



# Opettajien Kirja

## Osa 16

Muovin lämpömuovaus

2021



 Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# Tekijät

Laimonas Bačkys  
Povilas Čepulkovskis  
Gintautas Dervinis  
Laurent Daguet  
Olivier Fortin  
Olivier Fortier  
Federica Gallicchio  
Mika Heikkilä  
Bastien Hervé du Penhoat  
Sirikka-Helena Ilveskoski  
Genė Jakubauskienė  
Ritva Klaavu  
Marc Manguin  
Bilel Miled

Ari Mäkinen  
Dmitrij Novikov  
Mindaugas Petravičius  
Raimundas Petravičius  
Pirjo Pietikäinen  
Marjan Ranogajec  
Ari Rannisto  
Christian Raelison  
Jolanta Sakalauskiene  
Živilė Šatienė  
Edita Šidlauskaitė  
Jarmo Tikka  
Kęstutis Viselga  
Gražina Žardalevičienė

**Hyvä opettaja/kouluttaja/ohjaaja,**

**Motivoi ja innosta oppijaa taitojensa kehittämisessä.**

Tämä oppimateriaali on tuotettu eurooppalaisessa Erasmus+ UPSKILL -projektissa, [www.upskill-project.eu](http://www.upskill-project.eu) ja on suunniteltu vastaamaan muovituotannon työntekijän työtehtävissä edellytettäviä taitoja ja tietoa.

Koulutusmateriaalia voidaan käyttää opinnoissa sekä tutkintotavoitteissa, joihin liittyy kirjallinen koe ja ammatillisen osaamisen näyttö että esimerkiksi yrityksissä organisaation koulutustarpeeseen.

Jos materiaalia käytetään tutkintotarkoituksiin, on huomioitava kansalliset ammatillista koulutusta koskevat tutkintomääräykset ja opetussuunnitelma. Materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen oppilaitoksiin yli 16-vuotiaille, jotka voivat myös olla alan teollisuusyrityksissä koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/kooste/3855075>

Upskill-materiaali voidaan helposti mukauttaa erilaisiin tarpeisiin ja erilaisille oppijoille, ryhmille tai teollisuusympäristöihin.

Opettajan kirja on kopio opiskelijan kirjasta, mutta siihen on lisätty ohjausehdotuksia ja ohjeita, jotka näkyvät suoraan tekstissä erillisinä raamitettuina tekstiosioina.

Opettajien tulee olla tietoisia vaadittavasta ajantasaisesta tiedosta työturvallisuudessa ja ympäristömääräyksissä kuten mm. Euroopan tason ohjeet. Opettaja voi aina lisätä aiheisiin liittyvää materiaalia, esimerkiksi paikallisia tehdaskohtaisia vaatimuksia.

<https://osha.europa.eu/en/safety-and-health-legislation/european-directives>

Pedagoginen lähestymistapa on sekä käytäntöön painottuva ja toiminnallinen. Materiaali on jaettu muovituotannon työntekijältä vaadittavassa osaamisessa kolmeen pääalueeseen. Yhteensä 18 tutkinnon moduulia on kuvattu Upskill-opetussuunnitelmassa:

- Perustaidot, 8 moduulia
- Yleiset tekniset taidot, 3 moduulia
- Tuotantomenetelmät, 7 moduulia

Koulutuksessa on hyödyllistä käyttää myös muita soveltuvia oppimateriaaleja.

Jokaisen moduulin kirja rakentuu seitsemästä kappaleesta, joissa pyritään ohjaamaan oppimista. Seuraavilla sivuilla on lyhyesti kuvailtu kappaleiden sisältöä.

## Kappale 1: Tavoitteet

Tieto, tekniset taidot, työyhteisöosaaminen ja vuorovaikutustaidot kuten ne on kirjoitettu opetussuunnitelmaan.

Huomioitavaa:

- Opetussuunnitelma on tunnettava hyvin ja selvitettävä opiskelun tavoitteet oppijalle.
- Aikataulut vaihtelee aiheen ja opiskeltavan asian mukaan.
- Opettaja vastaa, että oppijoilla on kaikki tarvittava ohjeistus ja oppimateriaali käytettävissään.
- Opettajiä kannustetaan etsimään sellaista materiaalia ja tietoa, joka liittyy oppijan/ryhmän/ teollisuusyrityksen tarpeisiin. On huolehdittava myös tietojen ajanmukaisuudesta.
- Opettajan tulisi suunnitella ja varata aikaa tarvittavien materiaalien, työtila jne. valmisteluun hyvissä ajoin etukäteen.

## Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen

Pienien tapaustutkimusten avulla (tiedon haku, ongelman ratkaisu), oppija vastaa kysymyksiin yksin tai ryhmässä. Tavoitteena on herättää mielenkiinto ja uteliaisuus opiskeltavaan aiheeseen. Ammatillisen aineiston käyttäminen auttaa oikean tiedon löytämiseen.

Huomioitavaa:

- Oppimiseen suositellaan vaihdellen ryhmä- ja yksilötyötä sekä aktiivista keskustelua.
- Aikataulutetut ja monipuoliset tehtävät pitävät yllä mielenkiintoa.

## Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Yksittäisiä aihetta käsitteleviä lähdemateriaaleja tutkittuaan oppijat hankkivat lisää tietoa (Internet, päiväkirjat, kirjat tai tekniset asiakirjat...) vastaamalla kysymyksiin. Näin oppijan tieto moduulin aiheesta vahvistuu. Tämä on tärkein kappale teoreettisen tiedon hankkimisessa.

Huomioitavaa:

- Määritetään hankittavan tiedon laajuus ja tarvittavat materiaalit.
- Annetaan oppijoille tietoa erilaisista lisämateriaaleista, kuten kirjat, verkkosivustot jne.

## Kappale 4: Käytännön tehtäviä

Oppijat kehittävät moduulin aiheeseen liittyviä taitoja (katso kappale 1). Näiden toimintojen tulisi liittyä mahdollisuuksien mukaan muovituotannon työntekijän työhön ja muovituotantoon. Tässä kappaleessa on tavoitteena soveltaa teoretietoa käytäntöön.

