

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

LUT Kone

BK10A0402 Kandidaatintyö

SIHTIRUMMUN PUHDISTUSMENETELMÄT

CLEANING METHODS OF SCREEN BASKET

21.5.2018

Tuomo Tupala

Työn tarkastaja: Harri Eskelinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT Kone

Tuomo Tupala

Kandidaatintyö

Sihtirummun puhdistusmenetelmät

2018

22 sivua, 13 kuvaa ja 1 taulukko

Tarkastaja: TkT Harri Eskelinen

Ohjaaja: DI Simo Kiero

Hakusanat: Sihtirumpu, puhdistus, menetelmät.

Työn tavoitteena on etsiä pesumenetelmiä kuitusuotimen sihtirummun puhdistukseen. Teoria osuudessa käydään läpi mikä on kuitusuodin ja miksi sihtirummun tulisi olla puhdas. Pesemisen teorian pohjana on pesuympyrä. Pesuympyrä koostuu neljästä osasta pesuaine, lämpö, liike ja aika. Pesumenetelminä käytiin teollisuudessa käytettyjä menetelmiä, jotka ovat upotus-, kammio-, ultraääni ja korkeapainepesu. Pohdinnassa arvioitiin menetelmiä pesuympyrän elementtien avulla.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT Mechanical Engineering

Tuomo Tupala

Bachelor's thesis **Cleaning Methods of screen basket**

2018

22 pages, 13 pictures ja 1 table

Examiner: TkT Harri Eskelinen

Supervisor: DI Simo Kiero

Keywords: Screen basket, cleaning, methods

Purpose of this work is finding cleaning methods for filter screen baskets. In theory we find out what is filter screen and why screen basket should be clean. I introduce cleaning circle and its four elements. Chemistry, temperature, movement and time. Cleaning methods in this work is commonly used in industry. These methods are dip-, chamber-, ultrasonic-, and high-pressure cleaning. Methods are evaluated with cleaning circle elements.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	5
2	Työn taustaa	5
3	Nykyinen menetelmä ja sen ongelmat	7
4	Pesemisen teoria	8
4.1	Pesuaine	8
4.2	Lämpö	10
4.3	Liike	10
4.4	Aika	10
5	Pesumenetelmät	10
5.1	Upotuspesu	10
5.2	Kammiopesu	11
5.3	Ultraäänipesu	12
5.3.1	Ultraäänipesu prosessi	14
5.4	Korkeapainepesu	16
6	Menetelmien sopivuus	16
7	Pohdinta	20
8	Yhteenveto	21

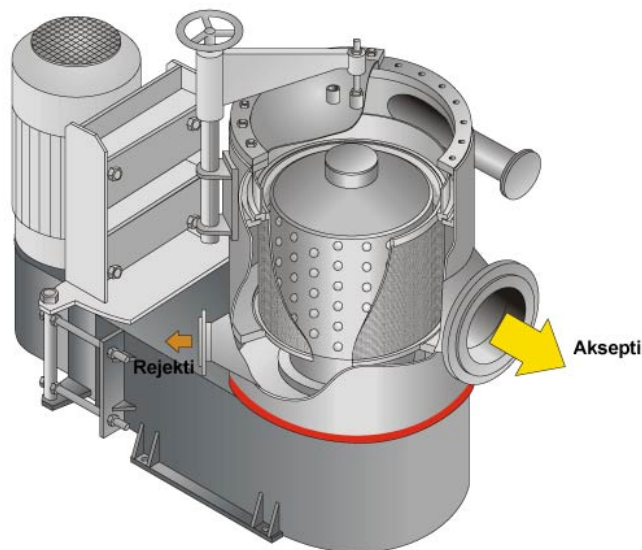
1 JOHDANTO

Työ on tehty eräälle sellu- ja paperiteollisuuden yhteistyökumppanille. Työn tarkoituksena on kartoittaa mahdollisuudet ja menetelmät kuitusuotimen sihtirummun pesuun. Peseminen tulisi sujua kustannustehokkaasti, nopeasti, ennen kaikkea turvallisesti ja ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavasti.

2 TYÖN TAUSTAA

Tässä työssä puhdistettava kappale on sellutehtailla käytettävän kuitusuotimen sihtirumpu. Kuitusuodin (kuva 1.) on perinteinen painelajitin, joka on varustettu tarkoituksen sopivalla pienireikäisellä sihtirummulla ja roottorilla.

Mustalipeän kuitusuodin



Kuva 1. Pinalajitin joka on varustettu kuitusuotimeksi. (KnowPulp 2013a)

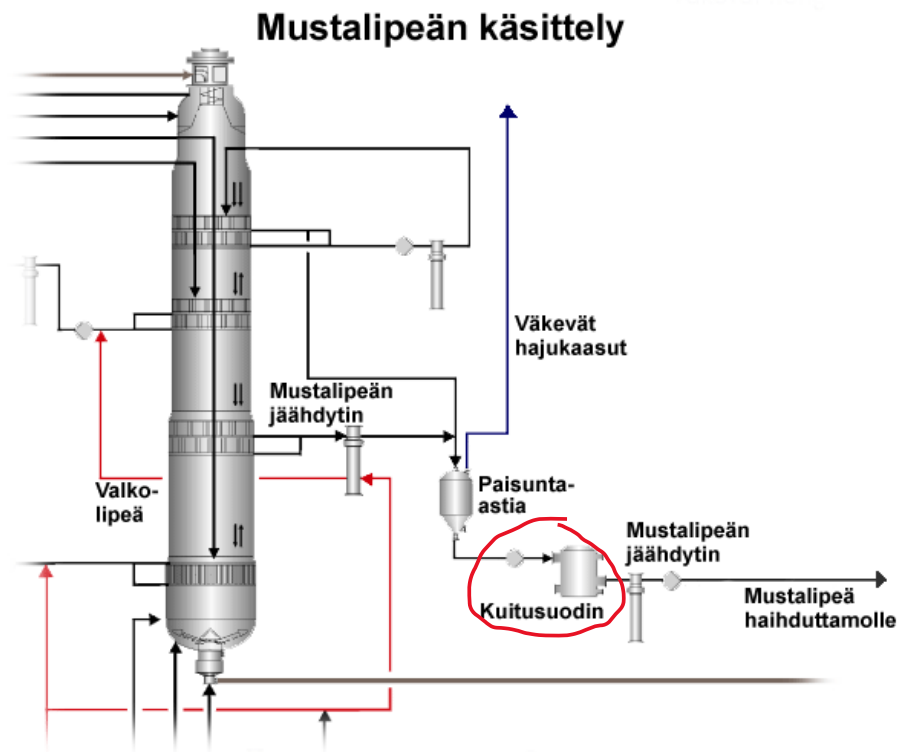
Kuitusuotimen sihtirummun on tyypiltään reikärumpu ja reiät ovat kokoluokaltaan 0,10-0,30mm. Reikiin kertyy käytön aikana likaa ja tämä aiheuttaa kuitusuotimen ajettavuuteen ja toimintaan ongelmia. Kuitusuodin on kuitenkin sellutehtaalle välttämätön laite. Sillä sen puuttuessa haihduttamolle pääsee kulkeutumaan mustalipeän seassa kuituja ja kuidut aiheuttavat haihduttamalla ongelmia. Ongelmat voivat olla mm:

