

Izglītības un zinātnes ministrija



Studiju un zinātnes
administrācija

Valsts pētījumu programmas ‘Inovātīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides
drošumam (IMATEH)’

6.projekta ‘Metāla virsmas apstrāde berzes un nodiluma samazināšanai’

1.nodevums

METODE SLĪDAMĪBAS MĒRĪŠANAI LABORATORIJAS APSTĀKĻOS

Projekta vadītājs: A/Prof. Kārlis Agris Gross

Rīga, 2015.gada 31.decembris

SATURS

AKTUALITĀTE	3
EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	4
1. Slīdes stenda prototipa izveide	4
2. Klimata simulācijas kameras modificēšana	8
3. Slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā.....	10
4. Piloteksperimenti klimata simulācijas kamerā.....	11
4.1. Ledus trases sagatavošana eksperimentam.....	11
4.2. Optimālais plaknes slīpuma leņķis	12
4.3. Klimata kameras un pētāmo paraugu temperatūras ietekme uz paraugu slīdamību un ledus kvalitāti	13
KOPSAVILKUMS	15
LITERATŪRA	16

AKTUALITĀTE

Drošības nozīme sabiedrībā ir pieaugusi gan darbā, gan sadzīvē, tādēļ ir jāveic papildus pasākumi, kas novērtētu bīstamības rašanās iespējamības, lai likvidētu šos draudus. Dabā sastopamie elementi parasti draudus nerada, taču struktūru būvēšana ir ieviesusi pārmaiņas, kas var radīt riskus. Zibensnovēdēji, kas atrodas uz ēku jumtiem, novada lielu spriegumu. Ēkas, kas celtas viesuļvētru apdraudētās teritorijas, tiek pakļautas stingrākiem būvnormatīviem, lai mazinātu sabrukšanas iespēju. Mazāk redzams drauds ir sniegs, taču tā blīvāka versija - ledus var radīt draudus ne tikai ēkām, bet arī iedzīvotājiem.

Termālā cikla rezultātā sniegs pārvēršas bīstamākā ūdens formā - ledū. Sniegs no ēku jumtiem kūst, automātiski noņemot sakrājušos svaru, vai citās vietās tas var sablīvēties un veidot ledus blokus. Ja kāda iemesla dēļ ledus atdalās no mājas jumta virsmas, tad tiek radīts apdraudējums cilvēkiem, kuri pārvietojas pa ietvēm ap māju. Prakse papildus drošībai ir novietot metāla margas uz jumtiem, lai novērstu brīvu ledus gabalu krišanu. Taču tā vietā, lai domātu, kā samazināt ledus bīstamību uz ēku jumtiem, ir vērtīgi apsvērt veidus, kā samazināt sniega uzkrāšanos uz tiem.

Uzkrājušā sniega bīstamību var novērst, radot apstākļus, kas ļauj sniegpārslām uzreiz noslidēt no jumta virsmas. Šis scenārijs iepriekš vēl nav apskatīts, bet tas uzreiz atrisina potenciālo bīstamību. Lielākā daļa jumta virsmas ir izgatavotas no metāla, tādēļ jākoncentrējas uz ledus-metāla savstarpējo iedarbību. Svarīgi zināt, cik viegli ir pārvietot ledu pa metāla virsmu. Izdevīgi ir novietot metāla jumtu tādā leņķī, lai tas veicina relatīvo ledus kustību pa metālu.

Tā vietā, lai meklētu kādu vieglu veidu, kā pārvietot sniegpārslas pa metāla virsmu, var apskatīt relatīvo kustību starp ledu un metālu. Lai vienkāršotu testēšanas apstākļus, tiek apskatīta metāla kustība pa ledus ceļu. Projekta ietvaros tiks izveidota ledus trase, pa kuru var tikt slidināti metāla bloki ar dažādām virsmām, vieglākas slīdamības nodrošināšanai.

Projekta mērķis ir izstrādāt metodoloģiju un optimizēšanas kritērijus metālisku materiālu īpašību uzlabošanai, virsmas apstrādei un pārklāšanai, lai samazinātu berzi un nodilumu berzes pāros t.sk. mijiedarbībā metālam ar ledus virsmu.

Projekta 1.uzdevums bija izstrādāt metodi slīdamības mērīšanai laboratorijas apstākļos.

