



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

Žydrūnas Vilkas

**PJOVIMO ŽYMĖJIMO ROBOTO ANALIZĖ IR
MODERNIZAVIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

lekt. Gintautas Narvydas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

**PJOVIMO ŽYMĖJIMO ROBOTO ANALIZĖ IR
MODERNIZAVIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Valdymo technologijos (kodas 621H66001)

Vadovas

Lekt. Gintautas Narvydas

(data)

Recenzentas

.....

(data)

Projektą atliko

Žydrūnas Vilkas

(data)

KAUNAS, 2015

Vilkas, Ž. Pjovimo žymėjimo roboto analizė ir modernizavimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lekt. Gintautas Narvydas; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas, automatikos katedra.

Kaunas, 2015. 53 psl.

SANTRAUKA

Baigiamajame darbe apžvelgiamas gofruoto kartono gamybos procesas, problemos su kuriomis susiduriama proceso metu . Trumpai aprašomas bendras mašinos veikimo principas. Išsamiau analizuojama problema susijusi su vienu iš mašinos modulių. Apžvelgiami galimi modernizavimo būdai, pateikiamas vienas iš sprendimo variantų kirpimo žymėjimo roboto tikslumui kontroliuoti. Montuojamas techninės įrangos patobulinimas - lazeriniai davikliai. Padaromas pakeitimai operatoriaus pulte palengvinantys, roboto įrankių kalibravimo procesą.

Raktiniai žodžiai: gofruotas kartonas, pjovimo-žymėjimo modulis, lazeris, pozicionavimas.

Vilkas, Ž. Slitter scorer Robot analysis and modernization. Final project of *Master degree* / supervisor lec. Gintautas Narvydas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Automation

Kaunas, 2015. 53 p.

SUMMARY

Abstract: article provides an overview of corrugated cardboard production problems involved. Short describe the general principle of machine operation. Depth analysis the problem is related to one of the machine modules. The one of the options slitting scoring accuracy robot control. Mounted hardware upgrade – laser sensors. Changes being made in the operator panel, simplifies calibration of robot tools.

Keywords: corrugated cardboard, slitter-scorer module, laser positioning.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

ŽYDRŪNAS VILKAS

(Studento vardas,pavardė)

VALDYMO TECHNOLOGIJOS (621H66001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pjovimo žymėjimo roboto analizė ir modernizavimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Žydrūno Vilko** baigiamasis projektas tema „Pjovimo žymėjimo roboto analizė ir modernizavimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

Abreviatūros	2
Santrauka	3
Įvadas.....	4
Baigiamojo darbo tikslai	5
1. Analitinė apžvalginė dalis	
Gofruotas kartonas.....	6
Gofruoto kartono įpakavimo privalumai	8
Gofruoto kartono gamybos linija.....	8
2. Projekto teoriniai ir praktiniai tyrimai	
Kirpimo žymėjimo modulis.....	15
Gofruoto kartono užsakymų formato keitimo principo aprašymas	17
Pjovimo ir žymėjimo SRA robotas.....	21
Roboto atnaujinimas (lazerio spindulys)	20
3. Eksperimentinis tyrimas	
Paplitę kalibravimo metodai ir siūlomas patobulinimas.....	29
SRS roboto naudojami įrankiai.....	33
3.1. Matavimas atstumų tarp reliuočių liniuote	33
3.2. Matavimas atstumų tarp reliuočių nivelyru (teodolitu)	35
3.3. Matavimas atstumų tarp reliuočių slankmačiu	38
3.4. Matavimas lazeriu.....	40
Kalibravimo patikrinimas darbiniu režimu.....	42
Baigiamojo darbo rezultatai.....	44
Išvados.....	44
Literatūros sąrašas	45
Priedai.....	48

Slitter Scorer Robot analysis and modernization

Pjovimo žymėjimo roboto analizė ir modernizavimas

Abreviatūros

Scorer –žymėjimo modulis

Slitter –pjovimo modulis

BHS – Vokietijoje esanti kompanija gaminanti gofruoto kartono mašinas

(vok. BHS Corrugated Maschinen-und Anlagenbau GmbH)

SR-S – pjovimo žymėjimo robotas (angl. Slitter Scorer Robot)

SRA – automatizuotas pjovimo žymėjimo įrenginys (angl. Automatic slitter scorer)

PLC – programuojamas loginis valdiklis (angl. Programmable Logic Controller)

CPU – centrinis procesorinis įrenginys (angl. central processing unit)

HMI - vartotojo–įrenginio sąsaja (angl. Human–machine interface)

OEE - Bendras įrangos veiksmingumas(angl. Overall Equipment Effectiveness)

MF/MF-II - modulinė gofruoto kartono formavimo mašina (Modul/Mono Facer)

DWR/DF- kartono džiovinimo stalas (angl. Double Facer)

BLC- tilto kiekio kontrolė(angl. Bridge Level Control)

RS – popieriaus rulonų išvyniojimo įrenginys (angl. Roll Stand)

PH- popieriaus pašildymo velenai (angl. Preheater)

GU- suklijavimo modulis (angl. Glue Unit)

KQM –skersiniai peiliai (angl. Rotary Shear)

AAR/AS – automatinis ruošinių štabeliavimas (angl. Automatic Stacker)

SPX - Suklijavimo presas (angl. Automatic Splicer)

Pjovimo žymėjimo roboto analizė ir modernizavimas

Žydrūnas Vilkas

Kauno Technologijos universitetas, EAM 9/5 gr.

Santrauka:

Baigiamajame darbe apžvelgiamas gofruoto kartono gamybos procesas, problemas su kuriomis susiduriama proceso metu. Trumpai aprašomas bendras mašinos veikimo principas. Išsamiau analizuojama problema susijusi su vienu iš mašinos modulių. Apžvelgiami galimi modernizavimo būdai, pateikiamas vienas iš sprendimo variantų kirpimo žymėjimo roboto tikslumui kontroliuoti. Montuojamas techninės įrangos patobulinimas - lazeriniai davikliai. Padaromas pakeitimai operatoriaus pulte palengvinantys, roboto įrankių kalibravimo procesą.

Raktiniai žodžiai: gofruotas kartonas, pjovimo-žymėjimo modulis, lazerinis pozicionavimas.

Slitter scorer Robot analysis and modernization

Abstract: article provides an overview of corrugated cardboard production problems involved. Short describe the general principle of machine operation. Depth analysis is the Problem is related to one of the Machine modules. The one of the options slitting scoring accuracy robot control. Mounted hardware upgrade– laser sensors. Changes being made in the operator panel, simplifies calibration of robot tools.

Keywords: corrugated cardboard, slitter- scorer module, laser positioning.

Įvadas

Baigiamojo darbo tyrimų objektas yra gofruoto kartono gaminimo linijoje esantis pramoninis robotas, kurio paskirtis supjaustyti vientisą kartono lapą į užsakyme formatą atitinkančius išmatavimus. Sprendžiama pjūvio pozicijos paklaidos atsiradimo problema ir jos eliminavimo variantai. Paklaida atsiradusi šiame modulyje padaro didelių nuostolių gamybos įmonei sekančiuose gamybos etapuose. Baigiamajame darbe palyginami roboto įrankių kalibravimo metodai taikomi praktikoje. Naudojant šiuos plačiai taikomus metodus kalibravimo tikslumui pasiekti sugaištama daug laiko, todėl buvo pasitelktas naujai taikomas metodas šio tipo mašinoje. Panaudotas lazerinio spindulio signalas, roboto įrankių pozicijai nustatyti. Palyginus optinių enkoderių ir lazerinių spindulių pozicijų duomenis, pagal pritaikytą algoritmą yra sukalibruojami roboto įrankiai. Techniniai ir programiniai pakeitimai leidžia atlikti kalibravimo procesą pakankamai tiksliai, bet daug greičiau. Robotų modernizavimas buvo atliktas su pagalba mašinos gamintojo specialistų (programuotojų), kadangi naudojama specializuota programinė įranga. Autoriaus indėlis į baigiamąjį darbą - sugalvotas, pritaikytas ir realizuotas metodas, kuris sprendžia atsiradusią gamybos procese problemą. Visi analizuoti kalibravimo metodai buvo padaryti autoriaus, realiomis sąlygomis, sprendžiant gamybos procese iškilusią problemą.

Baigiamojo darbo tikslai

Baigiamojo darbo tikslas yra sumažinti atsirandančio broko kiekį, viename iš gofruoto kartono gamybos proceso etapų. Paspirtinti ir supaprastinti pjovimo žymėjimo roboto įrankių kalibravimą. Mašinos pakeitimus pritaikyti operatorių darbui.

1. Išanalizuoti gofruoto kartono gamybos procesą, išskirti etapus kurie įtakoje išilginių peilių pjovimo ir reliuočių žymėjimo pozicijų paklaidos atsiradimą.
2. Išanalizuoti ir nustatyti tinkamiausią metodą SRS roboto įrankių kalibravimui, išskirti naujai naudojamą metodo privalumus.
3. Pritaikyti mechanizmą paklaidos aptikimui, sukurti programinės įrangos pakeitimus moduliui, pasitelkus mašinos gamintoju pagalbą.
4. Atsirandanti kalibravimo paklaida neturi viršyti 0,5 mm.

1. Analitinė apžvalginė dalis

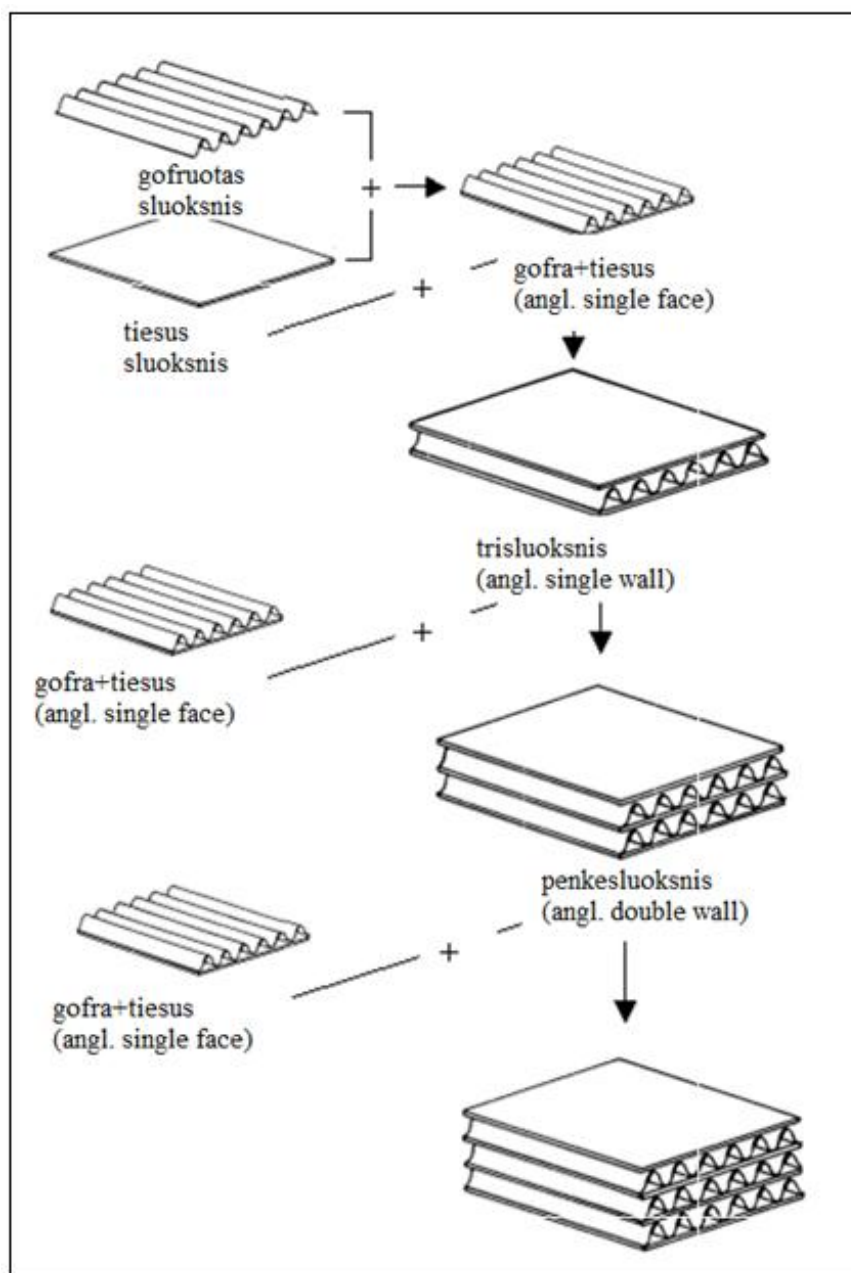
Gofruotas kartonas

Celiuliozės ir popieriaus pramonė vaidina svarbų vaidmenį, apdirbamosios pramonės sektoriuje, visame pasaulyje. Šiuo metu yra apie 3000 popieriaus fabrikų, kurie iš viso pagamino 394 milijonų tonų popieriaus ir kartono 2010 metais. Europoje (įskaitant Rusiją) yra apie 900 popieriaus fabrikų, vien Vokietijoje apie 180. Didžiausias gamintojas pasaulyje yra Suomijoje UPM grupė, kurios metinis tonažas 12,7 milijonai tonų, po to *Stora Enso* su 11,8 milijonais tonų, bei *International Paper* su 9,7 milijonais tonų pagaminamos produkcijos per metus [12]. Popieriaus pramonė sunaudojo visame pasaulyje 2013 metais 153,750, o 2017 metais prognozuojama 160,449 milijonų tonų, sausos medienos per metus. Tyrimų duomenimis 2012 ataskaitoje, pavyzdžiui Portugalijoje celiuliozės ir popieriaus pramonė prisideda virš 4% BVP, bei darbo rinkoje 5% aktyvių darbuotojų [11]. Todėl tai yra aktualu vietinių rinkų, bei globalios aplinkosaugos diskusijose. Gamybos organizacijose - veiksmingas planavimas ir atsargų sumažinimo technologijos yra vieni iš svarbiausių dalykų nuo kurių veiklos priklauso rezultatai. Tikslus sprendimų metodai buvo naudojami dešimtmečius popieriaus pramonėje vien tam, kad gamybos efektyvumas būtų didesnis. Baigiamajame darbe yra analizuojamas iš popieriaus gaminamas gofruotas kartonas, kuris plačiai paplitęs popierinių pakuočių gamybos sektoriuje.

Europoje gofruotojo kartono pramonės produkcija yra apie 42 milijardus m² per metus; tai yra Šveicarijos ar Danijoje dydžio plotas iš viso yra 420 įmonių ir 686 gamyklų. Šiame gamybos sektoriuje dirba maždaug 78 800 darbuotojų. Apie 40% iš gofruoto kartono pagamintų pakuočių yra naudojamos apsaugoti maisto produktus ir padeda sumažinti maisto atliekų kiekį. Palyginti dabartinį įpakavimą su prieš 15 metų, vidutinė pakuotė yra daugiau nei 5% lengvesnė bei jos sudėtyje naudojama apie 7% daugiau perdirbtų medžiagų [8]. Tai yra labai svarbu ekologijos požiūriu.

Trisluoksnis gofruotasis kartonas yra pagamintas iš kombinacijos trijų lapų t.y. dviejų lygių sluoksnių (angl. liner) priklijuotų prie gofruoto vidinio sluoksnio vadinamos „*gofros*“ (angl. fluting). Tokia eile suklijavus popieriaus sluoksnius gaunama kartono konstrukcija kuri pasižymi ryškiai geresnėmis tvirtumo savybėmis, nei kiekvieno iš sudedamųjų sluoksnių savybes paėmus atskirai. 1.1 pav. pavaizduota popieriaus gofravimo ir suklijavimo seka, taip formuojamas gofruoto kartono lakštas.

Tokias išradingas konstrukcijas jau ilgą laiką naudoja statybų sektoriuje arkų sujungimams. Ši struktūra suteikia gofrokartonui didelį standumą ir atsparumą. Oro cirkuliacija kartono viduje tarp gofruotų kanalų suteikia puikią apsaugą nuo temperatūros svyravimų. Šiuo metu pasaulyje yra paplitę daugybė rūšių gofrokartono, kiekviena iš jų sudaryta iš skirtingų gofros bangų dydžių bei profilių, įvairiomis variacijomis siekiama sukurti optimalias pakuotes su atitinkamomis charakteristikomis ir kokybe. Pagaminti kartono lakštai sekančiame etape supjaustomi, dažomi ir sulankstomi į begalinę įvairių formų ir dydžių pakuočių įvairovę. Gofruotas kartonas yra aukštos kokybės pakavimo medžiaga skirta įpakuoti, apsaugoti ir skatinti pardavimus įvairiausių produktų, praktiškai visuose gamybos sektoriuose.



1.1 pav. pavaizduota kokia seka formuojamas gofruoto kartono lakštas.

Gofruoto kartono įpakavimo privalumai

Dėl savo unikalios gofrokartono struktūros pakuotė pasižymi: pakankamu tvirtumu ir lengvu surinkimu, patrauklia gofro taros išvaizda su flexografinė spauda, mažu svoriu, kompaktiškumu, taip pat maža kaina, o kas svarbiausiai tai yra draugiškas aplinkai produktas ir lengvai perdirbamas. Ją galima naudoti įvairiausių produktų, gaminių pakavimui. Pagrindiniai gofruoto kartono pakuotės privalumai:

- o maža kaina;
- o patikima produktų apsauga:
 - gebėjimas atlaikyti smūgines apkrovas;
 - gebėjimas atlaikyti lokalius smūgius, tokius kaip, pradūrimas, pramušimas;
 - atsparumas drėgmės prasiskverbimui;
 - pastovios formos išsaugojimas esant vibracijai;
 - atsparumas gniuždymui;
 - gebėjimas atlaikyti kritimą nuo tam tikro aukščio;
- o platus dydžių ir dizaino pasirinkimas;
- o aukštos kokybės dizaino galimybės, naudojant įvairias spausdinimo ir apdailos technologijas;
- o sandėliavimo privalumas (patikimas štabeliavimas, didelis štabeliavimo aukštis);
- o technologiškai patogus pakuotės surinkimas ir užpildymas produkcija, galimybė atidaryti pakuotę prekių kontrolei, jos nepažeidžiant;

Žaliava, naudojama gaminti gofruotą kartoną, yra lengvai perdirbamas produktas, todėl jį priskiriama prie ypač ekologiškai švarios medžiagos. Priešingai plastikui, kartonas yra 100% skaidomas ir gana greitai suyra gamtoje, nedarydamas žalos aplinkai. Be to, atitarnavusi pakuotė iš gofruoto kartono, gali būti naudojama kaip žaliava įvairiems tikslams.

Gofruoto kartono gamybos linija

Populiariausi, moderniausi bei stipriausias pozicija užimantys pasaulinėje rinkoje, šioje srityje yra tokie gofruoto kartono mašinų gamintojai: *Martin* (Prancūzija), *Agnati* (Italija), *BHS-Corugated* (Vokietija), *Fosber* (Italija), *Göpfert* (Vokietija), *Marquip* (JAV), *Mitsubishi* (Japonija). Pats stambiausias ir didžiausias gamintojas yra Vokietijos kompanija BHS (vok. *BHS Corrugated Maschinen-und Anlagenbau GmbH*) užima daugiau kaip pusę rinkos, pasaulyje parduodamų gofruoto kartono gamybos linijų [16]. Pagrindinis tyrimas bus atliekamas būtent su

šios kompanijos produktu. Automatizuotos linijos bendras vaizdas pavaizduotas 1.1 ir 1.2 pav., o išsamesnis atskirų mašinų tipų palyginimas yra 4 priedo 1 lentelėje.

Gofruoto kartono mašinos ilgis vidutiniškai yra 150 metrų, o sveria daugiau kaip 500 tonų. BHS koncerno pagrindinė veikla daugiau nei 50 metų yra gofruoto kartono (angl. *Corrugators*) mašinų gamyba. Iki šiol pagaminta pilnai sukomplektuotų daugiau kaip 400 gofruoto kartono mašinų ir tūkstančiai atskirų modulių, atskirų mašinos mazgų. Šiuo metu gaminamos penkios skirtingos linijos (angl. Quality, Classic, Custom, Volume and Width) atitinkamai - kiekviena iš tų mašinų gali būti 4 skirtingų darbinių pločių (1.80m / 2.50m / 2.80m / 3.35m)

Šiuolaikinė rinkos ekonomika kelia tokius uždavinius gamybai: didelių užsakymų pildymas, siekimas maksimalaus pristatymo patikimumo, pagamintos produkcijos kiek įmanoma išlaikyti mažesnius kaštus – visa tai reikalauja didelės spartos (našumo) sistemos dirbančios patikimai ir efektyviai.