- Pisaranerottimien pintojen likaantuminen
- Lämpöpintojen likaantuminen

- Lauhdestripparin pohjien likaantuminen ja tukkeutuminen
- Lipeän jakolaitteiden tukkeutuminen. (KnowPulp 2013b)

Haihdutuksen ja lauhdestrippauksen toiminnan osalta on oleellista, että tuleva lipeä on mahdollisimman puhdasta eikä kuitusuotimia ohiteta edes häiriötilanteissa. (KnowPulp 2013b)

Kuidunerotin sijaitsee sellutehtaalla keittimen ja haihduttamon välillä. Kuvassa 2 paisuntaastian ja mustalipeäjähdyttimen välissä. Kuitusuotimen tehtävä on erotella kuidut mustalipeän seasta mahdollisimman hyvin, koska kuidut aiheuttavat helposti haihduttamon likaantumista. Saostumat ja lika aiheuttaa haihduttamolle sen kapasiteetin alenemista ja tarvetta puhdistukselle.



Kuva 2. Kuitusuodin keittimen ja haihduttamon välissä. (KnowPulp 2013a)

Sihtirummun pinnalle ja sen reikiin kerääntyvä saostuma on oletettavasti osittain samaa, joka muuten saostuisi haihduttamolle. Täysin tarkkaa tietoa koostumusta sihtirumpuun kerääntyvästä liasta ei ole, koska siihen vaikuttaa hyvin oleellisesti sellutehtaiden omat kemikaalikierrot. Yleisellä tasolla kerääntyvät epäpuhtaudet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Orgaaniset yhdisteet

- Burkeiitti ($2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$)
- Muut epäorgaaniset yhdisteet (erityisesti kalsium) (KnowPulp 2013c)

Useimmiten likaantumisessa on kysymyksessä usean likakomponentin yhdistelmä. Useat tapauskohtaisesti erilaiset likakomponentit ja niiden yhdistelmät aiheuttavat siten haasteita sihtirummun pesuun.

3 NYKYINEN MENETELMÄ JA SEN ONGELMAT

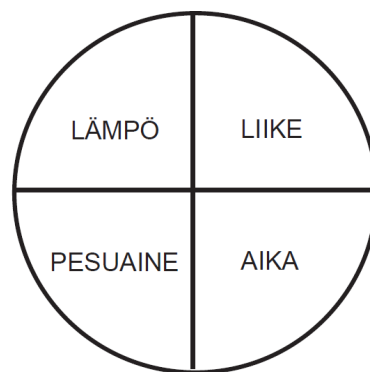
Tällä hetkellä sihtirumpujen pesuun käytetään laitetta, joka on auttamatta jäänyt prototyyppi asteelle. Laitteessa käytetään hapanta pesuliuosta. Pesuliuoksen lämpötila pesun aikana on noin $60\text{ }^\circ\text{C}$, joka on todettu riittäväksi. Laite toimii kammiopesuri periaatteella - rumpu pyörii ja sen pintaan suihkutetaan pesuliuosta.

Isoimpana ongelmana nykyisessä menetelmässä on pesuaika. Hyvän pesutuloksen aikaansaamiseksi joudutaan käyttämään useita miestyötunteja ja konetunteja. Tavoitteena on löytää pesumenetelmä, jossa miestyötunnit ovat mahdollisimman vähäiset ja koneaika on myös vähäinen. Miestyötuntien vähentäminen ei ole puhtaasti vain kustannusten kannalta tähtäimessä. Kyseessä on myös turvallisuus, koska lipeä jäämiä sisältävä lika reagoidessaan happaman pesuliuoksen kanssa aiheuttaa vaarallisia kaasuja, kuten rikkivetyä.

Uuden mahdollisesti paremman menetelmän tavoitteena on myös löytää parempi ratkaisu turvallisuuden ja ympäristön kannalta. Tällä hetkellä käytetty pesuliuos toimitetaan kierrätettäväksi vaarallisena jätteenä. Vesilaitokset tarjoavat yksiselitteiset raja-arvot viemäritäville nesteille ja tämän perusteella käytetty pesuliuos on määritelty matalan pH:n vaaralliseksi jätteeksi. Siksi olisi tärkeää löytää menetelmä ja pesuliuos jotka olisivat ympäristöystävällisiä ja mahdollisimman vaarattomia.

4 PESEMISEN TEORIA

Itse pesuprosessi voidaan jakaa neljään tekijään kuvassa 3 esitetty pesuympyrä, jotka ovat lämpö, aika, liike ja pesuaine eli kemia. Nämä tekijät pitää olla jonkinlaisessa tasapainossa halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Yhden tekijän poistaminen heikentää prosessia ja haluttu lopputulos ei välttämättä ole saavutettavissa.



Kuva 3. Pesuympyrä (Jokinen Isto 2013, s. 2.)

Parhaan mahdollisen lopputuloksen kannalta kannattaa uhrata aikaa, jotta nämä neljä tekijää tulisi oikealla tavalla huomioitua. Hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi tarvitaan koepesuja tai vastaavasti kokemusta. Kokonaiskuvan aikaansaamiseksi on syytä käydä läpi näiden tekijöiden toiminnallinen merkitys ja vaikutus pesutapahtumaan.

4.1 Pesuaine

Pesuliuoksen eli pesuaineen ja veden seos tulee olla sellaista, että se kykenee poistamaan epäpuhtaudet kappaleesta. Pesuliuoksen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat pestävä materiaali ja poistettava lika. Pesuaine ei saa vahingoittaa pestävää kappaletta esimerkiksi syövyttämällä tai aiheuttamalla värivirheitä. Poistettava lika ja sen pH-arvo määrittävät sen millaista pesuainetta tarvitaan. Tässä tapauksessa poistettava lika on alkalista ja kuivaa. Tästä syystä nykyisessä menetelmässä käytettävä pesuaine on hieman hapanta.

Teollisuuden pesuissa yleisimmin käytetyt pesuaineet voidaan jakaa neljään kategoriaan.