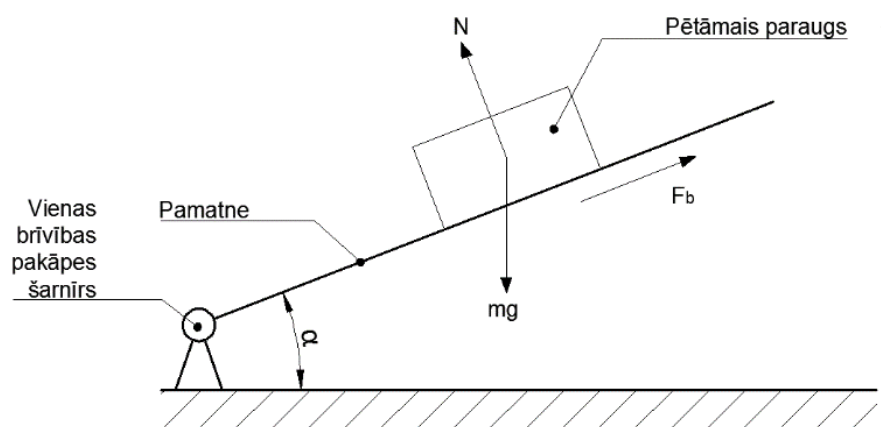
EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

Lai veiktu eksperimentālos pētījumus berzes pārim metāls-ledus, tika izveidota speciāla iekārta (slīdes stends), kuras uzdevums ir mērīt dažādi modificētu metāla paraugu slīdamību pa ledu pie dažādiem klimatiskajiem un fizikālajiem uzstādījumiem, kā arī tika pielāgota klimata simulācijas kamera, kurā iespējams radīt eksperimentiem nepieciešamos klimatiskos apstākļus, t.i., nodrošināt gaisa temperatūru zem 0°C . Šī darba uzdevuma izpilde sastāvēja no sekojošiem etapiem:

- 1) Slīdes stenda prototipa izveide;
- 2) Klimata simulācijas kameras modificēšana;
- 3) Slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā;
- 4) Piloteksperimenti klimata simulācijas kamerā.

1. Slīdes stenda prototipa izveide

Slīdes stenda izveidošanas process sākās ar galvenā darbības principa plānošanu, uzbūves projektēšanu, prototipa izgatavošanu un tā testēšanu. Kā iekārtas galvenie uzstādījumi tika izvirzīti, lai tā spētu veikt ātrus un statistiski drošus eksperimentus ar dažādas ģeometrijas pētāmajiem paraugiem pie maināmiem klimatiskajiem apstākļiem. Ņemot vērā izvirzītos uzstādījumus, tika nolemts iekārtas darbību balstīt uz slīpās plaknes principu (skat. 1.att.), kurš jau izsenis tiek izmantots berzes procesu pētīšanai [1,2].

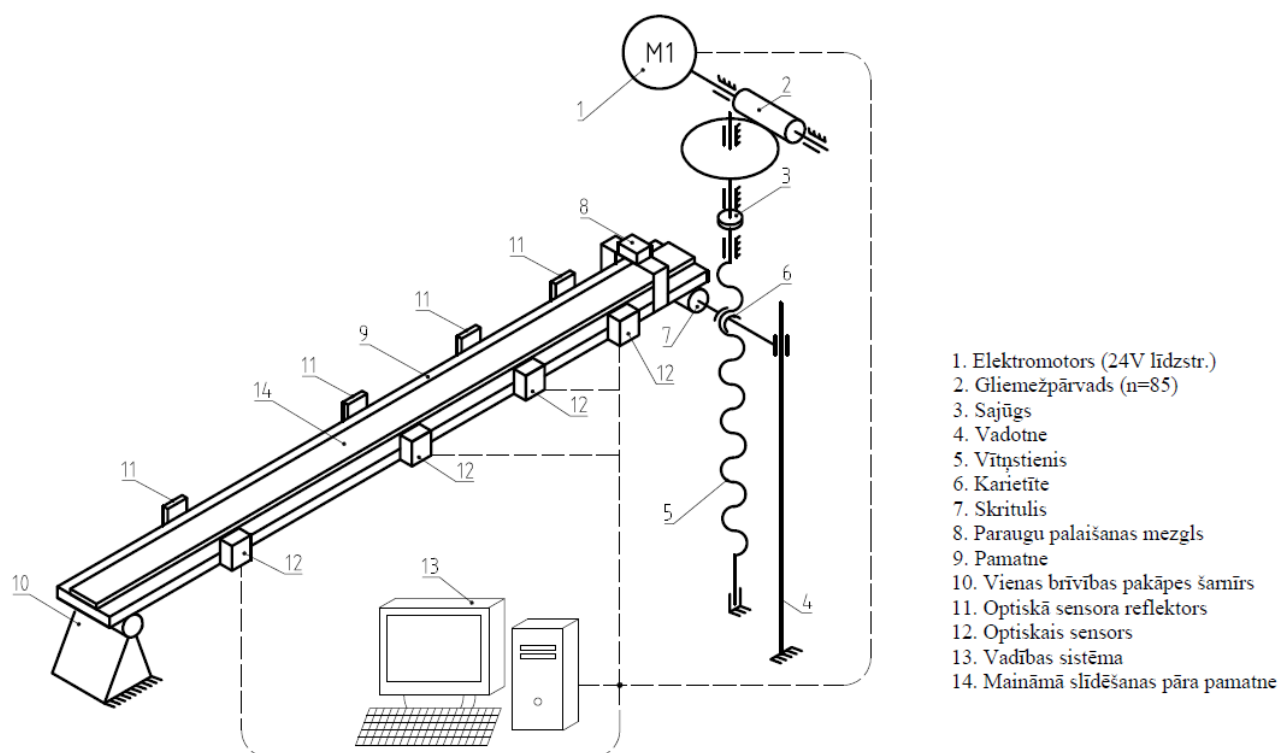


1.att. Berzes procesu pētīšana, izmantojot slīpo plakni.