Huomioitavaa:

- Vaaditaan tarvittaessa tieto henkilösuojaimista ja työturvallisuudesta.
- Järjestetään työtila ja annetaan riittävästi aikaa ammatillisten taitojen kehittämiseen.
- Osaamisen hankintaa kohdennetaan erityisesti ammattimaisuuteen.

## Kappale 5: Teoriaa

Kappaleessa määritetään ja muodostetaan kokonaiskäsitys aiheesta. Tähän liittyvät elementit kuten toimintatavat ja terminologia.

## **Kappale 6: Muistilista**

Kappaleeseen on koottu moduulin suorittamisessa vaadittu tieto (katso kappale 1) ja tärkeimmät taidot.

Huomioitavaa:

- Edellytetään, että oppijat ymmärtävät keskeisen tiedon merkityksen riittävien taitojen hallitsemiseksi.

## **Kappale 7: Harjoituksia**

Harjoitusten avulla oppijat vahvistavat tietojaan ja kehittävät taitojaan ammatin vaatimusten mukaisesti. Opettaja voi myös käyttää näitä harjoituksia osaamisen arviointiin.

Huomioitavaa:

- Opiskelijoille annetaan riittävästi aikaa hyväksyttävien taitojen saavuttamiseen.
- Voidaan soveltaa yksilöllisesti oppijan taitoihin ja/tai teollisuuden erityistarpeisiin/paikallisiin olosuhteisiin.

Kappaleet 2-7 voidaan suorittaa tässä esitettyssä järjestyksessä. Kouluttaja voi kuitenkin vapaasti muuttaa järjestystä tai soveltaa omaa pedagogista lähestymistapaansa joko valitsemalla vain joitain aktiviteetteja tai lisäämällä muuta aiheeseen liittyvää materiaalia. Suosittelemme kuitenkin noudattamaan tämän kirjan alkuperäistä toiminnallista ja käytännön osaamiseen suuntautunutta lähestymistapaa, jossa tavoitteena on osaamisen kerryttäminen ketjutettuna oppimisprosessina.

Toivomme, että tämä materiaali on hyödyksi tulevien muovialan työntekijöiden koulutuksessa.

UPSKILL-projektitiimi

# Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	7
Kappale 2: Lämpömuovaukseen tutustuminen	8
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	11
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	16
Kappale 5: Työstömenetelmiä	33
Kappale 6: Muistilista	37
Kappale 7: Harjoituksia	42

# Kappale 1: Tavoitteet

**Teoriatieto, tekniset taidot, sosiaaliset taidot tämän projektin sisältämän ohjelman WP2 mukaan.**

TAIDOT	TIEDOT
<b>TEKNINEN TAITO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Laitteiden toiminnan ja tuotteen laadun seuraaminen</li> <li>Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely, asiaankuuluvien turvallisuusohjeiden mukainen toiminta ja työtehtävään liittyvien varotoimenpiteiden noudattaminen</li> <li>Laitteen pysäyttäminen ja sammuttaminen epätavallisissa olosuhteissa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Lämpömuovauksen ja siinä käytettävien komponenttien toiminta</li> <li>Tuotannon työkulkujaksot ja materiaalien tarve</li> <li>Prosessin ohjauspaneelien lukemien tarkistaminen, niin ne ovat työohjeiden mukaisia</li> <li>Raaka-aineiden ja laitteiden toiminnan muutoksien mahdolliset vaikutukset tuotteen laatuun</li> </ol>
<b>TYÖYHTEISÖOSAAMINEN</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Oman työn suunnittelu ennakoiden ja tekemällä parannusehdotuksia</li> <li>Työhön liittyvien asiakirjojen täyttäminen</li> <li>Tiedon kerääminen ja jakaminen työpaikan vaatimuksien mukaan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Jätehuolto ja viallisten tuotteiden uudelleenkäytön tärkeys aina kun mahdollista</li> <li>Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen oikea valinta ja käyttö</li> <li>Tuotteen laatuun tai tuotannon läpimenoon vaikuttavat toimet</li> <li>Yleisimpien lämpömuovausvirheiden mahdolliset syyt</li> </ol>
<b>VUOROVAIKUTUSTAIIDOT</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Työpaikan vuorovaikutustilanteisiin osallistuminen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Vaarojen hallinta- ja turvallisuusmenettelyt sekä henkilönsuojainten käyttö materiaalien käsittelyssä, laitteiden käytössä ja puhdistuksessa</li> </ol>

# Kappale 2: Lämpömuovaukseen tutustuminen

Tutkinnon osan teemaan liittyen tutustu ja vastaa kysymyksiin.

Tehtävien tekemiseen tarvitaan lähdemateriaalia. Käytetty lähde on mainittava.

## MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

## TYYPILLISIÄ TUOTTEITA



1. Muovilevy, jonka mitat valitaan kohteen mukaan (pituus, leveys, paksuus).



2. Muotti, jolla saadaan tuotteen muoto.

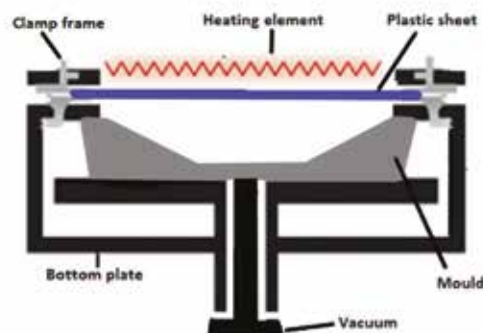


Menetelmän tuloksena on muotin muodon mukainen tuote.

## Kysymys 1:

Miten muovilevy saadaan muotin muotoon?

Materiaali





Opiskelijan vastauksella voi olla tällainen rakenne:

Aluksi muovilevy leikataan mittoihin työkalujen, kehysten / muottien ja koneiden mukaan.

Sitten materiaali lämmitetään oikeassa lämpötilassa, jotta termoplastinen materiaali pehmenee ja muovautuu.