1. Alkalinen
1. Hapan
2. Emulsiopesuaine
3. Liuotin (Jokinen, 2013, s. 4.)

Alkalinen/emäksinen pesuaine on yleisin pesuaine teräksen pesussa, mutta nykyään sitä käytetään vähemmän sellaisenaan. Alkalinen pesuaine voi olla kaikessa yksinkertaisuudessaan natriumhydroksidia tai kaliumhydroksidia. Alkalisen pesuaineen käyttö perustuu sen tehokkuuteen ja edulliseen hintaan. Hyvänä ominaisuutena on estää ruostumista.

Orgaanisia happamia pesuaineita käytetään kenttäolosuhteissa niiden ympäristöystävällisyytensä vuoksi. Lisäksi happamia pesuaineita käytetään kivetymien, kalkin tai ruosteen poistamiseen.

Emulsiopesuaineet irrottavat paksuja likakerroksia ja voidaan käyttää kaikkiin epäpuhtauksiin. Käytetään usein kenttäolosuhteissa, kun pesu on tehtävä käsin ja eivät sovellu upotus- tai ruiskutuspesuihin. Lopputulos ei välttämättä ole aina kovin hyvä ja riskeinä voi olla tulenarkuus ja terveystriskit.

Liuotinpesuaineet ovat yleensä tulenarkoja ja terveydelle haitallisia, mutta irrottavat rasva ja öljylikoja hyvin.

Pääluokittelun lisäksi pesuaineiden toimintaa vaikuttaa erilaiset tehosteaineet. Tällaisia ovat erilaiset tensidit, inhibiitit ja vaahdonestoaineet.

Tensidejä eli pinta-aktiivisia aineita on erilaisia kuten anionisia, ionittomia (vesi- ja rasvahakuiset), kationisia sekä amfoteerisiä. Tensidit vähentävä veden pintajännitystä ja sitä kautta kosteuttavat pintaa ja parantavat pesuliuoksen kykyä irrottaa likaa. Anioniset tensidit ovat negatiivisesti varautuneita. Niiden erityispiirre on kyky irrottaa hiukkaslikaa ja haittapuolena on niiden vaahtoavuus. Ionittomilla tensideillä vaahtoavuus taipumus on huomattavasti vähäisempi ja ne irrottavat rasvalikaa sekä eivät ole herkkiä veden kovuudella. Ionittomissa tensideissä ei myöskään ole sähkövarausta. Kationisilla tensideillä puolestaan on positiivinen varaus eivätkä omaa hyvää pesukykyä. Käytetään lähinnä neutraloimaan negatiivisesti varautuneita pintoja. Amorfoteerisen tensidien toiminta sekä varaus riippuu liuoksen pH:sta (Godden 2017 s. 15-16. ; Jokinen 2013 s. 4-7.)

Inhibiitit ovat aineita, jotka hidastavat kemiallisia reaktioita, kuten esimerkiksi ruostumista. Inhibiitit voidaan jakaa erilaisiin luokkiin, kuten kalvon muodostajiin, absorboiviin ja hapettaviin.

Vaahdonestoaineiden tehtävä on vähentää pesuliuoksen vaahtoamista, joka esimerkiksi kammiopesussa on hyvin ei toivottu ominaisuus. Vaahdonestoaineet jaetaan silikonipohjaisiin ja ei silikonipohjaisiin.

4.2 Lämpö

Pesuaine ja puhdistettava lika asettaa vaatimukset pesulämpötilalle. Lämmön merkitys pesutapahtumassa näyttelee isoa osaa kappaleiden puhdistuvuuden osalta. Lämpötilan korotus vaikuttaa lopputulokseen positiivisesti, mutta toisaalta tällöin nesteen haihtuminen myös lisääntyy.

4.3 Liike

Kuvan 3. mukaisen pesuympeyrän yksi tekijä on liike. Liikettä tarvitaan, jotta saadaan likaa poistettu puhdistettavan kappaleen pinnalta. Lisäksi kappaleen seisoessa paikallaan olevassa pesuliuoksessa lian pinnalla oleva pesuaine kyllästyy ja puhdistustehokkuus laskee. Siksi yksinkertaisin tapa lisätä liike on esimerkiksi nostella kappaletta aika-ajoin pesuliuoksesta. Tämäkin osa-alue liiallisuuksiin mennessä aiheuttaa veden haihtumista.

4.4 Aika

Tarvittavaan pesuaikaan vaikuttaa suuresti edellä mainitut tekijät. Yksinkertaisuudessaan liian lyhyt pesuaika aiheuttaa huonon lopputuloksen. Toisaalta liian pitkä pesuaika voi aiheuttaa pesuliuoksen saostumista kappaleen pinnalle tai aggressiivinen pesuliuos voi myös syövyttää kappaletta.

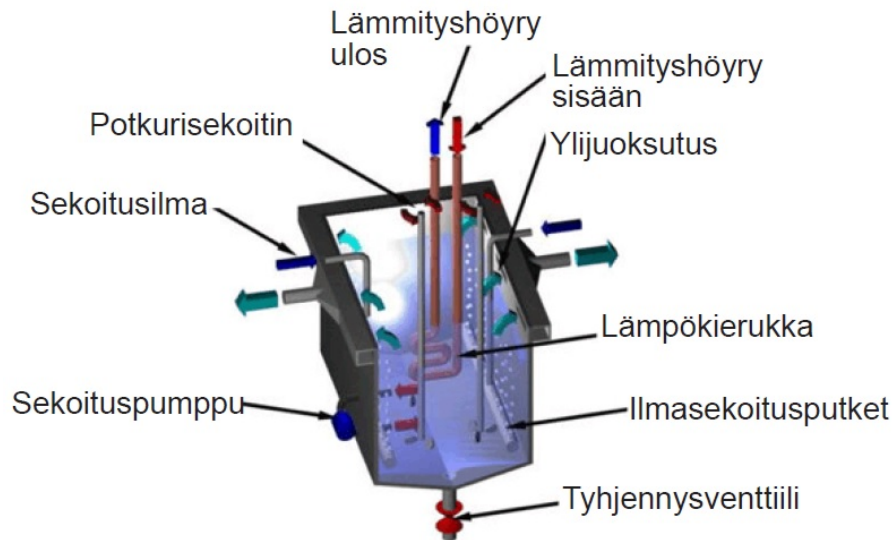
5 PESUMENETELMÄT

Pesumenetelmät voidaan jakaa periaatteensa mukaan upotuspesu, kammiopesu, ultraäänipesu ja korkeapainepesu.

