrų. Metalokeramikos sluoksnis pasižymi dideliu atsparumu todėl smarkiai sumažėja mechanizmo susidėvėjimas [5].

Atlikus pirminę kainų analizę, iš oficialių platintojų kainyno, RVS tepalo priedų kainos yra skirtingos. Kaina labiausiai priklauso nuo reikalingo kiekio, kuris įvairiais atvejais yra labai skirtingas. Guolių apdorojimui siūlomo RVS priedo kaina yra 27.80 euro, atsižvelgiant į tai, kad vienos pakuotės pakanka 2-4 guoliams. Apdorojamų guolių skaičius labai priklauso nuo RVS tepalo priedo kiekio reikalingo guolio apdorojimui. Guolio apdorojimui reikalingas kiekis priklauso nuo guolio didumo ir nuo jo nudilimo laipsnio.

Skaičiuotina vidutinė vieno guolio apdorojimo kaina:

$$P = \frac{P1}{N} \quad (2.6)$$

čia  $P$  – vieno guolio apdirbimo kaina, EUR;

$N$  – guolių skaičius, vnt.;

$P1$  – RVS priedo kaina, EUR[8];

$$P = \frac{28,8}{3} \quad (2.7)$$

$$P = 9,6 \text{ euro} \quad (2.8)$$

Pagal gamintojų pateiktas specifikacijas RVS tepalo priedas gali būti naudojamas ne tik riedėjimo guoliams, bet ir variklyje kas žinoma dar labiau padidintų ekonominių pagrindą jį naudoti, lyginant automobilio variklio kapitalinio remonto kainą su RVS tepalo priedo apdorojimo kaina. Šiame darbe bus atliekami tyrimai su RVS produkcija ir nustatinėjamas priedų veikimo pobūdis.

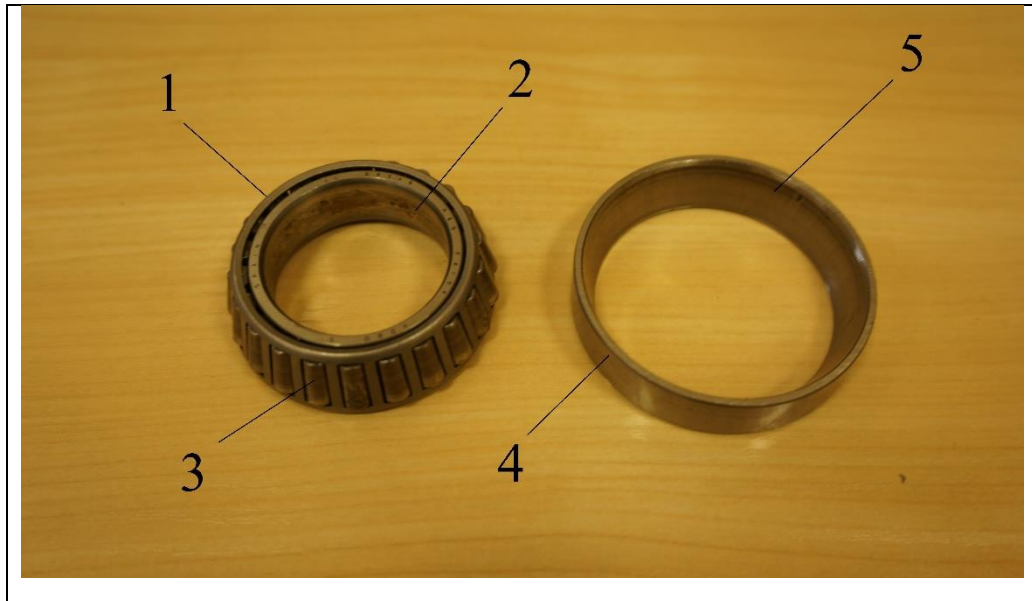
### 3. TYRIMO SĄLYGOS IR METODIKA

#### 3.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas - ritininis kūginis vienaėilis guolis (JL 669310) (3.1 pav.). Tyrimuose naudojami ir nauji, ir jau buvę eksploatacijoje guoliai.

Pagrindiniai tiriamo kūginio guolio matmenys:

1. Išorinis žiedo skersmuo – 63 mm.
2. Vidinis skersmuo – 38 mm,
3. Aukštis 17 mm.



3.1 pav. Kūginis ritininis guolis: 1 – separatorius, 2 – vidinis žiedas, 3 – ritinėlis, 4 – išorinis žiedas, 5- Išorinio žiedo darbinis paviršius.

#### 3.2. Tyrimų sąlygos

##### 3.2.1. Guolių tepimas

Guoliu tepimui naudojamos alyvos ir jų priedai:

1. Plastinis guolių tepalas “Autol Top 2000”.
2. Transmisinė alyva “Pemco 80w90”.
3. Variklinė alyva “Pemco 10w40”.
4. Tepalo priedas “RVS master grace”.
5. Tepalo priedas “RVS master transmission”.
6. Tepalo priedas “RVS tech T3 transmission”.

Žemiau pateiktos alyvų techninės charakteristikos.

1. Plastinis tepalas “Autol Top 2000”  
tepalo techninės charakteristikos

3.1 lentelė.

	Reikšmė	Vienetai	
Spalva			Žalia, fluorescencinė
Tankis	20° C	g/m <sup>3</sup>	0,91-0,95
Bazinės alyvos klampumas	40° C 100° C	mm <sup>2</sup> /s mm <sup>2</sup> /s	800 70
Skystėjimo temperatūra		° C	150
Darbinė temperatūra		° C	-30- +120 +125

2. Transmisinė alyva “Pemco 80w90”  
Alyvos techninės charakteristikos

3.2 lentelė.

	Reikšmė	Vienetai	
SAE ženklavimas			80w-90,API GL-5
Tankis	15° C	g/m <sup>3</sup>	0,90
Bazinės alyvos klampumas	40° C 100° C	mm <sup>2</sup> /s mm <sup>2</sup> /s	182,2 17,8
tirštėjimo temperatūra		° C	-30
Užsidegimo temperatūra		° C	+210

3. Variklinė alyva “Pemco 10w90”  
Alyvos techninės charakteristikos

3.3 lentelė.

	Reikšmė	Vienetai	
SAE ženklavimas			10w-40,API SN/CF
Tankis	15° C	g/m <sup>3</sup>	0,874
Bazinės alyvos klampumas	40° C 100° C	mm <sup>2</sup> /s mm <sup>2</sup> /s	92,2 13,96
tirštėjimo temperatūra		° C	-35
Užsidegimo temperatūra		° C	+226

4. Tepalo priedas “RVS master transmission”  
Tepalo priedo techninės charakteristikos

3.4 lentelė

	Reikšmė	Vienetai	
SAE ženklavimas			10w-40,API SN/CF
Tankis		g/m <sup>3</sup>	-
Bazinės alyvos klampumas	40° C 100° C	mm <sup>2</sup> /s mm <sup>2</sup> /s	9-460 -
tirštėjimo temperatūra		° C	-
Užsidegimo temperatūra		° C	144-258
Mineralinė alyva		%	80-92
Sintetinė alyva		%	2-20
Organinis metalo keramikos mišinys (Nb-Me(IV A)-C <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O)		%	1-5

5. Tepalo priedas “RVS Tech transmission”  
RVS Tech duomenų apie sudėtį nepateikta.

### 3.2.2. Numatomi tyrimo etapai

1. Guoliai nauji – apsisukimai pastovūs, apkrova pastovi, alyva keičiasi.
2. Guoliai eksploatuoti – apsisukimai pastovūs, apkrova pastovi, alyva keičiasi.
3. Guoliai eksploatuoti – apsisukimai pastovūs, apkrova kinta, alyva transmisinė
4. Guoliai eksploatuoti – apsisukimai pastovūs, apkrova kinta, alyva transmisinė su RVS priedais
5. Guoliai eksploatuoti – apsisukimai pastovūs, apkrova kinta, alyva variklinė
6. Guoliai eksploatuoti – apsisukimai pastovūs, apkrova kinta, alyva variklinė su RVS priedais
7. Guoliai eksploatuoti - apsisukimai pastovūs, apkrova pastovi, alyva- be tepimo po transmisinės su RVS

### 3.2.3. Sukimosi greitis ir apkrova

Tam, kad eksperimentai neužtruktų ilgą laiką, kūginių guolių bandymos sąlygos bus intensyvesnės nei esant normaliai eksploatacijai. Lengvajam automobiliui važiuoti 180 km/h nėra sudėtinga užduotis, tačiau ratų guoliai dirba gan intensyviu režimu. Esant tokiam automobilio greičiui, guoliai sukasi 1500 aps./min. greičiu. Todėl eksperimentui numatomas toks guolių sukimosi dažnis, kuris vykdant eksperimentus bus pastovus.

Automobiliui judant 180 km/h greičiu, apkrovos tenkančios guoliui tiek radialine, tiek ašine kryptimi dėl automobilio svorio ir dinaminių apkrovų kyla žymiai didesnės nei, pavyzdžiui, jam judant 50 km/h greičiu. Apkrovų, tenkančių guoliui, tiek radialine, tiek ašine kryptimi išmatuoti realiomis sąlygomis važiuojant 180 km/h nebuvo galimybių, todėl sudėtingas sąlygas guoliams tirti imituosime didesne ašine jėga, nes taip bus paprasčiau organizuoti eksperimentą. Naudojant vien tik ašinę apkrovą bus tolygiau apkrautas guolis. Dirbs visi guolio ritinukai. Dilimas turėtų būti tolygus ir intensyvus. Lyginant su realia situacija tokiu apkrovimu bus išvengta atsitiktiniu dideliu kintamų dinaminių apkrovų poveikio, kada, galbūt, net gali ir subyrėti guolis. Šiuo atveju bus sukurtos sudėtingos sąlygos guolio darbui, tačiau tolygios ir „reguliuojamos“. Taigi planuojama maksimali apkrova iki 5000 kg ašine kryptimi.

Taigi tokios sąlygos buvo iškeltos tribologiniam stendui susiprojektuoti ir pasigaminti.

Eksperimento metu guoliams bandyti buvo taikytos šios reikšmės:

- Guolio sukimosi dažnis 1500 aps./min.
- Dilimo procesui ir kitiems tikslams pasiekti, ašinė apkrova nuo 400 kg iki 3000 kg.

## 3.3. Tyrimo priemonės

### 3.3.1. Bandymų stendas

Bandymų stendo paskirtis yra perduoti reikiamo dydžio apkrovą į konstrukciškai numatytą ašį. Užspaudimo mechanizmas buvo projektuojamas ir konstruojamas naujai. Medžiagų reikalingų konstrukcijai didžiąją dalį 90 proc. parūpino universitetas. Pavaros mechanizme panaudota diržinė pavara dėl jos paprastos konstrukcinio, nesudėtingo eksploatavimo ir lengvo modifikavimo galimybės. Pats mechanizmas buvo projektuojamas taip jog jis būtų lengvai aptarnaujamas. Mechanizme buvo stengiamasi išvengti techniškai sudėtingu mazgų dėl sudėtingo aptarnavimo ir remonto. Tad jis sukonstruotas taip, jog esant reikalui būtų nesunku pakeisti darbinius parametrus.





3.2 pav. Tribologinis stendas guolių tyrimui: 1 – svorio tvirtinimo vieta, 2 – jėgos pridėtinės taškas į suklio ašį per atraminio guolio guoliavietę, 3 – elektros variklis, 4 – bandomojo guolio guoliavietė, 5 – jungiklis.

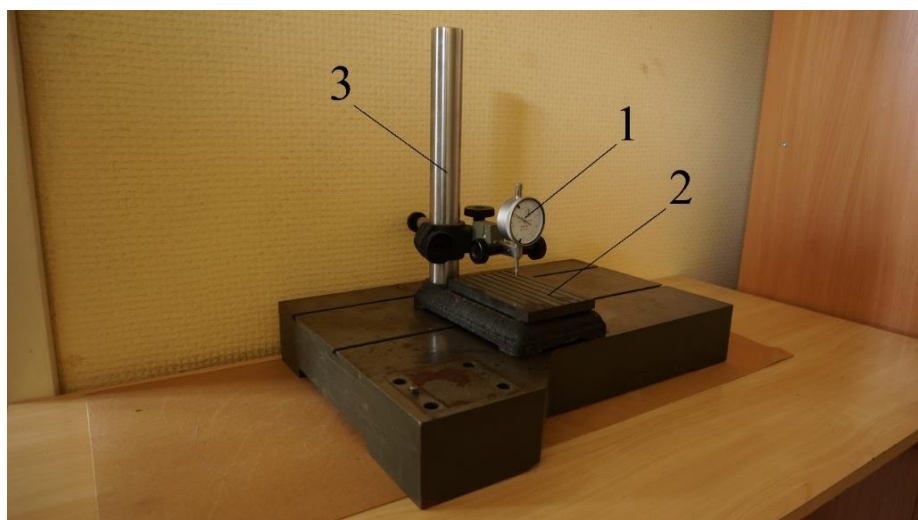
Stendo techninės charakteristikos:

- Elektros variklio galia 1500 W.
- Elektros variklio sukimosi dažnis 1500 aps./min.
- Diržinės pavaros perdavimo santykis 1.
- Mažiausia prispaudimo jėga 400 kg.  
Didžiausia projektinė prispaudimo jėga 5000 kg.

### 3.3.2. Tyrimui naudojamos matavimo priemonės

#### - Aukštimateis laikrodis

- Guolio aukščio matavimui buvo naudojamas laikrodis “HOLEX” su 0,01 mm padalos verte.



3.3 pav. Guolio aukščio matavimo įtaisas: 1 – laikrodis indikatorius, 2 – matavimo plokštė, 3 – stovas

- **Profilometras** [12]

Guolių riedėjimo takelių šiurkštumas  $R_a$  buvo išmatuotas naudojant kompanijos *GARANT* profilometrą- profilografą *ST1* (3.4 pav.). Profilografas turi šiuos rodiklius: nelygumų profilogramos didinimas iki 100 tūkst. kartų; registruojami nelygumai nuo 0,02 iki 350  $\mu\text{m}$ ; adatų smaigalio suapvalinimo spindulys  $0,01 \pm 0,0025$  mm arba  $0,02 \pm 0,002$  mm; matavimo jėga ne didesnė kaip 0,1 N; adatos traukimo greitis – 0,06; 6 arba 60 mm/min; matavimo ilgis kinta nuo 1 iki 17,5 mm, matavimo neapibrėžtis – 0,6 %.



3.4 pav. Garant ST1 profilometras [11]

- **Metalografinis mikroskopas** OLYMPUS BX41M su Megapixel FireWire kamera [7]

- Temperatūros matavimo priemonė **pirometras, termopora, multimetras**

### 3.4 Tyrimo metodika

#### 3.4.1. Tyrimo objektų parinkimas.

Nauji N (3.X lentelė) ir eksploatuoti D (3.X lentelė) guoliai bus bandomi prie 1500 aps./min. sukimosi dažnio, veikiant 1500-2000 kg ašinei apkrovai. Guoliai bus bandomi skirtingose alyvose.

Eksperimento eigoje numatoma reguliariai stabdyti guolį kas 3h ir atlikti šiuos guolio parametrų matavimus:

1. Guolio išorinio žiedo paviršiaus šiurkštumo  $R_a$  matavimas.
2. Ritinukų paviršiaus šiurkštumo  $R_a$  matavimas.
3. Trinties paviršių vizualinis įvertinimas ir foto-fiksavimas su mikroskopu.
4. Temperatūros matavimas kas 10 minučių.

### 3.4.2. Planuojamas guolių tepimas eksperimente

3.5 lentelė.

Guolis/tepalas	“Autol Top 2000”	Pemco 80w90	Pemco 10w40	RVS master	RVS tech
N1	X			X	
N2		X		X	
N3			X		
N4	X	X		X	
N5		X		X	
D1		X		X	
D2		X			X
D3		X			X
D4		X		X	
D5		X			X
D6	-	-	-	-	-
D7		X		X	
D8		X			X

### 3.4.3 Tiriamų objektų techninių parametų matavimas

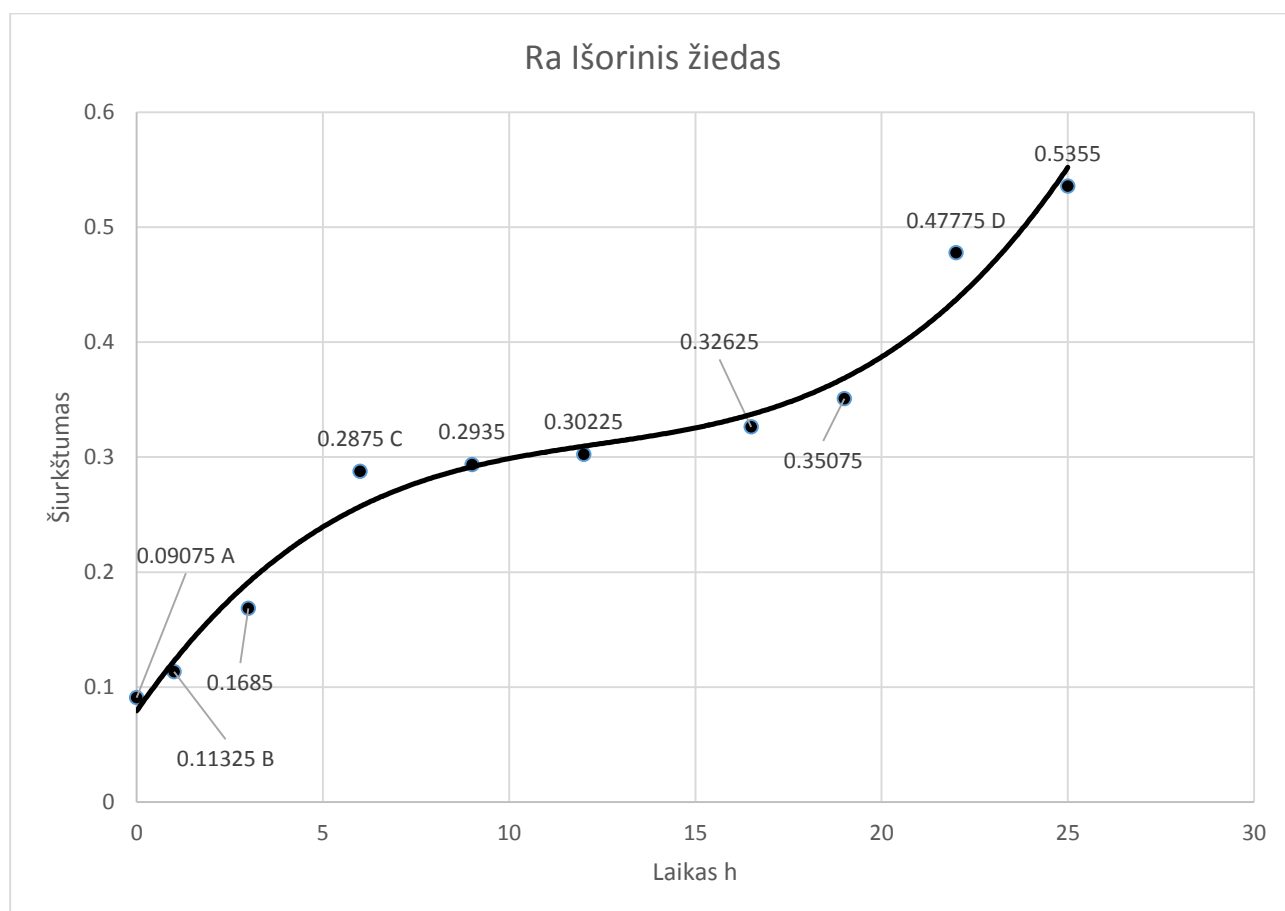
1. Pirometras, multimetras-termopora. Temperatūros matavimas su multimetru-termopora buvo atliekamas kas 10 minučių į specialiai paruoštas skilutes įstatant termo porą. Skilutės buvo išgręžtos kaip įmano arčiau darbinių paviršių.
2. Guolio aukštis buvo matuojamas skirtingose guolio vietose išorinį žiedą prasukant 90 laipsnių.
3. Guolio žiedo šiurkštumo parametų matavimas. Žiedo šiurkštumo matavimai buvo atliekami su profilometru “GRANT ST1” atliekant 5,6 mm bazinės linijos ilgyje. Matavimai atliekami 4 vietose žiedą prasukant 90 laipsnių.
4. Guolio kūginio ritinėlio šiurkštumo matavimas. Ritinukų šiurkštumas buvo matuojamas atsitiktinai parenkant ritinukus. Tolimesni veiksmai identiški žiedo matavimo
5. Metalografinis paviršiaus tyrimas. Tyrinėjant guolius su metalografiniu mikroskopu nesitikima gaut tikslių parametų, o tiesiog vizualiai įvertinti guolio darbinių paviršių būklę ir jas palyginti, fiksuoti atsirandančius paviršiaus pažeidimus. Po kiekvieno bandymo guoliu darbiniai paviršiai buvo fotografuojami įvairiai priartinant tuo siekiant vizualiai stebėti pokyčius.
6. Vizualinis tyrimų objektų trinties paviršių fotoregistravimas ir apibūdinimas.

## 4. TYRIMO REZULTATAI

### 4.1. Naujų kūginių guolių rezultatai nustatyti įvairiomis sąlygomis

Pateikiami charakteringi guolių parametrų kitimai. Kiti mažiau charakteringi guolių parametrai pateikiami prieduose.

**Bandinys Nr. N1.** Bandymas atliktas su nauju kūginiu guoliu. 4.1 Paveiksle pateikta išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko. Apkrova 1500 kg, tepalas Top 2000.



4.1 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

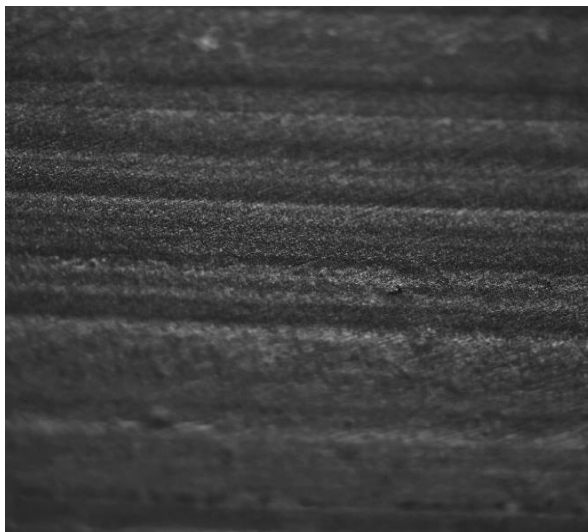
Bandymams parinktas naujas ritininis guolis. Pamatavus naujo išorinio žiedo šiurkštumą buvo pradėtas bandymas. Darau prielaidą kad po 9 valandų 810 000 ciklų darbo (4.1 pav.), guolio paviršiai prisidirbo šiurkštumas daugiau nebeaugo. Po 13 valandų apie 1 170 000 ciklų bandimų matomas sąlyginai staigus 66,1 proc. šiurkštumo augimas bei paviršiu ištrupėjimas. Darau prielaida, kad ritinuko metale pasireiškė didelis nuovargis ir metalas nebeatlaiko įtempimų. Paskutinį ciklą 3 valandas arba 270 000 ciklų į tepalą buvo įmaišyta tepalo priedo RVS master.



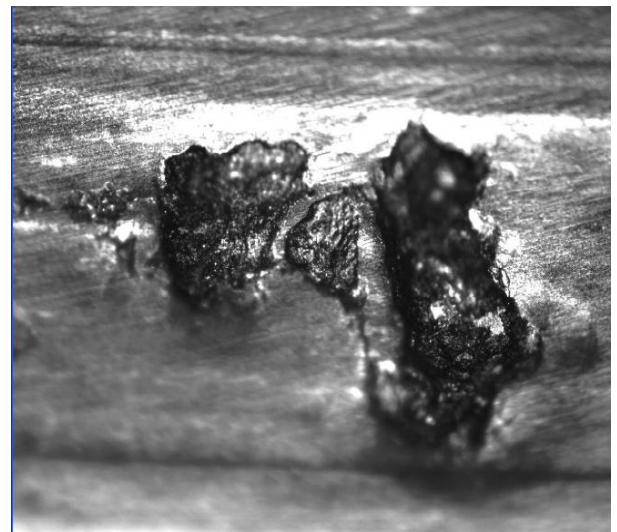
a



b



c

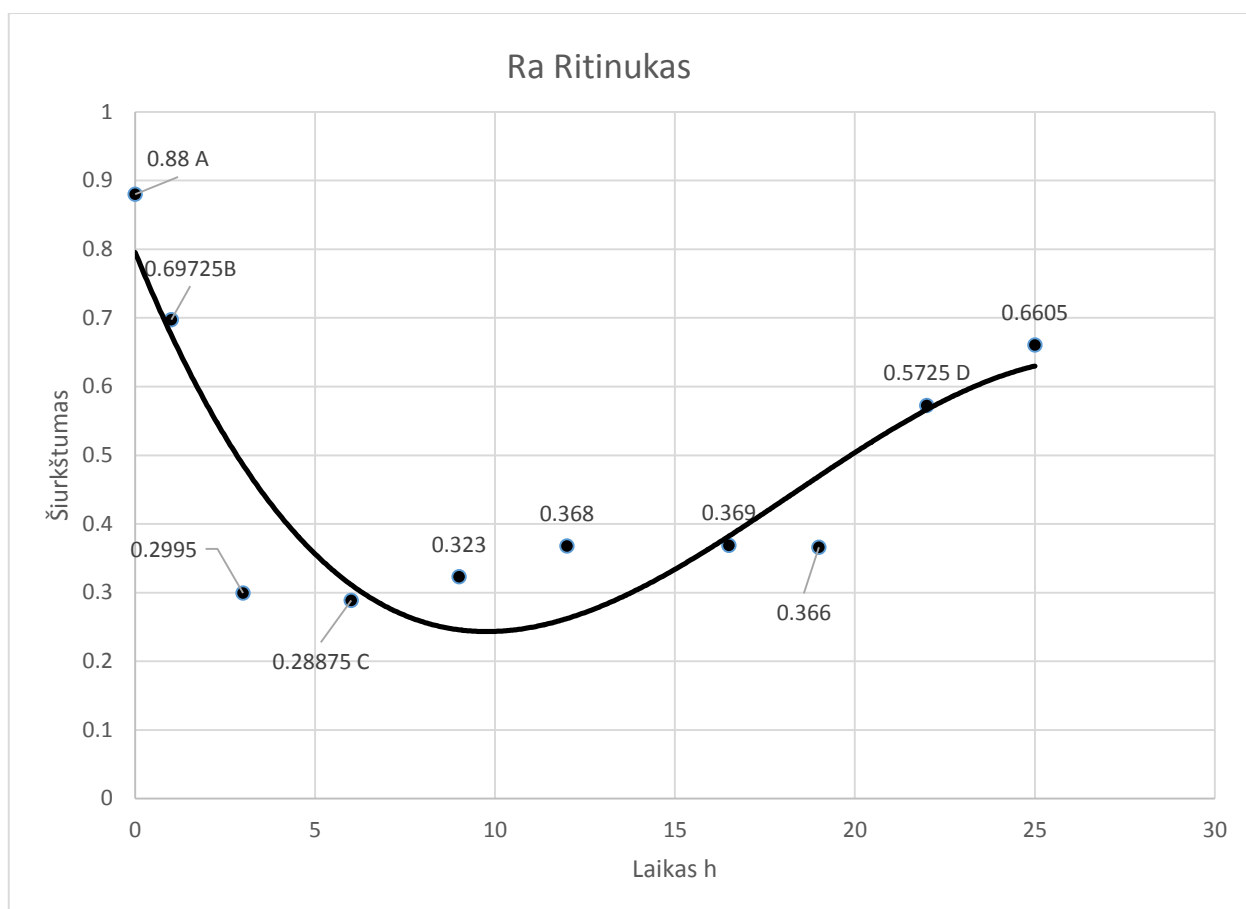


d

4.2 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 90 000 ciklų, c – po 540 000 ciklų, d – po 1 980 000 ciklų

Paveiksle (4.2 pav), parodyta guolio Nr.1 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. 4.2 pav. b – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų. Po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.2 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (4.2 pav., d) guolio darbinis paviršius „pavargo“ ir pradėjo trupėti.

**Bandinys Nr. N1** Bandymas atliekamas su nauju kūginiu guoliu. 4.3 paveiksle parodytas ritinėlių darbinių paviršių šiurkštumas. Apkrova 1500 kg, tepalas Top 2000.



4.3 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Pastebėtas labai didelis pradinis ritinuko šiurkštumas (4.3 pav.). Tai gal būt įtakoja jų gamybos technologija bei apdirbimas. Iš grafiko matosi, kad per 6 h, 540 000 ciklų šiurkštumas susilygina su išorinio žiedo, tad darau prielaidą, kad guolio ritinukas yra pagamintas ir minkštesnio plieno ir jo šiurkštumo parametrai gali neatitikti išorinio žiedo. Toliau 16 h, 1 460 000 ciklų šiurkštumas lėtai kito iki taško B (4.3 pav.). Pasiekus 22 h, 1 910 000 ciklų šiurkštumas ima didėti, nes metale pasireiškė didelis nuovargis ir metalas nebeatlaiko įtempį, o atitrukusios dalelės tik paspartino tolimesnį dilimą.



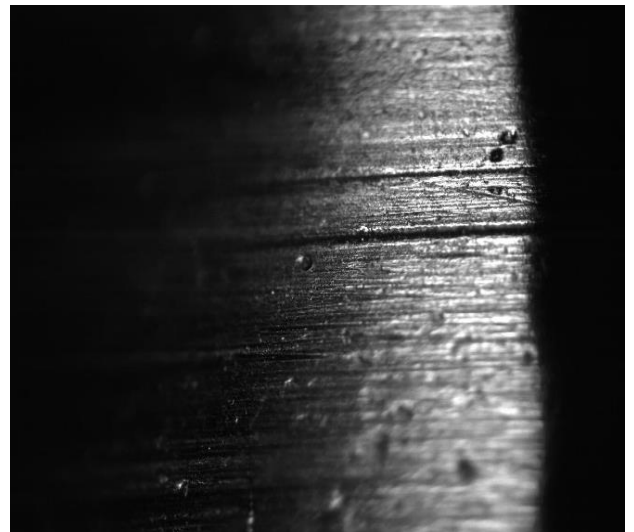
a



b



c

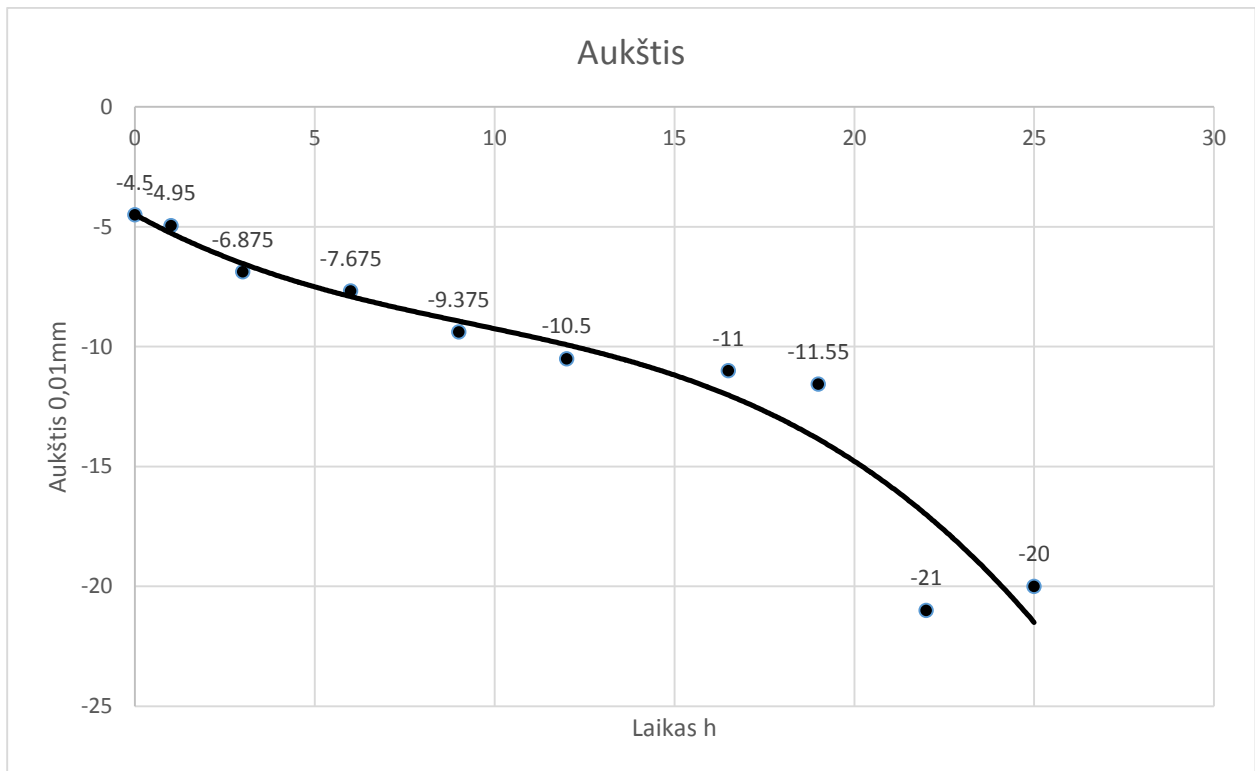


d

4.3 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 90 000 ciklų , c – 540 000 ciklų, d – po 198 000 ciklų

Paveiksle (4.3 pav) parodyta guolio Nr.1 (4.3 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. 4.3 pav. b – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų paviršiuje matyti išsidėjimo linijos ir duobutės. (4.3 pav., c) po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėjimo linijos. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (4.3 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilios išsidėjimo linijos, tai galejo įtakoti išorinio žiedo trupėjimas.

**Bandinys Nr. N1** Bandymas atliekas su nauju ritiniu guoliu. Grafikas ritinio guolio aukštis. Apkrova 1500 Kg, tepalas „Autol Top 2000“.

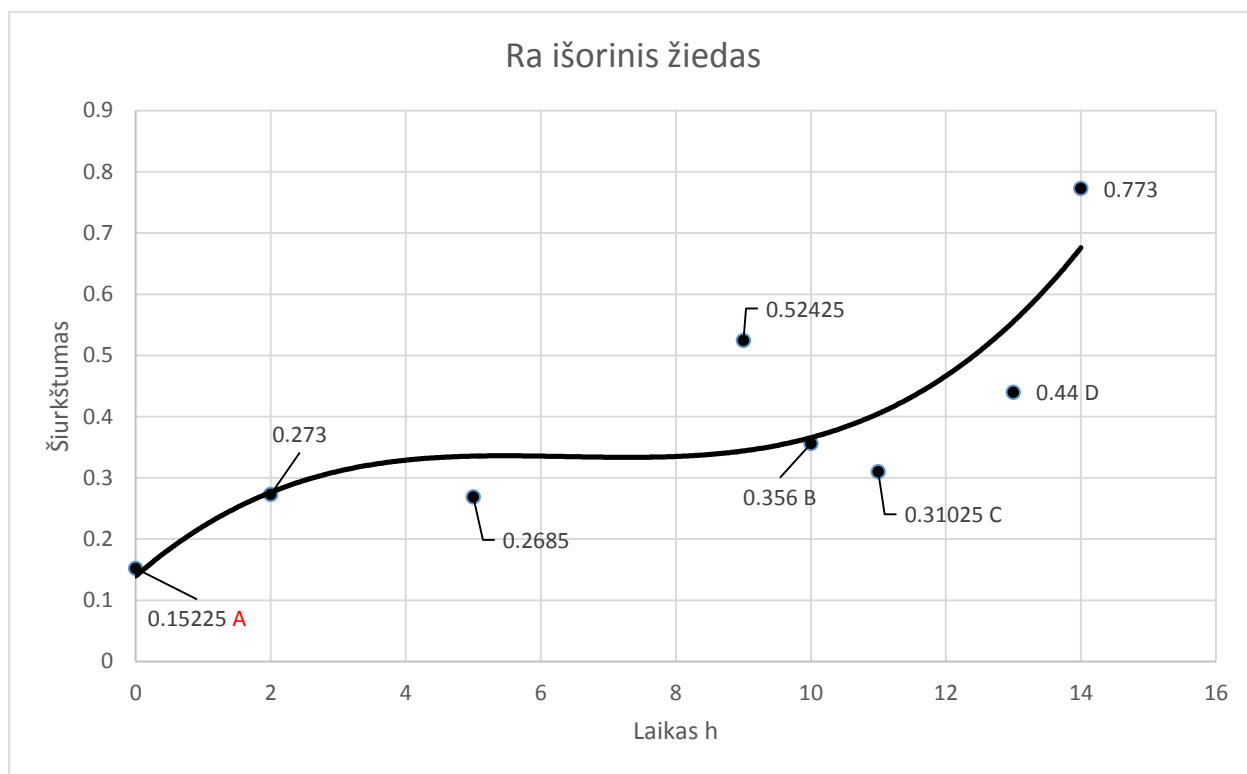


4.4 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Paveiksle (4.4 pav) atspindi Nr.N1 guolio aukščio kitimas. Atliekant aukščio kitimo bandymą buvo siekiama nustatyti bazinę ribą, kaip turėtų dilti guolis plastiniame tepale. Visus 2 000 000 ciklų aukščio kitimas buvo stabilus. Tačiau po 2 000 000 ciklų pasireiškęs staigus aukščio kritimas sutampa su išorinio žiedo bei ritinuko šiurkštumo parametų didėjimu ir įrodo metalo nuovargį bei ištrupėjimą.