Sitten työkalu asetetaan tämän muovattavan materiaalin alle, se näyttää säkiltä, sitten tyhjiö ja materiaalin ja muotin välillä.

Materiaali on saanut muotin muodon.

Muotti on kylmä, on odotettava muutama sekunti materiaalin jäähtymistä, tyhjiö pidetään jäähdytyksen ajan.

Lopussa osat ovat muotin muotoisia.

Lisätietoja: Lämpötila riippuu muovattavan materiaalin tyypistä.

Lämmitys- ja jäähdytysajat riippuvat paljon muovilevyn paksuudesta.

Jäähdytysaika riippuu myös muotin ja jäähdytysjärjestelmän lämpötilasta.

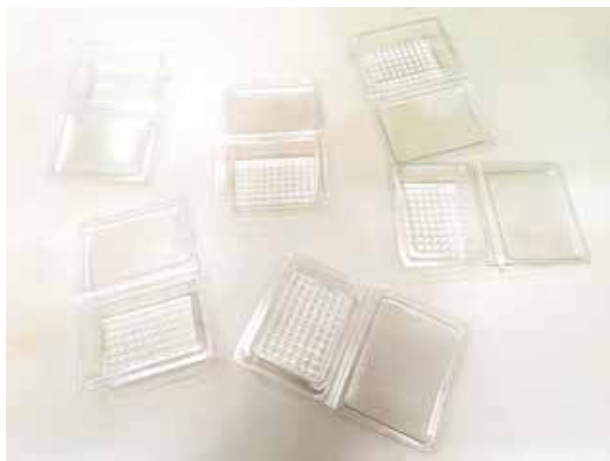
## Kysymys 2:

Mitä ominaisuuksia lämpömuovaukseen sopivalla materiaalilla tulisi olla?

Materiaalin on oltava kestävä muovia. (Lämpömuovausprosessi ei ole mahdollista lämpökovettuvalla materiaalilla.) Materiaalin on oltava tarpeeksi muovattava, jotta se voi saada muotin muodon.

Muovilevy ei saa rikkoutua tyhjävaiheen aikana.

### VALMIS TUOTE



Jokaisessa lämpömuovauskerrassa valmistuu 9 laatikkoa. Laatikot irrotetaan yksittäisiksi muovauksen jälkeen.

### Kysymys 3:

**Miten laatikoiden irrottaminen muovauksen jälkeen voidaan tehdä?**

Yleensä kappaleiden erottaminen tapahtuu leikkauskoneella.

Jättemäärä leikkaamisen jälkeen on tämän prosessin haitta.

Suunnittelulla voidaan pyrkiä vähentämään kappaleiden materiaalihukkaa ja kustannuksia.

Hae video leikkurista esimerkiksi hakemalla ”Plastic sheet cutting press”.

Toiminnan tavoitteena on perehdyttää opiskelija viimeistelyyn, leikkausprosessiin. On tärkeää, että kiinnitetään aina huomio leikkaamisen turvallisuusnäkökohtiin. Hyvällä havainnoinnilla varmistetaan myös palojen laatu leikkausvaiheessa. Korosta suullista keskustelua harjoituksen jälkeen, se voisi olla hyödyllistä yksilöllinen toiminta.

### YHTEENVETO

### Kysymys 4:

**Millainen on vaihe vaiheelta lämpömuovattavien laatikoiden prosessi?**

1. Muovilevyn leikkaaminen
2. Levyn asettaminen lämpömuovauskoneeseen
3. Levyn lämmittäminen muovattavaksi, usein säkkimuotoinen ja pehmeä
4. Muotin asettaminen kosketukseen levyn kanssa
5. Tyhjiövaiheen käyttö koko jäähdytysajan
6. Odotusaika jäähdytysaikana
7. Lämpömuovattu kappaleen poisto muotista.

(Näytä kuvia ja videoita lämpömuovauskoneista)

Vastaus riippuu tiloista; ympäristön mukaan tehtävän eteneminen.

Voidaan ensin tehdä parityönä ja keskustella suorituksesta ennen yksilöllistä toimintaa.

# Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Lämpömuovauksen materiaaliin tutustumisen jälkeen hae lisää tietoa (Internet, artikkelit, kirjat jne.)

Vastaa kysymyksiin ja syvennä muoveihin liittyvää tietoa.

Tavoitteena on antaa opiskelijalle näkemys materiaaleista, erilaisista koneista ja niiden ominaisuuksista sekä erilaisista sovelluksista lämpömuovauksessa. Tämä antaa ymmärrystä siitä, miten ja miksi on tärkeää tehdä valintoja riittävän muovaustuloksen saamiseksi.

Korosta suullista osallistumista ja työn esittelyä harjoituksen jälkeen. Jos mahdollista, mieluummin yksilöllinen suorittaminen.

## Käyttökohteita

### Markkinat ja käyttökohteet

Lämpömuovattujen tuotteiden kulutuksen arvioitiin olevan 7 miljardia euroa vuonna 2012, ja sen ennustettiin kasvavan 8,5 miljardiin euroon vuoteen 2017 mennessä. Pakkaukset hallitsevat 80% lämpömuovausmarkkinoista ja teollisuuden liikevoitto oli noin 5 miljardia euroa vuonna 2012. Sen ennustettiin kasvavan melkein 6 miljardiin euroon vuoteen 2017 mennessä. Lämpömuovattuja tuotteita on käytetty useilla teollisuudenaloilla, myös pakkaukset ja monet muut alat, ...

Lämpömuovaamalla on tavoitteena tuottaa hyödyllisiä tuotteita, lämpömuovauslaitteiden valmistajat ovat tärkeitä jakuvassa kehityksessä.

## Kysymys 1:

Hae ja lue useita artikkeleja.

Laadi lyhyt referaatti kolmesta lämpömuovaamalla valmistetusta tuotteesta?

Miksi menetelmän käyttö oli perusteltua?