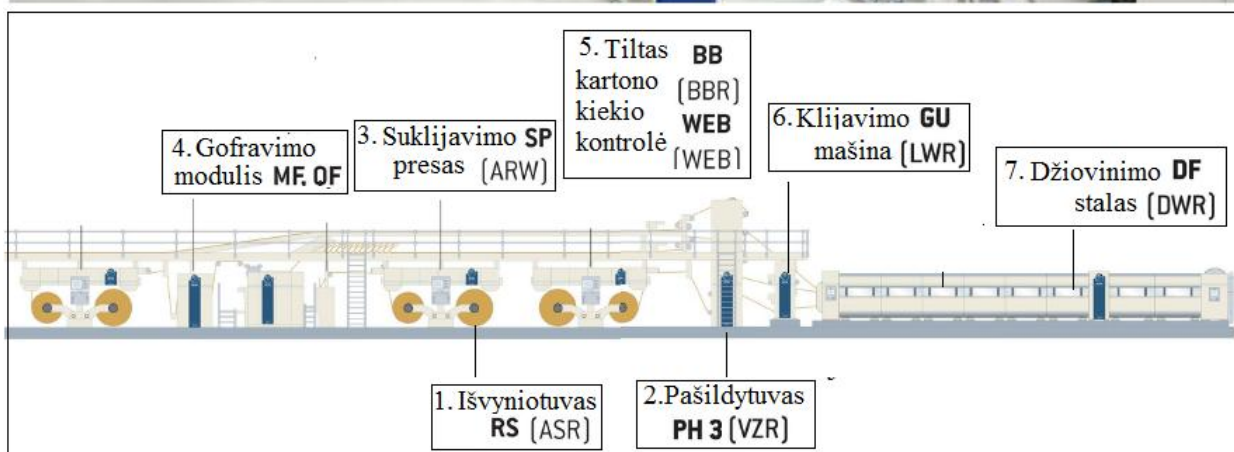
XXI amžiuje didelio našumo automatizuotos linijos, leidžia pasiekti vidutinės gamybos apimtis 50,000 m²/h. Pritaikytos supaprastintam aptarnavimui ir ekonomiškam mašinos parametrų nustatymui. Mašinų palyginimas yra pavaizduotas 4 priedo 1 lentelėje.

Gofruoto kartono mašina kurios produkcijos plotis 2,5 m., dirbdama 300 metrų per minutę greičiu, per valandą pagamina apie 45.000 kvadratinių metrų gofruoto kartono lakštų. Vienas kvadratinis metras trijų sluoksnių kartonas vidutiniškai rinkoje Lietuvos 2013 metais kainavo apie €0.62 be PVM [1]. Šiuo atveju prie apskaičiuotų gamybos ir cirkuliacijos kaštų pridamas numatomas pelnas. Laiku nepastebėjus problemos ir nesustabdžius gamybos proceso (brokuojant pagamintą produkciją) per vieną valandą netenkama daugiau kaip 30 tūkstančių eurų. Todėl yra labai svarbu gamybos procese mažinti brokuotos produkcijos kiekį ir išlaikyti aukštą kokybės lygį.

Pasiekti ir išlaikyti aukštą kokybės lygį šiai dienai yra sukurta ir pritaikyta daug įvairiausių metodikų, viena iš jų yra tarpinių matavimų atlikimas ir išlaikymas parametrų leistinose ribose. Pavyzdžiui bendras įrenginių efektyvumo metodas (angl. Overall Equipment Effectiveness – OEE) $OEE = \text{Naudingumas} \times \text{Našumas} \times \text{Kokybė}$

Gofruotą kartoną gamina mašina , kurią sudaro aibė skirtingos paskirties modulių, o bendras jos ilgis apie 150 metrų. Gaminamo kartono plotis priklauso nuo konstrukcijos gamybinės linijos ir svyruoja 1,7 - 3,3 metrų, daugiausiai paplitusių mašinų plotis yra 2,5 metro. Vidutinis gaminamos produkcijos greitis yra apie 400 metrų per minutę (gaminant trijų sluoksnių gofruotą kartoną) [16]. Didžiausias darbinis greitis yra pasiektas 600m/min Mitsubishi MHI (Japonija) gamintojo.

Gofruoto kartono gamybos linija ir pats procesas yra paprastai skiriama pusiau į dvi skirtingos paskirties dalis tai yra drėgnoji ir sausoji (angl. Dry / WetEnd). Pavadinata taip todėl, kad pirmoje pusėje kartonas būna šlapias, o po DWR stalo kartonas išdžiovinamas ir mechaniškai apdirbamas jau sutvirtėjęs. Supaprastintas mašinos modelis ir atskirų mazgų standartiniai pavadinimai parodyti 1.3 ir 1.4 pav. Gamybos liniją sudaro daug atskirų modulių kurių kiekvienas atlieka tam tikras funkcijas, paveiksluose išskirti tik keli svarbiausi, labiausiai įtakojantys gamybos procesą.



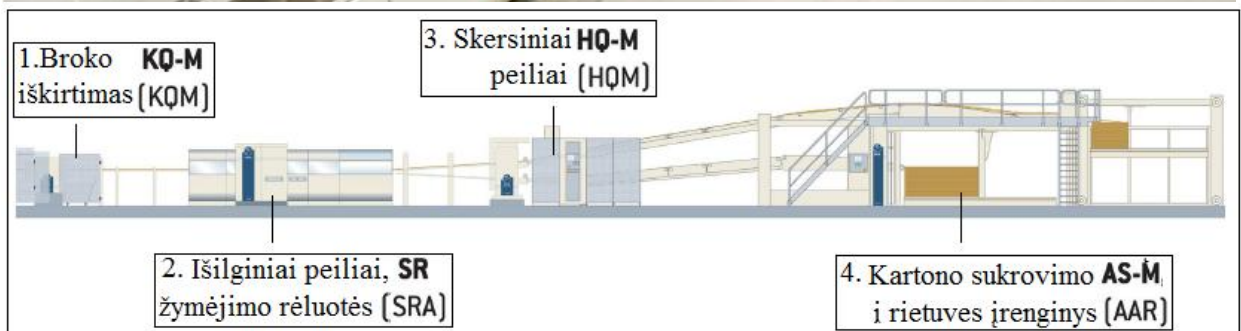
1.3 pav. Gofruoto kartono mašinos BHS Carrugator drėgnoji pusė (angl. Wet End)

Čia yra:

Drėgnoji pusė (angl. Wet End) :

1. Išvyniotuvas (angl. Reel Stand).
2. Pašildytuvas(angl. Preheater)
3. Suklijavimo presas (angl. Splicer).

4. Gofravimo modulis (angl. Modul Facer)
5. Tiltas (angl. Bridge)
6. Klijavimo mašina (angl. Glue Unit)
7. Džiovinimo stalas (angl. Double facer)



1.4 pav. Gofruoto kartono mašinos BHS Carrugator sausoji pusė (angl. Dry End)

Čia yra:

Sausoji pusė (angl. Dry End) :

1. Broko iškirtimo sekcija (angl. Rotary Shear)
2. Išilginiai peiliai, žymėjimo rėluotės (angl. Slitter Scorer)
3. Rotaciniai skersiniai peiliai (angl. Cut off)
4. Kartono sukrovimo į rietuves įrenginys (angl. Stacker)

Gofravimo metodas vyksta tokia seka – popierius iš rulonų traukiamas per paruošimo/pakaitinimo velenus (kaitinami garais, velenų temperatūra 100-180 °C) tam, kad popierius suminkštėtų ir išsitiesintų, dingtų mikro įtempimai. Popierius pakaitintas ir prisotintas drėgmės tampa elastingas. Sekančiame modulyje jis keliauja tarp dviejų velenų (atitinkamos formos "dantys" formuoja gofros profilį – E, B, C ar R) ir įgauna gofruoto popieriaus formą. Kiekvienas viršus gofruoto popieriaus profilio klijų sekcijoje patepamas mechaniškai klįjais ir iškart už šios sekcijos iš išorinių pusių prilipdomas papildomais popieriaus sluoksniais. Taip gaunama kombinacija dviejų lygių popieriaus sluoksnių ir vieno gofruoto sluoksnio viduryje. Tokia kombinacija vadinam trijų sluoksnių gofruotas kartonas. Mašina priklausomai nuo poreikio, bei modulių kombinacijos gali gaminti trijų, penkių ar net septynių sluoksnių gofruotą popierių, kuriuose atitinkamai yra vienas, du ir trys gofruoti sluoksniai popieriaus.

Išvyniotuvai ASR. Popieriaus rulonai pirmame etape paimami ir automatiškai per padavimo linijas paduodami į išvyniotuvų sekcijas. Paprastai popieriaus rulonai būna virš 1,5 metro diametro ir iki 3.3 metrų pločio, bei priklausomai nuo popieriaus gramatūros (55g/m² iki 350 g/m²) ir rulono gabaritų, gali sverti keletą tonų, o popieriaus ilgis iki keliolikos tūkstančių metrų. Popieriaus rulonai automatiškai paimami, iš abiejų pusių tarp centrų, specialių reguliuojamų hidraulinių griebtuvų pagalba. Stabdžių sistema užtikrina, kad besisukant rulonui (bei mažėjant jo diametru) popieriaus įtempimas išliktų tolygus. Popierius atitinkamų mašinos mazgų yra traukiamas arba stumiamas ir iš išvyniotuvų tolygiai pristabdant paimamas kiek reikia kiekvienam iš kartono sluoksnių. Bendras vieno iš išvyniotuvų vaizdas matomas 1.5 pav. Kiekvienam iš naudojamų popieriaus sluoksnių reikalingas atskiras toks įrenginys.



1.5 pav. pavaizduotas popieriaus išvyniojimo įrenginys ASR.

Suklijavimo presas (Splicer). Suklijavimo presas būna sumontuotas virš išvyniotuvų, po vieną presą virš dviejų komplektų išvyniotuvų. Pagrindinė šio mazgo paskirtis priklijuoti popieriaus pradžių vieno rulono prie popieriaus galo kito rulono, nenutraukiamam gamybos procesui užtikrinti. Kiekvienas išvyniotuvas yra sudarytas iš dviejų porų griebtuvų kurių kiekvienoje yra automatiškai įstatytas popieriaus rulonas. Presas priklijuoja popierių, naujo rulono prie traukiamo popieriaus, baigiantis popieriaus rulonui arba keičiant vieną iš sluoksnių. Toks mechanizmas užtikrina nenutrūkstamą darbo ciklą ir eliminuoja mašinos prastovas rulonų pakeitimo metu. 1.6pav. pavaizduotas išvyniotuvo ir suklijavimo preso bendras vaizdas.



1.6pav. Suklijavimo presas ARW

Sekantys moduliai popieriaus judėjimo kryptimi yra pakaitinimo velenai ir popieriaus paruošimo mazgai. Popierius ateinantis iš rulonų prieš gofruojant ir klijuojant turi būti pakaitinamas. Tai yra labai svarbu norint gauti tinkamą gofravimo bei suklijavimo kokybę. Nepašildytas ir nesudrėkintas popierius yra kietas, trapus (trūksta elastingumo) todėl plyšinėja, ir prastai klijuojasi. Gofravimo velenų temperatūra dažniausiai būna apie 100 - 180°C, o darbinių garų slėgis apie 9 -13 barų. Temperatūros ir drėgmės reguliavimai yra vieni svarbiausių parametų kartono gamybos procese. Atskiri popieriaus sluosniai pirminėje stadijoje dažniausiai turi skirtingą struktūrą, temperatūrą ir drėgnumą juos visus suklijavus, o vėliau džiovinimo procese sulyginus visų drėgmę ir temperatūrą, kartonas lenkiasi, persisuka. Linijinio šiluminio plėtimosi koeficientas ir higroskopiška deformacija stipriai įtakoja pagaminto kartono išgaubtumą.

Profilis gofravimo velenų, pro kuriuos praeina paruoštas popierius, suformuoja tipą ir aukštį gofros bangos. Plieniniai velenai išorėje padengti chromu –molibdeno legiruotu plieniu, toks padengimas užtikrina ilgaamžiškumą darbinių velenų. Jeigu velenai tinkamai prižiūrimi ir eksploatuojami pagal taisykles, jie gali sukurti ir pagaminti apie 50 – 80 milijonų metrų gofruoto kartono. Velenai keičiami poromis norint pakeisti gaminamos gofros tipą.

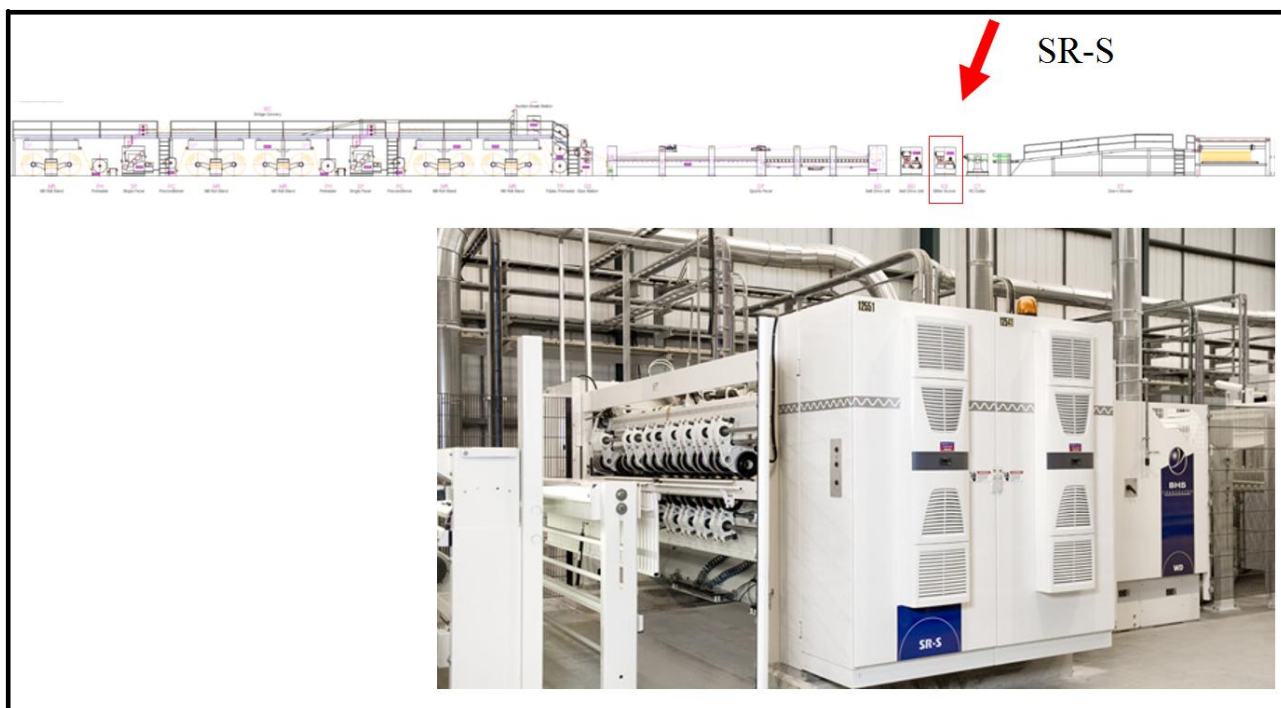
"*DS Smith packaging*" gamintojo populiariausi gofros profiliai yra C, B, CB ir E. Tipo B gofros velenus naudoja 65-75% gaminamos produkcijos kombinacijų [10]. Nuo gofruoto kartono užsakymo kombinacija, labai priklauso mašinos darbinis greitis. Pavyzdžiui: 314B mašina gali gaminti didesniu negu 300 m/min., o kombinacija 512CB maksimalus greitis vos 120 m/min. Prie didesnių negu paminėti mašinos greičių, pjaustymo peiliai nebegali supjaustyti kartono.

Visų prieš tai paminėtų sekcijų ir modulių kombinacija sukuria vientisą gofruoto kartono juostą kuri sudaryta dažniausiai iš trijų arba penkių sluoksnių. Toks paruoštas popierius toliau keliauja per džiovavimo stalą. Tiesūs ir gofruoti suklijuoti sluoksniai išdžiovinimui ir formos suteikimui – prispaudžiami prie garais įkaitinto stalo. Jo ilgis priklauso nuo mašinos darbinio greičio, kuo didesnis mašinos greitis tuo ilgesnis būna DWR stalas. Už šios sekcijos kartonas būna pilnai paruoštas naudojimui.

2. Projekto teoriniai ir praktiniai tyrimai.

Kirpimo žymėjimo modulis

Baigiamojo darbo tyrimų ir modernizavimo objektas yra išilginių peilių modulis. Pagrindinė šio mechanizmo paskirtis yra gofruoto kartono lakštų pjaustymas iš vientiso kartono srauto į siauresnes apibrėžtų gabaritų juostas. Toliau už SRS esančiame, kitame skersinių peilių HQM modulyje juostas perpjovus skersai gauname stačiakampius lapus, užsakyme suformuotų matmenų. Dažniausiai tokio tipo moduluose yra du komplektai pjovimo peilių, iš kurių vienas veikia darbiname (pjovimo) režime, o kitas pasiruošęs laukia formato pasikeitimo. Užsakymo formato pakeitimas tai yra toks procesas, kada kartono pjovimo/žymėjimo modulyje keičiami atstumai tarp įrankių, gaminant vientisą kartoną pjovimo pozicijos pakeičiamos nesustabdant gamybos proceso. Bendras mašinos vaizdas (viršuje) ir toliau darbe analizuojamas modulis yra parodytas 2.1 pav.



2.1 pav. Kirpimo žymėjimo modulis (SR-S) bei jo pozicija gofruoto kartono gamybos linijoje (viršuje).

Kartono pakuočių gamintojų yra paskaičiuota, kad produkcijos transportavimas didesniu negu 600 kilometrų yra nekonkurencingas [7]. Dėl šios priežasties, tokio tipo įmonių tinklas yra plačiai paplitęs visame pasaulyje, ypatingai jų kiekis yra didelis, koncentruotos pramonės vietose. Kartoną gaminančių linijų, labiausiai vertinami ir moderniausi SR mašinų modeliai yra šie:

- Mitsubishi 57H-III (Japonija)
- BHS-Corrugated SR-S (Vokietija)
- Marquip RPS (JAV)
- Fosber Twin 400 (Italija)

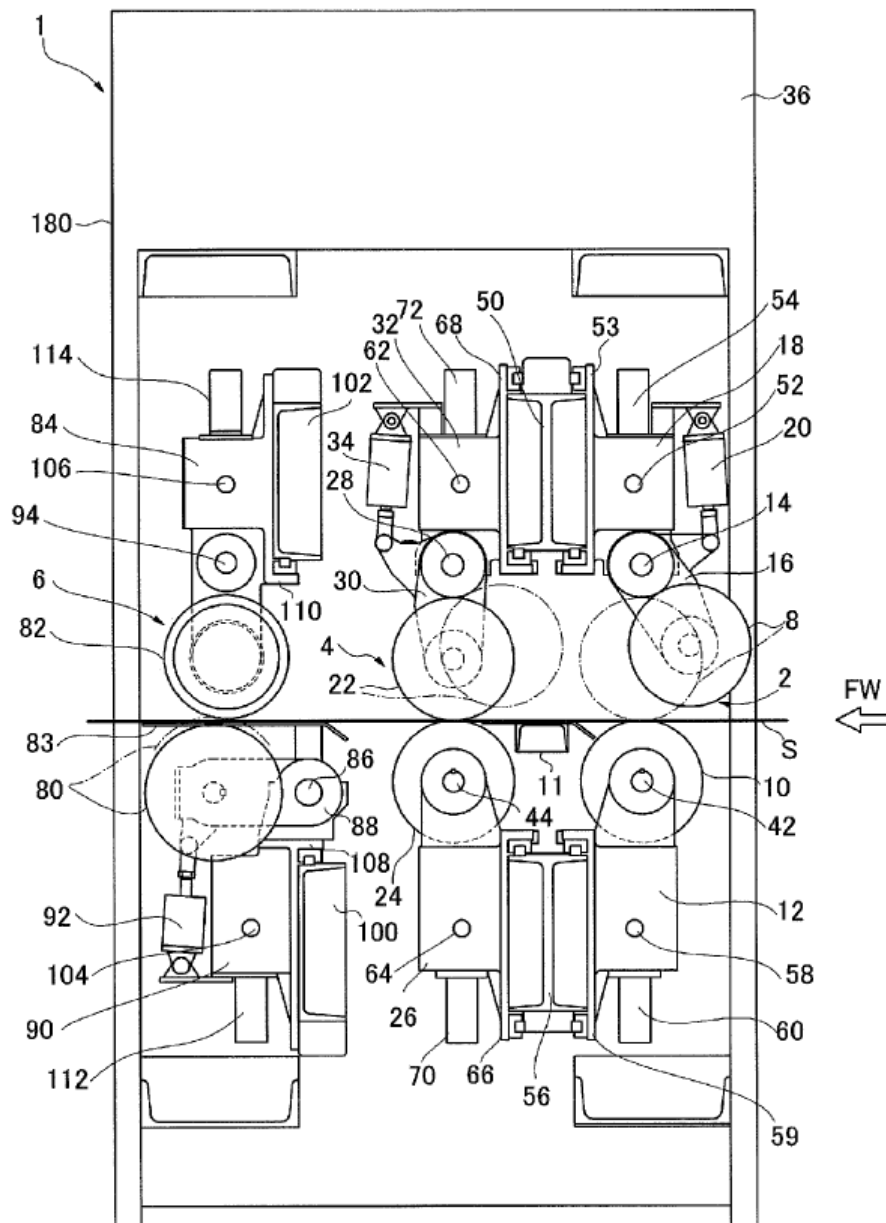
Kiekvienas iš mašinos modulių dirba savarankiškai, atlieka jam programomis aprašytas funkcijas. Bendras gamybinės linijos greitis optimizuojamas ir derinamas. Sinchronizuojamas tarpusavyje, priklausomai nuo kiekvieno modulio galimybių ir darbinės būsenos .

