

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

2017

Henri Vuorinen

RUISKUVALUKONEEN RUUVIN PUHDISTUSMENETELMÄT

Henri Vuorinen

RUISKUVALUKONEEN RUUVIN PUHDISTUSMENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Okartek Oy:n kanssa. Työ käsittelee ruiskuvalukoneen ruuvien puhdistusta. Työssä testattiin viittä erilaista ruuvien puhdistusainetta sekä tutkittiin menetelmiä puhdistuksen tehostamiseksi. Ruiskuvalukappaleen tärkein laatukriteeri on useimmissa tapauksissa pinnan laatu.

Puhdistusaineiden testit suoritettiin ruiskuvalukoneella. Tarkoituksena oli ruiskuvalaa tuotteita ruuvien puhdistuksen jälkeen ja tarkastella puhdistus tuloksia. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi työhön valittiin kaksi raaka-ainetta, jotka tuottavat raaka-aineista eniten hukkaa yrityksessä. Valitut raaka-aineet olivat kirkas polykarbonaatti sekä valkoinen polymetyylimetakrylaatti. Ennen puhdistusta kone liittiin mustalla polyamidi raaka-aineella.

Ennen puhdistusaineiden testauksia tutustuttiin ruiskuvalukoneisiin sekä ruiskuvaluprosessin eri vaiheisiin. Ruiskuvalukoneet ovat nykyään hyvin pitkälle automatisoituja ja monipuolisesti säädettävissä olevia koneita. Ruiskuvaluprosessin hallinta on tärkeää ruiskuvalukappaleen pinnanlaadun takia.

ASIASANAT:

ruiskuvalukone, ruiskuvalu, ruuvi, ruuvien puhdistusaine, polykarbonaatti, polymetyylimetakrylaatti, polyamidi

Henri Vuorinen

CLEANING METHODS FOR THE INJECTION MOLDING MACHINE SCREW

This thesis was made in cooperation with Okartek Oy. The work deals with the cleaning of the injection molding machine screw. Five different types of screw cleaning products were tested as well as the methods of cleaning efficiency were examined. The most important quality criterion for the injection molding product is in most cases the surface quality.

The cleaning tests were performed on an injection molding machine. The purpose was to produce products after the screw cleaning and inspect the cleaning results. To achieve the best result, two plastic raw material were selected for the testing. Those two materials create most waste in the Okartek. The selected raw plastic materials were clear polycarbonate and white polymethylmethacrylate. Before cleaning, the machine was soiled with black polyamide raw plastic material.

Before testing the screw, cleaning products, the injection molding machines and the whole injection molding process and its different stages were studied. Present-day injection molding machines are mostly automated and diversely adjustable. Controlling the injection molding process is very important to the surface quality of the product.

KEYWORDS:

injection molding machine, injection molding, screw, screw cleaning product, polycarbonate, polymethylmethacrylate, polyamide

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 OKARTEK OY | 8 |
| 3 RUISKUVALUKONE | 9 |
| 3.1 Sulkuyksikkö | 9 |
| 3.2 Ruiskutusyksikkö | 10 |
| 3.3 Käyttö- ja ohjausyksikkö | 10 |
| 4 RUISKUVALUPROSESSI | 11 |
| 4.1 Muotin sulku | 11 |
| 4.2 Ruiskutus | 11 |
| 4.3 Jälkipaine ja jäähdytys | 12 |
| 4.4 Plastisointi | 13 |
| 4.5 Muotin avaaminen | 13 |
| 5 PINTAVIRHEITÄ | 14 |
| 5.1 Palojäljet | 14 |
| 5.2 Raidat | 14 |
| 5.3 Tummat pisteet | 15 |
| 6 KOEAJOSSA KÄYTETYT RAAKA-AINEET | 16 |
| 6.1 Polyamidi (PA) | 16 |
| 6.2 Polymetyylimetakrylaatti (PMMA) | 16 |
| 6.3 Polykarbonaatti (PC) | 17 |
| 7 KOEAJOSSA KÄYTETYT PUHDISTUSAINEEET | 18 |
| 7.1 Ultra Purge | 18 |
| 7.2 Purgex | 18 |
| 7.3 Cordublend | 19 |
| 7.4 Coratex | 19 |
| 7.5 Rozylit | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 8 KOEAJON SUORITTAMINEN | 21 |
| 9 HAVAINNOT | 24 |
| 10 TULOSTEN TARKASTELU | 25 |
| 11 PUHDISTUKSEN TEHOSTAMINEN | 27 |
| 11.1 Värin vaihto | 27 |
| 11.2 Muovimateriaalin ajo yhdellä ruiskuvalukoneella | 27 |
| 11.3 Ruuvien irrotus ja puhdistus | 27 |
| 11.4 Kuumasuuttimen puhdistus | 28 |
| 11.5 Kuumakanavien puhdistaminen | 28 |
| 12 YHTEENVETO | 29 |
| LÄHTEET | 30 |

KUVAT

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Sulkuyksikkö..... | 9 |
| Kuva 2. Ruiskutusyksikkö..... | 10 |
| Kuva 3. Muotin täyttäminen..... | 12 |
| Kuva 4. Jälkipaine ja jäähdytys..... | 12 |
| Kuva 5. Muotin avaaminen ja ulostyöntö..... | 13 |
| Kuva 6. Ruiskuvalukone..... | 21 |
| Kuva 7. Ruiskuvalettu kappale polyamidista..... | 22 |
| Kuva 8. Ruiskuvalettu kappale PMMA:sta puhdistuksen jälkeen..... | 22 |
| Kuva 9. Ruiskuvalettu kappale PC:stä puhdistuksen jälkeen.. | 23 |

TAULUKOT

| | |
|-------------|----|
| Taulukko 1. | 25 |
| Taulukko 2. | 26 |

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

| | |
|------|-------------------------------|
| ABS | Akrylnitrilibutadienistyreeni |
| PA | Polyamidi |
| PC | Polykarbonaatti |
| PMMA | Polymetyylimetakrylaatti |

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Okartek Oy:n kanssa. Opinnäytetyö käsittelee ruiskuvalukoneen ruuvin puhdistusta ja siihen käytettäviä menetelmiä ja puhdistusaineita. Työn tavoitteena oli löytää ruuvin puhdistukseen sopivia puhdistusaineita, joiden avulla tuotannossa käytettävien raaka-aineiden hävikkiä saataisiin pienennettyä. Ongelmana ovat erityisesti valkoiset PMMA ja kirkkaat PC-raaka-aineet. Näillä raaka-aineilla ajettaessa on syntynyt suuri määrä raaka-ainehävikkiä.

Opinnäytetyön käytännön osuudessa testataan useaa erilaista puhdistusainetta. Työn tuloksena pyritään löytämään oikeat puhdistusaineet. Hävikin pienentämisellä on taloudellista hyötyä yritykselle. Tämä on olennaista yrityksen kilpailukyvyn kannalta.

Opinnäytetyö antaa kattavan kuvan muovien ruiskuvalusta, sillä opinnäytetyössä esitellään ruiskuvalukoneen tärkeimpiä osia sekä ruiskuvaluprosessin eri vaiheita. Työtä tehdessä havaitaan tekijöitä, jotka vaikuttavat ruiskuvaletun tuotteen laatuun. Laadun arviointi on tärkeä osa ruiskuvaluprosessia, siksi nämä tekijät esitellään työssä. Lisäksi työssä eritellään koeajoissa käytettyjä raaka- ja puhdistusaineita.

