

Granulointikoneen
ajonopeuksien vaikutuksen
selvittäminen puolijohtavan
PVC-granulaatin johtavuuteen

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Muovitekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Teemu Harju

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

HARJU, TEEMU:

Granulointikoneen ajonopeuksien
selvittäminen puolijohtavan PVC-
granulaatin johtavuuteen

Muovitekniikan opinnäytetyö, 12 sivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä selvitettiin BUSS-granulaattorin työstön voimakkuuden ja työstönopeuden vaikutusta puolijohtavan PVC-granulaatin johtavuuteen. Tavoitteena oli löytää koneen ajonopeudet, joilla saadaan tuotettua asiakkaalle raaka-ainetta, joka on kyseessä olevan reseptin ja asiakkaan laatuvaatimuksen mukaista, sekä tuotannollisesti kannattavaa ja mahdollista valmistaa.

Teoreettisessa osuudessa esitellään PVC-sekoitteen valmistamista, granulointia ja laboratoriotestausta.

Kokeellisessa osuudessa käydään läpi testattuja ajonopeuksia ja niiden vaikutusta johtavuuteen.

Lopussa tuloksista todetaan laadullisesti ja tuotannollisesti kannattavimmat ajonopeudet, jotka otettiin tuotannossa käyttöön.

Asiasanat: PVC-sekoite, Buss-kneetteeri, johtavuuden mittaaminen

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in plastics engineering

Harju, Teemu:

Research of the granulators feeding
speeds to the semiconducting PVC
granulates conductivity

Bachelor's Thesis in plastics engineering

12 pages

Spring 2017

ABSTRACT

In this thesis the study investigated the conductivity of the semi-conducting PVC granulates with the process variables of the BUSS granulator. The aim was to find out machine settings to produce the granulate according to specifications and as productive as possible.

The theoretical part describes the PVC compound mixing, granulation and laboratory testing.

The test section examines the different process variables and their effects on conductivity.

At the end, the best production speeds are stated.

Key words: PVC-compound, BUSS-kneader, conductivity

SISÄLLYS

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | SEKOITUS | 2 |
| 2.1 | Kuumasekoitus | 2 |
| 2.2 | Kylmäsekoitus | 3 |
| 3 | BUSS-GRANULAATTORI | 5 |
| 3.1 | Syöttölaite | 5 |
| 3.2 | Kneetteri | 6 |
| 3.3 | Jäähdytin | 7 |
| 4 | JOHTAVUUS | 8 |
| 5 | JOHTAVUUDEN MITTAAMINEN | 9 |
| 6 | AJOARVOJEN MÄÄRITTÄMINEN | 10 |
| 6.1 | Johtopäätös | 10 |
| 7 | YHTEENVETO | 11 |
| | LÄHTEET | 12 |

1 JOHDANTO

Asiakkaiden laatuvaatimukset tilaamalleen tuotteelle ovat nykyisin entistä tarkempia ja tiukemmin määriteltyjä. Yhteen tuotteeseen saattaa liittyä moniakkin asetettuja vaatimuksia, joiden tulee täytyä tai pysyä määritellyissä rajoissa, jotta tuote olisi tasalaatuista ja asiakkaan vaatimusten mukaista.

Ongelmana on ollut puolijohtavan PVC-granulaatin johtavuuden epätasaisuus valmistuserien välillä ja johtavuuden pysyminen tuotteelle asetetuissa rajoissa.

Työn tarkoituksena on selvittää vaikuttavatko puolijohtavan PVC-sekoitteen granuloinnin ajonopeudet massan johtavuuteen.

Tässä työssä selostetaan PVC-sekoituslinjan toimintaperiaate, sekä pehmitetyn puolijohtavan PVC-granulaatin valmistus ja sähkön johtavuuden testaus.

2 SEKOITUS

Sekoituslinja koostuu kuumasekoittimesta ja kylmäsekoittimesta. Koneet ovat yhteydessä logiikkaan ja niitä ohjataan tietokoneelta valvomosta.

Raaka-aineet ovat pääasiassa pulverimuodossa tai granulaattia.

Pehmittimet ovat yleensä nestemäisiä.

2.1 Kuumasekoitus

Kuumasekoitin on säiliö, jonka sisällä on käyttöakseli, jossa on sekoittimen siivet 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Sekoitin käynnistetään ja sekoittimeen annostellaan reseptin mukainen määrä kuivia raaka-aineita.

