

Rīgas Tehniskā universitāte  
Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte

# **RTU 62. STUDENTU ZINĀTNISKI TEHNISKĀ KONFERENCE**

Sekcija: **RAŽOŠANAS TEHNOLOĢIJA**

## Tēžu krājums

**29. 04. 2021., plkst. 09.55–12.30, ZOOM platformā**

**RTU 62. studentu zinātniski tehniskā konference. Sekcija “Ražošanas tehnoloģija”. Tēžu krājums.** Rīga: RTU Izdevniecība, 2021

Izdevumā apkopotas RTU 62. Studentu zinātniskās un tehniskās konferences Ražošanas tehnoloģijas sekcijas visu ziņojumu tēzes. Konference noritēja 2021. gada 29. aprīlī, Zoom platformā un tajā piedalījās Mehānikas un mašīnbūves institūta dažādu studiju programmu un studiju līmeņu (bakalaura, maģistra un doktora studiju), tai skaitā ārzemju, studenti. Krājumā apkopotas tēzes latviešu un angļu valodās.

**Sekcijas vadītāja:** profesore, Dr. sc. ing. Irīna Boiko

# SATURS

Virsmas raupjuma ietekme uz mikrociētības mērijumu rezultātiem.....	4
Raimonds Širants	
Automātiskas dezinfekcijas līdzekļa pārpildes-uzpildes iekārtas projektēšana.....	7
Edvards Strods	
Skaņas apstrādes ierīču testēšanas aprīkojuma projektēšana.....	9
Niklāvs Šūpols	
PLA plastmasu virsmas kvalitātes ietekme uz galvanizācijas procesu .....	12
Arturs Dankovs	
Kvalitātes rādītāju pētījumi frēzētām virsmām, kas iegūtas, izmantojot tehnoloģisko procesu datorizētās projektēšanas (CAM) sistēmas.....	17
Igors Kristiāns Medvedevs	
Ražošanas telpu efektīvu apsildes sistēmu izpēte.....	20
Kristis Pētersons	
Viedo aukstumtehnikas automatizētās vadības risinājumu pārskats .....	23
Ļubova Paršikova	
Nerūsošā tērauda virsmas mehāniskās un termiskās apstrādes ietekme uz nātrija kontakta pretestību šķidro metālu iekārtās .....	26
Oskars Mikanovskis	
Koģenerācijas staciju ražošanas lēmumu pieņemšanas algoritms darbībā ar siltuma akumulatoru.....	29
Varis Žentiņš, Aleksandrs Soročins	
3D printing of PLA/PBAT blend for the manufacturing of shock resistant products.....	37
Joseph George	
Design and analysis of weld characteristics for a MIG welding of SS410 stainless steel.....	40
Srikanth Duvvaka	
Surface roughness optimisation using RSM in dry turning.....	43
Suresh Modalavalasa	
Modelling & Analysis of Drill Bit with different Materials .....	46
Gopi Chilukuri	
Design and Modifications of Sheet Metal Welded Frame and a Cast Frame .....	48
Rajkumar Barochiya	

# VIRSMAS RAUPJUMA IETEKME UZ MIKROCĪETĪBAS MĒRĪJUMU REZULTĀTIEM

RAIMONDS ŠĪRANTS

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehātronikas katedra,  
bakalaura studiju 2. studiju gads*

**Darba vadītājs:** Mg. sc. ing. pētnieks Jānis Lungevičs

## Ievads

Mikrocietības mērījumus ir pieņemts veikt speciāli sagatavotiem paraugiem (mikrošļīfiem), kuri parasti tiek izgriezti no lielāka parauga, to pētāmā virsma tiek slīpēta un pulēta, lai noņemtu defektus un skrāpējumus, kas varētu traucēt mērījumu veikšanu. Šāds process prasa specifisku aprikojumu un ievērojamu laika patēriņu, kas rezultējas lielās mērījuma izmaksās. Cietības mēriekārtu ražotāji savos uzskates materiālos par paraugu sagatavošanu min, ka nav vēlams veikt cietības mērījumus paraugiem ar lielu virsmas raupjumu, jo tas var radīt nepatīšus rezultā-

tus, taču bieži vien nav minēts, cik liels virsmas raupjums ir pieļaujams ticamu mērījumu iegūšanai. Vēl jāņem vērā, ka bieži vien mikrocietības mērījumi ir jāveic jau izgatavotām vai jau lietotām detaļām ar kādu specifisku virsmas apstrādi, un šādām detaļām nav pieļaujama sagriešana vai virsmas pārpulēšana. Tāpēc svarīgi noskaidrot, kā mikrocietības mērījumus ietekmē virsmas raupjums, lai varētu izstrādāt vadlīnijas, kas norāda, kā mainās detaļu virskārtas cietības mērījumu rezultāti, tās dažādi apstrādājot.

## Mērķis un uzdevumi

Pētījuma mērķis ir noskaidrot virsmas raupjuma ietekmi uz mikrocietības mērījumu rezultātiem, lai noteiktu, cik liela ir nepieciešamība specifiski sagatavot mērāmos paraugus. Pētījuma uzdevumi:

1) sagatavot mērījumiem nepieciešamo

paraugu;

2) izmērīt parauga virsmas raupjumu;

3) veikt parauga cietības mērījumus;

4) apstrādāt iegūtos datus un izdarīt secinājumus.

## Darba gaita vai metodoloģija

Lai veiktu nepieciešamo izpēti, tika sagatavots eksperimentālais paraugs ar trīs dažādām virsmas raupjuma vērtībām ( $Sa$  0,0476; 0,0851; 0,104  $\mu\text{m}$ ). Kā paraugs tika izmantots tērauda galamērs ar dimensijām (30 mm  $\times$  9 mm  $\times$  7,5 mm). Tika izmantots galamērs, jo tas tiek izgatavots no augstas kvalitātes hroma tērauda (100Cr6) ar vienda-

bīgu struktūru. Papildu priekšrocība galamēriem ir to plakanparalēlās darba virsmas, kas nodrošina vienkāršu parauga bāzēšanu uz mēriekārtas virsmām, kā arī galamēru darba virsmas ir nopulētas spoguļgludas. Viena no parauga darba virsmām tika sadalīta 3 vienādās zonās, no kurām viena atstāta bez izmaiņām, otrā skrāpēta ar 1500, bet trešā ar 600

grauda izmēra smilšpapīru (M3, ASV), lai iegūtu divas dažāda raupjuma virsmas.

Sagatavotā parauga virsmas tekstūra tika mērīta ar kontakta tipa 3D profilometru *Form Talysurf Intra 50* (Taylor Hobson, AK). Katram virsmas fragmentam tika nomērīts  $3 \times 3$  mm laukums. No iegūtajiem mērījumiem noskaidrotas paraugu virsmas tekstūras parametru vērtības, kas izmantotas rezultātu analīzes procesā.

Paraugu cietība tika mērīta ar mikro-Vikersa cietības mērītāju HM-210D (*Mitutoyo*, JPN),

kas aprīkots ar ciparvadības XY galdiņu, kurš nodrošina iespēju izveidot precīzu mērījumu veikšanas matricu. Katrā mērījumu matricā iekļauti 25 mērījumi, un izveidotas četras matricas ar dažādām slodzēm (1 N; 0,5 N; 0,3 N; 0,2 N). Pie slodzēm (0,5 N; 0,3 N; 0,2 N) mērījumi veikti ar diviem palielinājumiem – 50 un 100 reizes.

Veicot rezultātu analīzi, izveidotas pārskata tabulas un grafiki, kuros analizēti tādi parametri kā iespaiduma dziļums, diagonāļu vērtības, cietība un virsmas raupjums.

## Rezultāti

Iegūtie rezultāti parāda, ka paraugiem ar lielāku virsmas raupjumu tiek iegūta lielāka cietības vērtība, kas ir pretēji tam, kā tika sākotnēji paredzēts. Šāda likumsakarība veidojas optisku apsvērumu rezultātā, t. i., paraugiem ar raupjāku virsmu ir grūtāk noteikt precīzu cietības mērījuma indentāciju diagonāļu platumus, jo iespaiduma stūri nosacīti “pazūd” starp skrāpējumu rievām.

Papildus noskaidrots, ka rezultātus ietekmē mērījumos izmantotā lēca, veicot mērījumu

ar 100x lēcu, iegūtā cietība ir lielāka. Tas skaidrojams ar to, ka lielākā palielinājumā iespējams precīzāk nomērīt iespaiduma diagonāles. Salīdzinot teorētisko un eksperimentālo cietības atkarību no vidējās iespaiduma diagonāļu vērtības, novērots, ka minimāla to izmaiņa būtiski ietekmē cietību, vidējai diagonāļu vērtībai izmainoties par 0,01  $\mu\text{m}$ , cietība izmainās par 0,5 HV. Tāpēc datu precizitāte ir atkarīga no eksperimentu veicēja un izmantotās iekārtas optiskajām iespējām.

## ATSAUCES

- [1] Broitman, E. *Indentation Hardness Measurements at Macro-. Micro-. And Nanoscale: A Critical Overview*. Tribol Lett (2017) 65:23, pp. 1–18.
- [2] Eliseu Aldrighi Münchow, Marcos Brito Correa, Fabrício Aulo Ogliari, Evandro Piva, Cesar Henrique Zanchi. (2012). Correlation between Surface Roughness and Microhardness of Experimental Composites with Varying Filler Concentration, *The Journal of Contemporary Dental Practice*, pp. 299–304.
- [3] Vander Voort, G., Fowler, R. (2012) *Low-load Vickers microindentation*. *Advanced Materials and Processes*, pp. 1–7.
- [4] *HMV-G Series – Features* [tiešsaiste]. <https://www.shimadzu.com>, [22.04.2021.] Pieejams: <https://www.shimadzu.com/an/products/materials-testing/hardness-testing/hmv-g-series/features.html>

## Summary

### INFLUENCE OF SURFACE ROUGHNESS ON MICRO HARDNESS MEASUREMENT RESULTS

Microhardness measurements are usually performed on specially prepared samples which are usually cut from a larger sample, their test surface is polished to remove defects and scratches that could interfere with the measurements. Such a process requires specific equipment and a long time, which results in high measurement costs. Manufacturers of hardness testers state in their visual material on sample preparation that it is not desirable to perform hardness measurements on samples with high surface roughness, as this may lead to false results but often does not

specify how much surface roughness is acceptable for reliable measurements. It should also be noted that often measurements of microhardness need to be made on parts already made or already used with a specific surface treatment, and such parts should not be subjected to surface cutting or polishing. Therefore, it would be important to find out how microhardness measurements are affected by surface roughness, so that guidelines can be developed to show how the results of surface hardness measurements of parts change during different treatments.

# AUTOMĀTISKAS DEZINFEKCIJAS LĪDZEKĻA PĀRPILDES-UZPILDES IEKĀRTAS PROJEKTĒŠANA

EDVARDS STRODS

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra,  
bakalaura studiju 5. studiju gads*

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. profesore Irīna Boiko

## Ievads

Sakarā ar COVID-19, kā arī jaunu vīrusu izplatību pasaulē ārstniecības iestādēs ir parādījies pieprasījums pēc viegli pārvietojamām un

kompaktām iekārtām, dezinfekcijas līdzekļu pārpildīšanai no 5 l kannām mazākās, medicīnas personālam viegli lietojamās pudelēs.

## Mērķis un uzdevumi

Lai risinātu minēto problēmu, bakalaura darba ar projekta daļu mērķis ir izstrādāt kompaktu un viegli pārvietojamu pārpildes-uzpildes iekārtu, kas dezinfekcijas līdzekļu kannās esošo šķīdumu pārpildīs 0,250 l pudelēs.

Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) veikt uzpildes iekārtu tirgus analīzi un izvēlēties piemērotākos konstrukcijas risinājumus;
- 2) konstruēt uzpildes iekārtu ar nepieciešamiem konstruktīvajiem u. c. aprēķiniem, izstrādāt mezglu kopskats un detaļu rasējumus;
- 3) izstrādāt tehnoloģisko procesu, tehnoloģiskās skices un atbilstošu dokumentāciju detaļu izgatavošanai;

- 4) izstrādāt iekārtas pneimatisko shēmu un izvēlēties nepieciešamās pneimatikas komponentes;
- 5) izstrādāt iekārtas elektrisko shēmu un izvēlēties nepieciešamās elektriskās komponentes;
- 6) izstrādāt iekārtas darbības algoritmu, uz kā bāzes tiks izstrādāta iekārtas PLK vadības programma;
- 7) veikt nepieciešamos ekonomiskos aprēķinus un pamatot iekārtas izgatavošanas un ekspluatācijas nozīmi;
- 8) izanalizēt darba drošības jautājumus un izstrādāt iekārtas darba drošības instrukciju;
- 9) piedāvāt priekšlikumus apkārtējās vides aizsardzības jautājumos.

## Darba gaita vai metodoloģija

Projekta izstrāde ir organizēta šādā secībā:

- 1) veikta iekārtu tirgus analīze un izvēlēti piemērotākie konstrukcijas risinājumi;
- 2) veikti aprēķini, pēc kuriem tika izvēlēti nepieciešamie komponenti, piemēram, pneimatiskie cilindri, griezes momenta ierobežotāji, atsperes u. c., kā arī projektējamo

detaļu izmēri;

- 3) uzprojektēti iekārtas mezgli un veiktas to simulācijas;
- 4) veikta pneimatiskās sistēmas projektēšana;
- 5) veikta ciklogrammas izveide.

Bakalaura darba ietvaros vēl ir plānots izstrādāt iekārtas darbības algoritmu, PLK vadības

programmu, elektrisko shēmu, ekonomiskos aprēķinus un iekārtas drošības instrukciju. Darba realizācijai tiek izmantotas šādas programmas:

- *SolidWorks* – iekārtas mezglu konstruēšanai, kā arī deformācijas simulāciju un kus-

tību analīzes veikšanai;

- *FluidSim* – pneimatiskās sistēmas projektēšanai un simulācijai;
- *Simatic Step 7* – iekārtas programmas izveidei;
- *AutoCad* – iekārtas rasējumu izveidei.