- Pasislinkus kartonui automatiškai kopijuojama įrankių padėtis;
- Peilių ir rėliuočių darbinių paviršių ir darbinių režimų apskaita;
- Automatinis tepimas, bei priežiūra.

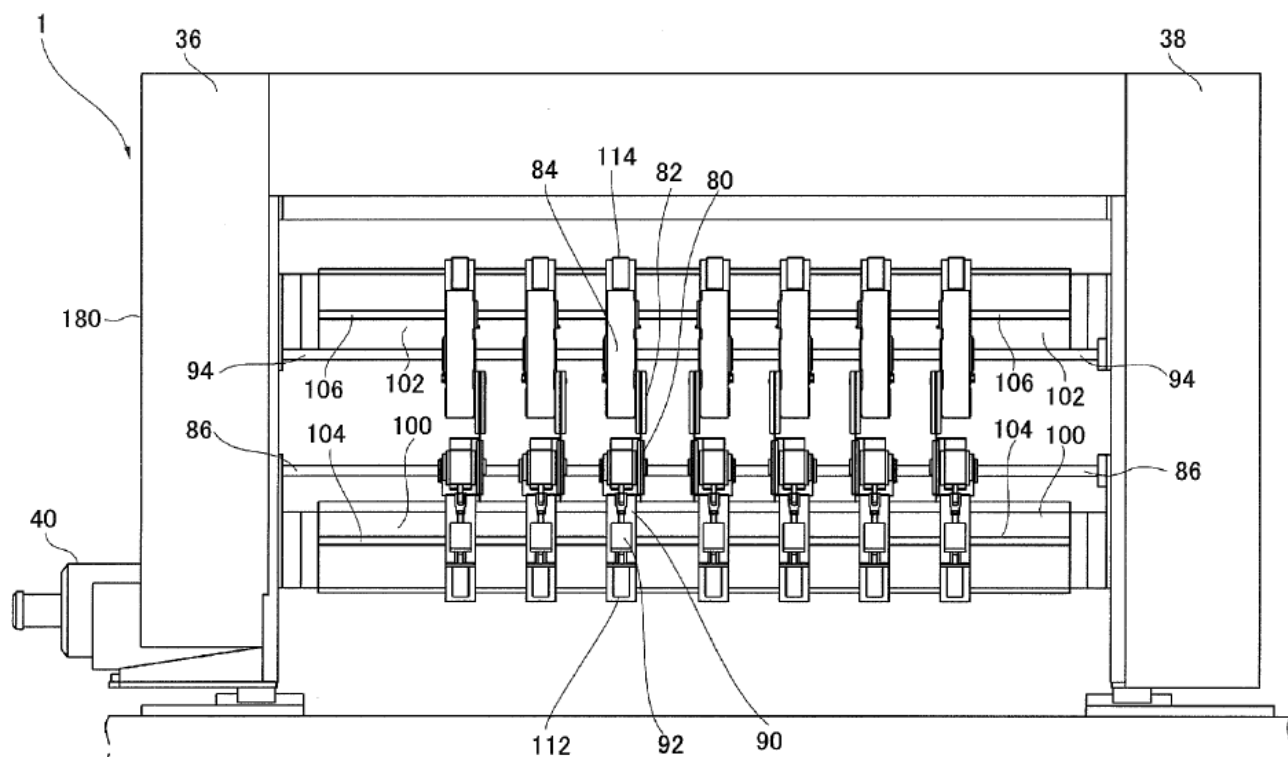
Kartono sekimo sistema (angl. line following system), sumontuota prieš pjovimo-žymėjimo modulį. „Vision“ sistema –video kamerų gaunamą vaizdą apdoroja specialių algoritmų pagalba, tokiu būdu yra sekamos pagamintos produkcijos abi šonines kraštines ir jų padėtį centro atžvilgiu. Jeigu kartono plokštuma gamybos procese pasislenka į vieną ar kitą šoną žymėjimo *rėliuočių* ir peilių pozicijos koreguojamos, taip kompensuojant atsiradusią paklaidą. Peiliai galandami ir tepami priklausomai nuo darbo režimo sudėtingumo: popieriaus gramatūros , greičio, klijų kiekio ar gofros tipų kombinacijų. Visi veiksmai koordinuojami suformuojant užsakymą išoriniuose biuruose, SCADA sistemos pagalba. Panaudojant abi sekcijas vienu metu, atstumas tarp įrankių pozicijų gali būti sumažintas iki nulinės vertės. Užsakymų užduotis gauna tiesiogiai iš centrinio valdymo pulto. SRS robotas be didesnių trigdžių, pakeičia užsakymo formatus per 0,03 sekundės, tokio laiko tarpo pilnai pakanka sumažinti gofruoto kartono broko kiekį iki (84 cm). Dauguma sistemų reikalaujančių specialaus techninio aptarnavimo, pavyzdžiui: peilių galandimo ar tepimo funkcijos yra automatizuotos. Valdymo pulte atvaizduojami visi skubių veiksmų reikalaujantys diagnostiniai pranešimai. Esant sutrikimui vieno modulio, nėra būtina stabdyti gamybos, nes vienas mašinos mazgas stabdomas remontui, o kitas veikia įprastu darbiniu režimu.

Gofruoto kartono užsakymų formato keitimo principo aprašymas

Valdymo algoritmo paaiškinimas. Gofruoto kartono plokštuma pažymėta raide S, o gamybos proceso (kartono) judėjimo kryptis raidėmis FW. Trumpai aprašytas analizuojamas algoritmas yra išilginių peilių, bet principas toks pats ir žymėjimo rėliučių. Vieno SR modulio korpusas pažymėtas 1 numeriu, pakelto peilio pozicija 2, nuleisto peilio 4, reliuotės 6. Medžiaga buvo naudota remiantis šaltiniais [21-28] iš literatūros sąrašo.



2.2 pav: vienos SR-S sekcijos vaizdas iš šono [25]



2.3 pav.: vienos SR-S sekcijos vaizdas iš priekio [25]

Veikimo principui aprašyti, buvo panaudota 5 priede esanti įrankių pozicionavimo valdymo algoritmo schema ir keletas supaprastintų įrengimo brėžinių, vienos SR-S sekcijos vaizdo iš šono ir priekio (2.2 -2.3 pav.). Schemoje žingsniai yra žymimi sutartinai S1-S15. Peilių keičiama padėtis apskaičiuojama žingsnyje S3 taikant S9 punktą, peilių keičiama padėtis apskaičiuojama žingsnyje S10 taikant S12 punktą, o pozicijos nauja reikšmė įrašomos atitinkamai S13 ir S14 žingsniuose. Pirmame S1 žingsnyje įrašomi iš mašinos centrinio valdymo pulto darbiniai parametrai į roboto valdymo kompiutrį. Svarbiausi parametrai būtų tokie: pilnas gaminamo lakšto plotis, pjaunamų lakštų skaičius (pvz. du, trys ir t.t.). Plotis, X ašyje yra atstumas tarp centrų darbinių peilių ir reliuočių, reguliuojamas tarpo aukštis tarp reluočių yra Y ašyje. Peilių pjovimo padėties pavyzdys 2.5 pav., jeigu pjauna į tris juostas kartono lakštą, automatiškai peiliai į darbinę padėtį pastatomi keturi ir laikomasi simetriškumo centro atžvilgiu, išlaikant užduotus gaminio pločio matmenis. Žingsnyje S2 nustatoma skaitliuko C nauja reikšmė $C = 1$. Žingsnyje S3 įvedamos pozicijų reikšmės C ir C+1 laikikliams, naudojamų peilių pakeltose padėtyse į $L(C)$ ir $L(C+1)$, skaičiavimas vyksta didėjančia tvarka nuo servo variklio 40 ir modulio korpuso 36 pusės kurie pavaizduoti 2.3 pav. Reikšmės C pozicionavimo peilių, kurie ne darbinėje padėtyje yra pakelti. $L(C)$ ir $L(C+1)$ yra pradinės pozicijos esančios prieš prasidedant korekcijai, skaičiuojamos nuo popieriaus pločio pradinės koordinatės, pjovimo plotis įvedamas S1. S4 žingsnyje koregavimo koeficientas C_v įvedamas panaudojant formulę 2.1

$$Cv = (C + 1) \times d + \frac{1}{2d} \quad (2.1)$$

čia: d - pjaunančių peilių kiekis.

Žingsnyje S5 reliuotėms kurių vėliavėlės pakeltos S1 žingsnyje, jų reikšmės pagal plotį, krypties $L(C)$ ir $L(C+1)$ nustatytoms S3 turi pozicionavimo reikšmę $LS(C)$ kuri apibrėžiama pagal sekančią formulę: $L(C)$ suma esamos pozicijos reikšmės + Cv .

S6 žingsnyje skaitliukas C padidinamas 1 ir perkeliamas į žingsnį S7. Kai naudojama vėliavėlė yra pakelta $C+1$ apibrėžtam peiliui, grįžtama į S3, žingsnis S3 - S7 yra kartojamas. S7 kai naudojama vėliavėlė nėra pakelta $C+1$ apibrėžtam peiliui, pereinama į S8.

Žingsnyje S8 reikšmė C įrašoma į reikšmę Z . S9 pataisyta pozicija ZL (kurio vėliavėlė pakelta ir yra arčiausiai operatoriaus pusės) yra įrašomas naudojant formulę (2.2)

$$ZL = L(C)P + d \times (C - 1) \quad (2.2)$$

Žingsnyje S9, jeigu dirbančių peilių skaičius yra trys, pavyzdžiui, skaitliukas C yra pozicijoje 4, ir pataisyta pozicija ZL įrašoma reikšmė „peilių suma $d \times (C-1)$ “ į pradinę padėtį L (4) nustatytą žingsnyje S3. Toliau S10, pozicionavimo reikšmė $L'(C)$ skaičiuojama pagal (2.3) formulę.

$$L'(C) = L(C) + D \times (C - 1) \quad (2.3)$$

Perkėlimas iš S9 į S10 vyksta, C apibrėžtas peilis skaičiuojamas nuo variklio pusės. Pavyzdžiui: C yra lygu 4 kai pjaunamas kartonas į tris juostas tampa artimiausia peilio pozicija nuo operatoriaus pusės, kuriam vėliavėlė yra pakelta. Toliau S11 reikšmė keitimo skaitliuke yra sumažinama C lygu $C-1$.

Žingsnyje S12 nustatymai yra palyginami. Kai C lygu 1 perkeliama į sekantį, o jeigu C reikšmė nėra lygi 1, kartojami žingsniai S10 - S12. Buvusi korekcijos reikšmė $L'(C)$ S1 žingsnyje. Peiliui nustatoma pozicija toliausiai nuo operatoriaus pusės, kuriame vėliavėlė nustatyta, į peilio poziciją tolimiausią variklio pusėje. S13 žingsnyje paklaidos suma Sh pagal formulę 2.4 pritaikoma atitinkamai kiekvienam naudojamam peiliui ir reliuotei mechaniniam centravimui mašinos. Paklaidos suma Sh išreiškiama tokia formule: korekcijos pozicija ZL peilio pozicionuoto arčiausiai operatoriaus pusės ir įrašyto į S9, pradinė padėtis $L(1)$ peilio esančio tolimiausiai prie variklio puses, ir esančio $L(Z)$ peilio esančio toliausiai prie operatoriaus pusės įrašyto į S8. Paklaidos suma skaičiuojama pagal formulę (2.4).

$$Sh = \frac{(ZL-L(1))-(L(Z)-L(1))}{2} \quad (2.4)$$

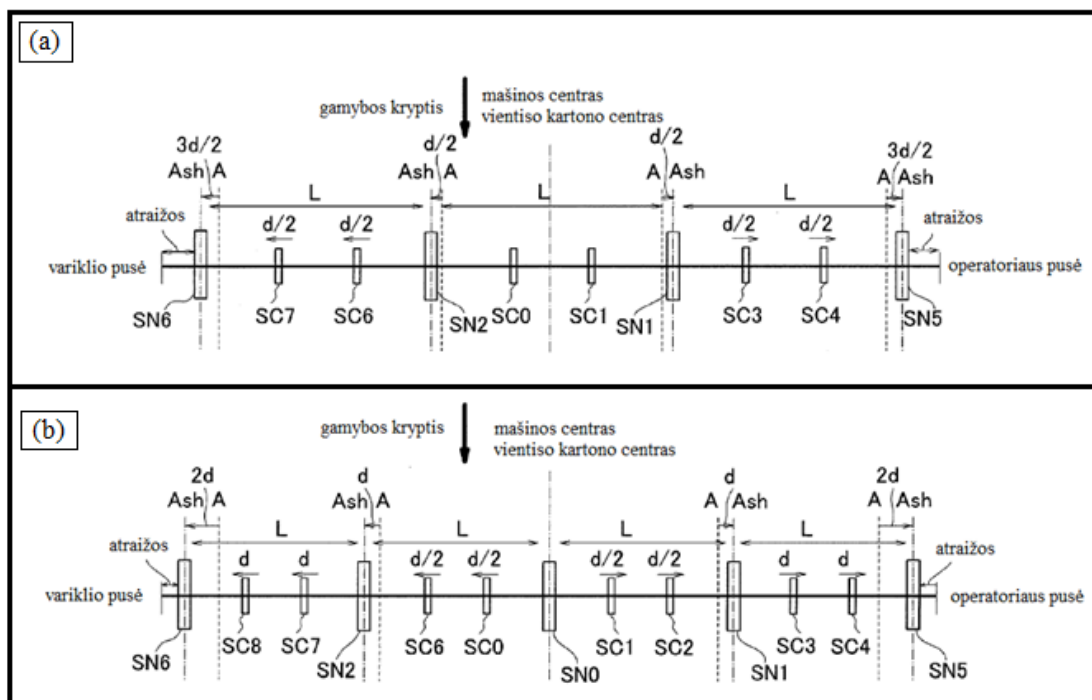
Toliau S14, reikšmė Sh atimama iš kiekvienos esančios prieš pozicionavimą reikšmės visiems peiliams 6 ir reliuotėms 2 ir 4 (2.2 pav.), kurių vėliavėlės yra pakeltos. Kuriu kiekvienas iš $LS(C)$ gautų ir $L'(C)$ gautų S1-S10 žingsniuose. Galutinė pataisyta pozicija $L''(C)$ kiekvienam peiliui ir galutinė pataisyta pozicija kiekvienos reliuotės $LS'(C)$ gaunami pagal formulę (2.5)

$$L''(C) = L(C) + d \times (C - 1) - Sh \quad (2.5)$$

Čia: $LS'(C)$ lygu $LS(C)$ lygu reliuotės padėties reikšmei įvestai $S1''+Cv-Sh$

Peilio (toliausiai nuo variklio pusės) ir reliuotės (toliausiai nuo operatoriaus pusės) su pakeltomis vėliavėlėmis yra simetriškoje padėtyje variklio mechaninio centro atžvilgiu, gaminant plačias atraizas, pavaizduota paveiksle 2.5 (b).

Toliau S15 visų peilių 6 ir laikiklių 84, 90, 18, 12, 32, ir 26 (2.2 pav.) vykdomas pozicijos pakeitimas. 2.5pav.schematiškai pavaizduotos padėtyje peilių ir reliuotė pjaustant į tris gaminių juostas (a), pjaustant į keturias gaminių juostas (b). SN pažymėti pjovimo peiliai; SC kiekviena iš žymėjimo reliuotė.



2.5pav.: schematiškai pavaizduota padėtyje peilių ir reliuotė. Pjaustymas į tris gaminių juostas (a), pjaustymas į keturias gaminių juostas(b).[27]

Pjovimo ir žymėjimo SRA robotas.

Baigiamajame darbe roboto pastūmos mechanizmas, išlieka toks pats, programoje panaudojamos veikiančios funkcijos, sudaromas naujas veikimo algoritmas papildomam kalibravimo procesui vykdyti. Patogesniai suvokimui svarbu išskirti pagrindinius mazgus ir aptarti esmines jų funkcijas.

Reliuočių/peilių pozicijų ryšys su absoliutiniu enkoderiu:

- reliuočių ir peilių, modulio įrankių pozicijų nustatymui naudojamas absoliutinio (T&R PROFIBUS) enkoderio signalas (žiūrėti 2.6 pav.(a) dalyje).

- pirmą kartą startuojant SRS modulį, profilio 1 ir profilio 2 įrankiai stumiami visu pirma į minimalias pradines pozicijas, o vėliau į maksimalias galines padėtis. Tokia sinchronizacija naudojama patikrinti ar įrankiai nueina pilną kelią. Gautas enkoderio impulsų skaičius yra sulyginamas su viso kelio impulsų kiekiu, apibrėžtu kalibravimo metu. Šioms dviem vertėms nesutapus fiksuojama klaida.

- reliuotės: turi poslinkio galimybę vertikaliai aukštyn ir žemyn. Kalibravimo metu nulinis atskaitos taškas yra įrankio korpuso ašys horizontalios tiesės atžvilgiu. Kreipiančiųjų padėtis gulsčiuko atžvilgiu yra nulinė pozicijos vertė, sulyginimui su absoliutinio enkoderio esama reikšme (žiūrėti 2.6 pav. (b) dalyje).

- peilių ir reliuočių poslinkis X ašies atžvilgiu vykdomas sraigto-veržlės pavaros pagalba, grįžtamas valdymui signalas yra iš absoliutinių enkoderių. (žiūrėti 2.6 pav. (d) dalyje).

- reikšmės galinių pozicijų yra saugomos ir apdorojamos Siemens SIMATIC PLC S7-400 valdiklio pagalba. Atstatymo duomenys šių reikšmių saugomos TP170B valdymo panelėje esančioje "Flash" atminties kortelėje.

- įvykus pilnam S7 PLC programos persikrovimui, pozicijų reikšmės persiunčiamos iš flash atminties kortelės į S7 programuojamą loginį valdiklį.

Atskaitomasis pozicionavimo tarpelis:

- Tarpui mažėjant iki sinchronizuojančio nulinės padėties jutiklio (on) reikšmė absoliutinio enkoderio - servo pavaros dirba 1 greičiu. Tarpui didėjant, kol sinchronizuojančio galinio jungiklio padėtis (off) - dirbama 2 greičiu. Nuo nulinės padėties atstumas didėja iki sekančio atskaitos taško (nulinis rezolverio impulsas) - dabinis greitis 3.

Automatinis nulinio pulso reguliavimas:

- aktyvuojama funkcija (WINCC arba TP170B) operatorių valdymo aplinkoje. Atstumui mažėjant iki sinchronizuojančio galinio jungiklio (on) reikšmė absoliutinio enkoderio - greitis 1. Tarpui atsidarant kol sinchronizuojančio galinio jungiklio padėtis (off) - greitis 2, nuo šios vietos tarpas atidaromas 1/2 servo pavaro apsisukimo. Rezolverio nulinio impulso pozicija pažymima kaip nauja reikšmė - greitis 3.