Tā kā klasiskā slīpā plakne paredzēta tikai miera stāvokļa berzes koeficienta pētīšanai, kas sniedz tikai daļēju informāciju par slīdes pāri metāls-ledus, tika pieņemts lēmums plakni aprīkot

ar papildus optiskajiem sensoriem, kuri ļauj mērīt laiku, kāds pētāmajam paraugam nepieciešams, lai pie konkrēta plaknes slīpuma leņķa α noslīdētu no plaknes augšas līdz apakšai. Šāda laika kontrole ļauj vienkāršā veidā salīdzināt dažādi apstrādātu paraugu slīdēšanas īpašības pie kādiem konkrētiem apstākļiem, tādējādi sniedzot priekšstatu par paraugam veikto modifikāciju ietekmi uz tā slīdamību.

Apkopojot visus izvirzītos uzdevumus, tika izstrādāta iekārtas principiālā shēma (skat. 2.att.).



2.att. Slīdes stenda prototipa principiālā shēma.

Kad iekārtas darbības pamatprincips bija izplānots, tika uzsākti darbi pie prototipa izgatavošanas. Izveidotais prototips (skat. 3.att.) sastāv no slīpās plaknes (dažādos slīpuma leņķos ieregulējams alumīnija profils, uz kura var novietot interesējošā slīdes pāra materiāla sloksni vai ledus reni), pie kuras pievienoti četri retroreflektīvie optiskie sensori (turpmāk - optiskie sensori) (skat. 4.att.), ar kuru palīdzību tiek fiksēts laika intervāls, kāds pētāmajam paraugam nepieciešams, lai noslīdētu no slīdes stenda augšas līdz apakšai. Optiskie sensori ģenerē elektrisku impulsu, kad pētāmais paraugs pārtrauc tā optisko staru, tādējādi radot ieejas signālu laika mērījumu veikšanas programmai.



3. att. Slīdes stenda prototips.



4.att. Retroreflektīvais optiskais sensors.

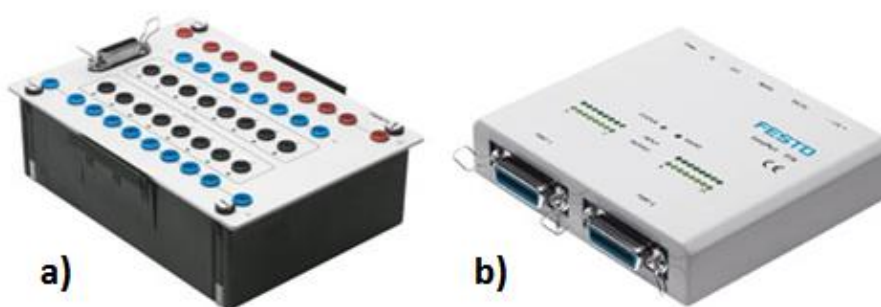
Lai uzkrātu un korekti apstrādātu optisko sensoru ģenerētos signālus, kā arī nodrošinātu nepieciešamos elektriskos elementus ar 24V līdzstrāvu, tika izveidota elektriskā shēma, kura sastāv no:

1. 24V līdzstrāvas barošanas bloka (skat. 5.att.),
2. datu savākšanas moduļa (skat. 6.att. a), kurš operē ar 24V līdzstrāvas signāliem, kurus ģenerē optiskie sensori,
3. signālu konvertora (skat. 6.att. b), kurš pārveido optisko sensoru ģenerētos 24V līdzstrāvas signālus uz personālajam datoram piemērotu 5V signālu,
4. vadības sistēmas.

Apkopotās elektriskās komponentes ļauj veikt laika mērīšanu ar precizitāti līdz 0,01s.



5.att. 24V līdzstrāvas barošanas bloks.



6.att. a) Datu savākšanas modulis; b) Signālu konvertors.

Iekārtas vadības sistēma sastāv no personālā datora, uz kura atrodas datu reģistrācijas programma, kura secīgi reģistrē visus optisko sensoru nostrādāšanas momentus, kā arī speciāli izveidota datu pēcapstrādes programma (skat. 7.att.). Datu pēcapstrādes programma automātiski izskaitļo pētāmā parauga vidējās slīdēšanas laiku vērtības katrā slīpās plaknes posmā (pirmās trešdaļas trases laiks – t_1 , otrās trešdaļas trases laiks – t_2 , trešās trešdaļas trases laiks – t_3 , pirmo divu posmu summa – t_4 un kopējais slīdēšanas laiks – t_5), kā arī izrēķina vidējo standartnovirzi un kļūdu, ar kādu veikti šie mērījumi. Visi minētie dati tiek eksportēti Microsoft Excel failā, kurā ir ērti ar tiem veikt tālākas operācijas (veidot grafikus, salīdzinājuma tabulas, u.t.t.). Speciāli veidotā datu pēcapstrādes programma ļauj realizēt lielāku eksperimentu skaitu, būtiski neapgrūtinot datu pēcapstrādes procesu. Tādējādi tiek nodrošināta iespēja ievērojami palielināt mērījumu skaitu, rezultātā iegūstot statistiski ticamākus datus. Datu pēcapstrādes programma no mērījumiem automātiski izslēdz visus kļūdainos datus, ja tādi ir radušies, piem. kāda sensora nenostādāšanas gadījumā, kas ievērojami atvieglo laboranta darba uzdevumu.