5.1 Upotuspesu

Upotuspesu tunnetaan myös kastomenetelmänä. Upotuspesussa pestävä kappale upotetaan pesuliuokseen. Yksinkertaisimmillaan upotuspesu voidaan tehdä altaassa ilman mitään lisävarusteita. Menetelmän tehokkuutta voidaan lisätä sekoittamalla ja lämmittämällä pesuliuosta. Lisäksi altaassa olevaan pesuliuokseen voidaan sekoittaa ilmaa, jolloin

ilmakuplat tuovat epäpuhtauksia pintaan ja siten poistuvat ylijooksun kautta. Kuvassa 4 näemme upotuspesuallan varusteineen.



Kuva 4. Upotuspesuallas varusteineen (Jokinen Isto 2013 s. 10.)

Menetelmän etuja ovat alhaiset investointi- ja huoltokustannukset, pieni tilantarve ja mahdollista käsitellä suuria kappaleita. Suuret kappaleet luonnollisesti vaativat suuria altaita.

5.2 Kammiopesu

Yleisin käytössä oleva pesumenetelmä on kammiopesu. Kammiopesussa kappale laitetaan kammioon, jossa kappale yleensä pysyy paikallaan ja kappaleen ympärillä liikkuu suihkuputket. Tilanne voi myös olla toisinkin kuten kuvassa 7 nähdään. Kyseisessä pesurissa on kori, johon kappale laitetaan ja suihkuputket pysyvät paikallaan korin pyöriessä.



Kuva 7. Esimerkkikuva kammiopesukoneesta. (IMT2013 Idea Machine)

Kammiopesukoneet voidaan jakaa yksi-, kaksi-, ja kolmevaiheisiin koneisiin. Nimitys tulee koneissa käytössä olevista allasmääristä. Pesuohjelma voi kolmivaiheisessa pesussa sisältää esim. pesun ja kaksi huuhtelua. Altaiden tilavuudet voivat vaihdella laitteen koon mukaan muutaman litran tilavuudesta aina useampaan tuhanteen litraan. Pesukoneiden altaissa on useasti käytössä lämmitysvastukset, joiden merkitys pestävien kappaleiden puhdistuvuuteen on suuri.

5.3 Ultraäänipesu

Ultraäänien mahdollisuudet pesukäytössä huomattiin 1940-luvulla. Kaupallisia laitteita ilmestyi markkinoille 1940-luvun puolivälissä. Menetelmänä ultraääni on siis melko vanha, mutta sen mahdollisuuksia ei vielä ole välttämättä löydetty. Teknisen kehityksen ansiosta menetelmä on tullut laajempaan käyttöön, kun laitteiden hinnat ovat pudonneet, koko on pienentynyt ja generaattorien elektroniikka on kehittynyt.

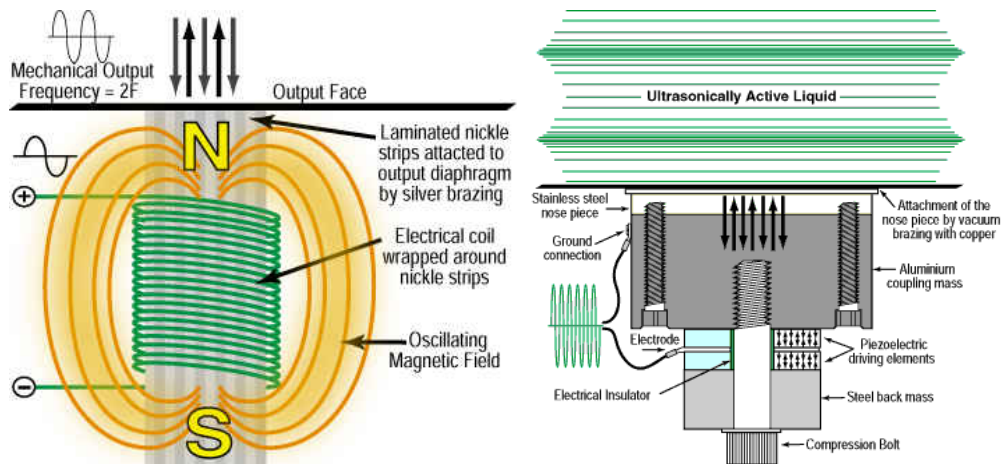
Ultraäänipesu perustuu ultraäänivärähtelijällä aiheutettuun mekaaniseen värähtelyyn. Tämä korkeataajuuksinen värähtely on ihmiskorvan kuuloalueen ulkopuolella olevaa korkeataajuisista värähtelyä. Teollisuuskäytössä ultraäänitaajuus vaihtelee käyttökohteen mukaan 20-80kHz.

Laitteisto on melko yksinkertainen ja koostuu muutamasta avainkomponentista. Näitä avainkomponentteja ovat ultraäänigeneraattori, värähtelijä, lämmitin ja pesuallas. Ultraäänigeneraattorin tehtävänä on muuntaa tavanomainen 50 *herzin* verkkojännite korkeataajuiseksi ja korkeajännitteiseksi vaihtovirraksi. Vaihtovirran aaltomuoto on yleensä kanttiaaltoa. Kanttiaallolla saadaan aikaiseksi runsaasti harmonista värähtelyä, jolla tehostetaan pesua. Tekniikan kehityksen johdosta tehokkaatkin ultraäänigeneraattorit ovat käytännöllisen kokoisia.

Värähtelijöiden tehtävä on muuntaa vaihtovirta mekaaniseksi värähtelyksi. Vaihtovirran muuntaminen mekaaniseksi liikkeeksi voidaan tehdä magneettisesti tai piezosähköisesti. (Kuva 6) Molemmilla menetelmillä saadaan aikaiseksi sama lopputulos. Magneettinen värähtelijä sisältää kelan, jossa jännitteen napaisuuden vaihtelu saa nikkelinauhan

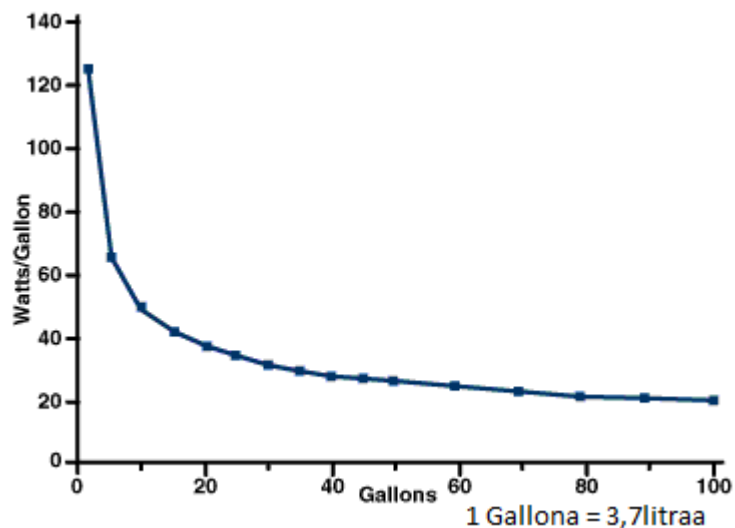
värähtelemään. Käytännössä perusperiaate on kuin tavallisessa kaiuttimessa. Fyysinen koko ja mekaaniset rajoitteet rajaavat taajuuden noin 20 kHz:iin.