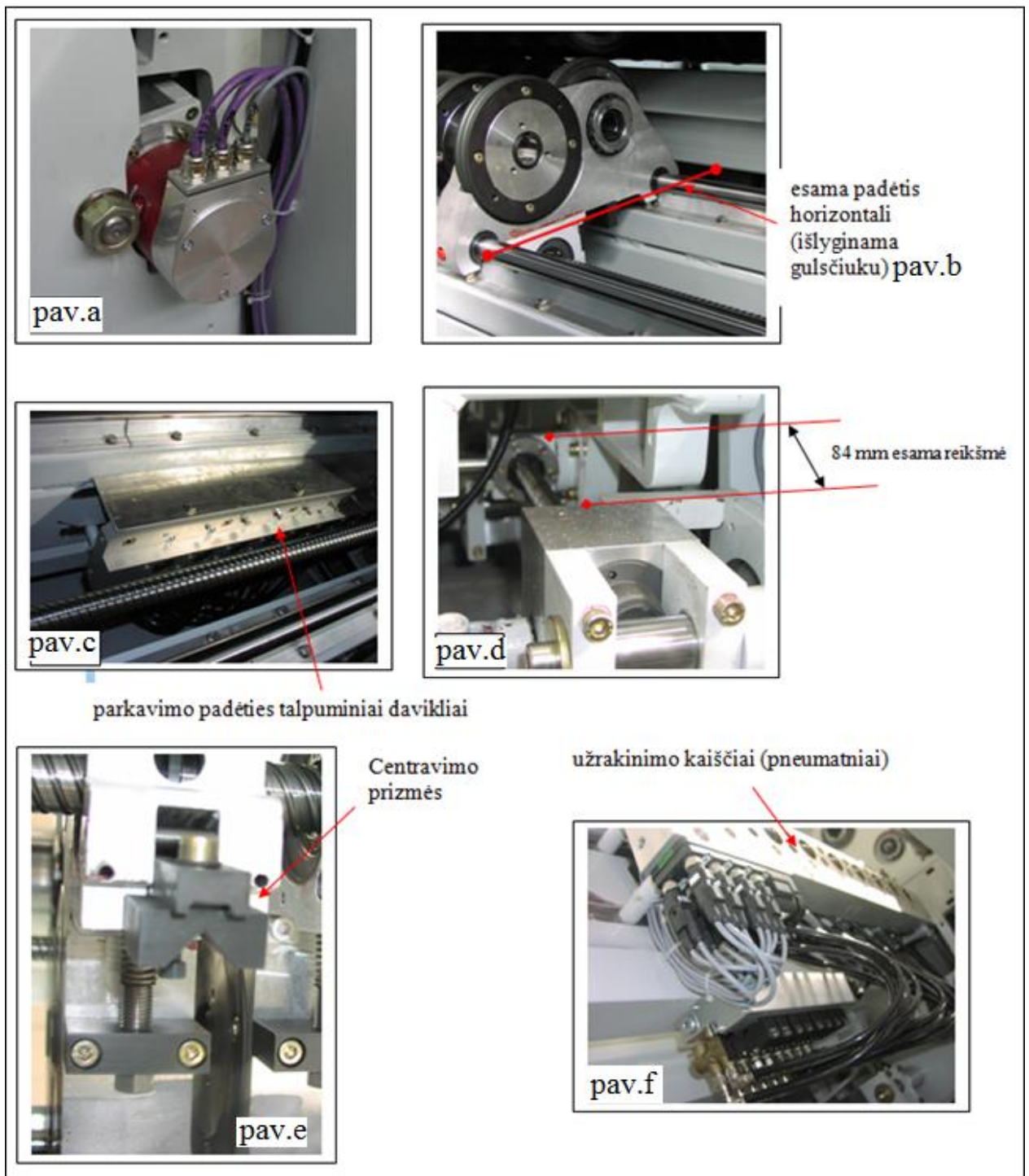
Pozicionavimas įrankių atskaitos padėčių

- (peilių, reliuočių): įrankiai lėtais sūkais stumiami link parkavimo arba nulinės padėties (užfiksuojama padėtis). Sustabdomi, kuomet aptinkamas talpuminio jutiklio signalas, tuomet pneumatiniai kūginiai užrakinimo kaiščiai išlysdami centruoja įrankį parkavimo padėtyje. Ši rezolverio padėtis yra išsaugoma kaip atskaitos nulinis taškas.

Judėjimas į parkavimo padėtį darbiniam režime:

- įrankiai juda dideliu greičiu link parkavimo padėties ir sustabdomi, kur reikia pagal absoliutinio enkoderio signalą. Užrakinimo kaiščiai išlenda lauk tik tada, kai talpuminiai jutikliai aptinka įrankio korpuse esančias specialias atskaitos padėtis.

Pavarų poslinkio/apsisukimo santykis: įrankių korpusas pasislenka 20 mm apsisukus vieną kartą sraigto-veržlės pavarai 360° ratu (SRA robot ELAU servo pavara), tarpas - 1,077mm/2,154. Pavarų greičiai tampriai susiję su visos gamybinės linijos sinchronizuotu greičiu. Keičiantis užsakymo formatui yra įvertinamas, SRS darbinių įrankių naujo pozicionavimo laikas. Jeigu mašinos greitis yra per didelis jis nemažinamas, o broko iškirtimo KQF sekcija iškerta atitinkamą lakštų kiekį, taip suformuodama tarpą tarp kartono, šio laiko užtenka įrankiams pakeisti pozicijas.



parkavimo padėties talpuminiai davikliai

2.6 pav. išskiriami pagrindiniai mazgai dalyvaujantys kalibravimo procese.

Čia yra:

- a) optinis enkoderis
- b) reliuotės korpuso kreipiančiosios
- c) įrankių parkavimo padėtis
- d) visos sekcijos poslinkio padėtis
- e) įrankio kūginė prizmė, parkavimo padėtyje.
- f) pneumatiniai užrakinimo kaiščiai

Visų roboto įrankių pozicionavimas vykdomas riedėjimo sraigto-veržlės pavaros pagalba. Kiekvienos sekcijos tos pačios rūšies elementai reliuotės ar peiliai yra montuojami ant vieno sraigto. Riedėjimo sraigto-veržlės pavarai sukantis, viduje įrankio korpuso esantis specialus mechanizmas fiksuojamas ar atleidžiamas, priklausomai kada korpusas stumiamas arba būna fiksuotoje padėtyje. Pats sraigtas pažymėtas 2.7 pav.(a) dalyje. Tokio tipo sprendimai plačiai paplitę sukamojo judesio transformavimui į slenkamąjį, naudojama tiksluose įtaisuose ir atsakingose jėginėse pavarose.

Riedėjimo sraigto-veržlės pavaros privalumai:

- žymiai didesnis naudingumo koeficientas (iki 80%).
- mažas išsidėvėjimas. Darbinių paviršių atsparumas kontaktiniam nuovargiui ir statinis kontaktinis atsparumas.
- ašinis standumas. netrūkčiojantis judesys

Riedėjimo sraigto-veržlės pavaros trūkumas:

- sriegio ir rutuliukų išsidėvėjimas

Atsparumas kontaktiniam nuovargiui skaičiuojamas naudojant priklausomybę tarp sraigto resurso L (matuojamas milijonais apsisukimų) ir ašinės apkrovos F_a :

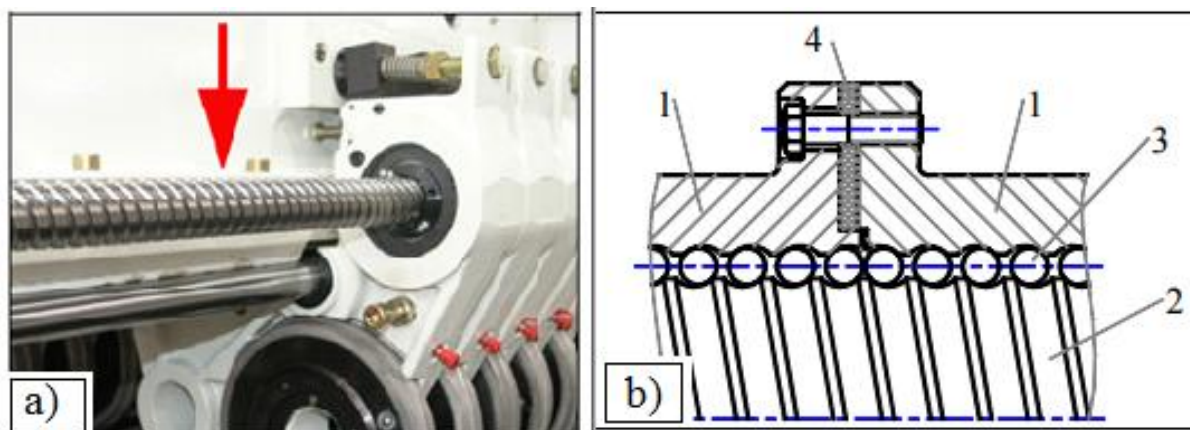
$$L \leq \left(\frac{C \times K_d \times K_a \times K_m}{F_a} \right)^3 \quad (2.1)$$

čia:

C - leistinas dinaminis keliamumas, pagal d_2 (vidutinis sriegio skersmuo), p_s (sriegio žingsnis) ir rutuliukų skersmenis randamas lentelėse; K_d yra 0,25 ... 1,0 - darbo be gedimų tikimybės koeficientas (kuo tikimybė, kad gedimų nebus didesnė, tuo šis koeficientas mažesnis); K_a yra 0,8 ... 1,0 - pavaros tikslumo koeficientas (didėja didėjant tikslumui); K_m - medžiagos kokybės koeficientas, paprastai lygus 1.

Sriegio ir rutuliukų išsidėvėjimas yra dažniausiai pasitaikanti paklaidos atsiradimo priežastis. Mechaniniai sraigto išdylimai pradeda viršyti leistinas paklaidos reikšmes, nesant tinkamam techniniam aptarnavimui. Gamintojo rekomenduojama keisti riedėjimo sraigto-veržlės pavaras vidutiniškai kas 2 metus. Praktikoje dažniausiai yra keičiama, kada nepavyksta sukalibruoti atsiradusios paklaidos, dėl sraigto laisvumų.

Sraigtas ir veržlė turi sraigtinis pusės apskritimo formos griovelius, kuriuose yra rutuliukai. Rutuliukų gražinimui į veržlės pradžią yra numatyti specialūs kanalai. Sudėtinga konstrukcija yra dar viena priežastis pozicionavimo paklaidai atsirasti, esant netinkamam sraigto aptarnavimui, apkrovai ar gamykliniam brokui. Riedėjimo sraigto-veržlės pavara pavaizduota 2.7 pav. (b) dalyje.

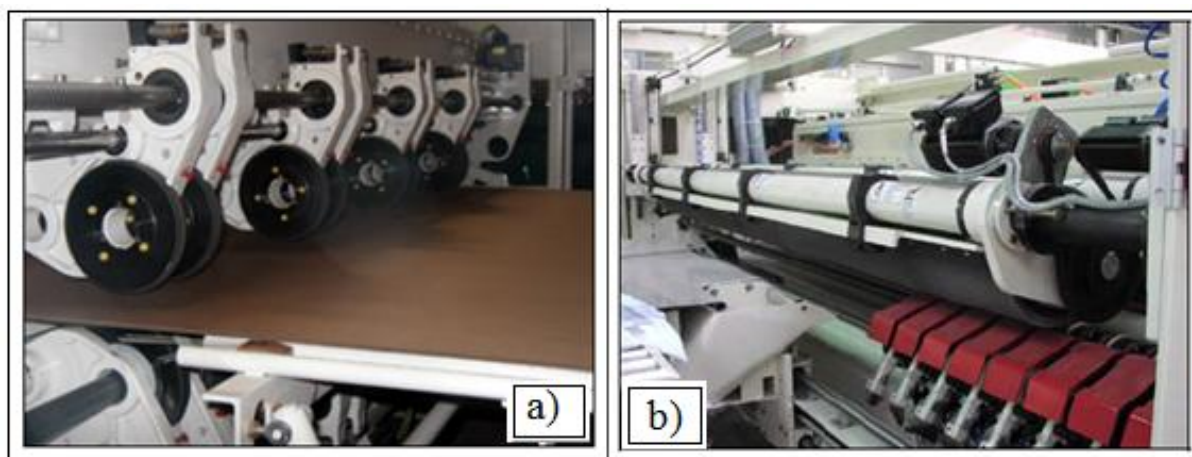


2.7 pav. a) rodykle pavaizduotas pagrindinis pozicijos pakeitimo sraigtas;
 b) rutulinė sraigtinė pavara: 1 - pusveržlė; 2 - sraigtas; 3 - rutuliukas; 4 - tarpinė.

Reliuočių ir peilių sekcijos. Mašina turi dvi darbinės ir vieną pagalbinę įrankių sekciją, kurių kiekviena turi viršutinę ir dvi apatines eiles porų reliuočių. Reliuočių forma būna įvairių tipų, populiariausi gofruoto popieriaus įlenkimo profiliai būna 2P (angl. Point to Point) arba 3P (angl. Point to two Points). Kiekvienas įrankių mazgas sumontuotas ant kreipiančių guolių sistemos, o naujai pozicionuojamos besisukančio ritininio sraigto ir servo pavaros pagalba. Sukantis pozicionavimo sraigto reliuotė pasislenka ta kurios sukabinimo mova fiksuojama elektro - pneumatiniiais mechanizmais, visų kitų reliuočių pozicijos nesikeičia nes nefiksuotas viduje sraigto prisiskuba kartu su guoliais. Bendras vienos reliuočių sekcijos vaizdas yra 2.8 pav. (a) dalyje.

Peilių sekcijas toks modulis turi dvi, viena būna darbinėje padėtyje ir peiliai pakelti pjauna kartoną. Kitos sekcijos peilių kombinacija yra apibrėžta sekančio užsakymo formato, o patys peiliai pozicijose nuleisti, kad nesiektų paviršiaus kartono. Peilių korpusai iš apatinės pusės, o iš viršutinės sumontuoti ritininiai šepečiai. Peilių laikymo ir sukimo mechanizmai sumontuoti ant linijinių kreipiančiųjų guolių sistemos ir pozicionuojami yra riedėjimo sraigto-veržlės pavaros ir elektros variklio - servo valdiklio pagalba. Paruošiant gaminio užsakymo formatui (pjovimo pozicijos) peilių korpusai stumdomi išilgai kreipiančiųjų, darbinėje padėtyje pakeliami į viršų ir prispaudžiami prie ritininių šepečių, kad pjaunantys rotaciniai peiliai

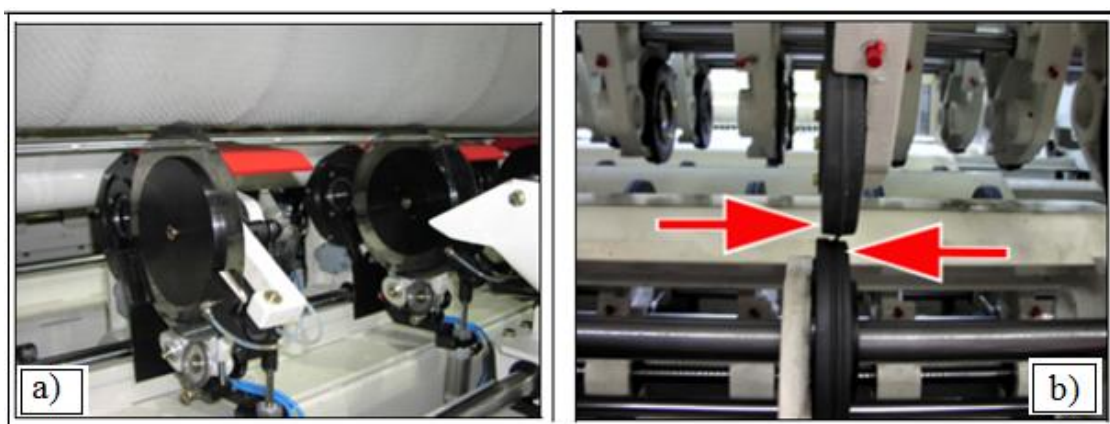
nepakeltų kartono. 2.8 pav.(b) dalyje pavaizduota SR1 peilių sekcija, kuri nėra darbinėje padėtyje, peiliai yra parkavimo padėtyje.



2.8 pav. pavaizduotos modulio įrankių sekcijos a) reliuočių sekcija; b) peilių sekcija

Pjovimo sistemą sudarantys ploni diskiniai peiliai, pjauna kartoną išilgai, pagal jo judėjimo kryptį. Rotacinį peilį suka servo variklis, kurio sukimosi greitis sinchronizuojamas pavaros pagalba su gaminamo kartono judėjimo greičiu ir yra du kartus didesnis. Automatiškai būdu priklausomai nuo popieriaus gramatūros ir sluoksnių kombinacijos peiliai yra tepami ir galandami. Peiliai esantys darbiniam režimui pavaizduoti 2.9 pav.(a) dalyje.

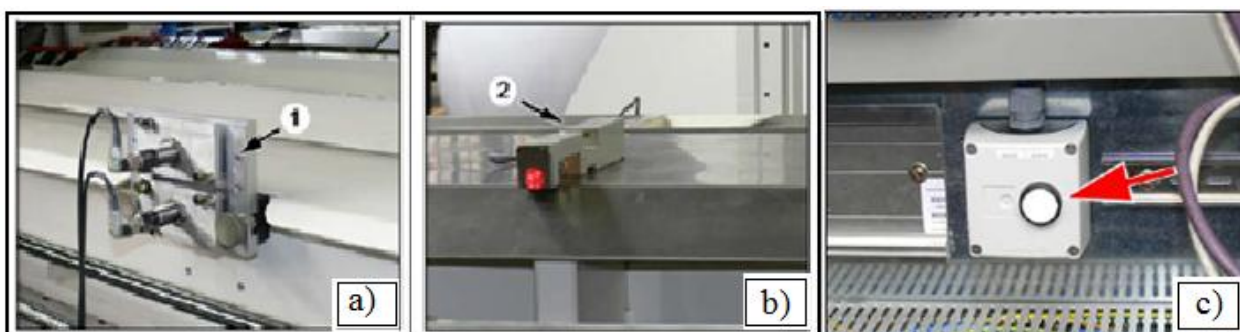
Reliuočių pastūmos mechanizmas yra panašus į peilių tik sukų skaičius yra didesnis 3 ... 6 % už gaminamo kartono greitį. Reliuotės yra įvairių profilių, kombinuojamos priklausomai nuo užsakymų. Reliuočių kompensacijos funkcija prailgina darbinių paviršių funkcionalumą. Nudilusius paviršius kompensuojama, pozicionuojant įvedus paklaidą X ir Y ašyse.



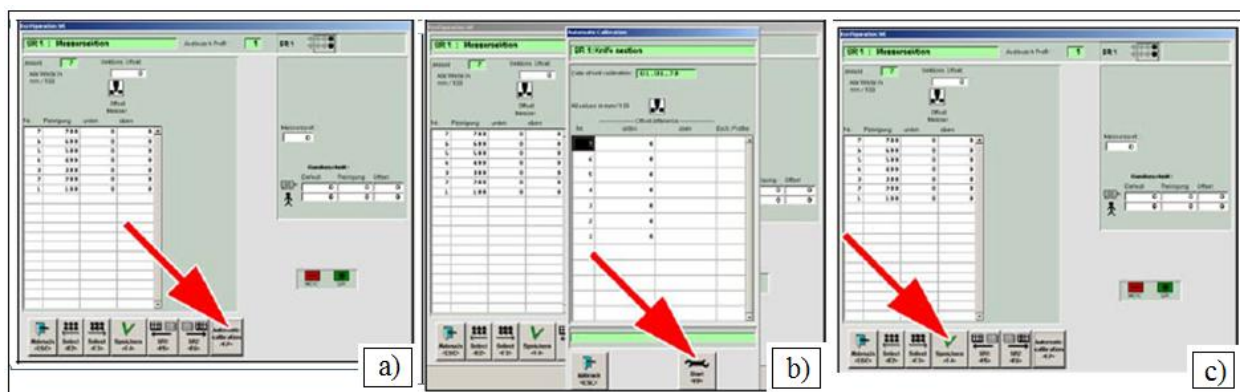
2.9 pav.a) pjovimo peiliai darbinėje padėtyje; b) reliuočių kompensavimo funkcija, kuriai ypatingai svarbus tikslus įrankių kalibravimas.

Roboto atnaujinimas (lazerio spindulys)

Įtaiso peilių ir reliuočių kalibravimui, sistemą (naujai pritaikyta), sudaro lazerio spindulio siuntėjas (angl. emitter) ir lazerio spindulio priėmimui imtuvas (angl. reciver) visi jie pažymėti B priede 4 paveiksle esančiose atnaujintose elektrinėse schemose, atitinkamai 489BS1 ir 489BS2 siūstuvai, bei 489BE3 imtuvas. Toks įtaisas pritaikytas aptikti peilių ir reliuočių X ašyje atsirandančias paklaidas. Pozicijų neatitinkančios reikšmės automatiškai aptinkamos esant kalibravimo režimui, kuomet įrankis praeina spindulį. Lazerio spindulio pertrūkio signalas ir servo pavarų rezolverių duomenys yra apdirbami ir gautas rezultatas panaudojamas pakeitimui senų pozicijų duomenų bazėje. Šviesos barjerą sudaro du signalai lazerio spindulių, taip sinchroniškai matuojami viršutiniai ir apatiniai riliai (reliuotės). Toks sprendimas buvo pasirinktas skaičiavimų patogumui ir sutaupoma daugiau laiko kalibruojant. 2.10 pav. pavaizduota lazerio spindulio siūstuvai (1) ir jutiklis (2) naudojami eksperimentiniam perkalirovimo metodui.