Lentokoneen osat isoina kappaleina on mahdollista valmistaa lämpömuovaamalla. Esimerkiksi ruiskupuristusmenetelmä ei ole mahdollista niin suurille tuotteille. Pieni tuotantomäärä selittää myös miksi tämä prosessi valitaan, myös muotin hinta vaikuttaa valintaan.

Laatikoiden lämpömuovausprosessi on perusteltu pienen kappalemäärän (työkalun hinta on pienempi) ja helposti toistettavien geometrinen muotojen vuoksi.

Ruoan pakkaamisessa lämpömuovaus mahdollistaa ohuet seinämät. Toistuvat geometriset muodot ja useampi kuin yksi osa yhdessä työkalussa asiakkaiden tarpeita mukaan ovat mahdollisia. Menetelmä sallii myös seinämän paksuuden vaihtelun. Materiaalien valinnoilla eri ominaisuuksia voidaan tarjota vastaamaan tarpeita, kuten elintarvikepakkausten hygieniä.

## MATERIAALI

Lämpömuovattavat kappaleet valmistetaan kestopuoveista:

- Polyeteenit (PEHD 300, PEHD 500, PEHD 1000)
- Polypropeeni (PP)
- erikoismuovit (PA6, PA6G, POM)
- Polyvinyylidikloridi (PVC)
- Polykarbonaatti (PC, standardilaatu, UV suojattu, hyvä tulen/kaasujen kesto)
- Akryyli (PMMA valettu, PMMA ekstruuderilta), Polyesteri (PET, PETG)
- Polystyreenit (PS, ABS, SAN)

Kertamuovit eivät sovellu lämpömuovaukseen. Tutustu lämpömuovaukseen seuraavien kysymysten ohjaamana.

## Kysymys 2:

**Miksi vain kestopuovit soveltuvat lämpömuovauttaviksi?**

**Selitä käyttäen esimerkkiä?**



Kertamuovimateriaalia ei voi käyttää, koska lämmitysvaiheen aikana ei ole mahdollisuutta saada lämpömuovautuvuutta. Materiaali pysyy kovana, eikä mahdollista muovautumista muotin muotoon.

Esimerkiksi, jos halutaan tehdä osia läpipainopakkausta lämpömuovaamalla, ei voi käyttää lämpökovettuvaa materiaalia. Molemmat polymeerityypit voivat silti olla läpinäkyviä.

## LAITTEET

- Lämpömuovauksen peruseriaate
- Lämpömuovauksessa voidaan erottaa kaksi päätyyppiä
- lämpöelementti sijaitsee muotin yläpuolella muoto tyhjiötekniikalla
- jatkuvatoimisessa tuotannossa lämpöelementti sijaitsee muovausosan yläpuolella
- puolivalmis tuote painetaan muotoon

### Kysymys 3:

**Kun olet tutustunut yllä olevaan, etsi 3 muuta ominaisuutta, mitä laitteisiin voi liittyä?**

- Kestomuovilevyn mitat (myös paksuus)
- Lämmitysjärjestelmän kapasiteetti (kuinka monta astetta/teho?)
- Tyhjiöjärjestelmän kapasiteetti
- Tyhjiöjärjestelmän teho
- Koneen mitat (syvyys, pinta-ala)
- Mikä järjestelmä jäähtyksessä?

### Kysymys 4:

**Käytä oikeaa laitetta tai etsi internetistä tietoa täydentääksesi seuraavilla sivuilla oleva taulukko.**

**Tämä tehtävä voidaan tehdä ensin yksilöllisesti, sitten keskustella. Jos keskusteluissa on monia ratkaisuja, pyydä vastaukseen perustelua, valinnoissa on varmasti monia näkökohtia. Pääasia on käsitellä riittävä määrä asioita oleellisen tiedon ymmärtämiseksi.**

Machine Model: \_\_\_\_\_

Machine Type (e.g. inline, shuttle type, etc.): \_\_\_\_\_

Number (e.g. 6 of 10)

Machine/Equipment Capabilities	COMMENTS
Roll fed or cut sheet:	
Purchase sheet or extrude internally?	
Process control (windows based, manual, etc.)	
Oven length:	
Heater type (calrod, ceramic, etc.):	
Heater arrangement (machine direction-MD, transverse direction-TD, both-T&MD):	
Heater Control	
How many adjustable zones?	
Top and bottom heater control?	
Controller type? (% on/off, PID control, etc.)	
Pressure or vacuum former, or both?	
Is temperature mapping available?	
Is an IR thermometer available?	
Is edge heating (for pin chains) available?	
Tooling	
What polymer(s) was it designed for?	
# Cavities/mold (drawing available?):	
Index Length	
Tool material (Al, steel, etc.):	
Plug material/shape (drawing available?):	
Cooling/heating temperature range available?	
Cool/heat source (central chiller, ind. unit, etc.)	
Trim tool type:	
Tool heating available?	
Trim tool material:	
In-house tool making ability?	
What other products (molds) run on this line?	

<b>Skeleton Handling</b>	
Is regrinding an option?	
Cleanliness controls:	
<b>Sheet</b>	
Do they slit to size?	
Incumbent material:	
Min/Max sheet thickness:	
Min/Max sheet width:	
Part dimensions:	
<b>Material Handling</b>	
Is there power assisted nip unwind?	
Does company have dryers?	
Type / manufacturer / how many?	
Total capacity:	
Maximum roll size/wt. co. can handle:	
Maximum core size (recommend using 6 inch cores):	
Please attach a small sketch of line to help understand travel of sheet/skeleton thru process	

# Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

## Paikallisesti esimerkiksi tuotanto-olosuhteissa työskentely

Paikalliset työturvallisuus- ja ensiapuohjeet on selvitettävä ennen minkään käytännön toiminnan aloittamista.

Näiden käytännön toimintojen tavoitteena on, että opiskelija työskentelee lämpömuovauskoneiden, -materiaalien ja -työkalujen kanssa. Teknisten tietojen tulisi olla saatavilla ja käytössä.

