

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

2019

Tino Järvi

KASTEPISTEEN POISTAMINEN MUOVITUOTANNOSSA

Promens Oy

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2019 | 28 sivua, 5 liitesivua

Tino Järvi

KASTEPISTEEN POISTAMINEN MUOVITUOTANNOSSA

Promens Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia muovituotannossa muottien hikoilun syytä ja löytää tähän ratkaisu. Muottien hikoilu on seurausta muovitehtaan tuotannon sääolosuhteista. Toisin sanoen laatuongelma syntyy, kun vesi tiivistyy muottien pinnalle. Laatuongelmaan ratkaisun etsiminen on tarpeellinen, koska ongelman ilmetessä koneen tuotteessa työntekijät joutuvat siirtymään turhan pitkäksi aikaa tämän työkoneen äärelle korjaamaan yksinkertaista ongelmaa.

Työn alussa käsitellään toimeksiantajayrityksen muovipuhalluskoneiden toimintaa. Muovipuhalluskoneiden toimintaperiaatteen kuvaileminen on perusteltua, jotta muottien hikoilun syyn ja esitetyn ratkaisun ymmärtää paremmin. Lisäksi teoriaosuudessa käsitellään veden tiivistymistä, joka on otettu huomioon, kun on suunniteltu ratkaisuvaihtoehtoja.

Ratkaisun löytämiseksi tuli keskittyä koneen ulkoisien tekijöiden sijasta suoraan koneen jäädytysjärjestelmään. Kun oli keskitytty suoraan jäädytysjärjestelmän korjaamiseen, tuli enää vain löytää sopivanlaiset komponentit, joilla ratkaista ongelma. Sopivaksi venttiili-komponentiksi jäädytysjärjestelmään löytyi termostaatin avulla ohjattava säätöventtiili. Kastepisteen selvittämiseen valittiin yksinkertaisesti toimiva mittari-komponentti. Tarkan kastepisteen tiedettyä mittarin avulla, venttiili säädettiin tämän mukaan välttämällä kastepiste-lämpötilan.

ASIASANAT:

kastepiste, muovipuhalluskoneet, muotit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2019 | 28 pages, 5 appendices

Tino Järvi

REMOVAL OF DEW POINT FROM PLASTIC PRODUCTION

Promens Oy

The goal of this thesis was to research and find a reason for the sweating of molds in plastic production and to find a solution to this problem. The sweating of the molds is a result of the weather conditions of production in the plastic factory. In other words the quality matter is caused by water condensation on the surface of the molds. Finding the solution to solve the quality issue is essential due to the fact that when the problem arises, workers must stay for an excessive amount of time by the machine to solve a simple problem.

The beginning of this thesis addresses how the company's blow molding machines work. The principle of how blow molding machines work is justifiable so that the reason for the sweating of the molds and the presented solutions is understood better. In addition, the theory part consists the water condensation that has been taken into account while finding a solution.

To find a solution for the matter, it was necessary to focus on the direct cooling system on the machines instead of the external factors. When the focus was on the maintenance of the direct cooling system, then the only thing to do was to find appropriate components to be used in solving the problem. An appropriate valve component for the cooling system was found to be a thermostat operated water valve. A simply working thermometer component was chosen for the dew point reporting. Because the exact dew point could be measured with the thermometer, the valve could be adjusted so that the dew point was avoided.

KEYWORDS:

dew point, blow molding machine, molds

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 YRITYKSEN TIEDOT	8
3 MUOVIPUHALLUS	9
3.1 Yleistä	9
3.2 Muovipuhalluskoneet	10
3.3 Koekstruusiopuhallus	12
3.4 Ruiskuvalupuhallustekniikka	13
4 KASTEPISTE	14
5 RATKAISUN LÖYTÄMINEN	16
5.1 Kastepisteen huomiointi	16
5.2 Olotiloihin vaikuttaminen	17
5.3 Pääveden suora säätäminen	18
5.4 Koneiden veden säätäminen venttiileillä	19
6 KOMPONENTTIEN VALINTA	24
6.1 Mittari	24
6.2 Venttiili	25
7 LOPPUPÄÄTELMÄT	26
LÄHTEET	27

LIITTEET

Liite 1. Danfoss WVTS, tekninen esite.

KAAVAT

Kaava 1. Kastepisteen laskeminen (Paroscientific, 2018.)	15
--	----

KUVAT

Kuva 1. Promens Oy:n logo (Promens, 2018.)	8
Kuva 2. Puhallusmuovattuja kappaleita (Promens, 2018.)	9
Kuva 3. Havainnointikuva ekstruuderista ja kuinka muovipuhalluskoneen ruuvi käsittelee raaka-ainetta (Kurri ym. 2002, 99.)	10
Kuva 4. Aihio(letku) syntyy kulmapäässä ja seuraavaksi muottiin valmistetaan lopullinen tuote (Kurri ym. 2002, 116.)	11
Kuva 5. Kaavio koekstruusio puhalluksesta (Kurri ym. 2002, 117.)	12
Kuva 6. Aihio valmistuu puhalluskoneessa (Kurri ym. 2002, 118.)	13
Kuva 7. Kuvien välillä on odotettu hetki, jotta lasi jäähtyy ja pinnalle alkoi muodostua kondenssivettä.	14
Kuva 8. Kastepistelaskuri (Kastepistelaskuri, 2018.)	17
Kuva 9. Puhallusmuovattu tynnyri (Promens, 2019.)	18
Kuva 10. Nykyisin tuotannossa oleva jäädytysveden venttiilijärjestelmä.	20
Kuva 11. Esimerkki erän koneen tiivisti pakatuista vesiletkuista muottiin.	21
Kuva 12. AVTA 003N4132, termostaatin avulla ohjatut, lämpötilaan reagoivalla anturilla varustettu venttiili (Danfoss, 2019.)	22
Kuva 13. WVTS, termostaatin avulla ohjattu venttiili, lämpötilaan reagoivalla anturilla. (Danfoss, 2019.)	23
Kuva 14. Extech 445580 mittari. (Extech, 2019.)	24
Kuva 15. WVTS-venttiilin teknisestä liitteestä kuva. (Danfoss, 2019.)	25

TAULUKOT

Taulukko 1. Kastepistetaulukko.	16
---------------------------------	----

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

HDPE	muovi (High Density Polyethine)
PET	muovi (Polyetyleenitereftalaatti)
aihio	muovi raakaversiona ennen puhallusmuotoilua
MPa	MegaPascal (1MPa = 10 bar)
T _d	kastepiste °C
T	lämpötila °C
RH	suhteellinen kosteus %
mbar	millibaari ($1 \cdot 10^{-3}$)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajayritys on Promens Oy, joka on Varsinais-Suomen alueella oleva muovialan yritys. Yritys valmistaa puhallusmuovaustekniikalla muovipulloja, -kannistereita ja tynnyreitä. Opinnäytetyössä keskitytään tuotannossa olevaan laatuongelmaan, tämän ymmärtämiseen ja ratkaisemiseen.

Laatuongelmana tuotannossa on muottien hikoilu. Hikoilun syynä on muotin lämpötila sääolosuhteisiin nähden. Sääolosuhteiden ollessa täsmälliset kylmään muottiin nähden muotin pinta saavuttaa kastepiste-lämpötilan jolloin pinnalle tiivistyy vettä.

Ratkaisua laatuongelmaan on lähdetty lopulta hakemaan muotin lämpötilan vaikuttamisella. Ratkaisun tulisi myös olla helposti ymmärrettävä ja helposti käytettävä.