Annosta kutsutaan satsiksi. Yleensä koko satsi menee kerrallaan kuumasekoittimeen. On myös olemassa reseptejä, joissa osa raaka-aineista lisätään satsiin kylmäsekoitusvaiheessa. Satsia sekoitetaan erittäin voimakkaasti suurella nopeudella. Pehmittimet annostellaan jaksottain ja vähän kerrallaan kuumasekoittimeen kun sekoituksen lämpötila on noin 60°C. Satsi kuumennetaan noin 100°C:aan, siinä vaiheessa pehmitin on imeytynyt PVC:n joukkoon ja massasta saadaan mahdollisimman homogeenistä. Sekoittimen siipien pyörintänopeus on noin 3500 kierrosta minuutissa. Massa kuumenee sekoittimessa kitkan vaikutuksesta. Kun saavutetaan tavoitelämpötila, satsi ajetaan kylmäsekoittimeen.



KUVIO 1. Kuumasekoitin sisältä (Oy Primo Finland Ab 2011.)

2.2 Kylmäsekoitus

Kylmäsekoitin on sylinterin muotoinen säiliö, jossa käyttöakseli on horisontaalisesti. Akselilla on siipiä, jotka sekoittavat jäähdytettävää muovisekoitetta. Sekoittimen vaipassa on jäähdytysnestekanaavisto, johon johdetaan jäähdytysnestettä, jonka avulla massa halutaan jäähdyttää. Jäähdytysneste kiertää sekoittimen sylinterin ja kannen vaipassa ja poistuu vapaasti joko sisäisen kierron paluusäiliöön tai vettä käytettäessä viemäriin. Massat jäähdytetään tyypillisesti 35 °C:een. Kylmäsekoituksen jälkeen satsi voidaan joko pakata pulverina suursäkkiin, puhalleta siiloon tai granuloida.



KUVIO 2. Kylmäsekoitin (Oy Primo Finland Ab 2011.)

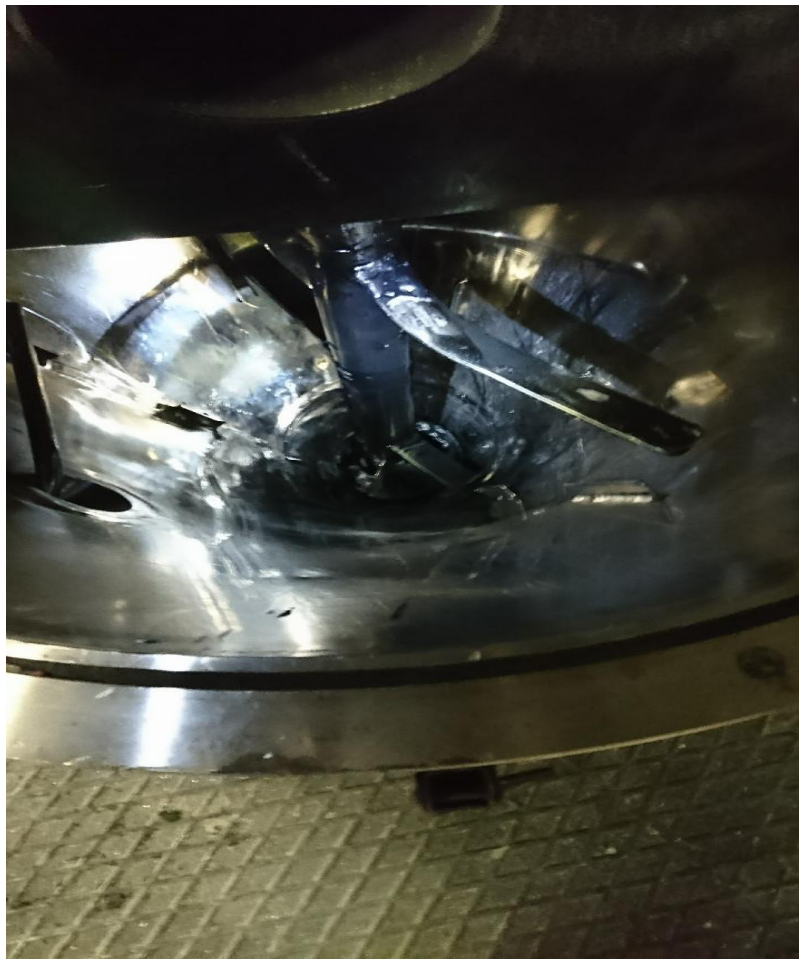
3 BUSS-GRANULAATTORI

Pehmitetty PVC-sekoite granuloidaan BUSS-granulaattorilla.