## Rezultāti

Bakalaura darba ietvaros ir izdevies uzprojektēt automātisku, kompaktu un mobilu pārpildes-uzpildes iekārtu, ar kuras palīdzī-

bu medicīnas iestādēs būs iespējams pārpildīt dezinfekcijas līdzekļus mazākās, medicīnas personālam ērti lietojamās pudelēs.

## ATSAUCES

- [1] Pneumatic cylinder [tiešsaiste]. [skatīts 2021. gada 9. aprīlī]. Pieejams: [https://www.festo.com/cat/en-id\\_id/products\\_DSBC](https://www.festo.com/cat/en-id_id/products_DSBC)
- [2] Slipper Clutch [tiešsaiste]. [skatīts 2021. gada 9. aprīlī]. Pieejams: <https://dynatect.com/wp-content/uploads/PolyclutchSlipperClutch.pdf>
- [3] Compression springs [tiešsaiste]. [skatīts 2021. gada 9. aprīlī]. Pieejams: <http://www.farnell.com/datasheets/1684468.pdf>

## Summary

### DESIGN OF AUTOMATIC DISINFECTANT FILLING MACHINE

Due to COVID-19, as well as other new viruses spreading around the world, there has been a demand in healthcare facilities for portable and compact equipment capable of refilling disinfectants from 5 l cans into smaller easy-to-use bottles.

In order to solve the mentioned problem, the aim of the Bachelor's Thesis is to develop a compact and portable filling machine which will refill the disinfectant into 250 ml bottles. The project development is organized in the following order:

1) filling machine market analysis has been

performed and the most suitable construction solutions have been selected;

2) calculations have been made, according to which the necessary components and the dimensions of the designed parts were selected;

3) machine design in SolidWorks and pneumatic system design in FluidSim have been made.

It is also planned to develop the equipment operation algorithm, PLC control program, economic calculations and equipment safety instructions.



# SKAŅAS APSTRĀDES IERĪČU TESTĒŠANAS APRĪKOJUMA PROJEKTĒŠANA

NIKLĀVS ŠŪPOLS

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra,  
bakalaura studiju 5. studiju gads*

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. profesore Irīna Boiko

## Ievads

Bakalaura darbs ar projekta daļu ir veltīts elektronikas testēšanas iekārtu izveidei skaņas apstrādes ierīcēm. Gadu gaitā ir izveidojusies vesela industrija ar uzņēmumiem, kas mūziķiem, skaņu režisoriem un citiem ar skaņas apstrādi saistītu profesiju pārstāvjiem piedāvā šādas ierīces. Katru gadu notiek lielas izstādes ASV un citās pasaules valstīs, kurās uzņēmumi prezentē savus jaunākos izgudrojumus un cenšas piesaistīt apmeklētāju uzmanību ar sava produkta dizaina un funk-

cionālo unikalitāti un kvalitāti.

Gala darbā tiek izstrādātas divas testa iekārtas šādai skaņas apstrādes ierīcei. Pirmā – plašu testa stends, kuru ir ierasts ieviest katram šādam produktam. Tajos tiek pārbaudīta plašu darbība un lodējumu problēmas. Bet izvēlētajam produktam papildus ir nepieciešama arī cita, funkcijām specifiska testēšanas iekārta, kurai gatavus risinājumus nav iespējams piemeklēt.

## Mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir uzprojektēt testa ierīču kopumu, kas spētu realizēt visus nepieciešamos testus uzņēmuma jaunākajam produktam. Testa stendu, kas nodrošinātu elektronikas plašu pārbaudi un vēlāk būtu pielāgojams arī citiem produktiem, kā arī iekārtu pedāļa efekta atkārtojamības nodrošināšanai. Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) izvērtēt piedāvājumā jau esošās iekārtas un izdarīt secinājumus par uzdevuma veikšanai piemērotāko risinājumu;
- 2) konstruēt testa aprīkojumā ietilpstošās iekārtas ar visiem nepieciešamajiem konstruktīvajiem u. c. aprēķiniem, izstrādāt mezglu kopskata un detaļu rasējumus;

- 3) izstrādāt tehnoloģisko procesu nestandarta detaļu izgatavošanai, nodrošinot tehnoloģiskās skices un citus nepieciešamos dokumentus;
- 4) izstrādāt testa ierīču vadības programmas, kas nodrošinātu to automātisku vadību ar minimālu cilvēka iesaisti;
- 5) veikt ekonomisko analīzi, lai pamatotu testa aprīkojuma konkurētspēju ar esošajiem risinājumiem, kā arī paredzētu tā ekspluatēšanas izmaksas;
- 6) analizēt iespējamus darba drošības riskus un rast tiem atbilstošus risinājumus;
- 7) izpētīt un izstrādāt priekšlikumus vides aizsardzības jautājumos.

## Darba gaita vai metodoloģija

Projekta izstrāde ir organizēta šādā secībā:

- 1) veikta piedāvājumā jau esošu iekārtu izpēte un priekšrocību, trūkumu analīze;
- 2) izstrādāti varianti iekārtu galīgajiem risinājumiem;
- 3) veikti konstruktīvie aprēķini iekārtu nozīmīgajiem elementiem [1-3];
- 4) iekārtas tiek izstrādātas datorprogrammā *SolidWorks*, veicot simulācijas pārbaudes
- to pareizai darbībai;
- 5) izstrādāti tehniskie rasējumi iekārtu izgatavošanai;
- 6) projektētas iekārtu vadības programmas un elektronika;
- 7) tiek aprēķinātas iekārtu izstrādes izmaksas, kā arī aprakstīti darba un vides drošības apsvērumi.

## Rezultāti

Darba gaitā ir izstrādātas iekārtas, kas nodrošina pilnvērtīgu skaņas apstrādes ierīces elektronikas testēšanu, maksimāli izskaužot brāķu rašanās iespējamību, kā arī produktu pilnībā sagatavojot patērētājiem. Ir izstrādāts testa stends, kurā tiks pārbau-

dīta produkta elektronikas plašu ražošanas kvalitāte. Izveidota iekārta, kas nodrošina skaņas apstrādes ierīces funkcionālo atkarotamību, lai, iegādājoties produktu, pircējs saņemtu ierīci, kas skan tieši tā, kā viņš to gaidījis.

### ATSAUCES

- [1] lesjoforsfab.com [skatīts 23. 04. 2021]. Pieejams: <https://www.lesjoforsfab.com/technology/gas-springs/>
- [2] engineerlive.com [skatīts 23. 04. 2021]. Pieejams: <https://www.engineerlive.com/content/how-mount-gas-springs-effectively>
- [3] engineerlive.com [skatīts 23. 04. 2021]. Pieejams: <https://www.engineerlive.com/content/how-mount-gas-springs-effectively-part-2>

## Summary

### DESIGN OF TESTING EQUIPMENT FOR AUDIO PROCESSING DEVICES

The subject of this Bachelor's Thesis is testing equipment for audio processing devices.

The music and sound engineering industry has grown tremendously in this century and so has the demand for unique and high quality sound processing devices. Such products are now as common for hugely popular music bands as well as small underground artists. These devices have also found their niche in

sound engineering studios used for film, series and other soundtracks. To guarantee audio processing device quality, it is important to implement an adequate test procedure in the manufacturing process.

In this Thesis two testing devices for such a product have been made. A testing fixture was designed to check for any soldering problems in the manufacturing process, printed

circuit boards and a different testing device was used for calibrating the output signal of the product so as to maintain the functional consistency.

The Thesis consists of seven parts: 1) the analysis of similar machines already available for purchase; 2) different structural variants for the designed devices; 3) engineer-

ing calculations for correct operation of the machines; 4) machine design in SolidWorks; 5) making the technical drawings for device manufacture; 6) machine control algorithm and electronics design; and 7) economic costs for machine design and manufacture as well as work and environmental safety concerns.

# PLA PLASTMASU VIRSMAS KVALITĀTES IETEKME UZ GALVANIZĀCIJAS PROCESU

ARTURS DANKOVŠ

MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra,  
maģistra studiju 2. studiju gads

Darba vadītājs: Dr. sc. ing. profesore Irīna Boiko

## Ievads

Mūsdienās, ražojot antenas, iespiedshēmas plates un elektriskos komponentus, kas var darbināt smalkos elektronikas komponentus, tādus kā sensori, LED gaismas un citus, izmanto aditīvās ražošanas metodi FDM (*Fused Deposition Modelling*), par izejmateriālu plaši izmantojot PLA plastmasas ar elektrovadītspēju. Pēdējos gados kļuvusi ak-

tuāla ražojamo izstrādājumu galvanizācija ar mērķi uzlabot to īpašības. Tomēr nepastāv pētījumi, kas PLA plastmasu virsmas raupjuma parametrus sasaistītu ar galvanizācijas procesa parametriem un, secīgi, ar iegūtām virskārtas īpašībām. Darba mērķis ir noteikt sakarības starp iepriekš minētajiem raksturojumiem, atrodot piemērotākos.

## Mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir noteikt likumsakarības starp virsmas raupjuma parametriem un galvanizācijas procesu. Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- 1) veikt teorētiskās daļas izpēti, kas saistīta ar PLA plastmasu galvanizāciju;
- 2) veikt eksperimentālo daļu saistībā ar gal-

vaniskā pārklājuma izveidošanu uz PLA plastmasu paraugu virsmām, izmantojot elektrību vadošu plastmasu un elektrību nevadošu plastmasu (izmantojot elektrību vadošu pārklājumu);

- 3) noteikt galvanizācijas procesam piemērotākos virsmas raupjuma parametrus.

## Darba gaita vai metodoloģija

Izanalizējot visus pieejamos elektrību vadošas PLA plastmasas veidus, no visiem tika izvēlēta "PROTOPASTA" PLA elektrību vadoša plastmasa ar lielisku attiecību starp cenu un kvalitāti, ka arī pietiekami labām pretestības īpašībām – 30  $\Omega$ /cm XY asīs un 150  $\Omega$ /cm Z asī.

Galvanizācijas procesam tika izvēlēta niķelēšanas un vara uznešanas metode, izvērtējot elektrisko un termālo vadītspēju un cietību. Elektrību vadoša pārklājuma izveidošanai

strāvu nevadošajai PLA plastmasai tika izvēlēta elektrību vadoša krāsa ar sudraba piedevu un pretestības īpašībām 1  $\Omega$ /cm.

Eksperimentālie paraugi 20 mm  $\times$  50 mm  $\times$  5 mm tika izgatavoti ar FDM iekārtu *Ender 5* ar *bowden tube* piedziņas veidu. Galvenie procesa parametri ir sniegti 1. tabulā. Paraugi izgatavoti no elektrību vadošām un elektrību nevadošām PLA plastmasām. Daži paraugi tika viegli slīpēti, lai iegūtu dažādu virsmas raupjumu.

## FDM procesa parametri

Printēšanas ātrums ( <i>Infill, initial</i> )	25 mm/s
Aizpildījums ( <i>Infill</i> )	100 %
Sprauslas temperatūra	220 °C
Pamatnes temperatūra	60 °C

Galvanisko pārklājumu uznešanai tika veikti nepieciešamie aprēķini, lai noteiktu vajadzīgo strāvas lielumu un galvanizēšanas laiku izvēlētās kārtas uzauzdzēšanai.

Veicot eksperimentus, tika izmantota barošanas iekārta ar +5 V spriegumu, niķeļa un vara anodi stieples veidā (100 mm × 8 mm) un ni-

ķeļa elektrolīts NiSO<sub>4</sub> ar galvanizēšanas faktoru 0,02 A/cm<sup>2</sup>, kā arī vara elektrolīts CuSO<sub>4</sub> ar galvanizēšanas faktoru 0,035 A/cm<sup>2</sup>. Varš tika uzklāts 50 μm biežumā, attiecīgie parametri redzami 2. tabulā. Niķelis tika uzklāts 30 μm biežumā, attiecīgie parametri var redzami 3. tabulā.

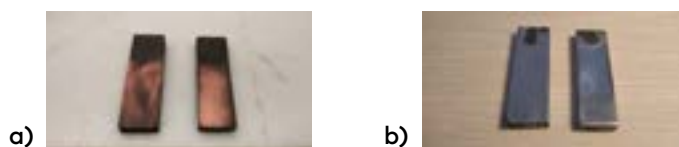
## Galvanizācijas procesa parametri vara pārklājuma uzklāšanai

V (Spriegums)	I (Strāva)	h (Izturēšanas laiks)	T (Telpas temperatūra)
+5 V	0,75 A	1 stunda 5 min	+18 °C

## Galvanizācijas procesa parametri niķeļa pārklājuma uzklāšanai

V (Spriegums)	I (Strāva)	h (Izturēšanas laiks)	T (Telpas temperatūra)
+5 V	0,43 A	1 stunda 5 min	+17 °C

Veicot eksperimentu, tika galvanizēti 8 paraugi (1. att.).



1. att. Galvanizēti paraugi ar dažādu raupjumu, izmantojot varu (a); galvanizēti paraugi ar dažādu raupjumu, izmantojot niķeli (b).

## Rezultāti

Pirms un pēc eksperimenta tika mērīts raupjuma parametrs  $Ra$  45° leņķī pret virsmas printēšanas līnijām, izmantojot *Mitutoyo Surftest SJ-210* (0,25 mm/s;  $l = 0,8$ ). Detaļu virsma daļā biežums tika fiksēts ar digitālo mik-

rometru *Mitutoyo "Quantu Mike"* (JPN), kuram saspiešanas spēks ir 7–12 N un mērījumu kļūdas diapazons ir līdz  $\pm 1 \mu\text{m}$ . Eksperimenta laikā iegūtie dati apkopoti 4. tabulā.