Piezosähköisellä menetelmällä värähtely saadaan aikaiseksi piezo-kiteillä ja rakenteessa ei ole mekaanisesti liikkuvia osia. Piezo-elementit on puristettu alumiinikappaleiden väliin (Kuva 6). Tämä puolestaan mahdollistaa sen, että sopivalla mitoituksella yläraja taajuudelle on megaherzin luokkaa.



Kuva 6. Magneettisen ja piezosähköisen värähtelijän periaate kuvat. (CTGclean 2013)

Itse altaalle ei ole erityisiä vaatimuksia. Suositeltavaa kuitenkin olisi, että itse pestävä kappale ei olisi suoraan kosketuksissa itse altaaseen eikä värähtelijään. Kosketus johtaisi elementin kuoren tai altaan tarpeettomaan kulumiseen. Altaiden koot voivat olla muutamasta litrasta tuhansiin litroiin. Altaan koko määrittelee tarvittavan värähtelytehon. Lähteistä löytyy erilaisia laskukaavoja, joilla voidaan määrittellä tarvittava teho.

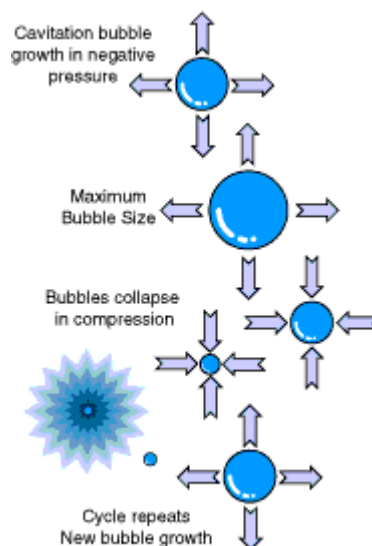


Kuva 7. CTG-Cleanin materiaalista oleva käyrä tilavuuden ja tehon suhteen (CTGclean 2013)

Kuvasta 7 voidaan nähdä käyrä, jonka avulla voidaan arvioida tarvittavaa tehoa. Laskuesimerkkinä 100gallonaa on ~370litraa ja tarvittava teho on 20wattia/gallona eli 2kW ultraäänitehoa. Erittäin suurissa altaissa vaadittava teho voi olla 5wattia/gallona käyrän logaritmisuudesta johtuen. Tämän lisäksi laitevalmistajilla on suosituksia minkä kokoiset laitteet riittävät mihinkin. Periaatteessa tekniikka ei määrittele ylärajaa altaan tilavuudelle?

5.3.1 Ultraäänipesu prosessi

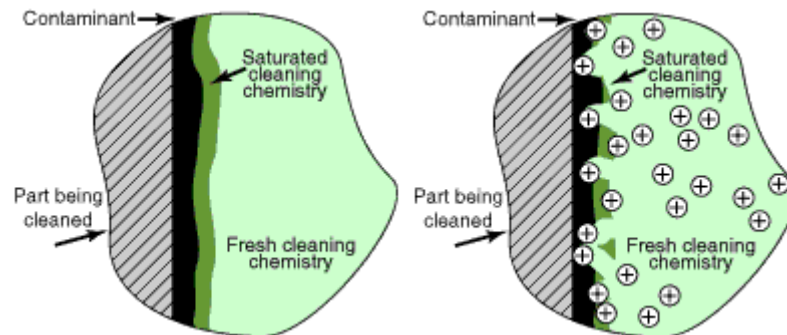
Pesu suoritetaan upottamalla kappale pesualtaaseen, jossa on pesuliuos ja ultraäänivärähtelijät. Ultraäänigeneraattorilla saadaan aikaiseksi korkeataajuinen signaali, jonka värähtelijät muuttavat mekaaniseksi liikkeeksi. Mekaaninen liike aiheuttaa kappaleen pinnalle voimakasta kavitaatiota, joka taas puolestaan aiheuttaa hyvin pieniä kavitaatio kuplia. Kuplat ovat noin 5 mikrometrin kokoluokkaa, joten niiden kyky tunkeutua pieniin väleihin on erittäin hyvä.



Kuva 8. Kavitaation aiheuttamat kavitaatio kuplat ja niiden luhistuminen. (CTGclean 2013)

Näiden kuplien luhistuminen aiheuttaa voimakkaan paineiskun, joka irrottaa likaa puhdistettavan kappaleen pinnalta ja lisäksi aiheuttavat pesuliuokseen liikettä. Liikkeellä saadaan aikaan kyllästyneen pesuliuoksen syrjäytyminen kappaleen pinnalta. Tällöin tuore

pesuliuos pääsee vaikuttamaan lian pinnalle. Näin puhdistustehokkuus saadaan maksimoitua, kun puhdistusaine kykenee liuottamaan likaa.



Kuva 9. Ultraäänen vaikutus kappaleen pinnalla. (CTGclean 2013)

Kaikki likapartikkelit eivät kuitenkaan liukene pesuliuokseen vaan pysyvät kappaleen pinnalla ioni ja/tai koheesio voimien avulla. Nämä sidokset voidaan yleensä kuitenkin rikkoa paineiskujen avulla ja pinnasta saadaan puhdas.

Ultraäänipesu voidaan suorittaa useassa vaiheessa kuten kammio- tai upotuspesussa. Ensimmäisessä pesuvaiheessa pestään isoimmat ja helposti irtoavat lika partikkelit pois, jolloin toisessa vaiheessa pesuliuos ei pääse likaantumaan. Viimeinen vaihe pesuprosessissa voisi olla huuhtelu erillisessä altaassa, jolloin pesuaine jäämät saadaan poistettua.

Ultraäänipesurin tehokkuutta voidaan tehostaa asentamalla pesualtaaseen putkitus, jonka avulla voidaan johtaa pesuliuokseen paineilmaa. Paineilman avulla saadaan aikaiseksi ilmakuplia, jotka sekoittavat liuosta ja kuljettavat likaa pois kappaleesta. pesuliuokseen johdetulla paineilmalla on toisaalta negatiivinen vaikutus pesuprosessiin, koska se sekoittaa ilmaa liuokseen ja heikentää näin prosessin toimintaa. Vastaava hyöty saadaan aikaan myös potkurilla, jolla saadaan liuos liikkeelle eikä sekoiteta ilmaa pesuliuokseen. Potkurin käyttö tulisi tehdä ultraäänen ollessa pois päältä. Lisäksi joillain ultraäänigeneraattoreilla voidaan tehdä taajuuspyyhkäisyjä, jolloin pesutaajuus vaihtelee pesun aikana. Pesutaajuuden muutoksilla voidaan vaikuttaa siihen minkä kokoisia likapartikkeleita pyritään poistamaan.