Opiskelija tai opiskelijapari oppii asettamaan koneen ja ymmärtämään lämpömuovausjakson. Opiskelija keskittyy työskentelyyn liittyvään prosessiin ja pitää huomionsa työssä koko ajan, kunnes kaikki tarvittavat tiedot on kerätty, ammatillinen käyttäytyminen on yksi huomioitava asia.

Jokaisen käytännön toiminnan jälkeen opiskelija osoittaa taitonsa. Kussakin toiminnassa hän selittää koneen eri vaiheet ja asetukset sekä materiaalin ominaisuudet, joita hän käytti saadakseen hyväksyttävän lämpömuovatus kappaleen.

Korosta suullista palautetta opiskelijan taidoista toiminnan jälkeen.

Opettajan on oltava käytettävissä työskentelyn aikana. Apua ja ohjeistusta saatetaan tarvita taitojen saavuttamiseksi. Kannustusta ja lisätietoa annetaan, jos opiskelijat tarvitsevat.

## Aihe 1: Lämpömuovaus

### Materiaali

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

### Tavoitteet

#### Osaaminen

- työkalujen asettaminen
- koneen säädöt
- lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistus

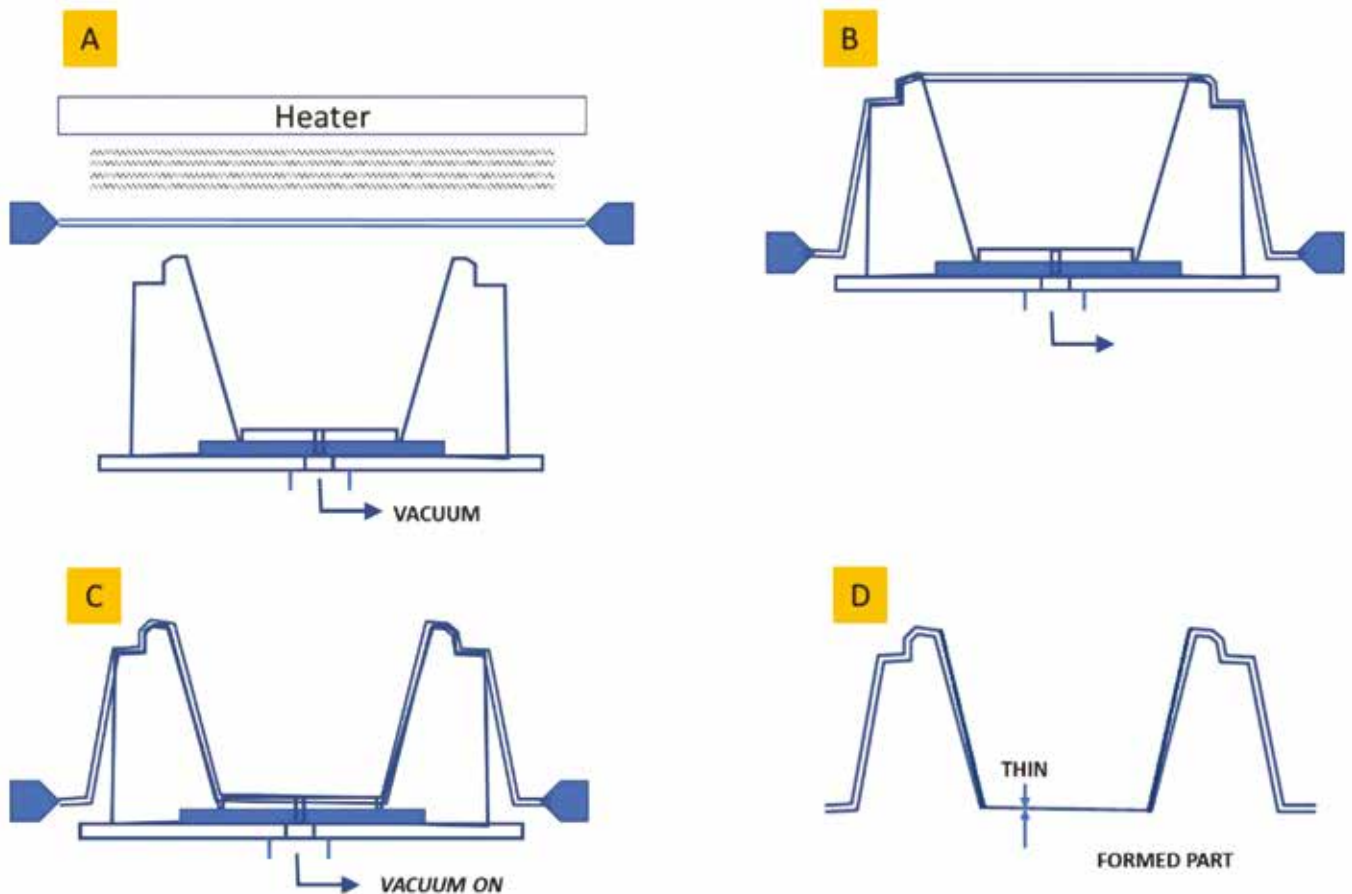
## Harjoitus 1:

### Työkalujen asettaminen, säädöt ja muovauksen aloitus

#### Työn kuvaus

Muovilevy kiinnitetään kehykseen ja lämmitetään, sitten se asetetaan muotin päälle joko vetämällä muovilevy muotin yli tai pakottamalla muotti arkkiin. Sitten tyhjiöllä vedetään muovi tiukasti muotin pintaan. Tässä menetelmässä kappaleen yläosa (muotin alue, joka koskettaa muovia ensin) jää usein paksummaksi, ja sivut ja alempi osa, joihin kohdistuu enemmän venytystä jäävät ohuemmiksi.





## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

### c. Aloitus

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

### d. Kappaleen lämpömuovaus

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – mittaukset

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

### b. Kirjallinen yhteenveto

Komentoi työskentelyäsi

Komentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

## 3. Lopuksi

### a. Koneen ympäristön siisteys

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

### b. Optimaaliset arvot

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

## Aihe 2: Jälkipainetyhjiömuovaus - uros

### Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa

#### Materiaali

- jälkipainetyhjiömuovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

#### Tavoitteet

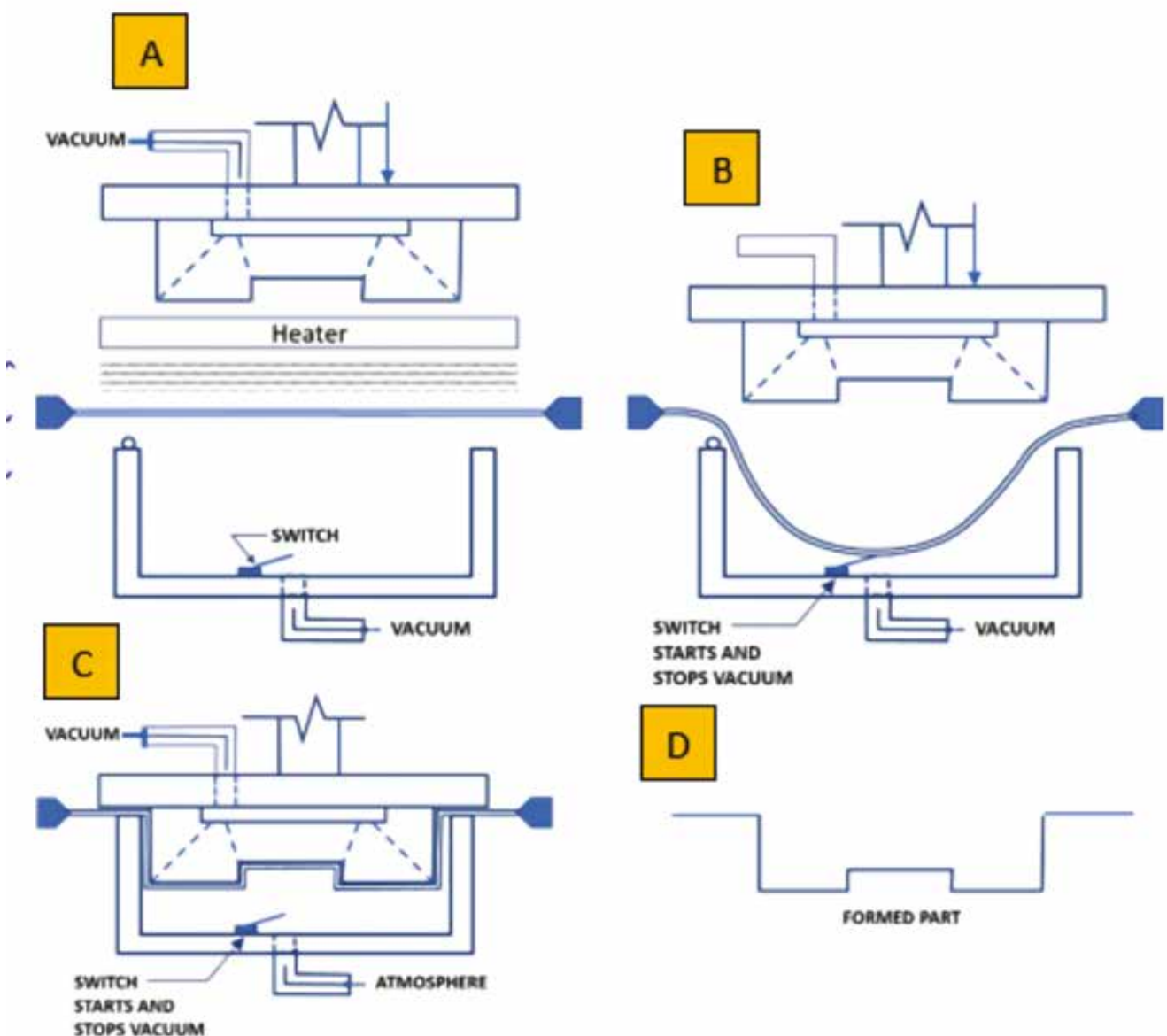
- Osaaminen
  - työkalujen asettaminen
  - koneen säädöt
  - lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

## Harjoitus 2:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon jälkipainetyhjiömuovaus?

#### Työn kuvaus

Kun muovilevy on lämmitetty, tyhjiökammio tiivistetään kiinnityskehukseen. Tyhjiö venyttää materiaalia vetämällä sitä kuplaksi. Kuplan (säkin) korkeutta ohjataan usein sähköisellä silmällä. Kun muovi on tyhjiön voimalla esijännitetty halutulle korkeudelle, muotti ohjataan levyyn tiivisti kiinni. Tyhjiö kiinnittää muovilevyn muottiin, tyhjiökammion annetaan ilmata ilmakehään (tai ylipainetta käytetään alipaineen sijasta). Näin voidaan saada hyvin syviä vetoja, ja ei-toivottu materiaalin oheneminen voidaan minimoida huomattavasti.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