2.10 pav. lazerio spindulio siūstuvai (1) ir jutiklis (2)



2.11 pav. paeiliui pavaizduotas kalibravimo proceso vizualizavimas operatoriaus lange:

a) aktyvavimas kalibravimo funkcijos; b) kalibravimo proceso startavimas; c) paklaidų aptikimas ir naujų reikšmių įrašymas.

Naujo testavimo režimui buvo sumontuotas specialus mygtukas, aktyvavimui lazerio spindulio, kurio pozicija elektrinėje schemoje matoma 2 priedo 1 pav. PLC (430.6) įėjimai, "start" mygtukas lazerio spindulio aktyvavimas (446S3), lazerio spindulio signalo įėjimas iš imtuvo (489BE3). Paleidimo mygtuko pozicija pagrindinėje elektros spintoje pavaizduota raudona rodykle 2.10 pav. (c) dalyje. Baigiamajame darbe buvo padaryti pakeitimai operatoriaus menių lygyje, centriniame valdymo pulte. Įdiegta papildoma galimybė įjungti, įrankių pozicijų nuskaitymo, režimą.

Kalibravimo proceso veiksmų eiliškumas.

Pirma sumontuojamas lazeris ant mašinos, kaip pavaizduota 2.10 pav. (a), (b) dalyse, įsitikinama ar lazerio signalas patenka iš siūstuvų į priimtuvus. Paspaudžiamas papildomas paleidimo mygtukas (c) dalyje. Pagrindiniame valdymo pulte įjungiama modulio SR1 ir SR 2 sekcijas. MDM (peilių sekcijos) menių lange 2.11 pav. a) dalyje raudona rodykle pažymėta aktyvavimo piktograma, ją paspaudus (arba spaudžiant klaviatūroje F7) atsidaro naujas langas (b) dalyje, kalibravimo režimas aktyvuojamas spaudžiant "starto" piktogramą pažymėta raudona rodykle arba klaviatūroje esantį F9 mygtuką. Servo pavarų pagalba SRS robote prastumiami paeiliui visi esantys įrankiai, peiliai ir reliuotės. Atsiradusios skirtingos reikšmės (paklaidos), kiekvieno iš įrankių yra aptinkamos automatiškai ir atvaizduojamos menių naujame stulpelyje. Naujo duomenų lango vaizdas parodytas 2.11 pav. (c) dalyje, paspaudžiant patvirtinimo mygtuką kuris parodytas raudona rodykle arba spaudžiant F4, užfiksuotos paklaidų reikšmės yra siunčiamos valdymui. Siunčiant naują gamybos užsakymo formatą, įrankių pozicionavimui yra naudojamos jau naujos reikšmės.

3. Eksperimentinis tyrimas

Paplitę kalibravimo metodai ir siūlomas patobulinimas.

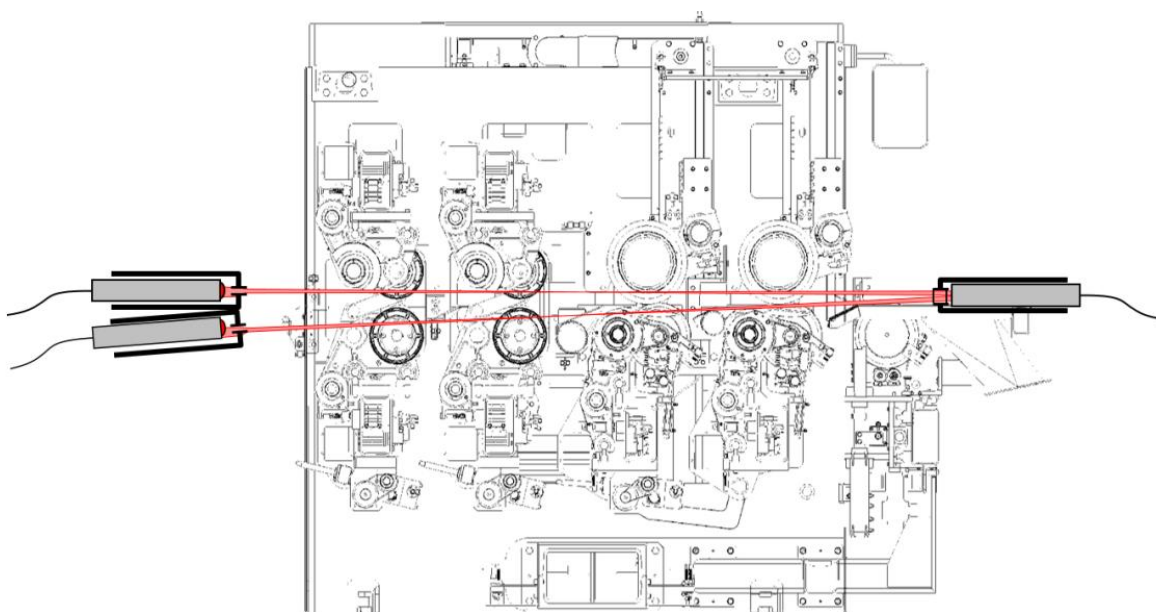
Metrologija yra labai panaši savo požiūriu į kalibravimą, tikslas kiekybiškai įvertinti roboto efektyvumą. Tokie apibūdinantys matavimai yra aprašomi pagal ISO 9283. Metrologijos sąrašas kalibravimo metodų, apibrėžtas ISO techninėje ataskaitoje išsamiai aprašomas [5]. Keletas populiariausiai naudojamų:

- = padėties nustatymai tikrinimo zonu metodai.
- = kelio palyginimo metodai .
- = trilateracijos metodai.
- = Polinių koordinačių matavimo metodai.
- = trianguliacijos metodai.
- = Optinio stebėjimo metodai.
- = Inercijos matavimo metodai.
- = stačiakampių koordinačių matavimo metodai.
- = Kelio piešimo metodai.

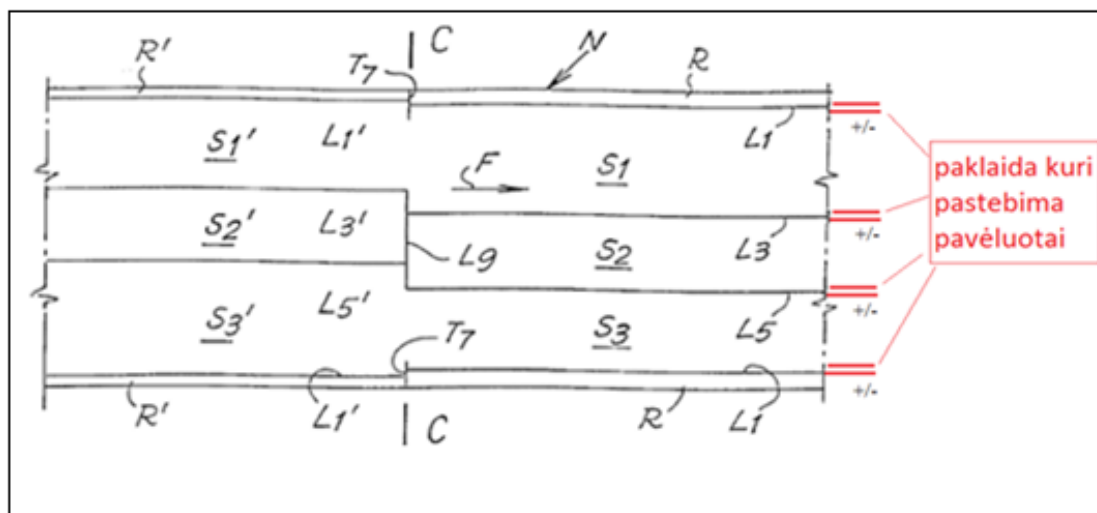
Esant tokiam plačiam spektrui matavimo sprendimų, kurių kiekvienas analizuoja panašią problemą skirtingu požiūriu. Visi jie yra bendro pobūdžio, bet dažniausiai pramonės įmonėse, kur laikas yra vienas svarbiausiųjų kriterijų yra ieškoma unikalaus optimaliausio. Kiekvienas procesas reikalauja individualaus tyrimo, tinkamiausio sprendimo paveikti parametrus. Svarstant kalibravimo ar metrologijos sprendimą, turi būti analizuojama daug veiksnių. Tai apima: išlaidas, tikslumo klasę, pakartojamumą, raišką, duomenų pralaidumą, nustatymų laiką, matavimo tipą (1-, 2- arba 3-D), bandinių imtį, kalibravimo reikalavimus, kontaktinis ar bekontaktis, reikalingą programinę įrangą, valdiklių sąsajas ir t.t. Vis dėlto, kaina yra labai svarbi sprendimo priėmimui.

Konkrečiai šiuo analizuojamu atveju, gamintojas deklaruojamas roboto tikslumas neviršija gaminiui reikalingos 0,5 mm ribos. Virš 97 % problemų susijusių su tikslumo ir pakartojamumo neatitikimu, pakanka iš naujo paleisti inicializacijos/sinchronizacijos procesą. Įrankiams pasiekus nulinius taškus iš naujo skaičiuojamas atstumas. Baigiamajame darbe koncentruojamasi į tuos mažiau negu 3% kada nepakanka paprasto mašinos užduoties perkrovimo.

Gofruoto kartono gamyboje yra labai svarbu produkcijos kokybė, kadangi pusgaminiai (kartono lakštai) toliau keliauja į sekančius gamybos etapus reikalaujančius tikslių matmenų ruošinių. Dažymo ir iškirtimo mašinose labai svarbus pozicionavimas, todėl bet koks atsiradęs, netikslų išmatavimų ruošinys, virsta broku sustabdydamas gamybos procesą. Buvo priimtas sprendimas įvesti tarpinius kalibravimus ruošinių mechaninių apdirbimų moduluose Pjovimo peilių bei žymėjimo reliuochių pozicijos apskaičiuojamos centrinio kompiuterio pagal enkoderių ir rezolverių duodamus grįžtamuosius signalus. Analizuojant panašių tipų modelius [25-28] buvo priimtas sprendimas naujam sukalibravimui panaudoti lazerio spindulį.



3.1 pav. lazerio spindulio panaudojimas SR-S mazgų pozicionavimui.



3.2 pav. pavaizduotas vientiso gofruoto kartono lakštas (gamybos procese), peilių pjovimo pozicijos prieš ir po formato pasikeitimo, paklaidos opiausios vietos. [25]

Trumpai apie SRS roboto veikimo principą ir lazerio panaudojimo paskirtį, modernizuojant modulį. Kiekvieną kartą iš naujo įjungiant mašiną įvyksta inicializacijos procesas, atitinkamos servo pavaros visų pirma pagal suformuotus algoritmus pozicionuojamos iki ribinių padėčių, o valdikliai įrašo į atmintį enkoderių, rezolverių parodymus. Po to pasukant darbinės sraigtinės ašis įrankių mazgai pastatomi į darbinės padėtis. Tokie parodymai nevisada sutampa su realiomis mazgų pozicijomis, paklaidos atsiradimą įtakoje: mechaniniai išdilimai/pažeidimai, sąlyčio taškų nešvarumai. Nors kiekviena sekcija peilių ir reliuocių yra sumontuoti ant vieno sraigto, bet dirbant skirtingu intensyvumu ir darbo režimu - išdilimų, atsiradusių laisvumų kiekis nėra tolygus. Pasukant sraigtą juda visi mazgai į vieną ar į kitą pusę, o kiekvienas mazgas užrakinamas reikiamoje padėtyje, specialios sukabinamos movos pagalba. Pozicionuojant ir visus modulio mazgus pratraukiant pro lazerio spindulį yra gaunamos tikslios mazgų pozicijų reikšmės. Įrankio pozicijos koordinatė sulyginami su enkoderio parodymais, o atsiradus neatitikimams automatiškai įvedama paklaida. Bendras modulio vaizdas ir lazerio panaudojimo principas pavaizduotas 3.1 pav.

Paklaida atsiranda dažniausiai darbo pradžioje, arba pasikeitus užsakymų formatui, 3.2 pav. pavaizduota gofruoto kartono pjovimo pozicijos (vaizdas iš viršaus) N-vientisas gofruoto kartono gaminys; R- nereikalinga atraiža kuri atpjaunama ir keliauja į broką; L1-L5 pjovimo pozicijos (seno formato); L1'-L5' pjovimo pozicijos (naujo formato); C formato pakeitimo pozicija; S - gofruoto kartono juostos. Sekančiame gamybos proceso etape, HQM modulyje, gofruoto kartono juostos pjaunamos skersai ir gaunamas apibrėžtų išmatavimų kartono lakštas.

Praktikoje kalibruoti mašinų įrankių pozicijoms yra naudojama įvairiausių būdų ir metodų [5]. Kiekvienas iš taikomų metodų turi savų pliusų ir savų minusų: jau kiek pasenę, galbūt dėl kainos, užima per daug laiko arba nėra pakankamai tikslūs tai priežastys kodėl yra netinkami analizuojamam atvejui. Gamybos procese vienas iš tikslų yra kiek galima optimaliau ir tikslingiau įsisavinti naujoves, automatizuoti procesą eliminuojant žmogiškąjį faktorių. Baigiamajame darbe aprašomi keli skirtingi matavimo metodai kurie praktikoje yra taikomi, o vienas jų sukonstruotas konkrečiai šiam atvejui naudojamas naujai.

Paklaidos aptikimui patogiausias būdas yra profilaktiškai atliekant pozicijų matavimus. Jeigu matavimo reikšmės skiriasi reikia atlikti pozicijų kalibravimą. SRS roboto kartono pjūvių ir žymėjimų linijų kalibravimui naudojami toliau paminėti metodai.

Matavimas liniuote, matavimo rulete. (metodas yra taikomas mašinos operatorių)

Matavimas teodolitu. (mašinos gamintojo, specialistų - tiksliam sukalibravimui)

Matavimas slankmačiu. (įrengimų priežiūros padalinio serviso specialistų)

Matavimas lazeriu. (panaudotas metodas sutinkamas praktikoje ir pritaikytas konkrečiai SRS robotui, šiuo atveju)

Matavimas, pagaminamos produkcijos (vienas iš taikomų gamybos kontrolės metodų.)

Eksperimentinio tyrimo darbo tikslas praktiškai išbandyti paminėtus metodus, atrasti tinkamiausią būdą naujai sukalibruoti SRS roboto įrankius (peilius ir reliuotes). Svarbu yra atkreipti dėmesį ne į vieną išskirtinį kriterijų, o į kriterijų visumą, kaip pavyzdžiui: kainos kokybės santykį.

Esminiai kriterijai į kuriuos sutelkiamas didžiausias dėmesys šio gamybos proceso metu yra laikas, tikslumas (0,5 mm ribose), kaina.

- Laikas - vienas iš brangiausių gamybos procesą įtakančių kriterijų. Įrengimui nedirbant naudojami *energetiniai* resursai (garai, oras, elektra ir kita) nepagaminama produkcija (vėlavimai, klientų pretenzijos), prastovos (darbuotojų valandiniai įkainiai) ir t.t.
- Tikslumas. Paklaida iki 0,5 mm ribose neigiamai neįtakoje sekančių gamybos etapų: pakuočių dažymo, dėžučių formų iškirtimo, lankstymo. Gamyboje tokiu atveju būtų išvengiama įrengimų užsikimšimų, prastovų, produkcijos broko.
- Kaina yra svarbus kriterijus, bet netoks kaip laikas ar tikslumas, kadangi sutaupant ruošinio išmatavimo tikslumo sąskaita, nekompensuojame atsirandančio produkcijos broko ar įrengimų prastovų .

SRS roboto naudojami įrankiai:

Išviso naudojama arti šimto įrankių kombinacijų. Kadangi kalibravimas vyksta visų įrankių, o suklydus bent vieno iš jų pozicijos matavime, problema pasimato pabaigoje ir operacija kartojama iš naujo, tai sugaištama labai daug laiko. Peilių ir reliuočių skaičius yra dubliuojamas SR1 ir SR2, viena sekcija yra darbiname režime, o kita pozicionuojama į sekančio formato darbinę padėtį. Paskirtis keičiant ruošinio formatui, vienu perjungimu (darbinė pakeliama, o pasiruošusi nuleidžiama), nesugadinama daugiau kaip 84 mm (vienas, broko iškirtimo, peilio kirtis) gofruoto kartono. Paprastai gamybos proceso metu formato keitimo intervalai svyruoja nuo 300 m. iki 10 km. Kadangi Lietuvos rinkoje vyrauja smulkūs gamintojai maži vieno užsakymo kiekiai, todėl formatai keičiasi ganėtinai dažniai, kas 5-10 minučių.

Reliuočių - dvi sekcijos SR1 ir SR2 po 16 vienetų kiekvienam įrankių grioveliui, viso 32 vienetai viršutinių reliuočių ir 64 vienetai apatinių reliuočių. Plius kartais naudojama viena 16 vienetų papildoma reliuočių sekcija.

Peilių - dvi sekcijos SR1 ir SR2 po 9 vienetus kiekvienam įrankių grioveliui, viso 18 vienetų peilių.

Broko (angl. trim) apipjovimo peiliai: yra 2 sumontuoti šoninėse padėtyse ir yra pagrindiniai atskaitos taškai matavimo ir perkalibravimo atveju.

3.1. Matavimas atstumų tarp reliuočių linuote

Toks matavimo metodas labiausiai paplitęs yra naudojamas mašinos operatorių. Nėra labai tinkamas dėl kelių priežasčių. Sugaištama labai daug laiko, kartais net keletą dienų, kadangi kiekvieną įrankio matavimą atlikus reikia centriniame valdymo pulte pakeisti pozicijos reikšmes. Matuojama po vieną įrankį paėliui nuo operatoriaus valdymo pusės, jeigu padaroma klaida visas kalibravimo procesas kartojamas iš naujo. Procesas vyksta ilgą laiko tarpą, todėl žmogiškojo faktoriaus nepavyksta eliminuoti dėl atsirandančio nuovargio. Bendras matavimo procesas pavaizduotas 3.1.1 paveiksle (kiekvienas matavimo įrankis turi būti reguliariai praėjęs metrologinę patikrą).

- Laikas – sugaištama daug laiko kartais net iki kelių dienų (paprastai visas savaitgalis).
- Paklaida neviršija 0,5mm. Pasiiekti reikia permatuoti daugiau negu du kartus.
- Kaina – nebrangi įranga, brangus sugaištas laikas (produkcija, specialistai)

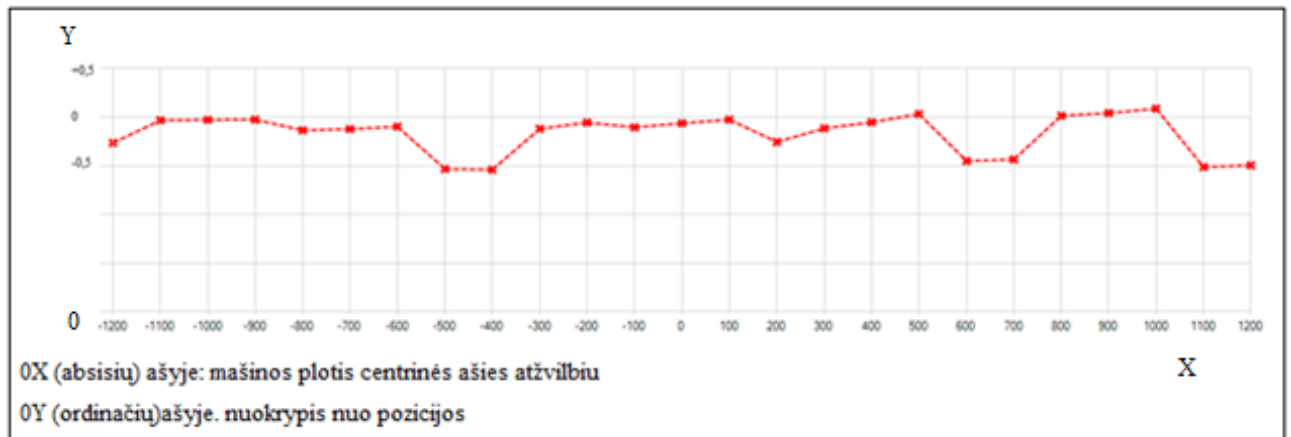


3.1.1 pav. pavaizduota tipinė matavimo operacija tarp įrankių centrų

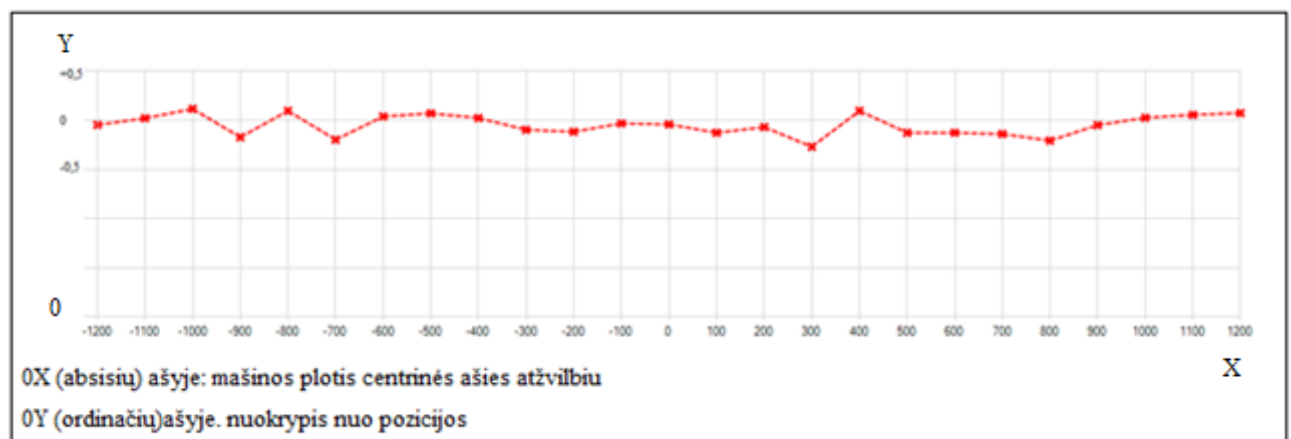
a) atstumas nuo broko apipjovimo peilio iki pirmos pozicijos;

b) atstumas tarp abiejų broko apipjovimo peilių;

c) atstumas tarp reliuočių



3.1.2 pav. Liniuote išmatuoti SR1 įrankių nuokrypiai, kadangi yra 0,5 mm paklaida, matavimas blogas, kalibravimui rezultatas netinkamas.