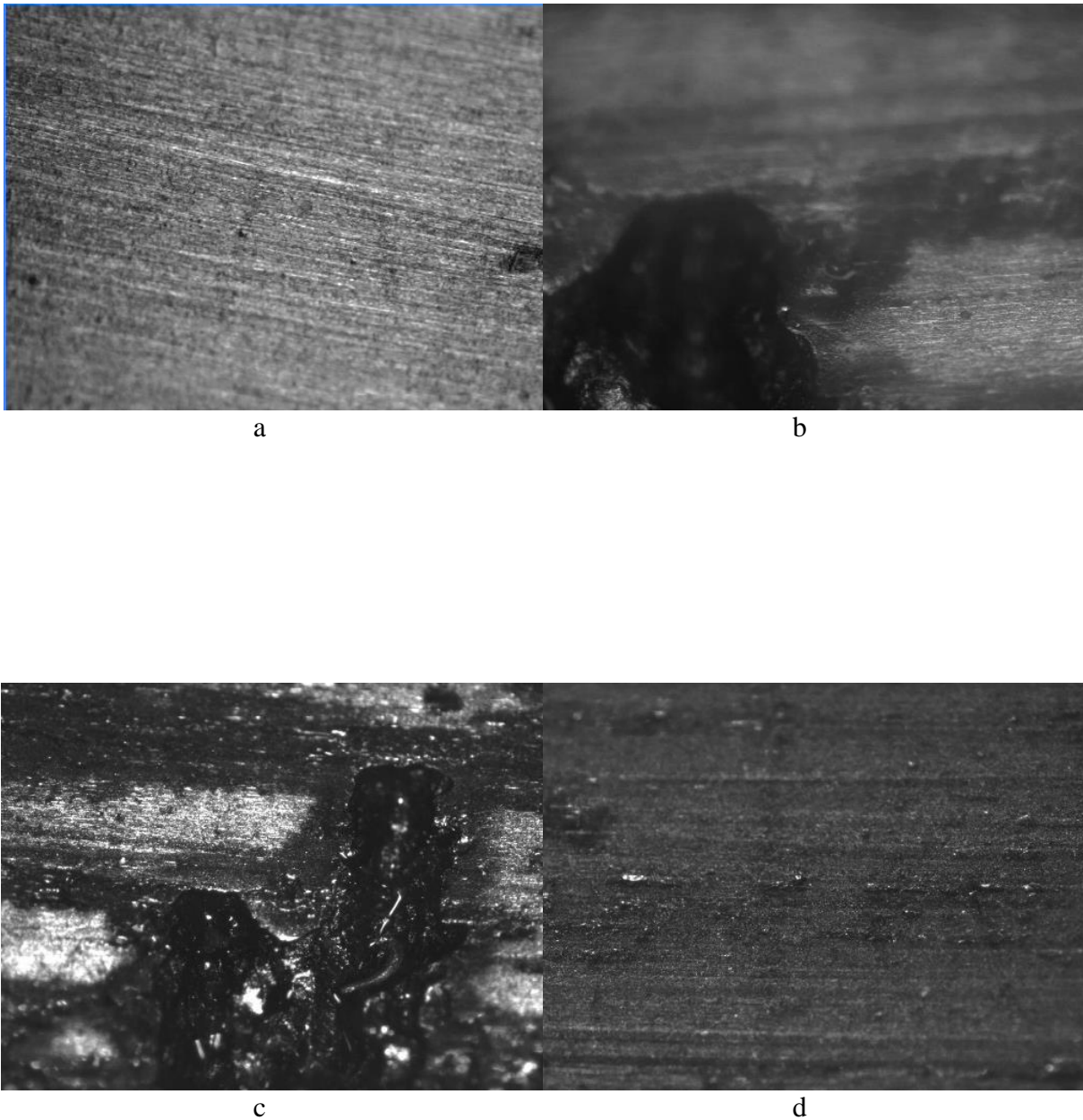


**Bandinys Nr. N2** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



4.5 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

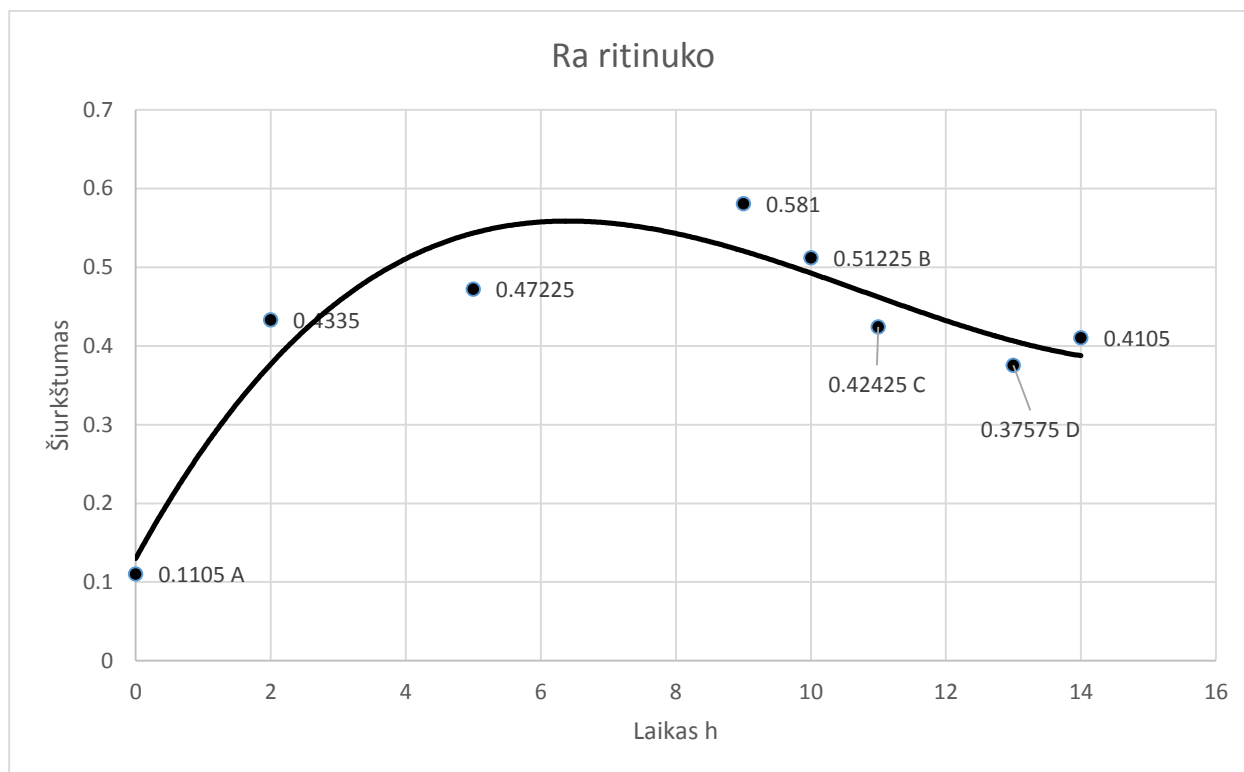
Bandomas naujas guolis (4.5 pav). Prieš bandymą guolis buvo išmatuotas ir nufotografuotas išorinio žiedo paviršius. Guolis buvo bandomas transmisinėje alyvoje 80w90. Po 9 h 810 000 ciklų šiurkštumas buvo padidėjęs apie 350%, tad buvo nuspresta įpilti tepalo priedo RVS master. Laikantis visų reikalavimų 1 h 90 000 ciklų guolis dirbo neapkrautu režimu. Taške B buvo pastebėtas 68% paviršiaus šiurkštumo sumažėjimas. Toliau tęsiant bandymą apkrova buvo padidinta iki 400 kg. Atlikus 90 000 ciklų šiurkštumas kito nežymiai paviršius dar sušvelnėjo apie 12 % sumažėjo. Iš nuotraukos ( C pav) galima matyti dangos nykimo tendencijas. Toliau tesiant bandymą apkrova nekito, tačiau atlikus 180 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 42%, o dar po 90 000 ciklų šiurkštumas išaugo 75%.



4.6 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 900 000 ciklų, c – po 990 000 ciklų, d – po 1 170 000 ciklų

Paveiksle (4.6 pav) parodyta guolio Nr.2 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.6 pav., a), kai paviršius šiurkštumas yra tolygus. (4.2 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 900 000 ciklų. Pastebėtas dangos nuvargio susidariusios duobės. Tačiau galime pastebėti plotelius kurių dangos struktūra panaši į pradinę. Atlikus 990 000 ciklų (4.2 pav., c) žiedo darbiniam paviršiuje plotelių plotas yra ženkliai sumažėjęs. Po 1 170 000 ciklų skaičiaus (4.6 pav., d) guolio darbinis paviršius „pavargęs“ ir pradėjo trupėti visame žiedo darbiname paviršiuje.

**Bandinys Nr. N2** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas ritinėlių šiurkštumo. Apkrova 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master

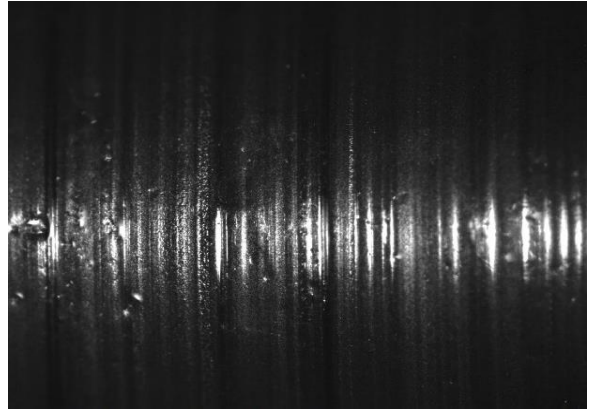


4.7 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

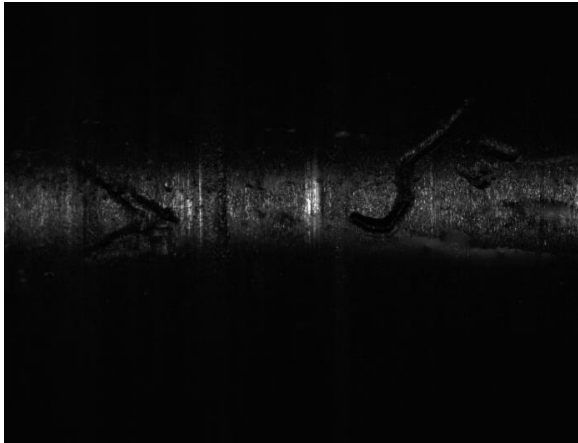
Ritinukų šiurkštumo (4.7 pav), kitimo tendencijos buvo panašios į išorinio žiedo. Per 180 000 ciklų jų šiurkštumas kito labai žymiai 292%. Tai galima būtų paaiškinti silpnesniu ritinukų plieniu bei juose apdirbimo metu likusiais įtempiais. Toliau tęsiant bandymus iki taško B apkrova nekito ir per 630 000 ciklų šiurkštumas padidėjo tik 34%. Tai galėjo įtakoti ritinukų kontaktinis plotas. Jis galėjo būti didesnis, dėl to, kad ritinukai prisidirbo prie išorinio žiedo paviršiaus reljefo. Pradėjus apdirbimą RVS master tepalo priedu vykdant gamintojo reikalavimus apkrova buvo sumažinta iki 0 kg. Šiurkštumas po 90 000 ciklų sumažėjo 11,8%. Baigus pirminį apdirbimą apkrova buvo padidinta iki 400 kg šiurkštumas sumažėjo dar 26,5%. Tačiau tęsiant bandymus su ta pacia apkrova šiurkštumo parametrai padidėjo 9%.



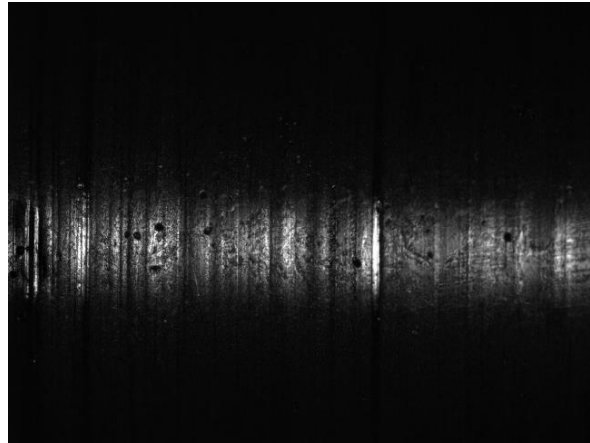
a



b



c

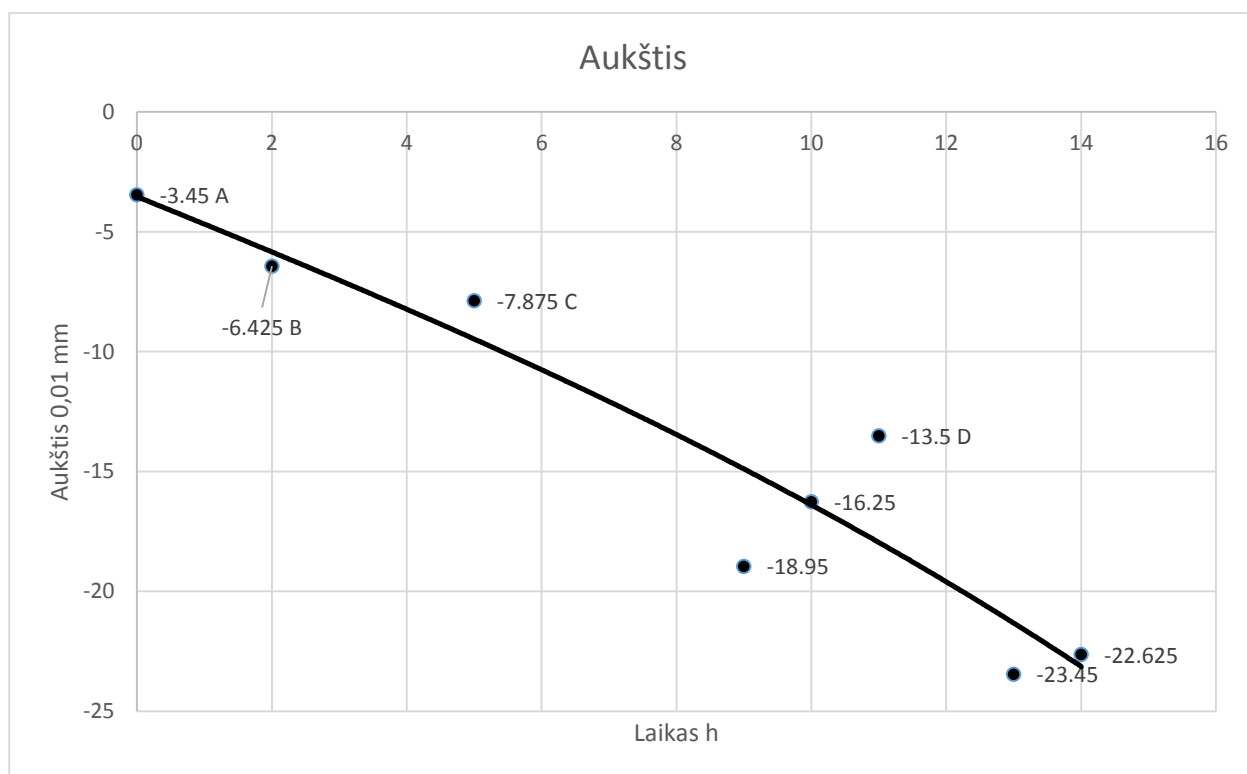


d

4.8 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 900 000 ciklų, c – 990 000 ciklų, d – po 1 170 000 ciklų

Paveiksle (4.8 pav), parodyta guolio ritinuko Nr.2 (4.8 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršiaus šiurkštumas yra nedidelis. (4.8 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 900 000 ciklų ritinukų paviršiuje matyti išsidėvėjimo linijos ir duobutės. (4.8 pav., c) po 990 000 ciklų ritinukų darbiniai paviršiai pradėjo trupėti. Po 1 170 000 ciklų skaičiaus (4.8 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilios išsidėvėjimo linijos.

**Bandinys Nr. N2** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimas. Apkrova 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master

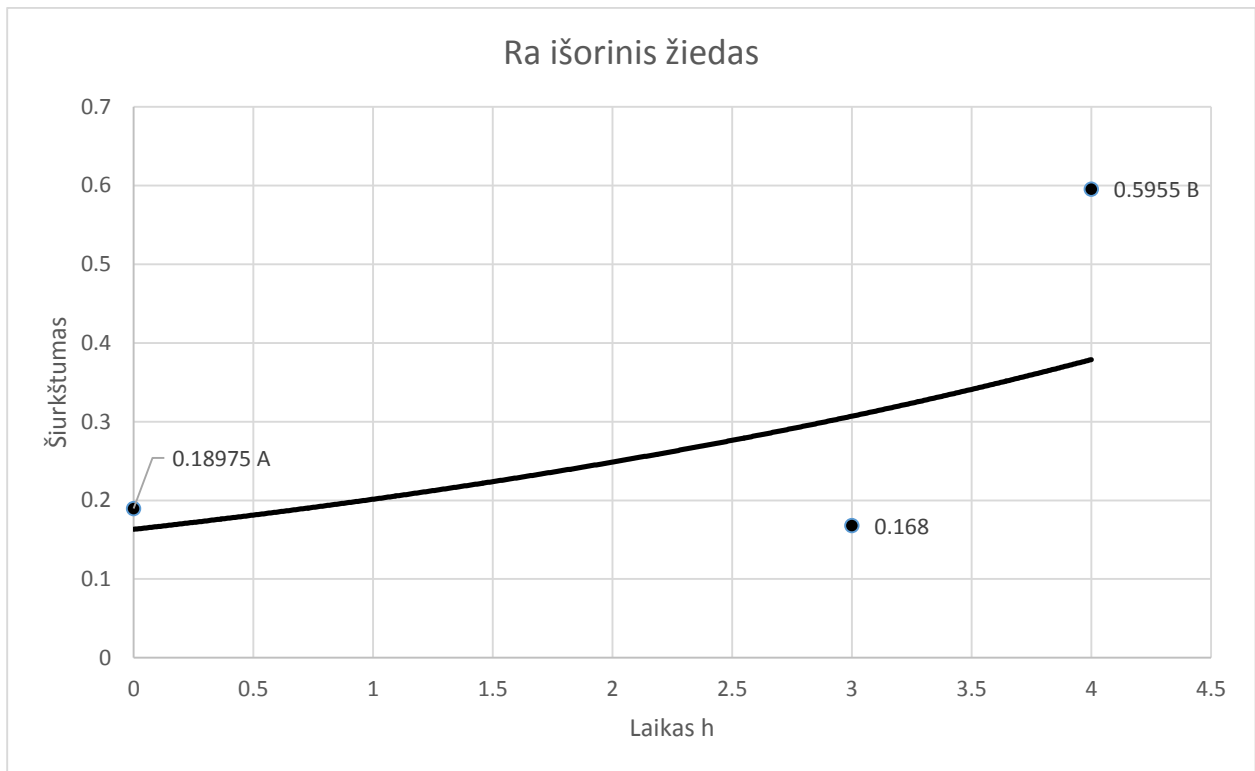


4.9 pav. Kūginio guolio aukščio priklausomybė nuo laiko

Atlikus matavimus (4.9 pav) guolio aukštis buvo 0,034 mm mažesnis už etalonini (A). Atlikus 180 000 ciklų aukštis sumažėjo 86 % nuo -0,345 iki -0,064 mm (B) lyginant su pradiniu aukščiu toks mažėjimas yra sąlyginai greitas lyginant su N1 guoliu tuo pačiu metu nudilimas buvo 29,6 % didesnis. Atlikus dar 180 000 ciklų pastebėtas 22,5 % aukščio mažėjimas iki -0,093 mm (C). Atlikus sekančius 180 000 ciklų guolio aukštis sumažėjo 140,7 % iki 0,189 mm. Atliekant apdirbimą su RVS Master tepalo priedu pagal reikalavimus apkrova sumažinama iki 0 kg. Atlikus 90 000 ciklų , auštis atsistatė 14,2 % iki -0,162 mm. Tęsiant bandymus be apkrovos ir atlikus dar 90 000 ciklų aukštis atsistatė 16,9 % iki -0,135 mm. Taške (D) apkrova yra atstatoma į pradinę 2000 kg. Atlikus 180 000 ciklų aukštis sumažėjo 73,3 % nuo 0,135 iki -0,234 mm. Per sekančius 90 000 ciklų aukštis pakito 3,4 % iki -0,226 mm.

Bendras aukščio mažėjimas yra 0,191 mm nuo -0,034 iki -0,226 mm.

**Bandinys Nr. N3** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 10w40 variklinė alyva



4.10 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

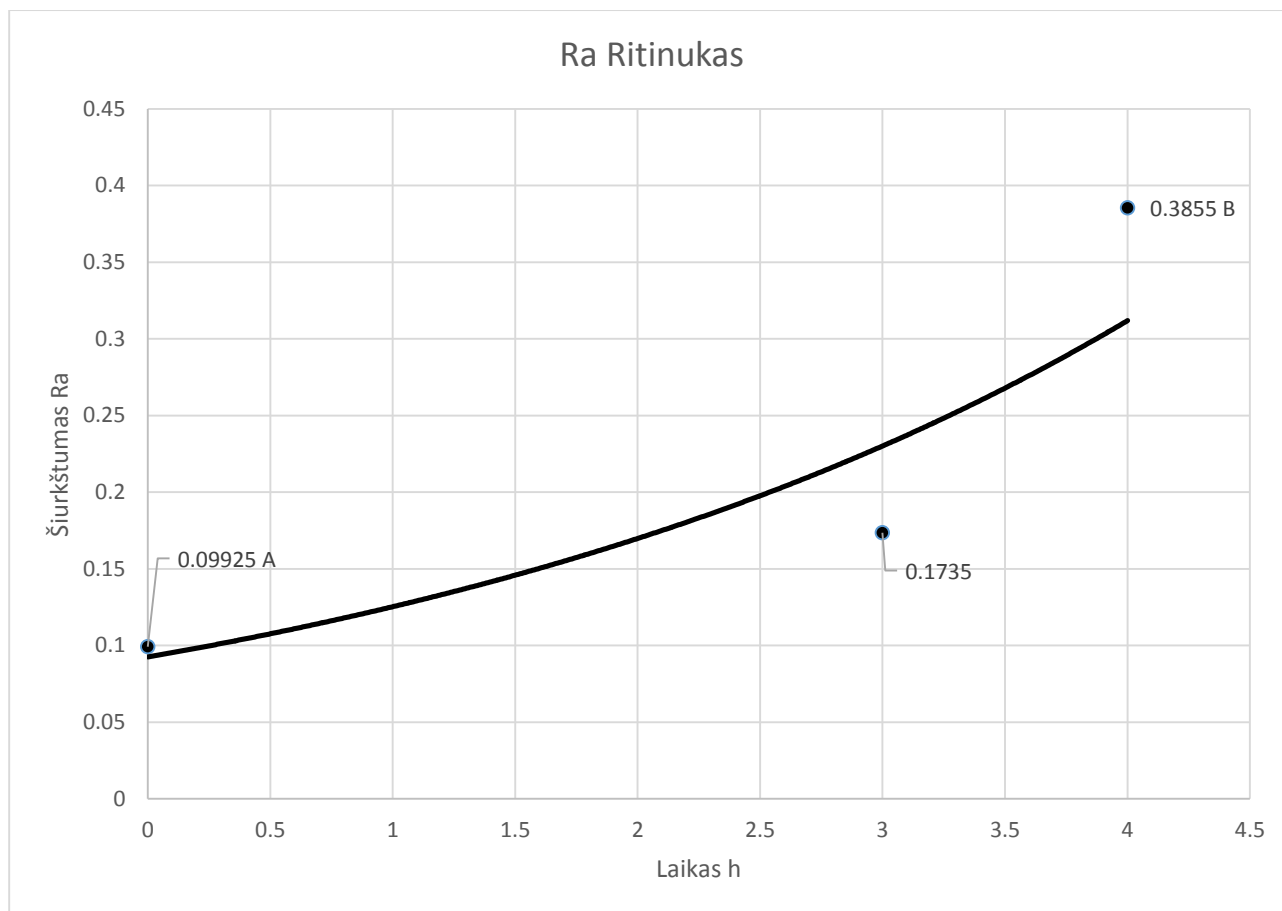
Bandymui pasirinktas naujas guolis. Tepimui pasirinkta variklinė pusiau sintetinė alyva 10w40. Šiuo bandymu buvo siekiama nustatyti bazines guolio dilimo charakteristikas naudojant 10w40 alyvą (4.10 pav). Tačiau kaip matyti iš surinktų po 360 000 ciklų išorinio žiedo paviršius pašiurkštėjo 215%. Tai yra santykinai greitas ir didelis šiurkštumo augimas. Lyginant su plastiniame tepale dirbusiu guoliu šis tokį pat šiurkštumą pasiekė 525% greičiau.



4.11 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 360 000 ciklų,

Paveiksle (4.11 pav), parodyta guolio Nr.3 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.11 pav., a), kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (4.11 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 360 000 ciklų pastebėtas paviršiaus pleišėjimas.

**Bandinys Nr. N3** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas ritinuko šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 10w40 variklinė alyva

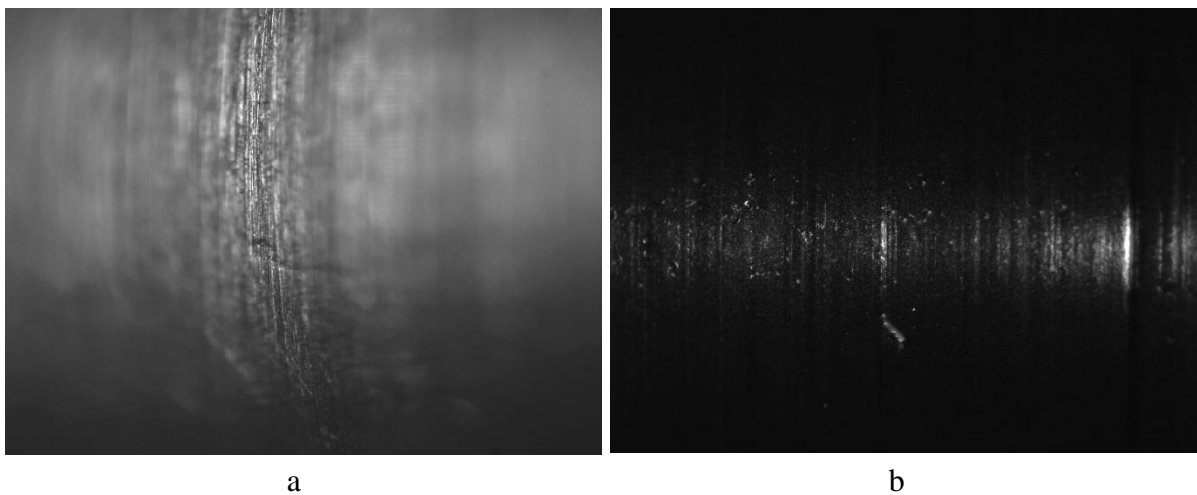


4.12 pav, ritinuko darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Naujo ritinuko pradinis šiurkštumas yra 0,099  $\mu\text{m}$  (4.12 pav). Atlikus 360 000 ciklų ritinukų paviršius pašiurkštumas padidėjo 82,5 % nuo 0,099 iki 0,173  $\mu\text{m}$ . Atlikus dar 90 000 ciklų šiurkštumo parametras padidėjo dar 122,5 % nuo 0,173 iki 0,385  $\mu\text{m}$ . Tai yra santykinai greitas ir didelis šiurkštumo augimas. Lyginant su plastiniame tepale dirbusiu guoliu šis tokį pat šiurkštumą pasiekė 525% greičiau.

Bendras šiurkštumo padidėjimas yra 3,8 karto nuo 0,099 iki 0,385  $\mu\text{m}$ .

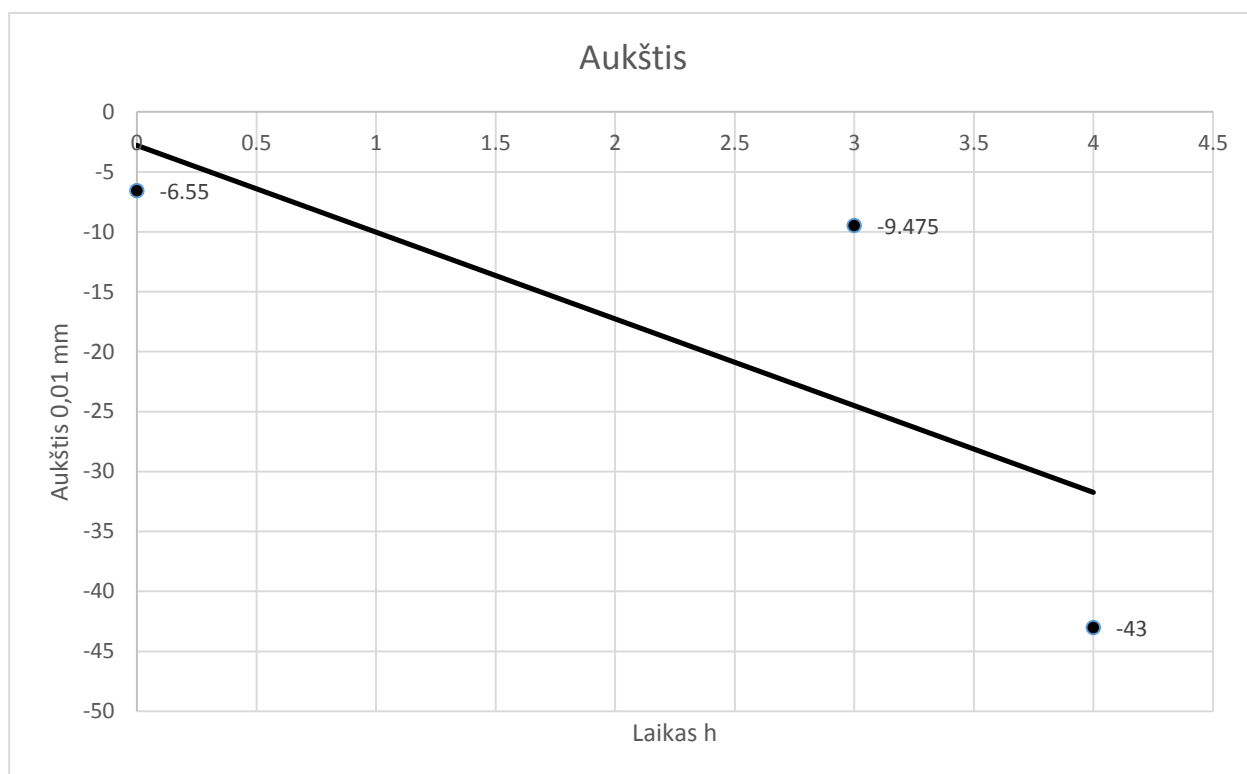




4.13 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršius po 90 000 ciklų ,

Paveiksle (4.3 pav) parodyta guolio ritinuko Nr.3 (4.3 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei. (4.3 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 360 000 ciklų paviršiuje matyti išsidėjimo linijos ir duobutės.

**Bandinys Nr. N3** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 10w40 variklinė alyva



4.14 pav. Kūginio guolio aukščio kitimo priklausomybė nuo laiko

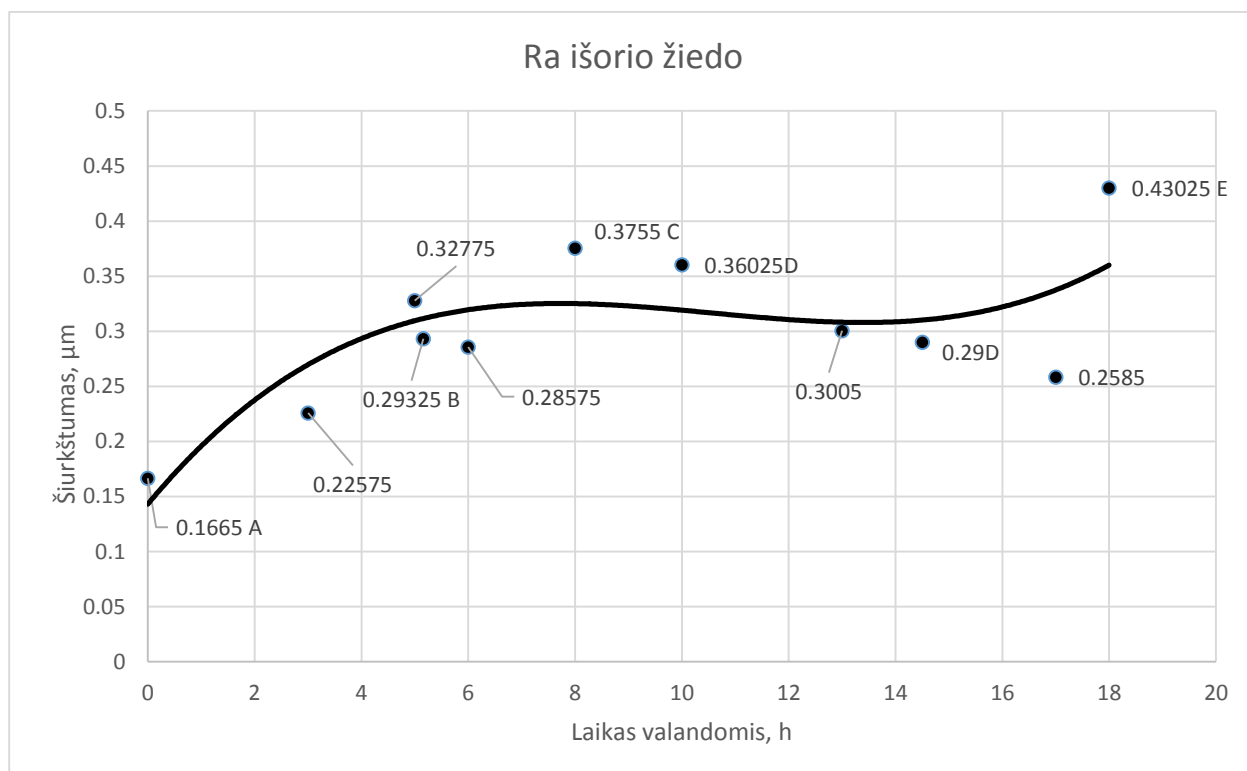
Iš pateiktų duomenų galime pastebėti (4.14 pav), kad per 270 000 ciklų, guolio aukščio pokytis buvo sąlyginai nedidelis tik 44 %. Tačiau per sekančius 90 000 ciklų guolis pradėjo intensyviai dilti. Aukštis sumažėjo 353,8 %. Tokio staigaus dilimo priežastis, gali būti pernelyg mažą klampą turinti alyva. Dėl mažos klampos trinties poroje negalėjo susiformuoti apsaugine tepalo plėvelė, todėl metalui pastoviai kontaktuojant tarpusavyje žymiai griečiau pasireiškė jo nuovargis, dėl kurio žymiai paspartėjo pleišėtumas bei dilimas. Tad dėl šios alyvos neigiamų savybių buvo nuspręsta jos bandymams daugiau nebenaudoti.