Slīdes stenda prototipa fiziskā konstrukcija izveidota tā, lai būtu iespējams variēt ar slīpās plaknes sagāzuma leņķi α , kā arī variēt ar paraugu izmēriem (izveidots regulējams paraugu palaišanas mezgls) un tiem pielikto piespiešanas spēku (pievienojot papildus svaru). Iespēja mainīt visus augstāk minētos parametrus paver plašas iespējas simulēt dažādas reālas dzīves

situācijas, piemēram, simulēt kādas konkrēta ēkas jumta slīpumu, uz tā esošās ledus kārtas radīto spiedienu uz virsmu, u.t.t., kā arī iekārta nav stingri piesaistīta kāda konkrēta izmēra vai formas paraugiem.

Input	Time	1 state	2 state	3 state	4 state
0.000 0 0 ...	0.000	0	0	0	0
89.800 1 0 ...	89.800	1	0	0	0
89.880 0 0 ...	89.880	0	0	0	0
90.640 0 1 ...	90.640	0	1	0	0
90.720 0 0 ...	90.720	0	0	0	0
91.120 0 0 ...	91.120	0	0	1	0
91.240 0 0 ...	91.240	0	0	0	0
91.360 0 0 ...	91.360	0	0	0	1
91.440 0 0 ...	91.440	0	0	0	0
109.640 1 0 ...	109.6...	1	0	0	0
109.720 0 0 ...	109.7...	0	0	0	0
110.480 0 1 ...	110.4...	0	1	0	0
110.559 0 0 ...	110.5...	0	0	0	0
111.000 0 0 ...	111.0...	0	0	1	0
111.080 0 0 ...	111.0...	0	0	0	0
111.240 0 0 ...	111.2...	0	0	0	1
111.320 0 0 ...	111.3...	0	0	0	0
126.760 1 0 ...	126.7...	1	0	0	0

1	2	3	4	t1	t2	t3	t4	t5
89.800	90.640	91.120	91.360	0.840	0.480	0.240	1.320	1.560
109.640	110.480	111.000	111.240	0.840	0.520	0.240	1.360	1.600
126.760	127.640	128.279	128.599	0.880	0.639	0.320	1.519	1.839
143.279	144.199	144.879	145.159	0.920	0.680	0.280	1.600	1.880
163.599	164.519	165.199	165.559	0.920	0.680	0.360	1.600	1.960
181.119	182.239	183.079	183.479	1.120	0.840	0.400	1.960	2.360
194.599	195.919	196.879	197.319	1.320	0.960	0.440	2.280	2.720
212.239	213.199	213.759	214.039	0.960	0.560	0.280	1.520	1.800
228.039	228.959	229.519	229.760	0.920	0.560	0.241	1.480	1.721
240.639	241.599	242.199	242.439	0.960	0.600	0.240	1.560	1.800
253.479	254.439	254.999	255.200	0.960	0.560	0.201	1.520	1.721
266.760	267.720	268.240	268.440	0.960	0.520	0.200	1.480	1.680
294.600	295.440	295.960	296.200	0.840	0.520	0.240	1.360	1.600
308.160	309.040	309.560	309.800	0.880	0.520	0.240	1.400	1.640
320.080	320.960	321.480	321.720	0.880	0.520	0.240	1.400	1.640
334.000	334.880	335.360	335.640	0.880	0.480	0.280	1.360	1.640
349.600	350.440	350.920	351.120	0.840	0.480	0.200	1.320	1.520
369.840	370.640	371.120	371.400	0.800	0.480	0.280	1.280	1.560

7.att. Datu pēcapstrādes programmas interfeiss. Kreisajā logā redzami ieejas dati (sensoru nostrādāšanas laiki absolūtajā atskaites sistēmā), bet labajā izrēķinātās slīdēšanas laiku vērtības.