3.1.3 pav. Liniuote matuoti SR1 įrankių nuokrypiai, geras rezultatas.

Kaip pavaizduota 3.1.1 pav. matavimai atliekami standartine matavimo įranga - metaline liniuote ir matavimo rulete. Visada matavimas atliekamas nuo vieno atskaitos taško imtinai iki kiekvieno įrankio geometrinio centro. Paprastai matuojama tarp atskirų sekcijų šalia esančių įrankių centrų. Matmenys įvedami centriniame valdymo pulte. Paveiksluose 3.1.2 ir 3.1.3 pavaizduoti matavimų rezultatai, pirmu atveju netinkamas, kadangi viršijama 0,5 mm paklaidos riba. Antruoju atveju pavaizduotas rezultatas tinkamas, kadangi nuokrypiai neviršija 0,5 mm. leistinos ribos.

3.2. Matavimas atstumų tarp reliuočių nivelyru (teodolitu)

Mašinos gamintojo *vok. BHS Maschinen-und Anlagenbau GmbH* (pilnas gamintojo pavadinimas) naudojamas metodas, kurį atlieka aukšto lygio specialistai. Toks metodas yra taikomas tiksliam kalibravimui, dažniausiai pirmą kartą pastatant mašiną arba permontuojant į naują vietą. Paprastai tokio tipo mašinos ilgis svyruoja nuo 120 iki 180 metrų, o visų modulių erdvinis atskaitos linijos taškas neturi viršyti 0,1 mm paklaidos. Pastatomas matavimo prietaisas, elektroninis teodolitas, į būtent tokį atskaitos tašką, kurio atžvilgiu būna sustatomi visi mašinos moduliai. Kiekvienas iš matuojamų įrankių pastumiamas į atskaitos tašką ir sulyginama su esamu parodymu centriniame kompiuteryje, atsiradęs nuokrypis yra fiksuojamas, o paklaida kompensuojama. Visi matavimai daromi paeiliui du kartus tam, kad įsitikinti ar nebuvo padaryta klaidų. Toks matavimo metodas leidžia pasiekti labai aukštą tikslumo lygį praktiškai nesudėtinga pasiekti iki 0,01mm tikslumą.

Žemiau esančiame 3.2.1 pav. elektroninio teodolito optiniame okuliare matomas vaizdas išskirtas viršuje, plona linija rodo cento liniją, o viršutinis išlinkimas (viršutinė reliuote) ir apatinis įlinkimas (apatinė reliuotė), bei kiek jos yra atitolę nuo centrinės ašies. Kiekvienas įrankis stumdomas iš centrinio mašinos valdymo pulto taip, kad centrinė ašis sutaptų su reliuočių centrais. Nuokrypis yra fiksuojamas ir kompensuojamas. 3.2.2pav. pavaizduotas analogiška situacija tik su kita įrankių grupe - peiliais.

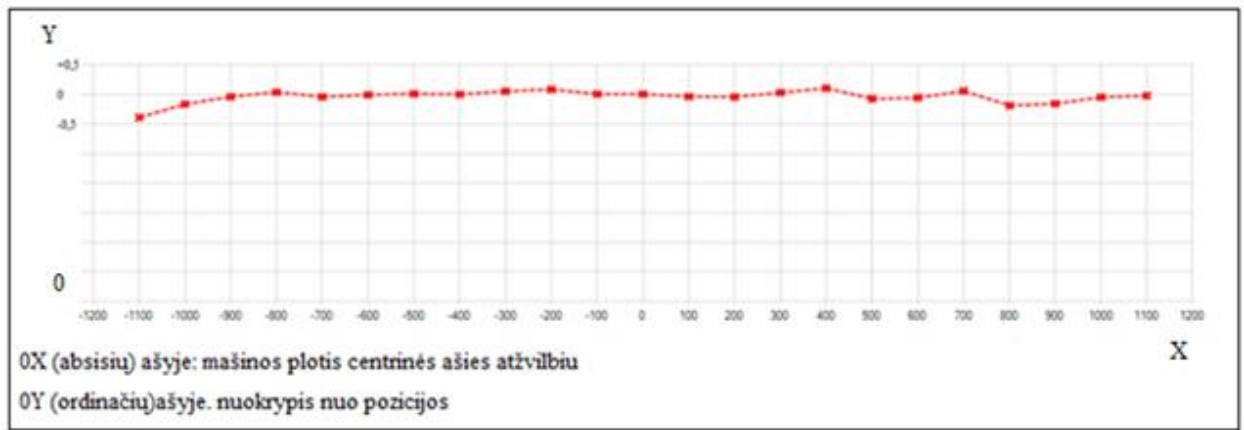
- Laikas – sugaištama daug laiko, paprastai visa darbo diena.
- Tikslumas svyruoja nuo 0,01iki 0,1mm. Pasiekti reikia pamatuoti du kartus.
- Kaina – įranga (daugiau kaip €3000), brangus sugaištas laikas (produkcija, specialistai).



3.2.1 pav. elektroninio teodolito optiniame okuliare matomas vaizdas išskirtas raudoname kvadrate.



3.2.2 pav. elektroninio teodolito optiniame okuliare matomas vaizdas išskirtas viršuje.



3.2.3 pav. rezultatų kreivė, SR2 atstumų tarp reliuočių matavimo elektroniniu nivelyru (teodolitu). Nuokrypis matomas tik kraštinėje padėtyje, tačiau jis nėra viršytas, todėl rezultatas yra geras tinkamas kalibravimo duomenims įrašyti.

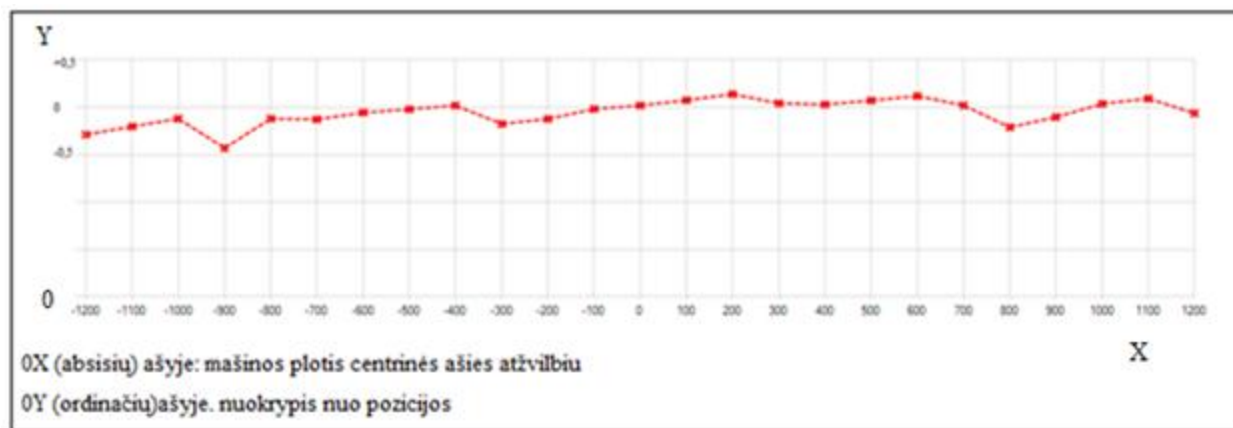
3.3. Matavimas atstumų tarp reliuočių slankmačiu

Matuoti tarp įrankių centrų reliuočių/peilių panaudojant specialų slankmatį yra pranašiau negu matuojant liniuote ar matavimo rulete, užduotis įvykdoma greičiau ir gaunamas didesnis tikslumas. Šio metodo trūkumas yra, kad matavimus gali atlikti tik įrengimų priežiūros padalinio serviso specialistai, ir sugaištama daug laiko (visa darbo diena). Atsiradusi paklaida įvedama centriniame kompiuteryje rankiniu režimu. Būtent tokį kalibravimo metodą rekomenduoja mašinos gamintojai. Metodas pavaizduotas 3.3.1 pav. dešiniajame viršutiniame kampe išskirtas pats matavimo instrumentas (specializuotas slankmatis) ir pildomas popieriaus lapas kuriame surašyti duomenys panaudojami atsiradusių paklaidų suvedimui centriniame valdymo kompiuteryje.

- Laikas – sugaištama daug (laiko kartais visa darbo diena).
- Tikslumas svyruoja nuo 0,1 iki 0,5mm jam pasiekti reikia pamatuoti du kartus.
- Kaina –įranga (daugiau kaip €300), brangus sugaištas laikas (produkcija, specialistai)



3.3.1 pav. matavimai tarp įrankių centrų atliekami specialaus slankmačio pagalba.



3.3.2 pav. pavaizduoti rezultatai matavimų tarp SR2 įrankių centrų, atliekami specialaus slankmačio pagalba. Pozicijų reikšmės tinkamos kalibravimui kadangi 0,5 mm paklaida nėra viršyta.

Matavimas specialiu slankmačiu yra tikslesnis negu su liniuote, beto sugaištama mažiau laiko. Tačiau darbas su tokiu įrankiu, reikalauja specialių įgūdžių. Metodas labiau tinkamas techniniam personalui, kalibruojant iškyla sunkumų įrengimo operatoriams. Specializuotas slankmatis kainuoja brangiai jį nupirkti galima tik tiesiai iš gamintojo.

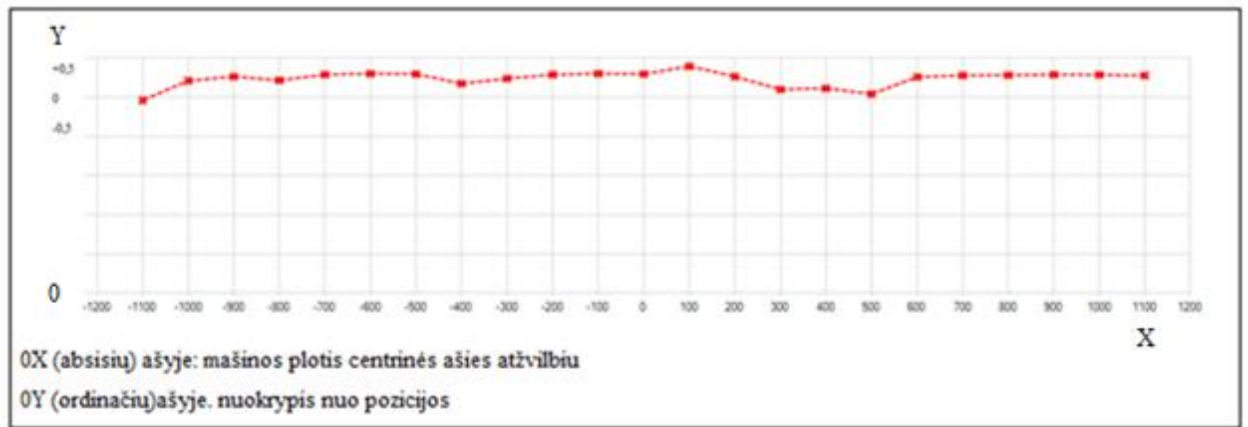
3.4. Matavimas lazeriu.

Judančių mazgų "*perpozicianavimui*" panaudojant lazerio spindulį, šio tipo mašinose kol kas toks metodas nebuvo taikomas. Tačiau sutinkama gana plačiai CNC staklėse, metalo apdirbimo, automobilių pramonėje, bei elektronikos elementų gamybos sektoriuose [2, 3, 4], pranašumas yra tas, kad nėra tiesioginio kontakto kuris gali įvesti paklaidą ir eliminuojamas žmogiškasis faktorius. Panaudojant kompiuterinę skaičiavimo techniką ir programinius algoritmus, gaunamą atskaitos signalą lengva konvertuoti ir automatiškai pakeisti įrankio pozicijos koordinatas duomenų bazėje. Panaudojami du lazerio spinduliai, kad vienu metu galima būtų nuskaityti padėtį viršutinių ir apatinių reliučių.

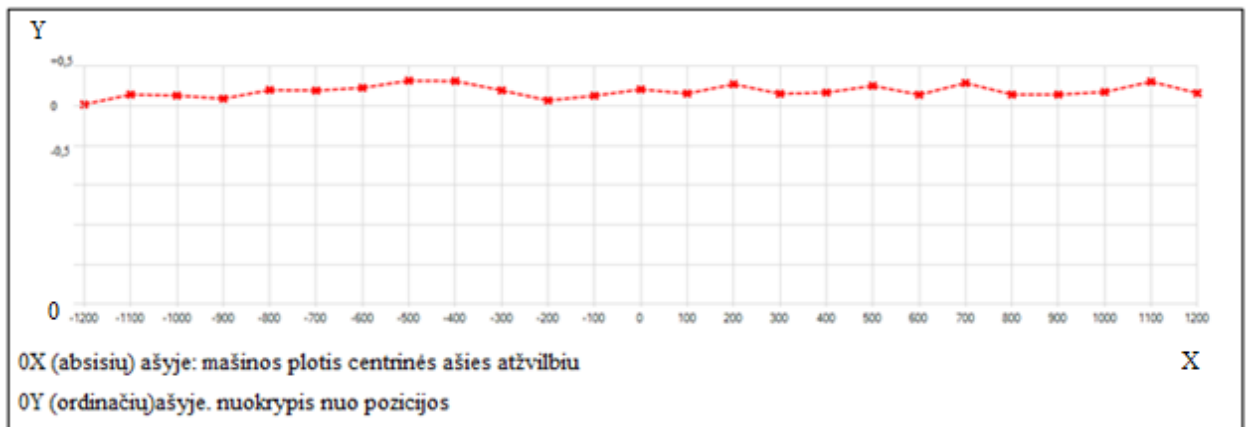
- Laikas – sugaištama mažai laiko įrangos montavimas 1 h. darbas 5-10 min.
- Tikslumas 0,1 - 0,5 mm. Reikia pamatuoti du kartus.
- Kaina – (daugiau kaip €12000): tikslūs lazeriai brangūs, pakeitimai programinėje ir techninėje įrangoje



3.4.1 pav. pavaizduotas siūstuvas (dešinėje), signalų priimtuvas (kairėje).



3.4.2 pav. kreivėje lazerinių spindulių išmatuoti SR1 įrankių nuokrypiai, kadangi paklaida neviršija 0,5 mm. matavimas geras, kalibravimui rezultatas tinkamas.

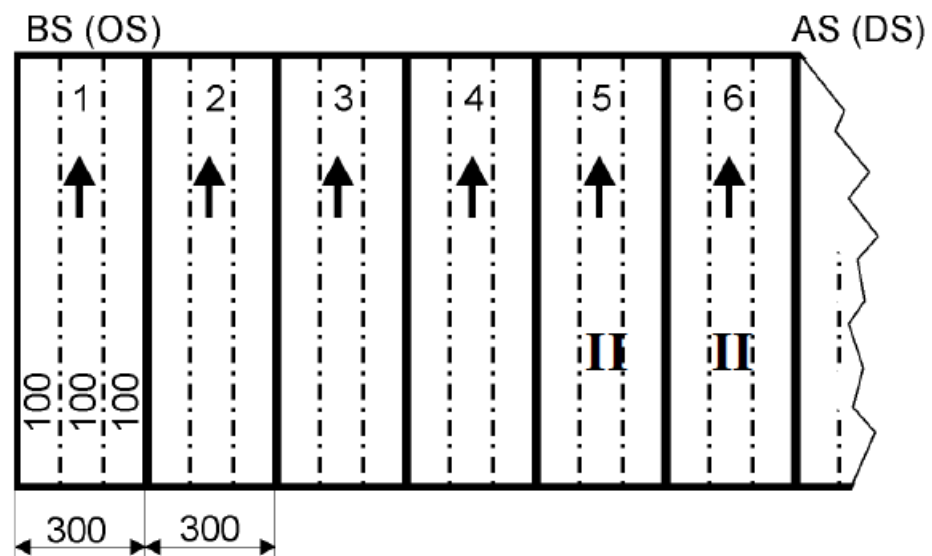


3.4.3 pav. kreivėje lazerinių spindulių išmatuoti SR2 įrankių nuokrypiai, kadangi paklaida neviršija 0,5 mm. matavimas geras, kalibravimui rezultatas tinkamas.

Atlikti matavimai su visomis SRS roboto darbinėmis sekcijomis, ir gauti rezultatai tenkina, iškeltus tikslumo reikalavimus. Kiekvienas kalibravimas užima ne daugiau 10 min. ir tai labai palengvina darbo procesą.

Kalibravimo patikrinimas darbinio režimu

Dirbant, bei kalibruojant rankiniu režimu yra suformuojamas robotui užsakymas "test " gofruoto kartono apdorojimui. Test užduotyje nurodomi vienodi atstumai tarp darbinių įrankių, paprastai tarp peilių 300 mm. o tarp reliuočių 100 mm. (pavaizduota žemiau esančiame 4.1 pav.). Naudojamas plokščias, lygus kartonas tam, kad paviršiaus nelygumai neįvestų paklaidų. Kartono gamybą startuojama tolygiu nedideliu 100 m/min greičiu. Išėjusi pagaminta produkcija sužymima ir atliekami matavimai, tam, kad galima būtų įsitikinti ar kalibravimo režimas buvo padarytas tinkamai.



3.5 pav. pagaminta produkcija žymima ir atliekami matavimai.

Tokiu būdu išmatavus ir palyginus su užduotomis reikšmėmis yra įsitikinama kalibravimo tikslumu. Sulyginus realias reikšmes ir užduotis yra akivaizdžiai matomos paklaidos, jeigu kažkurie išmatavimai netinka visą kalibravimo operacija kartojama iš naujo. Toks procesas yra įvestas kokybės kontrolės ir taikomas atsitiktinai operatorių kasdieninės gamybos metu.

Tyrimo išvados

Matavimas liniuote, matavimo rulete.

Sugaištama daug laiko matuojant keletą kartų, kadangi netikslus matavimas.

Pigiausia galima įranga matavimams atlikti, tačiau brangu tampa: specialisto matavimo metu praleistas ilgas laiko tarpas, nepagaminama produkcija (reikia organizuoti gamybos sustabdymą).

Matavimas slankmačiu

Didesnis tikslumas negu liniuote, sugaištama mažiau laiko (apie vieną darbo dieną)

Matavimas teodolitu

Labai didelis tikslumas priklausomai nuo lazerio (0,01-0,1), brangi įranga, laiko sąnaudos yra viena darbo diena.

Matavimas lazeriu

Sugaištama mažai laiko (1-2h.), brangi įranga (€12000)

Matavimas, pagaminamos produkcijos

Matuojama gamybos metu, kartais neteisingai išmatavus sustabdoma gamyba arba gaminamas brokas nepastebėjus. Pagal OEE reikalavimus.

Išbandžius realiomis sąlygomis ir palyginus visus matavimo metodus, seka išvados apie kiekvieno pliusus ir minusus. Vieni jų išsiskiria nedidele kaina, metodo patogumu, kiti matavimams atlikti sugaišto laiko kiekiu. Kadangi pradžioje iškelti kriterijai buvo trys kaina, tikslumas ir laikas, o bendrai buvo ieškoma optimaliausio varianto, todėl matuojant ir buvo didžiausias dėmesys skiriamas į tai. Laikas buvo svarbiausias kriterijus todėl priimtas sprendimas dėl matavimo lazerio spinduliu tinkamumo. Tačiau nebuvo atsisakyta tarpinio matavimo pagamintos produkcijos. Kadangi lazerio sumontavimas ir paruošimas darbui taip pat užima laiko, o tarpinis ruošinių pamatavimas nereikalauja kartono gamybos linijos sustabdymo.