2 OKARTEK OY

Okartek Oy on suomalainen muovialan sopimusvalmistaja, joka työllistää noin 60 henkilöä. Okartekin tuotanto jakautuu kahteen pääalueeseen, jotka ovat ruiskuvalu ja lämpömuovaus. Okartek on toiminut 30 vuotta suomalaisen muovituotevalmistuksen parissa. Vuodesta 2005 lähtien Okartek on kuulunut Etola-yhtiöihin. Okartek ruiskuvalaa myös omia tuotteita, josta merkittävin tuoteryhmä on Okarroll-tuotteet. (Okartek 2017)

Yrityksessä on käytössä useita kymmeniä automatisoituja ruiskuvalukoneita. Okartekin ruiskuvalukappaleiden painot jakaantuvat noin 2 gramman kappaleista aina 7000 gramman kappaleisiin. Mitoiltaan suurin kappale on noin 1600 mm x 1250 mm. Okartekin tuotannossa on käytössä jatkuvasti yli 200 materiaalia. (Okartek 2017)

Okartekin toiveena oli, että työssä tutkitaan ja testataan erilaisia ruiskuvalukoneen ruuvien puhdistusaineita. Ongelmana ovat erityisesti valkoiset PMMA ja kirkkaat PC-raaka-aineet. Näillä raaka-aineilla valettaessa on syntynyt suuria määriä hävikkiä, jota halutaan pienentää.

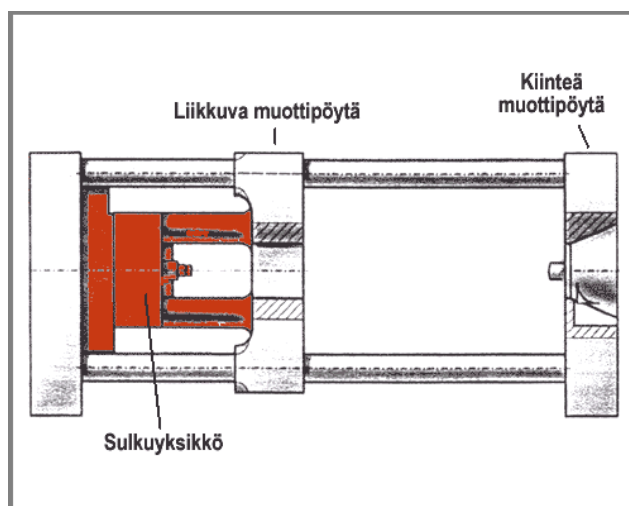
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on käsitellä ruiskuvalua ja sen eri osa-alueita. Lisäksi työssä eritellään testattavien puhdistus- ja raaka-aineiden ominaisuuksia. Työssä pohditaan myös ruiskuvalukoneen ruuvien puhdistuksen tehostamista.

3 RUISKUVALUKONE

Ruiskuvalukoneen yleistehävät ovat muotin avaus ja sulkeminen, sulkuvoiman muodostaminen, plastisoidun muovisulan ruiskutus muottiin sekä uuden muovisulan annostus seuraavaa muotin täyttöä varten. Ruiskuvalukonetta voidaan käyttää monen eri muotin kanssa, kunhan muotin ja valettavan kappaleen koko ja tilavuus soveltuvat koneeseen. Muovimassa ruiskutetaan normaalisti suurella nopeudella muottiin. Muotin täyttämisen ja vaadittavan nopeuden saavuttamiseksi tarvitaan voimakas ruiskutusaine. Ruiskutusaine muodostaa muotin sisälle paineen, joka pyrkii aukaisemaan muotin. Muotin ennenaikaisen aukeamisen välttämiseksi tarvitaan sulkuvoima. (Nykänen & Höök 2015.)

3.1 Sulkukyksikkö

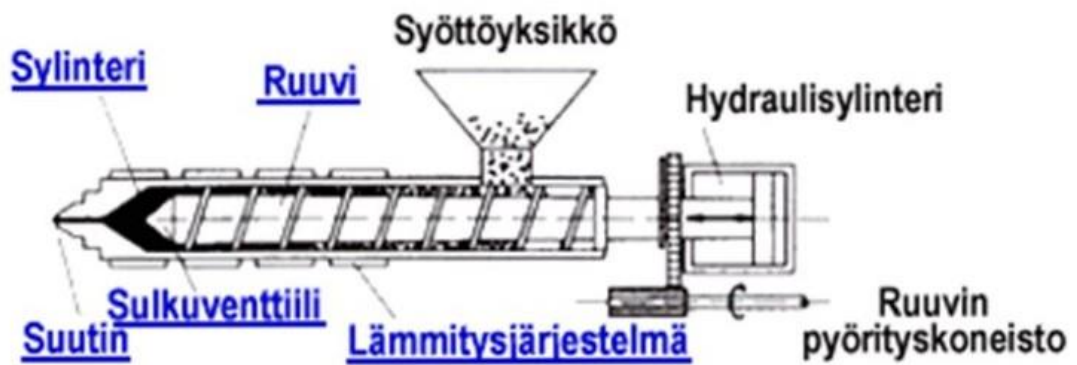
Sulkukyksikkö säätelee muotin liikkeitä sulku- ja avausvaiheessa. Sulkukyksikkö avaa muotin kappaleen ulostyöntöä varten ja sulkee muotin ennen seuraavaa ruiskutusta. Muotti kiinnitetään sulkukyksikön muottipöytien väliin. Yleensä sulkukyksiköt jaotellaan hydrauliseen suorasulkujärjestelmään tai polviniveljärjestelmään. Sulkuvoimalla kuvastetaan parhaiten ruiskuvalukoneen suorituskykyä ja kokoa. Sulkuvoima vaihtelee muutamasta tonnista 10 000 tonniin asti koneen koosta riippuen. (Kurri ym. 2008, 76; Nykänen & Höök 2015.) Alle olevassa kuvassa havainnollistetaan sulkukyksikön eri osia.



Kuva 1. Sulkukyksikkö. (Nykänen & Höök 2015.)

3.2 Ruiskutusyksikkö

Syöttösuppilo, sylinteri, ruuvi, sulkurengas ja lämmitysvastukset ovat ruiskutusyksikön tärkeimmät osat. Ruuvi liikkuu taaksepäin plastisointivaiheessa, jolloin se kerää eteensä tarvittavan materiaalmäärän yhteen ruiskutuskertaan. Ruiskutusvaiheessa ruuvi liikkuu eteenpäin työntäen plastisoitua massaa muottiin. Ruuvissa on sulkurengas, joka estää massan virtaamasta taaksepäin. Hydraulisylinteri työntää ruuvia eteenpäin muodostaen massalle ruiskutuspaineen. Ruiskutuspaineen maksimialue on 1500 – 2000bar. Massa ruiskutetaan muottiin ruiskutussylinterin kärjessä olevan suuttimen kautta. (Nykänen & Höök 2015.) Alla olevassa kuvassa on esitelty ruiskutusyksikön oleellisia osia.



Kuva 2. Ruiskutusyksikkö. (Nykänen & Höök 2015.)

3.3 Käyttö- ja ohjausyksikkö

Lähes kaikki ruiskuvalukoneet ovat tietokoneohjattuja. Ohjausyksikön avulla ohjataan ja säädetään muun muassa kuumakanavan, muotin ja sylinterin lämpötiloja, ruuvien pyörimisnopeutta, ruiskutusnopeutta, jälkipainetta sekä pöydän liikkeitä. Käyttöyksikkö on käyttöliittymä, jonka kautta käyttäjä tekee tarvittavat asetukset ja komennot ruiskuvalukoneelle. (Nykänen & Höök 2015.)