## 4.2 Naudoti guoliai įvairiomis sąlygomis

Pateikiami charakteringi guolių parametrų kitimai. Kiti mažiau charakteringi guolių parametrai pateikiami prieduose.

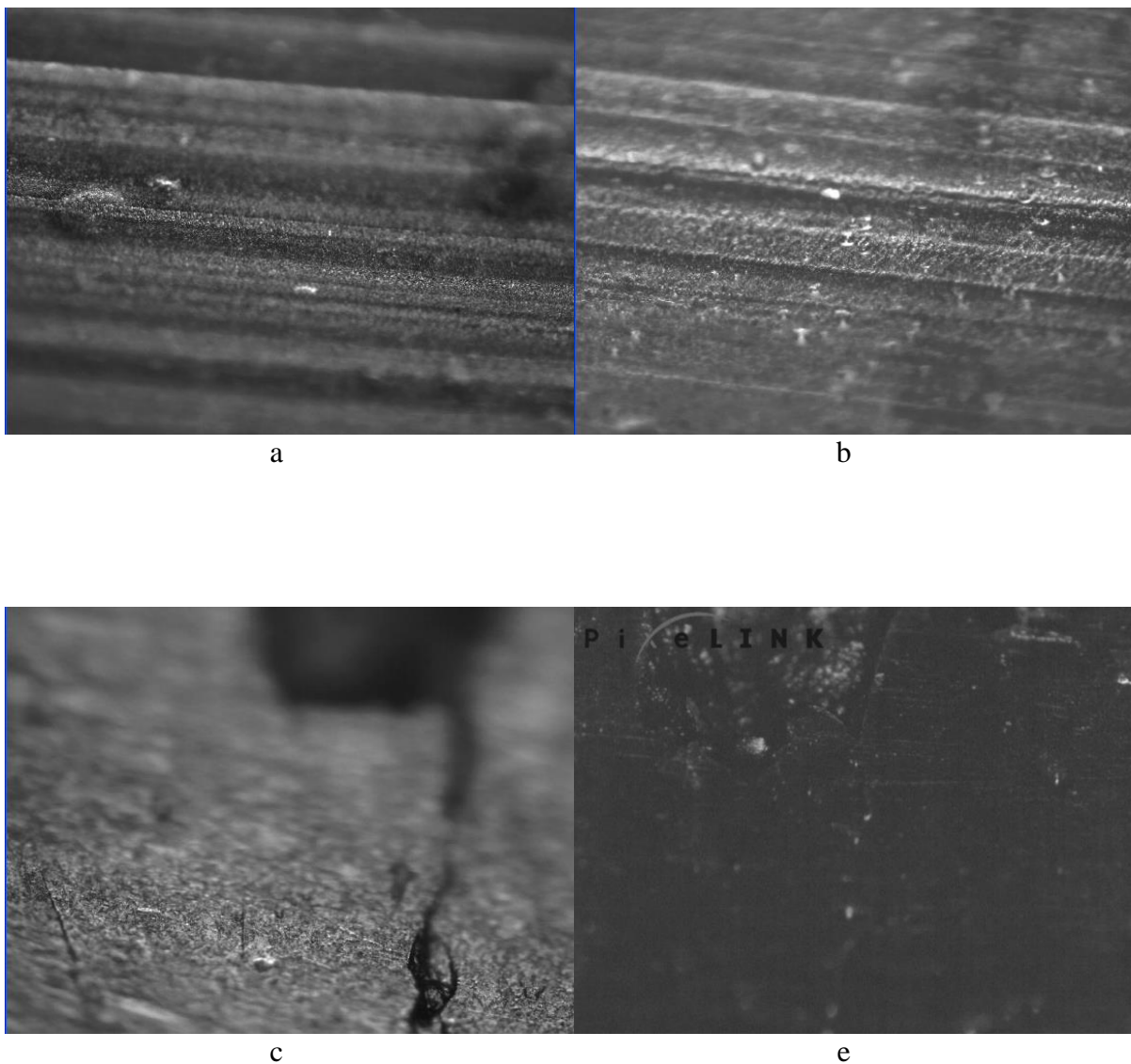
Bandinys Nr. D1 Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master.

Bandymams parinkti jau dėvėti ritininiai guoliai. Pamatavus išorinio žiedo šiurkštumą pastebėta sąlyginai nedidelis šiurkštumas, todėl darau prielaidą, kad guoliai yra dirbe labai gerai tepamoje terpėje, su nedidele apkrova ir nuovargis bei ištrupėjimas turėtų greitai nepasireikšti.



4.15 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Bandomas guolis buvo apkrautas 2000 kg pastovia apkrova (4.15 pav). Kaip matome iš grafiko per pirmas 270 000 ciklų šiurkštumo kitimas nebuvo labai staigus tik 35.5%. Tęsiant bandymus atlikus 450 000 ciklų šiurkštumas padidėjo dar 66,8% (C) iki 0,375  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymus ir atlikus 180 000 ciklų pastebėtas paviršiaus dangos nuovargis (D pav.). Tačiau šis nuovargis yra lokalinis ir tolimesniuose tyrimuose paviršiaus dangos pažeidimų nepastebėta. Iš viso atlikus 1 305 000 ciklų (D) ir pasiekus 0,29  $\mu\text{m}$  šiurkštumą lyginant su tašku (C) sumažėjo 22,6% toliau nuspręsta tęsti bandymus i tepalą įmaišant tepalo priedo RVS master. Toliau apdirbimas vykdytas pagal gamintojo reikalavimus. Atlikus 225 000 ciklų be apkrovos taške (D) paviršiaus šiurkštumas 11% sumažėjo. Atlikus pirminį apdirbimą apkrova buvo atstatyta i pradinę 2000 kg ir atlikta 90 000 ciklų. Atlikus matavimus paviršiaus šiurkštumas padidėjo 66% iki 0,43  $\mu\text{m}$ . Bendras šiurkštumo padidėjimas buvo nuo 0,16 iki 0,43  $\mu\text{m}$  tai yra 2,6 karto padidėjo.

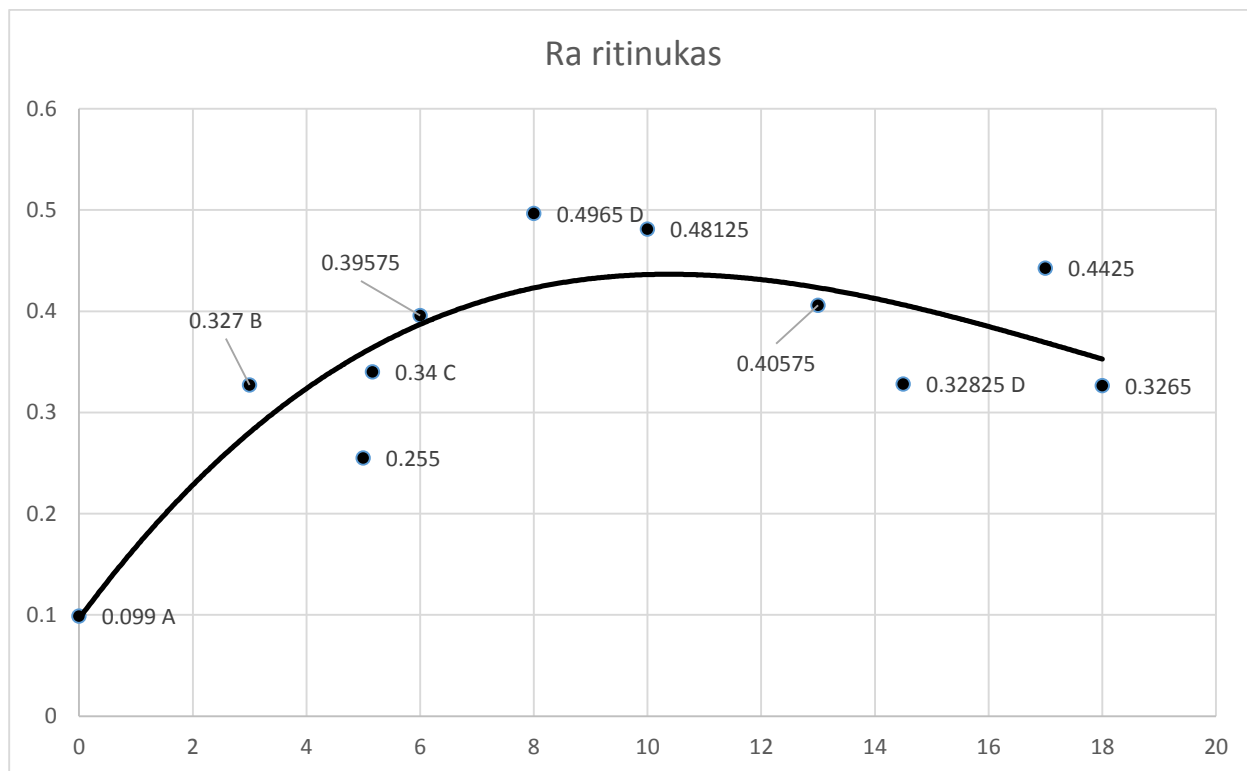


4.16 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 450 000 ciklų, c – po 810 000 ciklų, d – po 1 305 000 ciklų

Paveiksle (4.16 pav), parodyta naudoto guolio Nr.1 paviršiaus kokybė, esant pradinei jo būklei (4.16 pav., a), Darbinis paviršius yra mažai nusidėvėjęs, pastebimos nedidelės duobutės . (4.16 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 450 000 ciklų. Pastebimas padidėjusios išsidėvėjimo linijos, bei pagausėjusios mažų duobučių skaičius. Po 810 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.16 pav., c) matyti metalo „nuovargis“ ko pasekoje darbinis paviršius ima trūpėti.. Po 1 305 000 ciklų skaičiaus (4.16 pav.,e) guolio darbinių paviršių „nuovargis“ pasireškė visame žiedo darbiniam paviršiuje.

**Bandinys Nr. D1** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas ritinuko . Apkrova 2000 Kg, pusiau sintetinė transmisinė alyva Pemco 80w90 su tepalų priedu RVS master.

Atlikus pradinius ritinuko šiurkštumo matavimus pastebėtas nedidelis šiurkštumas tai leidžia daryti prielaidą, kad kaip ir išorinis žiedas ritinukai turėtų būti geros būklės.

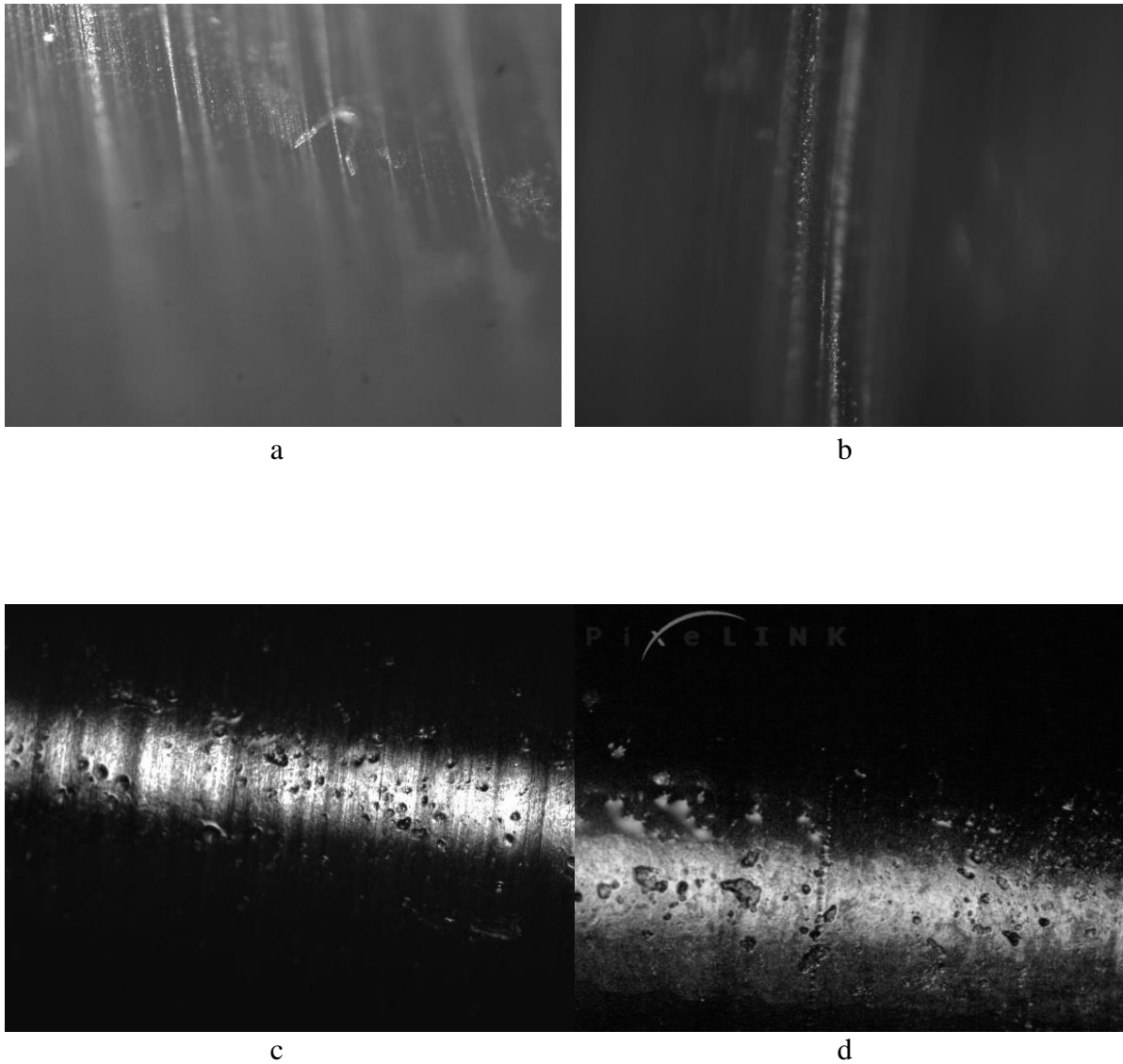


4.17 pav, ritinuko darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus pirminius šiurkštumo matavimus (4.17 pav), ritinukų šiurkštumas buvo netgi mažesnis nei naujo guolio. Taip galėjo nutikti dėl to jog guolio paviršiai dirbdami labai lengvomis sąlygomis galėjo labai nusiglotninti ,savaime nusipoliruoti. Pradėjus bandymą ir apkrovus 2000 kg po 270 000 ciklų ritinukų šiurkštumas padidėjo 230% iki 0,327 (B). Tęsiant bandymus ir atlikus 450 000 ciklų šiurkštumas išaugo iki 0,496 (C) t.y. 51,6%. Atlikus 1 305 000 ciklų (D) šiurkštumas buvo 0,328 μm lyginant su tašku (C) sumažėjo 33,8% lyginat su išoriniu žiedu taške (D) ritinuko šiurkštumas buvo 13,1% didesnis. Atlikus pirminį apdirbimą RVS master produkcija atlikus 225 000 ciklų ir apkrova sumažinus iki 0 kg šiurkštumo parametras padidėjo iki 0,44 μm lyginant su tašku (D) išaugo 34,7%. Dar po 90 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 26,2% iki 0,326 μm.

Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,227 μm nuo 0,099 μm iki 0,326 μm. Pradėjus apdirbimą RVS Master tepalo priedu iš surinktų duomenų galime matyti šiurkštumo mažėjimo tendencijos.

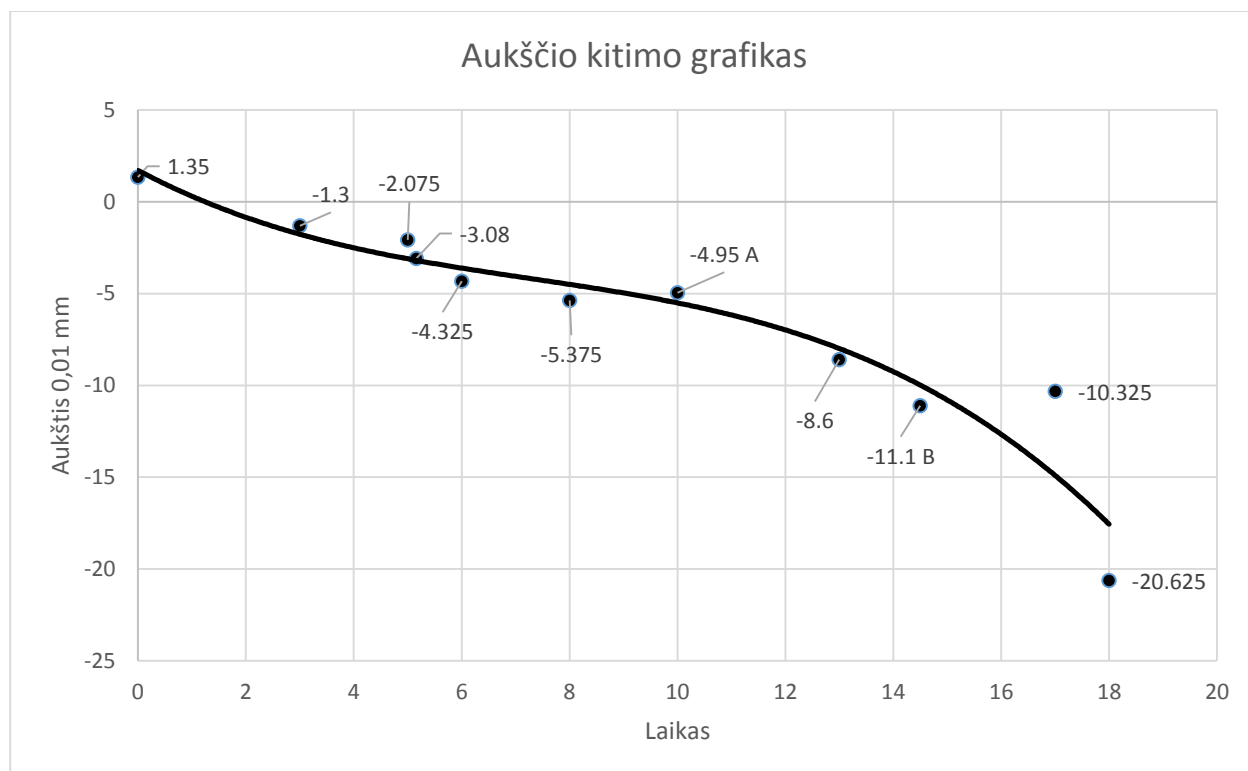
Bandinys Nr. D1 Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo . Apkrova 2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



4.18 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 450 000 ciklų, c – po 810 000 ciklų, d – po 1 305 000 ciklų

Paveiksle (4.18 pav) parodyta guolio Nr.1 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.18 pav., a), matomas netolygus išdylimas, susiformavusios išsidėjęsios linijos. (4.18 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų. Po 450 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.18 pav., c) ritnukas pasireiškė paviršiaus ištrūpėjimas, susiformavo mažos duobutės. Po 1 305 000 ciklų skaičiaus (4.18 pav., d) guolio darbiniam paviršiui pasireiškė „nuovargis“, duobučių dydis ir skaičius padidėjo .

**Bandinys Nr. D1** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo . Apkrova 2000 Kg, pusiau sintetinė transmisinė alyva Pemco 80w90 su tepalų priedu RVS master.

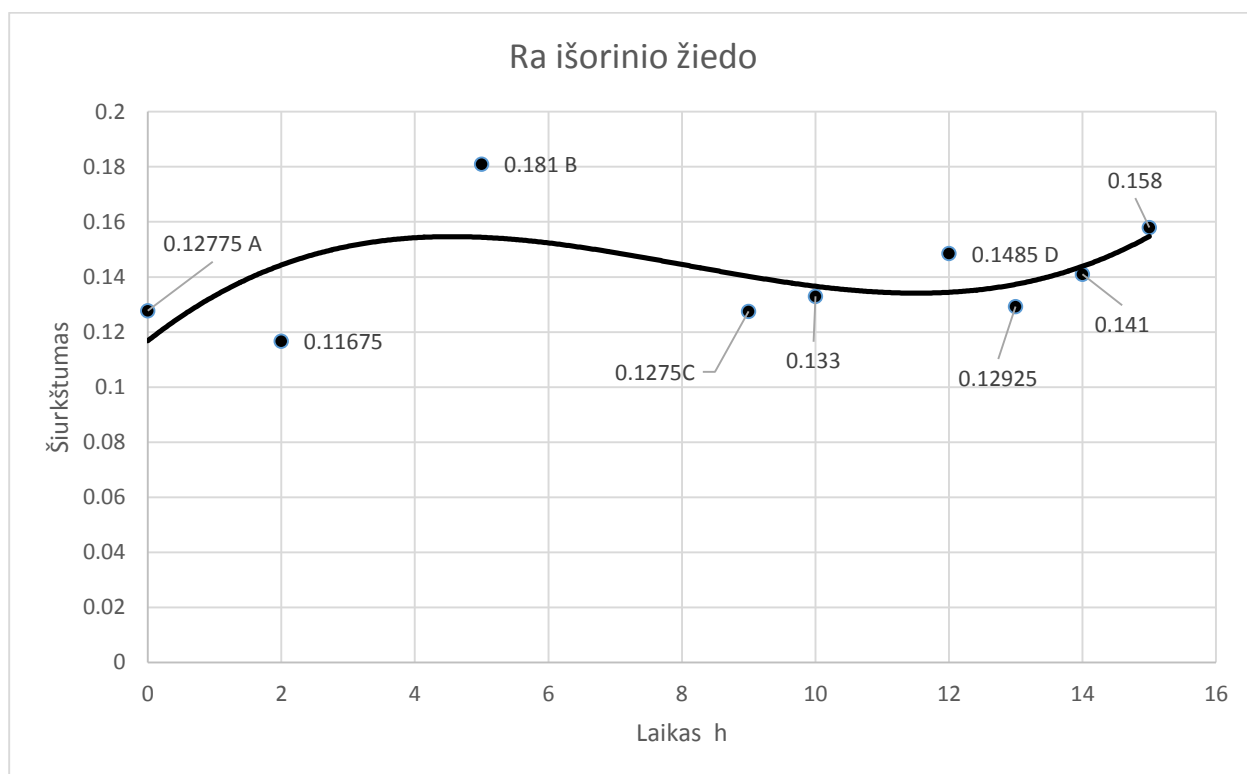


4.19 pav, guolio aukščio kitimo priklausomybė nuo laiko

Pamatavus pradinis guolio aukštis viršijo gamyklinius parametrus apie 0,1 mm (4.19 pav) tai galėjo įtakoti tai jog guolis dirbdamas nedidelėms apkrovomis iš aplinkos abrazyvines daleles galėjo prispausti tiek ant išorinio žiedo tiek ant ritinėliu paviršiaus ir dėl to aukštis padidėti. Tolimesnis guolio aukščio kitimas buvo stabilus. Atidirbus 10 h 900 000 ciklų (A) guolio aukštis sumažėjo 735% iki -0,086mm tada guolis užsikirto. Išėmus paaiškėjo, kad jo paviršiai yra nuvargę ir jau nebeatlaikydami įtempių ima trupėti. Po 14.5 h 1 305 000 ciklų (B) buvo įdėta RVS master tepalo priedo. Guoliui pagal reikalavimus buvo atliktas pridirbimo ciklas. Atlikus 150 000 ciklų be apkrovos aukštis atsistatė 7% nuo -0,11 iki -0,103 . Tęsiant bandymą svoris buvo padidintas iki 2000 kg atlikus 90 000 ciklų aukštis sumažėjo 99.7% iki 0,206 mm.

Bendrai aukštis pakito 0,219 mm nuo 0,0135mm iki -0,206 mm. Apdirbimas RVS Master tepalo priedu aukščio kitimui įtakos neturėjo. Darau prielaidą, kad esant metalo nuovargiui dėl kurio pasireiškė paviršiaus trupėjimas RVS Master tepalo priedas deklaruojamos savybės nepasireiškia.

**Bandinys Nr. D2** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech.

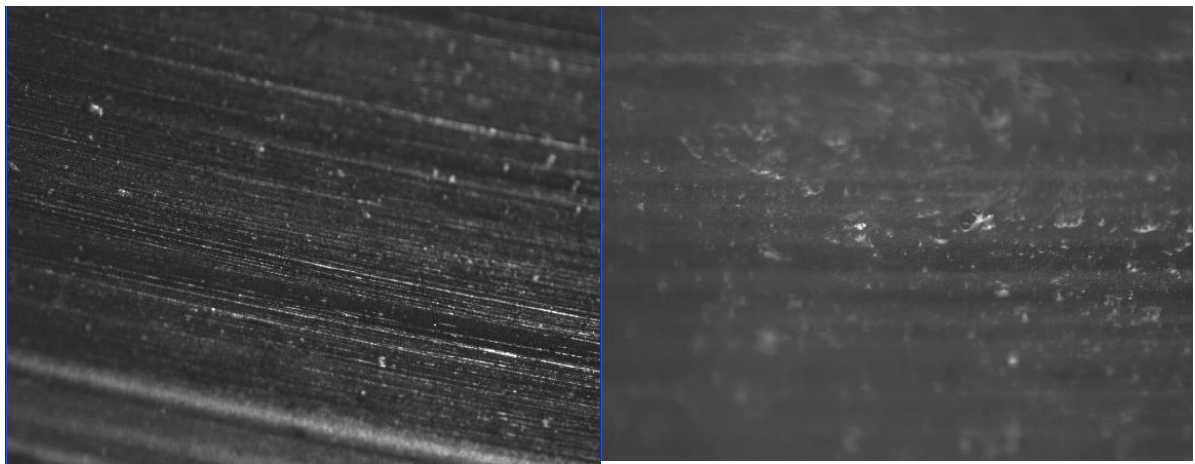


4.20 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo  $0,127 \mu\text{m}$  (4.20 pav), lyginat su naujų guolių išorinių žiedų šiurkštumo vidurkiu kuris yra  $0,143 \mu\text{m}$  šis yra 11,18 % mažesnis. Tai dar kartą patvirtina, kad guolių paviršiai dirbdami santykinai nedidelėmis apkrovomis nusidėvi santykinai mažai. Atlikus 270 000 ciklų "Pemco 80w90" alyvoje šiurkštumas padidėjo 42,5 % iki  $0,181 \mu\text{m}$  (B). Tęsiant bandymus į alyvą įmaišyta tepalo priedo RVS Tech tepalo priedo. Toliau atliekamas apdirbimas laikantis gamintojo nurodymu, apkrova sumažinama iki 0 kg ir atliekama 360 000 ciklų. Po kurių šiurkštumas sumažėjo 28,9 % iki  $0,1275 \mu\text{m}$ . Atliekant apdirbimą apkrova padidinama iki 400 kg ir atliekama 90 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 4,72 % iki  $0,133 \mu\text{m}$ . Atlikus apdirbimą apkrova atstatoma iki pradinės 2000 kg ir bandymas tęsiamas 450 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 18,8 % iki  $0,158 \mu\text{m}$ .

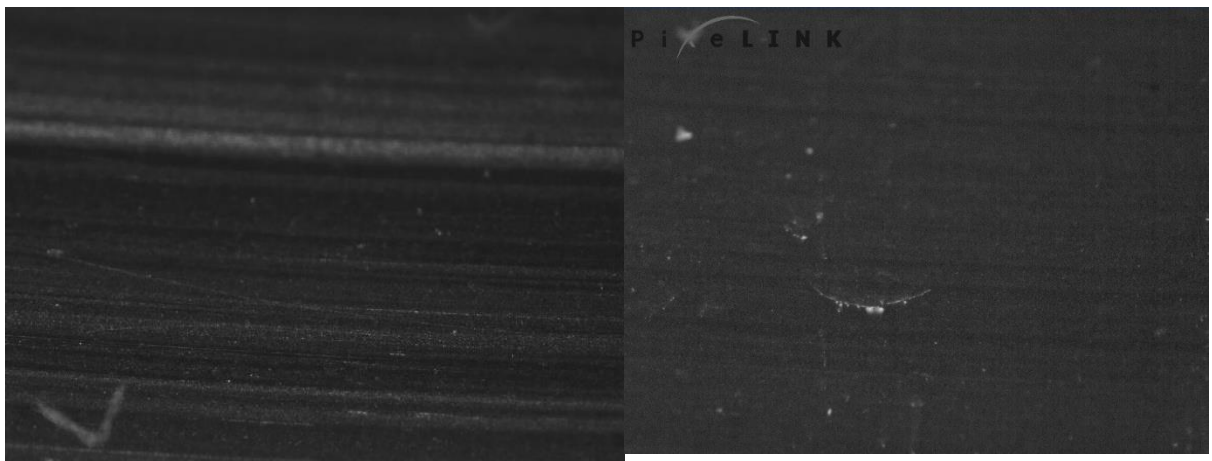
Bendrai šiurkštumas padidėjo  $0,031 \mu\text{m}$  nuo  $0,127$  iki  $0,158 \mu\text{m}$ . Reikėtų atsižvelgti į tai jog didžiausias šiurkštumas buvo pasiektas dirbant transmisinėje alyvoje "Pemco 80w90" jo reikšmė buvo  $0,181 \mu\text{m}$  atlikus apdirbimą RVS Tech tepalo priedu pastebėtos laikinos šiurkštumo mažėjimas, esant mažai apkrovai, tačiau atstačius apkrovą į pradinę pastebėtos šiurkštumo didėjimo tendencijos.





a

b



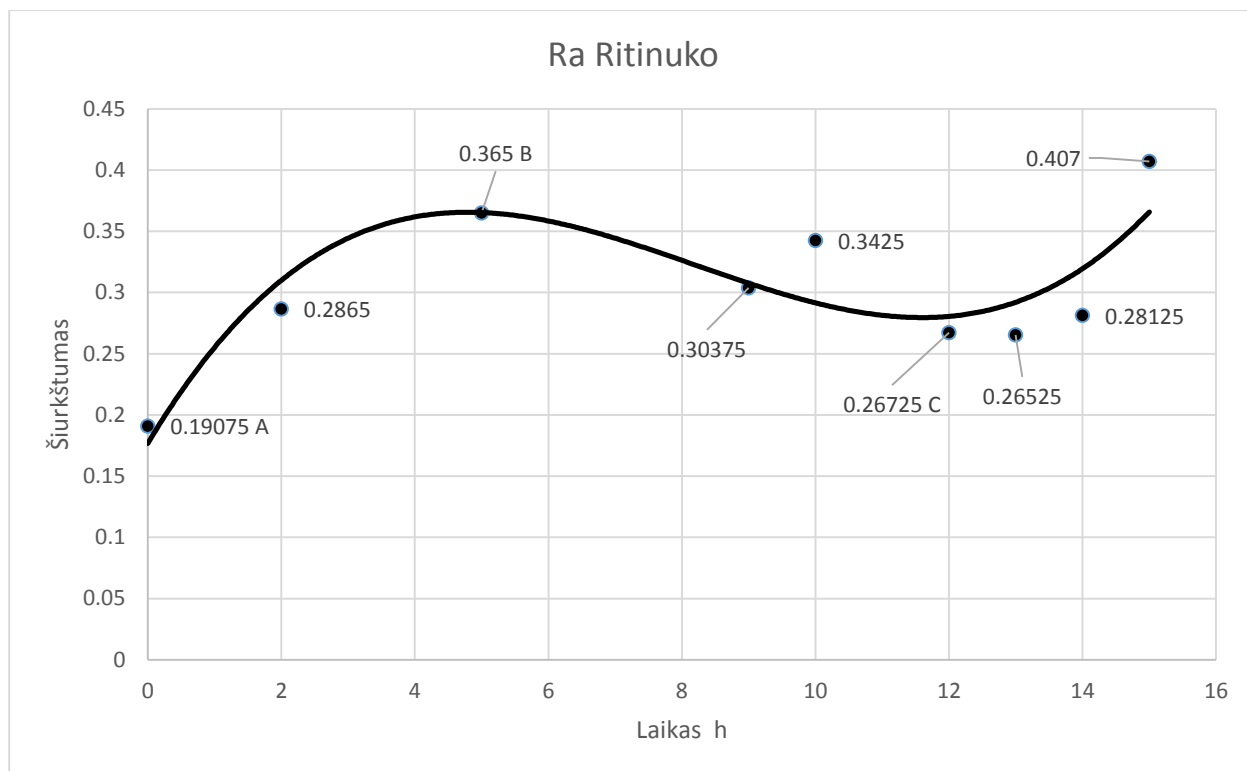
c

d

4.21 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 450 000 ciklų, c – po 810 000 ciklų, d – po 1 008 000 ciklų

Paveiksle 4.21 parodyta naudoto guolio Nr.2 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), patebimos išsidėvėjimo linijos ir nedidelis lokalinis paviršiaus pleišėtumas. (4.21 pav., b) – užfiksuotas paviršiaus vaizdas po 450 000 ciklų. Pastebima paviršiaus „nuovargio“ tendincija. Po 810 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.21 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos. Po 1 008 000 ciklų skaičiaus (4.21 pav., d) pasireiškė guolio darbinio paviršiaus „nuovargis“ visame žiede, paviršius pradėjo trupėti.

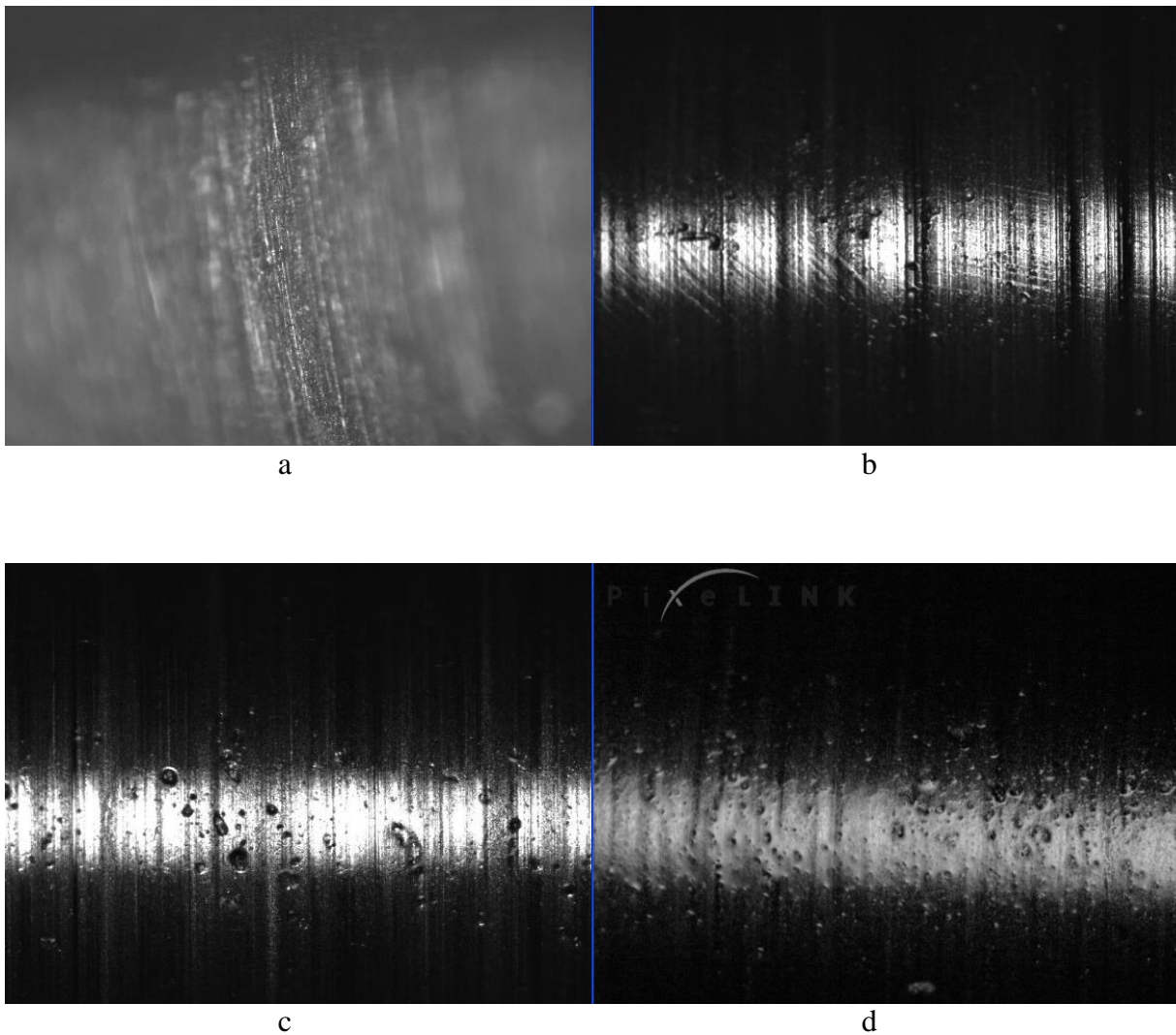
**Bandinys Nr. D2** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas ritinuko šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinė alyva su tepalų priedu RVS Tech.