Lisäksi pesuliuoksen lämpötilalla ja pesuaineen määrällä voidaan vaikuttaa parantavasti pesutulokseen. Puhtaalla vedellä kavitaatio on voimakkaimmillaan lämpötilan ollessa noin

70 °C. Nesteen pintajännityksen pienentäminen vaikuttaa myös vahvistavasti kavitaatioon. Joidenkin valmistajien pesureissa on pesuohjelmassa kaasunpoisto vaihe, jolla pyritään poistamaan liuenneita kaasuja pesuliuksesta. Kaasun poistolla pyritään myöskin parantamaan tehokkuutta.

5.4 Korkeapainepesu

Viimeinen varteenotettava pesumenetelmä on korkeapainepesu. Menetelmä on hieman kuten kammiopesu, mutta suuttimista tuleva paine on suurempi. Kammiopesureissa yleensä virtaus on suuri 200-700 l/min ja paine pieni 300-600 kPa. Korkeapainepesussa paine on yli 2000 kPa virtaus luonnollisesti pienempi. Painepesua voidaan tehostaa käyttämällä oskilloivaa suihkua, jolla pyritään tehostamaan pesua. Painepesu perustuu pesusuihku suureen intensiteettiin. Korkeapaine pesu ei sovellu tästä syystä jokaiselle rakenteelle ja materiaalille.

Korkeapainepesutulokseen vaikuttavia avain tekijöitä ovat paine, virtaus, aika, lämpötila ja pesuaine. Näistä tekijöistä paine ja virtaus aikaansaavat pesuymyrässä mainitun liikkeen. Korkeapaine vaatii korkeapainepumpun, joka asettaa vaatimuksia pesunesteen puhtaudelle. Kierrätettäessä pesunestettä se täytyy suodattaa hyvin, jottei aiheudu tukoksia pumppuun tai suuttimeen. Käytettäessä tuoretta pesuliuosta ja/tai vettä pesuun aiheutetaan tarpeetonta kulutusta sekä jätettä. Kuitenkin korkeapainepesu on varteenotettava vaihtoehto tehokkuutensa puolesta, jos onnistuu ratkaisemaan suljetun kierron ongelmat. Suodatuksen on oltava riittävä.

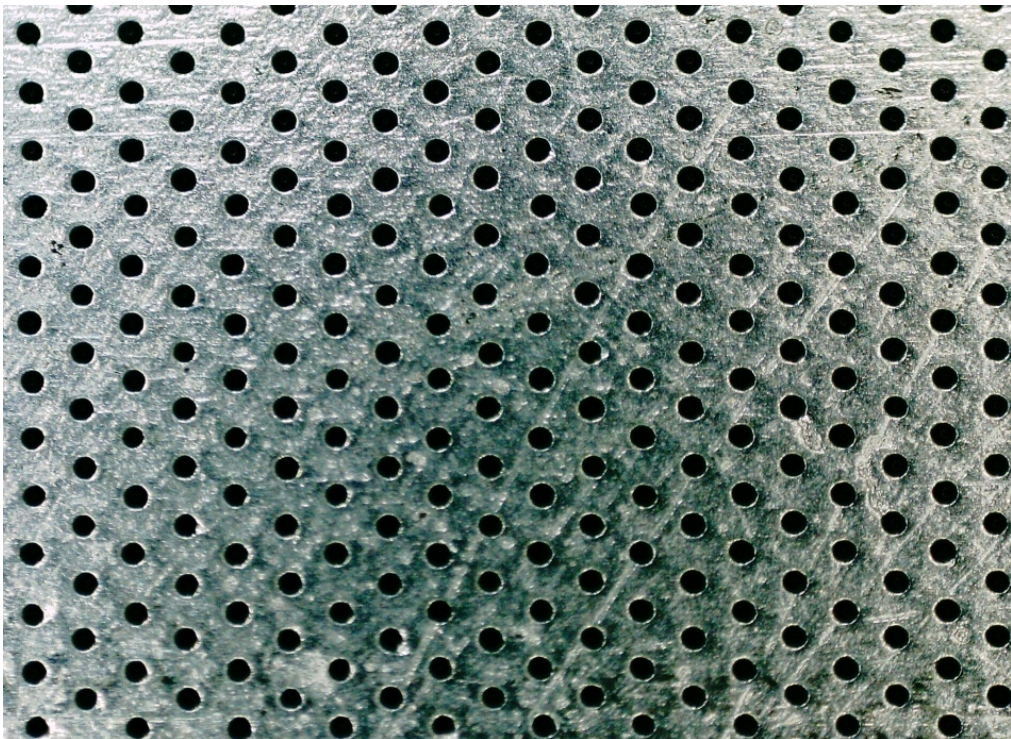
6 MENETELMIEN SOPIVUUS

Tässä kappaleessa tarkistellaan esiteltyjen menetelmien sopivuutta kuitusuotimen sihtirumpujen pesuun. Ensimmäiseksi tutustutaan pestävään kappaleeseen.

Pestävä sihtirumpu on materiaaliltaan 316/316L EN-standardin mukaisen nimeämisen mukaan 1.4401/1.4404 haponkestävää terästä. Haponkestävällä teräksellä tarkoitetaan ruostumatonta terästä, johon on seostettu molybdeenia. Molybdeenin lisääminen parantaa erityisesti piste- ja rakokorroosion kestävyyttä. Seostuksella pyritään vaikeuttamaan pistesyöpymisen ydintymistä ja helpottaa uudelleen passivoitumista pienentämällä siihen tarvittavaa virran tiheyttä. Materiaali on hyvin yleisesti käytetty paperi- ja sellutehtaiden

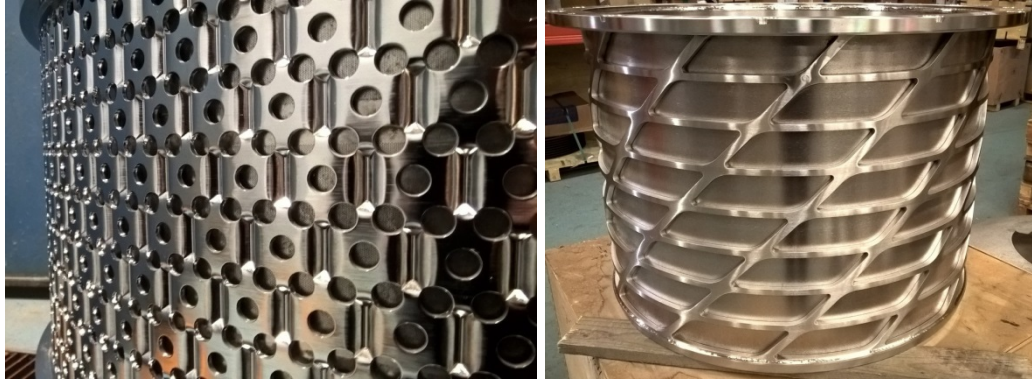
laitteissa sen hyvän korroosion keston takia. Hyvän korroosion keston takia materiaalille soveltuu myös hyvin monenlainen pesuliuos. Käytettävistä pesuaineista karsiutuu lähinnä kaikkein vahvimmat hapot.