4 RUISKUVALUPROSESSI

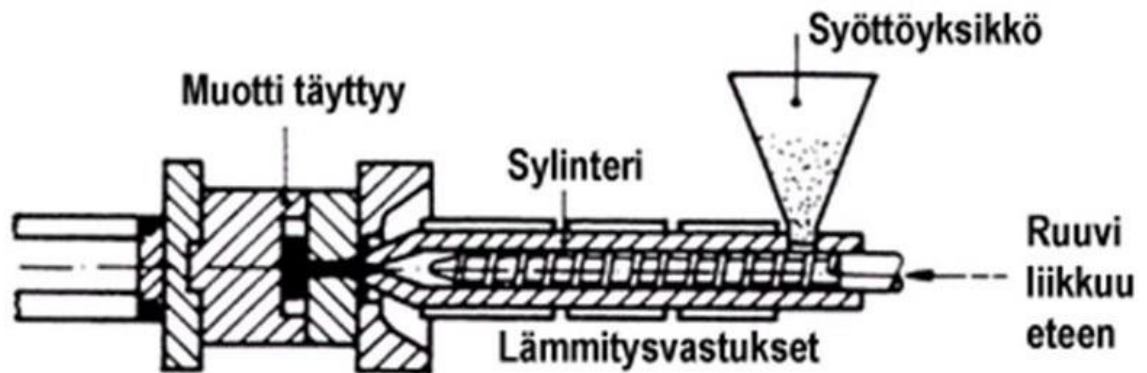
Ruiskuvaluprosessissa keskeisimmät laitteet ovat ruiskuvalukone, ruiskuvalumuotti sekä muotin temperointiin tarvittava laitteisto. Ruiskuvaluprosessi voidaan jakaa eri vaiheisiin. Prosessi alkaa muotin sulkeutumisella, jonka jälkeen muovisula ruiskutetaan muottiin. Jälkipaineella varmistetaan kappaleen täydellinen täyttyminen ja kappaleen jäähtyminen alkaa. Asetetun jäähtymisajan päätyttyä muotti aukeaa ja valmis tuote ulostyönnetään muotista. Samaan aikaan näiden rinnalla kulkee toinen prosessi, jonka tarkoituksena on tuottaa uusi raaka-aineannos seuraavaa iskua varten. (Nykänen & Höök 2015.)

4.1 Muotin sulkua

Ensimmäinen vaihe on muotin sulkua, jonka pitää tapahtua joustavasti ja mahdollisimman nopeasti niin, että muottipuoliskot lukkiutuvat kolahtamatta. (valuatlas s.80). Ruiskuvalukoneet voidaan luokitella sulkuvoiman perusteella. Sulkuvoimalla tarkoitetaan voimaa, jolla muottipuoliskot puristavat toisiaan vasten. (Nykänen & Höök 2015.)

4.2 Ruiskutus

Muotin sulkeuduttua ruiskutusyksikön sylinterin suutin ajetaan joko käsin tai automaattilla muotin suuttimeen kiinni. Näin muovisula saadaan virtaamaan suuttimen kautta muottipesään. Ruiskutusvaiheessa on kiinnitettävä huomio ruiskutusnopeuteen, ruiskutuspaineseen ja jälkipaineeseen. Ruiskuttaessa ruuvi liikkuu nopeasti eteenpäin ja työntää samalla muovisulaa suurella nopeudella ja paineella muottipesään. Muovimassan jäähtyminen muotissa pitäisi tapahtua mahdollisimman tasaisesti ja siksi ruiskutuksen on tapahduttava nopeasti. (Kurri ym. 2008, 81; Nykänen & Höök 2015.) Kuvassa 3 on havainnollistettu ruiskuvaluprosessin ruiskutusvaihe.

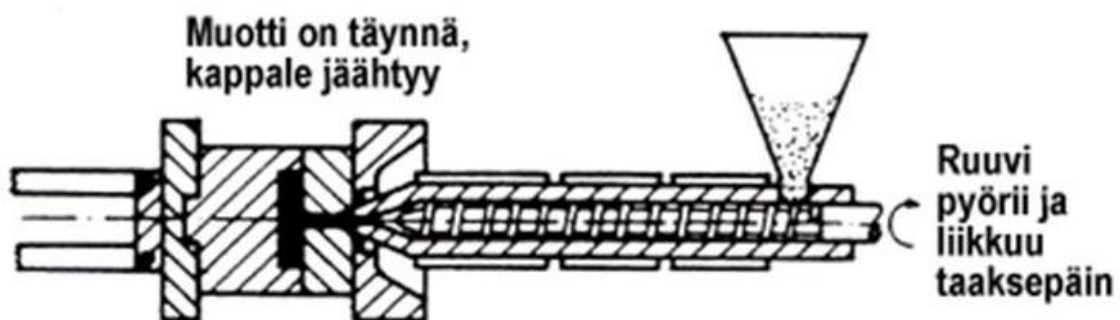


Kuva 3. Muotin täyttäminen. (Nykänen & Höök 2015.)

4.3 Jälkipaine ja jäähdytys

Ruiskutusvaihetta seuraa jälkipaine, jonka tarkoituksena on viimeistellä muottipesän täyttö ja kompensoida materiaalin kutistumaa. Jälkipaineella on myös vaikutus kappaleen sisäisiin jännityksiin, mittatarkkuuteen ja painoon. Kappaleesta on mahdollista saada hyvin mittatarkka, kunhan jälkipainevaiheessa muotin sisällä oleva paine on tasainen. Paineen ollessa epätasainen, kappale saattaa vääntyillä eikä sen mittatarkkuus ole niin hyvä. (Kurri ym. 2008, 82.)

Valettavan kappaleen jäähdytys on pisin vaihe ruiskuvalussa. Kappaleen jäähdytys alkaa jo ruiskutusvaiheessa muovimassan virratessa muottiin ja jatkuu aina jälkipaineen jälkeen, jotta kappale pysyy muodossaan. Muotti vesien avulla voidaan nopeuttaa kappaleen jäähdyttämistä. (Leomuovi 2017.) Kuvassa 4 on havainnollistettu ruiskuvaluprosessin jälkipaine- ja jäähdytysvaihe.



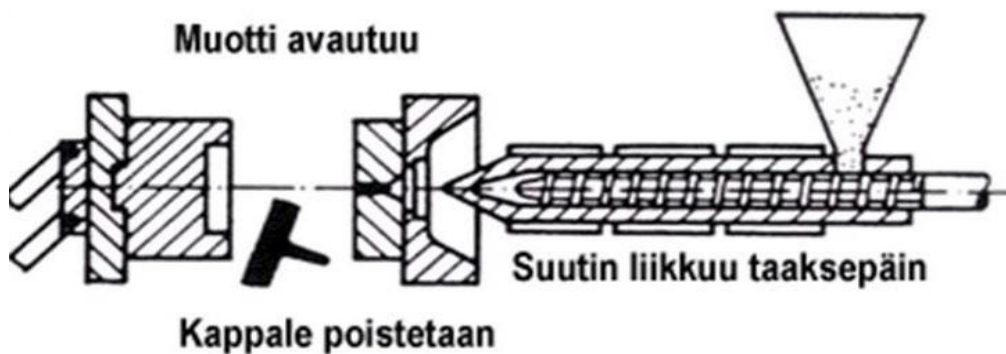
Kuva 4. Jälkipaine ja jäähdytys. (Nykänen & Höök 2015.)

4.4 Plastisointi

Jälkipaineen päätyttyä ruiskuvalukone aloittaa uuden raaka-aineannoksen annostelun. Tätä vaihetta kutsutaan plastisoinniksi. Annosteluvaiheessa ruuvin etupuolelle syntyy muovisulasta aiheutuvia voimia, jotka työntävät ruuvia taaksepäin. Ruuvin perääntymistä hidastetaan vastapaineella. Plastisoinnissa muovi sulaa lämmitysvastusten ja ruuvin pyörimisestä aiheutuvan kitkan avulla. Muovimateriaaleista saattaa irrota plastisointivaiheessa höyryjä ja kaasuja, jotka saattavat aiheuttaa valettavaan kappaleeseen huokoisia tai vaikuttaa negatiivisesti pinnanlaatuun. Valettavasta kappaleesta ilmenee helposti, onko muottiin jäänyt vesihöyryä tai ilmaa. (Nykänen & Höök 2015.)