Slīdes stenda darbība sākotnēji tika pārbaudīta, par slīdēšanas pamatni izmantojot nerūsējošā tērauda sloksni, bet kā testa objekti tika izmantoti pieci eksperimentālie paraugi ar dažādiem berzi samazinošiem pārklājumiem. No veiktajiem eksperimentiem tika konstatēts, ka iekārtas darbība ir korekta un atbilst plānotajai. Tika pārbaudīts, ka iespējams noteikt paraugu slīdēšanas laiku ar plānoto 0,01s precizitāti un ka datu pēcapstrādes programma funkcionē adekvāti

2. Klimata simulācijas kameras modificēšana

Lai nodrošinātu eksperimentiem nepieciešamos klimatiskos apstākļus (temperatūru zem 0°C), tika modificēta RTU Siltuma, Gāzes un Ūdens Tehnoloģijas institūtā esošā ēku energoefektivitātes simulatora mikroklimata kamera (skat. 8.att.), kura pirms pārbūves spēja nodrošināt gaisa temperatūras diapazonā no +10°C līdz +30°C. Kameras darba telpas dimensijas 3,5x3,5x2m.



8.att. Ēku energoefektivitātes simulatora mikroklimata kamera.

Lai varētu nodrošināt projektā paredzētajiem eksperimentiem nepieciešamo gaisa temperatūras diapazonu (-20°C līdz 0°C), tika iegādāts un uzstādīts speciāls dzesēšanas modulis (skat. 9.att.), kurš uztur iestatīto gaisa temperatūru ar $\pm 2^{\circ}\text{C}$ precizitāti. Vēlamā darba temperatūra (vidēji -10°C) sasniedzama aptuveni 4h laika periodā no kameras ieslēgšanas brīža un tās kontroles iekārta ir iebūvēta dzesēšanas modulī.



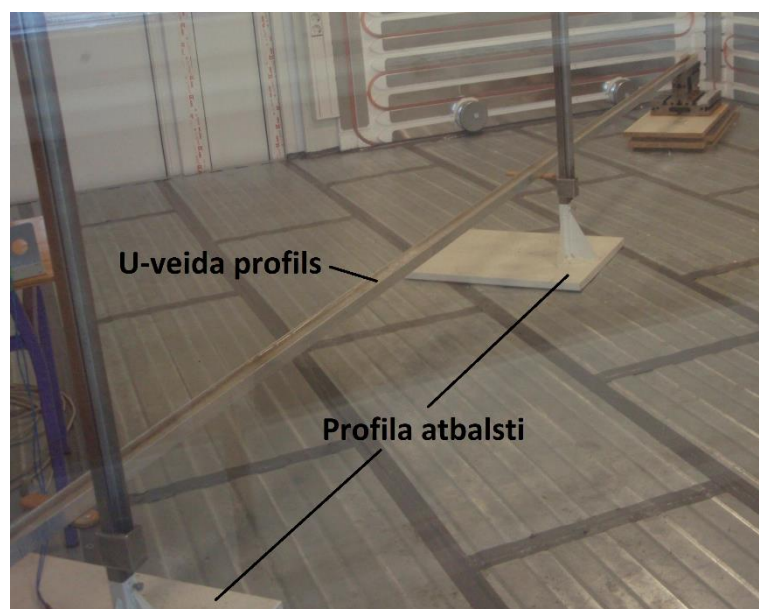
9.att. a) Dzesēšanas modulis, b) Dzesēšanas moduļa vadības interfeiss.

Papildus klimata simulācijas kamerai tika veikti siltumizolācijas un hidroizolācijas uzlabojumi, kuri nodrošina precīzāku temperatūras uzturēšanu visā eksperimenta laikā un nodrošina zemāku mitruma līmeni, kas pasargā dzesēšanas moduli no straujas aizsalšanas.

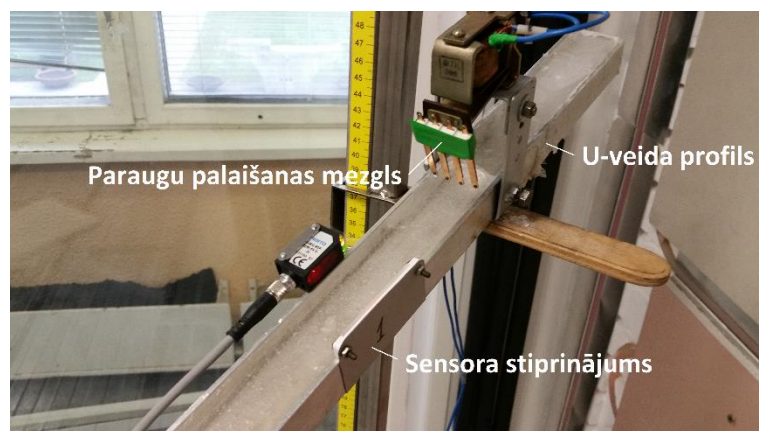
3. Slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā

Lai izgatavoto slīdes stendu aprobētu darbībai modernizētajā klimata simulācijas kamerā, tā konstrukcijā tika veikti sekojoši pārveidojumi (skat. 10. un 11.att.):

- a) 2m garā alumīnija pamatne nomainīta ar 4m garu U-veida alumīnija profilu ar slēgtiem galiem, kurā tiek saldēta eksperimentiem nepieciešamā ledus trase (skat. 10.att.);
- b) Pielāgoti regulējami U-veida profila atbalsti, kuri ļauj iestatīt nepieciešamo plaknes leņķi;
- c) Izveidoti speciāli optisko sensoru stiprinājumi, ar kuru palīdzību sensori tiek fiksēti pie ledus trases (skat.11.att);
- d) Pielāgots paraugu palaišanas mezgls (skat. 11.att.).