Baigiamojo darbo rezultatai

Baigiamajame darbe, buvo trumpai išanalizuotas gofruoto kartono gamybos procesas. Aptartas ir praktiškai realizuotas modulio patobulinimas, kuris leidžia sumažinti brokuotos produkcijos kiekį, viename iš gofruoto kartono gamybos etapų. Sukonstruota lazerio spindulių sistema, paspartina ir supaprastina pjovimo žymėjimo roboto įrankių kalibravimą. Vietoje 1-2 darbo dienų, praktikoje naudojamais metodais, nauju principu kalibravimui pakanka 1-2 valandų. Padaryti pakeitimai centriniame valdymo pulte leidžia, mašinos operatoriui, kelių klavišų paspaudimu atlikti kalibravimo procesą. Pasiūlyta nauja metodika ir sumontuota speciali techninė įranga (lazerio spindulys). Bendromis pastangomis kartu su gamintojo specialistais, realizuota nauja vartotojui pritaikyta programinė įranga. Naujas metodas, lyginant su naudojamais metodais, yra spartesnis SRS žymėjimo ir pjovimo įrankių kalibravimui. Realizuotos naujos funkcijos: automatinė įrankių pozicijų korekcija, kalibravimo duomenų statistika (Microsoft Excel worksheet). Pasikartojančius netikslumus lengviau diagnozuoti (automatiškai išskiriami).

Išvados

1. Buvo nustatytas metodas – lazerinio spindulio panaudojimas servo pavarų perkalibravimui.
2. Išanalizuotas gofruoto kartono gamybos procesas. Išskirti etapai, įtakojantys išilginių peilių pjovimo ir reliuochių žymėjimo pozicijų netikslumų atsiradimą.
3. Naujas kalibravimo procesas sutrumpėja iki 1 valandos, lyginamais būdais buvo sugaištama 1-2 darbo dienas. Sumažinamas brokuotos produkcijos kiekis, greičiau aptinkami įrankių pozicijų netikslumai. Mazgų mechaniniai išdilimai aiškiai matosi kiekvieno iš jų kalibravimo metu.
4. Patobulinta programinė įranga (papildomos funkcijos), pagreitina roboto įrankių kalibravimo procesą.
5. Sukonstruotas mechanizmas, lyginant su kitais analizuojamais (praktikoje naudojamais) patogesnis, pjovimo ir žymėjimo mazgų paklaidų korekcijai. Atlikus įrankių kalibravimo procesą nebuvo viršyta 0,5 mm. paklaida.

Literatūros sąrašas

1. Gofruoto kartono kainos 2013 [žiūrėta 2013 rugsėjo 15 d.]. Prieiga per internetą:
<http://www.supakuota.lt/gofruotas-kartonas-lakstais>
2. Electro-Optical Instrumentation – Sensing and Measuring with Lasers.
Silvano Dona, 2004
3. Sensors and Control Systems in Manufacturing, Second Edition, Sabrie Soloman
2009
4. Integration of Lasers and Fiber Optics Into Robotic Systems, Janusz A. Marszalec
1997
5. ISO 9283 Manipulating Industrial Robots –Performance criteria and Related Test
Methods”. International Standards Organization. 1998.
6. Keyence produktų katalogas 2013 [žiūrėta 2013 rugsėjo 15 d.]. Prieiga per
internetą
http://www.keyence.eu/products/positioning/application/ib/ib_applications_1_1.php
7. DsSmith packaging "Produkcijos transportavimo kaštai", metinė ataskai 2014,
Vilnius
8. Jungtinių tautų statistikos duomenų bazė "popieriaus pramonės pajėgumai 2013-
2018" [žiūrėta 2013 spalio 10 d.]. Prieiga per internetą
<http://www.fao.org/forestry/statistics/81757/en/>
9. Europos kartono gamintojų federacijos oficialus tinklalapis
[žiūrėta 2013 spalio 10 d.]. Prieiga per internetą 2013
<http://www.fefco.org/about-fecco/what-fecco>
10. DsSmith packaging "Produkcijos gamyba pagal Gofros tipą", metinė ataskai 2014,
Vilnius
11. Popieriaus pramonės naujienų žurnalas "pullpapernews"
[žiūrėta 2013 gruodžio 5 d.]. Prieiga per internetą
<http://www.pulpapernews.com/tag/corrugator>
12. Popieriaus pramonėje suvartojamas žaliavų ir pagaminomas produkcijos kiekis,
aprašymas 2012 [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-582436444&view=c&md5=b502c3087c56fc17fb7862033698c16d&searchtype=a


13. Mitsubishi heavy industries , 57h-3 auto slitter scorer, modulio aprašymas [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą <http://www.mhicorrugating.com/57h3/>
14. Fosber, SlitterScorer - TWIN 400 mašinos aprašymas 2010 [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą <http://www.fosbergroup.com/en-us/prodotti/tagliacordona.aspx>
15. Marquip Ward Uniter , RPS slitter scorer, aprašymas 2012 [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą <http://www.marquipwardunited.com/machines/corrugators/slitters-scorers/rps-robotic-plunge-slitter-scorer>
16. BHS Corrugated, slitter scorer 2012 [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą <http://www.bhs-world.com/en/machinery/individualmachines/slitterscorer/>
17. Agnati BP group, slitter scorer [žiūrėta 2013 rugsėjo 20 d.]. Prieiga per internetą <http://www.bpagnati.com/eng/products/powerset.html>
18. Springer Handbook of Robotics, Bruno Siciliano, Oussama Khatib, 2008
19. Calibration of linear encoders with sub-nanometer uncertainty using an optical-zooming laser interferometer, Mariko Kajima, Kaoru Minoshima (2009)
20. Automated part positioning with the laser tracker, S.Kyle, R. Loser (1997)
21. Peilių tepimo metodas US2011/0036220 A1, patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 2 d.]. Prieiga per internetą <http://www.google.com.ar/patents/US20110036220>
22. Gofruoto kartono pjovimo žymėjimo modulis ir valdymo metodas, pozicionavimui peilių ir reliuocių US2012/0031251 A1, patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 13 d.]. Prieiga per internetą <http://www.google.com/patents/US20120031251>
23. Formato keitimas gofruoto kartono mašinoje US2011/0219924 A1, Patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 6 d.]. Prieiga per internetą <http://www.google.com/patents/US20110219924>
24. Metodas kaip pakeisti formatą gofruoto kartono mašinoje US6,568,304 B2 A1, patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 9 d.]. Prieiga per internetą <http://www.google.com/patents/US6568304>

25. Rėliuoėių modulis gofruoto kartono mašinoje EP2,058,092 A1,
Patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 14 d.]. Prieiga per internetą
<http://www.google.com/patents/EP2058092A1?cl=en>
26. SR (Rėliuoėių-peilių) modulio valdymo metodas US2004/0159693 A1,
Patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 17 d.]. Prieiga per internetą
<http://www.google.com/patents/US20040159693>
27. Įrenginys gofruoto kartono pjovimui US8,342,068 B2,
Patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 2 d.]. Prieiga per internetą
<http://www.google.com.ar/patents/US8342068>
28. Gofruoto kartono pjovimo įtaisas su elektros - pavarų valdymu US8,191,451 ,
patentas [žiūrėta 2013 gruodžio 9 d.]. Prieiga per internetą
http://www.lens.org/lens/patent/US_8191451_B2

PRIEDAS Nr. 1. Matavimų rezultatai matavimo paklaidų suvestinė (exel faile)

būtent tokio formato failu yra saugomi visi rezultatai, šie duomenys yra naudojami

kalibravimui

R1	P1		Tikslas 1		Tikslas 2			
			200,00	(+6mm)	200,00	(-6mm)		
			pakeitimas:					
	I matavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida	rankio/korpuso #	postinkis:	permatavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida
1>2	200,00	0,00	0,00	#2			#0	200,00
2>3	200,10	00,10	00,10	#3	-10		#0	400,00
3>4	200,10	00,10	00,20	#4	-20		#0,1	600,00
4>5	199,90	-0,10	00,10	#5	-10		#0,1	800,00
5>6	200,35	00,35	00,45	#6	-45		#0,1	####
6>7	199,90	-0,10	00,35	#7	-35		###	####
7>8	200,20	00,20	00,55	#8	-55		###	####
8>9	199,85	-0,15	00,40	#9	-40		###	####
9>10	200,20	00,20	00,60	#10	-60		###	####
10>11	199,90	-0,10	00,50	#11	-50		###	####
11>12	200,30	00,30	00,80	#12	-80		###	####
s							
	uminė paklaida:	0,80					###	

R1

P2



tikslas:

200,00

(.....)

pakeitimas:

	Imatavimas	matavimo. paklaida	darbinė. paklaida	rankio/korpuso #	poslinkis:	permatavimas	matavimo. paklaida	darbinė. paklaida
1>2	200,25	0,25	0,25	#2	-25	200,00	0,00	0,00
2>3	200,10	0,10	0,35	#3	-35	200,00	0,00	0,00
3>4	200,05	0,05	0,40	#4	-40	200,00	0,00	0,00
4>5	200,20	0,20	0,60	#5	-60	200,00	0,00	0,00
5>6	200,10	0,10	0,70	#6	-70	200,00	0,00	0,00
6>7	200,10	0,10	0,80	#7	-80	200,00	0,00	0,00
7>8	200,10	0,10	0,90	#8	-90	200,10	0,10	0,10
8>9	200,25	0,25	1,15	#9	-115	199,90	-0,10	0,00
9>10	200,20	0,20	1,35	#10	-135	200,00	0,00	0,00
10>11	200,10	0,10	1,45	#11	-145	200,05	0,05	0,05
11>12	200,20	0,20	1,65	#12	-165	200,00	0,00	0,05
.....								
Suminė paklaida:		1,65					0,05	

R1 Peilių sekcija


Tikslas:

250,00

(.....)

.Pakeitimas

	I matavimas	Matavimo. paklaida	darbinė. paklaida	Įrankio/ korpuso#	poslinkis:	permatavimas	Matavimo. paklaida	darbinė. paklaida
1>2	250,25	0,25	0,25	#2	-25		#####	-250,00
2>3	249,95	-0,05	0,20	#3	-20		####	-500,00
3>4	249,90	-0,10	0,10	#4	-10		####	-750,00
4>5	250,00	0,00	0,10	#5	-10		#####	#####
5>6	249,95	-0,05	0,05	#6	-5		####	#####
6>7	250,00	0,00	0,05	#7	-5		#####	#####
		0,05					####	

R2	P1		Tikslas 1			200,00	(+6mm)	
			Tikslas 2			200,00	(-6mm)	
				pakeitimas:				
	1 matavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida	rankio/korpuso #	oslinkis:	permatavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida
1>2	200,30	0,30	0,30	#2	-30		###	-200,00
2>3	200,10	0,10	0,40	#3	-40		###	-400,00
3>4	200,10	0,10	0,50	#4	-50		###	-600,00
4>5	200,20	0,20	0,70	#5	-70		###	-800,00
5>6	200,15	0,15	0,85	#6	-85		###	#####
6>7	200,05	0,05	0,90	#7	-90		###	#####
7>8	200,25	0,25	1,15	#8	###		###	#####
8>9	200,20	0,20	1,35	#9	###		###	#####
9>10	200,15	0,15	1,50	#10	###		###	#####
10>11	200,10	0,10	1,60	#11	##		###	#####
11>12	200,20	0,20	1,80	#12	###		###	#####
	Suminē paklaida:	1,80					###	

R2

P2



tikslas:

200,00

(.....)

pakeitimas:

	I matavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida	rankio/korpuso #	poslinkis:	permatavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida
1>2	199,90	-0,10	-0,10	#2	10	199,90	-0,10	-0,10
2>3	200,05	0,05	-0,05	#3	5	200,05	0,05	-0,05
3>4	200,10	0,10	0,05	#4	-5	200,10	0,10	0,05
4>5	200,00	0,00	0,05	#5	-5	200,00	0,00	0,05
5>6	200,00	0,00	0,05	#6	-5	200,00	0,00	0,05
6>7	200,00	0,00	0,05	#7	-5	200,00	0,00	0,05
7>8	200,00	0,00	0,05	#8	-5	200,00	0,00	0,05
8>9	200,05	0,05	0,10	#9	-10	200,05	0,05	0,10
9>10	200,00	0,00	0,10	#10	-10	200,00	0,00	0,10
10>11	200,00	0,00	0,10	#11	-10	200,00	0,00	0,10
11>12	200,00	0,00	0,10	#12	-10	200,00	0,00	0,10
	Suminė paklaida:	0,10					0,10	

R2 Peilių sekcija

tikslas:

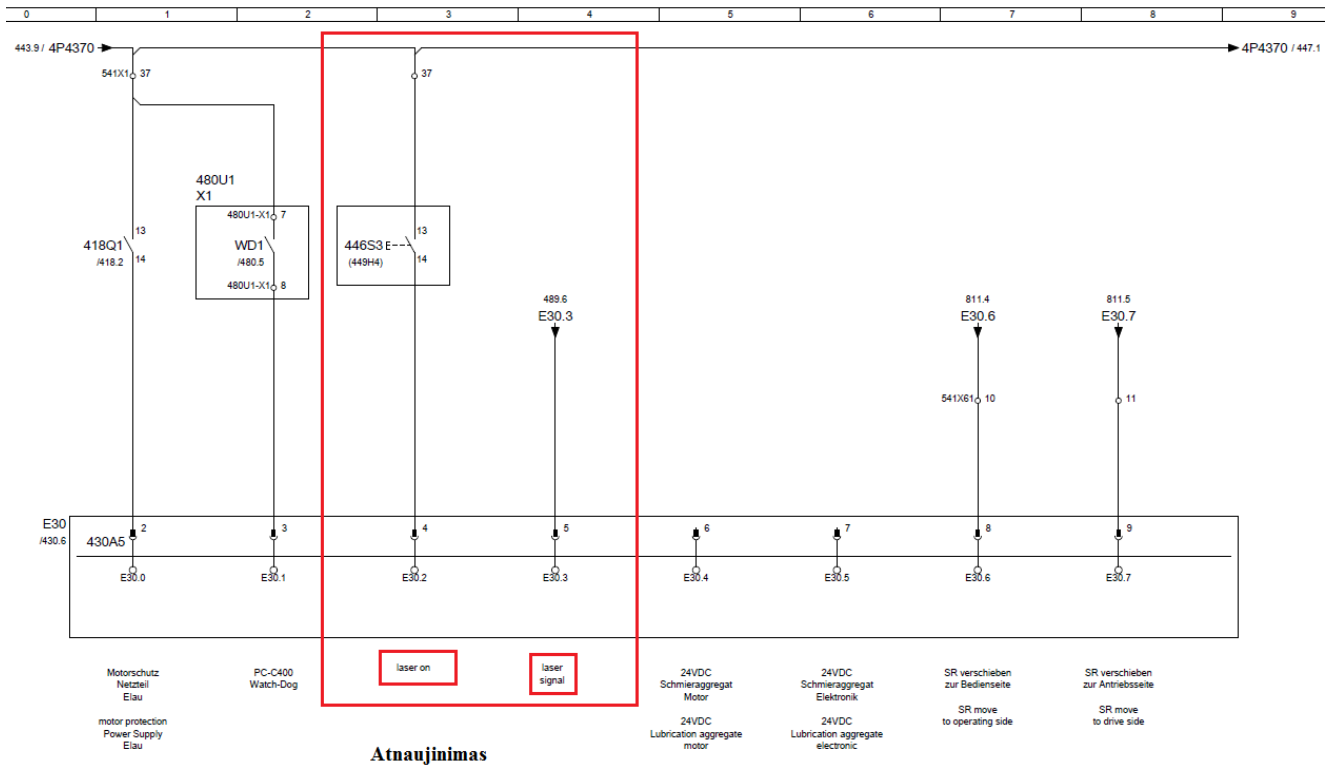
250,00

(.....)

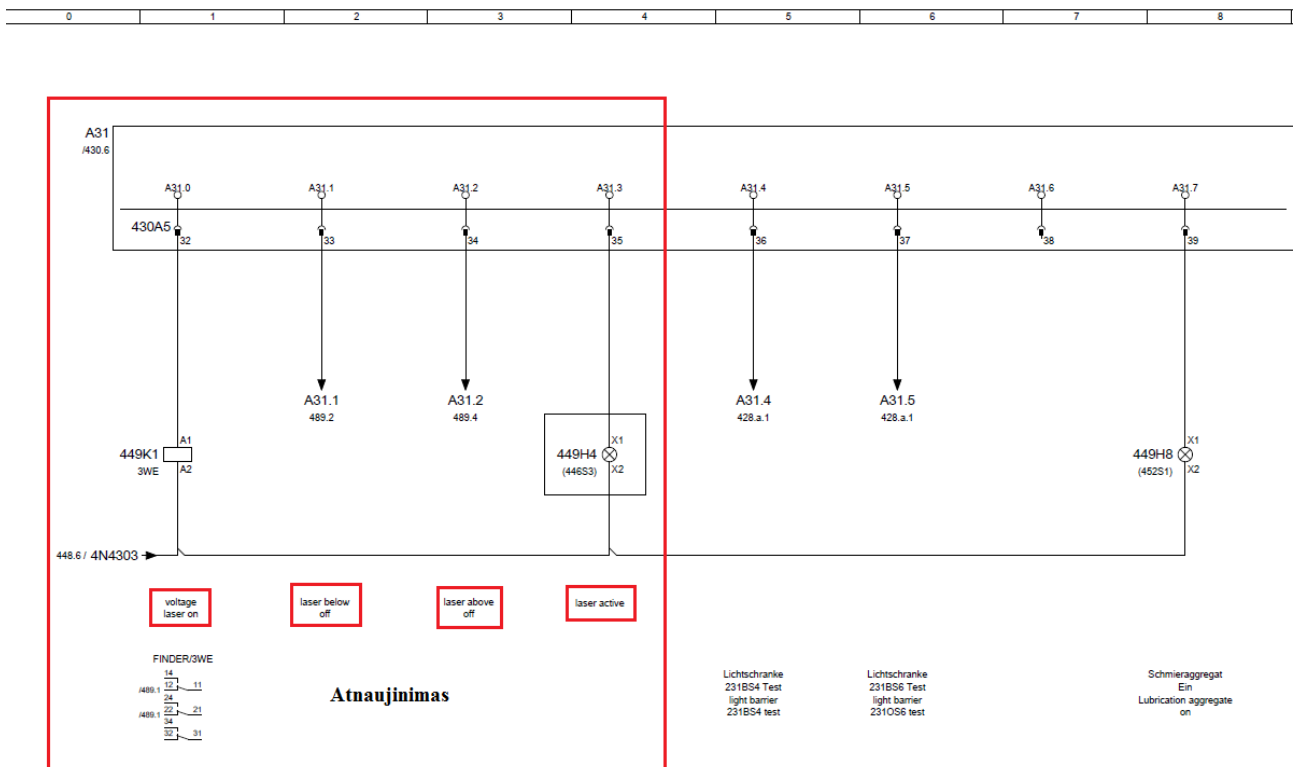
pakeitimas:

	I matavimas	Matavimo paklaida	darbinė paklaida	rankio/korpuso #	postinkis:	papildomas matavimas	matavimo paklaida	darbinė paklaida
1>2	249,90	-0,10	-0,10	#2	10		#####	-250,00
2>3	249,70	-0,30	-0,40	#3	40		####	-500,00
3>4	250,15	00,15	-0,25	#4	25		####	-750,00
4>5	250,00	00,00	-0,25	#5	25		####	#####
5>6	249,70	-0,30	-0,55	#6	55		####	#####
6>7	250,10	00,10	-0,45	#7	45		####	#####
		-0,45					####	

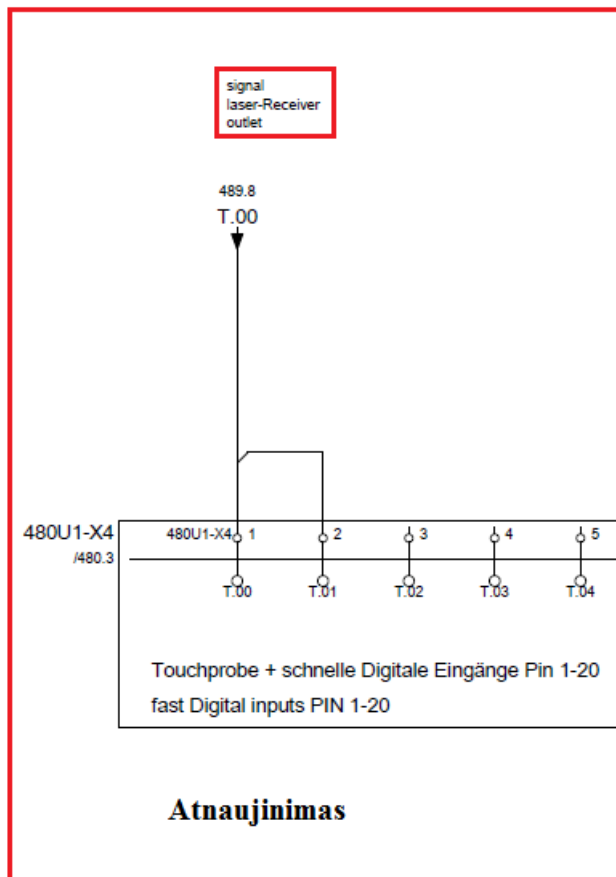
PRIEDAS Nr. 2. atnaujinimai elektrinėse schemas