4.22 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus 450 000 ciklų transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” ( 4.22 pav). Šiurkštumo parametras pakito 92,1 % nuo 0,19 iki 0,365  $\mu\text{m}$  (4.22 pav). Atlikus apdirbimą su RVS Tech tepalo priedu po 360 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 16,9 % nuo 0,365 iki 0,303  $\mu\text{m}$ . Atliekant apdirbimą apkrova padidinama iki 400 kg ir atliekama 90 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 12,8 % iki 0,342  $\mu\text{m}$ . Atlikus apdirbimą apkrova atstatoma iki pradinės 2000 kg ir bandymas tęsiamas 450 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 19 % iki 0,407  $\mu\text{m}$ .

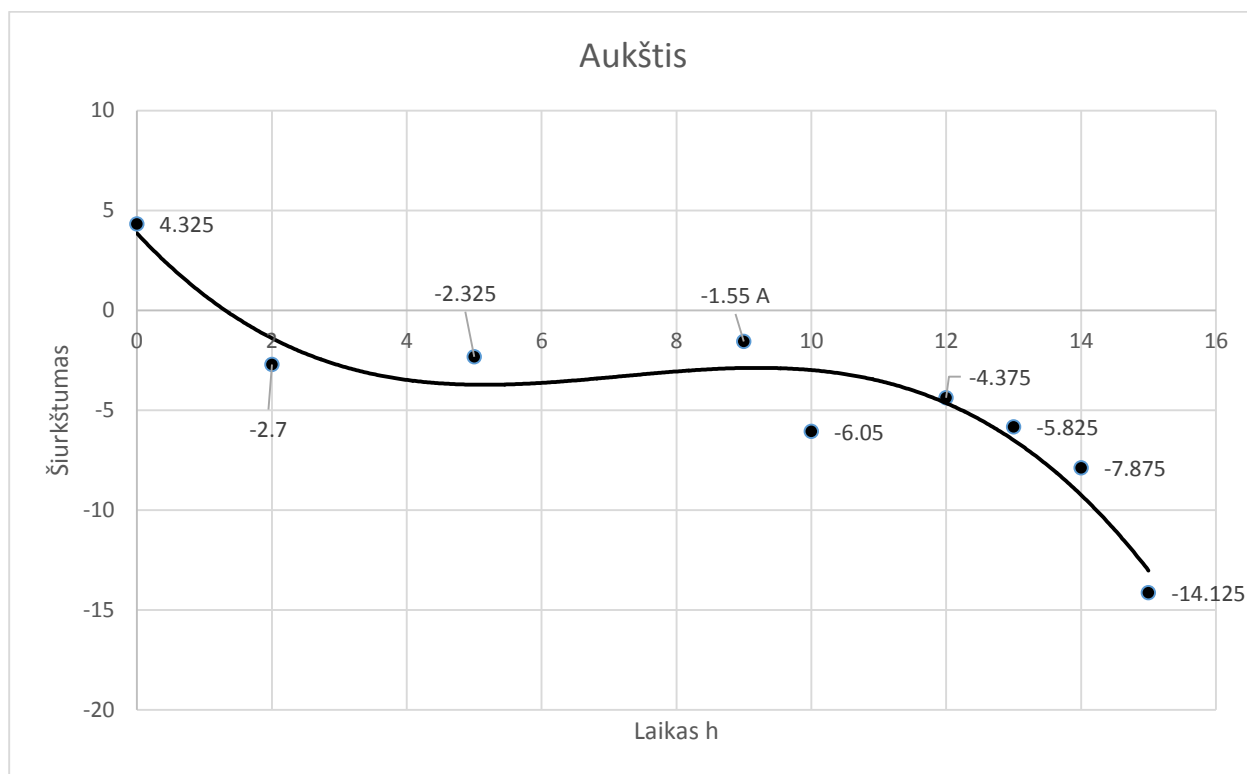
Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,217  $\mu\text{m}$  nuo 0,19 iki 0,407  $\mu\text{m}$ . Ritinuko šiurkštumo kitimas turi panašias tendencijas kaip ir išorinio žiedo.



4.23 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 450 000 ciklų, c – po 810 000 ciklų, d – po 1 008 000 ciklų

Paveiksle 4.23 parodyta guolio ritinuko Nr.2 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), vizualiai matomas ritinuko paviršiaus nusidėvimas yra mažas. (4.2 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 450 000 ciklų pastebimos paviršiuje pradėjusios formuotis duobutės. Po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.2 pav., c) matyti bepradedantis pasireikšti paviršiaus „nuovargis“. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (4.2 pav., d) ritinuko darbinis nebeatlaiko susidariusių įtempimų, visuose ritinukų paviršiuose pasireiškia smuklus ištrūpėjimas.

**Bandinys Nr. D2** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master

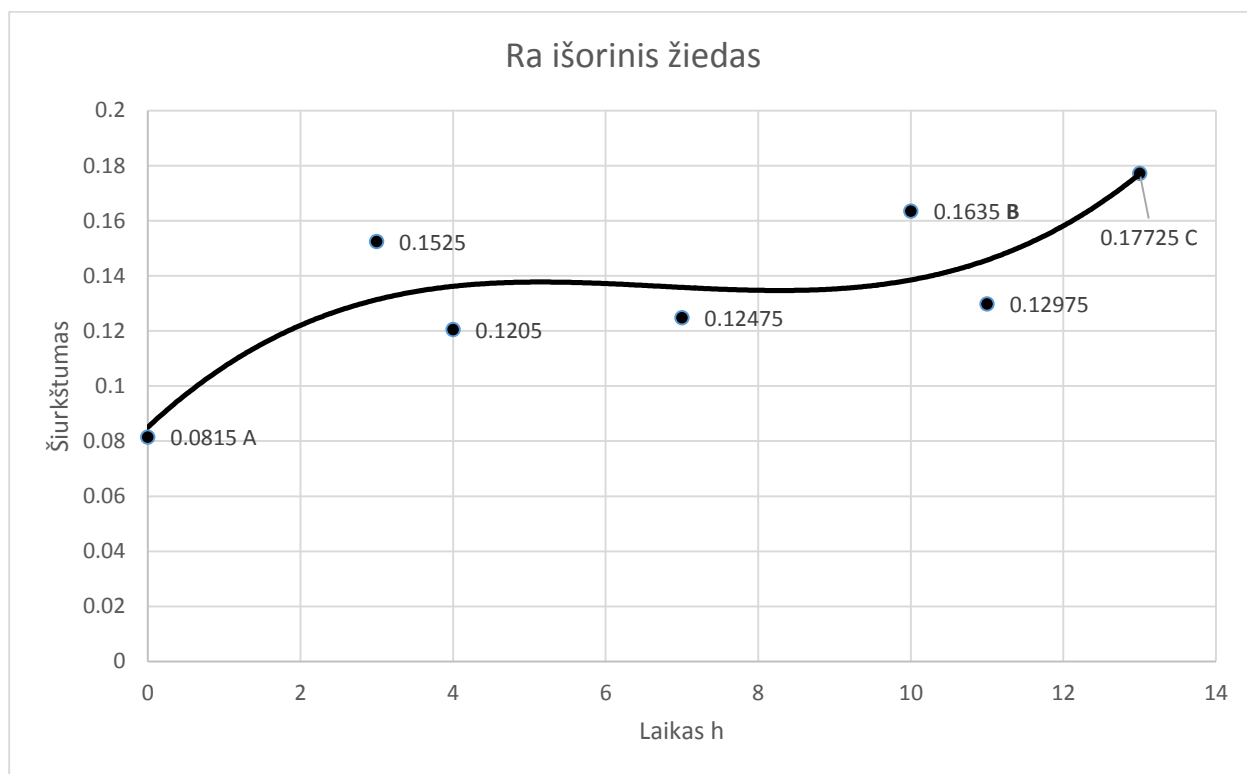


4.24 pav, guolio darbinio aukščio priklausomybė nuo laiko

Atlikus matavimus paaiškėjo, kad guolio aukštis gamyklinius parametrus viršija 0,043 mm (4.24 pav). Atliekant šiuos tyrimus nebus gilinamasi į pradinio aukščio kitimo priežastis. Šiuose tyrimuose daug aktualesnis yra santykinis aukščio mažėjimas, tad pradinio aukščio reikšmės tyrimuose galime nevertinti. Pradėjus bandymą su 2000 kg apkrova jau po 450 000 ciklų aukštis sumažėjo 153,7% iki -2,325  $\mu\text{m}$ . Atlikus apdirbimą su RVS Tech tepalo priedu po 360 000 ciklų aukštis atsistatė 33,33 % nuo -2,325 iki -1,55  $\mu\text{m}$ . Atliekant apdirbimą apkrova padidinama iki 400 kg ir atliekama 90 000 ciklų po kurių aukštis sumažėjo 290,3 % iki -6,05  $\mu\text{m}$ . Atlikus apdirbimą apkrova atstatoma iki pradinės 2000 kg ir bandymas tęsiamas 450 000 ciklų po kurių aukštis sumažėjo 133,4 % iki -14,125  $\mu\text{m}$ .

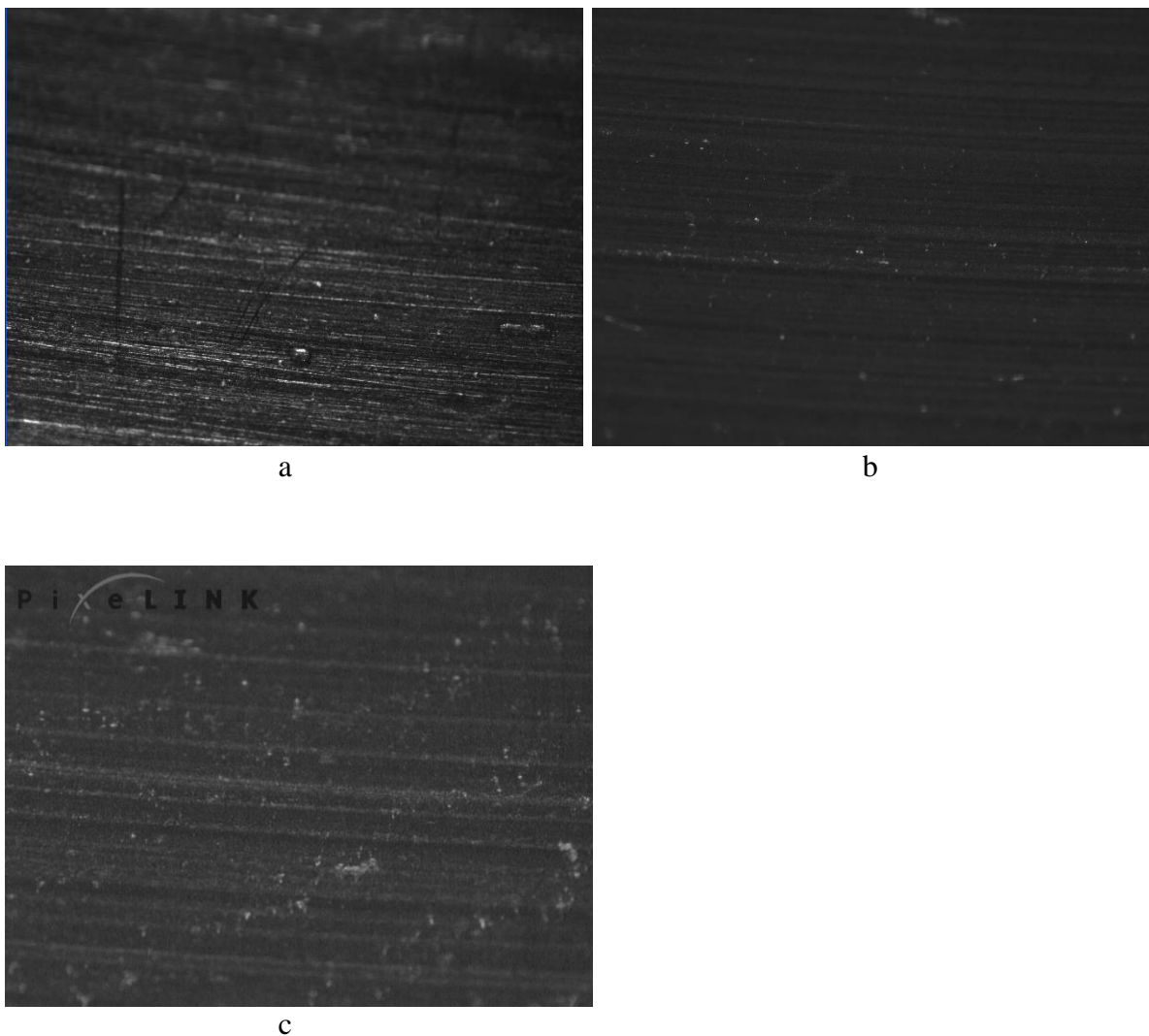
Bendrai aukštis pakito 4,26 karto nuo 4,325 iki -14,125  $\mu\text{m}$ . Pagal gautus duomenis šiuo atveju pastebėtas santykinai greitas aukščio mažėjimas, kuris pasireiškė po RVS Master tepalo priedo panaudojimo. Iš gautų duomenų darau prielaidą, kad apkrova yra pernelyg didelė. Todėl galbūt pradėjęs formuotis dangos sluoksnis neatlaiko didelių įtempių ir yra nutrinamas nuo paviršiaus. Kadangi kaip teigia gamintojas RVS Master tepalo priedas ant paviršių formuoja metalo keramikos dangą, kuri yra kietesnė už plieną, tad dangai nusitrynus, o jos dalelėms patekus į trinties porą dilimo procesai gali būti ženkliai paspartinami.

**Bandinys Nr. D3** Bandyamas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech



4.25 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

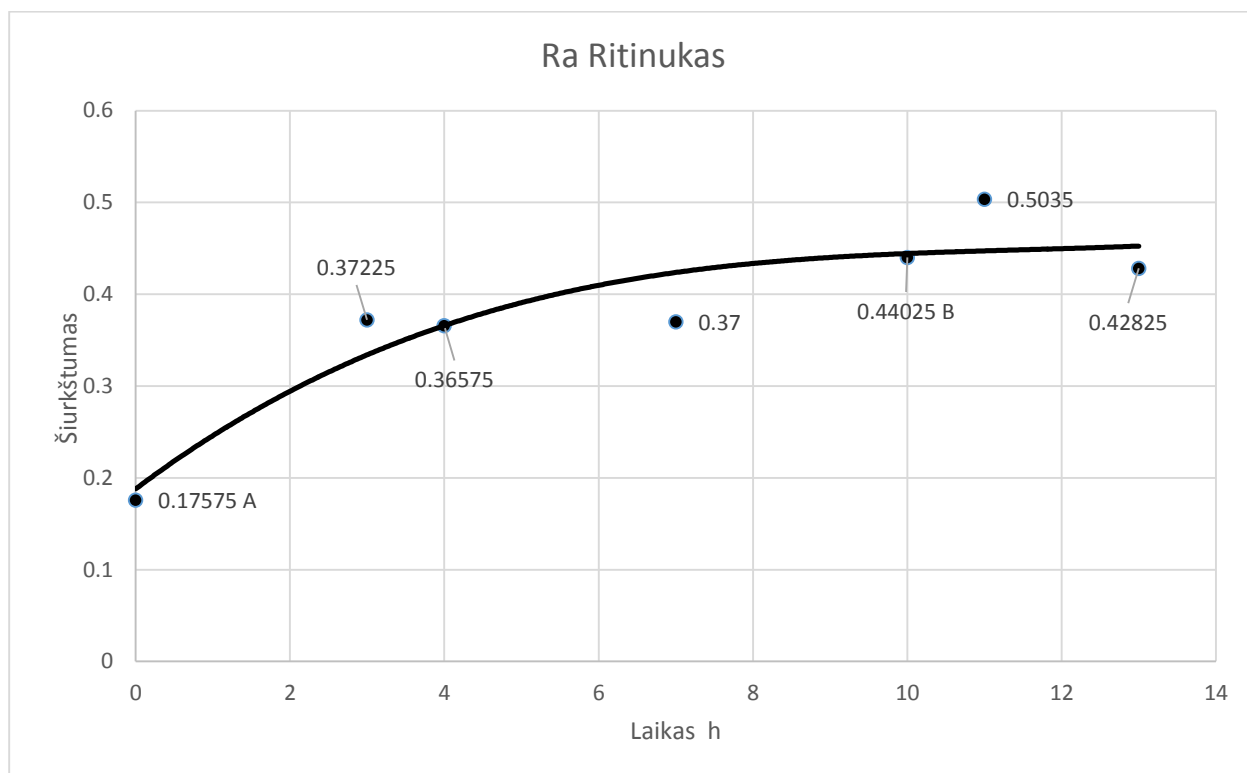
Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,0815 µm (4.25 pav), lyginat su naujų guolių išorinių žiedu šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,143 µm šis yra 43 % mažesnis. Atlikus 900 000 ciklų transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” žiedo šiurkštumas padidėjo 100,6 % iki 0,1635 µm(B). Tęsiant bandymus į alyva įmaišoma tepalo priedo RVS Tec. Šiuo atveju nebuvo atliktas apdirbimo ciklas, apkrova nekito. Atlikus pirmus 90 000 ciklų paviršiaus šiurkštumas sumažėjo 20,6 % iki 0,129 µm. Tačiau atlikus 180 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 36,6 % iki 0,17725 µm. Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,095 µm nuo 0,0815 iki 0,177 µm. Šiuo atveju nebuvo atliktas gamintojo rekomenduojamas apdirbimo ciklas, todėl darau prielaidą, kad nesusidarė sąlygos susiformuoti naujai dangai.



4.26 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 900 000 ciklų, c – po 1 170 000 ciklų,

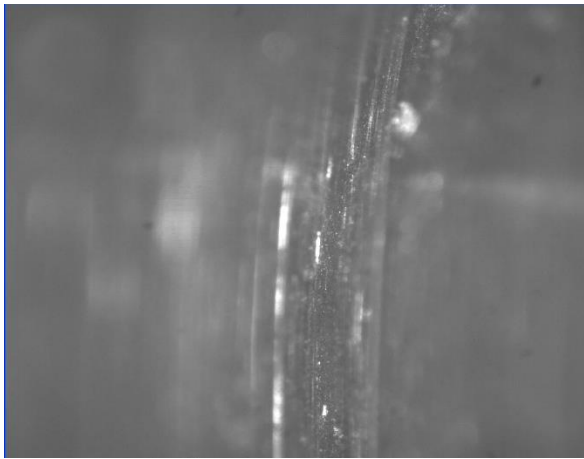
Paveiksle 4.2 parodyta naudoto guolio Nr.D3 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.26 pav., a), kai paviršius šiurkštumas yra nedidelis, pastebimos mažos duobutės. (4.26 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 900 000 ciklų pradeda formotis išsidėvėjimo linijos. Po 1 170 000 ciklų ritinuko darbiniam paviršiuje (4.26 pav., c) pastebimos paviršiaus „nuvargimo“ tendencijos, paviršiuje formuojasi daug smulkių ir vidutinio dydžio duobučių.

**Bandinys Nr. D3** Bandymas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech

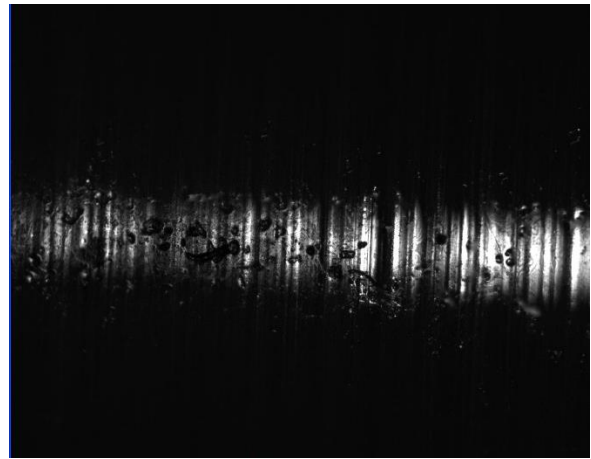


4.27 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

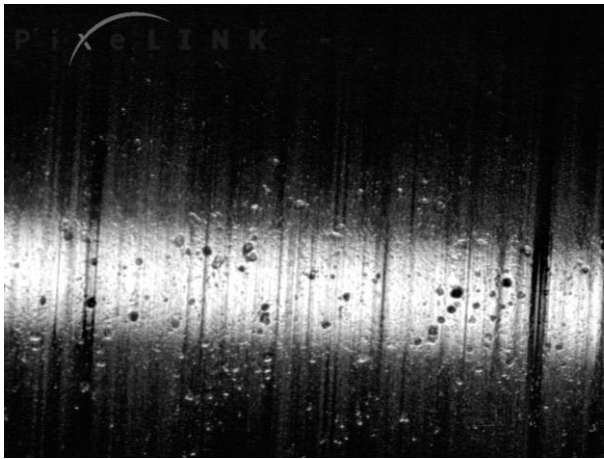
Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,1757  $\mu\text{m}$  (4.27 pav), lyginat su naujų guolių ritinukų šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,2621  $\mu\text{m}$  šis yra 32,9 % mažesnis. Atlikus 900 000 ciklą transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” žiedo šiurkštumas padidėjo 150,4 % iki 0,44  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymus į alyva įmaišoma tepalo priedo RVS Tec. Šiuo atveju nebuvo atliktas apdirbimo ciklas, apkrova nekito. Atlikus pirmus 90 000 ciklą paviršiaus šiurkštumas padidėjo 14,36 % iki 0,5  $\mu\text{m}$ . Tačiau atlikus 180 000 ciklą šiurkštumas sumažėjo 14,9 % iki 0,428  $\mu\text{m}$ . Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,095  $\mu\text{m}$  nuo 0,0815 iki 0,17725  $\mu\text{m}$ .



a



b



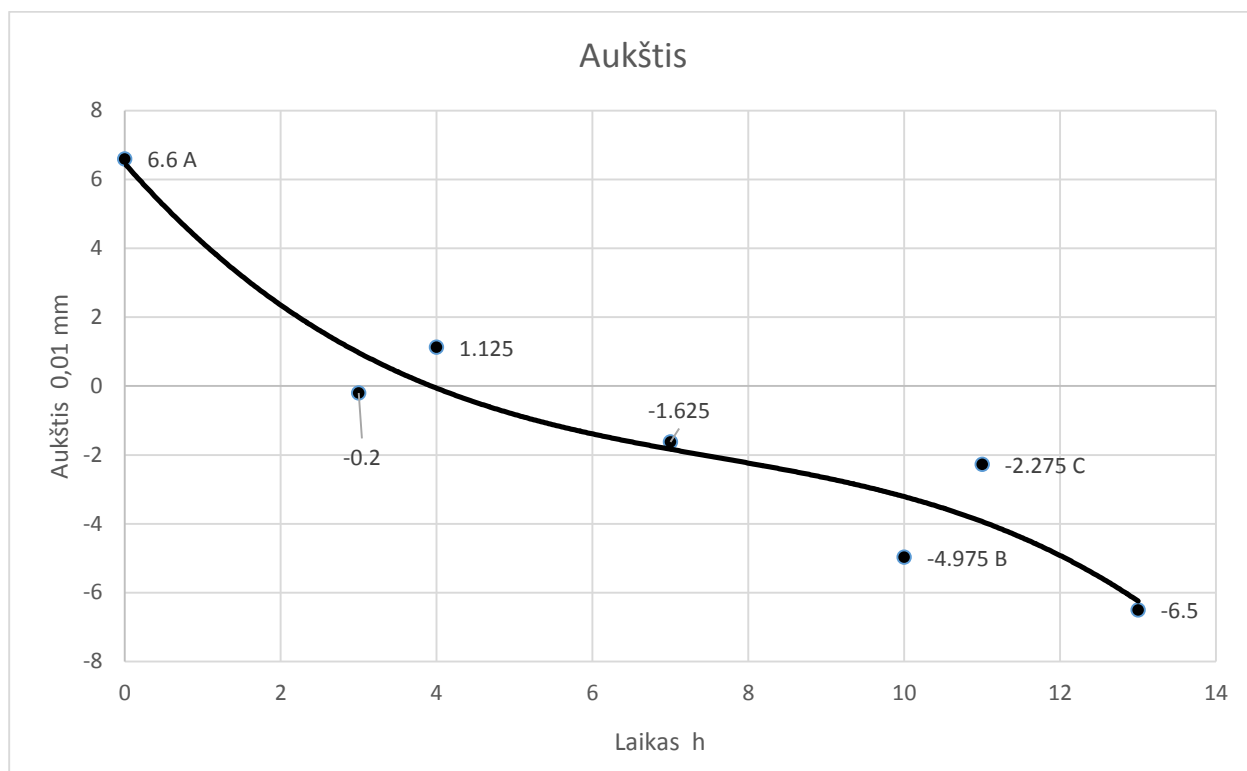
c

4.28 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 900 000 ciklų, c – po 1 170 000 ciklų,

Paveiksle 4.2 parodyta guolio Nr.3 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), paviršiuje galime pastebėti bepradedančias formuotis išsidėvėjimo linijas. (4.28 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 900 000 ciklų pastebimas didelis paviršiaus trupėjimas. Po 1 170 000 ciklų ritinukų darbinuose paviršiuose (4.2 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos bei didelis paviršiaus pleišėtumas.



**Bandinys Nr. D3** Bandytas atliekas su naudotu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech



4.29 pav. guolio darbinio aukščio priklausomybė nuo laiko

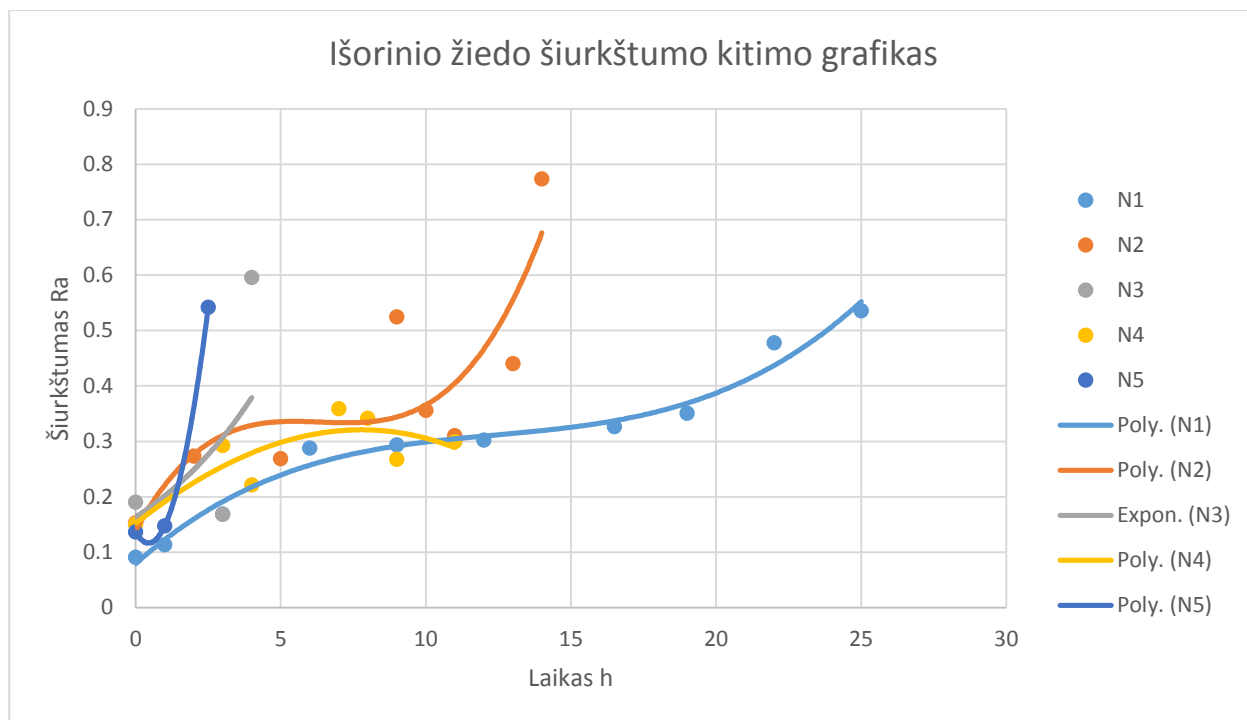
Atlikus matavimus guolio aukštis gamyklinius parametrus viršija 0,066 mm (A)(4.29 pav). Atlikus 900 000 ciklų aukštis sumažėjo 175.3% iki -0,049 mm (B). Atlikus 90 000 ciklų su RVS Tech tepalo priedu auštis atsistatė 54,2 % iki -0,022 mm (C). Atlikus 180 000 ciklų aukštis sumažėjo 190.1 % iki -0,065 mm.

Bendras aukščio mažėjimas yra 0,131 mm nuo 0,066 iki -0,065 mm. Aukščio mažėjimo tendencijos nepakito panaudojus RVS Master tepalo priedą. Lyginat su nauju guoliu dirbusiu “Autol Top 2000” tepale po to paties laiko šio guolio aukščio kitimas 38 % buvo mažesnis.

## 5. TYRIMŲ REZULTATŲ ANALIZĖ

### 5.1 Nauji guoliai.

#### 5.1.1 Išorinio žiedo šiurkštumo.



5.1 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Ra 0.1 $\mu$ m yra naujo išorinio žiedo šiurkštumo parametras, todėl priimu ji kaip bazinį. Duomenys lyginami po 6 valandų arba 540 000 ciklų .

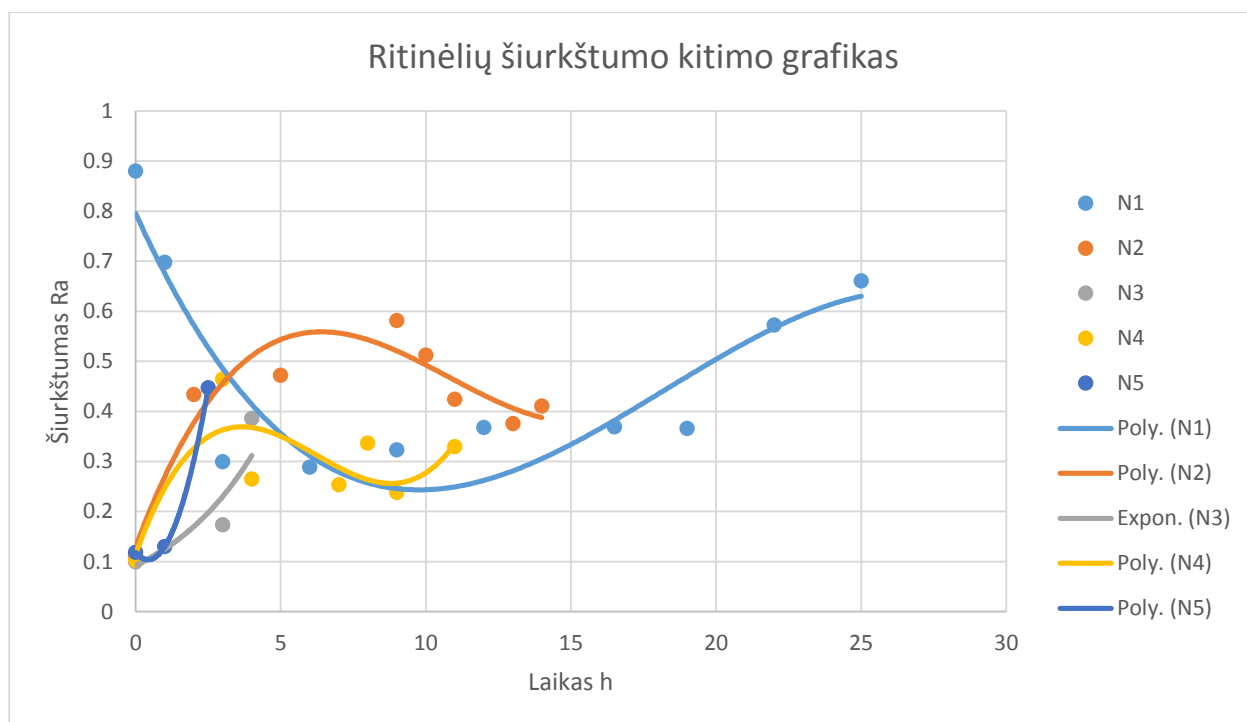
N1 dirbo “Autotol Top 2000” tepale. Šiurkštumo parametras pasiekė 0,287  $\mu$ m šiurkštumą tai yra 2,8 karto daugiau už bazinį.

N2 dirbo transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” šiurkštumo parametras nagrinėjamame taške nebuvo matuotas todėl imama artimiausia reikšmė 0,268  $\mu$ m t.y. 2.7 karto daugiau už bazinį šiurkštumą.

N3 guolis bandomas su “Pemco 10w40” alyva. Dėl didelio ir staigaus šiurkštumo didėjimo šis guolis neatliko pakankamai ciklų, kad būtų galima įžvelgti šiurkštumo charakteristikų kitimą . Galima pastebėti tik tai, kad per 4 valandas pasiektas 0,6  $\mu$ m šiurkštumas kuris bazinę reikšmę visi ja 6 kartais.

N4 guolis dirbo “Autol Top 2000” tepale su RVS master tepalo priedu. Išorinio žiedo šiurkštumas pasiekė 0,358  $\mu$ m toks šiurkštumas yra 3.58 karto didesnis už bazinį. Lyginant su N1 žiedo šiurkštumu N4 šiurkštumo parametras 24,7 % didesnis.

## 5.1.2 Ritinėlių šiurkštumo.



5.2 pav, Ritinukų darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Ra 0,1  $\mu\text{m}$  yra naujo ritinuko šiurkštumo parametras, todėl priimu jį kaip bazinį. Duomenys lyginami po 6 valandų arba 540 000 ciklų.

N1 guolis dirbo "Autotol Top 2000" tepale". Šiurkštumo parametras pasiekė 0,288  $\mu\text{m}$  šiurkštumą tai yra 2,8 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinukas 0,34 % šiurkštesnis.

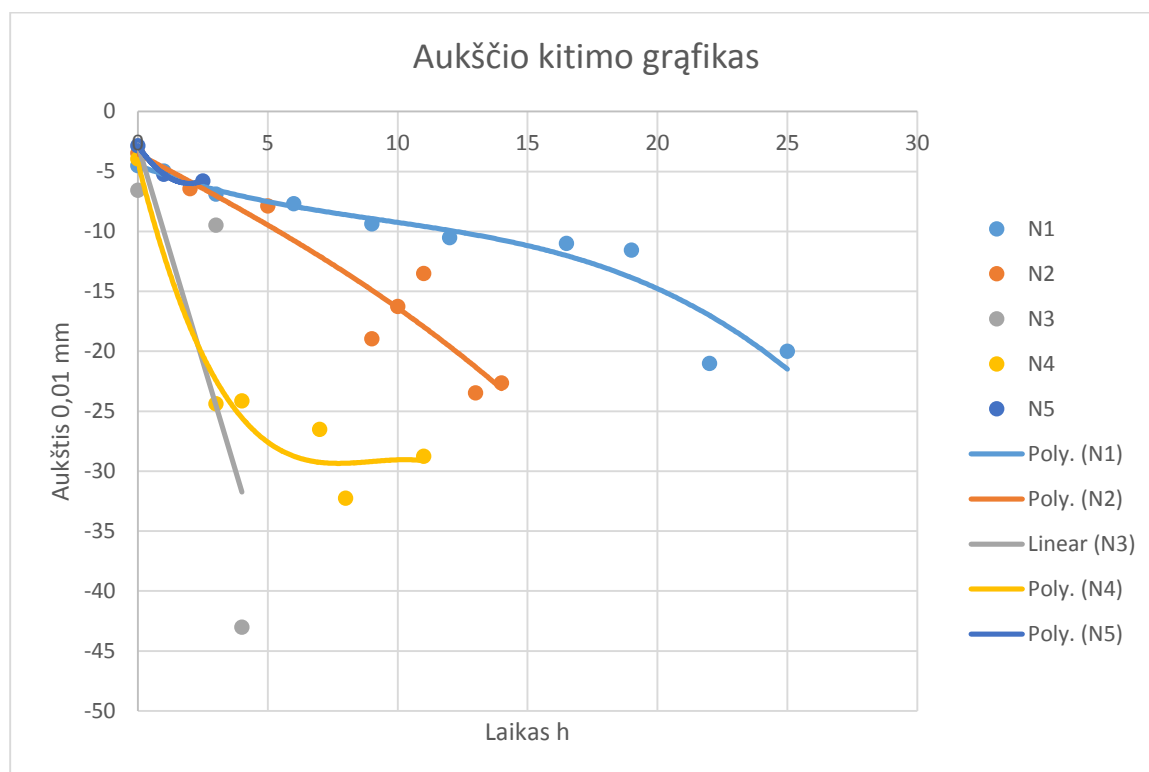
N2 guolis dirbo transmisinėje alyvoje "Pemco 80w90" šiurkštumo parametras pasiekė 0,472  $\mu\text{m}$  t.y. 4,7 karto daugiau už bazinį šiurkštumą. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinukas 76,1% šiurkštesnis.