Granulointikone koostuu syöttölaitteesta, temperointilaitteista, kneetteristä ja jäähdystimestä.

3.1 Syöttölaite

Sekoite puhalletaan BUSS-granulaattorin syöttölaitteeseen. Syöttölaite on kartion muotoinen suppilo, jonka kannessa on vaihdemoottori jolla pyöritetään syöttöruuvia joka syöttää pulverimuotoista massaa kneetterille. Syöttöruuvien nopeutta säädetään taajuusmuuttajalla koneen ohjaustaulusta. Lisäämällä syötön nopeutta saadaan koneen kuormitusta ja osittain tuottoa nostettua.



KUVIO 3. Syöttölaite (Oy Primo Finland Ab 2017.)

3.2 Kneetteri

Kneetteri rakentuu sylinteristä ja ruuvista. Sekä sylinteriä että ruuvia kuumennetaan temperointilaitteilla lämmönsiirtonesteen avulla.

Kneetterisylinterissä on työstötappeja ja akselissa osakierre, jossa on sylinteritappien mukaan kierteettömiä vyöhykkeitä. Pehmitettyä PVC-sekoitetta työstetään kneetterissä vaivaamalla massaa jotta se saadaan plastisoitua. Myös kneetterin nopeutta säädetään koneen ohjaustaulusta. Kneetterin nopeutta lisäämällä koneen kuormitus vähenee ja tuotto kasvaa. Kneetterin ja syöttölaitteen nopeudet on oltava suhteessa oikein jotta saadaan oikeanlaista massaa. Kneetterillä työstetty massa on taikinamaista ja muistuttaa muovailuvahaa. Lämpötilat pysyvät alle sadan asteen. Kneetterin työstön jälkeen plastisoitu massa puristetaan granulointiruuvilla reikälevyn läpi leikkurikoteloon jossa veitsiterä pyyhkii reikälevyn otsapintaa. Granulaatti leikataan yhtä pitkäksi kuin mitä se on paksuudeltaan.



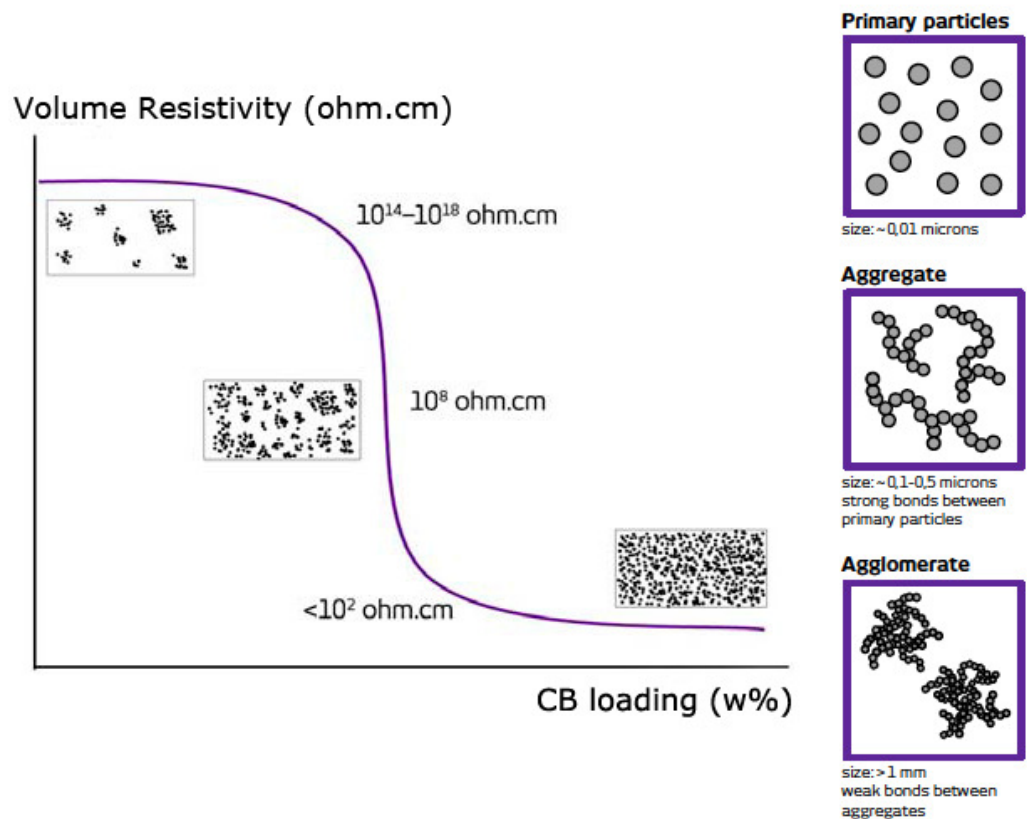
KUVIO 4. Kneetterin pää (Oy Primo Finland Ab 2017.)