4.5 Muotin avaaminen

Asetetun jäähdytysajan kuluttua muotti avataan ja kappale voidaan työntää ulos muotista. Kappale tippuu kuljetushihnalle tai laatikkoon. Tämän jälkeen robotti hakee valmiin kappaleen ja vie sen kuljettimelle. (Nykänen & Höök 2015.) Kuvassa 5 on havainnollistettu ruiskuvaluprosessin viimeinen vaihe. Kappaleen jäähdyttyä muotti aukeaa ja kappale poistetaan muotista.



Kuva 5. Muotin avaaminen ja ulostyöntö. (Nykänen & Höök 2015.)

5 PINTAVIRHEITÄ

Ruiskuvalukappaleen tärkein laatukriteeri on useimmissa tapauksissa pinnan laatu. Monimutkaisen prosessin takia kappaleen suunnittelun, raaka-aineen, muotin konstruktion ja työstöprosessin välillä on usein vaikeaa havaita tai tunnistaa vian aiheuttaja. Tämän vuoksi on vaikeaa toteuttaa nopeasti sopiva parannuskeino. (Thienel ym. 1992, 2.)

5.1 Palojäljet

Palojälkien, kosteus- sekä ilmaraitojen ulkonäkö on monessa tapauksessa samanlainen. Tämän vuoksi pintavirheen luokittelu on silmämääräisesti haastavaa, ellei jopa mahdollista. Pintavirheen laadun havaitsemiseen on järjestelmällisesti hankittava lisää tietoa raaka-aineesta, työstömenetelmästä sekä ympäristötekijöiden vaikutuksesta. (Thienel ym 1992,6.)

Palojäljet ilmenevät kappaleen pinnassa ruskehtavina tai hopeamaisina jälkinä. Palamisraitoja havaittaessa, on hyvä tarkistaa raaka-aineen työstölämpötilat, jottei massan lämpötila ole raaka-aineelle liian korkea. Ruiskutusnopeutta pienentämällä voidaan ehkäistä paloraidan syntyminen tai ainakin pienentää sitä. Myös raaka-aineen viipyminen liian kauan ruuvissa voi aiheuttaa paloraitoja. (Thienel ym. 1992, 7.)

5.2 Raidat

Kosteusraidat esiintyvät kappaleen pinnassa hopean värisenä. Kosteusraidat tuntuvat karkealta ja kappaleen pinnassa voidaan havaita huokosia. Kosteusraitojen ehkäisemiseksi raaka-aineen on oltava kuivaa. Raaka-aineen kosteuden havaitsee parhaiten ruiskuttaessa, jos suuttimesta tulee kuplia tai höyryä. (Thienel ym. 1992, 6-8, 39-40.)

Ilmaraitoja voidaan havaita, kun kappaleen pintaan on muodostunut himmeitä hopeisia tai valkoisia raitoja. Ilmaraitoja voi syntyä ilman korkean kosteuden takia varsinkin, jos ajetaan kylmällä muotilla ja raaka-aineella. Pienentämällä ruiskutusnopeutta ja vähentämällä niistoa, voidaan ehkäistä ilmaraitojen syntyminen tai ainakin pienentää sitä. (Thienel ym. 1992, 43.)

5.3 Tummat pisteet

Kappaleen pinnassa olevat tummat tai mustat pisteet viittaavat kulumiseen, termiseen vikaan tai koneen likaisuuteen. Tummia pisteitä voi esiintyä myös raaka- aineen tai värin vaihdon yhteydessä. Tummat pisteet voivat syntyä, jos massan lämpötila on liian suuri, raaka-aineen viipymäaika plastisointiyksikössä on liian pitkä tai kuumakanavajärjestelmässä on väärä lämpötila. Muotin likaisuus aiheuttaa myös kappaleeseen tummia pisteitä. (Thienel ym. 1992, 29, 75.)

Likaisen raaka-aineen käyttämistä on vältettävä. Suppilon puhtaana pitämisellä vältetään tummien pisteiden syntyminen kappaleeseen. Jos mustia pisteitä ilmenee raaka-aineen vaihdon jälkeen, puhdistetaan ruiskuvalukoneen ruuvi ja suutin. (Thienel ym. 1992, 29, 75.)

6 KOEAJOSSA KÄYTETYT RAAKA-AINEET

Puhdistusaineiden koeajossa käytettiin kolmea eri raaka-ainetta. PA 6 GF30 eli polyamidi, PC eli polycarbonaatti sekä PMMA eli polymetyylimetakrylaatti. Pa 6 -raaka-ainetta käytettiin ruiskuvalukoneen suppilon, ruuvien, sylinterin ja suuttimen likaamiseen sen mustan värin takia. PC:tä ja PMMA:ta käytettiin ruuvinpuhdistusaineiden käytön jälkeen lopputulosten tarkasteluun.

6.1 Polyamidi (PA)

Polyamidit ovat suuri ja paljon käytetty ryhmä teknisiä muoveja. Polyamidien ominaisuuksiin kuuluvat hyvä iskulujuus, kulutuskestävyys ja väsymislujuus. Polyamidit kestävät myös kemikaaleja. UV-säteily haurastuttaa polyamideja. PA-lyhenteen perässä olevalla numerolla erotellaan polyamidit toisistaan. Lyhenteen perässä oleva luku kertoo polyamidin perusmolekyylin hiiliatomien määrän. Yleisimmät polyamidit ovat PA6, PA66, PA11 sekä PA12. (Järvelä ym. 2000, 30.)

Ainetta PA6 GF30 käytettiin koeajossa. Jälkimmäinen GF30 kertoo, että polyamidi on lasikuituseostettu 30 %:lla. Lasikuitua lisäämällä saadaan parannettua polyamidin jäykkyyttä ruiskuvalaessa.

Polyamidien imevät paljon vettä, joka luo ongelmia kappaleiden ominaisuuksiin ja mittoihin. Vesi vaikuttaa myös polyamidikappaleiden jäykkyyteen ja sitkeyteen. PA6 imee noin 10 % vettä itseensä vedessä ollessaan. Polyamidien laadulla on merkitystä, sillä kalliimmat polyamidit eivät ime vettä niin paljon. Polyamidien hinta vaihtelee noin 2,25 €/kg – 3,75 €/kg. PA6 on hinnaltaan noin 3 €/kg. (Järvinen. 2017, 76-78.)

6.2 Polymetyylimetakrylaatti (PMMA)

PMMA on akryylimuovi, joka on akryylihapon ja metakrylaatin johdannainen. Akryylimuovit jaetaan kolmeen ryhmään moolimassan perusteella: matala, keskikorkea ja korkea. Ruiskuvalaessa PMMA:ta käytetään matalamman moolimassan materiaalia, jonka johdosta iskusitkeys ja jännityssäröilynketo heikkenee. (Järvelä ym. 2000, 25.)

PMMA on materiaalina kova, jäykkä ja luja, jonka optiset ominaisuudet ovat erinomaiset. PMMA:lla on hyvä naarmuuntumisen kesto sekä pintakiilto. Prosessointi ja työstö PMMA:lla on helppoa. PMMA kestää kulutusta, UV-säteilyä ja sillä on hyvä säänkesto, joten se soveltuu myös ulkokäyttöön. (Järvelä ym. 2000, 25.)

6.3 Polykarbonaatti (PC)

Polykarbonaatti eli PC on läpinäkyvä amorfinen kestopuovi, jonka kiteisyysaste on alhainen. Polykarbonaatti on iskutietkeä materiaali, jonka iskulujuus loveamattomaan on muoveista korkein. Vaikka polykarbonaatti on sitkeä ja luja, se murtuu hauraasti monissa käytännön kohteissa. (Järvelä ym. 2000, 33-34.)