### c. Aloitus

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

### d. Kappaleen lämpömuovaus

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – mittaukset

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

### b. Kirjallinen yhteenveto

Komentoi työskentelyäsi

Komentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

### 3. Lopuksi

#### a. Koneen ympäristön siisteys

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

#### b. Optimaaliset arvot

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

## Aihe 3: Tyyny-mäntä (painin) tyhjiömuovaus - uros

### Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa

#### Materiaali

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

#### Tavoitteet

##### Osaaminen

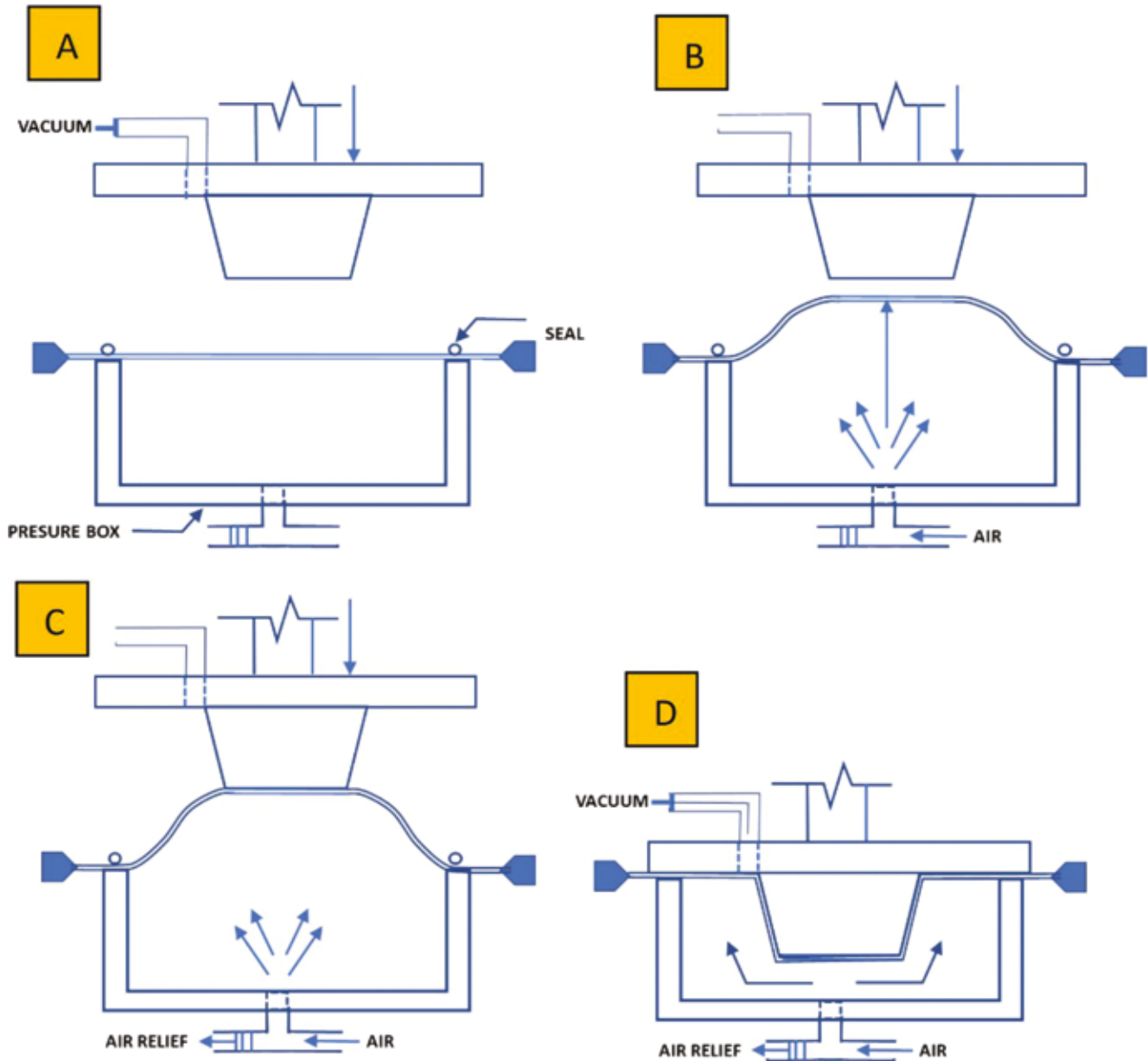
- työkalujen asettaminen
- koneen säädöt
- lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

## Harjoitus 3:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon tyyny-mäntä tyhjiömuovauskoneelle?

#### Työn kuvaus

Lämmitetty muovi kiinnitetään painelaatikon päälle, sitten puhalletaan kupla työkalua kohti. Kun arkki on esijännitetty noin 35 - 40%, muotti pakotetaan siihen samalla kun arkin takana oleva paine pysyy vakiona. Kun muotti tiivistyy kehykseen, tyhjiö vedetään muotin läpi. Joissakin tapauksissa voi olla myös tarpeen lisätä painetta painekotelossa tässä vaiheessa.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

**c. Aloitus**

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

**d. Kappaleen lämpömuovaus**

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

**2. Raportointi****a. Havainnot – mittaukset**

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

**b. Kirjallinen yhteenveto**

Kommentoi työskentelyäsi

Kommentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

**3. Lopuksi****a. Koneen ympäristön siisteys**

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

**b. Optimaaliset arvot**

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

**Aihe 4: Suora tyhjiömuovaus - naaras****Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa****Materiaali**

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

**Tavoitteet**

- Osaaminen
  - työkalujen asettaminen
  - koneen säädöt
  - lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

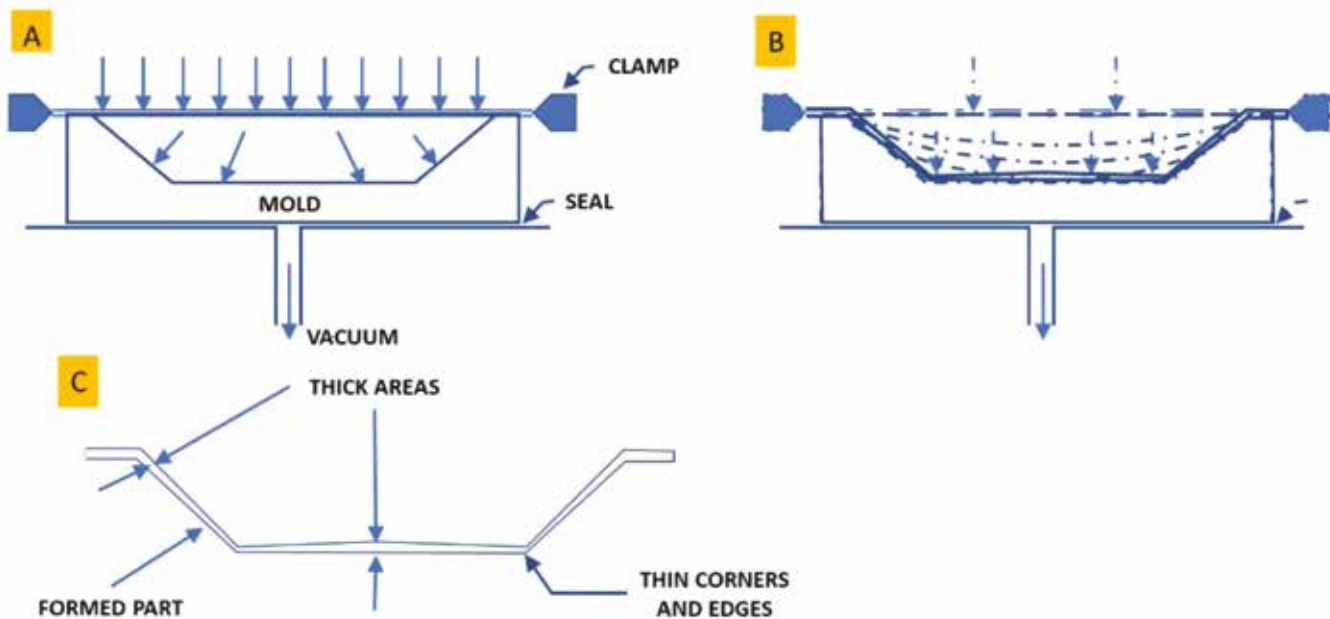
## Harjoitus 4:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon suorassa tyhjiömuovauksessa?