Sihtirumpu koostuu ylä- ja alalampoista, vaipasta ja erilaisista tukirakenteista riippuen pitkälti siitä kuka sihtirummun on valmistanut. Sihtirummun vaippa muodostaa sihtiosan, joka on rei'itetty 0,10-0,30 mm halkaisijoilla olevilla rei'illä. Kuvassa 10. on mikroskooppikuva sihtirummunpinnasta ja näkyvät reiät ovat halkaisijaltaan 0,20 mm. Tämä puolestaan rajaa käytettävistä pesumenetelmistä erilaiset harjat pois, koska harjojen avulla näitä reikiä ei pysty puhdistamaan.



Kuva 10. Mikroskooppikuva sihtirummun pinnasta

Lisäksi rummun taustapuolella on erilaisia tukirakenteita, joista esimerkkinä kaksi vaihtoehtoa kuvissa 11 ja 12. Rakenteet luovat omat haasteensa puhdistukselle.



Kuvat 11 ja 12. Erilaisia tukirakenteita

Pestävä lika on kovaa saostumaa, joka lähtee pois rapsuttamalla. Lian tarkemmasta koostumuksesta ei ole varmaa tietoa. Kuten alussa on mainittu, lika on usean likakomponentin yhdistelmä. Useat likakomponentit ja niiden yhdistelmät aiheuttavat siten haasteita pesuaineen valintaan. Nykyisen menetelmän pesuaine on valittu koepesun pohjalta ja se sisältää mietoja hedelmähappoja. Käytetystä pesuliuksesta voidaan päätellä lian olevan alkalista ja lika sisältää jämiä mustalipeästä. Saostuma voi olla myös kalsiumkarbonaattia, joka voi kulkeutua tehtaan kemikaalikierron kautta lipeän joukkoon. Tällöin pesuaineelta vaaditaan kykyä liuottaa kalkkia.

Materiaali puolestaan ei aiheuta rajaavia tekijöitä itse pesumenetelmien välillä, eikä juurikaan pesuaineen valinnan kannalta. Käytettävän pesukoneen konstruktiolle aiheutuu pestävän kappaleen materiaalista vaatimus. Pesukone tulisi valmistaa samasta materiaalista kuin itse pestävä kappale, tällöin mahdollisesti voimakas pesuliuos ei aiheuta ongelmia pesukoneen kestävyys ja elinikään.

Nykyinen menetelmä on kammiopesuun rinnastettava, koska siinä sihtirummun pintaan suihkutetaan noin 500 kPa:in paineella pesuliuosta. Pesuprosessi etenee nykyisellä menetelmällä siten, että kappale esipestään painepesurilla. Tällöin irtoaa herkästi irtoavat likapartikkelit, kuten esimerkiksi kuitujämmät. Esipesun jälkeen kappale laitetaan pesukoneeseen. Pesun kulkua joudutaan seuraamaan aika-ajoin ja mahdollisesti avaamaan tukkeutuneita pesusuuttimia. Pesusuuttimien tukkeutuminen johtuu kappaleesta irronneista likapartikkeleista. Nykyinen pesukone on varustettu suodattimilla, mutta niiden tehokkuus ei ole riittävä. Tästä syystä syntyy vaatimus menetelmän valintaan. Käytettävä laite tulee olla varustettu riittävällä suodatuksella, jolla saadaan kasvatettua toimintavarmuutta ja jatkettua pesuliuksen käyttöikä.

Esitellyistä pesumenetelmistä huomioiden edellä mainitut vaatimukset parhaiten menetelmistä sopisi ultraäänipesu. Ultraäänipesulla pystytään pääsemään käsiksi pienissä rei'issä olevaan sekä vaipan ja tukirakenteen välissä olevaan likaan. Upotuspesun suurin ongelma sihtirummun pesussa on pesuympyrässä mainitun liikkeen puuttuminen. Upotuspesuun voidaan toki lisätä liike esimerkiksi ilmakuplien avulla, mutta koepesujen perusteella menetelmä on auttamatta liian hidas. Painepesulla sihtirummussa olevat reiät saadaan avattu osittain, mutta käsin pestynä sihtirummun puhdistukseen kuluu paljon aikaa. Kammiopesuri on toiminut tähän mennessä riittävästi, mutta paineet saada pesu onnistumaan nopeammin ja puhtaammin ajoivat vaihtoehtoisen tekniikan etsimiseen.

Yhteenvedotaulukossa on havainnollistettu miten pesuympyrän mukaiset ehdot täyttyvät erimenetelmillä.

Taulukko 1. Pesutekijöiden toteutuminen eri menetelmillä

	LIIKE	KEMIA	LÄMPÖ	AIKA
UPOTUS	-	+	+	-
KAMMIO	+	+	+	+
PAINEPESU	+	0	+	-
ULTRAÄÄN	+	+	+	+
I				

Taulukkoa voisi kuitenkin vielä hieman avata. Nopeasti tarkasteltuna vaikuttaisi siltä, että kammiopesukone ja ultraäänipesukone olisivat samalla viivalla. Tämä ei kuitenkaan ole aivan niin yksioikoinen. Täytyy muistaa, että sihtirummussa on mahdollisesti ulkopuolella tukirakenne, joka rajoittaa suihkun tehoa. Tavoitteena on saada sihtirumpu pestyä sisäpuolelta ja ulkopuolelta.

Upotuspesussa liikettä ei ole, mutta pesukemia voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Lämmönlisääminen ei ole myöskään ongelma. Aika sarakkeeseen merkitsin miinuksen, koska sihtirumpua voidaan joutua liottamaan pitkäänkin. Aikaa toki voidaan saada säästettyä, jos käytettäisiin pesuliuksena vahvaa happoa. Kokemus kuitenkin osoittaa, että tämä ei ole hyvä idea, koska hapoilla on taipumus syövyttää sihtirumpua. Sihtirummun perusmateriaalissa on kuvassa 13 nähtävissä merkkejä syöpymisestä, mutta erityisesti hitsisaumat ovat kärsineet.