N3 guolis nagrinėjamame taške dirbo "Pemco 10w40" alyvoje. Dėl staigaus šiurkštumo didėjimo nagrinėjamas taškas priimamas 4 valandos. Šiurkštumo parametras pasiekė 0,39  $\mu\text{m}$  t.y. 3,9 karto daugiau už bazinį šiurkštumą. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 35% mažesnis. bandymai nebebuvo tęsiami.

N4 guolis dirbo "Autol Top 2000" tepale su RVS master tepalo priedu. Išorinio žiedo šiurkštumas pasiekė 0,253  $\mu\text{m}$  toks šiurkštumas yra 2,5 karto didesnis už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 29,3 % mažesnis.

N5 guoliui prieš 3 valandas buvo pradėtas apdirbimas tepalo priedu RVS Tech. Nagrinėjamame taške šiurkštumo reikšmė pasiekė 0.249  $\mu\text{m}$  t.y. 2,5 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 16,8 % mažesnis.

### 5.1.3 Aukščio kitimo.



5.3 pav, darbinio aukščio kitimo priklausomybė nuo laiko

Naujų guolių pradinis aukščio vidurkis yra 16,95 mm. Pagal gamintojo specifikacijas aukštis turi būti 17 mm, todėl šį aukštį priimu kaip bazinę liniją ir jo reikšmę priskiriu 0. Gauti duomenys apžvelgiami po 6 valandų bandymų.

N1 bendrai aukštis sumažėjo 0,031 mm lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,18 %, o nuo bazinio 0,45 %.

N2 aukštis nebuvo matuotas tad imama artimiausia reikšmė, kuri yra 0,078 mm žemiau bazinės reikšmės. Aukštis nuo pradinio sumažėjo 0,043 mm lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,2 %, o nuo bazinio 0,45 %

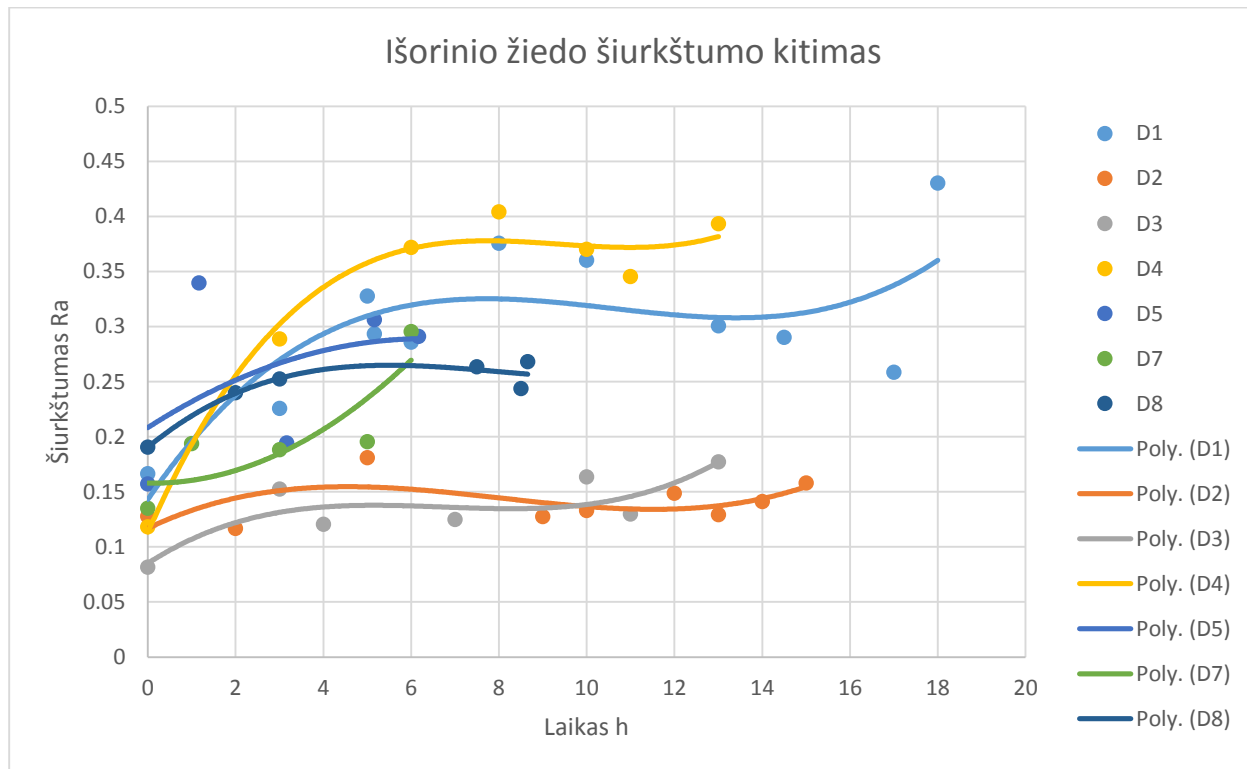
N3 dėl pasireiškusio staigaus dilimo guolis neatliko reikiamo sūkiu skaičiaus, todėl yra apžvelgiamas didžiausias nudilimas. N3 guolio nudilimas siekė -0,43 mm. Lyginant su pradiniu aukščiu aukštis sumažėjo 2,12 % nuo bazinės linijos N3 guolio aukščio parametras sumažėjo 2,52 %.

N4 valandų nagrinėjamame taške reikšmė buvo 0,265 mm žemiau bazinės reikšmės. Bendras aukščio mažėjimas nuo pradinės reikšmės yra 0,225 mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 1,32 %, o nuo bazinio 1,55 %.

N5 guolis neatliko reikiamo ciklų skaičiaus, todėl nagrinėjamame yra apžvelgiamas didžiausias nudilimas. Didžiausias nudilimas pasiektas po 2,5 valandos todėl šis taškas priimamas kaip nagrinėjamas. Nagrinėjamame taške aukščio pokytis nuo pradinio 0,029mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,17 %, o nuo bazinio 0,34 %.

## 5.2 Naudotų guolių kitimo grafikai.

### 5.2.1 išorinio žiedo šiurkštumo.



5.4 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Ra 0.1 $\mu$ m yra naujo išorinio žiedo šiurkštumo parametras, todėl priimu ji kaip bazinį. Duomenys lyginami po 6 valandų arba 540 000 ciklų (5.4 pav).

D1 dirbo transmisinėje alyvoje "Pemco 80w90" šiurkštumo parametras pasiekė 0,33  $\mu$ m šiurkštumą tai yra 3,3 karto daugiau už bazinį.

D2 dirbo transmisinėje alyvoje "Pemco 80w90" šiurkštumo parametras pasiekė 0,15  $\mu$ m t.y. 1.5 karto daugiau už bazinį šiurkštumą.

D3 šiurkštumo kitimo tendencijos yra panašios į D2 šiurkštumo parametro reikšmė 0,14  $\mu$ m.

D4 guolis dirbo variklinėje alyvoje "Pemco 10w40" išorinio žiedo šiurkštumas buvo didžiausias iš visų ir pasiekė 0,37  $\mu$ m toks šiurkštumas yra 3.7 karto didesnis už bazinį.

D5 guoliui prieš 3 valandas buvo pradėtas apdirbimas tepalo priedu RVS Tech. Nagrinėjamame taške šiurkštumo reikšmė pasiekė 0.26  $\mu$ m t.y. 2,6 karto daugiau už bazinį.

D7 guoliui apdirbimas tepalo priedu RVS Master buvo atliekamas nuo pat pradžių ir 5 kartus lengvesne apkrova. Nagrinėjamame taške šiurkštumo parametras buvo 0,29  $\mu\text{m}$  t.y. 2,9 karto daugiau už bazinį.

D8 guolio apdirbimas ir darbo sąlygos identiškos D7 guoliui. Nagrinėjamame taške pasiekė 0,24  $\mu\text{m}$  t.y. 2,4 karto daugiau už bazinį.

Po 13 valandų (5,4 pav), arba 1 170 000 ciklų apžvelgiami 4 guoliai: D1, D2, D3, D4.

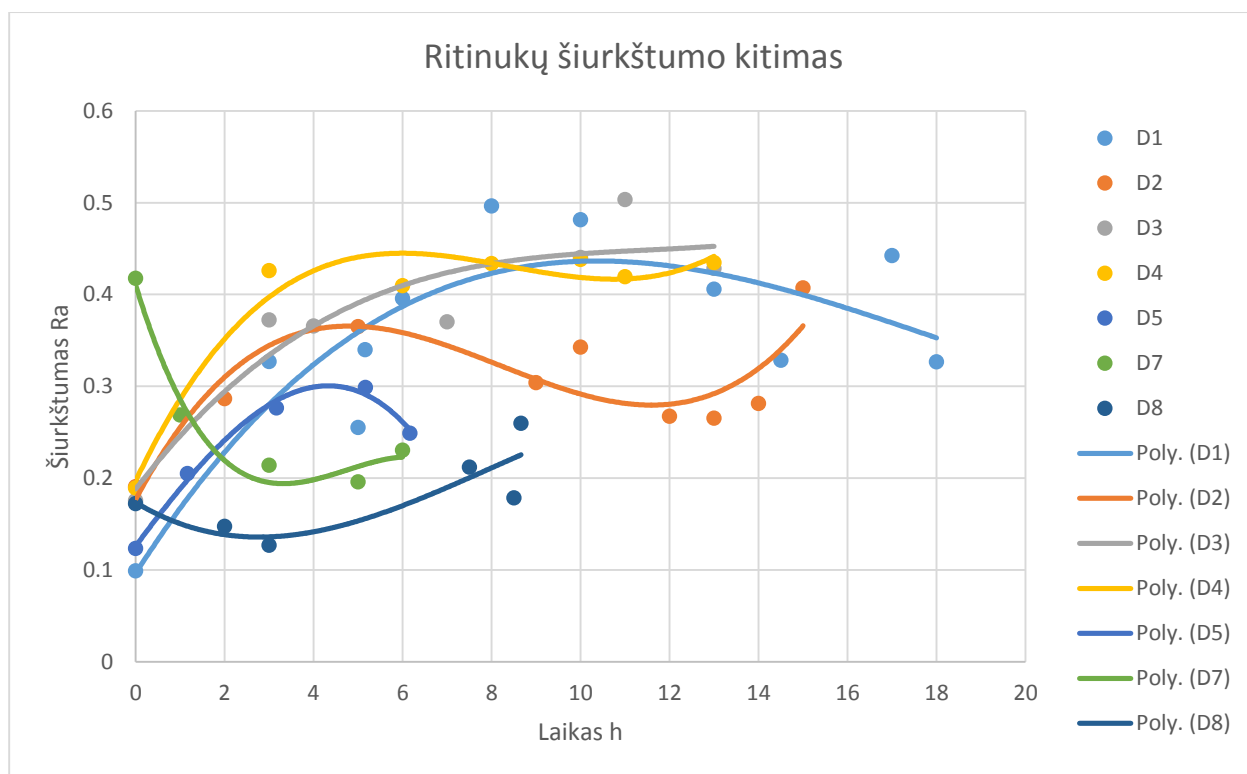
D1 guolis vis dar dirba transmisinėje alyvoje "Pemco 80w90" žiedo šiurkštumas yra 0,3  $\mu\text{m}$  lyginant su baziniu 3 kartus šiurkštesnis. Atlikus apdirbimą RVS master tepalo priedu šiurkštumas išaugo iki 0,44  $\mu\text{m}$  t.y. 4,4 viršija bazinę reikšmę.

D2 guolio apdirbimas RVS Tech tepalo priedu buvo pradėtas prieš 4 valandas, apžvelgiamo taške žiedo šiurkštumas buvo 0,14  $\mu\text{m}$  tai bazinę reikšmę viršija 1,4 karto. Baigus apdirbimą žiedo šiurkštumas buvo 0,16  $\mu\text{m}$  tai ribą viršija 1,6 karto.

D3 guoliui atlikus apdirbimą prieš 5 valandas su RVS Tech tepalo priedu, paviršiaus šiurkštumas užfiksuotas 0,17  $\mu\text{m}$  lyginant su baziniu jis yra 1,7 karto šiurkštesnis.

D4 guolio apdirbimas pradėtas prieš 3 valandas su RVS Master tepalo priedu. Aptariamame taške žiedo šiurkštumas 0,39  $\mu\text{m}$  tai ribą viršija 3,9 karto.

## 5.2.2 ritinukų šiurkštumas



5.5 pav, ritinukų darbinio paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Ra 0.1 $\mu\text{m}$  yra naujo ritinuko šiurkštumo parametras, todėl priimu ji kaip bazinį. Duomenys lyginami po 6 valandų arba 540 000 ciklą (5.5 pav).

D1 guolis dirbo transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” šiurkštumo parametras pasiekė 0,39  $\mu\text{m}$  šiurkštumą tai yra 3,9 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinukas buvo 18,1 % šiurkštesnis.

D2 guolis dirbo transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” šiurkštumo parametras pasiekė 0.36  $\mu\text{m}$  t.y. 3,6 karto daugiau už bazinį šiurkštumą. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinukas buvo 140 % šiurkštesnis.

D3 guolis nagrinėjamame taške dirbo “Pemco 80w90” alyvoje. Šiurkštumo parametro reikšmė pasiekė 0,368  $\mu\text{m}$ . toks šiurkštumas yra 3.6 karto didesnis už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinukas buvo 140 % šiurkštesnis.



D4 guolis dirbo variklinėje alyvoje “Pemco 10w40” išorinio žiedo šiurkštumas buvo didžiausias iš visų ir pasiekė 0,41 μm toks šiurkštumas yra 4,1 karto didesnis už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 10,8 % didesnis.

D5 guoliui prieš 3 valandas buvo pradėtas apdirbimas tepalo priedu RVS Tech. Nagrinėjamame taške šiurkštumo reikšmė pasiekė 0.249 μm t.y. 2,5 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 16,8 % mažesnis.

D7 guoliui apdirbimas tepalo priedu RVS Master buvo atliekamas nuo pat pradžių ir 5 kartus lengvesne apkrova. Nagrinėjamame taške šiurkštumo parametras buvo 0,23 μm t.y. 2,3 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 28,3 % mažesnis.

D8 guolio apdirbimas ir darbo sąlygos identiškos D7 guoliui. Nagrinėjamame taške šiurkštumas nebuvo matuotas, tad imama artimiausia reikšmė kuri yra 0,211 μm t.y. 2,1 karto daugiau už bazinį. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 24,6 % mažesnis.

Po 13 valandų (5.5 pav), arba 1 170 000 ciklų apžvelgiami 4 guoliai: D1, D2, D3, D4.

D1 guolis dirba transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” žiedo šiurkštumas 0,4 μm lyginant su baziniu 4 kartus didesnis. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 33,3 % didesnis. Per likusį apdirbimo laiką 5 valandas RVS master tepalo priedu, šiurkštumas sumažėjo iki 0,326 μm t.y. 3,2 karto viršija bazinę reikšmę ir 24,1 % mažesnis už žiedo paviršiaus šiurkštumą.

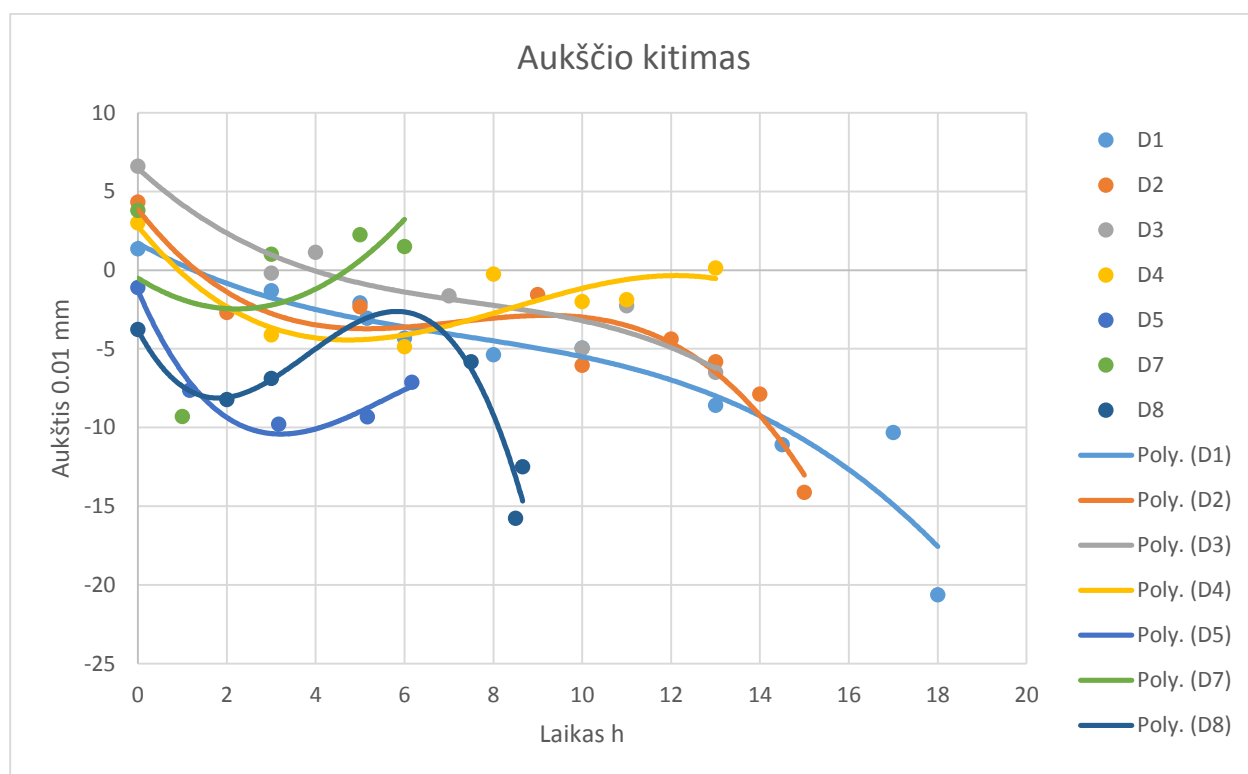
D2 guolio apdirbimas RVS Tech tepalo priedu vykdomas iki pat nagrinėjamo taško kuriame ritinuko šiurkštumas buvo 0,265 μm tai bazinę reikšmę viršija 2,6 karto. Lyginat su žiedo šiurkštumu, ritinuko šiurkštumas 105,4 % didesnis. Po 2 valandų baigus apdirbimą žiedo šiurkštumas buvo 0,47 μm tai ribą viršija 4,7 karto su tendencija didėti. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 157,6 % didesnis.

D3 guoliui atlikus apdirbimą prieš 5 valandas su RVS Tech tepalo priedu, paviršiaus šiurkštumas užfiksuotas 0,428 μm lyginant su baziniu jis yra 4,2 karto šiurkštesnis. Lyginat su žiedo šiurkštumu ritinuko šiurkštumas 141,8 % didesnis.

D4 guolio apdirbimas pradėtas prieš 3 valandas su RVS Master tepalo priedu. Aptariamame taške žiedo šiurkštumas 0,405 μm tai ribą viršija 4 kartais.

Pagal gautus ritinukų šiurkštumo parametrus ritinukų šiurkštumo parametras dižiaja dalimi viršijo žiedo parametą nuo 10 iki 150 %.

### 5.2.3. Aukščio kitimo.



5.6 pav, darbinio aukščio kitimo priklausomybė nuo laiko

Dėvėtų guolių pradinis aukščio vidurkis yra 17,02 mm. Pagal gamintojo specifikacijas aukštis turi būti 17 mm, todėl šį aukštį priimu kaip bazinę liniją ir jo reikšmę priskiriu 0. Kadangi dėvėtų guolių aukštis yra nevienodas yra vedamas jo vidurkis kuris priimamas kaip pradinis. Gauti duomenys apžvelgiami po 6 valandų bandymų (5.6 pav).

D1 bendrai aukštis sumažėjo 0,056 mm lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,33 %, o nuo bazinio 0,25 %.

D2 aukščio kitimo tendencijos panašios į D1 ir po 6 valandų aukštis nebuvo matuotas tad vedamas vidurkis iš dviejų artimiausių taškų kuris yra 0,019 mm žemiau bazinės reikšmės. Aukštis nuo pradinio sumažėjo 0,062 mm lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,36 %, o nuo bazinio 0,11 %

D3 nagrinėjamame taške aukštis nebuvo matuotas, tad vedamas vidurkis iš dviejų artimiausių taškų, kuris yra 0,025mm žemiau bazinės reikšmės. Bendras aukščio mažėjimas 0,091 mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,53 %, o nuo bazinio 0,14 %.

D4 po 6 valandų nagrinėjamame taške reikšmė buvo 0,0487 mm žemiau bazinės reikšmės. Bendras aukščio mažėjimas 0,078 mm žemiau bazinės reikšmės. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,45 %, o nuo bazinio 0,28 %.

D5 guolio apdirbimas pradėtas prieš 1 valandą. Nagrinėjamame taške aukštis bendrai sumažėjo 0,06mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,35 %, o nuo bazinio 0,42 %.

D7 visą bandymų laiką guolis apdirbamas su RVS Master tepalo priedu. Nagrinėjamame taške bendras aukščio kitimas yra 0,023 mm žemiau bazinės reikšmės. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,13 %, o nuo bazinio aukščio padidėjo 0,08 %.

D8 Bandymų sąlygos identiškos D7 guoliui. Nagrinėjamame taške matavimai atlikti nebuvo. Todėl imamas 2 šalia esančių taškų vidurkis kuris yra 0,063 mm žemiau bazinės reikšmės. Bendrai aukštis sumažėjo 0,031 mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,14 %, o nuo bazinio aukščio padidėjo 0,37 %.

Po 13 valandų (5.6 pav), arba 1 170 000 ciklų apžvelgiami 4 guoliai: D1, D2, D3, D4.

D1 guolio aukštis nuo pradinio pakito 0,072 mm lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,42 %, o nuo bazinio 0,5 %.

D2 guolio aukštis nuo pradinio pakito 0,087 mm žemiau pradinės reikšmės. Lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 0,59 %, o nuo bazinio 0,34 %.

D3 nagrinėjamame taške aukščio reikšmė -0,065mm. Bendras aukščio mažėjimas 0,131 mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,76 %, o nuo bazinio 0,38 %.

D4 po 13 valandų nagrinėjamame taške reikšmė buvo 0,012 mm aukščiau bazinės reikšmės. Bendras aukščio mažėjimas 0,018 mm. Nuo pradinio aukščio sumažėjo 0,1 %, o nuo bazinės reikšmės padidėjo 0,07 %. Šiuo atveju po 13 valandų pastebėtos aukščio atsistatymo tendencijos, nors šiurkštumo parametrai buvo vieni didžiausių.

## IŠVADOS

1. Pagal gautus N1 guolio dilimo duomenis darau išvadą, kad parinktas guolių telpas „Autol Top 2000“ buvo parinktas teisingai, apkrova bei sūkiaai taip pat neviršijo leistinų. Tad šio guolio dilimo kreivės priimu kaip bazines palyginimui.
2. Guolis N2 dirbant su transmisine „Pemco 80w90“ alyva pastebėtas 2 kartus greitesnis aukščio mažėjimas darau išvadą, jog prie sunkių arba labai sunkių sąlygų „Pemco 80w90“ neužtikrina pilnaverčio tepimo. Panaudojus RVS master produkciją nebuvo pastebėta jokių gamintojo deklaruojamų savybių.
3. Pagal gautus duomenis N4 guolyje panaudojus „RVS master grace“ konsistencinį tepalą guolio auštis sumažėjo 198.8% tai yra ženklus aukščio kritimas. Tad darau išvadą, kad „RVS master“ produkcija naudojant sunkiomis arba labai sunkiomis sąlygomis yra neveiksminga.
4. Atsižvelgiant į [1] šaltinio atlikto eksperimentinio duomenis galiu daryti prielaidą, kad RVS produkcijos veikimo sritys yra lengvos arba labai lengvos darbo sąlygos.
5. Įvertinus finansines išlaidas skirtas RVS tepalo priedo įsigijimui ir jo poveikį galima teigti, kad apdirbimas RVS technologija yra ekonomiškai nepagrįstas.

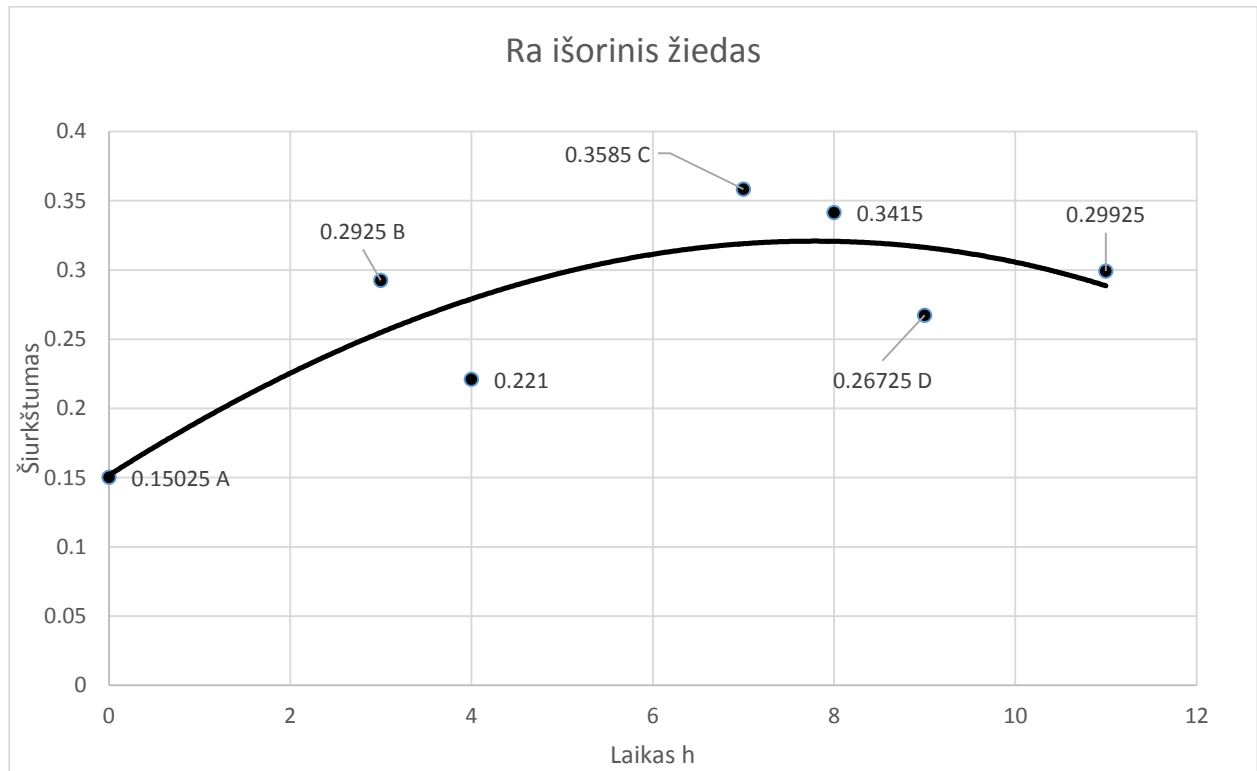
## Literatūra

1. [http://www.gjgrupa.com/images/M\\_images/PEMCO\\_atbilstibas\\_sertifikati/pm\\_i\\_Poid\\_589\\_80w90\\_GL-5.jpg](http://www.gjgrupa.com/images/M_images/PEMCO_atbilstibas_sertifikati/pm_i_Poid_589_80w90_GL-5.jpg) [Žiūrėta: 2015-05-12]
2. [http://www.v-i-p.no/wp-content/uploads/2014/01/25012012113431AutolTop2000\\_Engelskinfo-tekn000517.pdf](http://www.v-i-p.no/wp-content/uploads/2014/01/25012012113431AutolTop2000_Engelskinfo-tekn000517.pdf) [Žiūrėta: 2015-05-15]
3. <http://eparduotuve.rvstechnologija.lt/> [Žiūrėta: 2015-02-12]
4. <http://www.rvs-tec.lt/content/20-testai> [Žiūrėta: 2015-02-12]
5. <http://www.rvstechnologija.lt/Variklio-remontas-Savybes.html> [Žiūrėta: 2015-05-12]
6. [http://www.gjgrupa.com/images/M\\_images/PEMCO\\_atbilstibas\\_sertifikati/pm\\_i\\_Drive\\_260.jpg](http://www.gjgrupa.com/images/M_images/PEMCO_atbilstibas_sertifikati/pm_i_Drive_260.jpg) [Žiūrėta: 2015-04-22]
7. <https://www.olympus-ims.com/en/microscope/bx61/> [Žiūrėta: 2015-04-26]
8. <http://eparduotuve.rvstechnologija.lt/lt/17-guoliams> [Žiūrėta: 2015-05-12]
9. <http://www.rvstechnologija.lt/66.html> [Žiūrėta: 2015-03-26]
10. Medeškas, H. Gaminių kokybė ir patikimumas. Kaunas: Technologija, 2001. 280 p.
11. <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/roller-bearings/principles/index.html> [Žiūrėta: 2015-03-11]
12. <https://www.hoffmann-group.com/LT/en/metmatus/Metrology/Microscopes,-surface-roughness-gauges/Surface-roughness-measuring-tool-ST1-GARANT/p/499030-ST1> [Žiūrėta: 2015-05-20]

# Priedai

## 1 Priedas.

**Bandinys Nr. N4** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas Top 2000 + RVS master plastinis tepalas.

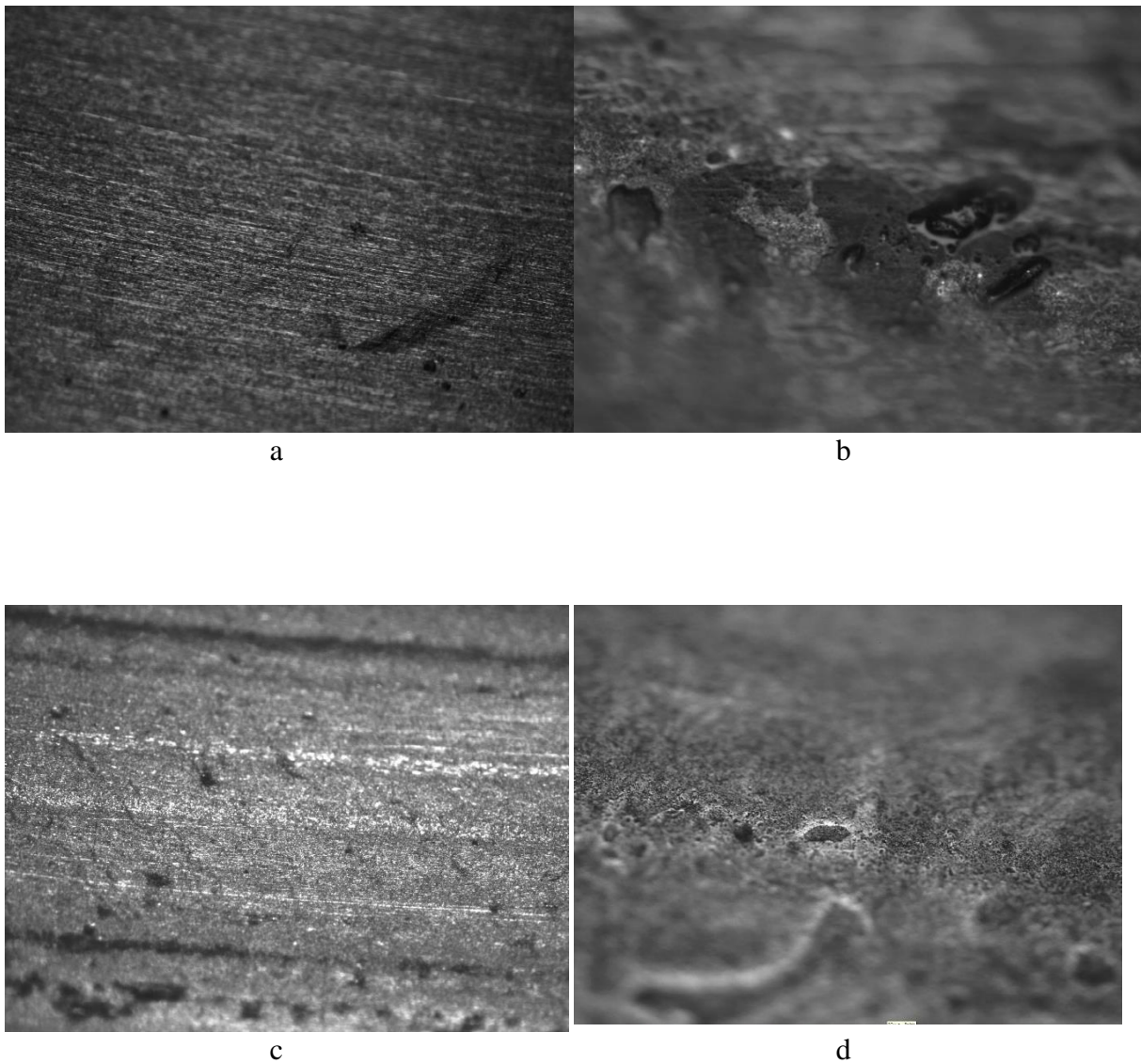


5.7 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

Bandymui parinktas naujas kūginis guolis. Tepimui parinktas plastinis guoliu tepalas Top 2000 ir tepalo priedas RVS master. Prieš pradėdant bandymą buvo nuspręsta nesilaikyti gamintojo nurodymų kuriuose teigiama, kad reikia trinties porai leisti dirbti su kaip įmanoma mažesniais sukūtais ir apkrova ir tik palaipsniui juos didinant. Bandymo metu buvo stengiamasi atkurti realias sąlygas, kada yra neįmanomas guolio apdirbimas pagal reikalavimus. Bandant, guolis buvo sukamas 1500 aps./min ir 2000 kg nekintančia apkrova. Patikrinus guolio išorinį žiedą po 270 000 ciklų buvo rastas 94% šiurkštumo padidėjimas.

Nenorint galutinai sugadinti guolio buvo nuspręsta vis dėlto laikytis reikalavimu ir guoliui apkrova buvo sumažinta iki 0 kg. Atlikus 90 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 24.4 %.

