

LATVIJAS UNIVERSITĀTES FIZIKAS INSTITŪTS

ĪSTENO ERAF PROJEKTU

Jaunas tehnoloģijas izstrāde šķidrā metāla kustības inducēšanai metalurģiskos pielietojumos, izmantojot rotējošu pastāvīgo magnētu sistēmu  
2014/0023/2DP/2.1.1.1.0/14/APIA/VIAA/066  
par periodu no 01.06.2015 līdz 31.08.2015

Šajā projekta periodā sekmīgi turpināti un pabeigti plānotie darbi pie eksperimentālajām iekārtām šķidro metālu maisīšanai izmantojot patstāvīgo magnētu sistēmu. Šajā periodā veikta paplašināta analītiskā modeļa izveide parādību aprakstam un iekārtas parametru novērtēšanai, veikta atbilstošu skaitlisko modeļu detalizētāka izstrāde, modelējoša eksperimenta izveide sistēmas darbības pārbaudei samazinātā mērogā laboratorijas apstākļos. Pabeigta un pārbaudīta arī rūpnieciska izmēra iekārta šķidra alumīnija maisīšanai pie alumīnija krāsns. Par veiktajiem mērījumiem un iekārtu izveidi uzrakstītas un iesniegtas divas publikācijas starptautiski citējamos žurnālos. Paveikto darbu sadalījums pa aktivitātēm pārskata periodā:

**Aktivitāte: R2. Skaitliskā aprēķinu modeļa izstrāde**

Jebkurš analītisks modelis ietver daudz tuvinājumu un nespēj pilnībā aprakstīt reālo situāciju katrai konkrētai sistēmas ģeometrijai un citiem parametriem. Šī iemesla dēļ kopā ar analītisko modeli tiek attīstīti arī skaitliskie modeļi. Projekta noslēdzošajā posmā izstrādāti modeļi jau konkrētām eksperimentālajām iekārtām un arī modeļi konkrētu parādību labākai izpratnei un tās nozīmības novērtēšanā konkrētajā tehniskajā risinājumā. Šajā posmā arī veikta skaitlisko modeļu korekcija izmantojot eksperimentālos mērījumu datus, kas ļauj precīzāk aprakstīt modelējamās fizikālās parādības. Skaitliskās modelēšanas darbi tiek veikti ar projekta ietvaros iegādāto programmas Comsol multiphysics 5.0 programmu paketi, bet rezultātu apstrāde un vizualizācija tiek veikta izmantojot arī citu programmatūru.

Šajā atskaites periodā darbs skaitliskās modelēšanas jomā turpināts vairākos virzienos turpinot iepriekš iesākto darbu. Galvenokārt aprēķini veikti jau izmantojot konkrētās būvējamās iekārtas izmērus un parametrus, lai varētu maksimāli precīzi aprakstīt tās darbību, kā arī veikt analītisko modeļu validāciju un novērtēt analītiskajiem modeļiem nepieciešamos empīriskos parametrus, kas raksturo iekārtas darbību. Veikti koriģēti skaitliskie aprēķini elektromagnētiskā spēka un plūsmas ātruma sadalījumam šķidra alumīnija tilpumā. Modeļu pilnveidošanai izmantoti iegūtie mērījumu dati no citu aktivitāšu ietvaros veiktajiem spēka mērījumiem. Veikta vairāku modeļu sērija aprēķinot mijiedarbības momentus atkarībā no laika rotoru griešanās režīmā. Šie modeļi pilnveidoti, lai rezultāti aprakstītu reālo izmērīto spēka momentu iekārtai. Iegūti grafiki, kas apraksta

spēka momentu atkarībā no pagrieziena leņķa salīdzinājumā ar mērījumu datiem. Šie rezultāti norāda uz to, ka spēka moments uz motora asi nedarbojas vienmērīgi. Balstoties uz mērījumiem veikta caurteces un integrālā spēka aprēķini alumīnija krāsnī. Iegūtie rezultāti liecina, ka sagaidāms, ka tiek ierosināta plūsma ar 10-15 cm/s lielu ātrumu 8 kubikmetru homogenizācijas kamerā. Šis rezultāts nozīmē, ka apmaišanās notiek apmēram reizi minūtē, kas atbilst industrijas vajadzībām.