2 YRITYKSEN TIEDOT

Promens Oy on varsinais-suomalainen yritys, joka valmistaa puhallusmuovauksella muovipulloja, -kanistereita ja tynnyreitä. Yrityksen asiakaskuntaan kuuluu Suomessa ja Pohjois-Euroopassa nesteitä pakkaavat kemikaali- ja elintarviketeollisuuden yritykset. Yritys sijaitsee Vanhan Tampereentien varrella ja yrityksessä työskentelee noin 40 henkilöä. Promens Oy on osa kansainvälistä RPC Group PLC:tä, joka on Euroopan suurin muovituotteiden valmistaja. Promensin logoon kuuluu myös RPC merkintä. Konserni toimii yli 30 maassa, ja tällä on yli 140 tehdasta ympäri maailmaa. Henkilöstöä konsernilla on yli 20 000. (Promens, 2018.)



Kuva 1. Promens Oy:n logo (Promens, 2018.)

Yritys tarjoaa innovoivaa yhteistyötä asiakkaalle suunnittelutoimiston kanssa, luoden täysin uudenlaisia pakkauskonsepteja. Yrityksen yleiseen laajaan tuotevalikoimaan kuuluu standardisoituja 0,5 litraisia pulloja aina 30 litran kanisteriin asti. Lisäksi yritys valmistaa ainoana yrityksenä Suomessa muovitynnyreitä, jotka ovat tilavuudeltaan 210 litraisia. (Promens, 2018.)

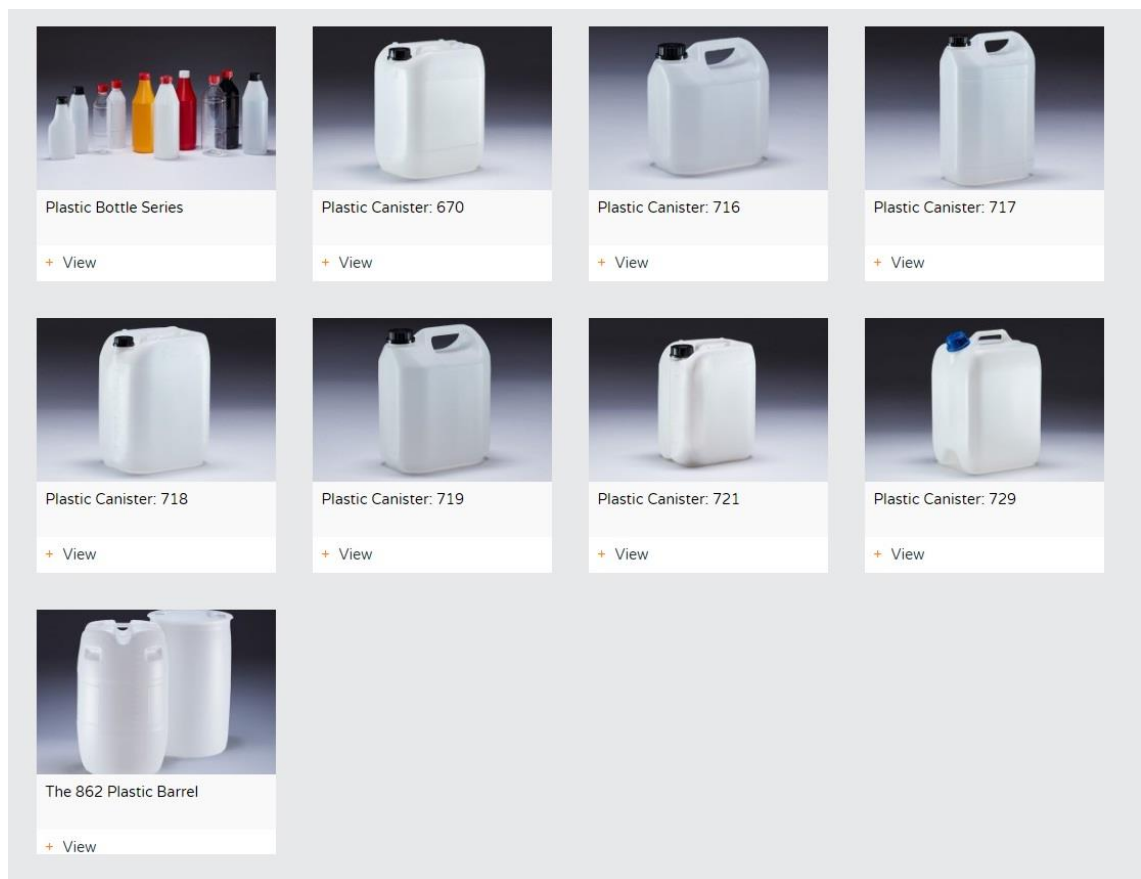
Yritys käyttää valmistusmenetelmänä aukipuhallusmenetelmää. Muovituotteiden raaka-aineina toimivat HDPE ja PET, HDPE-pullojen ja pienten kanistereiden osalta pystytään myös tarjoamaan monikerrosratkaisua, joka pidentää pullon sisäisen tuotteen säilyvyyttä huomattavasti. (Promens, 2018.)

3 MUOVIPUHALLUS

3.1 Yleistä

Puhallusmuovaustekniikka on vanha ja hyvin pitkään käytetty muovialalla. Puhallusmuovaustekniikka on hyvin yksinkertainen ja tehokkaasti teollistettava valmistusmenetelmä. Puhallustekniikassa yleisesti tehdään tuotteita ohuilla seinämillä, mikä mahdollistaa kaiken tarvittavan tarkkuuden. Muottien tarkkuus siis määrittää pitkälti tuotteen tarkkuuden. (Muovisanastoa, 2019.)

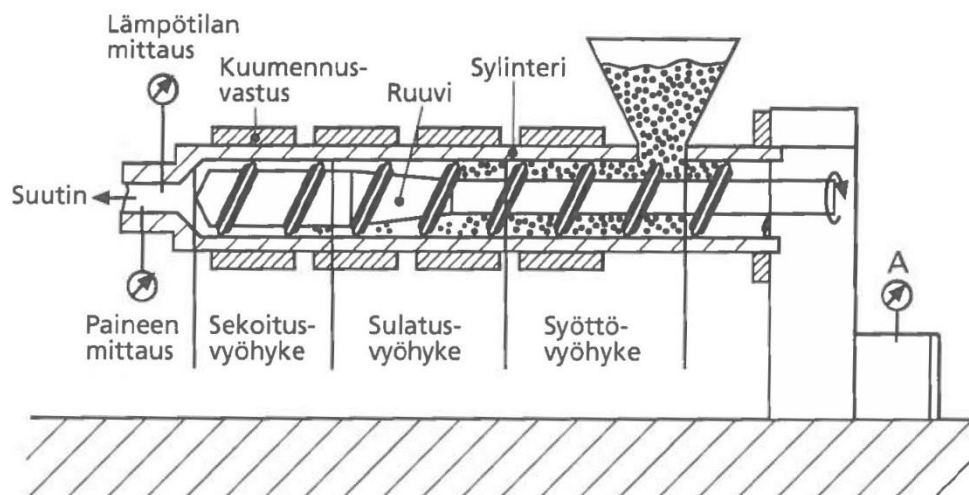
Puhallusmuovatut kappaleet ovat hyvin kestäviä. Kappaleisiin voidaan lisätä toiveiden mukaan koneiden mahdollistaessa ns. lisäominaisuuksia mm. kerrostusta tai läpinäkyvä mittaviiva.



Kuva 2. Puhallusmuovattuja kappaleita (Promens, 2018.)