Polykarbonaatti soveltuu erinomaisesti elintarviketeollisuuteen, kosta se on myrkytöntä. Sitä käytetään myös paljon sähköteollisuudessa, sillä polykarbonaatti valmisteet ovat eristäviä, palamattomia ja ne kestävät korkeaa lämpötilaa. Polykarbonaatin maksimikäyttölämpötila on 120 °C–130 °C. (Järvinen, 2017, 138.)

7 KOEAJOSSA KÄYTETYT PUHDISTUSAINEEET

Ennen ruuvinpuhdistusaineen käyttöä on puhdistettava ruiskuvalukoneen suppilo, värisekoitin ja suodattimet kaikesta liasta esimerkiksi paineilmaa sekä imuria käyttäen. Tämän jälkeen, jos suppiloon on vielä jäänyt edellisen ajon raaka-aine rippeitä tai muuta likaa, on se hyvä vielä puhdistaa kostealla rätillä. Puhdistusaineiden tiedot ja käyttöohjeet on haettu toimittajien internet sivuilta ja niitä hyväksikäyttäen koeajot suoritettiin. Poikkeuksena Rozylit-puhdistusaine, jonka käyttöohjeet saatiin haastattelemalla Okartekin työntekijöitä, jotka ovat käyttäneet puhdistusainetta.

7.1 Ultra Purge

Ruuvia puhdistaessa Ultra Purgella aloitetaan puhdistusprosessi ajamalla ruiskutusyksikkö taakse. Suosituksena on, että ruuvi on täynnä edellistä raaka-ainetta, kun Ultra Purgea aletaan annostelemaan. Tämän jälkeen Ultra Purgea kaadetaan puhdistettuun suppiloon.

Yli 500 tonnin koneissa annostus asetetaan 20 %: iin maksimista. Ultra Purgea annostellaan ja ruiskutetaan, kunnes sitä tulee ulos suuttimesta. Ultra Purge näyttää valkoiselta ja vaahtomaiselta. Ultra Purgen annetaan vaikuttaa ruuvissa kolme minuuttia, jonka jälkeen suppiloon kaadetaan seuraavan ajon raaka-ainetta. Uuden raaka-aineen ollessa suppilossa jatketaan annostelua ja ruiskutusta, kunnes Ultra Purge on poistunut ruuvista. Mikäli raaka-aineiden työstölämpötilat poikkeavat huomattavasti toisistaan, on tyhjennettävä ruuvi ennen annostelua ja asetettava uudet lämpötilat.

7.2 Purgex

Ajon tultua valmiiksi ja kun suppiloon, värikoneen ja suodattimien putsaus on tehty, kaadetaan suppiloon haluttu määrä Purgexia. Määrä vaihtelee ruuvin koon mukaan. Annostuskoko asetetaan noin 25 %: iin ruiskutus kapasiteetistä. Puhdistusainetta annostellaan, kunnes suppilo on tyhjä ja annetaan vaikuttaa ruuvissa 3–5 minuuttia. Kun käytät ensimmäistä kertaa Purgexia, asetetaan ruiskutuskapasiteetti kaksinkertaiseksi. Puhdistusai-

netta annostellaan, kunnes Purgex alkaa valua suuttimesta. Purgexin annetaan vaikuttaa ruuvissa viisi minuuttia. Kun Purgex on lionnut ruuvissa 3–5 minuuttia, jatketaan annostelua ja ruiskutusta, kunnes ruuvi on tyhjä.

Ruuvien ollessa tyhjiä voidaan aloittaa normaalit raaka-aine tai värienvaihto menetelmät. Asetetaan seuraavan ajon ajoarvot normaaleiksi. Suositeltavaa on ajaa seuraavaa raaka-ainetta värillä tai värin kanssa ruuvien läpi ennen ajon aloitusta. Tällä menetelmällä saadaan mahdolliset ruuviin jääneet Purgexit pois. Erittäin likaiset koneet saattavat vaatia useamman puhdistuskerran. Jos koneella on ajettu tiedettävästi likaavalla raaka-aineella, voidaan lisätä Purgexin ruuvissa olo aikaa.

7.3 Cordublend

Puhdistuskokeessa käytettiin Cordublend htl 6923 ainetta, jonka lämpötilakapasiteetti on 240 °C :sta aina 330 °C :seen. Tätä puhdistusainetta voidaan ruiskuttaa suoraan muottiin. Cordublendillä puhdistessa säästetään raaka-ainetta sekä ruuvien puhdistus on nopeaa.

Puhdistusvaiheessa asetetaan seuraavan ajon lämpötilat, kunhan ne sopivat myös Cordublendin lämpötilakapasiteettiin. Koeajossa lämpötilaa nostettiin 20 °C normaalista työstölämpötilasta. Puhdistusainetta kaadetaan suppiloon tai suoraan syöttökanavaan, jonka jälkeen aloitetaan puhdistusaineen annostelu ruuviin. Cordublendin ollessa ruuvissa se valuu melkein itsestään ulos ruuvista, sillä sen koostumus on erittäin juoksevaa. Puhdistusaineen ollessa puhdasta, voidaan asettaa seuraavan raaka-aineen ajoarvot ja aloittaa ajo.

7.4 Coratex

Testatuista puhdistusaineista Coratex oli ainoa nestemäinen puhdistusaine. Ruiskutusyksikkö ajetaan taakse ja siirretään suppilo sivuun, jotta syöttökanava on kokonaan auki. Ruuvien lämpötilalla on merkitystä puhdistuksen onnistumisen kannalta. Ruuvien lämpötilaa lasketaan 10–15 % raaka-aineen normaalista työstölämpötilasta. Suuttimen lämpötilaa ei lasketa.

Ruuvien ollessa halkaisijaltaan pienempi kuin 60 mm, sekoitetaan Coratexiä 2–4 % puhdistukseen käytettävän raaka-aineen joukkoon. Ruuvien ollessa halkaisijaltaan suurempi kuin 60 mm, sekoitetaan Coratexiä 3–4 %. Vaihtoehtoisesti Coratexin määrän voi myös

mitata suhteella 25–50 grammaa yhtä kiloa kohden. Esimerkkinä, jos raaka-ainetta on kaksi kiloa, kaadetaan sen joukkoon 50–100 grammaa Coratexiä. Coratex ja raaka-aine sekoitetaan niin, että raaka-aine on kauttaaltaan Coratexin peitossa.

Ennen puhdistusseoksen annostelemista syöttökanavaan tarkastetaan, että ruuvien lämpötila on halutulla tasolla ja lasketaan ruuvien pyörimisnopeutta 50 %: lla. Puhdistusseos kaadetaan syöttökanavaan ja samanaikaisesti ruuvi annostelee puhdistusseosta. Puhdistusseosta annostellaan hitaasti ruuvien läpi, jolloin mahdollistetaan ruuvien ja suuttimien puhdistaminen.

Puhdistamisen jälkeen ruiskuvalukoneella ruuvien läpi ajetaan seuraavan ajon raaka-ainetta. Uuden raaka-aineen ajaminen mahdollistaa ruuvien täydellisen puhdistumisen. Tämän avulla estetään ylimääräisen puhdistusseoksen jäämisen ruuviin.

Lopuksi tarkastetaan raaka-aineen puhtaus ruiskuttaessa. Jos raaka-aineessa ilmenee epäpuhtauksia, aloitetaan puhdistusvaihe alusta. Jos raaka-aine on puhdasta, voidaan asettaa ajo-arvot seuraavan raaka-aineen mukaan ja aloittaa seuraava ajo.