10.att. U-veida profils un tā atbalsti.



11.att. Slīdes stends pēc pielāgošanas eksperimentiem klimata simulācijas kamerā.

4. Piloteksperimenti klimata simulācijas kamerā

Klimata kamerai pielāgotā slīdes stenda darbība tika pārbaudīta ar dažādiem piloteksperimentiem, kuru mērķis bija pārbaudīt iekārtas darbību pie temperatūrām, kuras zemākas par 0°C, kā arī noskaidrot eksperimentu apstākļus, pie kuriem vislabāk novērojama eksperimentālo paraugu modificēšanas ietekme uz to slīdamību. Piloteksperimentu laikā tika noteikts:

- a) Ledus trases sasaldēšanas un apstrādes process;
- b) Optimālais plaknes slīpuma leņķis;
- c) Klimata kameras un pētāmo paraugu temperatūras ietekme uz paraugu slīdamību un ledus kvalitāti.

4.1. Ledus trases sagatavošana eksperimentam

Lai būtu iespējams veikt kvalitatīvus eksperimentus, nepieciešams korekti sasaldēt ledu, pa kuru notiek pētāmo paraugu slidināšana. Veicot vairākus praktiskus eksperimentus, tika noskaidrots, ka labākā ledus kvalitāte sasniedzama, ja ledus tiek saldēts pakāpeniski (pa slāņiem) trīs dienu garumā pie -10°C temperatūras. Pirmais jeb pamata slānis tiek saldēts vidēji 12h un tā biezums ir ~15mm, kas sastāda aptuveni pusi no profila kopējā tilpuma. Kad pamatne ir sasaldēta, tiek liets nākamais ūdens slānis, kura biezums ir ~5mm, un tiek nogaidītas vismaz 4h, lai šis slānis izveido stingru struktūru. Šādu operāciju atkārto vēl divas reizes, līdz profils ir pilns. Pēc pēdējā slāņa piepildīšanas vēlams, lai ledus netiek deformēts vēl ~8h, tādējādi ļaujot tam pilnībā iegūt nepieciešamo blīvumu.

Jāņem vērā, ka, lai iegūtu kvalitatīvu ledu, obligāti jāizmanto silts ūdens, jo tādējādi tiek nodrošināts, ka svaigi piepildītais slānis pilnvērtīgi sasaistās ar iepriekšējo. Ja tas netiek ievērots, pastāv liela plaisu rašanās iespēja, kas padara ledu nederīgu eksperimentiem.

Lai sasaldētajā ledus trases virsmā izveidotu gludu reni, pa kuru slīdēt pārbaudāmajiem paraugiem, tika izgatavota ēvele, ar kuras palīdzību nelīdzenā ledus virsma tiek piegludināta līdz pietiekamai kvalitātei. Nepieciešamā ledus kvalitāte tiek nodrošināta ar pielāgota darba asmens un centrējošo atbalstu palīdzību (skat. 12.att.). Veicot ledus apstrādi ēveles darba plakne bāzējas pret U-veida profila kalibrēto virsmu un sānu malām, tādējādi nodrošinot vienādus apstrādes apstākļus visa profila garumā.



12.att. Ledus virsmas līdzināšanas ēvele.

Pēc ledus ēvelēšanas pie U-veida profila piestiprina optiskos sensorus un paraugu palaidēju, tādējādi noslēdzot ledus sagatavošanas ciklu.

Eksperimentu gaitā tika novērots, ka lielu ietekmi uz klimata kameras saldēšanas kvalitāti atstāj ārējie klimatiskie apstākļi, t.i., mitros laikapstākļos (lietaina diena) dzesēšanas modulis sāk intensīvi aizsāst. Tas skaidrojams ar to, ka modulis, caur sevi izsūcot mitro gaisu, sasaldē tajā esošās ūdens molekulas, kuras pieķep pie dzesēšanas ribām. Ja dzesēšanas modulis aizsāst, vairs nav iespējams nodrošināt nepieciešamo darba temperatūru un tas ir jāizslēdz, pretējā gadījumā var notikt darbības atteice.