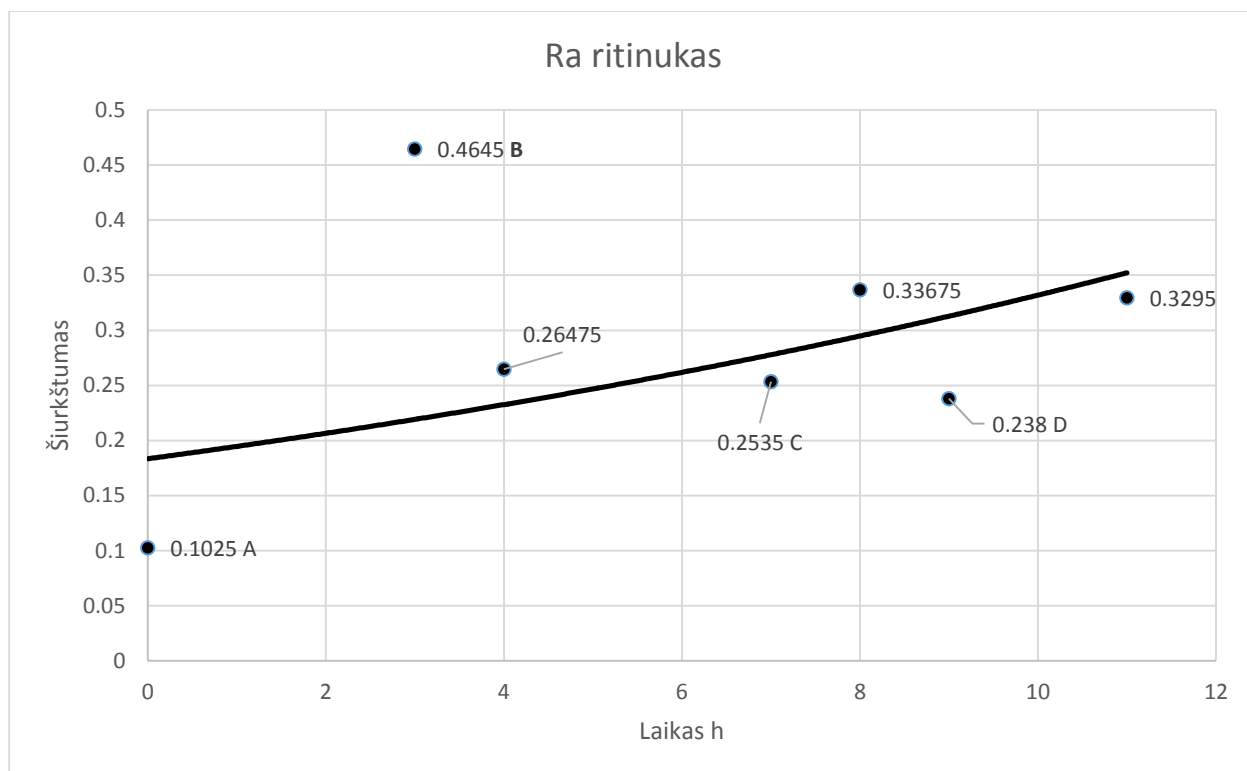
Tęsiant bandymus apkrova buvo padidinta iki 800 kg. Atlikus 270 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 62.2%. Toliau buvo kartojama, apkrova sumažinama iki 0 kg 90 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 4,7 %. Atlikus antrą apdirbimą pagal reikalavimus buvo uždėta 400 kg apkrova ir atlikta 180 000 ciklų. Tačiau šiurkštumui dar kurį laiką mažėjus, vėl ėmė didėti.



5.8 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 270 000 ciklų, c – po 450 000 ciklų, d – po 810 000 ciklų

Paveiksle (5.8 pav), parodyta guolio Nr.N4 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), kai šiuurštumas yra mažas. 4.2 pav. b – parodytas paviršiaus šiuurštumas po 270 000 ciklų pastebimas duobučių formavimasis paviršiuje. Po 450 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (4.2 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos. Po 810 000 ciklų skaičiaus (5.8 pav., d) guolio darbinis paviršius „pavargo“ ir pradėjo trupėti.

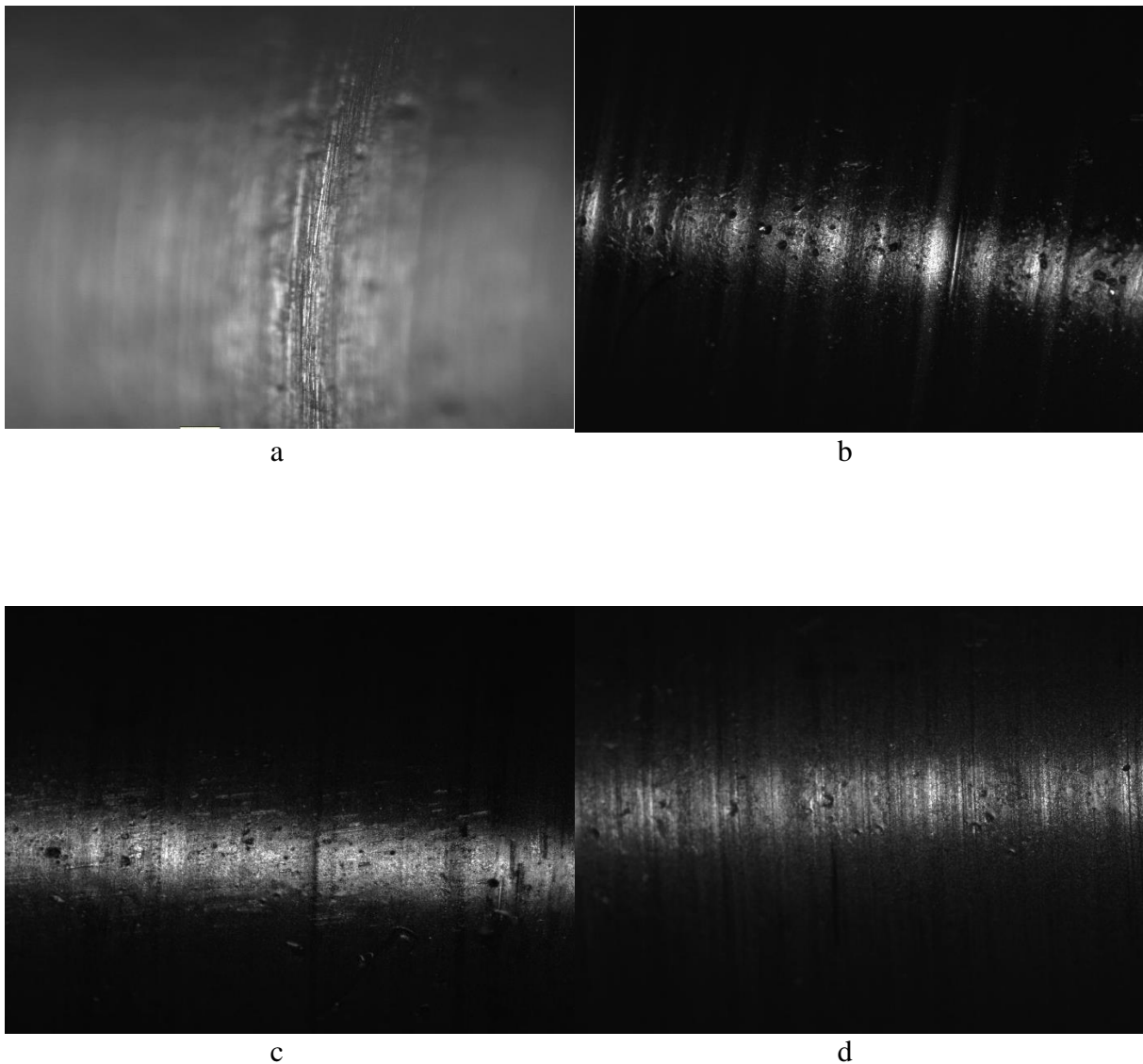
**Bandinys Nr. N4** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas ritinuko šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas Top 2000 + RVS master plastinis tepalas.



5.9 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Ritinukų šiurkštumo grafikas (5.9 pav) turi panašias kitimo tendencijas kaip ir išorinio žiedo šiurkštumo grafikas. Po 270 000 ciklų ritinukų šiurkštumas 58,8 % šiurkštesnis lyginant su išoriniu žiedu. Tai galima būtų paaiškinti, kad ritinukų plienas yra silpnesnis. Lyginant abiejų grafikų kitimą, būtų galima pastebėti tai, jog jų šiurkštumo šuoliai nevisiškai sutampa. Pagrindinė to priežastis yra guolio išorinio žiedo paviršiaus plotas yra mažesnis už bendrą ritinukų paviršiaus plotą, tad ritinukų paviršius šiurkštumo parametras kina netaip greitai.

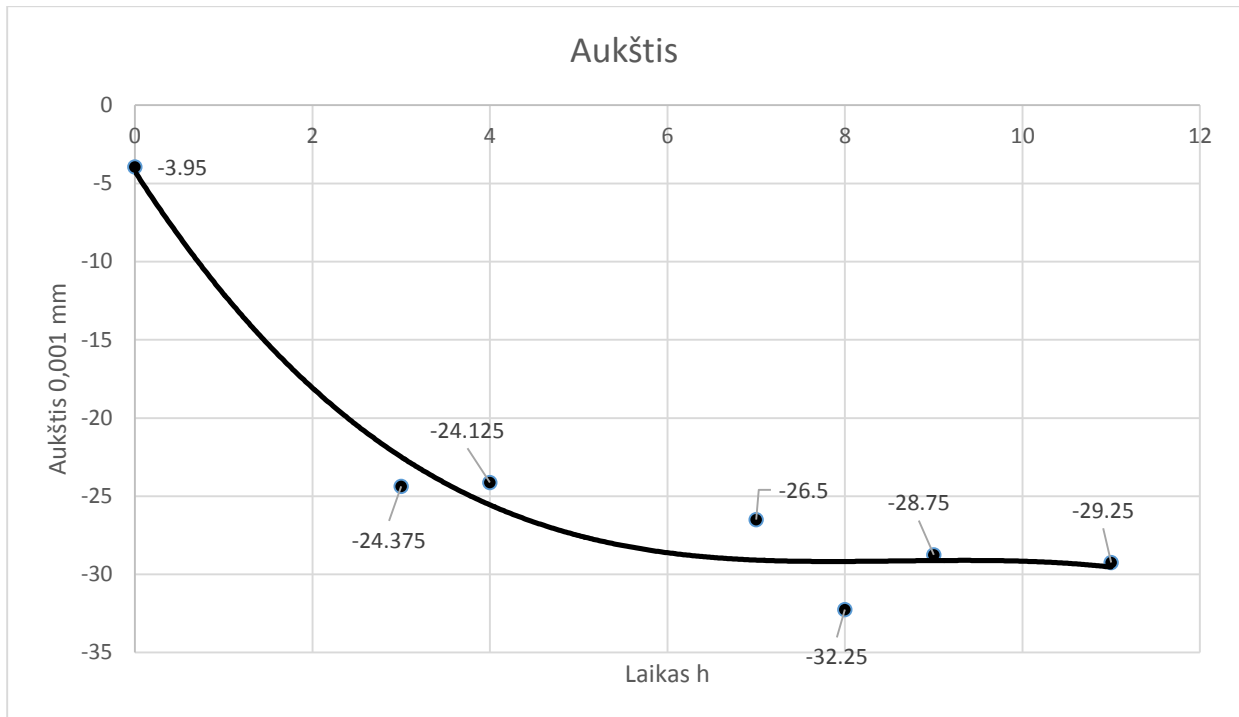




5.10 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 270 000 ciklų , c – 450 000 ciklų, d – po 810 000 ciklų

Paveiksle (5.10 pav) parodyta guolio Nr.1 (5.10 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.10 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 270 000 ciklų paviršiuje matyti išsidėjimo linijos ir duobutės. (5.10 pav., c) po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėjimo linijos. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (5.10 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilios išsidėjimo linijos, tai galejo įtakoti įšorinio žiedo trupėjimas.

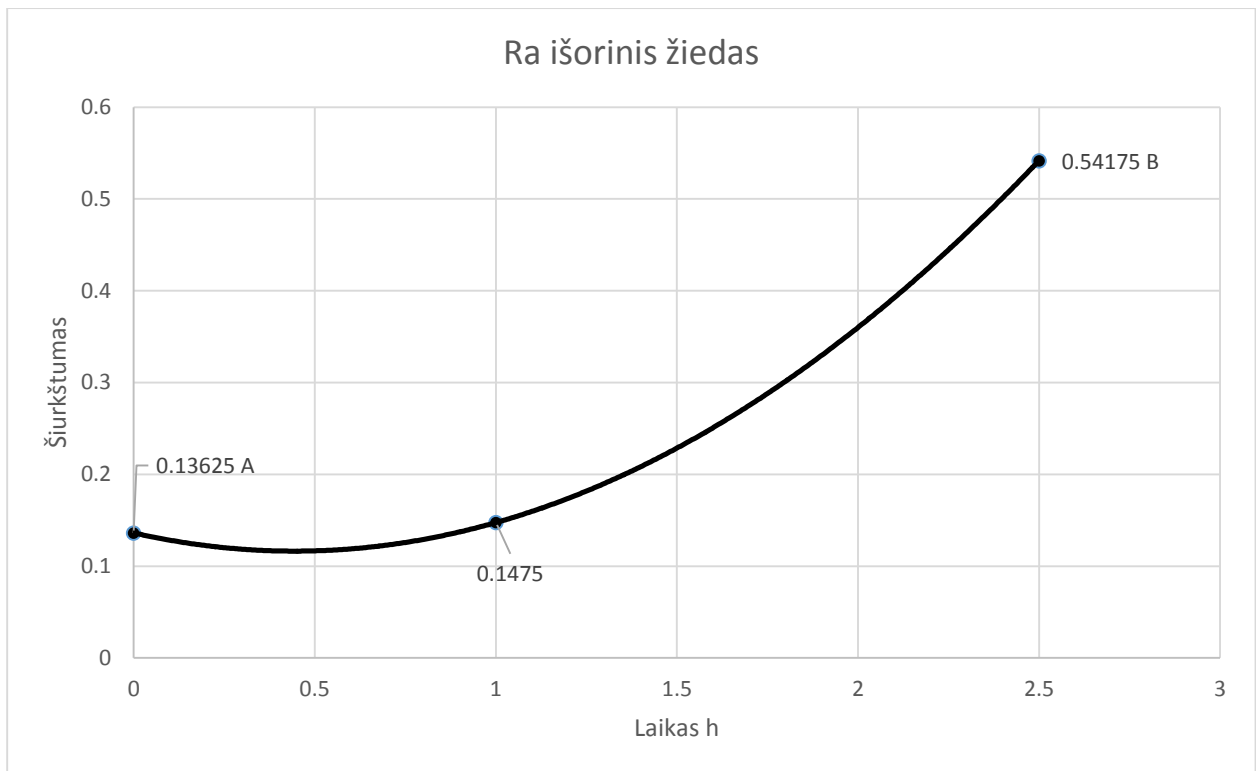
**Bandinys Nr. N4** Bandyamas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas guolio aukščio. Apkrova 2000 Kg, tepalas Top 2000 + RVS master plastinis tepalas.



5.11 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Iš aukščio kitimo grafiko duomenų matomas staigus aukščio kritimas (5.11 pav), kas sutampa ir su šiurkštumo didėjimo kreivėmis. Lyginant aukščio kitimą su guoliu N1, kuris dirbo be priedu šis guolis tiek pat aukščio prarado 733% greičiau. Taške B pastebėtas aukščio 21,6% kritimas kai tuo tarpu guolis sukėsi be apkrovos. Šio kritimo reikšmė yra nedidelė nuo pradinės ir sekancios reikšmės skiriasi 0,05 mm. Šiuos duomenis galėjo įtakoti ritinuko paviršiuje susiformavę ištrupėjimai kurie susitapatinę matavimo metu galėjo pakeisti išorinio žiedo aukštį.

**Bandinys Nr. N5** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 80w90 RVS master transmisinis tepalas.



5.12 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

Šiuo bandymu buvo siekiama patikslinti duomenis gautus bandymu N2. Guolis pagal reikalavimus atliekant apdirbimą RVS Master tepalo priedu guolis 90 000 ciklų dirbo be apkrovos. Likusius 225 000 ciklų guolis dirbo esant 2000 kg apkrovai. Žiedo šiurkštumas padidėjo 3,97 karto nuo 0,136 iki 0,541  $\mu\text{m}$ .



a

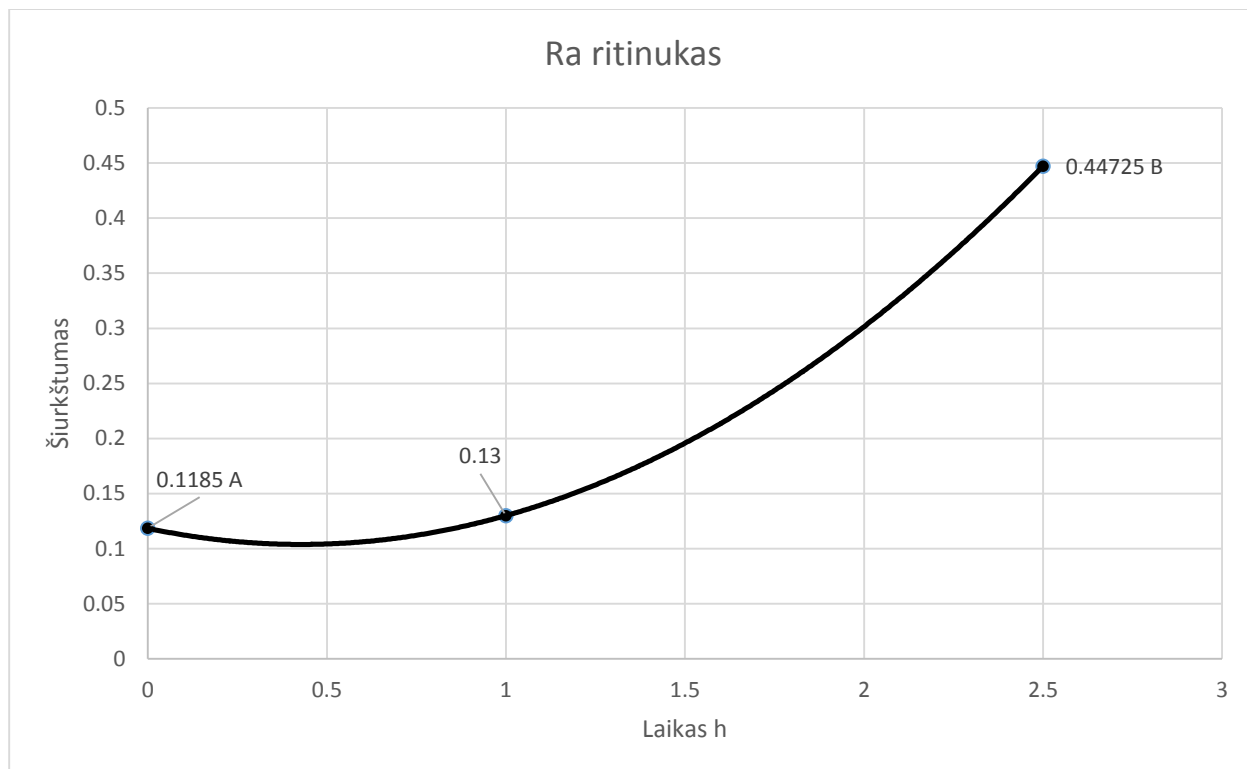


b

5.13 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 225 000 ciklų,

Paveiksle (5.13 pav), parodyta guolio Nr.1 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.13 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 225 000 ciklų matomas didelis paviršiaus pleišėtumas.

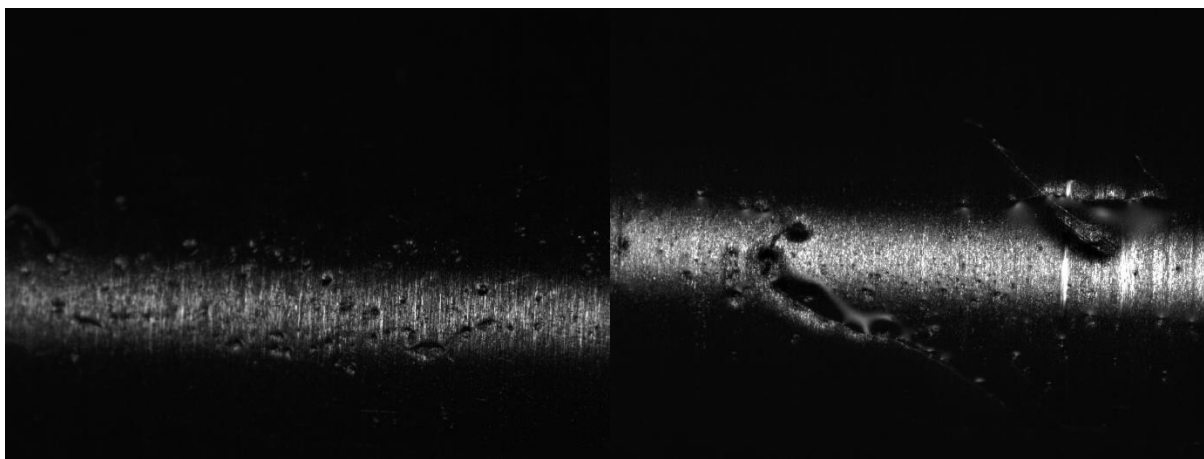
**Bandinys Nr. N5** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, tepalas 80w90 RVS master transmisinis tepalas.



5.14 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

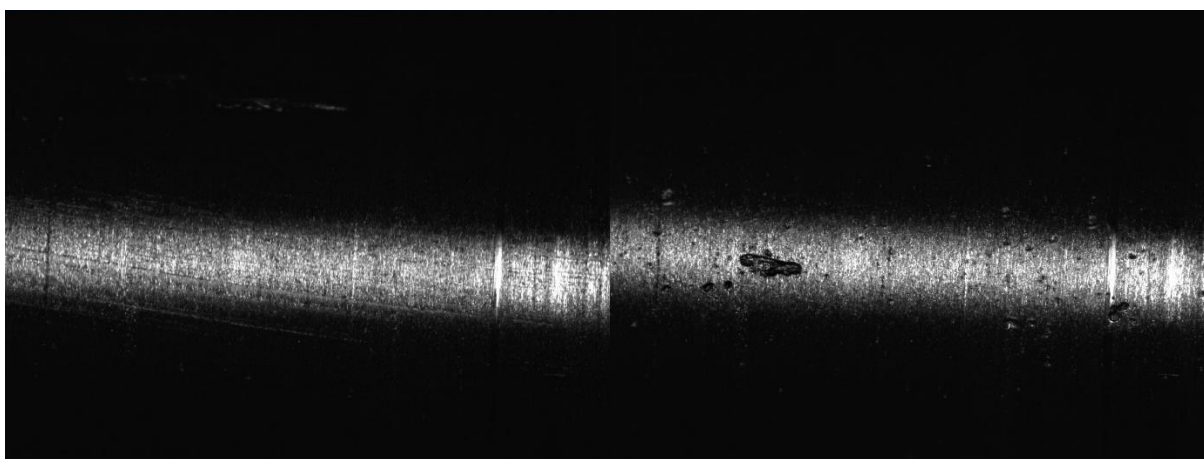
Pradinis ritinuko šiurkštumas 0,118  $\mu\text{m}$  (5.14 pav). Atlikus 90 000 ciklų šiurkštumo parametras pakito 10,1 % nuo 0,118 iki 0,13  $\mu\text{m}$  (4.22 pav). Tęsiant bandymą ir atlikus 225 00 ciklų ritinuko šiurkštumas padidėjo 243,8 % ir pasiekė 0,447  $\mu\text{m}$ .

Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,329  $\mu\text{m}$  nuo 0,118 iki 0,447  $\mu\text{m}$ . Ritinuko šiurkštumo kitimo tendencijos yra panašios į išorinio žiedo.



a

b



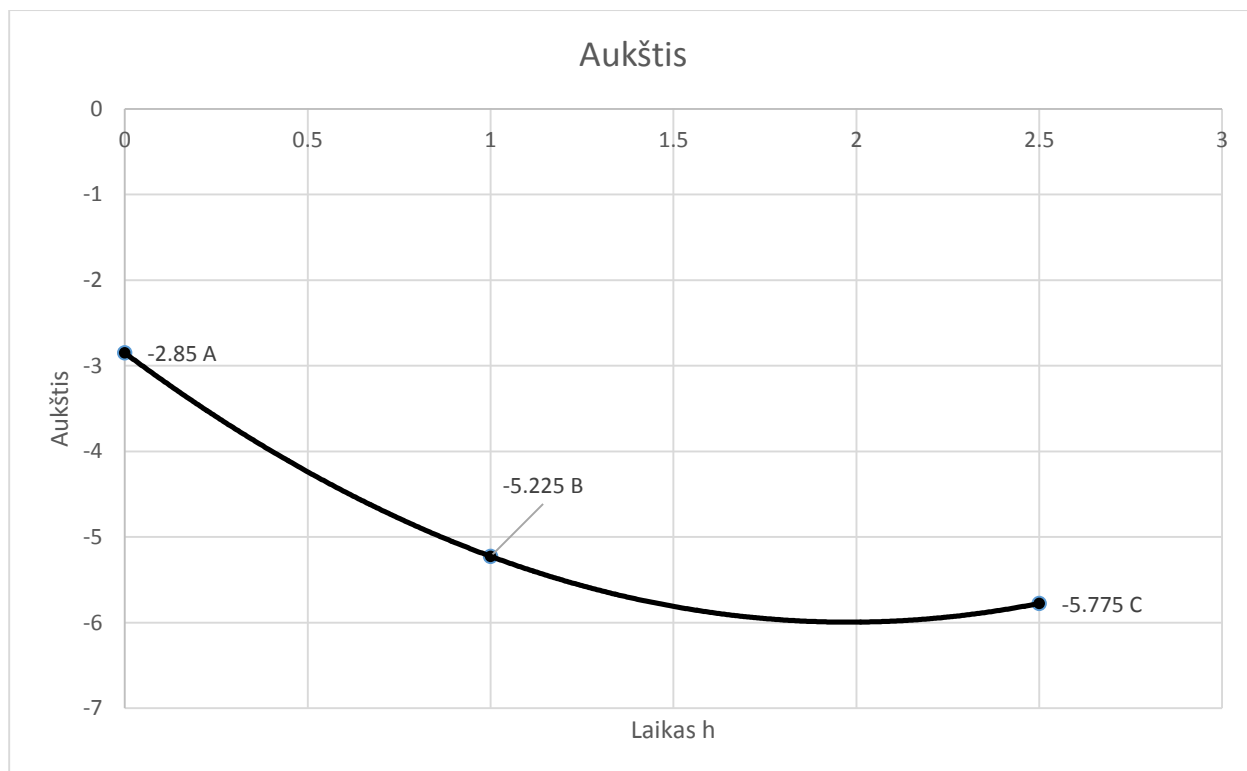
c

d

5.15 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 225 000 ciklų , c ir d – tapati ritinuko vieta.

Paveiksle (5.15 pav) parodyta guolio Nr. N5 (5.15 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei, pastebimas netolygus paviršius. (5.15 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 225 000 ciklų paviršiuje matyti paviršiaus „nuovargio“ požymiai, formuojasi duobutės. (5.15 pav., c ir d) yra taspats titinėlio plotelis. Šio bandymo metu pastebėta, jog po apdirbimo su RVS tepalo priedais ant darbinio paviršių užsilieka klampios alyvos, kuri užpildo duobutes, bei įtrukimus dėl to vizualinė apžiūra yra sąlyginai netiksli ir negalime daryti išvadų remdamiesi tik vizualine apžiūra.

**Bandinys Nr. N5** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova 2000 Kg, Alyva 80w90, tepalo priedas RVS master transmisinis



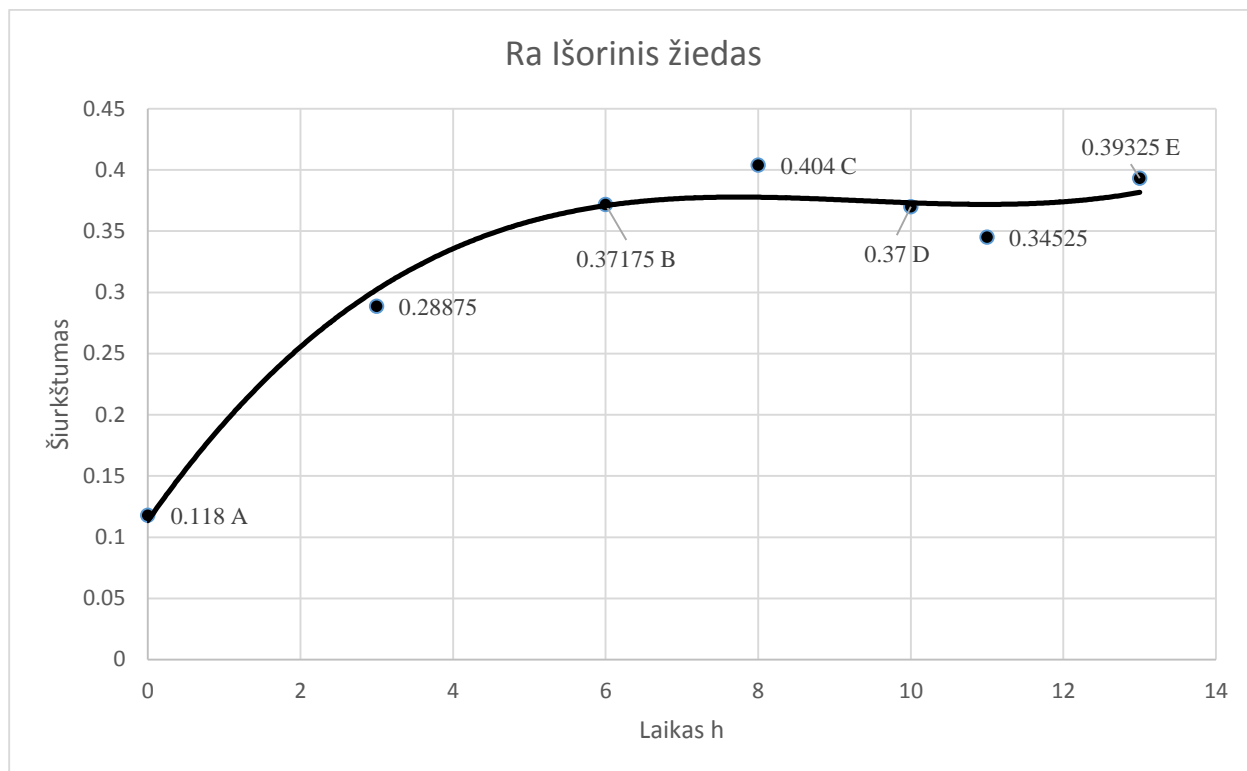
5.16 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus matavimus (5.16 pav) guolio aukštis buvo 0,028 mm mažesnis už etalonini (A). Atlikus 90 000 ciklų aukštis sumažėjo 83,1 % nuo -0,028 iki -0,052 mm (B) lyginant su N1 guoliu tuo pačiu metu nudilimas buvo 5,6 % didesnis. Atlikus dar 135 000 ciklų pastebėtas 10,5 % aukščio mažėjimas iki -0,057 mm (C).

Bendras aukščio mažėjimas yra 0,029 mm nuo -0,028 iki -0,057 mm.

## Naudoti guoliai

**Bandinys Nr. D4** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master

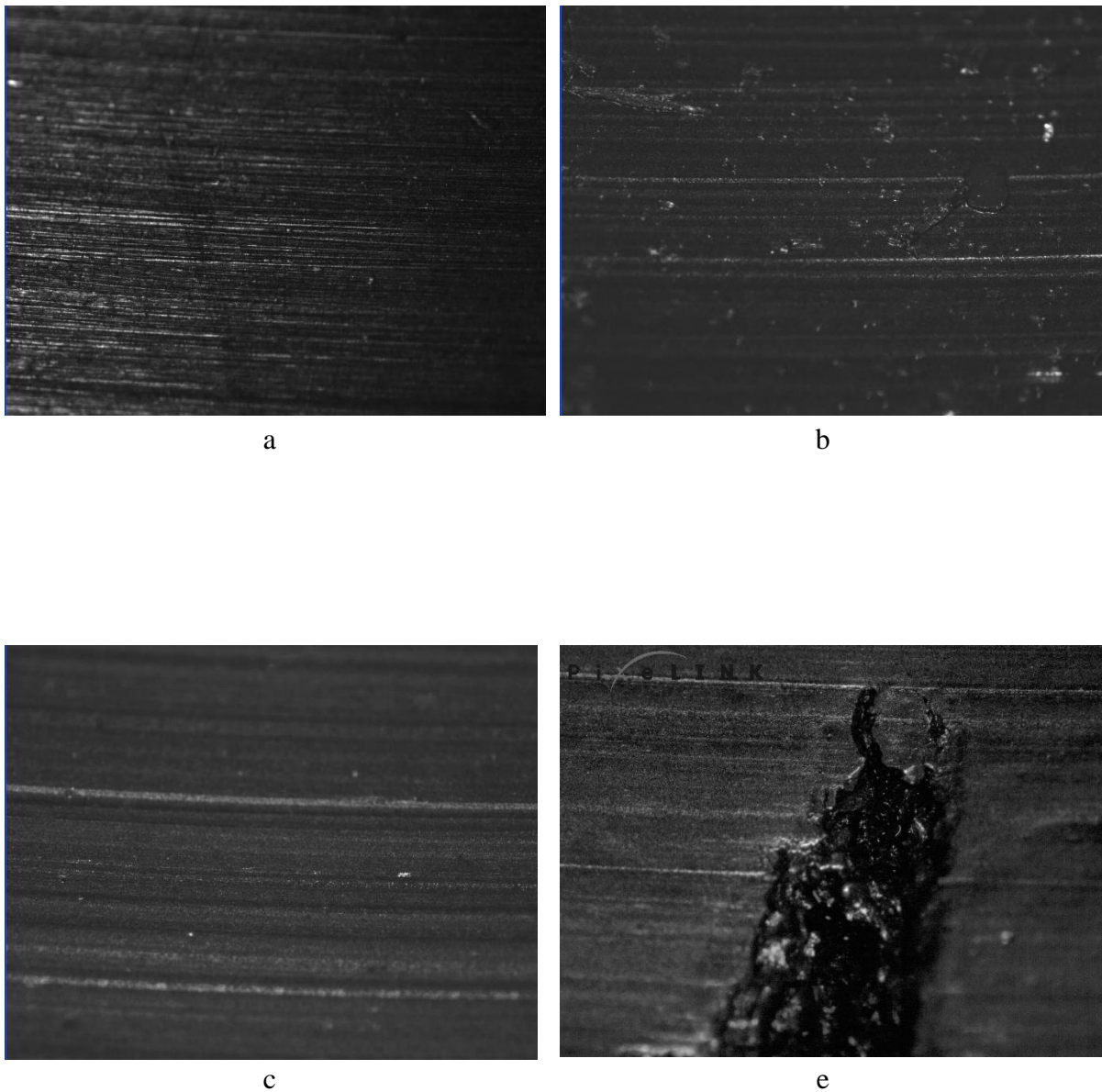


5.17 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko.