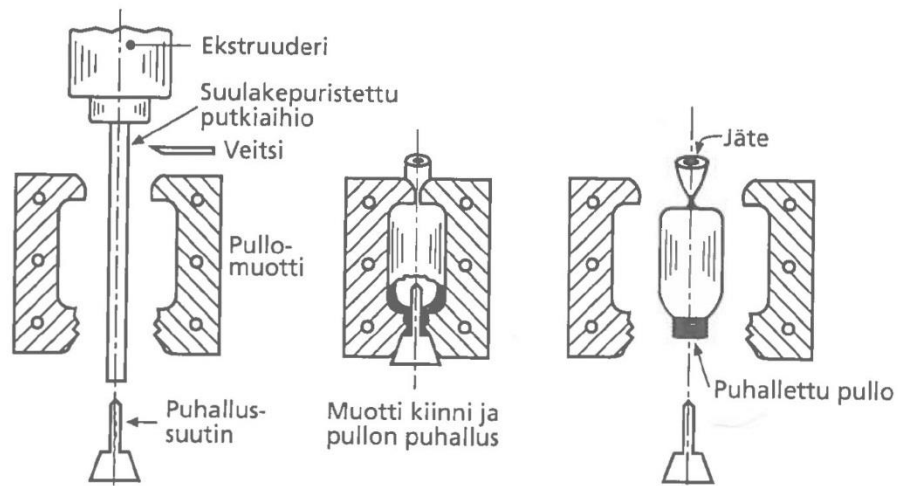
3.2 Muovipuhalluskoneet

Muovipuhalluskone on tarkoitettu onttojen muovituotteiden valmistamiseen. Puhalluskone toimii siten, että koneeseen syötetään raaka-ainetta. Raaka-aine siirtyy ekstruuderiin eli sylinteriin, jonka sisällä on kierrukkaruuvi (Kurri ym. 2002, 99.) Ekstruuderin on koneen kammio, jossa ruuvi sulattaa ja mahdollisesti sekoittaa raaka-aineet. Raaka-aine siirtyy ekstruuderissa jatkuvasti ruuvien kierreläikeen takia. Ruuvien siirtäessä raaka-ainetta kierreläikeellä, raaka-aineeseen johtuu ekstruuderin sisällä lämpöä, joka muuttaa raaka-aineen sulaksi muoviksi. Ruuvien toimesta muovi sulatetaan ja sekoitetaan täysin ja tämä siirtää kierreläikeellään sulan muovin koneen ekstruuderista ulos. Muovipuhalluskoneissa muovi poistuu ns. letkuna kulmapää syöttötyökalun ansiota.



Kuva 3. Havainnointikuva ekstruuderista ja kuinka muovipuhalluskoneen ruuvi käsittelee raaka-ainetta (Kurri ym. 2002, 99.)

Koneesta muovi alkaa valumaan letkuaihiona ja muovin oikea määrä mitataan valokennoilla. Valokennot mittaavat milloin muovia on valunut tarpeeksi tuotteen valmistusta varten. Tarpeellisen raaka-aineen määrän valuttua koneesta muotin puolikkaat sulkeutuvat muovivalumaan kiinni. Valuva muoviletku muotin yläpuolella leikataan leikkurien toimesta ja muotti voi siirtyä tämän jälkeen puhallukseen, venyttämättä muoviletkua ympäri konetta. Puhalluksessa tuotteen ja muotin suuaukolle syötetään puhallusputki, joka puhalltaa 6-10 MPa:n paineella paineilmaa muottiin (Kurri ym. 2002, 117.) Puhalluksessa muotin sisällä muovi venyy paineilman myötä muottipinnan muotoiseksi. Koneen puhalletaessa tuotteen muotoonsa tämä jäähtyy samalla hyvin tehokkaasti muotin sisäpintaa vasten, muotin sisällä virtaavan jäädytysveden avulla. Jäädytyksessä muovituote jäykistyy samalla.



Kuva 4. Aihio(letku) syntyy kulmapäässä ja seuraavaksi muottiin valmistetaan lopullinen tuote (Kurri ym. 2002, 116.)

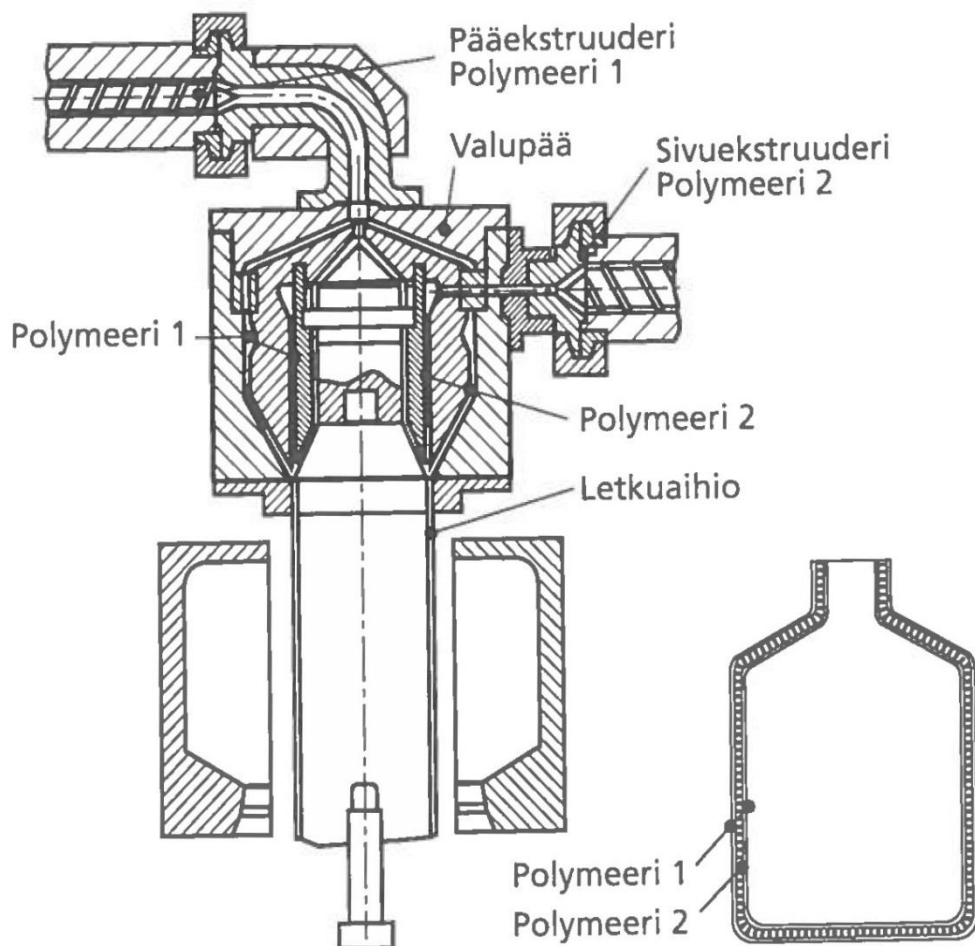
Muottien sisällä kulkee koko tuoteprosessin ajan vesi läpi. Veden on tarkoitus jäädyttää tuote pitämällä itse muotti kylmänä.

Muotteihin siirretään putkiston kautta suoraan jäädytettyä, kylmää vettä ja muoteista löytyy myös paluuvesiputket, joissa virtaa muoteissa käynyt muottia jäädyttänyt vesi.

3.3 Koekstruusiopuhallus

Menetelmässä johdetaan useamman ekstruuderin sulavirrat samaan valupäähän, jossa niistä muodostetaan letkuaihio. Puhaltaminen valmiiksi tuotteeksi tapahtuu kuten ekstruusiopuhalluksessa. (Kurri ym. 2002, 117.)

Tuotteen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa materiaalin valinnoilla. Tuotteesta voidaan tehdä mm. esteettinen läpinäkyvällä mittanauhalla pullon kylkeä pitkin tai parantaa tuotteen säilyntäominaisuuksia kerrostuksella. Menetelmä mahdollistaa myös kierrätetyn jätemateriaalin ajamisen välikerroksiin ja neitseellisen materiaalinkäyttöön vain ohuina kerroksina ulko- ja sisäpinnoille (Kurri ym. 2002, 117.)