### **Aktivitāte: R3. Modelējošs eksperiments tādas magnētiskās un hidrauliskās shēmas izveidei, kas optimāli atbilst piedāvātajai tehnoloģijai**

Šīs aktivitātes ietvaros tiek izveidot vairāki laboratorijas izmēru modeļi, lai realitātē veiktu nepieciešamos mērījumus un novērojumus, kas nepieciešami, lai noskaidrotu šādas šķidru metālu maisīšanas tehnoloģijas darbību dabā un dotu iespēju labāk pārbaudīt skaitliskos modeļus un analītiskos novērtējumus. Izgatavotas vairākas eksperimentālās iekārtas, kas darbinātas dažādos režīmos iegūstot vērtīgus zinātniskos datus par elektromagnētisko sūkņu ar pastāvīgajiem magnētiem iespējām un efektivitāti.

Šajā projekta posmā veikta iekārtu salikšana no piegādātajām detaļām un veikti mērījumi, mērot caurteci un šķidrā metāla ātrumu pie dažādiem iekārtas darbības režīmiem. Veikti mērījumi ar GaInSn sakausējumu kalibrācijas kontūrā mērot temperatūras sadalījumu un spiedienus, kā arī pārbaudot dažādus caurteces mērīšanas metodes, kas ir ļoti būtiski, lai kontrolētu šķidra metāla plūsmas stiprumu un varētu izdarīt secinājumus par elektromagnētiski inducētas šķidra metāla kustības raksturu un varētu novērtēt caurteci un maisīšanas efektivitāti. Balstoties uz mērījumiem izvērtēti bezdimensionālie parametri, kas apraksta attiecības starp dažādiem spēkiem, kas darbojas uz šķidro metālu. Šie parametri ļauj precizēt sagaidāmos rezultātus liela mēroga iekārtai ar atšķirīgiem parametriem un citām metāla īpašībām. Veikta spiediena-caurteces raksturlīkņu iegūšana uzkonstruētajam cilindriskajam šķidro metālu sūknim. Noteiktās raksturlīknes salīdzinātas ar analītisko aprēķinu pie dažādām kanāla hidrauliskajām pretestībām.

### **Aktivitāte: R4. Piedāvātās tehnoloģijas pārbaude ražošanas apstākļos**

Šajā projekta posmā projekta darbinieki ir veikuši magnētu salikšanu un to ievietošanu speciālos magnētu turētājos, kas nodrošina to aizsardzību un saturēšanu. Divi magnēti tiek ievietoti vienā turētājā. Vēlāk šie turētāji ar magnētiem tiek savilkti kopā ar vitņstieņiem izveidojot magnētu rulli, kas darbojas kā viens liels magnētisks rullis ar asij perpendikulāru magnetizāciju. Šādi ruļļi izgatavoti 3 gabali, kas salikti iekārtas rāmī. Tika veikti arī „sausie” eksperimenti nosakot ruļļu radīto elektromagnētisko spēku uz vara un alumīnija plāksni dažādos attālumos un pie dažādiem ruļļu griešanās ātrumiem. Iegūtie rezultāti parāda, ka šāda sistēma var efektīvi strādāt arī caur 20-30 cm biezu kameras sienu. Šie eksperimenti ļaus iespēju jau konkrēti noteikt spēka blīvumu kāds rodas metālā dēļ magnētu rotācijas un ļaus jau precīzāk plānot turpmākos eksperimentus pie reālas aluīnija krāsns sienas. Veikti eksperimenti pie alumīnija kameras vizuāli nosakot ātrumu. Atsevišķos gadījumos šāda maisīšanas sistēma var nodrošināt līdzvērtīgu maisīšanu un aizstāt mehānisko maisīšanu. Kopumā rezultāti demonstrē zināmas tehnoloģijas pielietojamas iespējas.

### **Aktivitāte: R5. Pētījuma rezultātu publiskošana**

Šajā projekta posmā izstrādāta literatūras apskata un analītiskā apraksta, kā arī rezultātu daļa rakstam par cilindrisko sūkni un iespējām to izmantot šķidra alumīnija maisīšanai metalurģiskos pielietojumos.

Sagatavoti un iesniegti sekojoši zinātniskie raksti:

1. Zinātniskais raksts „Permanent magnet centrifugal pump for liquid aluminium stirring”;

2. Zinātniskais raksts ”The use of permanent magnets in electromagnetic facilities for the treatment of aluminum alloys”;

3. Zinātniskais raksts " Permanent magnet stirrer for liquid aluminum processing".

Pārskata periodā semināra norises laikā nolasīts referāts par projekta laikā iegūtajiem rezultātiem, kas tika apvienots kopā ar LU Fizikas Institūta zinātniskās padomes sēdi, kuras laikā tika prezentēti projekta sasniegtie rezultāti.

31.08.2015