Surinkus pradinius šiurkštumo duomenis bei padarius nuotraukas mikroskopu buvo pastebėtas sąlyginai nedidelis šiurkštumas bei gana glotnus paviršius lyginant su naujais guoliais kuriu šiurkštumas yra 0,143  $\mu\text{m}$  šio guolio paviršiaus šiurkštumas buvo 0,118  $\mu\text{m}$  lyginant su nauju šiurkštumas buvo 17,4 % mažesnis. D4 guoliui parikta alyva "Pemko 10w40". Atlikus 270 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 144,7% iki 0,288  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymą ir atlikus dar 270 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 28,4%. Pasiekus sąlyginai didelį šiurkštumą 0,371  $\mu\text{m}$ . Iš surinktų duomenų matome, kad variklinė alyva šiomis sąlygomis yra netinkama naudoti bandymuose, todėl jos kaip vieno iš lubrikantų yra atsisakoma. Pakeitus alyvą į "Pemco 80w90" ir įmaišius tepalo priedo RVS master bandymas tęsiamas. Bandymas tęsiamas pagal reikalavimus sumažinus apkrovą iki 0 kg ir atlikus 180 000 ciklų atlikti šiurkštumo matavimai parodė 8,8% padidėjimą (C). Tęsiant bandymą apkrovą padidinama iki 400 kg ir atlikus 180 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 8,4% (D). Apkrova atstačius į pradinę reikšmę 2000 kg ir atlikus 90 000 ciklų šiurkštumas mažėjo 6,7%, tačiau po 180 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 15,5%. Bendrai šiurkštumas padidėjo 2,33 karto nuo 0,11 iki 0,393  $\mu\text{m}$ . Šio



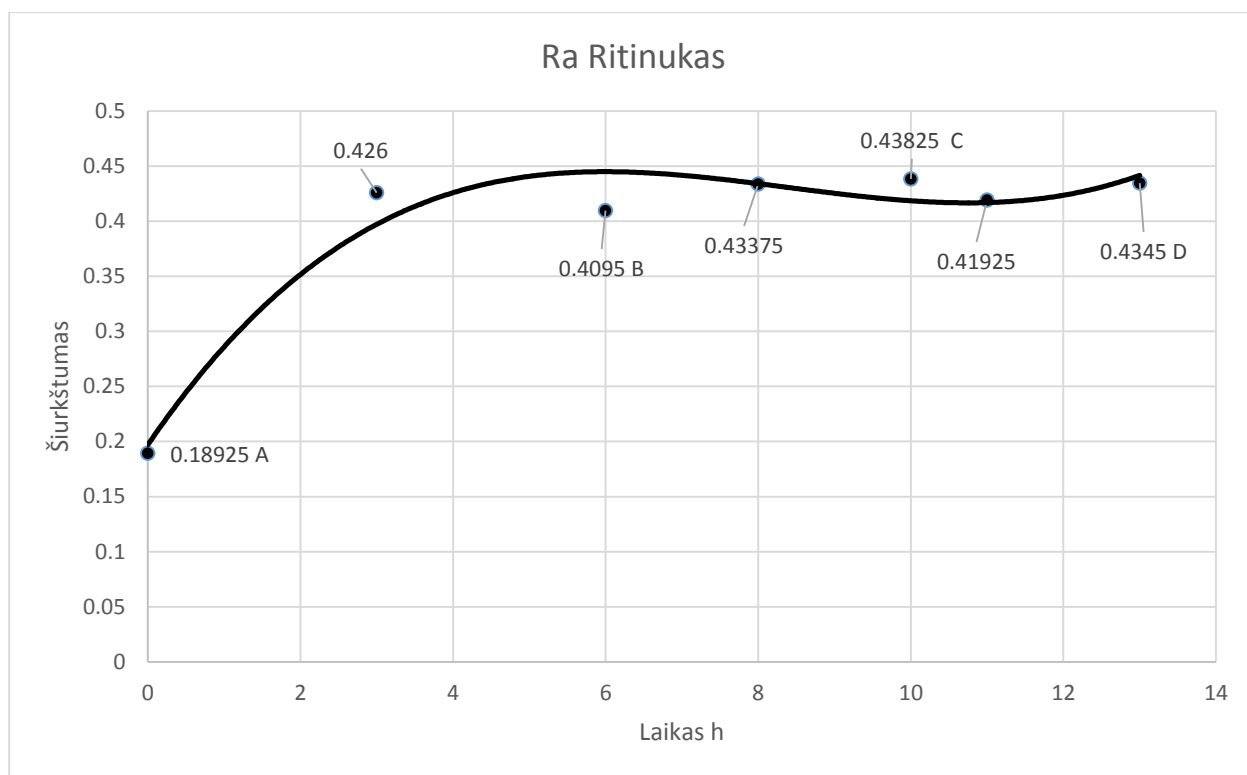
guolio išorinio žiedo šiurkštumo kitimo tendencijos po apdirbimo RVS Master tepalo priedu yra panašios į D3 guolio.



5.18 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 540 000 ciklų, c – po 720 000 ciklų, e – po 1 170 000 ciklų

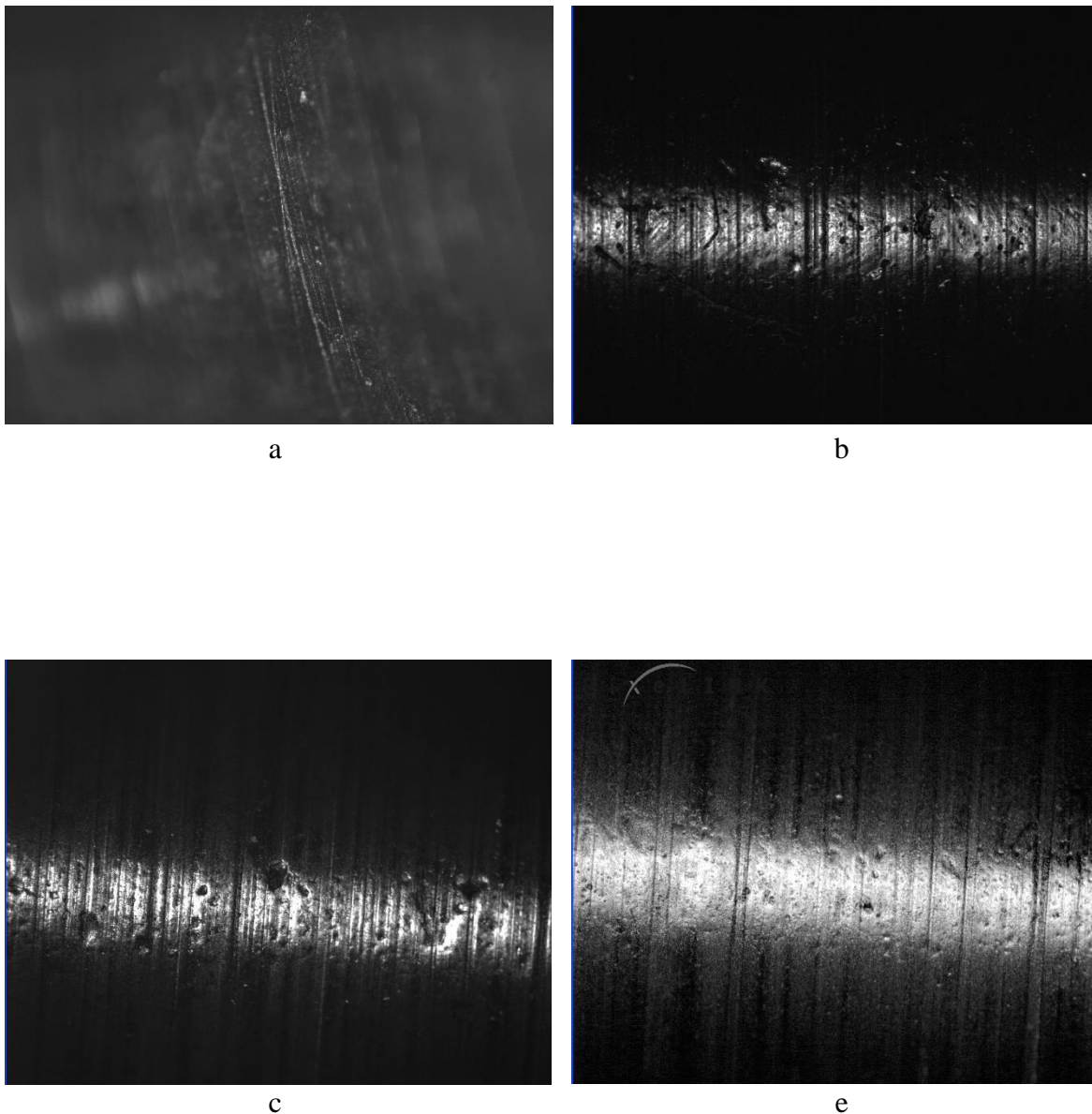
Paveiksle (5.18 pav), parodyta guolio Nr.D4 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.18 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 540 000 ciklų pastebimas paviršiaus pleišėtumas. Po 720 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (5.18 pav., c) matyti šiurkštus paviršius ir gilios išsidėvėjimo linijos. Po 1 170 000 ciklų skaičiaus (5.18 pav., d) guolio darbinis paviršius „pavargo“ ir pradėjo trupėti.

**Bandinys Nr. D4** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas ritinuko šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



5.19 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

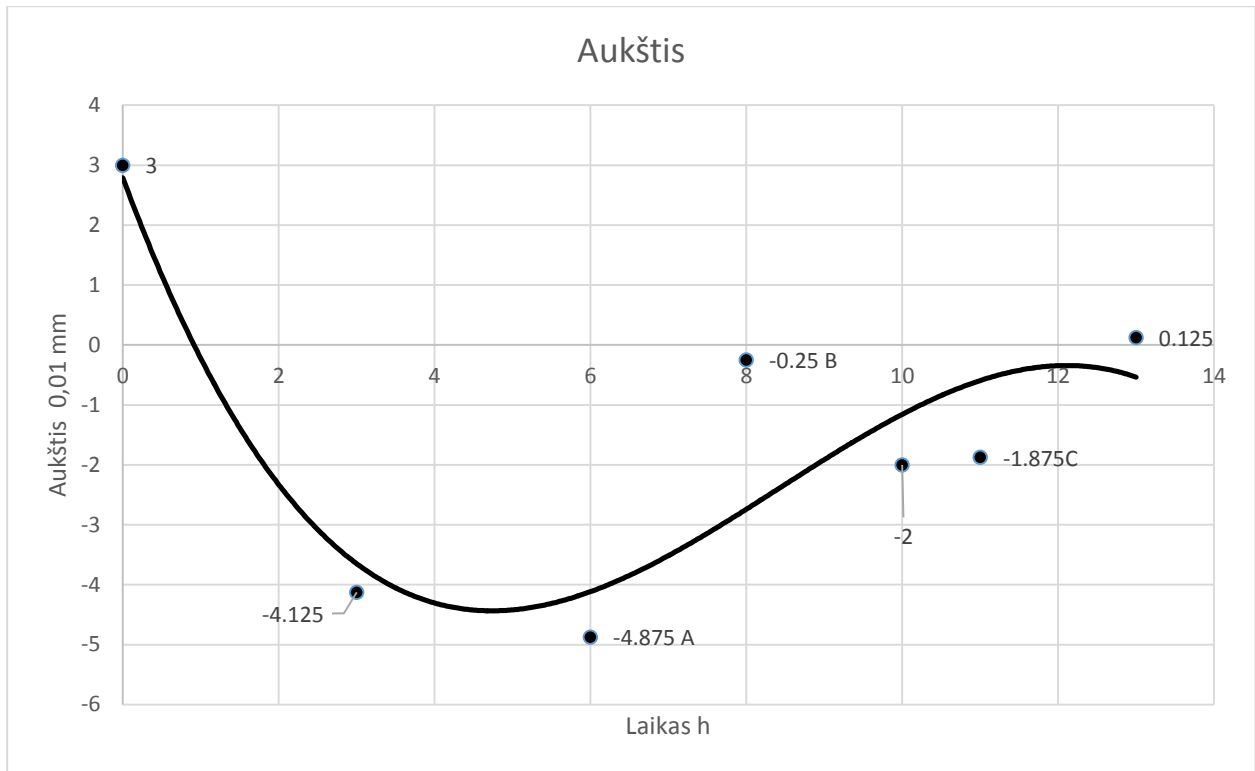
Atlikus pirminius matavimus (5.19 pav) žiedo šiurkštumas buvo 0,189 µm lyginat su nauju guolių ritinukų šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,262 µm šis yra 27,8 % mažesnis. Atlikus 270 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 2,25 karto nuo 0,189 iki 0,426 µm. Tęsiant bandymus į alyva įmaišoma tepalo priedo RVS Master. Pagal reikalavimus atliktas apdirbimo ciklas, apkrova sumažinta iki 0 kg. Atliekant 900 000 ciklų šiurkštumo parametro kitimas buvo 10 % ribose, ir baigus bandymus šiurkštumo parametras pasiekė 0,434 µm šiurkštumą. Lyginant su pradiniu šiurkštumas padidėjo 2,3 karto nuo 0,189 iki 0,424 µm.



5.20 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 540 000 ciklų , c – 810 000 ciklų, d – po 1 170 000 ciklų

Paveiksle (5.20 pav) parodyta guolio Nr.D4 (5.20 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.20 pav., b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 540 000 ciklų paviršiuje matyti stiprus pleišėtumas. (5.20 pav., c) po 810 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matome daug smulkių duobučių darau prielaidą, kad pasireiškė metalo „nuovargis“. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (5.20 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilos išsidėvėjimo linijos.

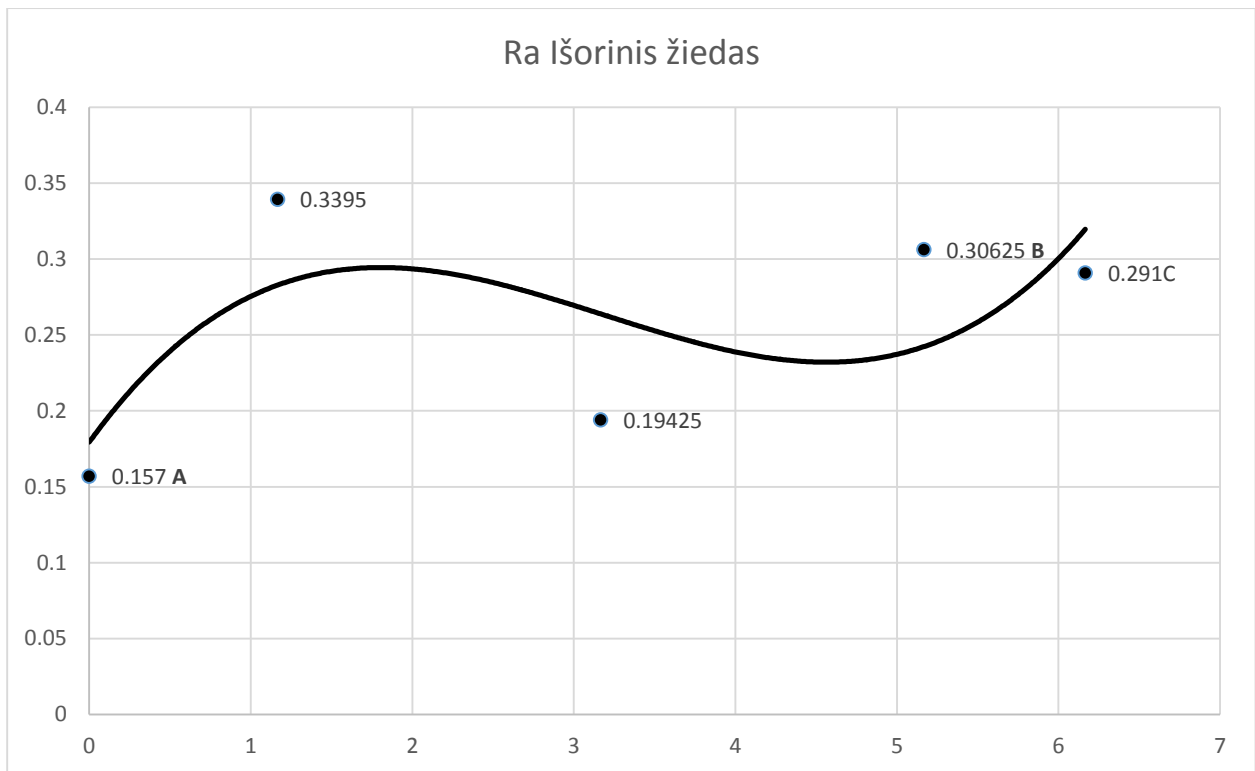
**Bandinys Nr. D4** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



5.21 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Iš 5.21 lentelės grafiko per 6 valandas arba 540 000 ciklų (A) galime matyti “Pemco 10w40” alyvos įtaką dilimo greičiui, aukštis sumažėjo 262,5% iki -0,048 mm tai yra santykinai greitas ir didelis aukščio kritimas. Būtent dėl šios priežasties buvo atsisakyta alyvos “Pemco 10w40”. Pakeitus alyvą į “Pemco 80w90” ir sumaišant su tepalo priedu RVS Master. Atliekant apdirbimą apkrova sumažinus iki 0 kg ir leidus sukėti 180 000 ciklų pastebėtos aukščio didėjimo tendencijos (B), aukštis padidėjo 94,8% iki -0,0025 mm . Tęsiant bandymus apkrova padidinama iki 400 kg ir atliekama 180 000 ciklų aukštis sumažėjo iki -0,02mm. Atlikus apdirbimą apkrova padidinta iki 2000 kg (C) atlikus 270 000 ciklų aukštis atsistatė 106,2 % iki 0,0012mm. Lyginant su pradine reikšme aukštis viso bandymo metu sumažėjo 95,8 % nuo 0,03 iki 0,0012 mm. Tačiau palyginus su didžiausiu nudilimu kuris yra -0,048 mm (A) aukštis atsistatė 102,5 % iki 0,0012 mm. Iš gautų duomenų galiu daryti prielaidą kad RVS Master tepalo priedo veikimas pasireiškia tik esant sąlyginai mažiems kontaktinio paviršiaus įtempiams.

**Bandinys Nr. D5** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech

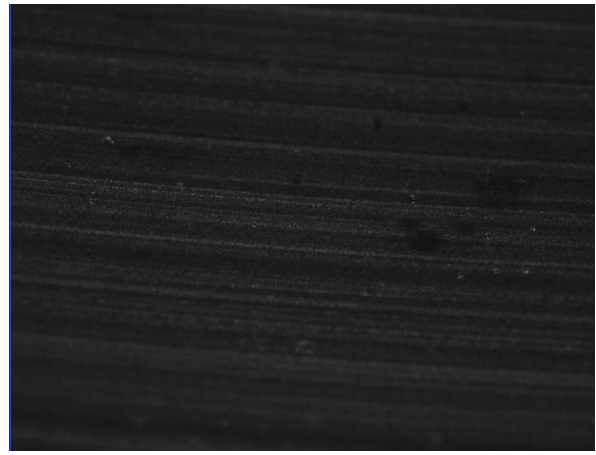


5.22 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

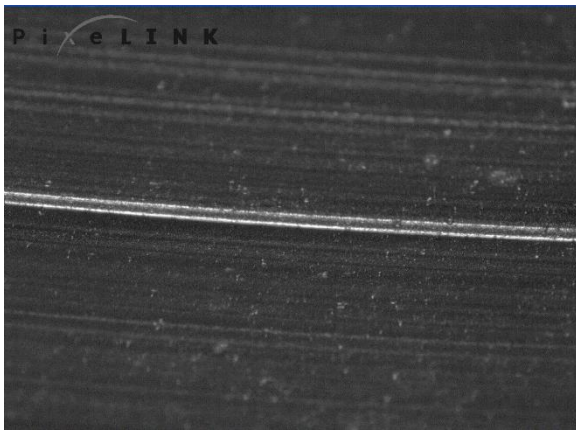
Atlikus pirminius (5.22 pav) matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,157  $\mu\text{m}$ , lyginat su naujų guolių išorinių žiedu šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,143  $\mu\text{m}$  šis yra 9,8 % didesnis. Atlikus 100 000 ciklų transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” žiedo šiurkštumas padidėjo 115,9 % iki 0,339  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymus ir atlikus 180 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 42,7 % iki 0,194  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymus ir atlikus dar 180 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 57,7 % iki 0,306  $\mu\text{m}$ (B). Atliekant tolimesnius bandymus į alyva įmaišoma tepalo priedo RVS Tec. Pagal reikalavimus atliktas apdirbimo ciklas, apkrova sumažinta iki 0 kg. Atlikus pirmus 90 000 ciklų paviršiaus šiurkštumas sumažėjo 4,9 % iki 0,291  $\mu\text{m}$ . Bendras žiedo šiurkštumo kitimas buvo 0,134  $\mu\text{m}$  nuo 0,157  $\mu\text{m}$  iki 0,291  $\mu\text{m}$ . Atlikus apdorojimą RVS master tepalo priedu šiurkštumas pakito 4,9 % toks pokytis yra sąlyginai mažas , tad darau prielaidą, kad RVS master tepalo priedo veikimo sąlygos ir poveikis yra nepastovus ir sunkiai prognozuojamas.



a



b

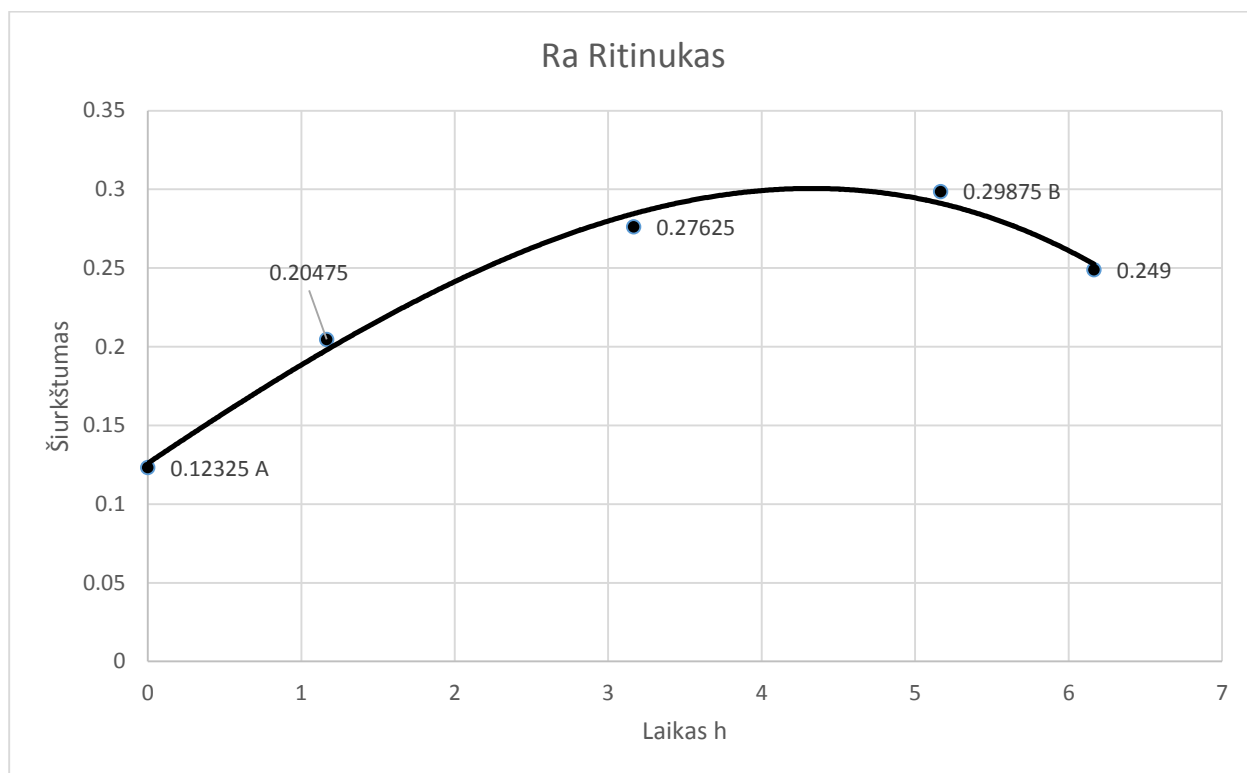


c

5.23 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 464 400 ciklų, c – po 544 400 ciklų,

Paveiksle (5.23 pav), parodyta guolio Nr.D5 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (5.23 pav., a), pastebima pradėjusios formuotis duobutės. (5.23 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 464 400 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėvėjimo linijos. Po 544 400 ciklų (5.23 pav., c), matomos pagylėjusios išsidėvėjimo linijos.

**Bandinys Nr. D5** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech

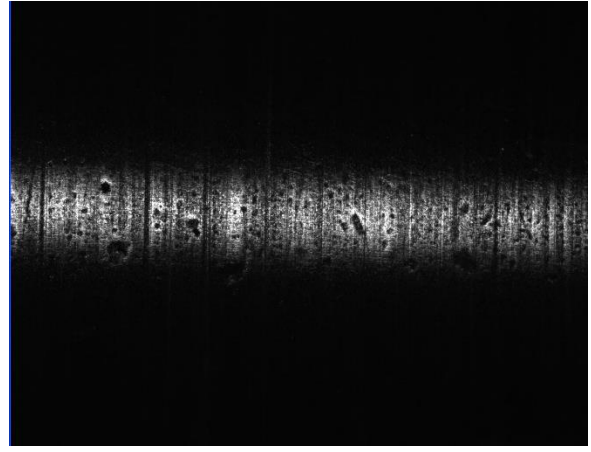


5.24 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus pirminius matavimus (5.24 pav) žiedo šiurkštumas buvo 0,123  $\mu\text{m}$  lyginat su naujų guolių ritinukų šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,262  $\mu\text{m}$  šis yra 53 % mažesnis. Atlikus 464 000 ciklų transmisinėje alyvoje “Pemco 80w90” žiedo šiurkštumas padidėjo 142,2 % iki 0,298  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymus į alyva įmaišoma tepalo priedo RVS Tec. Pagal reikalavimus atliktas apdirbimo ciklas, apkrova sumažinta iki 0 kg. Atlikus pirmus 90 000 ciklų paviršiaus šiurkštumas sumažėjo 16,4 % iki 0,249  $\mu\text{m}$ . Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,126  $\mu\text{m}$  nuo 0,123 iki 0,249  $\mu\text{m}$ . Atlikus 90 000 ciklų trunkanti apdirbimą šiurkštumo sumažėjimas galėjo įtakoti sumažinta iki 0 kg apkrova dėl kurios paviršiai mažiau kontaktuodami galėjo nusiglotninti.



a



b



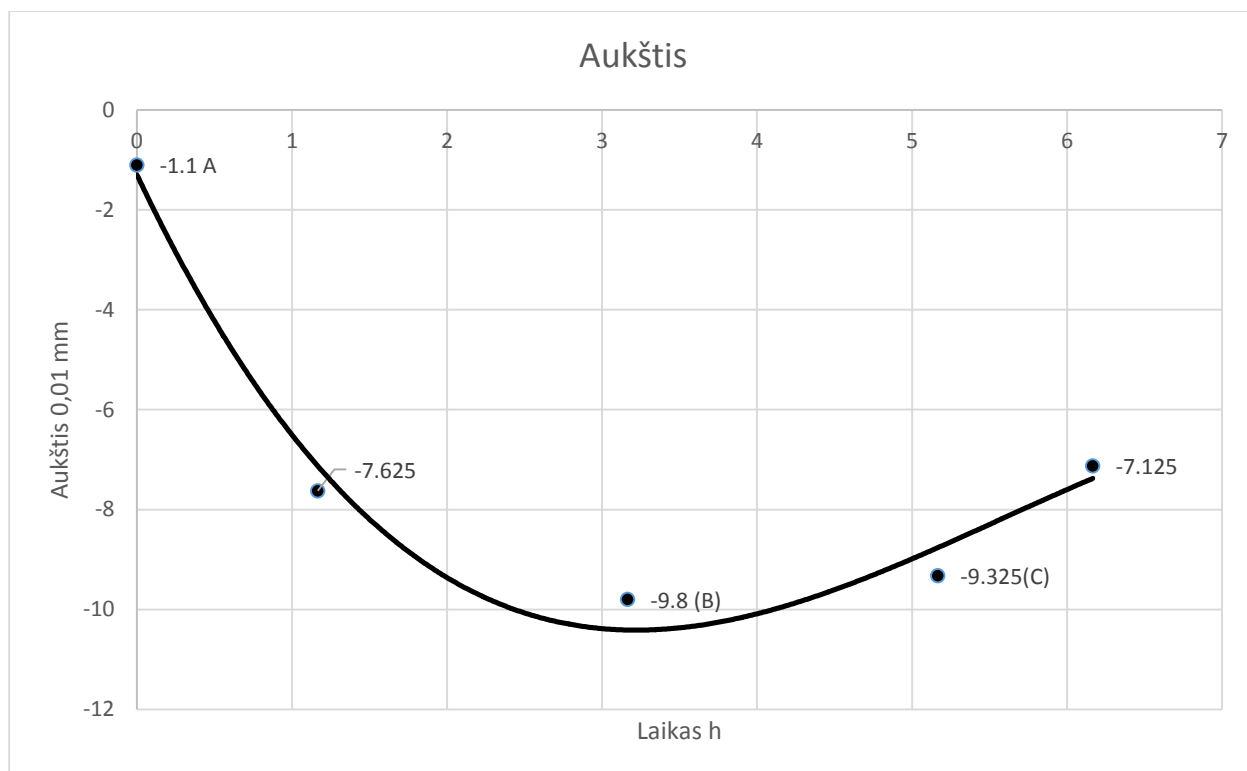
c

5.25 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 464 400 ciklų, c – 554 400 ciklų,

Paveiksle (5.25 pav) parodyta guolio Nr.D5 (5.25 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršiaus . (5.25 pav. b) – matomas paviršiaus šiurkštumas po 464 400 ciklų paviršiuje matyti išsidėjimo duobutės. (5.25 pav., c) po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėvėjimo linijos..



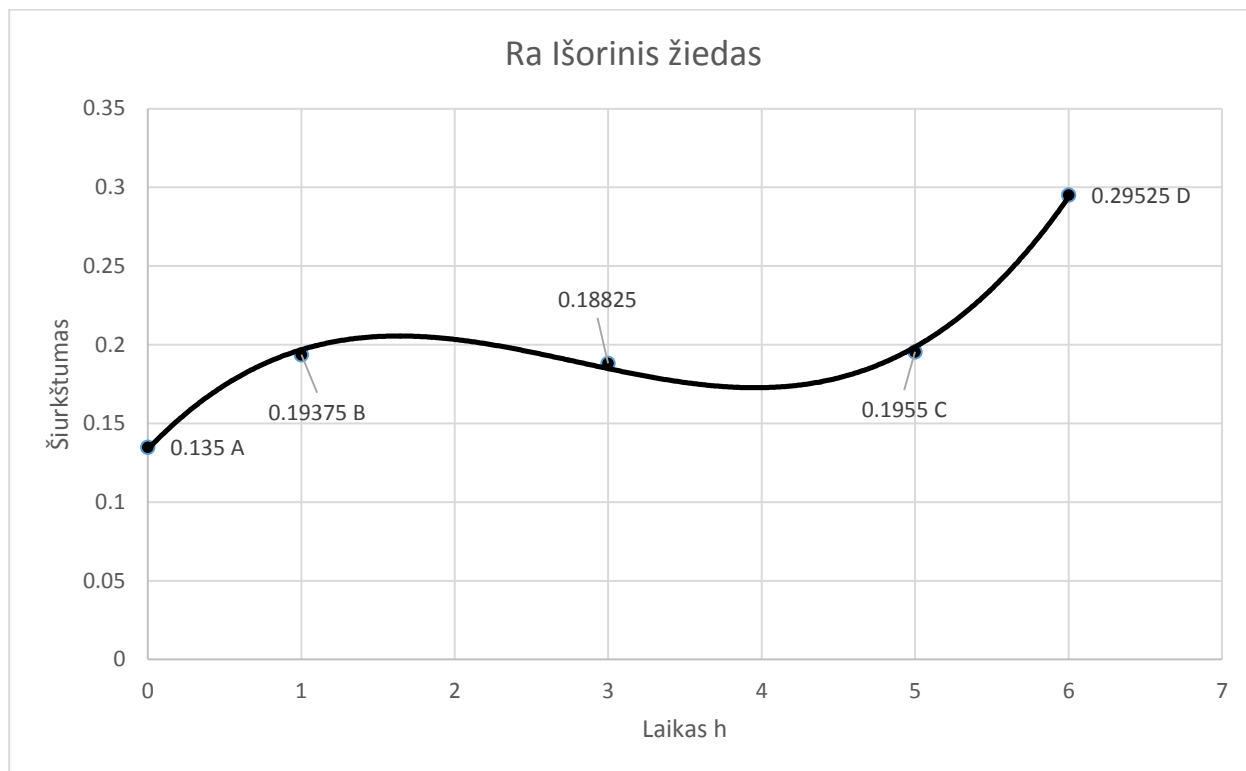
**Bandinys Nr. D5** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech



5.26 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus matavimus (5.26 pav) guolio aukštis buvo 0,01 mm mažesnis už etalonini (A). Atlikus 284 000 ciklų aukštis sumažėjo iki didžiausios reikšmės -0,098 mm (B) lyginant su pradiniu aukščiu toks mažėjimas yra sąlyginai greitas lyginant su N1 guoliu tuo pačiu metu nudilimas buvo 44,1 % didesnis. Atlikus dar 180 000 ciklų pastebėtas 4,9% padidėjimas iki -0,093 mm (C). Atlikus 90 000 ciklų su RVS Tech tepalo priedu be apkrovos, auštis atsistatė 23,6 % iki -0,071 mm . Bendras aukščio mažėjimas yra 0,06 mm nuo -0,011 iki -0,071 mm. Aukščio mažėjimo tendencijos pakito panaudojus RVS Master tepalo priedą. Lyginat D5 su nauju guoliu D1 po 3 valandų šio guolio aukščio kitimas 38 % buvo didesnis nei N1. Tokį palyginti greitą dilimą galėjo įtakoti tai jog guolis yra dėvėtas ir jo paviršiai jau yra nuvargę. Tačiau stebint tolimesnius bandymo rezultatus buvo pastebėtas sąlyginai nedidelis aukščio atsistatymas dar nepanaudojus RVS Tech produkto.

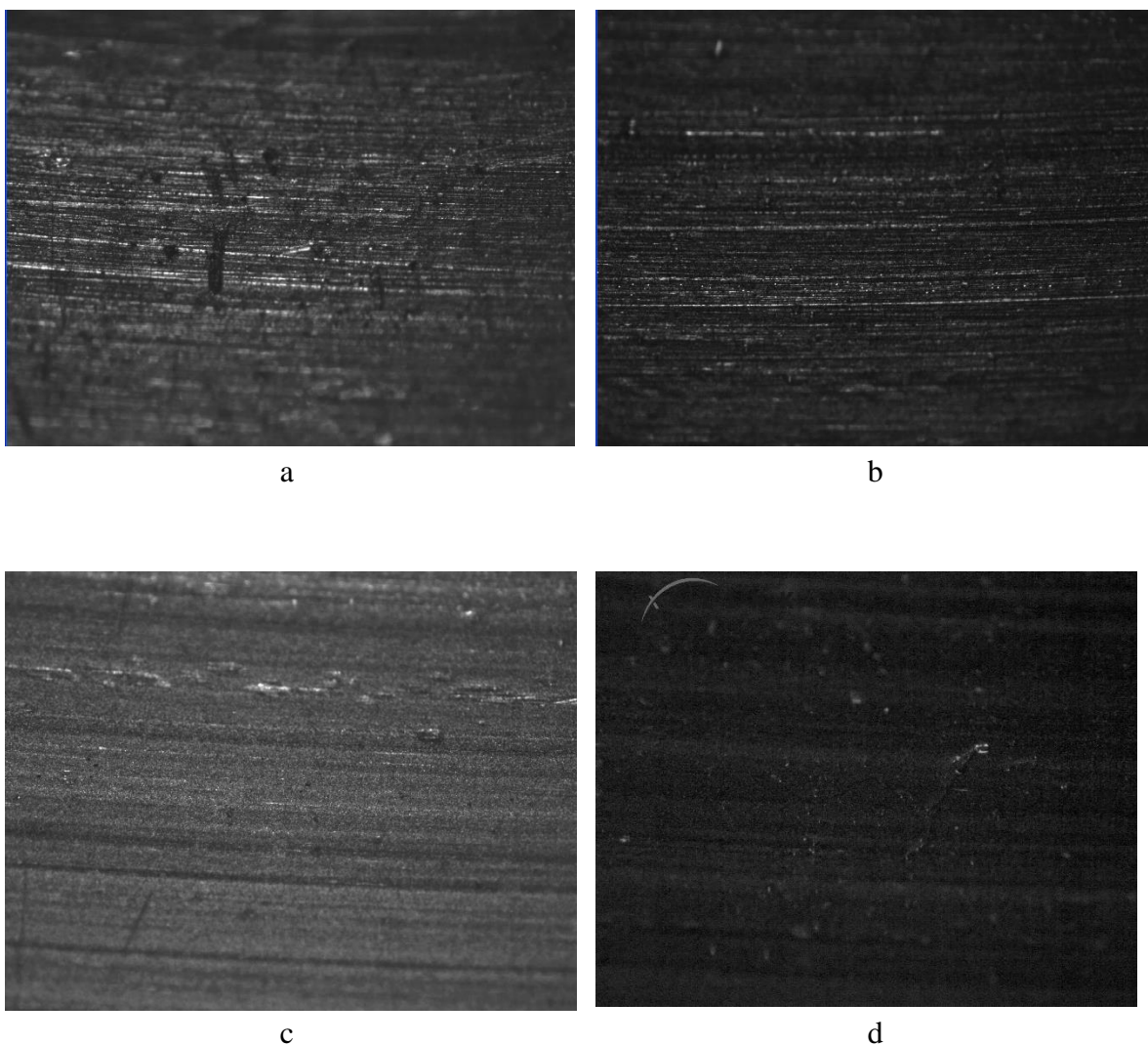
**Bandinys Nr. D7** Bandytas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-400 Kg, tepalas 80w90 transmisinė alyva su tepalų priedu RVS Master



5.27 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,135 µm (5.27 pav) lyginat su naujų guolių išorinių žiedų šiurkštumą vidurkiu kuris yra 0,143 µm šis yra 5,6 % mažesnis. Atliekant tyrimus šiuo atveju buvo nuspręsta sumažinti apkrovas ir atlikti apdirbimą. Atlikus 90 000 ciklų pirminio apdirbimo režimu su 0 kg apkrova šiurkštumas padidėjo 43 % iki 0,193 µm (B). Atliekant tolimesnį apdirbimą apkrova padidinama iki 400 kg ir atliekama 360 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 1 % iki 0,195 µm(C). Atlikus dar 90 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 51.3 % iki 0,295 µm lyginant su N1 žiedo šiurkštumu šis 2,7 % buvo didesnis.