7.5 Rozyliit

Rozyliit puhdistusainetta on käytetty Okartekillä jo kauan. Rozyliitin käyttöominaisuudet sain selville haastattelemalla työntekijöitä, jotka ovat käyttäneet Rozyliittiä ruuvien puhdistukseen. Käyttäjiltä saamieni tietojen perusteella suoritin puhdistuskokeen Rozyliitillä.

Rozyliitillä puhdistuessa ruuvien lämpötilat nostetaan mahdollisimman korkeaksi. Rozyliitin lämpötilakapasiteetti on 180 °C–300 °C. Ruuvien saavuttaessa haluttu lämpötila, Rozyliittiä kaadetaan syöttökanavaan samalla annostellen. Ruuvien koosta riippuen Rozyliittiä annostellaan ruuvien läpi. Koeajossa käytetyn ruiskuvalukoneen ruuvien halkaisija oli 40 mm, joten Rozyliittiä annosteltiin kaksi minuuttia. Annostelun päätyttyä koneeseen asetetaan seuraavan ajon raaka-aineen lämpötilat, jonka jälkeen raaka-ainetta annostellaan ruuvien läpi ja tarkistetaan puhdistuksen tulos. Jos raaka-aine näyttää puhtaalta, voidaan aloittaa varsinainen ajo.

8 KOEAJON SUORITTAMINEN

Koeajot suoritettiin Demag ergotec 100 / 400 viva ruiskuvalukoneella. Alla olevassa kuvassa näkyy ruiskuvalukone, jolla koeajot suoritettiin. Ruiskuvalukoneen ruuvin halkaisija on 40 mm. Sulkuvoima ruiskuvalukoneessa on 100 tonnia.



Kuva 6. Ruiskuvalukone.

Koeajossa käytetystä muotista syntyy ruokintalaitteen päätytulppa, jota ajetaan normaalisti akryyliniitrilibutadienistyreeniä (ABS) raaka-aineella. Koeajoon valittiin raaka-aineiksi polykarbonaatti (PC) sekä polymetyylimetakrylaatti (PMMA), koska näillä raaka-aineilla syntyy eniten hävikkiä huonon pinnanlaadun takia, joka ilmenee kappaleessa yleensä mustina pisteinä.

Koeajot aloitettiin kuivattamalla raaka-aineet omilla kuivauslämpötiloillaan. Tämän jälkeen koneeseen asetettiin polyamidille soveltuvat lämpötilat. Polyamidin tarkoituksena oli liata koneen suppilo ja ruuvi, koska raaka-aineen väri on musta. Kun ajojärjestys on tummasta vaaleaan tai kirkkaaseen mustat pisteet ilmenevät kappaleessa parhaiten.

Kun haluttu lämpötila on saavutettu, laitetaan suppilon imuri päälle. Imuri imee polyamidia suppiloon, josta raaka-aine valuu syöttökanavan läpi ruuviin. Seuraavaksi raaka-ainetta annostellaan ruuviin asetettu määrä. Kun raaka-ainetta alkaa tulemaan suuttimesta

ulos, voidaan aloittaa ajo. Ajossa ruiskuvaletaan 50-70 kappaletta, jonka jälkeen kone asetetaan käsiajolle ja aloitetaan suppilon, suodattimien sekä suuttimen puhdistus.



Kuva 7. Ruiskuvalettu kappale polyamidista.

Puhdistuksen jälkeen ruuvi puhdistettiin valitulla puhdistusaineella käyttöohjeita noudattaen. Ensimmäisenä puhdistusaineena käytettiin Ultra Purgea. Kun puhdistusprosessi oli suoritettu, asetettiin ajoarvot PMMA-raaka-aineelle. Tämän jälkeen ruiskuvalettiin kappaleita PMMA:sta eli valkoisesta raaka-aineesta. Ajon käydessä, tarkasteltiin puhdistuksen tuloksia valmiista tuotetuista kappaleista. PMMA:lla ajettiin noin 50 kappaletta, jonka jälkeen ajo lopetettiin ja vaihdettiin raaka-aine takaisin mustaan polyamidiin.



Kuva 8. Ruiskuvalettu kappale PMMA:sta puhdistuksen jälkeen.

Polyamidilla ajettiin niin kauan, kun kone oli taas likaantunut. Tämän jälkeen testattiin toista puhdistusainetta ja tämä kierto jatkui, kunnes jokainen puhdistusaine oli testattu. Kun PMMA:lla oli ajettu kaikkien puhdistusaineiden kanssa, vaihdettiin raaka-aine polykarbonaattiin. Työkierto jatkui samana, mutta PMMA korvattiin polykarbonaatilla.



Kuva 9. Ruiskuvalettu kappale PC:stä puhdistuksen jälkeen.

9 HAVAINNOT

Puhdistusprosessissa on otettava huomioon työstettävän raaka-aineen soveltuvuus puhdistusaineeseen. Tärkeää on puhdistaa koneen suppilo ja suodattimet hyvin. Konetta puhdistessa huomattiin, että syöttökanavan ympärille oli kertynyt mustia polyamidi granulaahteja. Koneen käydessä on riski, että syöttökanavan ympärille jääneet raaka-aineet tippuvat syöttökanaan ja siitä ruuviin. Tästä voi seurata pintavirheellisiä kappaleita pitkäksi aikaan, joten on tärkeää puhdistaa syöttökanavan ympäristö hyvin.

Suuttimen puhdistus on myös suositeltavaa esimerkiksi polttamalla sinne jääneet raaka-aineet pois. Teräsharjalla saa myös suuttimen pinnan puhtaaksi. Suositeltavaa on käyttää valkoisten ja läpinäkyvien raaka-aineiden kanssa omaa suutinta.

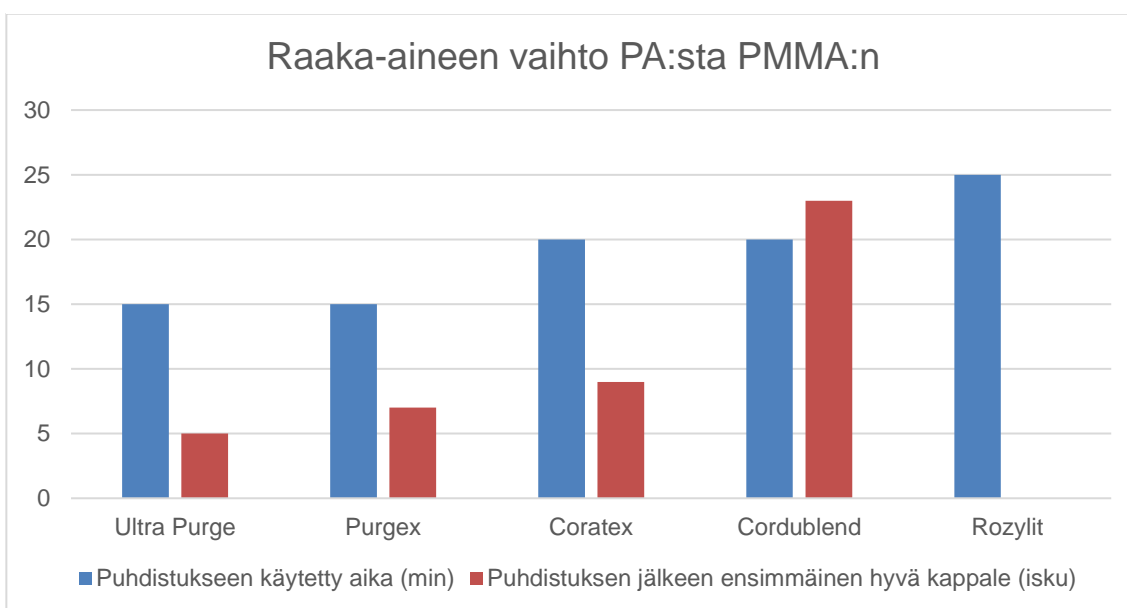
Perehtyminen puhdistusaineiden ominaisuuksiin sekä käyttöön on olennainen osa koko puhdistusprosessin onnistumista. Tutustumalla käytettyihin puhdistusaineisiin huolellisesti saadaan helposti käsitys siitä, mihin puhdistusaine kykenee ja mihin ei. Ajon vaihtuessa on tarkastettava seuraavan ajon väri ja raaka-aine. Jos väri pysyy samana tai muutos ei ole suuri, puhdistusaineen voi korvata normaalilla raaka-aineella, joka puhdistaa ruuvin.