3.3 Jäähdytin

Granulaatti puhalletaan leikkurilta siirtoputkistoa pitkin jäähdyttimeen. Jäähdytinsäiliön pohjana on metalliverkko, jonka läpi puhalletaan voimakkaasti suuri määrä ilmaa jolla saadaan granulaatti jäähdytettyä. Jäähdyttimen pohjassa on poistoputki lineaaritärylle. Jäähdytinsäiliön seinämässä on värähtelevä pintaraja. Pintarajan ollessa vaikuttuneena se ohjaa tärylaitetta joka alkaa tyhjentämään jäähdytintä. Granulaatti on siinä vaiheessa suunnilleen saman lämpöistä kuin ulkoilmakin, koska jäähdyttimen puhallin ottaa tuloilman ulkoa.

4 JOHTAVUUS

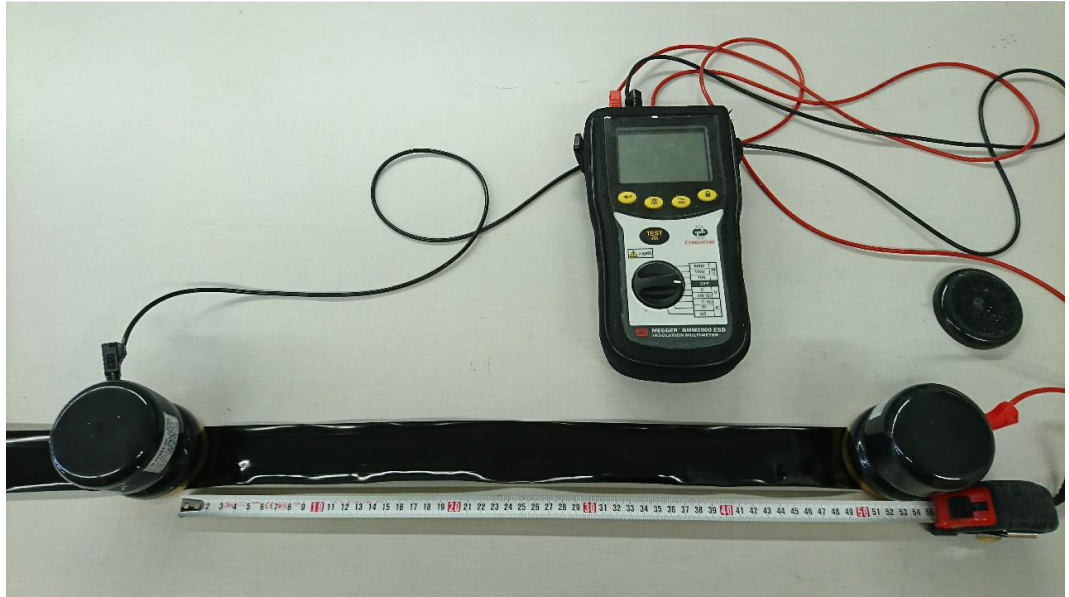
Koska muovit ovat eristeitä, niin PVC:n sekaan sekoitetaan muiden lisäaineiden lisäksi puolijohtavaa pitkäketjuista nokea. Noki annostellaan manuaalisesti kylmäsekoittimeen jossa se sekoittuu muiden reseptissä olevien raaka-aineiden joukkoon. Granulointi on oltava sen verran hellävaraista, ettei katkota noen pitkiä ketjuja. Johtavuus säilyy silloin kun noen partikkelit osuvat riittävästi toisiinsa. (Premix Oy 2017).



KUVIO 5 Perkolaatiokäyrä (Premix Oy 2017.)