### 4. tabula

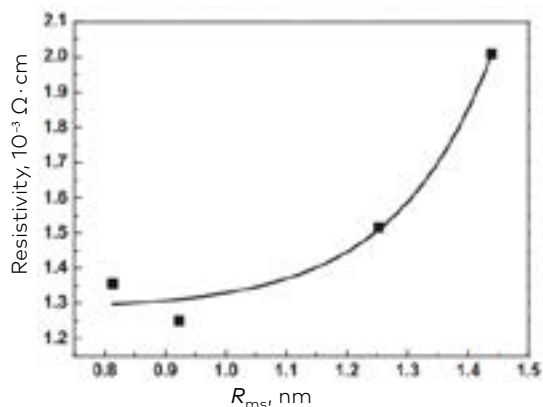
#### Eksperimentāli iegūtie dati

Parauga Nr.	Pirms galvanizācijas		Pēc galvanizācijas		Uzraudzētās kārtas biežums, $\mu\text{m}$
	Biezums, mm	$Ra$ , $\mu\text{m}$	Biezums, mm	$Ra$ , $\mu\text{m}$	
1	4,942	4,88	4,946	4,842	4,0
2	4,837	0,75	4,848	1,420	11,0
3*	4,927	3,51	5,042	2,910	115,0
4*	4,867	0,89	5,003	2,937	136,0
5	4,856	0,78	4,877	2,553	21,0
6	4,892	4,22	4,908	2,571	16,0
7*	4,900	1,12	4,989	2,316	89,0
8*	4,923	3,25	4,995	2,126	72,0

\*PLA paraugs, kas pirms eksperimenta veikšanas tika nokrāsots ar elektrību vadošu krāsu.

Apkopojot datus, redzams, ka vidējais galvanizācijas kārtas uzaugums gludām virsmām jeb ar zemu  $Ra$  parametru ir 30,50 % lielāks nekā raupjām virsmām. Tika arī fiksēts tas, ka raupjas virsmas ( $Ra$  3,0–4,0  $\mu\text{m}$ ) pēc galvanizācijas procesa kļuva gludākas, bet jau esošās gludas virsmas ( $Ra$  0,4–1,5  $\mu\text{m}$ ) – raupjākas. Gludo virsmu labākas galvanizācijas īpašības

ir skaidrojamas ar to, ka to virsmu raupjums ietekmē pretestības lielumu  $\Omega/\text{cm}$ , secīgi mainās galvanizācijas spējas. Šādu skaidrojumu apstiprina *W. Tang et al.* (2012) pētījums par uz organiskā stikla uzklātu indija alvas slāni, kura ietvaros ir izpētīta un salīdzināta uzklātā slāņa raupjuma attiecība pret iegūto pretestību (sk. 2. att.).



2. att. Indija alvas uzklātās kārtas raupjuma parametra  $R_{ms}$  korelācija ar pretestības parametru [1].

#### ATSAUCES

- [1] Tang, W., Chao, Y., Weng, X., Deng, L., & Xu, K. (2012). *Optical Property and the Relationship between Resistivity and Surface Roughness of Indium Tin Oxide Thin Films*. Physics Procedia, 32 pp. 680–686.
- [2] Interneta resurss: <https://www.goldn.co.uk/product/copper-electroforming-solution/> Skatīts: 22. 04. 2021.
- [3] Interneta resurss: <https://www.goldn.co.uk/product/nickel-tank-plating-solution/> Skatīts: 22. 04. 2021.
- [4] Interneta resurss: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0717/9095/files/TDS\\_\\_Conductive\\_PLA\\_1.0.1.pdf?1771](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0717/9095/files/TDS__Conductive_PLA_1.0.1.pdf?1771) / Skatīts: 22. 04. 2021.

## Summary

### PLA PLASTIC SURFACE QUALITY EFFECT ON ELECTROPLATING PROCESS

These days, producing antennas, printed circuit boards, and electrical components that can run fine electronics components, like sensors, and led lights use additive manufacturing method FDM (Fused Deposition Modelling), where the raw material is widely used as PLA plastic with conductive properties. In recent years, the actual electroplating process of the products obtained has emerged with a view to improving their properties. However, there are no studies to investigate

PLA plastic and surface roughness parameters in relation to the parameters of the galvanising process and, sequentially, to the acquired surface properties.

The aim of the work is to establish the relationship between the characteristics mentioned above by finding more suitable parameters and solutions. During the work experiments were carried out to find correlation between the surface roughness parameters and electroplating process effectivity. For

electroplating process, nickel and copper plating methods were chosen according to their electrical, thermal conductivity and hardness properties.

Experimenting samples were printed with FDM printer and "Protopasta" filament. Also, some samples were printed with regular non-conductive PLA and coated with conductive paint.

The results gained after electroplating experiments showed that smooth surfaces have gained more plated thickness with average gained amount of 30.50 % compared to rough surfaces. Electroplating effectiveness with different roughness parameters Ra was examined and correlation between resistivity and roughness parameters was found and discussed.



# KVALITĀTES RĀDĪTĀJU PĒTĪJUMI FRĒZĒTĀM VIRSMĀM, KAS IEGŪTAS, IZMANTOJOT TEHNOĻĪSKO PROCESU DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS (CAM) SISTĒMAS

IGORS KRISTIĀNS MEDVEDEVŠ

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra, maģistra studiju 2. studiju gads*

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. asoc. profesors Artis Kromanis

## Ievads

Mūsdienu ražošanā ir nepieciešams pilnvērtīgs virsmas raupjuma novērtējums, apskatot virsmu kā telpisku objektu. Viens no svarīgākajiem parametriem ir virsmas raupjuma vērtība. Rasējumos tiek radīti dažādas  $Ra$  un  $Rz$  vērtības u. c., atkarībā no prasībām detaļas precizitātei un funkcionalitātei.

Lai mehāniskajā apstrādē nodrošinātu augstu ražīgumu, eksistē dažādas tehnoloģijas un instrumentu veidi, kā arī apstākļi un fakto-

ri, kas jāievēro. Mūsdienīgās tehnoloģijas spēj nodrošināt sarežģītu detaļu apstrādi, turklāt, tā kā manuāla programmēšanas ar  $G$  kodiem aizņem daudz laika, veicot 2.5D vai 3D apstrādi, vadības programmas izveide notiek ar automatizētām datorizētās projektēšanas (CAM) sistēmām. Dotās sistēmas piedāvā dažādus risinājumus atkarībā no iekārtas un izmantotajiem instrumentiem un palīgierīcēm.

## Mērķis un uzdevumi

Maģistra darba mērķis ir izpētīt kvalitātes rādītājus frēzētām virsmām, kas iegūtas, izmantojot tehnoloģisko procesu datorizētās projektēšanas (CAM) sistēmas un kompleksas intelektuālās sistēmas, programmētus darbgaldus ar CPV, izmantojot unikālu instrumenta kustības trajektoriju algoritmus un automātisku apstrādes optimizāciju atkarībā no izstrādājuma materiāla un ģeometrijas, kā arī no izmantotiem instrumentiem (frēzēm) un iekārtas iespējām. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, pētniecības darbam noteikti šādi uzdevumi:

- 1) sistēmas stinguma analīze;
- 2) darbagaldu ģeometrijas pārbaude (justicēšana);

- 3) instrumentu, palīgierīču un materiāla izvēle;
- 4) griešanas režīmu izvēle un noteikšana;
- 5) CAM sistēmu un tehnoloģisko iespēju apskate;
- 6) CPV programmas izveide;
- 7) vadības programmu bloku un struktūras salīdzinājums;
- 8) parametru salīdzinājums (ass slodze, pavedes diapazons, kustības trajektorijas, griešanas dziļums, bloku skaits programmā, apstrādes laiks);
- 9) iegūto virsmu pārbaude, mērīšana un salīdzinājums (raupjums, lineārais izmērs, ģeometriskā novirze).

## Darba gaita vai metodoloģija

Pētījums sākās ar konkrētās apstrādes tehnoloģijas un operācijas izvēli. Lai nodrošinātu ātrdarbīgu apstrādi, par apstrādājamo paraugu materiālu ir atlasīts alumīnija sakasējums, kas Latvijā un pasaulē tiek plaši izmantots dažādu detaļu un izstrādājumu izgatavošanai aviācijas un bezpilota aparātu būvniecībā. Šī materiāla apstrādātei ir izvēlēta specializēta frēze, kas paredzēta alumīnija rupjai un liela ātruma apstrādei, piemeklēts nepieciešamais pārklājums un frēzes ģeometrija, jo īpaši leņķi griezējasmehānismiem. Nākamais posms ir stinguma sistēmas analīze, palīgierīču izvēle un darbgalda tālākā

justēšana. Pēc visiem sagatavošanas darbiem, izmantojot iepriekš izvēlētas CAM sistēmas, tika izstrādātas un sagatavotas trīs vadības programmas katrai sistēmai. Turpmāk veikta apstrāde, turklāt apstrādes procesi un sensoru rādījumi tika dokumentēti un fiksēti, lai noteiktu slodzi un griešanas jaudu. Izmantojot vertikālo frēzmašīnu un trīs zobu spirālveida frēzi, sagatavēm tiek apstrādāta iekšējā atvērtā kabata (*Slots*). Veicot trīs sagatavju apstrādi, tika iegūti trīs eksperimentālie paraugi turpmākai izpētei: virsmas raupjuma, lineāro izmēru un formu noviržu analīzei.

## Rezultāti

Izstrādātas trīs vadības programmas, kas atšķiras ar struktūru, izmantojamo G kodu, kā arī apstrādes stratēģiju. Rezultātā katra programma paredz savu unikālu instrumenta trajektoriju. Izmantojot izstrādātās vadības programmas, ir veikta trīs paraugu mehā-

niskā apstrāde. Turpmāk iegūtie paraugi tiks izmantoti, lai iegūtu datus par virsmas raupjumu un ģeometriju. Tiks salīdzināts katra apstrādes varianta potenciālais ražīgums, apstrādes laiks un ietekme uz sistēmas stingumu, ņemot vērā slodzes radītājus.

### ATSAUCES

- [1] *Mehāniskā apstrāde, informācijas materiāls*. Fr. Sudnieks, N. Mozga, RTU, Rīga, 2007.
- [2] Narendra Kumar, Kuldeep Kumar, Hardial Singh. *Study on Surface Roughness in Milling of Aluminum 6060 using Taguchi's Approach*. JARIE-ISSN(O)-2395-4396, Vol-3 Issue-3, pp. 1188–1196, 2017.
- [3] Y. V. Petrakov, A. V. Myhovich. *IMachining technology analysis for contour milling*. *Mechanics and Advanced Technologies*, No 2(89), pp.114–120, 2020.
- [4] Кудриков Ю. Н., Томилин С. А., Подрезов Н. Н., Ольховская Р. А. Сравнительный анализ особенностей проектирования управляющих программ для различных систем ЧПУ. *Инженерный вестник Дона*, No 4, 2017. Pieejams: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4375>
- [5] Okokpujie Imhade, Okonkwo Ugochukwu, Okwudibe Chinenye. *Cutting Parameters Effects on Surface Roughness During End Milling of Aluminium 6061 Alloy Under Dry Machining Operation*. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Vol 4 Issue 7, pp. 2030–2036, 2015.
- [6] Fritz Klocke. *Manufacturing Processes*. RWT Hedition, Springer, Berlin, Heidelberg, 506 p., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11979-8>

## Summary

### QUALITY INDICATOR STUDIES FOR MILLING SURFACES DERIVED FROM THE COMPUTERISED DESIGN (CAM)

The aim of the Master's Thesis is to explore the quality indicator for surfaces obtained after milling processing using computerized design (CAM) systems and complex intellectual systems of technological processes, programmed machine tools with CNC using unique instrument motion trajectory algorithms and automatic processing optimization depending on material, geometry, cutters and equipment facilities for options.

Three control programmes are acquired that are repurposed according to the current structure; G codes as well as separate location coordinates are used resulting in a unique path for each application. Three samples have been mechanically processed. The samples will be used to obtain data on roughness and surface geometry. The potential productivity, processing time and impact on the stiffness system are compared with the load data.

# RAŽOŠANAS TELPU EFEKTĪVU APSILDES SISTĒMU IZPĒTE

KRISTIS PĒTERSONS

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra,  
maģistra studiju 2. studiju gads.*

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. profesors Oskars Liniņš

## Ievads

Ražošanas telpas var sildīt daudz dažādos veidos. Katram veidam ir sava efektivitāte un katrai situācijai šis efektīvākais veids var atšķirties.

Darbs tiek veidots, par pamatu ņemot situāciju darba vietā AS "OlainFarm" – nepieciešams apsildīt ražošanas telpas visu cauru gadu (arī vasarā) un darīt to pēc iespējas efektīvāk. Patlaban tas notiek, izmantojot ventilācijas radiatorus. Ventilācijas gadījumā ventilators svaigo āra gaisu (vai recirkulācijas gadījumā telpu esošo gaisu) pūš caur iekārtā iebūvētu kaloriferi (radiatoru), kurā uzturētanoteikta temperatūra, pateicoties katlu mājas darbībai – karstā apsildes ūdens nodrošināšanai. Otrs variants – radiators telpā, pašsaprotami, pats atdod siltumu no nepārtraukti cirkulējošā karstā ūdens.

Darba pētnieciskajā daļā uzsvars tiek likts nevis uz pašu telpu apsildi, bet gan šo telpu radiatoros cirkulējošā ūdens efektīvu un nepārtrauktu apsildi. Apkures ūdens darba

vietā tiek sildīts divos veidos: ar ūdenssildāmo katlu un diviem tvaika-ūdens siltummaiņiem. Abi veidi var tikt izmantoti gan atsevišķi, gan vienlaikus (liekot uzsvāru uz vienu no tiem). Sīkāk darbā tiek apskatīts tieši otrais veids – ūdens sildīšana ar siltummaiņiem. Lai gan paralēli daļu ūdens kopējā kolektorā silda arī ūdenssildāmais katls, tas šajā darbā netiks apskatīts. Šim apkures ūdens sildīšanas veidam tiek pētīti 3 dažādi siltumapmaiņas regulācijas modeļi, katra izmēģinājuma darbībai atvēlot vienu pilnu kalendāro mēnesi (2020. gada februāri, martu un aprīli). Ne vienmēr tiek darbināti abi siltummaiņi, tas ir atkarīgs no nepieciešamās apsildes jaudas svārstībām. Tā kā vadības sistēma tiek veidota no jauna, vispārēji tiek raksturota arī tās ieviešanas gaita.

Pētījuma rezultāti arī lielā mērā noteiks, kuru modeli izvēlēties un atstāt pastāvīgai ražošanas telpu apsildes nodrošināšanai.

## Mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir starp trim atšķirīgajiem siltummaiņu darbību regulējošajiem modeļiem atrast ekonomiskāko (tvaika patēriņa ziņā), stabilāko un modeli ar visaugstāko siltummaiņu efektivitāti. Tā kā vadības sistēma tiek veidota no jauna, vispārēji jāraksturo arī tās ieviešanas gaita, kā arī jāveic statistikas apkopošana, lai nonāktu pie pētījuma rezultātiem.

Lai pētījums noritētu veiksmīgi un mērķis tiktu īstenots, jāveic daži galvenie uzdevumi:

- 1) jāizvirza hipotēze par darba potenciālajiem rezultātiem;
- 2) jāpieslēdz sistēma, iepriekš izplānojot tās galveno darbības principu – algoritmu un izplānojot nepieciešamās ierīces tās pareizai darbībai;

- 3) jāizveido vizualizācijas sistēma, lai varētu kontrolēt sistēmas darbību (dažu parametru fiksēšanai);
- 4) nepārtraukti jākontrolē sistēmas darbība;
- 5) jāatzīmē dažādu parametru vērtības:
  - ūdens diennakts caurplūdes apjoms ( $m^3$ );
  - tvaika patēriņš diennaktī (tonnās);
  - siltumenerģijas patēriņš diennaktī (MWh);
- 6) jākontrolē, lai sistēma atzīmē un saglabā pārējos rādītājus:
  - āra gaisa temperatūru, katru stundu ( $^{\circ}C$ );
  - nepieciešamo turpgaitas ūdens temperatūru, katru stundu ( $^{\circ}C$ );
  - reālo turpgaitas ūdens temperatūru, katru stundu ( $^{\circ}C$ ).
- 7) jāveic analītisko datu apkopošana un nepieciešamie aprēķini, lai varētu noskaidrot un salīdzināt siltummaiņu vadības efektīvāko un stabilāko režīmu.

## Darba gaita vai metodoloģija

Pētījums sastāv no automātiskas (brīžiem pusautomātiskas) vadības sistēmas, kas kontrolē apkurei paredzētā ūdens sildīšanu ar tvaiku caur siltummaiņu, un trīs dažādu siltumapmaiņas regulācijas modeļu ieviešanas, pētīšanas un salīdzināšanas, izvēloties efektīvāko risinājumu ieviešanai ražošanā.

Darbā tiek izmantots: tvaika katls, divi tvaika-ūdens siltummaiņi, divi tvaika regulēšanas vārsti, divi kondensāta regulēšanas vārsti, četri cirkulācijas sūkņi, kontrolleris, moduļi, vadības un kontroles panelis, temperatūras devēji, termostati, spiediena devēji, plūsmas devēji, tvaika patēriņa skaitītājs, siltumenerģijas skaitītājs. Darba gaita:

- 1) plāno un veic automātiskās regulēšanas īstenošanai nepieciešamā elektromontāža, rakstīts galvenais vadības algoritms;
- 2) veido sistēmas vizualizāciju vadības panelī;
- 3) veido nu jau apakšalgoritmu, kas mainīsies katrā regulēšanas modelī:
  - veic manuālu tvaika vārstu vadību (iestatot atvērumu, procentos) apvienojumā ar kondensāta vārstu automātisku vadību (regulē turpgaitas ūdens temperatūru);
- 4) veic loģiskās programmas augšupielādi kontrollerī, bet vizualizācijas shēmas – vadības panelī;
- 5) testē sistēmu, nosaka, apkopo un salīdzina pētījumam nepieciešamos ieejas un izejas datus.

## Rezultāti

Darba uzdevumi tika izpildīti, hipotēze apstiprinājās. Veiksmīgi tika noteikti visi vajadzīgie parametri (gan automātiski, gan pašrocīgi), izveidojot datu kopas, no kurām tika izdarīti secinājumi par dažādo regulācijas modeļu efektivitāti. Radās dažādas atziņas

par eksperimenta trūkumiem, iespējamajiem uzlabojumiem regulēšanas darbā. Vadības un vizualizācijas sistēma, lai arī ne perfekta, bet tika atzīta par gana labu un stabilu ieviešanai ražošanā, prātā paturot neizmērojamās tās pilnveidošanas un uzlabošanas iespējas.

## Summary

### RESEARCH OF EFFICIENT HEATING SYSTEMS FOR PRODUCTION PREMISES

Production premises can be heated in many different ways. Each type has its own effectiveness in different situations.

The work is based on the situation at the workplace in JSC "OlainFarm" - it is necessary to heat the production premises throughout a year (also in summer) and do it as efficiently as possible. This is currently done through ventilation and radiators. In the case of ventilation, the fan blows fresh outdoor air (if recirculation, the air in the room) through a built-in heater (radiator), which gives a certain heat due to the operation of the boiler house providing hot heating water. The second option is the radiator in the premise, which gives the heat from the constantly circulating hot water.

In the research part, the emphasis is not on the heating of the premises themselves but on the efficient and continuous heating of the water circulating in the radiators of these

premises. Heating water in the workplace is heated in two ways: with water heating boiler and two steam-water heat exchangers. Both types can be used separately or simultaneously (with an emphasis on one of them). In this research the second water heating type (with heat exchangers) is explored in more detail. Although part of the water in the total collector is also heated by a water heating boiler, it will not be viewed. Three different heat exchanger control models are being explored, each for one full calendar month. Both heat exchangers are not always operated simultaneously, which depends on fluctuations in the required heating capacity. As the management and control system is being redesigned, the course of its implementation is also described in general terms.

The results of the research also largely determine which model to choose for permanent heating of production premises.

# VEDO AUKSTUMTEHNIKAS AUTOMATIZĒTĀS VADĪBAS RISINĀJUMU PĀRSKATS

ĻUBOVA PARŠIKOVA

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Siltumenerģētisko sistēmu katedra,  
maģistra studiju 2. studiju gads*

**Darba vadītājs:** *Dr. sc. ing. asoc. profesors Dmitrijs Rusovs*

## Ievads

Eiropas Zaļais Kurss paredz siltumnīcefekta gāzu samazināšanu par 55 % salīdzinājumā ar 90. gadu līmeni, kā arī energoefektivitātes pasākumu pastiprināšanu virzībā uz klimatneitrālu Eiropu 2050. gadā, kas pirmajā kārtā skar enerģētikas nozari. Pēdējā desmitgadē aukstumapgādes jomā tehnoloģijas attīstās jo īpaši strauji līdz ar pakāpenisku fluorēto siltumnīcefekta gāzu izņemšanu no aprites, tas viss kopumā ietekmē arī profesionālās aukstumtehnikas automatizētās vadības ierīču un sistēmu attīstību. Pēdējā desmitgade raksturojas arī ar mobilo ierīču un viedo tehnoloģiju strauju attīstību. Darbā tika aplūkots,

kā viedie risinājumi savietojas ar tehniku un automatizētām vadības sistēmām aukstumapgādē, kādus viedos risinājumus izvēlas aukstumtehnikas ražotāji un vai tie ir virzīti tikai uz ērtu iekārtu lietošanu ekspluatācijā, vai tomēr paredz arī funkcijas, kas palīdzēs sasniegt kādus konkrētus mērķus virzībā uz klimatneitrālu Eiropu.

Darba gaitā tika aplūkoti Eiropā pieejamie ražotāju tehniskie risinājumi ar mērķi to iespējamai turpmākai izmantošanai Latvijā. Pārskats ir balstīts uz iekārtu ražotāju sniegtās informācijas un tam ir lietišķā pētījuma raksturs.

## Mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir veidot viedo aukstumapgādes automatizēto vadības sistēmu risinājumu pārskatu, nosakot to attīstības virzienus. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) veikt aukstumtehnikas ražotāju atlasī;

- 2) apkopot un izvērtēt viedos aukstumtehnikas risinājumus un to izmantošanas mērķus;
- 3) izpētīt tehniskos parametrus, priekšrocības un trūkumus.

## Darba gaita vai metodoloģija

Darba gaitā tika veikta aukstumtehnikas un to ražotāju grupēšana pēc noteiktām kategorijām ar nolūku noteikt atsevišķu kategoriju viedo automatizācijas vadības sistēmu īpatnības un rast atbildi uz jautājumu, vai un kā iekārtu un/vai ražotāju pieredze kādai ka-

tegorijai ietekmē viedo risinājumu izvēli un attīstību. Viedo aukstumapgādes automatizācijas vadības risinājumu un aukstumiekārtu ražotāju instrukciju un informatīvo materiālu izpētē tika izmantotas salīdzināšanas un loģiskās metodes.

## Rezultāti

Pētījuma rezultāti atspoguļo viennozīmīgu saikni kategorija-viedie risinājumi tikai automatizācijas ierīču un to ražotāju grupā, kur tiek izmantota sistēmiska pieeja visām gala patērētāju kategorijām aukstumapgādē, sniedzot arī kombinētos risinājumus efektīvākai mērķu sasniegšanai enerģētikā un ekspluatācijas pārvaldībā. Pētījuma gaitā tika secināts, ka mainās arī pati iekārtu ražotāju tirgus struktūra, apvienojot grupās aizvien vairāk uzņēmumus, kas palīdz izstrādāt arī vienotas elektroniskās vadības tehnoloģijas, t.sk. attīstīt arī viedos risinājumus. Tai pašā laikā ir vērojama domāšanas un pircēju uzvedības paradigmu maiņa, kas liek pārskatīt arī iekšējo politiku, kā rezultātā aukstumiekārtu ražotāji darbojas ne vien pie iekārtu konstruktīvo tehnoloģiju attīstības ener-

goefektivitātes paaugstināšanai, bet aktīvi iestrādā arī intelektuālos risinājumus, kas paplašina IIoT (industriālā lietu interneta) izmantošanas iespējas aukstumiekārtu gala lietotājam.

Darba rezultāti sniedz atbildes uz izvirzītajiem jautājumiem un parāda, ka viedie risinājumi tiek izstrādāti šādos pamatvirzienos: enerģijas patēriņa un izmešu samazināšana, aukstumapgādes sistēmu un iekārtu darbības efektivitātes paaugstināšana, kā arī kopējo ekspluatācijas izmaksu samazināšana, tai skaitā līdz ar ekspluatācijas vadības sistēmu efektivitātes uzlabošanu. Tas ļauj secināt, ka aukstumapgādes nozares ražotāju galvenā prioritāte ir Zaļā kursa mērķu sasniegšana ar tendencēm ilgtspējīgas aukstumapgādes attīstības virzienā.

### ATSAUCES

- [1] *Eiropas zaļais kurss. Komisijas paziņojums* (11. 12. 2019.) [tiešsaiste]. Eiropas Komisija [25. 03. 2021]. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
- [2] *Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 517/2014 par fluorētām siltumnīcefekta gāzēm un ar ko atceļ Regulu (EK) Nr. 842/2006* (16. 04. 2014.) [tiešsaiste]. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis [25. 03. 2021.]. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lv/TXT/?uri=CELEX:32014R0517>
- [3] *The Kigali Amendment to the Montreal Protocol: HFC Phase-down. OzonAction fact sheet* (2016) [tiešsaiste]. UNEP Economy Division [skatīts 27. 03. 2021.]. Pieejams: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26589/HFC\\_Phasedown\\_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26589/HFC_Phasedown_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] Coene L. (2020). *Retail of the Future Hyper-Efficient & Sustainable*. Schneider Electric, Chillventa eSpecial.
- [5] *Take action for the Sustainable Development Goals* [tiešsaiste]. United Nations [12.04.2021]. Pieejams: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>



## Summary

### REVIEW OF SMART REFRIGERATION AUTOMATION SOLUTIONS

The European Green Deal targets are to reduce greenhouse gas emissions by at least 55 % and to achieve savings of 36 % on energy efficiency by 2030, with the main goal – climate-neutral Europe by 2050. During last decades technologies in refrigeration have been growing fast due to the phase-down of refrigerants. Growing requirements stimulate the development of automation and smart technologies in refrigeration as well as of the whole energy sector.

The aim of this work is to make a review of smart automation solutions in refrigeration and to define the common trends in smart technology development.

Categorization of manufacturers and equip-

ment by applications was done to find the answers to the research questions about the relation in solution selection. The analysis results show complete and more complex selection trends of smart solutions in automation manufacturing. The author found that refrigeration equipment manufacturers choose intelligent and IIoT solutions as well as design improvements. The author defines the aims of common trends in smart refrigeration technologies development: energy savings, decreasing of emissions, improvement of equipment operation efficiency and total cost savings of operation, including the improvement of operation management system.

# NERŪSOŠĀ TĒRAUDA VIRSMAS MEHĀNISKĀS UN TERMISKĀS APSTRĀDES IETEKME UZ NĀTRIJA KONTAKTA PRETESTĪBU ŠĶIDRO METĀLU IEKĀRTĀS

OSKARS MIKANOVSKIS

*MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Mašīnbūves un mehatronikas katedra,  
maģistra studiju 2. studiju gads*

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. profesore Irīna Boiko

## Ievads

Viena no ķīmiski stabilākajām nerūsošā tērauda markām ir AISI 316L, ko izmanto pārtikas un ķīmiskajā rūpniecībā un kam ir zema relatīvā magnētiskā caurlaidība ( $\mu_r = 1,01$ ), tādēļ to pieskaita pie nemagnētiskiem materiāliem. Šīs īpašības dod iespēju šo nerūsošo tēraudu izmantot magnētiskajā laukā un darbam ar sārnu metāliem. Viens no šādiem metāliem ir nātrijs, ko cilvēce pazīst kopš 1807. gada. Tīrs nātrijs ražošanā un tehnikā tiek lietots jau vairāk nekā 100 gadu, tīrā veidā tas galvenokārt tiek lietots dzēsānai (piemēram, magnija lējumos, kodolreaktoros, siltumcauruļu dzesēšanas sistēmās) un siltuma pārvešanai (piemēram, iekšdedzes motoru izplūdes vārstos, koncentrētas saules enerģijas pārvešanai). Mūsdienās lielākie uzsvāri uz tīra nātrija iz-

mantošanu tiek likti uz 4. paaudzes kodolreaktoriem, kuru ieviešana tiek plānota līdz 2025–2040. gadam. Šajos reaktoros nātrijs tiek izmantots kā dzesētājs gan pirmajā radioaktīvajā, gan sekundārajā neaktīvajā kontūrā. Pētot, testējot, izstrādājot un ražojot darbam ar nātriju paredzētus pastāvīgo magnētu vai indukcijas sūkņus, kondukcijas vai indukcijas plūsmas mērītājus u.c. iekārtas, ir ļoti svarīgi izmantot nemagnētiskus kanāla konstrukcijas materiālus. Visas šīs īpašības spēj apmierināt nerūsošais tērauds AISI 316L, kas spēj darboties kontaktā ar šķidru nātriju pie mainīgām temperatūrām un ir ar labām nemagnētiskām īpašībām ( $\mu_r = 1,01$ ). Lai šīs konstrukcijas darbotos efektīvi, ir jābūt virsmas slāpīšanai starp šķidru nātriju un nerūsošā tērauda sienu.

