



TALLINN UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

**POLYCARBONATE REGRIND UTILIZATION FOR
ENCLOSURE LID INJECTION MOULDING**

MEHAANILISELT ÜMBERTÖÖDELDUD POLÜKARBONAADI KASUTAMINE
KARBIKU KAANE SURVEVALUS

EKV70LT

Student: Anni Blumkvist

Supervisor: Viktoria Voronova

Tallinn, 2016

CONCLUSIONS

In this master thesis PC regrind utilization for enclosure lid IM on the basis of Ensto Tallinn plant production was studied. Positive results have been gained according to material streams viscosity and humidity content measuring and as an outcome of enclosure lid functionality testing, CF analysis and economic analysis. Enclosure lid quality level needs further improvement.

Material streams viscosity in Scenarios 1-3 exhibited similar behaviour regardless of utilized material streams and test temperatures. As the material streams viscosity properties are similar then there is no need to adjust IM machine parameters during enclosure lid IM due to difference in material streams viscosity properties.

Scenarios 1-3 material streams humidity content were before enclosure lids IM below 0,03%. Assessed enclosure lids highest visual quality level was 83% in Scenario 1 with virgin material. Visual quality level 82% was achieved in Scenario 2 with regrind and visual quality level 73% in Scenario 3 with mixture of virgin material and regrind. As in 2016 Ensto Tallinn plant quality level target for production is 95,5% then achieved quality levels are low for enclosure lid normal IM. The reason for low quality level is caused due to small batches of enclosure lid IM in current thesis.

During trial assembly excessive shrinkage was not present for enclosure lids. Regarding impact strength testing out of 90 pcs of tested enclosure lids 89 pcs passed and 1 pcs failed the test. 1 enclosure lid failure during impact strength testing is caused due to enclosure lid design or testing method. On the question of water tightness testing out of 27 pcs tested enclosure lids 26 pcs passed and 1 pcs failed the test. 1 pcs enclosure lid which failed the test is the same enclosure lid which had previously failed during impact strength testing.

According to visual quality assessment and functionality testing results optimal amount of regrind which Ensto Tallinn plant utilize for enclosure lid IM is 100% with Scenario 2. In order to receive standardized approval for 100% regrind enclosure lid IM according to UL746D standard requirements additional testing is needed to be carried out by UL.

At the moment the optimal amount of PC regrind which can be utilized for enclosure lid IM is 25% with Scenario 3 as 25% of regrind has standardized approval according to UL requirements. In terms of 25% regrind utilization for enclosure lid IM it is suggested to

invest into automatic blending equipment to increase homogeneity of the mixed stream before IM.

As an outcome of CF analysis regrind containing enclosure lids in Scenario 2 and in Scenario 3 avoid GHG emissions formation in terms of 30500 pcs of enclosure lids manufacturing in 2016. The amount of avoided GHG emissions are 155kg*CO₂-eq and 39kg*CO₂-eq respectively comparing to Scenario 1. The two most GHG emissions intensive processing stages of Scenarios 1-3 enclosure lids are from electricity consumption perspective and these include IM and packing.

Economic analysis revealed that enclosure lid operation costs are decreased by the utilization of regrind comparing to utilization of virgin material for IM. Operation costs are decreased with Scenario 2 12775€ and with Scenario 3 3194€ per 30500 pcs enclosure lids IM in 2016 comparing to Scenario 1.

Current thesis can be applied as an input not only for Ensto Tallinn plant but also for other similar plastics processing companies in order to minimize environmental impacts and decrease operation costs. As the study was the first input for Ensto Tallinn plant on the question of regrind utilization for enclosure lid IM current work can be researched further in many perspectives.

In order to increase the quality level to specified target of 95,5% it is suggested to manufacture larger enclosure lid batches in IM to evaluate possible IM process fluctuations in longer time scale. Therefore it is suggested to study the most appropriate parameters for enclosure lid IM.

Regarding impact strength testing the exact location of impact testing hammer hits shall be determined on the surface of enclosure lid. The latter would avoid failure of enclosure lids in impact strength and water tightness testing caused by the testing method or product design.

Further suggestion is to apply UL standardized confirmation for 100% regrind utilization in enclosure lid IM.

In terms of environmental analysis it is recommended to carry out full life-cycle assessment (LCA) for Scenarios 1-3 to address thoroughly contribution to all impact categories. Therefore, it is suggested to further research electricity consumption reduction possibilities for IM and packing which could minimize GHG emissions and operation costs.

KOKKUVÕTE

Magistritöös uuriti Ensto Tallinna tehase tootmise põhjal mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kasutamise võimalust karbiku kaane survevalus. Saavutati positiivsed tulemused materjalide viskoossuste ja niiskussisalduste mõõtmisel, karbiku kaane funktsionaalsel testimisel ning ka süsiniku jalajälje analüüsi ja majandusliku analüüsi tulemusel. Karbiku kaane kvaliteeditase vajab edasisi parendustegevusi.