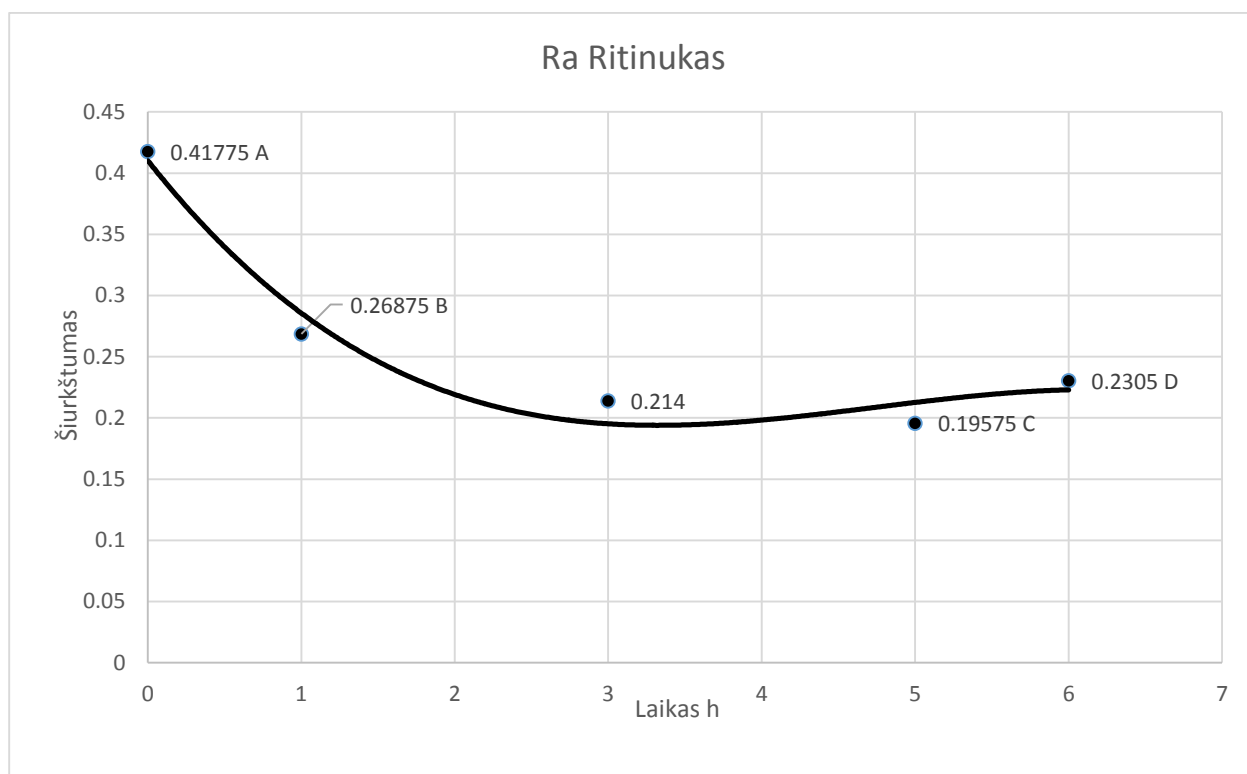
Bendrai šiurkštumas padidėjo 0,16 µm nuo 0,135 iki 0,295 µm. Reikėtų atsižvelgti į tai jog guolio pradžioje dirbusio be apkrovos šiurkštumas padidėjo 43 %. Tokiomis sąlygomis tai yra ženklus šiurkštumo padidėjimas. Tęsiant bandymu su santykinai nedidele apkrova šiurkštumo parametras turi tendencija didėti.



5.28 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 90 000 ciklų, c – po 450 000 ciklų, d – po 540 000 ciklų

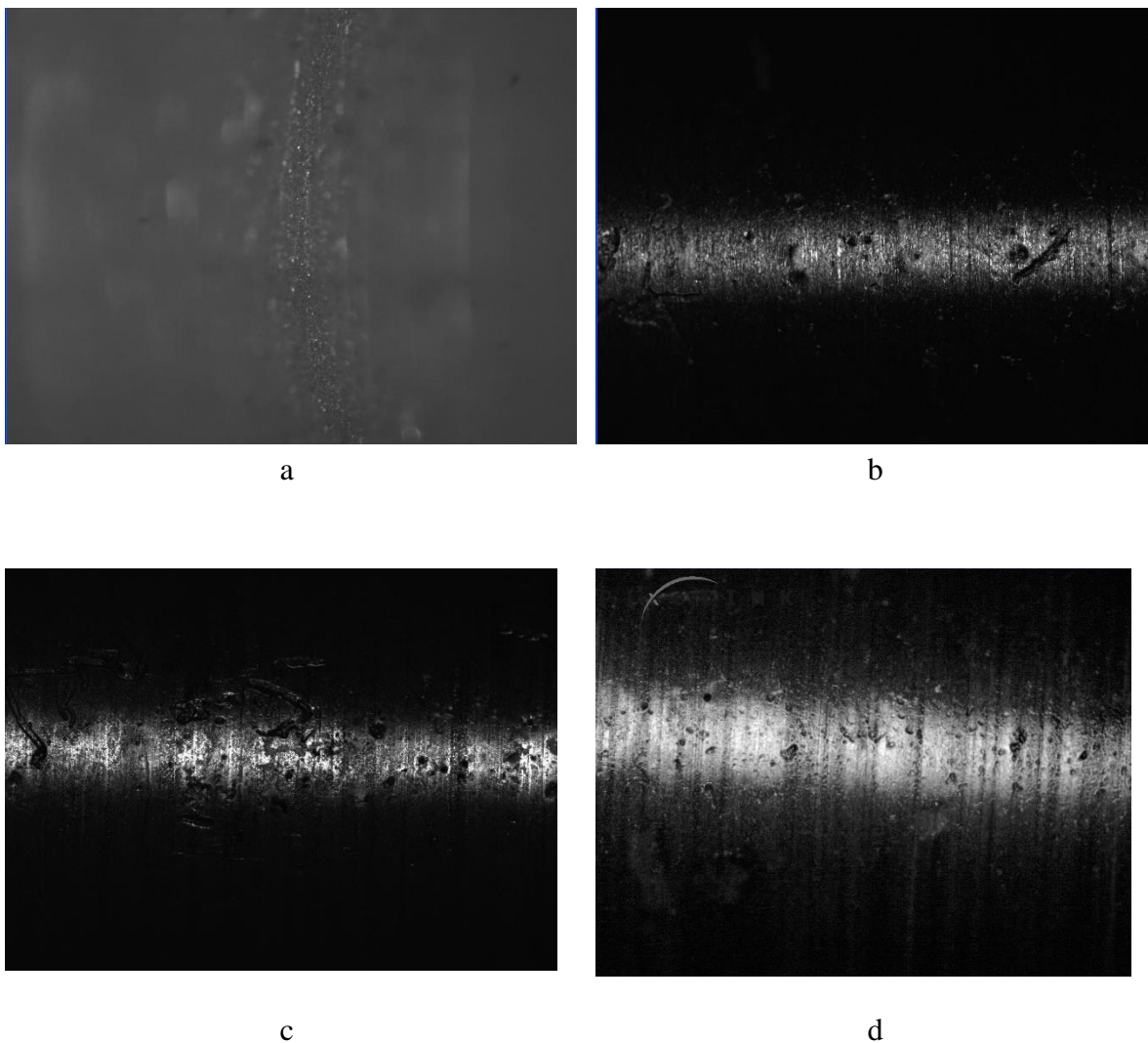
Paveiksle (5.28 pav), parodyta guolio Nr. D7 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (5.28 pav., a), matomi nedideli paviršiaus pažeidimai. (5.28 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų matomas nedidelis paviršiaus išsidėvėjimas. Po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (5.28 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos ir pradeda formuotis duobutės. Po 540 000 ciklų skaičiaus (5.8 pav., d) guolio darbinis paviršius „pavargo“ ir pradėjo trupėti.

**Bandinys Nr. D7** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas ritinukų šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-400 Kg, tepalas 80w90 transmisinė alyva su tepalų priedu RVS Master.



5.29 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

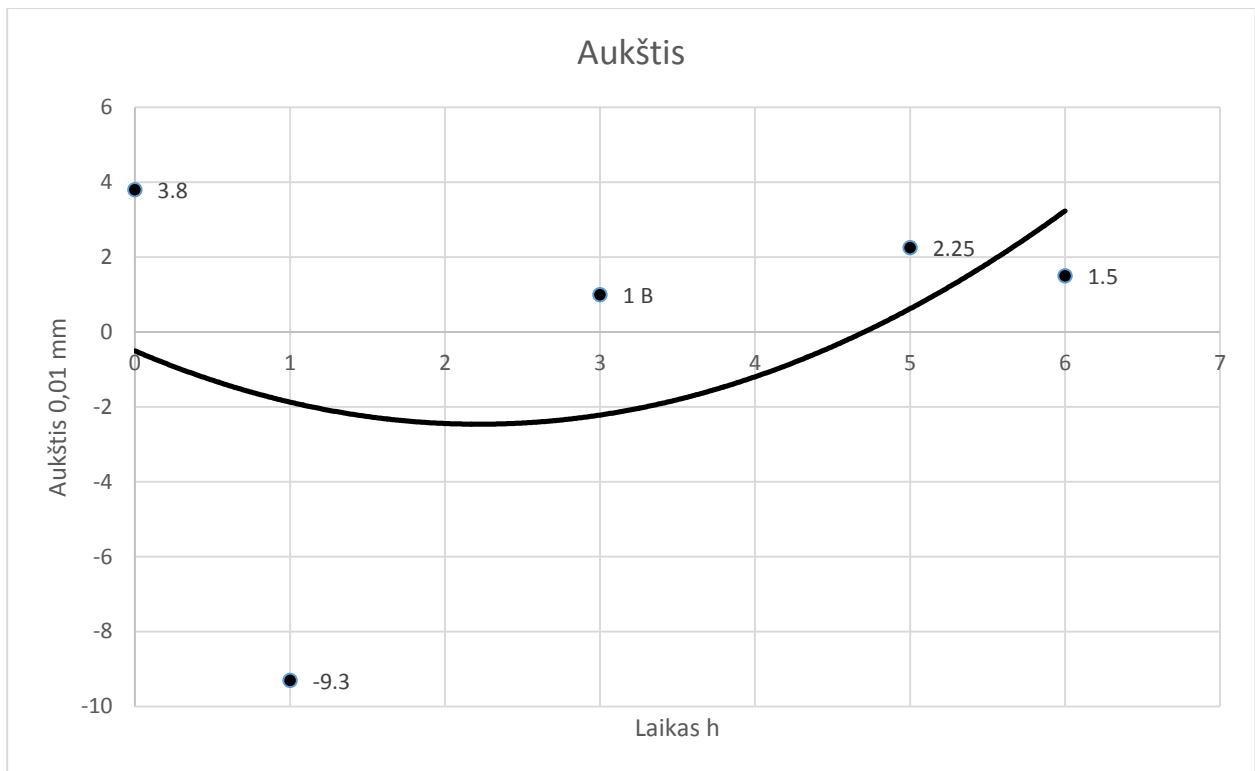
Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,417 µm (5.29 pav) lyginat su naujų guolių ritinukų šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,262 µm šis yra 59,2 % didesnis. Atlikus 90 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 35,7 % iki 0,268 µm. Tęsiant bandymus su 400 kg apkrova paviršiaus šiurkštumas per 360 000 ciklų sumažėjo iki 0,195 µm kito 16,4 % iki 0,249 µm. Bendrai šiurkštumas lyginant su pradiniu sumažėjo 0,187 µm nuo 0,417 iki 0,23 µm. Lyginant su N1 guolio ritinukais D7 kitimo tendencijos yra panašios. Guoliui atlikus 540 000 ciklų trunkantį apdirbimą šiurkštumas lyginant su N1 guolio reikšme buvo 20,1 % mažesnis, tačiau reikėtų atsižvelgti į tai jog dali laiko D7 guolis dirbo be apkrovos, o likusį laiką su 5 kartais mažesne apkrova.



5.30 pav, ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 90 000 ciklų, c – 450 000 ciklų, d – po 540 000 ciklų

Paveiksle (5.30 pav) parodyta guolio Nr.D7 (5.30 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršius yra geros būklės. (5.30 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų paviršiuje matyti dėl intensyvios trinties pradėjusios formuotis duobutės. (5.30 pav., c) po 450 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėvėjimo linijos, bei viso paviršiaus trupėjimas. Po 540 000 ciklų skaičiaus (5.30 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilios išsidėvėjimo linijos.

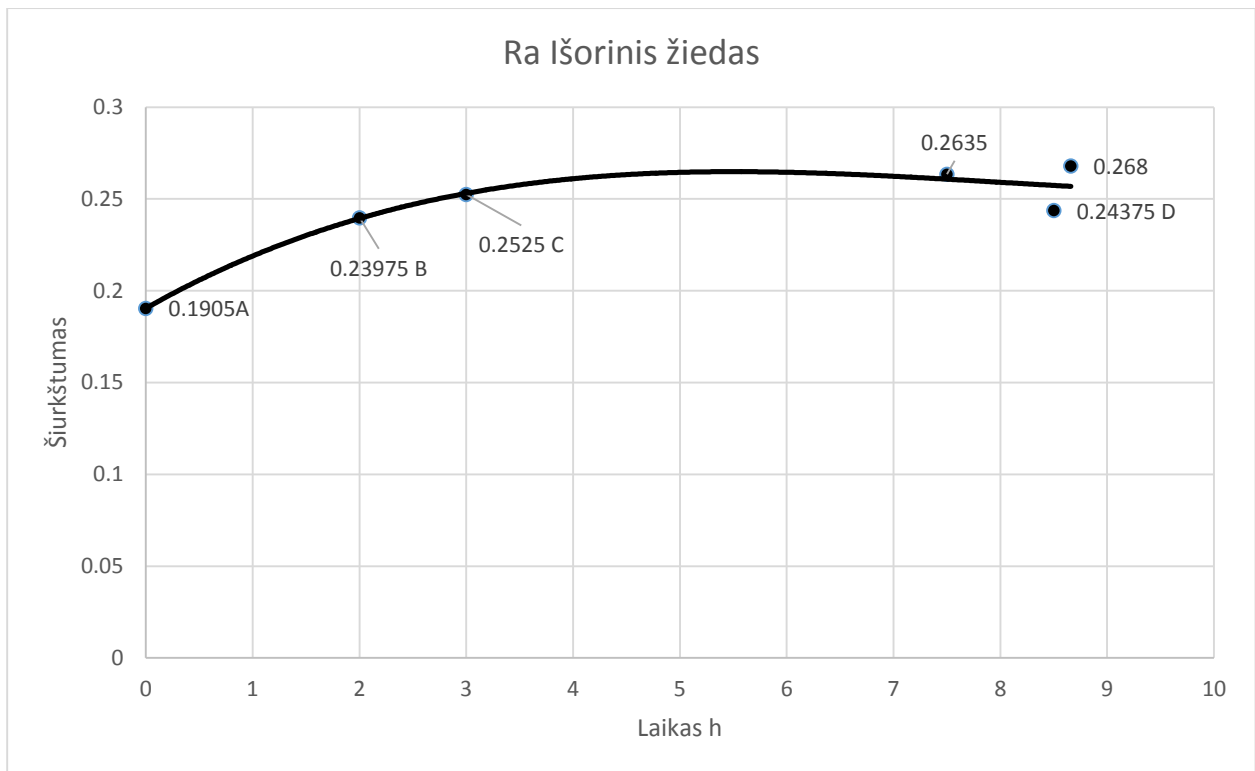
**Bandinys Nr. D7** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-400 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



5.31 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

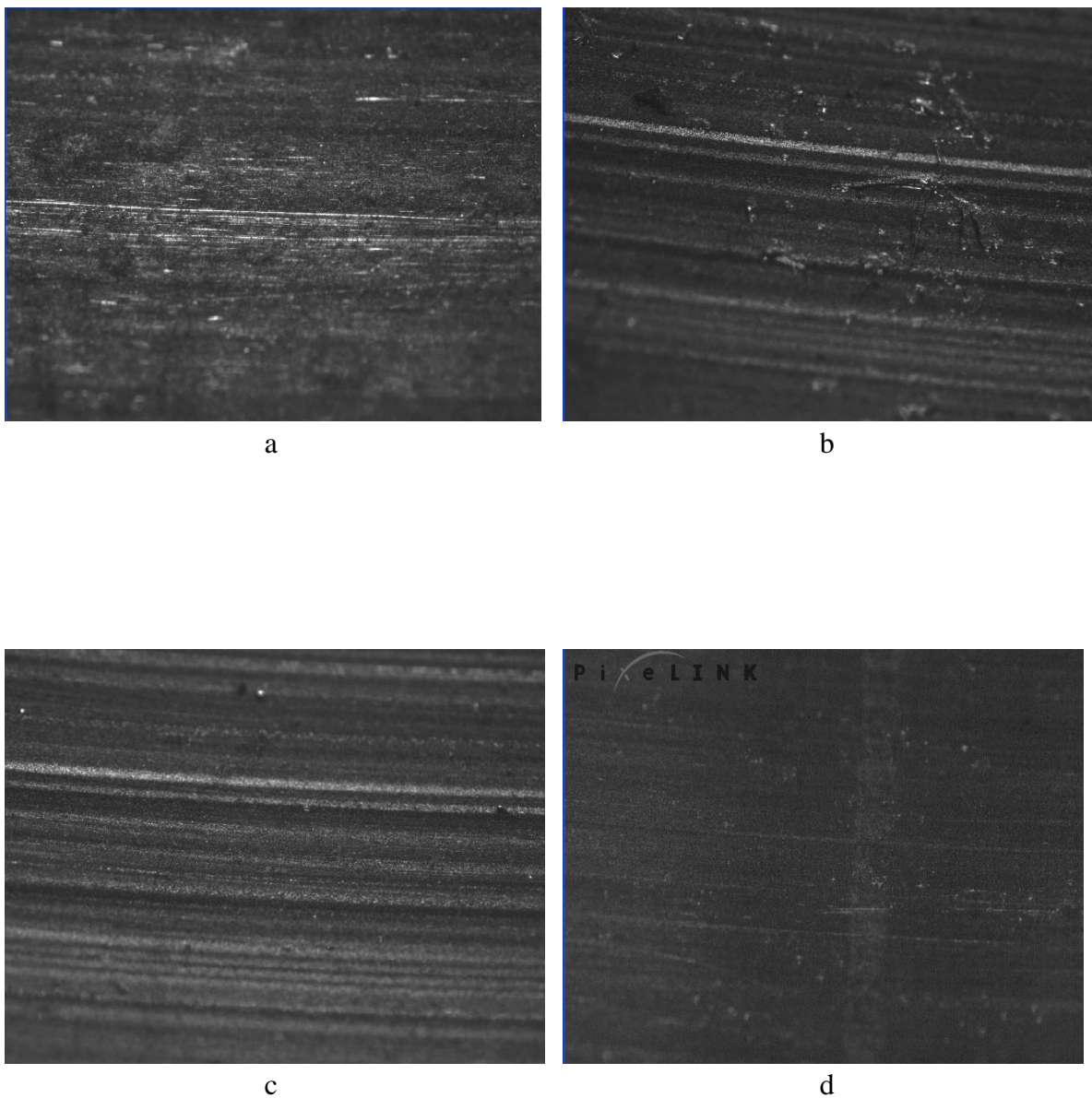
Atlikus pirminius aukščio matavimus (5.31 pav) buvo pastebėtas 0,038 mm didesnis aukštis nei deklaruoja gamintojas. Šis reiškinys pasireiškė didžiojoje dalyje dėvėtų guolių. Šio aukščio skirtumo priežastys nėra žinomos ir darbe nebus nagrinėjamos. Atliekant aukščio matavimus po 90 000 ciklų buvo pastebėtas ženklus 344,7 % aukščio kritimas. Toks didelis aukščio kritimas be apkrovos yra mažai tikėtinas, todėl šį matavimo rezultatą vertinčiau kaip matavimo metu padaryta klaidą ir jo nevertinu. Toliau tęsiant bandymus atlikus 180 000 ciklų lyginant su pradiniu aukštis sumažėjo 73,6% iki 0,01 mm. Atlikus sekančius 270 000 ciklų aukštis padidėjo iki 0,015mm lyginant su tašku B aukštis padidėjo 50%. Lyginant su N1 guoliu santykinis aukštis sumažėjo nuo 0,038 mm iki 0,015 mm lyginant su N1 guolio aukščio kitimu, tai buvo 27,4 % mažesnis.

**Bandinys Nr. D8** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas išorinio žiedo šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech



5.32 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus priklausomybė nuo laiko

Šiuo atveju apdirbimas RVS Tech tepalo priedu buvo pradėtas atlikinėti nuo pat pradžių. Pirmus 180 000 ciklų guolis dirbo be apkrovos. Šiurkštumas padidėjo 25,4% iki 0,239  $\mu\text{m}$ . Tęsiant bandymą apkrova buvo padidinta iki 400 kg ir atlikta 90 000 ciklų po kurių šiurkštumas padidėjo 5,6% iki 0,252  $\mu\text{m}$ . Atlikus dar 495 000 ciklų su 400 kg apkrova paviršiaus šiurkštumas sumažėjo 3,5% iki 0,243 (D). Tęsiant bandymą nuspręsta apkrova padidinti iki 2000 kg tačiau atlikus tik 15 000 ciklų guolis užsikirto, o jo šiurkštumas padidėjo 10.2 % iki 0,268  $\mu\text{m}$ . Bendras šiurkštumo didėjimas yra 0,078  $\mu\text{m}$  nuo 0,19 iki 0,268  $\mu\text{m}$ . Atliekant apdirbimą pasireiškė tokios pat tendencijos kaip ir D7 guolio žiedo. Guoliui dirbant net ir be apkrovos jo šiurkštumo parametras didėjo, o padidinu apkrova užsikirto. Tad darau prielaidą, kad RVS Tech tepalo priedas šiuo atveju nepatvirtino gamintojo deklaruojamų savybių kuriose yra teigiama, kad trinties poros paviršiai pasidengia ypatinga danga dėl kurios paviršiaus šiurkštumas atsistato iki gamintojo deklaruojamo parametro.

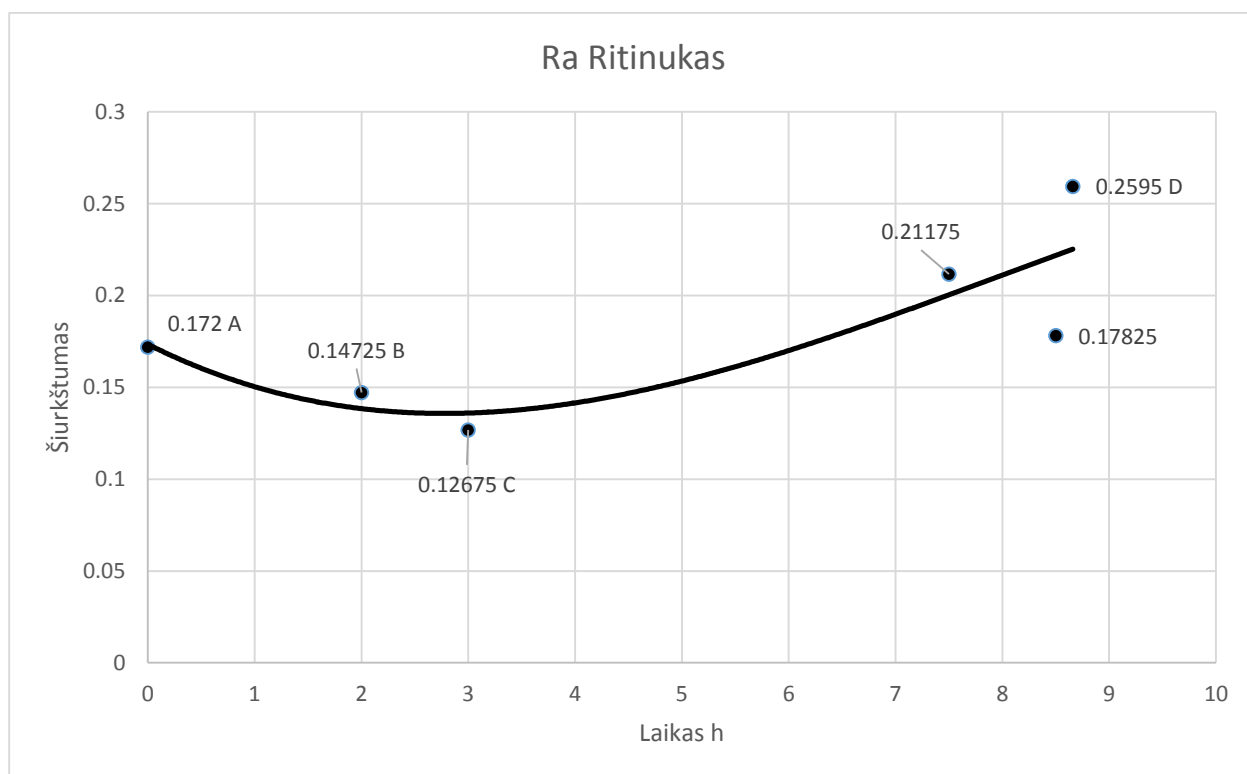


5.33 pav, Išorinio žiedo darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinis, b – po 180 000 ciklų, c – po 270 000 ciklų, d – po 779 400 ciklų

Paveiksle (5.33 pav), parodyta guolio Nr.D8 paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei (4.2 pav., a), kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.33 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 180 000 ciklų pastebėtas paviršiaus pleišėtumas yra lokalis. Po 270 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje (5.33 pav., c) matyti išsidėvėjimo linijos. Po 779 400 ciklų skaičiaus (5.33 pav., d) guolio darbiniam paviršiuje neapastebimas pleišėtumas ir išsidėvėjimo linijos.

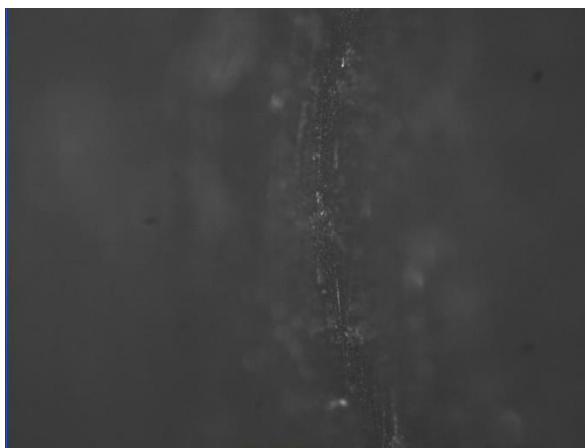


**Bandinys Nr. D8** Bandymas atliekas su dėvėtu ritininiu guoliu. Grafikas ritinukų šiurkštumo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS Tech

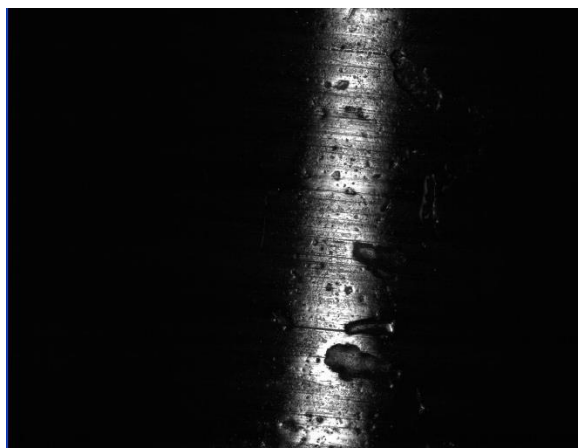


5.34 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

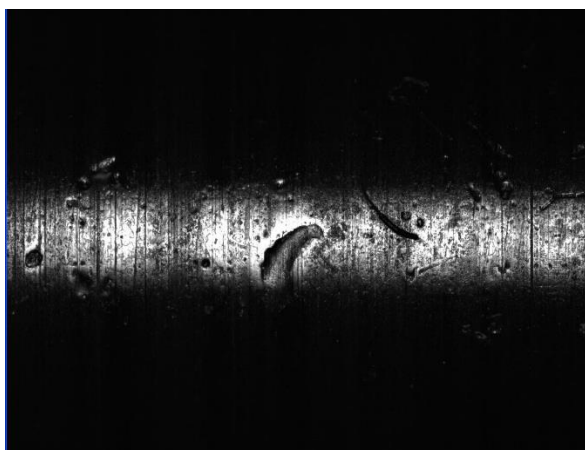
Atlikus pirminius matavimus žiedo šiurkštumas buvo 0,172 µm (5.34 pav) lyginat su naujų guolių ritinukų šiurkštumo vidurkiu, kuris yra 0,262 µm šis yra 34,3 % mažesnis. Atlikus 270 000 ciklų šiurkštumas sumažėjo 26,7 % iki 0,126 µm. Tęsiant bandymus su 400 kg apkrova paviršiaus šiurkštumas per 495 000 ciklų padidėjo 41,2 % iki 0,178 µm. Atlikus 15 000 ciklų šiurkštumas padidėjo 45,5 % iki 0,259 µm. Bendrai šiurkštumas lyginant su pradiniu padidėjo 0,087 µm nuo 0,172 iki 0,259 µm. Guoliui atlikus 780 000 ciklų trunkantį apdirbimą šiurkštumas lyginant su N1 guolio reikšme buvo 19,8 % mažesnis, tačiau reikėtų atsižvelgti į tai jog dali laiko D8 guolis dirbo be apkrovos, o likusį laiką su 5 kartais mažesne apkrova, o apkrova padidinus guolis užsikirto.



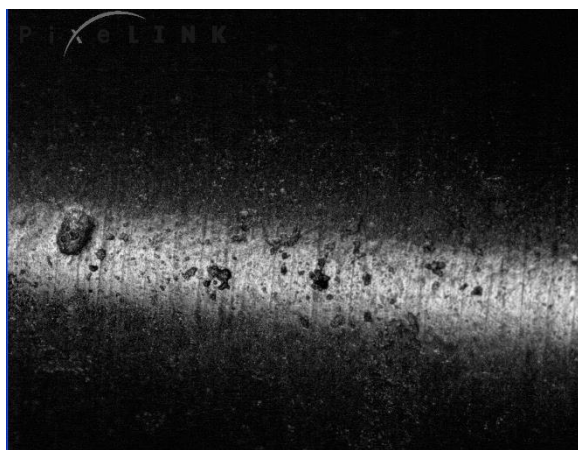
a



b



c

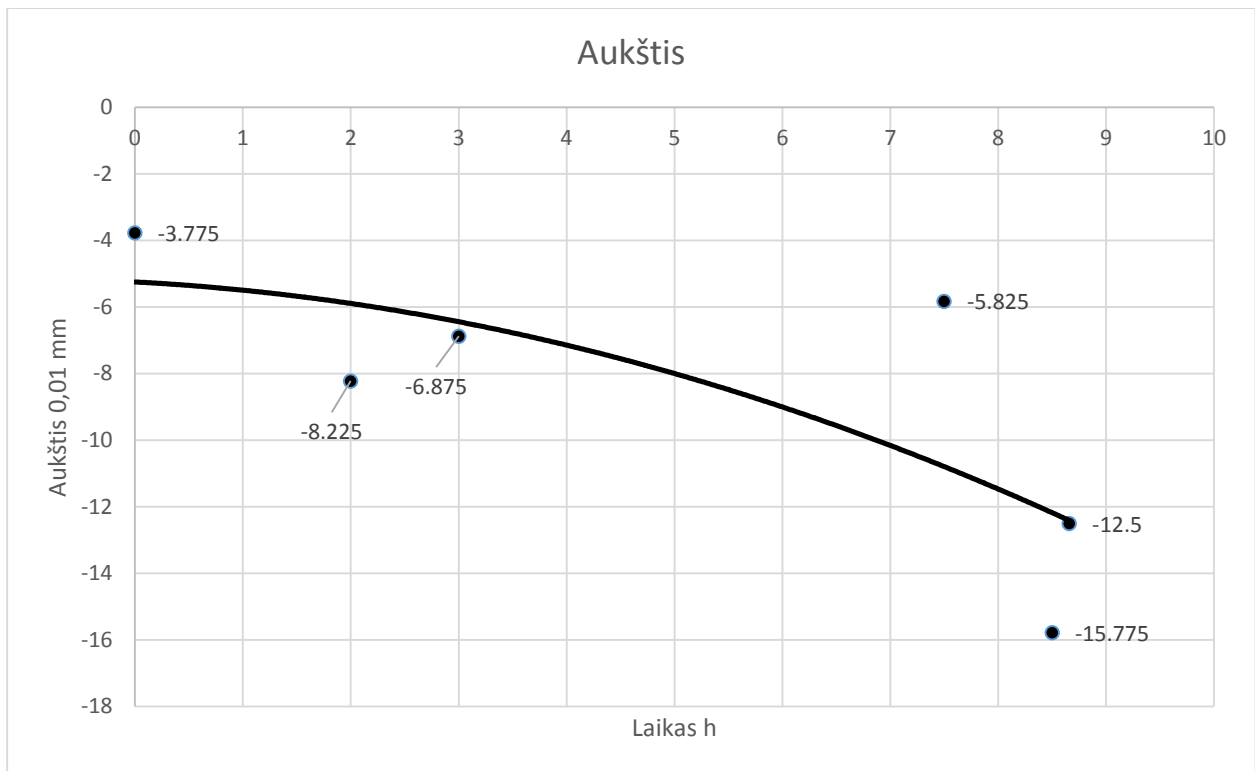


d

5.35 pav, Ritinuko darbinio paviršiaus kokybė: a – pradinė paviršiaus kokybė, b – paviršiaus kokybė po 180 000 ciklų , c – 270 000 ciklų, d – po 779 400 ciklų

Paveiksle (5.35 pav) parodyta guolio Nr.D (5.35 pav., a), paviršiaus kokybė esant pradinei jo būklei kai paviršius turi tolygų šiurkštumą. (5.35 pav. b) – parodytas paviršiaus šiurkštumas po 90 000 ciklų paviršiuje matyti išsidėjimo linijos ir duobutės. (5.35 pav., c) po 540 000 ciklų žiedo darbiniam paviršiuje matyti išsidėjimo linijos. Po 1 980 000 ciklų skaičiaus (5.35 pav., d) ritinuko darbinis paviršiuje matyti gilios išsidėjimo linijos, tai galejo įtakoti įšorinio žiedo trupėjimas.

**Bandinys Nr. D8** Bandymas atliekas su nauju ritininiu guoliu. Grafikas aukščio kitimo. Apkrova kintanti 0-2000 Kg, tepalas 80w90 transmisinis alyva su tepalų priedu RVS master



5.36 pav. Kūginio guolio ritinuko šiurkštumo priklausomybė nuo laiko

Atlikus pirminius aukščio matavimus (5.36 pav) buvo pastebėtas 0,037 mm mažesnis aukštis nei deklaruoja gamintojas. Atliekant aukščio matavimus po 180 000 ciklą buvo pastebėtas ženklus 118 % aukščio kritimas, nors guolis dirbo su RVS tepalo priedu ir be apkrovos. Po 90 000 ciklą pastebėtos aukščio atsistatymo tendencijos nuo -0,082 mm iki -0,068 mm, tai sudaro 16,4 %. Toliau tęsiant bandymus atlikus 405 000 ciklą vis dar pastebimos aukščio atsistatymo tendencijos aukštis atsistatė 15,2% nuo -0,068 iki 0,058 mm. Atlikus sekančius 90 000 ciklą aukštis sumažėjo 171 % nuo -0,058 iki 0,157 mm. Lyginant su pradiniu aukščiu aukštis sumažėjo 4,18 karto nuo -0,037 iki -0,157 mm.