## Mērķis un uzdevumi

Pētījuma mērķis ir nerūsošā tērauda AISI 316L plāksnītēm ar atšķirīgu virsmas raupjumu ( $Ar \leq 0,2 \mu\text{m}$ ;  $Ar = 0,2\text{--}3,2 \mu\text{m}$ ;  $Ar \geq 3,2 \mu\text{m}$ ) pārbaudīt kontakta pretestību ar šķidru nātriju temperatūru diapazonā (100–500 °C), tad apstrādāt un izanalizēt iegūtos rezultātus, tos lietot turpmākajiem darbiem ražojot nerūsošā tērauda iekārtas darbam ar šķidru nātriju. Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) izpētīt zinātniskos un tehniskos avotus, lai noteiktu līdzšinējās zināšanas par nerūsošā tērauda virsmas raupjuma ietekmi uz kontakta pretestību ar šķidru nātriju;
- 2) iepazīties ar darba drošību un rekomendācijām darbam ar šķidro nātriju;
- 3) izstrādāt mērāmos paraugus un nomērīt to vidējo virsmas raupjumu;
- 4) izstrādāt mērīšanas iekārtu, tās vadības un datu pieraksta sistēmu;

- |  |   |
|--|---|
| <p>5) veikt izstrādātās sistēmas pārbaudi un sausos testus;</p> <p>6) veikt eksperimentu sēriju hipotēzes pārbaudei;</p> <p>7) eksperimenta sērijā iegūto datu apstrāde,</p> | <p>analīze;</p> <p>8) iegūto datu aprakstīšana un interpretēšana;</p> <p>9) rekomendāciju izstrāde nerūsošā tērauda AISI 316L un šķidra nātrija virsmas kontakta uzlabošanai.</p> |
|--|---|

## Darba gaita vai metodoloģija

Veicot zinātnisko avotu analīzi, tika secināts, ka nav informācijas par šķidra nātrija un nerūsošā tērauda AISI 316L kontakta pretestību un tās izmaiņu atkarībā no virsmas raupjuma un temperatūras. Pamatojoties uz šo izpēti, tika izvirzīta hipotēze: nerūsošā tērauda AISI 316L virsmas raupjums un temperatūra ietekmē kontakta pretestību ar šķidru

nātriju. Pamatojoties uz hipotēzi un zinātnisko avotu analīzi, tika izvirzīts darba mērķis un darba uzdevumi. Darba mērķis definēja paraugu virsmas vidējo raupjumu un testa temperatūras diapazonu. Darba uzdevumi noteica secību, kādā tiks veikta hipotēzes eksperimentālā pārbaude.

## Rezultāti

Veicot izpētes darbu, tika secināts, ka nerūsošo tēraudu AISI 316L slapina šķidrums nātrijs, bet nav mērīta kontakta pretestība starp šiem diviem metāliem. No zinātnisko pētījumu analīzes tika secināts, ka jāveic eksperimentālie pētījumi starp nerūsošo tēraudu AISI

316L un šķidru nātriju. Nerūsošā tērauda paraugiem ir jābūt ar vismaz trim dažādiem virsmas raupjuma parametriem un kontakta pretestības tests jāveic temperatūru diapazonā 100–500 °C.

### ATSAUCES

- [1] [Online]. Available from: <https://www.lesker.com/newweb/faqs/question.cfm?id=69>
- [2] R. Žogota. Nacionālā enciklopēdija [online]. [Skatīts 19. 02. 2021.] Available from: <https://enciklopedija.lv/skirklis/95048>.
- [3] R. N. Lyon. *Liquid-metals Handbook*. U.S. Government Printing Office, 1954.
- [4] Nicholas Boerema et. al. *Liquid sodium versus Hitec as a heat transfer fluid in solar thermal central receiver systems*. *Solar Energy*, vol. 86, no. 9, pp. 2293-2350, September 2012.
- [5] V. Gavars. *Atomelektrostacijas uzbūve un attīstības tendencijas*. Rīga: Zinātne, 2008.

## Summary

### **INFLUENCE OF MECHANICAL AND HEAT TREATMENT OF STAINLESS STEEL SURFACE ON SODIUM CONTACT RESISTANCE IN LIQUID METAL EQUIPMENT**

The study of the scientific literature concluded that the stainless steel AISI 316 wetting with liquid sodium is possible, but there is little data on contact resistance between both materials. The necessity of experimental studies of the contact resistance between

stainless steel AISI 316L and liquid sodium is apparent. The proposed test setup will have stainless steel samples with three different surface roughness values, and the contact resistance test in the temperature range of 100-500 °C is foreseen.

# KOĢENERĀCIJAS STACIJU RAŽOŠANAS LĒMUMU PIEŅEMŠANAS ALGORITMS DARBĪBĀ AR SILTUMA AKUMULATORU

VARIS ŽENTIŅŠ, ALEKSANDRS SOROČINS

MTAF, Mehānikas un mašīnbūves institūts, Siltumenerģētisko sistēmu katedra,  
doktora studiju 4. studiju gads

**Darba vadītājs:** Dr. sc. ing. asoc. profesors Dmitrijs Rusovs

## Ievads

Lai līdz 2050. gadam sasniegtu Eiropas Savienības ilgtermiņa mērķi attiecībā uz klimata neitralitāti [1], Latvija politiski izvēlējās atbalstīt koģenerācijas stacijas (KS), nosakot paaugstinātas elektroenerģijas atbalsta likmes un elektroenerģijas patērētājiem nosakot pie cenas maksāt papildu obligāto iepirkuma komponenti (OIK). Šis politiskais lēmums veicināja koģenerācijas un atjaunojamās enerģijas pieaugumu kopējā enerģijas bilanci. Koģenerācijas stacijām šis atbalsts līguma slēgšanas brīdī tika paredzēts uz 10–15 gadiem, un pašlaik stacijām, kuras sāka ražot

2010. gadā, šis atbalsts ir beidzies vai tuvojas beigām. Turklāt notiek politiskas debates par turpmāku OIK samazināšanu.

Nesenā enerģijas tirgus liberalizācija siltumapgādes un elektroenerģijas ražošanā rada papildu izaicinājumus KS darbībai, īpaši nākamās dienas (*Day-ahead*) tirgū. Tas ir veicinājis meklēt veidus, kā palielināt KS efektivitāti. Viens no KS efektivitātes paaugstināšanas veidiem pēdējos 2 gados ir liela izmēra siltuma akumulācijas (SA) projektu ieviešana, pateicoties Eiropas Savienības klimata līdzfinansējumam (1. tabula).

## 1. tabula

### Lielākie siltuma akumulatori Latvijā

Siltuma akumulators	Tilpums, m <sup>3</sup>	Akumulatora siltumietilpība, MWh	Max uzlādes/izlādes jauda, MW/h
Rīgas 2. termoelektrocentrāle (TEC-2), Latvenergo [2]	18000	550	150
Salaspils Siltums [3]	8000	418	15/25
Jelgava, Fortum Latvia [4]	5000	170	15

Turklāt Rīgas TEC-2 SA ir lielākais Baltijas reģionā [5].

Siltuma akumulācijas izmantošana var segt disbalansu starp siltuma pieprasījumu centralizētajos siltumtīklos, kā arī pēc papildus saražotā siltuma apjoma uzkrāšanas KS saražotās papildu elektroenerģijas pīķa stun-

dās [6, 7].

Brīvās konkurences apstākļos elektroenerģijas un siltuma tirgos KS ir jāievēro ne tikai pieprasītie un uzdotie stacijas parametri, bet arī jāizveido precīzi prognožu rīki. KS, strādājot kombinācijā ar SA, ir nepieciešams nodrošināt papildu vadības, plānošanas un

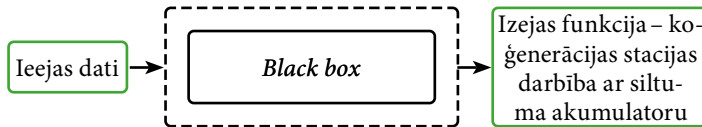
kontroles mehānismus, kas saistīti ar papildus saražoto siltumenerģijas uzlādi, izlādi, darbības režīmiem un parametriem. Turklāt

nākamās dienas elektroenerģijas ražošanas apjomu piesaka iepriekšējā dienā no pulksten 10:00–12:00.

## Mērķis un uzdevumi

Galvenais šī darba mērķis ir izveidot labi strukturizētu ražošanas lēmumu pieņemšanas algoritmu KS darbībai ar SA. Algoritma mērķis ir uzlabot SA lietošanas efektivitāti, nonākot pie maksimālas peļņas, un operatīvi izslēdzot tos darbības scenārijus, kad SA lietošana nav tehniski un ekonomiska pamatota brīvās elektroenerģijas nākamās dienas tirgū. Lai varētu sasniegt mērķi, tiek veikta strādā-

jošas KS ar SA darba režīmu izpēte un izvērtējums, kas ļauj noteikt galvenās vadlīnijas, pēc kurām tiek pieņemti lēmumi. Apkopojot datus, parametrus, lai veidotos loģiska strukturizēta pieeja, pētījumā tiek izmantota „melnās kastes” (*Black box*) teorija, lai definētu ievades datus un iegūtu izejas funkciju. Augšējā līmeņa „melnā kaste”, kas skaidri nosaka sistēmas robežas, ir parādīta 1. att..



1. att. „Melnās kastes” teorija.

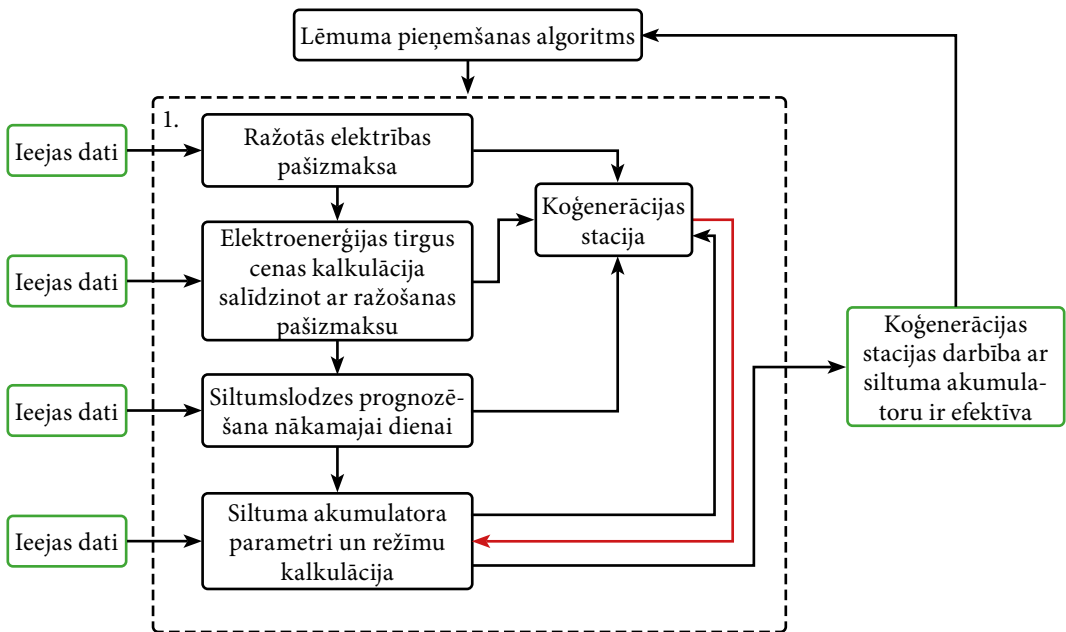
Ar šīs teorijas palīdzību var radīt struktūru – augstākā līmeņa „melnās kastes”, kuras, savukārt iedalot pa apakšlīmeņiem, var sastāvēt no daudzām zemāka līmeņa „melnajām kastēm”. Objektam tiek piešķirta uzvedība [8].

Visbeidzot, daudzlīmeņu datiem tiek meklēta korelējoša saistība, veidojot saites, kas izveidos loģisku algoritmu. Tas noteiks, vai elektroenerģijas nākamās dienas (*Day-ahead*) prognozētā tirgus cena ir pietiekama efektīvai SA izmantošanai.

## Darba gaita vai metodoloģija

Koģenerācijas stacijas datu izvērtēšanas gaitā tika izveidota „melnā kaste” ar četriem apakšlīmeņiem, kuri parādīti 2. att. Katram no 4 blokiem ir savi ievades dati un izejas funkcija, kas var mijiedarboties starp šiem blokiem. Visu līmeņu atbilstošas izejas funkcijas rezultātā var nonākt pie tā, ka KS dar-

bība ar SA ir ekonomiski pamatota. Turklāt ir iespējams, ka katra no izvades funkcijām var definēt, ka SA lietošana nav efektīva un ieteikt mainīt stacijas darbību citos režīmos. Lai sasniegtu visefektīvāko rezultātu, ir jāizstrādā lēmumu pieņemšanas algoritms, kas apvieno šos atsevišķos procesus.



2. att. „Melnā kaste”, kas sastāv no 4 apakšlīmeņa „melnajām kastēm”.