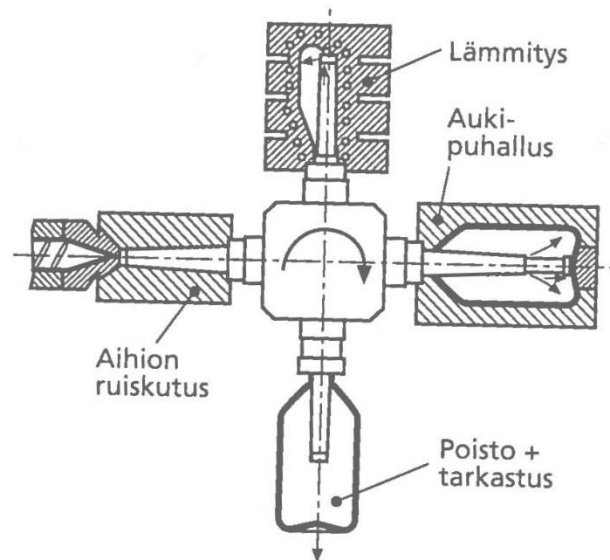


Kuva 5. Kaavio koekstruusio puhalluksesta (Kurri ym. 2002, 117.)

3.4 Ruiskuvalupuhallustekniikka

Ruiskupuhallustekniikka on sitä kun aihio voidaan valmistaa ruiskuvalutekniikalla, jonka jälkeen kuuma aihio puhalletaan muotissa valmiiksi kappaleeksi. Menetelmässä ei valuteta letkuaihiota niin kuin muissa puhallustekniikoissa. Menetelmä sopii hyvin pienille ja mittatarkoille tuotteille, kuten lääketeollisuuden käyttämille pulloille.

Aihio tehdään ruiskuvalukoneessa, jossa se samassa prosessissa puhalletaan pulloksi. Ruiskuvalupuhalluksessa voidaan soveltaa myös venytyspuhallusta ja monikerrostekniikkaa samaan tapaan kuin ekstruusioonkin perustuvissa menetelmissä (Kurri ym. 2002, 118.)



Kuva 6. Aihio valmistuu puhalluskoneessa (Kurri ym. 2002, 118.)

4 KASTEPISTE

Kastepisteen voi helposti käytännössä havaita mm. kesäpäivänä kaataessa kylmää juotavaa juomalasiin, lasin jäähtyessä juoman lämpöiseksi lasin pinta alkaa hikoilla. Lasin pinta saavuttaa sääolosuhteisiin nähden kastepisteen ja alkaa kondensoimaan vettä pinnalle.

Kastepiste on lämpötila, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100 % (Ilmatieteenlaitos, 2018.) Lämpötilan laskiessa kappaleella suhteellinen kosteus tämän ympärillä kasvaa. Suhteellisen kosteuden ollessa 100 % vesi tiivistyy vedeksi kappaleen pinnalle. Kastepisteen lämpötila riippuu ilman suhteellisesta kosteudesta ja ilman lämpötilasta. Kastepisteeseen voi vaikuttaa myös ilmanpaine. Kastepisteestä tiivistynyttä vettä kutsutaan myös yleisesti kondenssivedeksi.



A



B

Kuva 7. Kuvien välillä on odotettu hetki, jotta lasi jäähtyy ja pinnalle alkoi muodostua kondenssivettä.

Kastepisteen voi laskea jos tietää ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan.

Kaava 1. Kastepisteen laskeminen (Paroscientific, 2018.)

Kastepiste lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$T_d = \frac{b \gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)}$$

Jossa:

$$\gamma(T, RH) = \frac{a T}{b + T} + \ln RH$$

T_d = kastepiste

T = lämpötila

RH = ilman suhteellinen kosteus

$a = 17,27$

$b = 237,7$

Kastepisteeseen vaikuttaa myös ilmanpaine. Normaalilla ilmanpaineella ei ole vaikutusta kastepisteeseen. Normaali ilmanpaine on 1013 mbar, joka on noin 1 baari. Ilmanpaineen ollessa esim. 0,8 baaria (80% normaalista ilmanpaineesta) kastepiste laskee 20% verran. Ilmanpaine on kuitenkin sidonnainen ilman suhteellisen kosteuden kanssa, joten ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus riittävät kastepisteen laskemiseen. (Valtanen 2010, 940.)

5 RATKAISUN LÖYTÄMINEN

5.1 Kastepisteen huomiointi

Kastepiste vaihtelee sääolosuhteiden mukaisesti ja tämä on tiedostettava tehdasolosuhteissa. Kastepisteen selvittämisen on tarjottava keinot työolosuhteisiin kaikille työntekijöille, tarjoamalla lämpömittari ja ilmakestusmittari. Näiden kahden arvot tietäessä kastepisteen pystyy selvittämään. Tulee tarjota nopea tapa selvittää tämä ja myös pidempään vievä, mutta täsmälleen tarkka menetelmä. Nopeampana tapana tarkastaa kastepiste on katsoa mittarien arvot ja verrata näitä kastepistetaulukkoon. Tarkempaan menetelmään tarkoitetaan valmista kaavastoa, johon voi syöttää mittarien arvot ja kaavasto laskee tarkan kastepisteen.

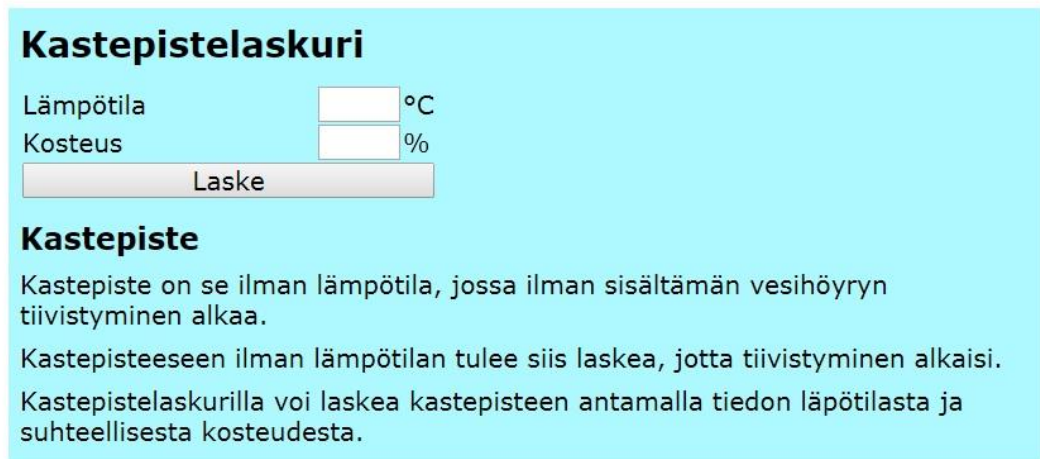
KASTEPISTETAULUKKO																		
35	-1,2	4,5	8,7	12	14,8	17,20	19,4	21,3	23	24,6	26	27,4	28,7	29,9	31	32,1	33,1	34,1
34	-1,9	3,7	7,8	11,2	13,9	16,30	18,5	20,4	22,1	23,7	25,1	26,5	27,7	28,9	30	31,1	32,1	33,1
33		2,9	7	10,3	13,1	15,50	17,6	19,5	21,2	22,7	24,2	25,5	26,8	28	29,1	30,1	31,1	32,1
32		2,1	6,2	9,5	12,2	14,60	16,7	18,6	20,3	21,8	23,2	24,6	25,8	27	28,1	29,2	30,1	31,1
31		1,3	5,4	8,5	11,4	13,70	15,8	17,7	19,3	20,9	22,3	23,6	24,9	26	27,1	28,2	29,2	30,1
30		0,5	4,6	7,8	10,5	12,80	14,9	16,8	18,4	20	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29		-0,3	3,8	7	9,7	12,00	14	15,8	17,5	19	20,4	21,7	23	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28		-1,1	2,9	6,1	8,8	11,10	13,1	14,9	16,6	18,1	19,5	20,8	22	23,1	24,2	25,2	26,2	27,1
27			2,1	5,3	7,9	10,20	12,2	14	15,7	17,2	18,6	19,8	21	22,2	23,2	24,3	25,2	26,1
26			1,3	4,4	7,1	9,30	11,3	13,1	14,8	16,2	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25			0,5	3,6	6,2	8,50	10,4	12,2	13,8	15,3	16,7	18	19,1	20,3	21,5	22,3	23,2	24,1
24			-0,4	2,7	5,3	7,60	9,6	11,3	12,9	14,4	15,7	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23			-1,2	1,9	4,5	6,70	8,7	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22				1,1	3,6	5,80	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21				0,2	2,8	4,90	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20				-0,6	1,9	4,10	6	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19				-1,5	1	3,20	5,1	6,8	8,3	9,7	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18					0,2	2,30	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17					-0,7	1,40	3,3	5	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16					-1,6	0,50	2,4	4,1	5,6	7	8,2	9,4	10,5	11,6	12,5	13,5	14,4	15,2
15						-0,30	1,5	3,2	4,7	6	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
Lämpötila °C	Ilman suhteellinen kosteus																	

Taulukko 1. Kastepistetaulukko.