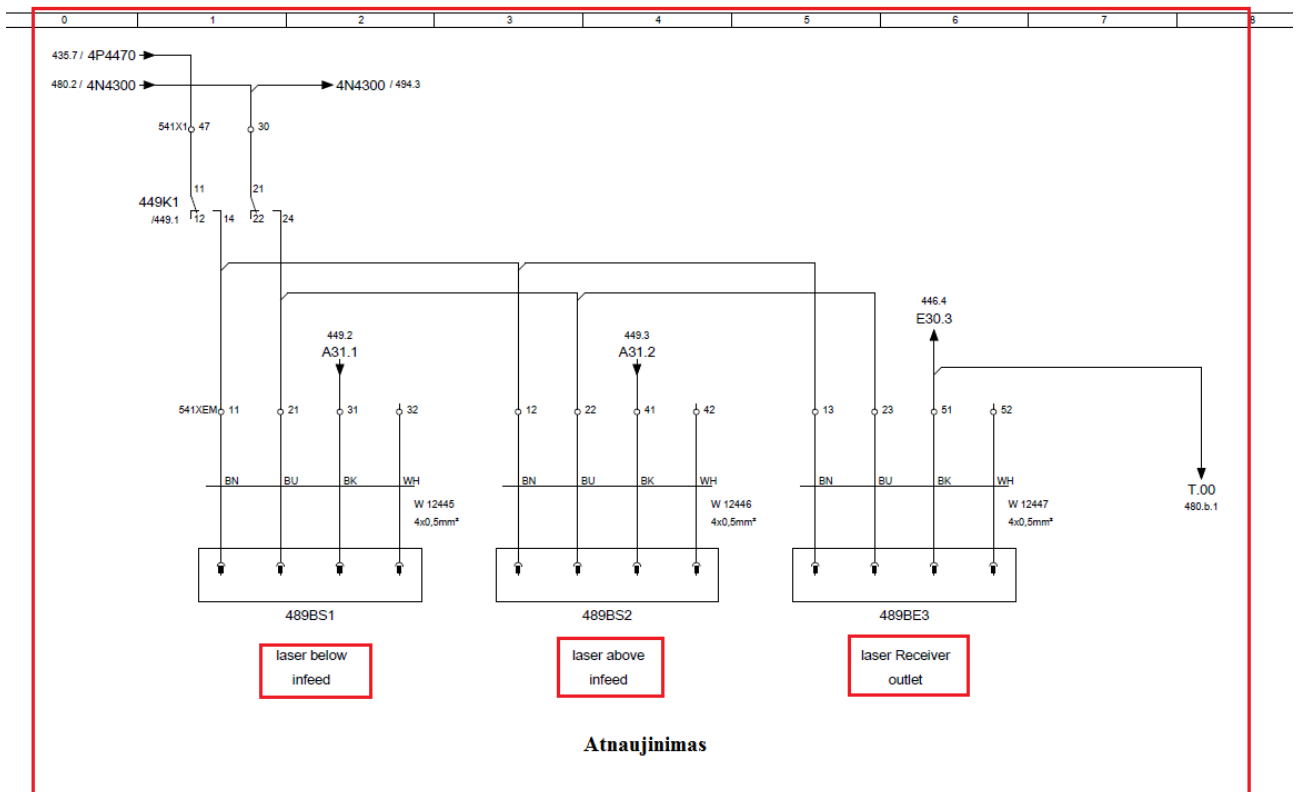
1 pav. Atnaujinimas schemoje: PLC (430.6) įėjimai, "start" mygtukas lazerio spindulio aktyvavimas (446S3), lazerio spindulio signalo įėjimas iš imtuvo (489BE3)



2 pav. Atnaujinimas schemoje: lazerio spindulio maitinimas relė 449K1; lazerio žemiau (489BS1), bei lazerio aukščiau (489BS2) spindulių aktyvavimas. Sistemos indikacijos lemputė (449H4)

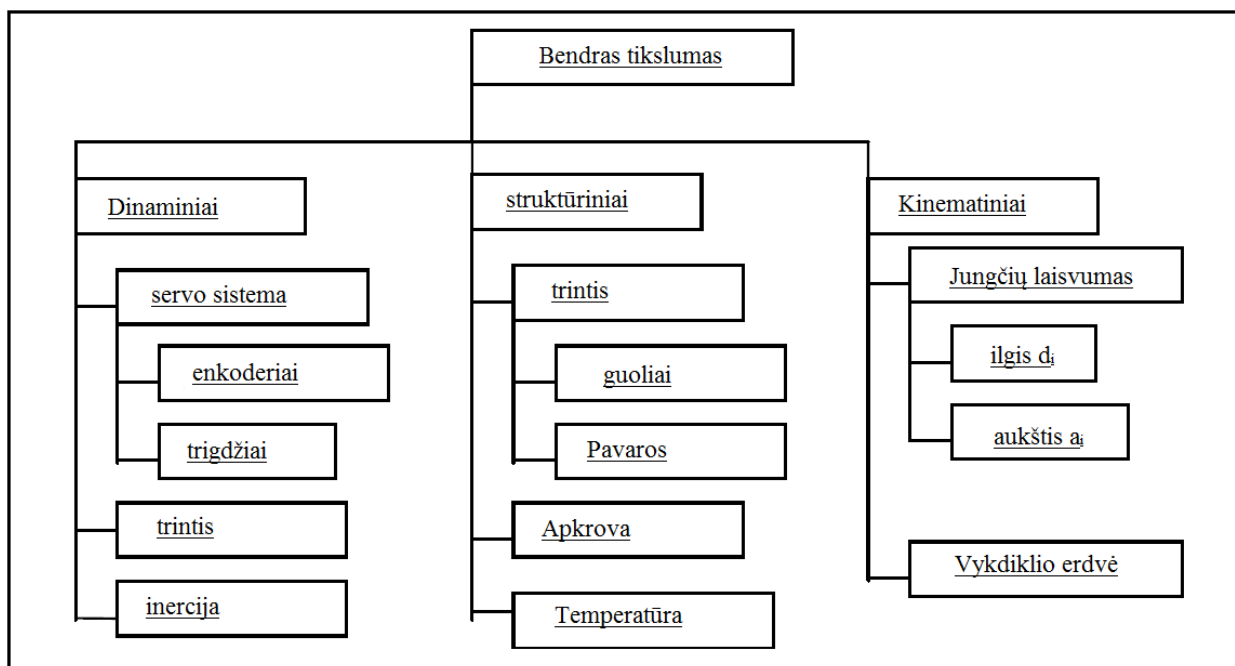


3 pav. Atnaujinimas schemoje: start mygtukas lazerio signalo įėjimas iš imtuvo (489BE3)

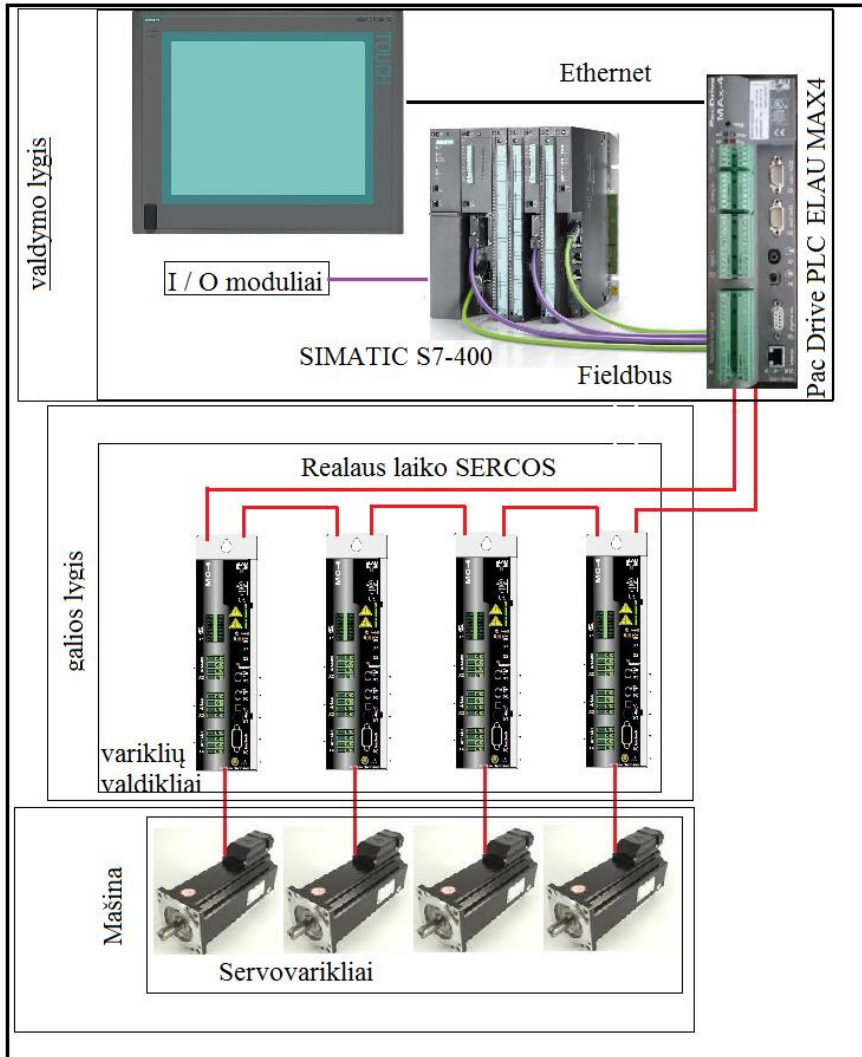


4 pav. Atnaujinimas schemoje: lazerio signalo siuntėjai (489BS1 ir 489BS2), imtuvas (489BE3)

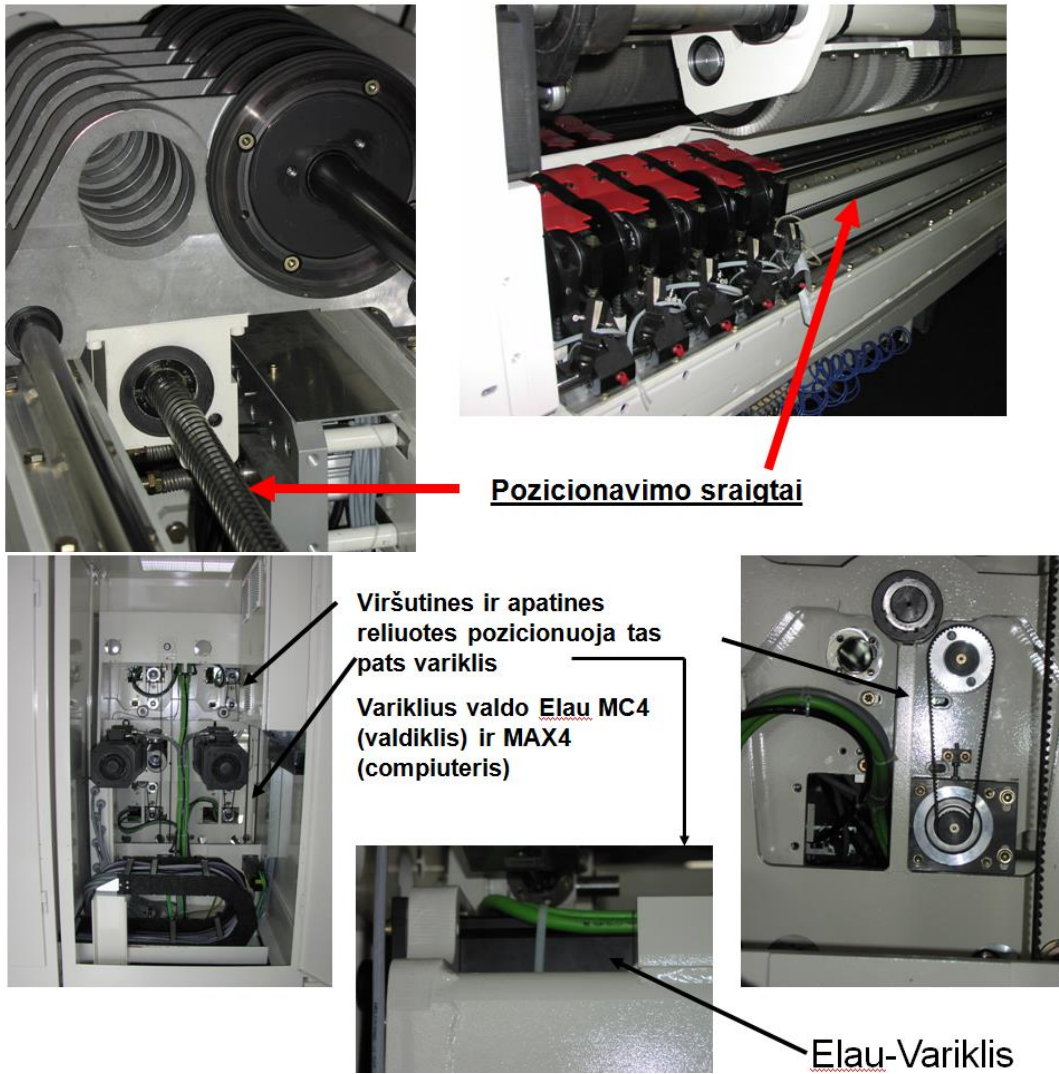
Priedas Nr. 3 duomenų perdavimo, ryšių schemas, techninis išpildymas



4.1 Mašinos tikslumą įtakojančių problemų medis



3.2 pav. principinė duomenų ryšio schema.



3.3 pav. Peilių ir reliuočių pozicionavimas

Varikliai



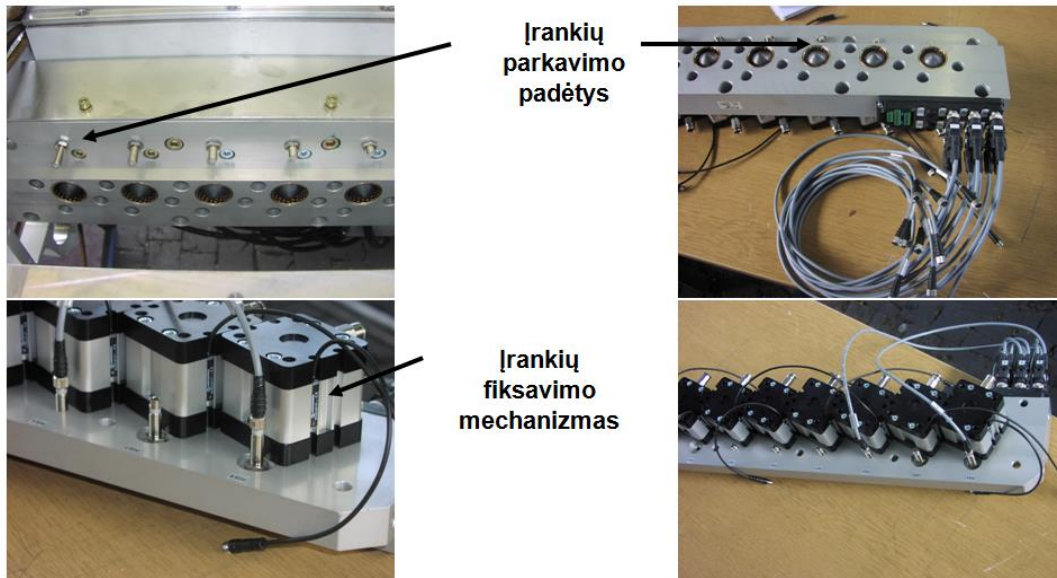
Valdikliai: MC4



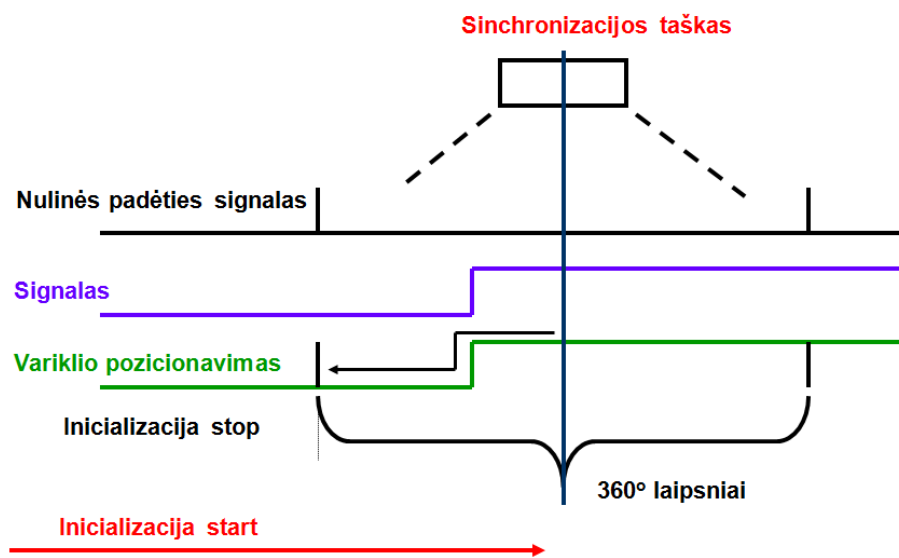
PC: MAX4



3.4 pav. techninė įranga: ELAU pozicionavimui įrankių angl. Multi turn encoder: encoderis yra integruotas variklio korpuse fiksuotas rotoriaus gale.



3.5 pav. Nulinės parkavimo padėties indukciniai jutikliai ir pneumatinis fiksavimo mazgas.



3.6 pav. Inicializacijos procesas



3.7 pav. absoliutinis enkoderis Profibus

PRIEDAS Nr. 4 1 lentelė . Palyginimai standartinių gofruoto kartono mašinų [16]

	Kokybės	Klasikinė	Pagal užsakymą	Tūrio	Pločio
Pagaminamos produkcijos kiekis	Apie 7000-12000 m ³ /h	Apie 20000-28000 m ³ /h	Apie 18000-34000 m ³ /h	Apie 33000-50000 m ³ /h	Apie 37000-50000 m ³ /h
Maksimalus gaminio plotis	1800/2500mm	2500/2800mm	1800/2500mm	2500/2800mm	3350mm
Metinis našumas	30000-50000 t. (dirbant 3 pamainas 300 dienų)	20000-70000 t. (dirbant 1-3 pamainas 260 dienų)	20000-80000 t. (dirbant 1-2 pamainas 240 dienų)	90000-1250000 t. (dirbant 3 pamainas 250 dienų)	80000-150000 t. (dirbant 2-3 pamainas 250 dienų)
Produkcijos greitis	80-110 m/min Maks.250 m/min	140-190 m/min Maks.300 m/min	160-220 m/min Maks.350 m/min	220-300 m/min Maks.400 m/min	180-250 m/min Maks.350 m/min
Popieriaus gramatūra (popieriaus gamyboje — 1 kvadratinio metro popieriaus masė gramais)	Lakštas:360-950g/m ³ Linijinis: 120-250g/m ³ Vidutinis: 115-160g/m ³ Perdirbtas popierius	Lakštas:290-1300g/m ³ Linijinis: 100-300g/m ³ Vidutinis: 90-180g/m ³	Lakštas:170-2300g/m ³ Linijinis: 60-440g/m ³ Vidutinis: 70-240g/m ³ Gofruotas vidutinis+specialus popierius	Lakštas:270-1300g/m ³ Linijinis: 90-300g/m ³ Vidutinis: 115-160g/m ³ Gofruotas vidutinis ir kita.	Lakštas:270-2250g/m ³ Linijinis: 90-180g/m ³ Gofruotas vidutinis ir kita
Nauda	Lengvas aptarnavimas Paprastas valdymas ir greitas operatorių apmokymas. Išbandytos technologijos	Lengvas aptarnavimas Moderni ir klasikinė technika	Pritaikyta individualiems poreikiams Specialus produktai specifinis apmokymas	Pilnai automatizuota.Suprojektuota maksimalioms produkcijos apimtims	Pilnai automatizuota.Suprojektuota aukštam produktyvumui.Optimalus produkcijos planavimas su minimaliomis atraižomis

PRIEDAS Nr. 5 įrankių pozicionavimo algoritmas