Lēmumu pieņemšana balstīta uz elektroenerģijas pašizmaksas ( $C_{pp}$ ) aprēķināšanu pirmajā blokā. Ražošanas izmaksas ietekmē daudzi faktori, piemēram, koģenerācijas stacijas efektivitāte, kurināmā izmaksas, personāla izmaksas u. c. faktori [9].

Nākamais bloks paredz nākamās dienas prognozētās elektroenerģijas cenas aprēķinu salīdzinājumā ar KS saražotās elektroenerģijas pašizmaksu:

$$C_{mp}nh > C_{pp}, \quad (1.1)$$

kur  $C_{mp}nh$  – elektroenerģijas tirgus cena  $n$  stundās.

Aprēķina vislabāko laika periodu un nosaka vidējo stundas periodu max. Elektroener-

ģijas ražošanas pašizmaksas cenai ir jābūt mazākai:

$$C_{pp} < (C_{mp1h} + C_{mp2h} + C_{mpnh})/nh. \quad (1.2)$$

Un jāsalīdzina, vai

$$C_{mp}1h \approx C_{mp}nh \approx C_{mp}24h. \quad (1.3)$$

Ja vidējā cena ir tuva vai vienāda ar  $n$  stundu cenu, tad šajā gadījumā SA darbība nav lietderīga.

Siltuma slodzes prognozēšana ietver precīzas prognozes nākamajai dienai, lai noteiktu iespējamās KS darba režīmus. 3. attēlā redzams, ka precīzu prognožu noteikšana ir sarežģīts uzdevums.



**3. att.** Faktiskais un prognozētais siltuma pieprasījums [10].

Gadījumā, ja prognozētā siltuma slodze atbilst koģenerācijas stacijas maksimālajai jaudai, koģenerācijas iekārtu var noslogot vēlamajā režīmā maksimālās tirgus cenas diapazonā, un nav lietderīgi izmantot SA:

$$Q_{\text{prognozētā}} < Q_{\text{cog max.}} \quad (1.4.)$$

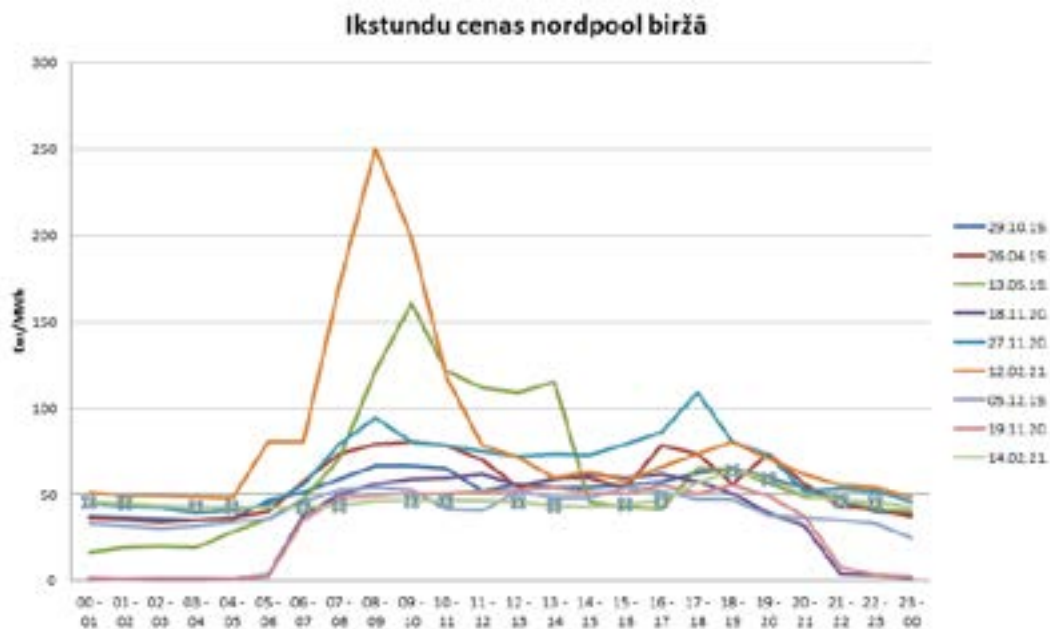
Pēdējā blokā tiek veikta KS režīmu kalkulācija, ņemot vērā iepriekš apskatītos parametrus un SA ietilpību, uzlādes un izlādes jaudu. Šajā blokā ļoti svarīgi zināt SA zudumus (siltuma, elektriskos), kā arī iekārtu pieejamību un operēšanas izmaksas, lai tās varētu izvērtēt izejas funkcijā.

## Rezultāti

Galvenais KS darbības princips (4. att.) ir maksimāli ražot elektroenerģiju, kad elektroenerģijas tirgus cena ir visaugstākā, t. i., dienas laikā. Taču dienas laikā siltumsloдзе rudens un pavasara mēnešos var nebūt pie-

tiekama, lai koģenerācijas iekārtu noslogotu maksimāli. SA lietošana var nodrošināt balansu, dienas laikā papildus saražoto siltuma daudzumu atdodot tīklā nakts stundās.



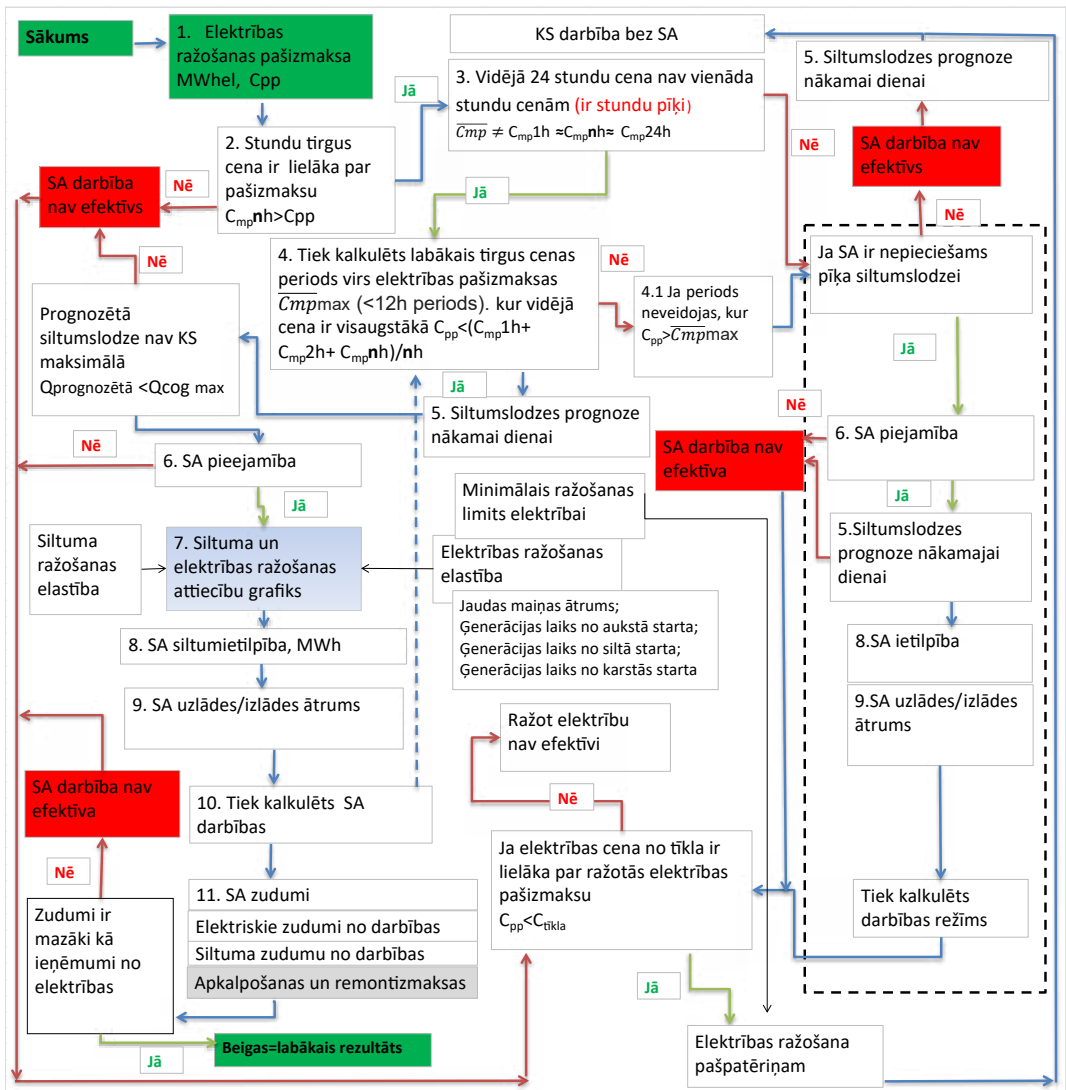


4. att. Nordpool biržas cenas 10 dienām [11].

Šis pētījums parāda, ka KS darbībā ar SA lēmuma pieņemšanai nepieciešami daudzlīmeņu datu aprēķini un prognozes, kas ietekmē siltuma akumulatoru efektīvu izmantošanu. Lai iegūtu rezultātu, ka SA ir efektīvs, ir jāiziet 4 bloki – 1. elektroenerģijas ražošanas pašizmaksa, 2. nākamās dienas elektroenerģijas cenas prognozes

un aprēķins salīdzinājumā ar pašizmaksu, 3. prognozējamā siltuma slodze, 4. siltuma akumulatora parametri un darbības režīmu aprēķins, ietverot zudumus.

Darba gaitā analizējot parametrus no 4 līmeņu „melnās kastes”, tika izveidots daudzlīmeņu lēmuma pieņemšanas algoritms (5. att.), kas sastāv no 11 apakšlīmeņiem.



**5. att.** Lēmuma pieņemšanas algoritms koģenerācijas stacijai darbībā ar siltuma akumulatoru.

Lēmuma pieņemšanas algoritmā parādīts secīgs ceļš, kā ātri definēt, vai SA lietošana ir efektīva. Ja kādā no posmiem SA lietošana nav efektīva, tad algoritms parāda, ka ir iespējami citi varianti, piemēram, elektroenerģijas ražošana pašpatēriņam, ja minimālie ģenerējošie parametri to ļauj:

$$C_{pp} < C_{tikla}, \quad (1.5.)$$

kur  $C_{tikla}$  – iepirktās elektroenerģijas izmaksas vai arī SA izmantošana siltuma pīķu slodžu segšanai.

Lai vieglāk orientētos šajā daudzlīmeņu algoritmā, ar zilo bultu ir atzīmēts secīgs ceļš funkcijām: ar zaļo – pozitīvs rezultāts, bet ar sarkano – negatīvs. Situācijā, kad aprēķinot SA darbības režimus ir konstatētas kādas

atkāpes, tad ar zilo pārtrauktoliņu parādīta regresa funkcija un nepieciešamības gadījumā jāpārreķina maksimālais elektroenerģijas tirgus periods. Šādu gadījumu var lietot, piemēram, ja SA ir palicis neiztērēts uzkrātais siltuma daudzums no nakts slodzes. Melnās bultas nosaka tehniskos parametrus.

Esošais algoritms („melnā kaste”) turpmākos pētījumos tiks papildināts ar siltumenerģijas cenas funkciju, ja stacija darbojas brīvajā siltumenerģijas tirgū, un detalizētas siltumslozdes funkcijas ar pieprasījuma regulēšanas iespējām, kas atkarīgas, piemēram, no diennakts laika, meteoroloģiskiem apstākļiem.

## ATSAUCES

- [1] *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)*, COM/2020/80 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080>
- [2] Pieejams: <https://latvenergo.lv/en/par-mums/razosana/tec2-siltuma-akumulacija>
- [3] Pieejams: <https://www.solarthermalworld.org/news/15-mw-sdh-plant-inaugurated-latvia>
- [4] Pieejams: <https://www.fortum.com/about-us/our-company/our-energy-production/our-power-plants/jelgava-chp-plant>
- [5] *Latvenergo AS builds the largest heat storage unit in the Baltics* [tiešsaite]. Rīga. [www.latvenergo.lv](http://www.latvenergo.lv). 2020. [skatīts 2021. 13. martā] Pieejams: <https://latvenergo.lv/en/par-mums/razosana/tec2-siltuma-akumulacija>
- [6] Soročins, A., Rusovs, D., Nagla, J., Žentiņš, V. (2020). *The Influence of the Thermal Storage on the Electricity Production in a Co-Generation in Peak and Off-Peak Time Range*. In 2020 IEEE 61st International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTU CON 2020), 5–6 November 2020. Rīga, Latvia.
- [7] Sauhats, A., Kozadajevs, J., Dolgicers, A., Zalitis, I., Boreiko, D. (2019). *Thermal energy storage for CHP in power market conditions*. In 2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM), 18 – 20 September 2019. Ljubljana, Slovenia.
- [8] Nathan Rosenberg, *Inside the black box: Technology and economics* Cambridge University Press, 1983.
- [9] *Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmums Nr. 1/10, Rīgā 2010. gada 11. jūnijā (prot. Nr. 23, 12. p.) Koģenerācijas tarifu aprēķināšanas metodika*. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/211966-kogenerācijas-tarifu-apreķināšanas-metodika>
- [10] D. Rusovs, L. Jakovleva, V. Zentins and K. Baltputnis. (2021). *Heat Load Numerical Prediction for District Heating System Operational Control*. “Latvian Journal of Physics and Technical Sciences” (LJPTS). in Issue 3 (2021) Vol. 58 of LJPTS.
- [11] *Historical Market Data* [tiešsaite] [www.nordpoolgroup.com](http://www.nordpoolgroup.com). [skatīts 2021.1. Martā] Pieejams: <https://www.nordpoolgroup.com/historical-market-data/>

## Summary

### DECISION-MAKING ALGORITHM FOR COGENERATION PLANT OPERATION WITH HEAT ACCUMULATOR

In the free electricity market, the decision is made from 10:00 to 12:00. In this period huge amount of data have to be analysed in order to determine the operating mode of a cogeneration heat plant (CHP). At the same time the manufacturing power for the next day has to be determined.