Kuva 13. Syöpymiä hitsisaumoissa

Painepesun kohdalla merkitsin kemian kohdalle 0:n, koska pesuliuos tulisi saada kappaleen pinnalle jollain muulla tavalla kuin pesurin läpi. Aika sarakkeeseen laitoin miinuksen, koska huolelliseen pesutulokseen kuluu aikaa. Käytettäessä korkeapainepesua riski sihtirummun hajoamiseen on olemassa ja tiedän joitain tapauksia, että näin on myös käynyt. Yksistään korkeapainepesun syyksi hajoamisia ei välttämättä laskea. Todennäköisesti rakenne on ennestään jo heikentynyt muista syistä.

Ultraäänipesussa todellinen ajan käyttö on arvoitus. Laitevalmistajat ja yleisesti ajatukset ovat, että pesuprosessi on nopea. Todellisuus voi myös olla toinen, jos pesukemia ei toimi toivotulla tavalla. Ongelmaksi muodostuu lian koostumus. Koepesujen perusteella lian irtoaminen voi tapahtua kirjaimellisesti silmissä. Tilanne voi olla toinen, kun pestävä kappale on eripaikasta.

7 POHDINTA

Toimivia menetelmiä on useita ja oikean valinta on haastavaa. Parhaimman mahdollisen lopputuloksen kannalta puhdistus prosessissa on useampia vaiheita. Kuten nykyisessä menetelmässä. Ensimmäiseksi irtonainen/helposti irtoava lika tulee saada pois ja vasta sen jälkeen syväpuhdistus sopivalla menetelmällä. Sopivin menetelmä vaikuttaisi olevan kammio- tai ultraäänipesuri. Lopullisen arvioinnin kannalta tulisi selvittää mahdollisesti nykyisen laitteen modifiointi paremmaksi, soveltuvan ultraääni laitteiston hinta ja sopiva

kemia. Haastavin näistä on mielestäni kemian valinta. Ei pidä unohtaa laitteiston käyttökustannuksia, kuten täyttö, tyhjennys, huolto ja energiakustannuksia. Osan näistä pystyy laskemaan helposti ja saada aikaiseksi jonkinlainen arvio. Kustannus arvio voi olla hyvinkin tarkka, mutta esimerkiksi yksi ylimääräinen ja suunnittelematon pesuliuoksen vaihto voi saada aikaan muutaman tuhannen euron kulut.

Laitteisto asettaa vaatimuksia myös tilalle, kuten vedensaanti, viemärointi, sähkönsyöttö, ilmanvaihto, kulku ja mahdolliset nostolaitteet. Veden ja viemäroinnin osalta suurin kysymys. Millaista on käytetty pesuliuos? Vesilaitokselta on saatavissa raja-arvot viemäritälvälle jätevedelle. Jäteveden pH on mm. yksi raja-arvo. Käytetty pesuliuos ei ole aina viemäritälvää ja se tulee hävittää muuten asianmukaisesti. Tulee kuitenkin huomioida mahdollinen vikatilanne, jos laitteistoon tulee vuoto. Sähkönsyöttö voi asettaa vaatimuksia, jos laitteisto tarvitsee poikkeuksellisen paljon virtaa. Ilmanvaihdon tulee olla kunnossa, jos pesukemia reagoi jotenkin puhdistettavan lian kanssa? Lämmitetystä pesuliuoksesta tulee höyryjä, jotka on myös poistettava tilasta hallitusti. Kulkemisen ja nostojen osalta kysymyksiä. Pääseekö trukilla tai muulla välineellä? Miten kappale saadaan pesukoneeseen?

Edellä mainittujen kohtien huomioimisen jälkeen ovat avaimet onnistuneeseen päätökseen käsillä.

8 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin onnistuneen puhdistuksen edellytyksiä pesemisen teorian osalta. Käsiteltiin muutamia pesuprosesseja ja niiden soveltumista sihtirummun puhdistamiseen. Arvioinnin tuloksena parhaiten puhdistukseen sopii ultraäänipesuri ja toisena ehdokkaana jo käytössä oleva kammiopesuri. Työn tekemisen aikana vastaan on tullut muitakin menetelmiä puhdistamiseen, kuten laser tai puhallus soodalla tai kuivajäällä. Nämä olen kuitenkin rajannut työstä pois. Menetelmät voivat olla varsin toimivia, mutta vaativat yhteistyökumppanin löytämisen ja kokeilua. Mielestäni olen päässyt työssä tavoitteeseen ja jatkon ajatellen on suuntaviivat olemassa.

LÄHDELUETTELO

CTGclean 2013, Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application. [Cleaning Technologies Group:n www-sivuilla]. [Viitattu 4.11.2013]. Saatavissa: <https://www.ctgclean.com/ultrasonic-cleaning-fundamental-theory-and-application>

Godden Päivi2017, Välinehuollon pesuaineet KiiltoClean Oy. [Väline huoltaja yhdistyksen www-sivuilla]. [Viitattu 9.5.2018]. Saatavissa: http://www.valinehuoltajayhdistys.fi/wp-content/uploads/2013/02/V%C3%A4linehuollon-pesuaineet_Kiiltoclean.pdf

IMT2013 Idea Machine. [IM Tekniikka Oy:n web-sivu]. [Viitattu 4.11.2013]. Saatavissa: <http://www.imtekniikka.fi/cms/suomeksi/tarjoukset/55-im-09-s-pesukone>

Jokinen Isto, Kalvosarja 2, Kemiälliset esikäsittelyt. [Opetushallituksen www-sivuilla]. [Viitattu 3.12.2013]. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/osa2.pdf>

KnowPulp 2013a. AEL. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietokannan oppimisympäristö KnowPulp. Mustalipeän käsittely - Kuidunerotus. [Viitattu 22.12.2013]. Saatavissa Lappeenrannan teknillisen yliopiston käyttäjätunnuksilla

KnowPulp 2013b. AEL. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietokannan oppimisympäristö KnowPulp. Haihduttamon ongelmat- Lipeän kuitupitoisuus. [Viitattu 22.12.2013]. Saatavissa Lappeenrannan teknillisen yliopiston käyttäjätunnuksilla

KnowPulp 2013c. AEL. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tietokannan oppimisympäristö KnowPulp. Haihduttamon ongelmat- Haihduttimien likaantuminen. [Viitattu 22.12.2013]. Saatavissa Lappeenrannan teknillisen yliopiston käyttäjätunnuksilla

Teknokemia2018, Tensidit eli pinta-aktiiviset aineet. [Teknokemian yhdistys ry:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.5.2018]. Saatavissa: http://www.teknokemia.fi/fin/pesu-ja_puhdistusaineet/kodin_puhtaus/tensidit_eli_pinta-aktiiviset_aineet/