Vasemmalla laidalla vaaleansinisellä pohjalla kastepistetaulukossa löytyy huoneen lämpötilat huomioituna alueella 15–35 °C ja alhaalla on vaaleanpunaisella pohjalla ilman suhteellinen kosteus 10–95 %. Taulukko 1. -kastepistetaulukko antaa aika tarkkaa ohjeistusta kastepisteen lämpötilasta, mikä tämä voisi olla.

Kastepistettä halutessa laskea on helpompaa mennä internetiin valmiille kastepistelaskimelle. Kastepisteen laskeminen on kuitenkin käsin erittäin hidasta ja vaivallista, joten nopeampi ratkaisu vaihtoehdoksi on vain käyttää tähän tarkoitettua laskinta suoraan.

Yksinkertaisesti toimivat laskimet löytyvät sivuilta: www.kastepistelaskuri.fi ja go.vai-sala.com/humiditycalculator/5.0/.



Kastepistelaskuri

Lämpötila °C

Kosteus %

Laske

Kastepiste

Kastepiste on se ilman lämpötila, jossa ilman sisältämän vesihöyryn tiivistyminen alkaa.

Kastepisteeseen ilman lämpötilan tulee siis laskea, jotta tiivistyminen alkaisi.

Kastepistelaskurilla voi laskea kastepisteen antamalla tiedon lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta.

Kuva 8. Kastepistelaskuri (Kastepistelaskuri, 2018.)

5.2 Olotiloihin vaikuttaminen

Kondenssivesi muodostuu muottien pinnalle liian korkean huonelämpötilan, ilmankosteuden ja mahdollisen ilmanpaineen takia verrattuna kylmetettävän muotin pintaan.

Tuotannon työtilojen lämpötilan, ilmankosteuden ja ilmanpaineen optimointiin voitaisiin vaikuttaa yksinkertaisilla ratkaisuilla kuten suurilla alipaineistus-laitteilla ja ilmanlämpöpumpuilla, joilla vaikuttaisimme suoraan kastepisteen määrittäviin arvoihin. Nämä ratkaisut kuitenkin ovat todella kalliita ja varmuudesta varmana ratkaisuna ei voi luvata suuren tehdashallin koon takia. Tämä ratkaisu siis ei ole kannattava.

5.3 Pääveden suora säätäminen

Pääveden suora säätäminen lämpimämmäksi kuin nykyinen noin 8 °C olisi hyvä idea. Suoralla pääveden säätämällä lämpimämmäksi voitaisiin vaikuttaa suoraan ja tehokkaasti muuttien lämpötilaan, korjaten kastepisteongelman. Tässä ratkaisussa kuitenkin ilmenisi uusi ongelma, joka on se että kaikkien koneiden jäädytysvesi olisi lämpimämpää ja heikentäisi muiden tuotteiden laatua. PET-tuotteiden erittäin tarkka laatu kärsisi hyvin paljon tällöin. Tynnyrien valmistus muuttuisi mahdottomaksi, koska tälle tuotteelle kunnon jäähditys on ehdoton. Tuote painuu muuten kasaan suuren massansa takia.



Kuva 9. Puhallusmuovattu tynnyri (Promens, 2019.)

Pääveden säätäminen ja asentamalla uudet, omat lämpötilaa säätävät kompressorit tarvittavien laitteiden vierelle ei ole myöskään järkevä ratkaisu. Päävesi tulee noin 4 baarin paineella, joten kompressorin täytyisi todella tehokkaasti pystyä säätämään uudelleen veden lämpöä. Tällaisen asetelman toimiminen on epätodennäköistä ja uusien kompressorien hankkiminen ei ole kovinkaan kustannustehokas ratkaisu.

Ratkaisuna veden kondensoitumiseen muottien pintaan tulee mieluummin keskittyä muovipuhalluskoneen toiminnan vaikuttamiseen.

5.4 Koneiden veden säätäminen venttiileillä

Muotti täytyisi saada pysymään kuivana kondenssivedestä, joka johtuu korkean lämpötilan, ilmankosteuden ja ilmanpaineesta verrattuna itse muotin lämpötilaan.

Kaikkiin tehtaan muovipuhalluskoneiden muotteihin siirtyy suoraan jäädytettyä noin 8 °C asteista vettä noin 4 baarin paineella. Vesi on kaikkialla saman lämpöistä, koska tällöin vesi tarvitsee vain kerran säätää oikeaan lämpötilaan ja vaikka tuote tarvitsisi enemmän jäädytystä suuremman kuumen muovimassa-määrän takia, tuotteen puhallusaikaa voi pidentää.

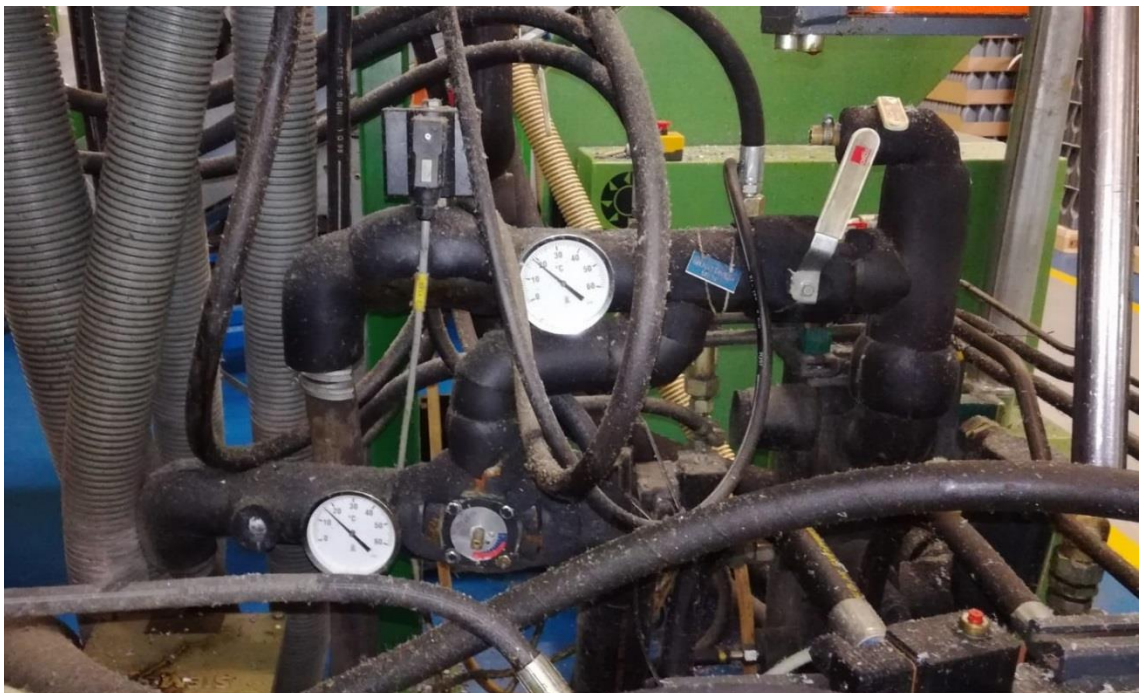
Muotit ovat yleisesti yli 8 °C -asteenlämpöisiä normaalin tuotantoprosessin ajan, sillä tämän lämpöinen vesi kulkee muoteista läpi jatkuvasti. Menoveden lämpötila tarkastetaan sisään menevän veden putken termostaatista, mutta tämä ei ole välttämättä kuitenkaan muotin lämpötila oikeasti. Muotti lämpenee tuotantoprosessin aikana asetuksista ja säästä riippuen, kun tämä jäädyttää muovimassan noin huoneen lämpöiseksi. Muotin lämpötilasta saa tarkemman arvon tarkkailemalla paluuveden lämpötilaa.