In the operation of a CHP with heat storage (HS), even more complicated planning and calculation is performed. This is because it is necessary to forecast the maximum amount of electricity production and the period during the peak hours of the market price when storing heat in the heat accumulator taking into account its operating parameters.

In order to achieve the goal, the author performed a research on operating CHP with HS in working mode. This allowed understanding the main principles of decision-making as well as the chosen operating modes. The study concluded that there may be situations when the use of a heat accumulator is not economically justified. In a view of this, a decision-making algorithm was sought to rule out such cases.

After collecting the data, the Black Box theory was used in the study to form a lo-

gical structured approach. This theory was used to define the input data and obtain output function which is economically justified operation of a CHP with HS. Using this theory, a Black Box with 4 blocks was originally created: 1 - cost of electricity generation; 2 - next day electricity price forecasts and calculation compared to the cost; 3 - projected heat load; 4 - HS parameters and operating mode calculations including losses. Each block has its own input data and output function, which are correlated with each other. Based on these 4 blocks, a large-scale decision-making algorithm consisting of 11 sublevels was created. The algorithm included the cases when the HS is not used efficiently, but a negative function leads to electricity generation for own consumption or HS could be used to cover peak loads. The developed algorithm includes Yes / No functions, as well as for easier perception of information, positive functions are marked in green and negative functions in red. The blue arrows show the path from Start to End, which means that the operation of the CHP with HS is economically justified and has the best result.

# 3D PRINTING OF PLA/PBAT BLEND FOR THE MANUFACTURING OF SHOCK RESISTANT PRODUCTS

JOSEPH GEORGE

*International Cooperation and Foreign Students Department, study programme Production Engineering, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, 2nd year master studies*

**Supervisor:** Associated Professor Dr. sc. ing. Artis Kromanis

## Introduction

Additive manufacturing is one of the fastest growing manufacturing methods in the world especially in engineering fields. Nowadays 3D printers play overall prominent roles everywhere, especially in mechanical stream. It is one of the efficient and cost-effective ways for the development of future automated production with minimal material usage. We all can understand the demand for this method while looking through the various researches performed in many universities and industries for better development and high-quality production. In this Thesis we are focusing on Fused Deposition Modelling (FDM) 3D printing method. This is the modelling of 3D components using polymers or plastic material filaments.

In this research we are creating a Polylactic Acid (PLA) and two other varieties of filament which are the highlights of this Thesis and are called PLA/PBAT blended filament. Polybutylene Adipate Terephthalate (PBAT) is a type of material which is also biodegradable polymer similar to the PLA material with many properties. In this work the filament is created in two combinations such as PLA 80

Wt% PBAT 20 Wt% and PLA 90 Wt% PBAT 10 Wt%; and the interesting fact is that these two PLA/PBAT combinations of filaments are not available in the market for sale or for commercial use. While mixing PLA with PBAT, the overall properties of the filament will change, and to increase the compatibility, further addition of compatibilizers can enhance the mechanical properties (Joncryl-4368-F). When there is change in this polymer combination with ductile material PBAT, the properties such as elasticity and viscosity increase, hence the failure chance of the PLA (Brittle character) will become lower with increase in ductility. Hence based on this research the overall study and benefits of this new developed filament will be studied, and this result can be used in a variety of technical fields.

Moreover, I preferred this topic because of its future scope and importance for the coming generation. All products can be made (3D Print) with low cost, and the product can be used for a long term. The results derived from this project can be used for further research and studies for creating better products.

## Aim and Tasks

The main aim of this work is to study the property and behaviour changes in new developed PLA/PBAT blended filaments com-

pared to the current filaments used today. Moreover, based on these results it can be suggested for wide variety of applications in

the engineering fields for creating high quality 3D parts or products with low cost and several advantages.

The main task of this Thesis was to conduct experimental work in order to determine overall properties of the new developed PLA/PBAT blended filament by doing spe-

cific tests such as tensile test, hardness test, bending test, thermal test and chemical resistance test. Based on the results, a comparison can be done. Moreover, it can be matched or compared with previously done studies and articles, and finally a conclusion can be made.

## Materials and Methods

In this Thesis it is very important to use mainly four methods in experiments such as tensile test, hardness test, bending test, thermal test and the chemical resistance test. These tests were carried out on each model (5 models) made of the same elements; and based on the test results of each model a comparison was done to select the accurate or standard result from it. These all data can be recorded digitally and in books for reference. During the procedure or methods of each experiment to be conducted, such as initially tensile test, which can be used to determine the yield strength, ultimate tensile strength, ductility, strain hardening characters along with Young's modulus and Poisson ratio. While doing the hardness test, the main purpose is to identify the suitability of a material and to study the deformation that occurred in it. The bending test is almost similar to the tensile test but from this we can mainly determine

the bending strength and fracture strength. Thermal test which is done for the purpose of determining the capability of material to withstand in high temperature; also based on this test the safe operating limits general characteristics and life cycle of the material can be gathered. Finally, the corrosion test is done in which we can identify the material performance under several conditions, and the data from the damage results that have occurred in chemical reaction between the material and chemicals can be used for future applications. These are the main techniques used experimental works of this Thesis.

Moreover, the structure of material also needs to be observed for more clarification and characterization of it using Scanning Electron Microscopy (SEM) and according to the researchers of this field suggested in many researches about the importance of this observation for the polymer materials.

## Results

Most of the 3D printing industries widely use PLA materials. But there are several problem or limitations for using such materials for producing high quality 3D models. Mainly these are applicable for making prototypes, but after the development of this new filament and studies conducted based on this a lot of new

information can be found. The main interesting fact is that these materials can be applicable for making many high-quality products in industries and other sections. For instance, the production of internal parts of machines at low cost and of high quality also can be done with several advantages.

## REFERENCES

- [1] Article by Long Jiang, Michael P Wolcott, Jinwen Zhang, Wood Materials and Engineering Laboratory, Washington University, Pullman, WA 99164, Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16398516/>
- [2] Article by Bruno Thorihara Tomoda, Patricia Hissae Yassue-Cordeiro, Julia Vaz Ernesto, Patricia Santos Lopes, Laura Oliveira Peres, Classius Ferreira Silva, Mariana Agostini de Moraes, federal University of Sao Paulo Brazil, Published in 26 June 2020, Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/microscopy>

## Kopsavilkums

### PLA/PBAT MAISĪJUMA 3D PRINTĒŠANA TRIECIENIZTURĪGU IZSTRĀDĀJUMU RAŽOŠANAI

Inženierzinātņu jomā 3D printēšana ir viena no visātrāk augošajām ražošanas metodēm pasaulē. Mūsdienās 3D printeriem ir nozīmīga loma visur, it īpaši mašīnbūvē. Tas ir viens no efektīviem veidiem, kā attīstīt nākotnes automatizēto ražošanu ar minimālu materiālu izmantošanu. Apskatot dažādus pētījumus, kas veikti daudzās universitātēs un rūpniecības uzņēmumos, lai sekmētu attīstību un panāktu augstu ražošanas kvalitāti, kļūst saprotams šīs metodes pieprasījums. Salīdzinot visas galvenās 3D printēšanas metodes, šajā darbā pētīta 3D printēšanas metode, izmantojot izkausēta materiāla veidošanu (*Fused Deposition Modelling* – FDM). Šī ir 3D detaļu veidošana, izmantojot polimērus vai plastmasas materiālu stieples.

Šajā pētījumā tika izveidota stieple, kas satur polilaktīdu (PLA) un divus citus savienojumus, ko pazīst kā PLA/PBAT kompozīta stiepli. Polibutilēna adipāta tereftalāts (PBAT) ir materiāls, kas ir arī bioloģiski noārdāms poli-

mērs, bet līdzīgs PLA materiālam. Šajā darbā stieple tika izveidota divās dažādās kombinācijās – PLA 80 Wt% PBAT 20 Wt% un PLA 90 Wt% PBAT 10 Wt%. Līdz šim šādas stieplu materiālu kombinācijas nav pētītas. Sajaucot PLA ar PBAT, tiek izmainītas stieples kopējās ķīmiskās un fizikālās īpašības, tai skaitā mehāniskās īpašības (*Joncryl-4368-F*). Mainot šo polimēru kombināciju, jo īpaši PBAT saturu, palielinās tādas īpašības kā elastība un viskozitāte, līdz ar to palielinās arī plastiskums. Attiecīgi šī pētījuma rezultātus varēs izmantot dažādās tehnikas jomās, kas ietver 3D printēšanas izmantošanu.

Turklāt es došu priekšroku šai tēmai tās nākotnes perspektīvu un nozīmības dēļ nākamajai paaudzei. Visus produktus var izgatavot (3D printēšana) ar relatīvi zemām izmaksām, un produktu var izmantot ilgtermiņā. Šī projekta rezultātus var izmantot turpmākiem pētījumiem un izmantot, lai radītu vēl labākus produktus.

# DESIGN AND ANALYSIS OF WELD CHARACTERISTICS FOR A MIG WELDING OF SS410 STAINLESS STEEL

SRIKANTH DUVVAKA

*International Cooperation and Foreign Students Department, study programme Production Engineering, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, 2nd year master studies*

**Supervisor:** Professor Dr. sc. ing. Irīna Boiko

## Introduction

In the welding process, including MIG welding, many parameters affect the distortion and residual stress distribution in a welded plate. This project attempts to determine stress and temperature distribution due to welding by Finite Element Method (FEM) in welded panel structures. General-purpose finite element software Ansys is used for this purpose. The FE analysis will be carried out in two steps. A nonlinear transient thermal analysis will be conducted first to obtain the

global temperature history generated during the MIG welding process. A stress analysis will then be developed with the temperatures obtained from the thermal analysis used as loading to the stress model. The scope of the present study is primarily limited to predict the temperature distribution developed in fillet welded panel structures. Good agreement of temperature profiles with existing literature validates the efficacy of the present methodology.

## Aim and Tasks

This project's primary objective is to develop Finite Element Analysis (FEA) techniques to define the normal stress and fatigue strength of fillet welded joints. It is planned to compare the experimental test results with FEA results of the investigated joint and characterize the strength of fillet welded joints compared to parent metals (stainless steel SS410). The main tasks are the following:

- 2D and 3D FEA are to be performed to estimate residual stresses in fillet welding using the finite element analysis package

Ansys. 2D axisymmetric finite element analysis is also to be carried out for the butt welded pipes.

- A simple and realistic failure criterion is to be developed and validated to evaluate the fracture strength of flawed configurations.
- The influence of residual stresses on the fracture strength of specimens and failure pressure of pressure vessels are to be analyzed by superimposing the residual stress and stress due to mechanical loading.

## Materials and Methods

SS410 stainless steel is the material that is used here for the experiment. As it is known, the presence of residual stresses in weld

components significantly affects the fracture strength. Residual stress distribution can be obtained through experiments and



finite element simulations. Experiments are mostly of destructive type and involved in obtaining the complete residual stress distribution similar to the complex and CPU time consuming 3D finite element simulation. Hence there is a need to simplify the complexity of the problems for obtaining accurate solutions. There is no unique fail-

ure criterion which is applicable to all materials. The designer has to select/establish a suitable failure criterion for the intended materials. Evaluation of residual stress in welds and failure assessment on flawed and unflawed structural components will be of immense interest to the designers.

## Results

The research outcome will help a designer to estimate the strength of welded structural components under static load. Welding is the common engineering join method used for various structures. The major construction projects all around the world are using cranes, earth moving equipment, those also always under dynamic load; the marine ships are another heavy welded structure which is also subjected to dynamic loads all the time. The body of transportation equipment is highly impacted by the dynamic load, which is focused on in this analysis. Fatigue tests and analyses of a lap and butt joint with fillet welding in a typical connection are presented in this study. Relevant FEA of the joint is also established.

The project will help to characterize the behaviour of fillet welded joints. This study is expected to provide an in-depth understanding of the behaviour of fillet welded joints under cyclic loading. The comparison of the test

results with the finite element analysis will also give an indication of the assessment capability of the analysis tools for this type of joint. A simple and useful graphic representation in the form of a chart, which will aid the readers to actualize the effect of cyclic loading on the joint, is also expected. The comparison of physical tests with finite element analysis is not much available, which can refer to predict the life of structures. Finite element analysis (FEA) is a computer-based method of simulating/analyzing the behaviour of engineering structures and components under a variety of conditions. Fillet weld is the most common welding in the engineering field, and this weld is used almost everywhere in building structures. Finite element analysis of simple fillet welding compared with physical testing will allow us to analyze more complex structures more accurately with minimum error.

## Kopsavilkums

# NERŪSOŠĀ TĒRAUDA SS410 MIG METINĀŠANAS RAKSTUROJUMU IZVĒLE UN ANALĪZE

Pašreizējās izpētes galvenais mērķis ir optimizēt nerūsošā tērauda SS410 MIG metināšanas procesu, ņemot vērā metināšanas parametru un metināšanas šuves mehānisko īpašību savstarpējo saisti. Metināšanas šuves kvalitāti un īpašības nosaka arī tās ģeometrija un konfigurācija, ko savukārt ietekmē dažādi procesa mainīgie parametri, piemēram,

metināšanas strāva, ātrums un aizsarggāzes padeves ātrums. Atbilstošās simulācijas plānots veikt, izmantojot programmatūru *Solid-Works*. Tiks iegūti testu dati un analizēti tādi veikspējas radītāji kā spriegumi, deformācijas un siltuma sadalījums. Rezultātā varēs prognozēt temperatūras sadalījumu lokšņu metinātos savienojumos.

# SURFACE ROUGHNESS OPTIMISATION USING RSM IN DRY TURNING

SURESH MODALAVALASA

*International Cooperation and Foreign Students Department, study programme Production Engineering, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, 2nd year master studies*

**Supervisor:** Docent Dr. sc. ing. Anita Avišāne

## Introduction

Modern industries strive to improve the quality of their product by choosing proper materials and methods. Selection of materials of high strength to weight ratio like aluminum and setting of optimum machining parameters ensures the desired quality of product at affordable cost. Industries look for high productivity and better surface finish in machining operations which depends on process parameters. Aluminium used in variety of applications such as automobile and aerospace components, missile parts, storage containers, marine applications, etc. This being a light weight material possesses excellent corrosion resistance, thermal and mechanical properties has replaced steel in many engineering applications. Its high strength to weight ratio and low specific cutting energy ( $0.4-1.1 \text{ Ws/mm}^3$ ) has made this material as the best in automobile industry. Al6061 is a heat treatable material which has gained importance in the manufacturing industries.