Kappaleen pinnanlaatu ei ole aina pelkästään ruuvin puhtaudesta kiinni. Suuttimesta, laipasta tai muotista irtoava lika voi myös aiheuttaa pintavirheitä kappaleeseen. Ajoarvoilla on myös suuri merkitys kappaleen pinnanlaatuun.

10 TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksia tarkastellessa havaittiin puhdistusaineiden erot. Työssä otettiin huomioon puhdistukseen kuluva aika sekä puhdistuksen tehokkuus ajon alkaessa. Puhdistukseen käytetty aika kertoi paljon puhdistusaineen laadusta. Ruuvi todettiin puhtaaksi, kun puhdistusaine valui suuttimesta tasavärisenä ulos, jolloin katsottiin puhdistuksen olevan valmis.

Taulukko 1.

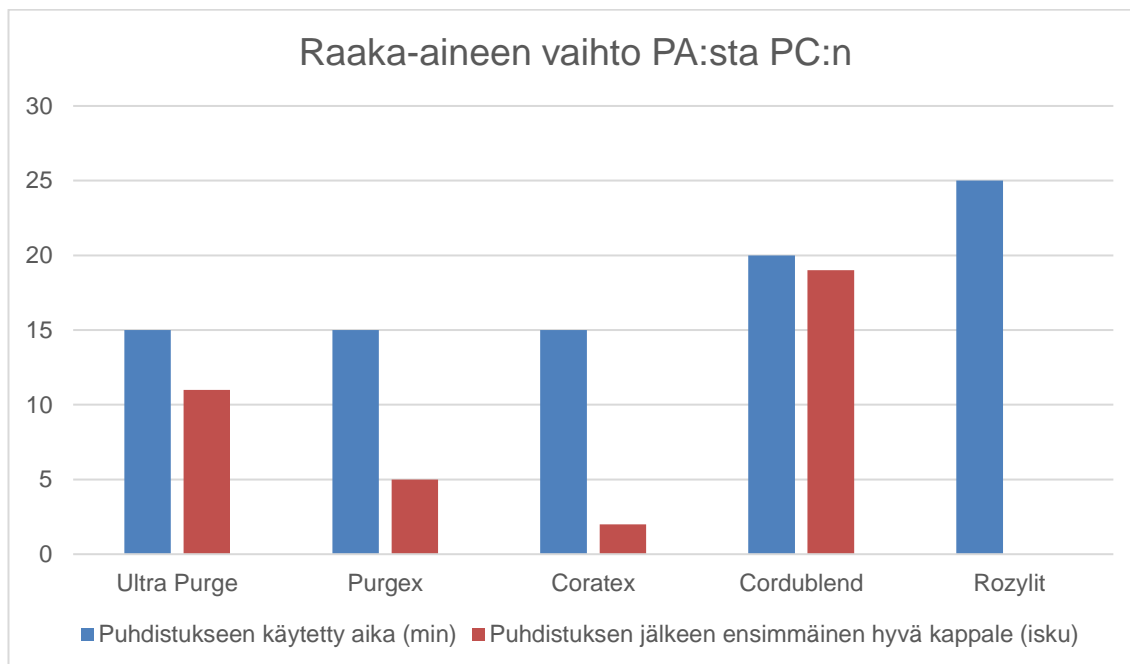


Taulukossa 1. voidaan havaita, mitkä puhdistusaineet tehoivat parhaiten, kun raaka-aine vaihdos oli PA:sta PMMA:n eli mustasta valkoiseen raaka-aineeseen. Ultra Purge sekä Purgex suoriutuivat tästä puhdistuksesta parhaiten. Coratexillä ruuvien puhdistus ei ollut yhtä nopeaa, kun Ultra Purgella ja Purgexilla. Näillä kolmella aineella ensimmäisen hyvän kappaleen jälkeen hyvien kappaleiden tuotanto jatkui.

Cordublendin osalta puhdistus oli melko hidasta. Suuttimesta valuneen puhdistusaineen massassa oli pitkään havaittavissa mustaa väriä. Massan ollessa tasaväristä ajo aloitettiin. Ajon kymmenennen kappaleen kohdalla puhdistus Cordublendillä oli tehtävä uudestaan. Kappaleet olivat väriltään epätasaisia.

Rozylit puhdistusaine ei toiminut kyseisessä ajossa. Puhdistusmassan saaminen puhtaaksi kesti kauan. Kun Rozylit saatiin ulos suuttimesta puhtaana, ajon alkaessa kappaleissa ilmeni mustia pisteitä.

Taulukko 2.



Taulukosta 2. havaitaan raaka-aineen vaihto PA:sta PC:n nestemäisen Coratex puhdistusaineen olevan tehokkain. Coratexin avulla kirkkaita kappaleita ilman pintavirheitä saatiin valettua heti ajon alusta lähtien. Coratexillä puhdistessa sitä sekoitettiin PC:n joukkoon määrätty määrä. Tällä menetelmällä saatiin luotua hyvä lopputulos. Ensimmäisen hyvän kappaleen jälkeen pinnanlaatu pysyi hyvänä ajon loppuun saakka.

Purgex sekä Ultra Purge soveltuivat myös hyvin PC ajoon. Näiden puhdistusaineiden heikkoutena oli niiden valkoinen väri, joka ilmeni muutamassa kappaleessa valkoisena jälkenä. Kun valkoiset jäljet poistuivat kappaleesta molemmilla puhdistusaineilla saatiin tuotettua jatkuvasti hyviä kappaleita.

Cordublendillä ongelmana oli puhtaiden kappaleiden jatkuva tuottaminen. Cordublendillä ja Rozylitillä jouduttiin keskeyttämään ajo ja suorittamaan puhdistus uudestaan. Jatkovaa tuotantoa ei saatu. Rozylit ei toiminut tälläkään raaka-aineella, sillä yhtään hyvää kappaletta ei saatu tuotettua.

11 PUHDISTUKSEN TEHOSTAMINEN

Ruuvien puhdistuksen tehostamiseen voidaan käyttää monia eri menetelmiä. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi tuotannonjärjestyksen muuntelu tai puhdistusmenetelmien muuttaminen. (Valtatie & Järvelä 1999, 20.)

11.1 Värin vaihto

Tuotannon suunnittelulla voidaan vähentää merkittävästi hävikin syntyä. Mikäli mahdollista, ajojärjestys suunniteltaisiin niin, että ruiskuvalukoneella ajettaisiin ensin vaaleita kappaleita ennen kuin siirrytään tummempisiin kappaleisiin. Tummissa värisävyissä pienet värisävyyn muutoksen eivät näy niin selkeästi kuin vaaleissa. Mikäli ajojärjestys on tummasta vaaleaan, edellisen ajon tumman materiaalin jäämät voivat aiheuttaa tummia pisteitä vaaleaan kappaleeseen pitkäksikin ajaksi. Tummia pisteitä voi esiintyä heti ajon aloituksessa tai vasta ajon puolivälissä, kun koneen ruuvista irtoaa edellistä tummaa ainetta. (Valtatie & Järvelä 1999, 20.)