Nykyinen venttiilijärjestelmä

Nykyinen järjestelmä toimii siten, että paluuveden putkessa on läppäventtiili, joka ohjautuu veden lämpötilan mukaan. Venttiilin on tarkoitus sulkeutua veden ollessa liian kylmää, ohjautuen haaraputkesta takaisin menoveteen. Veden joutuessa jatkuvaan kierteseen muottien läpi tämä lämpenee hitaasti. Veden lämmitessä tarpeeksi termostaattiin annetun asetuksen mukaan tämä avaa paluuveden venttiilin päästäten veden ulos. Paluuveden venttiilin ollessa auki jälleen, muottien lämpötila laskee lähemmäksi menoveden lämpötilaa, koska näistä kulkee suoraan kylmä jäädytysvesi läpi.

Nykyinen venttiilijärjestelmä on hidas ja huoltoa tarvitseva. Venttiilit säätäytyvät termostaatin mukaan hitaasti ja osassa koneissa koko järjestelmä ei vain toimi.

Nykyisen järjestelmän päivittäminen ja kokeiluun ottaminen kastepisteen hallitsemiseksi on varteenotettava ratkaisuvaihtoehto, sillä tämä ratkaisu olisi taloudellinen vähäisien hankintojen takia.



Kuva 10. Nykyisin tuotannossa oleva jäädytysveden venttiilijärjestelmä.

Uusi venttiilijärjestelmä, ensimmäinen ehdotus

Uudella venttiilillä olisi tarkoitus antaa ohjaus paluuveden lämpötilasta, joka vastaa enemmän muotin lämpötilaa.

Uuden venttiilin sijoituksesta oli idea, että tämän olisi voinut sijoittaa muotin menoveden vesiletkuihin. Päävesiputkista haarautuu ohuempia letkuja muottiin kiinni, joissa vesi kulkee muotin jäädytyskanavia pitkin. Jäädytyskanavat eivät ole samalla syvyydellä muotissa, joten muotin sisäpinta ei ole tasaisesti saman lämpöinen. Muotissa siis on kylmempiä kohtia, tästä syystä vesijäljet muodostuvat näille alueille tyypillisemmin. Nämä alueet tunnetaan hyvin tuotannossa, mistä tarkkailla vesijälkeä tarkemmin ensimmäisenä.



Kuva 11. Esimerkki erän koneen tiivisti pakatuista vesiletkuista muottiin.

Venttiilejä ei ole mahdollista sijoittaa niin lähelle muottia kuin tässä ehdotetaan, koska muotin letkut ovat hyvin tiivisti pakattuna. Lisäksi tämän ratkaisun toimivuus on epävarmaa. Ongelmakohtia saattaisi myös ilmetä, siinä kun muotti alkaisi hikoilemaan useammasta kohdasta, jolloin venttiilejä tarvitsisi useamman.

Ratkaisuna on paljon helpompaa keskittyä meno- ja paluuveden päävesiputkiin.

Uusi venttiilijärjestelmä, toinen ehdotus

Danfossin ja Onnisen tekninen neuvonta suosittelivat alun perin käyttökohde selityksen jälkeen venttiiliratkaisuun komponenttia AVTA 003N4132. AVTA-venttiili on pitkä kaapelinen termostaatilla ohjattava venttiili. Venttiilin säätö on käsin ruuvattava haluttuun lämpötilaan, jossa halutaan että venttiili sulkeutuu automaattisesti.



Kuva 12. AVTA 003N4132, termostaatin avulla ohjatut, lämpötilaan reagoivalla anturilla varustettu venttiili (Danfoss, 2019.)

Ajatuksena oli myös korvata nykyinen järjestelmä AVTA termostaattiohjatulla venttiileillä. AVTA-venttiilin kanssa ideana oli asettaa venttiili menoveteen ja ottaa ohjaus paluuveteestä, vähentäen virtaavan jäädytysveden määrää muottiin, tämän ollessa säätöjen mukaan liian kylmä. Ja tämän jälkeen vähäisempi veden määrä muotissa jäädyttäisi muottia vähemmän, jättäen muotin lämpötilan yli kastepisteen. Venttiilin huonona puolena on se, että tämä ohjautuu vain kiinni tai auki. Tämän toimivuudesta kastepisteen tarkassa hallinnassa ei ole.

Uusi venttiilijärjestelmä, kolmas ehdotus

Danfossin tuotevalikoimasta löytyy täydellinen komponentti korjaamaan laatuongelman teoriassa. Danfossin WVTS venttiilin komponentit voidaan valita tarkasti vaatimuksien mukaisesti. Sopiva venttiilin koko on WVTS 40, 1,5 tuumaisella sisähalkaisijalla. Nykyiselläkin venttiilirungon paikalla on sisähalkaisijaltaan 1,5 tuumaista putkea. Termostaattikoodi on 016D1002, jolloin käyttölämpötila on 0-30 °C. Venttiilin ohjaus on hyvin paljon säätöventtiiliä vastaava, joka soveltuisi hyvin tehtävään. Termostaatin säätö on käsin tehtävä ruuvia vääntämällä haluama avautumislämpötila.

Danfoss WVTS sopisi aikaisemman ehdotuksen mukaisesti menoveden putkeen ottaen ohjauksen paluuvvedestä.



Kuva 13. WVTS, termostaatin avulla ohjattu venttiili, lämpötilaan reagoivalla anturilla. (Danfoss, 2019.)

6 KOMPONENTTIEN VALINTA

6.1 Mittari

Extech 445580 kosteus- ja lämpötilamittari valittiin sopivaksi mittariksi tapaukseen, koska tämä on taloudellinen ja riittävä komponentti tilanteeseen. Mittarilla pystyy vaivattomasti ja hyvin tarkasti mittaamaan lämpötilan ja ilmakehän kosteuden. Mittarin kalibroinnin saa tehtyä kalibroitimesteiden avulla hyvin vaivattomasti tuotteen mukana tulleiden ohjeiden avulla.



Kuva 14. Extech 445580 mittari. (Extech, 2019.)

6.2 Venttiili

WVTS-venttiili on paras venttiili uutena ratkaisuna kastepisteen hoitamiseen. Venttiili kuitenkin toimii säätöventtiilin kaltaisesti, sääten hyvin hallitusti veden määrää.



Kuva 15. WVTS-venttiilin teknisestä liitteestä kuva. (Danfoss, 2019.)

7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön aikana oppi tehokkaasti ymmärtämään tiedon hakemisen tärkeyden ja sen hankaluuden. Asiakkaan toiveiden mukainen venttiili, joka ohjautuu hyvin hallitusti säädetyn lämpötilan mukaan oli hankala löytää. Useamman teknisen neuvontapalvelun kanssa pohdittiin, mikä venttiili soveltuisi parhaiten tähän työhön. Paras ratkaisu löytyi Danfossin Youtube-kanavalta, jossa esiteltiin venttiilien toimintoja. Sivulta löytyi video (<https://www.youtube.com/watch?v=nYeEO6eJ6KE>), jossa esiteltiin WVTS-venttiilin toimintaa, joka vaikutti täydelliseltä ratkaisun komponentilta. WVTS-venttiilistä kysellessä erikseen teknisen neuvonnan kanssa vasta selvisi, että täsmälleen sopiva venttiili olikin nyt löytynyt.