4.2. Optimālais plaknes slīpuma leņķis

Slīdes stenda darba plaknei iespējama slīpuma regulēšana diapazonā no 0° līdz 30° , bet, lai noskaidrotu pie kura plaknes slīpuma leņķa eksperimentus ir veikt visdrošāk, tika veiktas praktiskas pārbaudes. Par optimālāko plaknes slīpuma leņķi tiek uzskatīts tāds leņķis, pie kura 100% gadījumos tiek garantēta paraugu izkustēšanās no miera stāvokļa, tajā pašā laikā nodrošinot pēc iespējas lēnāku paraugu slīdēšanas laiku. Abi minētie aspekti savstarpēji konfliktē, jo pie pārāk maza plaknes leņķa paraugi nespēj pārvarēt miera stāvokļa berzes koeficientu, kuru papildus ietekmē adhēzijas spēks starp mitro ledus virskārtu un pētāmo paraugu, savukārt tieši pie mazākiem plaknes slīpuma leņķiem iespējams paildzināt paraugu slīdēšanas laiku. Paraugu slīdēšanas laika paildzināšana nepieciešama, lai salīdzināmajiem paraugiem būtu pēc iespējas ilgāks laika periods, kura ietvaros uzrādīt savas slīdēšanas īpašību atšķirības, jo konkrētajos eksperimentos šī atšķirības mērāmas diapazonā no 0,01s līdz 0,5s.

Pēc ilgstošiem optimālā leņķa meklējumiem, izmantojot dažādi apstrādātus paraugus (pulētus, saskrāpētus ar smilšpapīru dažādos virzienos) un dažādas ledus temperatūras (0°C līdz -5°C), tika noskaidrots, ka šis leņķis atrodas diapazonā no 15° līdz 17° . Turpmākajos eksperimentos tiek pieņemts lēmums izmantot 16° leņķi.

4.3. Klimata kameras un pētāmo paraugu temperatūras ietekme uz paraugu slīdamību un ledus kvalitāti

Lai veiktu drošus slīdamības pārbaudes eksperimentus, nepieciešams korekti atdzesēt pētāmos paraugus un izvēlēties klimata kameras gaisa temperatūru.

Nepietiekamas pārbaudāmo paraugu atdzesēšanas gadījumā tie iekūst ledū, starta zonā veidojot iedobi, kura traucē paraugu izkustēšanos, tādējādi sabojājot turpmākos eksperimenta apstākļus. Lai izvairītos no šāda aspekta, pētāmie paraugi pirms eksperimentiem uz vismaz 20 min. tiek novietoti pie dzesēšanas moduļa aukstā gaisa izpūšanas zonas, lai tie iegūst vienādu temperatūru ar apkārtējo vidi.

Lai noskaidrotu klimata kameras gaisa temperatūras, kuru uzrāda dzesēšanas moduļa interfeiss (skat. 9.b.att.), un ledus temperatūras atšķirības, tika veikti papildus ledus virskārtas mērījumi, izmantojot *Dostmann Proscan 520* temperatūras mērīšanas iekārtu (skat. 13.att.), kura aprīkota ar kontakttipa termopāri, kurš paredzēts dažādu virsmu temperatūru mērīšanai.

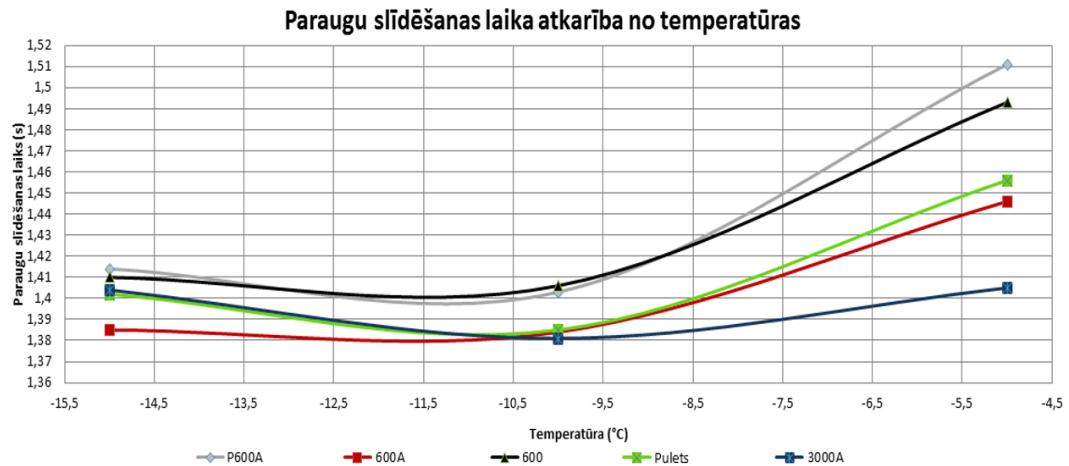


13.att. *Dostmann Proscan 520* temperatūras mēriekārta.

Salīdzinot dzesēšanas moduļa rādījumus, kuri iegūti pie paša moduļa, un ledus virskārtas temperatūru tika noskaidrots, ka ledus temperatūra ir vidēji par 5°C augstāka, t.i., ledus ir siltāks. Šis aspekts tiek ņemts vērā iestatot kameras gaisa temperatūru, lai nodrošinātu, ka ledus nesāk kust, kas var izsaukt paraugu iekušanu tajā.