The basic input parameters for turning are cutting speed, feed rate and depth of cut. The desired output of any machining operation is the surface roughness which gives an idea of the machining quality and material removal rate (MRR) which is the measure of cost involved during machining. In a turning operation, the selection of cutting parameter is important to achieve the desired output. But the selection of the cutting parameters is not always suitable for the particular machine and machining environment. Therefore, it is always better to practically find out the best suited input parameters using Design of Experiments (DoE). Sometimes DoE is more complex, time consuming and costlier to use, as the increase in process factors will increase the number of trails more rapidly. The partial factorial design will reduce the number of trails to some extent. Taguchi and Response Surface Methodology (RSM) are the most used partial factorial design.

## Aim and Tasks

This research work attempts to find out the significant effect of machining parameters while turning an Al6061 in a CNC Lathe by using Taguchi and RSM. The objective of this work is to find out the effectiveness of mathematical model developed by Taguchi and RSM. The input parameters are the cut-

ting speed, feed rate, depth of cut and nose radius, and the response variables are surface roughness and MRR. To achieve the aim of the work, the following tasks are formulated:

- to do the machining of Al6061 on a CNC lathe;
- to develop a mathematical model using

- RSM technique;
- to find the optimum parameter towards

minimum surface roughness.

## Materials and Methods

The process parameters such as cutting speed, feed rate, depth of cut and nose radius will be selected to optimize the material removal rate and surface roughness in turning of Al6061. The mathematical models will be developed for the prediction of responses using Taguchi method and RSM. Further, the models will be validated.

The selection of cutting tool, cutting param-

eters and specimen dimensions will be based on the standards used in previous literature (ASME) and by trial runs. The input parameters are cutting speed, feed rate, depth of cut and nose radius, and the response variables are surface roughness and material removal rate. The experimental design consists of three levels of each machining parameter, as shown in Table 1.

Table 1

Level of Input Parameters

Cutting parameters	Levels		
	1	2	3
Spindle speed, rpm	1000	1500	2000
Feed rate, mm	0.1	0.15	0.2
Depth of cut, mm	0.1	0.2	0.3
Nose radius, mm	0.4	0.8	1.2

To reduce the total number of experiments and cost, the statistical planning of the experiment will be done by using Taguchi and RSM. The statistical design and analysis for Taguchi method and RSM is done by Design-Expert 10 software respectively.

To reduce the total number of experiments and cost, the statistical planning of the experiment will be done by using Taguchi and RSM. The statistical design and analysis for Taguchi method and RSM is done by Design-Expert 10 software respectively.

## Results

Mathematical models will be developed for the prediction of responses:

- optimum parameters;
- optimum MRR and surface roughness;
- statistical analysis;
- validation of results.

## REFERENCES

- [1] Xuewu Lia, QiaoxinZhanga, Zheng Guo, Tian Shi, Jingui Yu, Mingkai Tang, Xingjiu Huang. "Fabrication of Superhydrophobic Surface with Improved Corrosion Inhibition on 6061 Aluminum Alloy Substrate", *Applied Surface Science*, 2015, Volume 342, pp. 76–83.
- [2] C. J. Rao, D. Nageswara Rao, P. Srihari. "Influence of Cutting Parameters on Cutting Force and Surface Finish in Turning Operation", *International Conference on Design and Manufacturing, IConDM 2013, Procedia Engineering* 64, 2013, pp. 1405–1415.
- [3] P. S. Sreejith. "Machining of 6061 Aluminium Alloy with MQL, Dry and Flooded Lubricant Conditions", *Materials Letters*, Volume 62, Issue 2, 2008, pp.276–278.
- [4] V. Songmene, R. Khettabi, I. Zaghbani, J. Kouam, and A. Djebara. "Machining and Machinability of Aluminum Alloys", *Aluminium Alloys, Theory and Applications*, Tibor Kvackaj (Ed.), 2011, ISBN: 978-953-307-244-9.

## Kopsavilkums

### VIRSMAS RAUPJUMA OPTIMIZĀCIJA, IZMANTOJOT RSM (RESPONSE SURFACE METHODOLOGY) VIRPOŠANĀ

Kvalitātei un produktivitātei ir būtiska loma mūsdienu patēriņa tirgū. No klientu viedokļa kvalitāte ir ļoti svarīga, jo izstrādājuma kvalitāte ietekmē patērētāju apmierinātību iepirkto preču lietošanas laikā. Tāpēc katrai ražotnei vai ražošanas vienībai būtu jānodrošina atbilstoša produkta kvalitāte. Šī darba mērķis ir noskaidrot apstrādes parametru ietekmi uz virsmas kvalitāti alumīnija sakausējuma Al6061 virpošanā ar CNCsistēmu, izmanto-

jot *Taguchi* un RSM (*Response surface methodology*) metodes. Pētījumam tika izvēlēti tādi virpošanas procesa parametri, kā griešanas ātrums, padeves ātrums, griešanas dziļums un griezējšķautnes virsotnes rādiuss, lai optimizētu materiāla noņemšanas ražīgumu (*material removal rate*). Darba ietvaros ar *Taguchi* un RSM metodēm iegūtie matemātiskie modeļi un to efektivitāte tiks pārbaudīti un apstiprināti.

# MODELLING & ANALYSIS OF DRILL BIT WITH DIFFERENT MATERIALS

GOPI CHILUKURI

*International Cooperation and Foreign Students Department, study programme Production Engineering, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, 2nd year master studies*

**Supervisor:** Docent Dr. sc. ing. Anita Avišāne

## Introduction

Drilling is the process most commonly associated with producing machined holes, because it is simple, quick and economical. Drilling is one of the most complex machining processes. The chief characteristic that distinguishes it from other machining operations is its angle tool. Drilling is one of the basic machining process of making holes essentially for manufacturing industry like aerospace industry, watch manufacturing industry, automobile industry, medical industries and semiconductors. Drilling is especially necessary in industries for assembly related to mechanical fasteners.

It is reported that around 55000 holes are drilled as a complete single unit production

of the air bus A350 aircraft. The challenge of new modern machining industries is focusing on gaining high quality, in terms of work piece dimensional accuracy, surface finishing, very high production rate, less wear on the cutting tools, and in the terms of economy on the cost saving. Manufacturing enterprises presently have to deal with increasing demands for improved product quality, tool life, less wear and cutting force. In today's fast changing situation in manufacturing industries, applications of optimization techniques in metal cutting processes are necessary for a manufacturing unit to work effectively in severe competitiveness and growing demand of quality product in the market.

## Aim and Tasks

The main aim of the work is to perform modelling and analysis of drill bit with different materials (HSS, beta titanium alloy and alpha titanium alloy). The main tasks are the following:

- to perform modelling of drill bit in SolidWorks;
- to perform FEM analysis of drill bit in Ansys.

## Materials and Methods

I have generated a 3D model of the drill bit in SolidWorks Software for Simulation with Finite Element Analysis to determine the effect of Equivalent Stress, Equivalent Elastic Strain, Total Deformation, Shear Stress &

Shear Elastic Strain on the Drilling Cutter due to the cutting forces. HSS, beta titanium alloy and alpha titanium alloy will be selected as a drill material for the comparison and analysis.

## Results

This study will explore material which is suitable for drill bit. The bit selection is considered to be an important task in drilling optimization process. To select a bit is considered as an important issue in drilling. In the present work I have considered a twist drill bit of HSS material as a model for getting the results compared to get more safe and efficient material from beta titanium alloy and alpha titanium alloy. Modelling of the drill bit is done on SolidWorks 2018, and the analysis is being

performed on the Ansys Workbench 19.2 software. The geometrical shape and input process conditions are the same for both materials. The titanium alloy which is widely used in the field of biomedical applications is being examined with the HSS which is mostly applicable in majority of the applications. According to the analysis results, it is observed that the beta titanium alloy is showing the maximum effective strain with minimum equivalent stress as compared with alpha titanium alloy.

## REFERENCES

- [1] Yipin Wan, Yongbo Xia, Xuding Song, "Research on Innovation Design of the DTH Drill Based on Reverse Engineering", 4th International Conference on Energy Equipment Science and Engineering, IOP Conference Series Earth and Environmental Science 242(3):03205, 2019, 6 p.
- [2] G. Manoj Reddy, D. Pinakapani Reddy, K. Jagadeesh, M. Eswar Sai, Y. V. Hanumantha Rao, "Finite Element Stress Analysis of Drill Bit in Ansys", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol. 8, Issue 7, May 2019, pp. 463–467.
- [3] R. Mukanov, A. Kasenov, G. Itybayeva, Z. Musina, G. Strautmanis, "Modeling of the Cutting Head for Treating Holes in the Railway". In: Procedia Computer Science. Vol. 149: ICTE in Transportation and Logistics 2018 (ICTE 2018), Lithuania, Klaipeda, 1 January 2019. Amsterdam: Elsevier, 2019, pp. 355–359. ISSN 1877-0509. Available from: doi: 10.1016/j.procs.2019.01.148.
- [4] Alessandra Caggiano, Luigi Nele and Roberto Teti, "Drilling of Fiber-Reinforced Composite Materials for Aeronautical Assembly Processes", Intech Open, Provisional Chapter, 2018, 17 p.
- [5] V Srinivas, "Design and Analysis of drill bit with various materials using ANSYS", Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 13, Issue 6, 2018, pp. 5218–5221.

## Kopsavilkums

### DAŽĀDU MATERIĀLU URBJU MODELĒŠANA UN ANALĪZE

Urbja izvēle ir svarīgs uzdevums urbšanas procesa optimizācijā. Šajā darbā ir pieņemts, ka par pētījuma objektu adekvātu un lietderīgu rezultātu iegūšanai var kalpot HSS (ātrgriezēj-tērauds) spirālurbis salīdzinājumā ar  $\beta$  un  $\alpha$  tipa titāna sakausējuma spriālurbjiem. Pētījuma objekta modelēšanai tika izmantota *SolidWorks 2018* programmatūra, savukārt analīze tiek veikta, izmantojot programmatūru *Ansys*

*Workbench 19.2*. Ģeometriskā forma un ieejas parametri dažādiem urbja materiāliem ir vienādi. Titāna sakausējuma spirālurbjus, ko plaši izmanto biomedicīnas jomā, salīdzina ar HSS spirālurbjiem, kurus plaši izmanto vairākās jomās. Pētījumu rezultātu analīze rāda, ka pieņemtajos apstākļos  $\beta$  tipa titāna sakausējuma urbjiem ir labāki rādītāji, īpaši salīdzinājumā ar  $\alpha$  tipa titāna sakausējuma spriālurbjiem.

# DESIGN AND MODIFICATIONS OF SHEET METAL WELDED FRAME AND A CAST FRAME

RAJKUMAR BAROCHIYA

*International Cooperation and Foreign Students Department, study programme Production Engineering, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Department of Mechanical*

*Engineering and Mechatronics, 2nd year master studies*

**Supervisor:** Researcher *Dr. sc. ing.* Antons Štekleins

**Consultant:** Researcher *M. sc. ing.* Didzis Avišāns

## Introduction

The Thesis analyses the results of the original geometry after applying maximum load conditions, material properties, and required boundary condition. Mesh is playing an important role to get more accurate simulation results of stress and displacement. With the help of simulation, the results identify the

lower stress element in the model and modify the original CAD model according to the results. To get more accurate results, the author used Ansys, Autodesk Fusion 360 software. The results have verified that the final design can be compared with the original design.

## Aim and Tasks

This Thesis aims to design and modify a sheet metal welded frame and a cast frame by improving the parameters such as modification of the original model with various load conditions and applying different materials. The design and modification are focused on production planning, modification and ergonomics where lowered stress is detected. That

can reduce the production cost, the weight of the geometry, and production time.

The original geometry after applying maximum load conditions, material properties, and required boundary condition is investigated. Mesh is playing an important role to get more accurate simulation results of stress and displacement.

## Materials and Methods

The following approaches, technologies and methods were used in the current research: FEA, Generative Design, Topology Optimization, Additive Manufacturing, Design Eva-

luation and Part Modifications. The material properties and load/boundary conditions were selected and taken into account during the research.

## Results

The research will result in the novel geometry after applying maximum load conditions, material properties, and the necessary

boundary state. Mesh plays an important role in obtaining more precise simulation results for stress and displacement. Using simula-



tion results determine the lowest stress factor in the model and change the original CAD model based on the findings. The author used Ansys and Autodesk Fusion 360 software to

get more reliable performance. The results have been verified and prove that the final design is more effective in comparison with the original design.

## Kopsavilkums

# METĀLA LOKŠŅU METINĀTA UN LIETA RĀMJA DIZAINS UN MODIFIKĀCIJAS

Šis pētījums ir veltīts no lokšņu metāla metināta rāmja un lieta rāmja projektēšanai un pārveidošanai, uzlabojot parametrus, un paredz sākotnējā modeļa modifikāciju, ņemot vērā dažādus slodzes apstākļus un dažādu materiālu izmantošanu. Dizains un modifikācija ir vērsta uz ražošanas plānošanu, optimizāciju un ergonomiku. Pētījuma rezultāti ļaus samazināt ražošanas izmaksas, konstrukcijas svaru un ražošanas laiku. Sākotnējā izstrādājuma ģeometrija tika analizēta maksimālās slodzes apstākļos, ņemot

vērā materiāla īpašības un piemērojot robežnosacījumus. Galīgo elementu tīklam ir svarīga loma, lai iegūtu precīzākus spriegumu un deformāciju simulācijas rezultātus. Ar simulācijas palīdzību modelī tika identificēti zemāko spriegumu apgabali un atbilstoši simulācijā iegūtajiem rezultātiem modificēti sākotnējā CAD modelī. Lai iegūtu precīzākus rezultātus, tika izmantota *Ansys* un *Autodesk Fusion 360* programmatūra. Tika pierādīts, ka modificētais dizains ir efektīvāks nekā sākotnējais.