Työn käytännössä kokeilu vaatii kosteita ja kuumia olosuhteita, joita esiintyy vain kesän aikana, joten käytännön kokeilut jättäytyivät pois.

Kastepisteen tarkkailu on teoriassa hyvin yksinkertaista ja tämän mukaan venttiilin säättäminen, jotta muotit pysyvät kuivana. Odotuksena kuitenkin on, että kastepiste saattaa nousta vähän odotettua korkeammalle mitä teorian mukaan saa laskettua, sillä kuuma ruuvi ja kuumana valuva muoviletku todennäköisesti nostavat lämpötilaa muotin ympärillä.

Muottien hikoilun jäljet ovat tuotannon työntekijöille tuttu osa-alue, sillä tuotannossa tunnetaan hyvin tuotteet ja näiden käyttäytyminen muottien hikoillessa. Muottien sisällä olevat jäädytyskanavat eivät ole kaikkialla yhtä syvällä vaan poikkeamia on. Odotuksena on, että jokaisen tuotteen kohdalla lähinnä tarkkaillaan tiettyjä arkoja kohtia muotin hikoilun kannalta.

Nykyinen venttiilijärjestelmä on teoriassa myös hyvin käytännöllinen, mutta tämä vaatisi huoltotoiminpiteitä. Ehdotukseni on nykyisen venttiilijärjestelmän huoltaminen ja vertailuun ottaminen. Nykyisen järjestelmän suurena etuna on vähäisien komponenttien hankintojen määrä.

LÄHTEET

Danfoss AVTA 003N4132 -venttiilin tiedot. Viitattu 28.2.2019.

<http://products.danfoss.fi/productdetail/documents/industrialautomation/thermostatic-valves/avta-thermostatic-valves-with-temperature-sensitive-sensor/003n4132/#/>

Danfoss WVTS -venttiilin tekniset tiedot. Viitattu 1.3.2019.

<http://files.danfoss.com/technicalinfo/dila/04/IC.PD.500.C5.02.pdf>

Danfoss WVTS -venttiilin tiedot. Viitattu 28.2.2019.

<http://products.danfoss.fi/productrange/documents/industrialautomation/thermostatic-valves/wvts-thermostatic-valves-with-temperature-sensitive-sensor/#/>

Danfoss WVTS -venttiilin toiminta. Viitattu 1.3.2019.

<https://www.youtube.com/watch?v=nYeEO6eJ6>

EXTECH 445580 -kosteusmittarin tiedot. Viitattu 28.2.2019.

<http://www.extech.com/display/?id=14262>

Ilmatieteenlaitos, kastepiste. Viitattu 28.11.2018.

<https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/Kastepiste>

Kastepistelaskurien www-sivut. Viitattu 28.11.2018.

www.kastepistelaskuri.fi

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R., Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus

Muovisanastoa. Viitattu 18.3.2019

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/>

Paroscientific Inc. Kastepisteen laskemisen teoria. Viitattu 28.11.2018.

<http://wp.paroscientific.com/wp/wp-content/uploads/2015/07/Calculating-Dew-Point.pdf>

Puhallusmuovattu tynnyri. Viitattu 28.2.2019.

www.rpc-promens.com/plastics/drum, 2019

RPC Promens www-sivut. Viitattu 28.11.2018.

www.rpc-promens.com

Vaisalan kastepistelaskuri. Viitattu 18.3.2019.

go.vaisala.com/humiditycalculator/5.0/

Danfoss WVTS, tekninen esite



Thermo. operated water valve type WVTS is suitable for controlling the temperature of a flow of water or neutral brine.

WVTS opens on rising sensor temperature and is indirect servo operated thermostatic valve.

It is suitable for controlling temperature in industrial applications by regulating the quantity of cooling water or neutral brine that cools down the process.

The valves are self-acting, i.e. they operate without the supply of auxiliary energy such as electricity or compressed air.

The required temperature is maintained constant without unnecessary use of cooling water in cooling systems.

The operating economy and efficiency are maximized.

Features

- Insensitive to dirt
- Insensitive to water pulsating pressure
- Proven reliable through decades
- Easy to service
- Built-in pilot filter
- Long lifetime
- High performance
- Very high capacity
- Both welding and thread connection flanges


Data sheet | Thermo. operated water valve, WVT5
Technical data

Type	WVT5 for neutral media
Operation	Servo-operated

Sensor side

Temperature range	0 – 30 °C	25 – 65 °C	50 – 90 °C
Max. sensor temperature	57 °C	90 °C	125 °C

Liquid side

Media	Fresh water, neutral brine
Media temperature range	- 25 – 90 °C
Permissible working pressure PB	10 bar
Max. test pressure	16 bar
Opening differential pressure	WVT5 32 – WVT5 40: min. 0.5 bar; max. 4 bar
	WVT5 50 – WVT5 100: min. 0.3 bar; max. 4 bar

Valves are supplied with capillary tube gland.
Different lengths of capillary tube are available.

If WVT5 is required with an opening differential pressure of 1 – 10 bar, the valve servo spring must be replaced. See "Ordering".

Ordering

WVT5 components

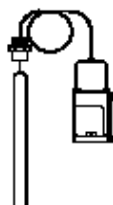
Valve type	Connection	K _v value ¹⁾ [m ³ /h]	Code no.		
			Valve housing	Flange set ²⁾	Special servo spring for differential pressure range 1 – 10 bar
WVT5 32	G 1¼ ³⁾	12.5	016D5032	—	016D1327
WVT5 40	G 1½ ³⁾	21.0	016D5040	—	016D0575
WVT5 50	2 in. weld fl.	32.0	016D5050 ⁴⁾	027N3050	016D0576
WVT5 65	2½ in. weld fl.	45.0	016D5065 ⁴⁾	027N3065	016D0577
WVT5 80	3 in. weld fl.	80.0	016D5080 ⁴⁾	027N3080	016D0578
WVT5 100	4 in. weld fl.	125.0	016D5100 ⁴⁾	027N3100	016D0579

¹⁾ ISO 228-1.

²⁾ The K_v value is the flow quantity of water in [m³/h] with a pressure drop across the valve of 1 bar, ρ = 1000 kg/m³.

³⁾ Code nos. include 2 flanges.

⁴⁾ Code nos. include valve housing, flange gaskets, flange bolts and screws for pilot valve.


WVT5, thermostatic pilot element ¹⁾

Range [°C]	Capillary tube length [m]	Code no.
0 – 30	2	016D1002
25 – 65	2	016D1003
50 – 90	2	016D1004
0 – 30	5	016D1005
25 – 65	5	016D1006
50 – 90	5	016D1007

¹⁾ The pilot element includes control element and spring housing.