Eksperimentu gaitā tika novērots, ka pie dažādām temperatūrām veikto mērījumu rezultāti vieniem un tiem pašiem eksperimentālajiem paraugiem būtiski atšķiras, t.i., pie siltāka ledus paraugi slīd ātrāk. Arī dažādos literatūras avotos, kuros apskatīti slīdes pāri metāls-ledus, minēts, ka ledus temperatūras izmaiņas ievērojami ietekmē berzes pāra slīdēšanas īpašības [3,4]. Lai sīkāk noskaidrotu temperatūras ietekmi uz eksperimentu rezultātiem, tika veikti mērījumi ar

dažādi apstrādātiem paraugiem pie dažādām temperatūrām. Iegūtie dati apkopoti sekojošā grafikā.



14.att. Klimata kameras temperatūras ietekme uz paraugu slīdamību un rezultātu izkliedi.

No grafika redzams, ka samazinot kameras gaisa temperatūru no -5°C līdz -10°C , dažādi apstrādātu paraugu slīdēšanas laiku atšķirības ievērojami samazinās, kas būtiski apgrūtina to modifikācijas ietekmes novērtēšanu. Turpinot samazināt kameras gaisa temperatūru, vairs netiek novērotas tik būtiskas rezultātu izmaiņas, bet ievērojami tiek pasliktināti laboranta darba apstākļi, tādēļ tiek pieņemts lēmums turpmākos eksperimentus veikt gaisa temperatūras diapazonā no -6°C līdz -10°C , jo šajā diapazonā ir nodrošināts, ka ledus nekūst un mērījumu rezultātu izkliede ir pietiekami liela, lai būtu iespējams novērtēt virsmu modifikācijas ietekmi.

KOPSAVILKUMS

VPP projekta “1857. Metāla virsmas apstrāde berzes un diluma samazināšanai” ietvaros tika izgatavota speciāla iekārta (slīdes stends), ar kuras palīdzību iespējams izmērīt dažādi modificētu metāla paraugu slīdamību pa ledu pie maināmiem eksperimenta uzstādījumiem. Lai izpildītu uzdevumu tika veiktas sekojošas aktivitātes:

- 5) Izprojektēts stenda koncepts un izgatavots tā prototips;
- 6) Modificēta klimata simulācijas kamera;
- 7) Veikta slīdes stenda pielāgošana eksperimentiem klimata simulācijas kamerā;
- 8) Veikti piloteksperimenti.

Veikto aktivitāšu rezultātā ir izveidots specializēts slīdes stends, kurš ļauj novērtēt dažādu metāla virsmas apstrādes veidu ietekmi uz paraugu slīdamību pa ledu, un vajadzības gadījumā, arī pa citiem materiāliem, piemēram, metālu vai plastmasu. Stenda darbības princips balstīts uz slīpās plaknes izmatošanu, kura papildināta ar optiskajiem sensoriem, kuri ļauj mērīt laiku, kāds paraugiem nepieciešams, lai noslīdētu no slīpās plaknes augšas līdz apakšai. Minētais slīdēšanas laiks tiek izmantots kā raksturojošais parametrs slīdamības īpašību skaitliskai novērtēšanai.

Stends atrodas specializētā klimata simulācijas kamerā, un tā konstrukcija ir ērti pielāgojama dažādu ģeometriju paraugiem, kas paver plašas eksperimentu variācijas iespējas, tādējādi sniedzot pilnvērtīgāku ainu pētāmā procesa izprašanai.

Veiksmīgi izstrādāta korekta laboratorijas ledus trases izveidošanas metodika, kura satur informāciju par procesa ilgumu, saldēšanas režīmiem, kā arī ledus pēcapstrādi ar speciāli pielāgotu ēveli. Ievērojot izstrādāto metodiku, tiek panākti nepieciešamie eksperimenta apstākļi.

Izdarīta plaša piloteksperimentu sērija, kura ļāvusi noskaidrot dažādu procesu ietekmējošo faktoru iespaidu uz rezultātu iegūšanu, t.i. noskaidrota paraugu svara, ledus temperatūras un plaknes slīpuma leņķa ietekme uz iegūto rezultātu absolūto vērtību un izkliedi, tādējādi ļaujot izprast pie kādiem eksperimenta apstākļiem vislabāk novērojama virsmas modificēšanas ietekme. Ņemot vērā šajos eksperimentos iegūto informāciju, tika izveidota turpmāko eksperimentu veikšanas metodika, lai noskaidrotu virsmas raupjuma ietekmi uz paraugu slīdamību.

LITERATŪRA

1. Fizika. A. Valtera redakcija. Rīga, "Zvaigzne", 1992, 733 lpp..
2. Kamols A., Boiko I., Berzes procesu fizikālie pamati. – Rīga: RTU tipogrāfija, 2006. – 111 lpp.
3. Kietzig A.M., Hatzikiriakos S.G., Englezos P., Physics of ice friction. Journal of Applied Physics, VOL 107, 2010, 16p.
4. Hainzmaier C., A nev tribologically optimized bobsleigh runner. Doctor dissertation, 2005, 149p.