Mikäli värillisen muovimateriaalin jälkeen ajetaan tuotetta läpinäkyvästä raaka-aineesta esim. lasinkirkas PC, on ruiskuvalukoneen sylinteri, ruuvi ja suppilo puhdistettava hyvin. Sylinterin ja ruuvien pinnasta irtoavat jäännöspartikkelit voivat tuottaa hankaluuksia läpinäkyvän kappaleen pinnassa. (Valtatie & Järvelä 1999, 20.)

11.2 Muovimateriaalin ajo yhdellä ruiskuvalukoneella

Jos ruiskuvalukoneella valetaan ainoastaan yhdestä muovilajista tai ajetaan vain valkoisia tai läpinäkyviä kappaleita, ruuvien puhdistusta tuote-erien välillä ei välttämättä tarvita. Ruiskuvalaessa suuria määriä kirkkaista materiaaleista kuten PC ja PMMA, on suositeltavaa käyttää vain yhtä ruiskuvalukonetta. (Valtatie & Järvelä 1999, 21.)

11.3 Ruuvien irrotus ja puhdistus

Suosittelavaa on aukaista sylinteri ja puhdistaa se ja ruuvi säännöllisesti. Tällöin voidaan samalla tarkistaa sylinterin ja ruuvien kunto ja tarvittaessa vaihtaa ruuvi. Ruuvia kuluttavat

erityisesti lasikuitu ja mineraalitäytteiset raaka-aineet. Ajan myötä ruuvi kuluu ja sen plastisointikyky heikkenee, joka vaikuttaa tuotteen laatuun. (Valtatie & Järvelä 1999, 22.)

11.4 Kuumasuuttimen puhdistus

Muotissa, joka on varustettu kuumasuuttimella, olisi hyvä puhdistaa tiivisteet raaka-aineen tai värin vaihdon yhteydessä. Tiivisteeseen voi jäädä edellisen ajon muovia, joka palaessaan aiheuttaa kappaleeseen tummia jälkiä tai edellisen materiaalin värisiä raitoja. Huonosti virtaavissa paikoissa materiaali voi vahingoittua termisesti, joka voi aiheuttaa kappaleen mekaanisten ominaisuuksien heikkenemisen ja luoda kappaleen pintaan palojälkiä. (Valtatie & Järvelä 1999, 24.)

11.5 Kuumakanavien puhdistaminen

Kuumakanaviston pintaa voidaan käsitellä kulumisen ja kemikaalien vaikutusten estämiseksi. Kuumakanavissa ongelmana on massan virtauksen epätasaisuus, jonka seurauksena huonosti virtaaviin paikkoihin voi kiinnittyä materiaalia, joka voi lähteä liikkeelle. Ongelman ehkäisemiseksi voidaan ajaa säännöllisin väliajoin kuumakanavan läpi puhdistusainetta, joka siihen tarkoitukseen soveltuu. (Valtatie & Järvelä 1999, 23.)

Kuumakanaviston puhdistus on työläs ja aikaa vievä toimenpide. Nykyään suuttimet suunnitellaan siten, että ne on mahdollista irrottaa kuumapalkista ongelmitta. Suuttimen kärki on helppo irrottaa ja vaihtaa uuteen. Kuumakanaviston päissä olevat tulpat voidaan myös irrottaa, joiden kautta koko kuumakanavisto voidaan puhdistaa. (Valtatie & Järvelä 1999, 23-24.)

Kuumakanaviston puhdistus aloitetaan irrottamalla se muotista ja purkamalla rakenne. Kuumakanavistossa oleva materiaali poistetaan esimerkiksi kierukkaporan avulla. Kuumapalkkia lämmittäessä, saadaan loput materiaalit poistettua kanavistosta paineilmaa ja messinki- tai muovityökaluja käyttäen. Seuraavan ajon aikana loput kuumakanavistoon jääneet liat ja pölyt poistuvat kanavistosta. (Valtatie & Järvelä 1999, 24.)

12 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli löytää Okartek Oy:lle ruuvinpuhdistusaine, jonka ominaisuudet vähentäisivät tiettyjen raaka-aineiden hävikkiä. Tavoitteen saavuttamiseksi oli osattava ruiskuvalukoneen oikeaoppinen käyttäminen sekä valuprosessin eri vaiheiden ymmärtäminen. Tämä edesauttoi hyvien tulosten saavuttamisessa.

Yhteistyö Okartekin kanssa sujui hyvin ja vaivattomasti. Puhdistusaineiden koeajot suoritettiin Okartekin tiloissa. Työhön tarvittavia välineitä oli riittävästi käytettävissä. Ruiskuvalukone itsessään oli hyvä ja luotettava. Valitut puhdistusaineet tilattiin hyvissä ajoin, jotta aineet olisivat saatavilla, kun testaukset aloitettaisiin.

Haasteena oli löytää luotettavia tietolähteitä, sillä vastaavanlaisia opinnäytetöitä kyseisestä aiheesta ei ole tehty. Ainoastaan yksi tutkielma vuodelta 1999 on olemassa, jossa käsitellään laajasti ruiskuvalukoneen ruuvin ja sylinterin puhdistusta. Puhdistusaineiden käyttöohjeet löytyivät aineiden tuottajien kotisivuilta, joiden mukaan puhdistusaineiden koeajot suoritettiin.

Puhdistusaineiden testaukset onnistuivat hyvin. Tavoitteena oli löytää noin viisi puhdistusainetta, joita testata. Okartek osallistui työhön ehdottamalla eri puhdistusaineita, joita työhön valittaisiin. Puhdistusaineiden toimittajia oli yllättävän hankala löytää. Ennen puhdistusaineiden testauksia oli perehdyttävä puhdistusaineiden ominaisuuksiin, käyttöohjeisiin sekä niiden saatavuuteen.

Tulokset puhdistusaineiden välillä olivat merkittävät. Taulukosta 1. sekä taulukosta 2. voi havaita, miten ja mitkä puhdistusaineet suoriutuivat testeistä parhaiten. Tulosten kriteereinä olivat puhdistukseen käytetty aika ja puhdistuksen tehokkuus.

Suosittelavia jatkotoimenpiteitä on ruuvin ja suuttimen säännöllinen puhdistus ja huolto. Koneen päällinen on pidettävä puhtaana kaikesta liasta. Ruiskuvalukoneiden käyttäjien opastaminen puhdistusaineiden oikeaoppiseen käyttöön on tärkeää. Ajojärjestystä suositellaan muunneltavaksi niin, että koneella pyritään ajamaan ensin vaaleita kappaleita. Vaaleita ja kirkkaita kappaleita pyritään ajamaan sellaisella koneella, jolla on ajettu vain näitä värejä tai PC- ja PMMA-raaka-aineita.

LÄHTEET

Järvelä, P.; Syrjälä, K. & Vastela, M. 1999. Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.

Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Bookwell Oy.

Kurri, V.; Malen, T.; Sandell, R. & Virtanen, M. 2008. Muovitekniikan perusteet. 4., tarkistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Leomuovi. 2017. Muovin ruiskuvalu. Viitattu 20.9.2017: <http://www.leomuovi.fi/tekniikat-ja-materiaalit/ruiskupuristus/>.

Nykänen, S. & Höök, T. 2015. Ruiskuvalu. ValuAtlas. Viitattu 19.9.2017: <http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/ruiskuvaluprosessi.pdf>

Okartek. 2017. Viitattu 31.10.2017: <http://www.okartek.fi/>

Thienel, P.; Saß, R.; Vitz, C. & Wahle, J. 1992. Opas pintavirheiden poistamiseen ruiskupuristuksessa kestopuovikappaleissa. Suom. E. Lähtenmäki. Lüdenscheid: Kunststoff-Institut Lüdenscheid.

Valtatie, T. & Järvelä, P. 2001. Ruiskuvalukoneen sylinterin ja ruuvien puhdistus. Raportti 10/01. Materiaaliopin laitos. Muovi- ja elastomeeritekniikka. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