Accessories

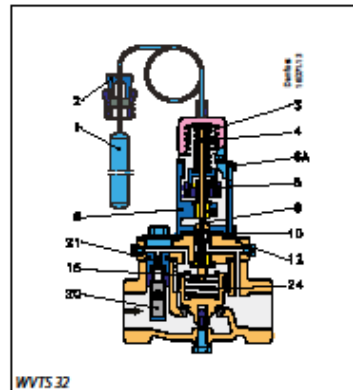
Description	Code no.
Immersion sensor (sensor pocket)	003N0050
Capillary tube gland ¹⁾	003N0155

¹⁾ 1 capillary tube gland supplied as standard accessory

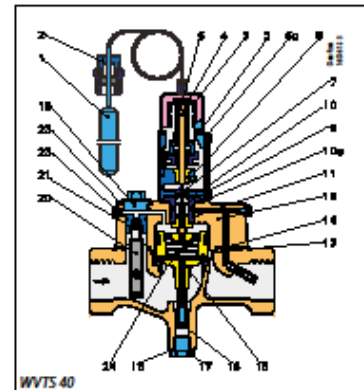


Data sheet | Thermo. operated water valve, WVTS

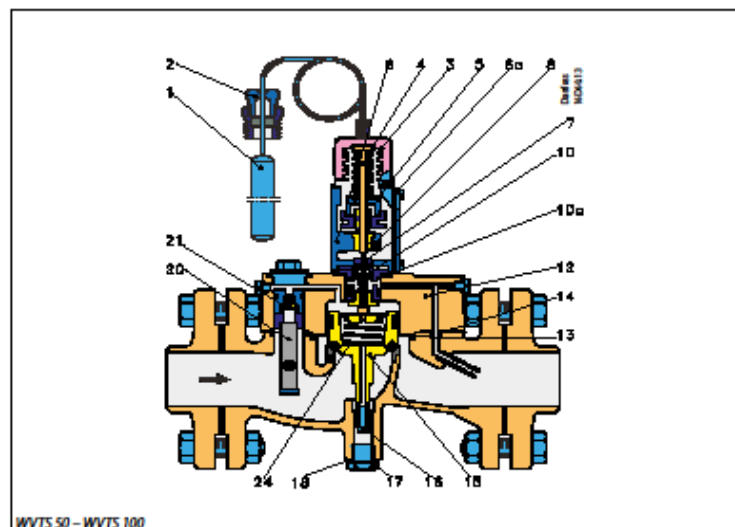
Material - parts in contact with the medium



WVTS 32



WVTS 40



WVTS 50 - WVTS 100

1. Sensor
2. Gland
3. Bellows element
4. Pressure rod
5. Regulating nut
6. Setting element housing
- 6a. Cover
7. Pilot orifice assembly
8. Pilot cone
10. Insulating washer
12. Valve cover
15. Servo piston
20. Filter cartridge (self-cleaning)
21. Equalising orifice
24. Servo spring

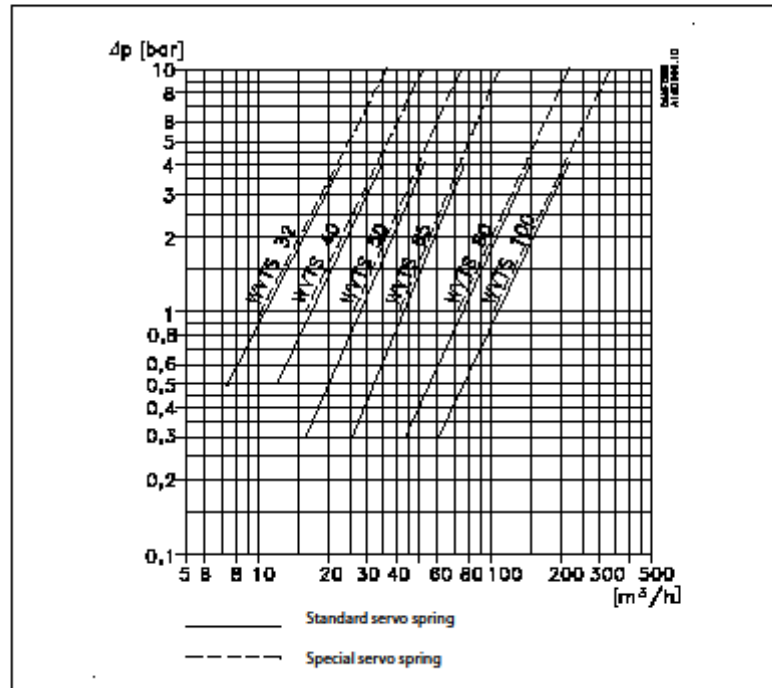
The valve body is made of cast iron with pressed-in bronze seat.
The pilot orifice assembly (7) consists of a housing with seat and pilot cone of stainless steel.
A filter cartridge (20) is built into the valve cover. Here the equalising orifice is protected by a replaceable filter.
The bellows in the bellows element (3) are of tin bronze. In designing WVTS, great emphasis was placed on producing a valve with a completely tight seat and no external leakage. The servo piston was therefore fitted with a ring of special rubber that creates an elastic seal against the valve seat.

A specially designed rubber sleeve ensures that the servo piston moves in the cylinder with minimum friction.
External valve leakage is prevented at the pilot cone where the spindle is fitted with Teflon cupwashers.
Cover gaskets and pilot channel seals are rubber.
The water-tight rubber seal between cover (6a) and housing (6) ensure that moisture cannot enter and freeze up the spindle.
The insulating washer (10) prevents heat transmission between valve body and setting element housing.



Data sheet | Thermo. operated water valve, WVTS

Capacity



The capacity curves show the capacity (water quantity in [m^3/h]) of the individual valve sizes as a function of pressure drop across the valve.

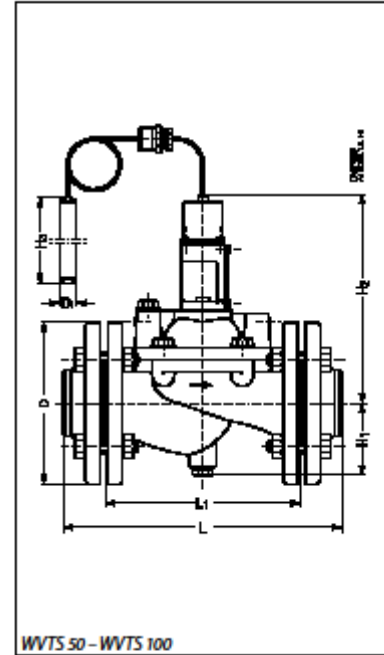
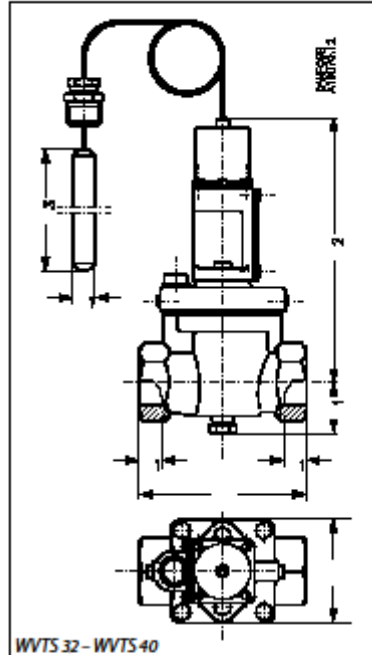
The capacities are given for approx. 85% valve opening and are obtained with an offset of 4 °C (temperature rise at sensor) on both upper and lower temperature ranges.

Installation

Valve installation:
WVTS is to be fitted in the cooling water inlet with flow in the direction of the arrow and with the bellows element facing upwards. Horizontal mounting is a must.

Sensor / bulb installation:
The bulb is to be fitted where it is required to maintain or control the water temperature. The bulb can be fitted warmer or colder than the valve body, with no effect on the regulating capacity. The bulb must be fitted horizontally or with the blank end of the bulb at the lowest level. The capitals UP and the red line on the bulb must face upwards at horizontal or inclined fitting.

Dimensions [mm] and
weights [kg]



Type	H ₁	H ₂	H ₃	L	L ₁	B	eD	eD ₁	Net weight
WVTs 32	42	196	210	138	20	85	—	18	4
WVTs 40	72	224	210	198	30	100	—	18	7
WVTs 50	78	230	210	315	218	—	165	18	19
WVTs 65	82	246	210	320	224	—	185	18	24
WVTs 80	90	278	210	370	265	—	200	18	34
WVTs 100	100	298	210	430	315	—	220	18	44

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in calculations, illustrations and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without excessive delay. Changes being necessary in special orders are made on request. All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logo type are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.