Stsenaariumide 1-3 materjalide viskoossused muutusid sõltumata materjalivoost ning katsetustemperatuuridest ühtemoodi. Kuna materjalivoode viskoossused on sarnased, siis ei ole karbiku kaane survevalus vaja materjali viskoossusomaduste tõttu muuta survevalumasina seadistusparameetreid.

Enne karbiku kaane survevalu oli stsenaariumide 1-3 materjalide kuivatamisel niiskussisaldus alla 0,03%. Survevalus saavutati karbiku kaane visuaalne kvaliteeditase 83% stsenaariumis 1 uue toormaterjaliga. Kvaliteeditase 82% oli stsenaariumis 2 mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadiga ja kvaliteeditase 73% stsenaariumis 3 uue toormaterjali ning mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi seguga. Kuna Ensto Tallinna tehase 2016. aasta kvaliteedieesmärk on 95,5%, siis stsenaariumide 1-3 kvaliteeditasemed on karbiku kaane survevaluks madalad. Eesmärgist madalama kvaliteeditaseme saavutamine on põhjustatud väikeste testpartiide tootmise tõttu.

Proovimontaaži käigus ei täheldatud karbiku kaane liigset kahanemist. Löögisitkuse testi tulemusel 90-st katsetatud karbiku kaanest 89 läbisid ja 1 ei läbinud testi. 1 karbiku kaane löögisitkuse testi mitteläbimine tulenes karbiku kaane disainist või katsetusmeetodist. Veetestis katsetati 27 karbiku kaant koos karbikutega. Tulemusena 26 karbiku kaant läbisid ning 1 ei läbinud veetesti. 1 karbiku kaas, mis veetesti ei läbinud, oli eelnevalt purunenud löögisitkuse testis.

Visuaalse kvaliteedihindamise ja funktsionaalsete testide tulemusena on optimaalne mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kogus karbiku kaane survevalus 100% stsenaariumiga 2. Selleks, et 100% mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kasutamine karbiku kaane survevalus oleks standardiseeritud, peab UL vastavalt UL746D standardile teostama lisateste. Hetkel on optimaalne mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kogus karbiku kaane survevalus 25% stsenaariumiga 3, millel on olemas UL standardiseeritud kasutamine karbiku kaane survevalus. 25% mehaaniliselt

ümbertöödeldud polükarbonaadi kasutamiseks on soovituslik investeerida automatiseeritud segamisseadmesse, mis tõstaks materjalisegu homogeensust enne survevalu.

Süsiniku jalajäle analüüsi tulemusel vähendasid mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaati sisaldavad stsenaariumi 2 ja stsenaariumi 3 karbiku kaaned kasvuhoonegaaside emissioone 30500 karbiku kaane tootmisel 2016. aastal vastavalt 155kg*CO₂-eq ja 39kg*CO₂-eq võrreldes stsenaariumiga 1. Stsenaariumide 1-3 kõige kasvuhoonegaaside emissioonide intensiivsemad karbiku kaane töötlemisetapid elektritarbimise seisukohast on survevalu ja pakkimine.

Majandusliku analüüsi tulemusena vähenevad karbiku kaane tootmiskulud mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kasutamisel võrreldes uuest toormaterjalist toodetud karbiku kaanega. Tootmiskulud vähenevad 30500 karbiku kaane tootmisel 2016. aastal stsenaariumiga 2 12775€ ja stsenaariumiga 3 3194€ võrreldes stsenaariumiga 1.

Käesolevat magistritööd võib kasutada nii Ensto Tallinna tehase kui ka sarnase tegevusvaldkonnaga plastiettevõtete poolt sisendina keskkonnamõjude minimiseerimise ning majanduslike kulutuste vähendamise eesmärgil. Kuna antud töö oli Ensto Tallinna tehase jaoks esmane sisend mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi kasutamiseks karbiku kaane survevalus, on palju võimalusi töö edasiarendamiseks.

Kvaliteeditaseme tõstmiseks eesmärgini 95,5% on soovituslik suurendada karbiku kaane partii suurust, hindamaks survevalu protsessi varieeruvust pikema ajavahemiku vältel. Sealjuures on oluline määratleda sobilikud survevalu parameetrid karbiku kaane survevalus.

Löögisitkuse testimise puhul on otstarbekas defineerida täpne vasaraga teostavate löökide asukoht karbiku kaane pinnal, mis võimaldaks vältida toote disaini vea või katsetusmeetodi tõttu tekkivaid löögisitkuse- ja veetesti mitteläbivaid karbiku kaasi.

100% mehaaniliselt ümbertöödeldud polükarbonaadi standardiseeritud kasutamiseks karbiku kaane survevalus on soovituslik taotleda UL standardiseeritud kinnitust.

Keskkonnaanalüüsi osas on soovituslik teostada täielik elutsükli analüüs (*life-cycle assessment*) stsenaariumi 1-3 karbiku kaantele, et uurida põhjalikult kõiki mõjukategooriaid. Seejuures võib edasi uurida elektritarbimise vähendamise võimalusi nii karbiku kaane survevalus kui ka pakkimises, mis võimaldaks vähendada kasvuhoonegaaside emissioone ja ettevõtte majanduslikke kulusid.