5 JOHTAVUUDEN MITTAAMINEN

Valmistetuista sekotteista otetaan näyte laboratoriotestejä varten. Näytteestä ajetaan laboratorioekstruuderilla 700mm pitkiä nauhoja. Nauhasta mitataan sähkönjohtavuus ESD-mittarilla asettamalla nauhan päälle mittaelektrodit 500mm etäisyydelle toisistaan. Nauhan on oltava sähköä johtamattomalla alustalla. (Oy Primo Finland Ab 2009.)



KUVIO 6. Sähkönjohtavuuden mittaaminen (Oy Primo Finland Ab 2017.)

6 AJOARVOJEN MÄÄRITTÄMINEN

Granuloinnin ajoarvoja alettiin hakemaan vanhoista kokemukseen perustuvista arvoista, joilla kyseessä olevaa massaa on mahdollista granuloida. Kneetterin ja syöttölaitteen nopeuksien suhde määrittää kuinka voimakkaasti massaa työstetään. Jos syöttölaitteen nopeus on suuri kneetteriin verrattuna, niin työstö on silloin voimakasta. Voimakas työstö nostaa koneen päämoottorin kuormitusta. Jos päämoottori kuormittuu ja kuumenee liikaa, niin moottorin lämpösuoja pysäyttää koneen, ettei moottori vaurioidu. Maksimi virrankulutus, mitä kone kestää on noin 75A. Taulukossa 1 on esitetty ajoarvoja, joilla haettiin alle yhden kΩ johtavuutta. Myös tuoton piti olla yli 300kg/h.

TAULUKKO 1. Ajonopeudet.

| Erä | Leikkuri | Granulointiruuvi | Kneetteri | Syöttö | Kuormitus (A) | kΩ | tuotto kg/h |
|-----|----------|------------------|-----------|--------|---------------|------|-------------|
| 1 | 73 | 26,5 | 124 | 24,5 | 70 | 1,15 | 290 |
| 2 | 73 | 26,5 | 124 | 22,5 | 67 | 1,3 | 280 |
| 3 | 73 | 26,5 | 127 | 22,5 | 65 | 1,1 | 300 |
| 4 | 73 | 26,5 | 127 | 26 | 68 | 0,9 | 325 |
| 5 | 73 | 26,5 | 130 | 26 | 70 | 0,67 | 310 |

Granulointikone käynnistettiin ja ajettiin jonkin aikaa massaa, jotta kneetterin lämmöt tasaantuivat. Sen jälkeen ajoarvoja säädettiin taulukon 1 arvojen mukaan. Koneita ei pysäytetty erien välillä, vaan koneeseen asetettiin uudet eräkohtaiset arvot. Jokaista erää ajettiin 15 minuuttia ennen näytteen ottamista, jotta massa vaihtui varmasti kyseisten ajoarvojen mukaisiksi. Näytteet testattiin laboratoriossa.

6.1 Johtopäätös

Erän 5 ajonopeudet osoittautuivat erittäin hyväksi sekä laadullisesti, että tuotannollisesti. Kyseiset ajonopeudet otettiin käyttöön ja niillä on valmistettu onnistuneesti useita eriä johtavuuden ja tuoton pysyessä samalla tasolla erien välillä.

7 YHTEENVETO

Koska granulaateille ei ole määritelty ajonopeuksia, eivät tuote-erätkään ole voineet olla aina samanlaisia ja tasalaatuisia toisiinsa verrattuna. Granulaattorilla on valmistettu tuotetta kokemukseen perustuvilla ajoarvoilla, joilla vain on saatu aikaiseksi visuaalisesti hyvän näköistä granulaattia tietämättä mihin kaikkeen ajonopeudet vaikuttavat. Tässä tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan ajonopeuksien vaikutusta granulaatista valmistetun nauhan sähkönjohtavuuteen ja todettiin, että pienetkin muutokset vaikuttavat yllättävän paljon. Olisi varmasti syytä ottaa selvää myös mihin muihin ominaisuuksiin granuloinnin nopeus ja työstön voimakkuus vaikuttavat.

LÄHTEET

Juvonen, P. 2011. Huolto-ohje 1-Sekoitin MTI

Premix Oy. 2017. [viitattu 25.5.2017] Saatavissa:
<http://www.premixgroup.com/product-cats/conductive-compounds/conductive-carbon-black/>

Oy Primo Finland Ab. 2009. Puolijohtavien sekoitteiden
sähkönjohtavuuden mittaaminen