#### Työn kuvaus

Lämmitetty muovi kiinnitetään muotin reunoihin.

Tyhjiö vedetään sitten muotin läpi, jolloin ilmakehän paine työntää levyä alas muottiin. Muovin kosketuksessa muotin kanssa se jäähtyy. Muotin viimeiseksi ulottuvat levyn alueet ovat yleensä ohuimpia.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?



### c. Aloitus

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

### d. Kappaleen lämpömuovaus

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – mittaukset

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

### b. Kirjallinen yhteenveto

Kommentoi työskentelyäsi

Kommentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

## 3. Lopuksi

### a. Koneen ympäristön siisteys

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

### b. Optimaaliset arvot

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

# Aihe 5: Mäntäavusteinen tyhjiömuovaus - naaras

## Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa

### Materiaali

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

### Tavoitteet

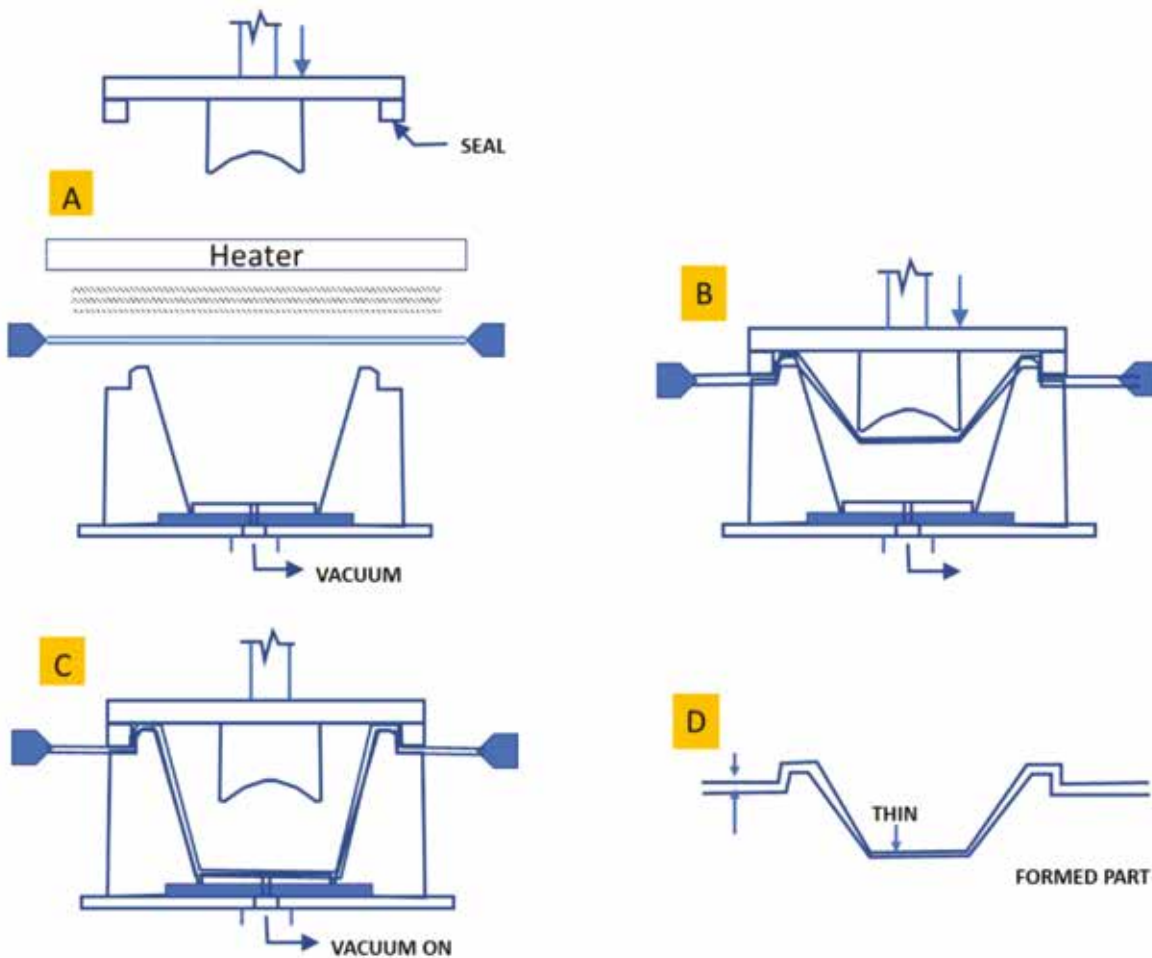
- Osaaminen
  - työkalujen asettaminen
  - koneen säädöt
  - lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

## Harjoitus 5:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon mäntävusteinen tyhjiömuovauskone?

#### Työn kuvaus

Sen jälkeen kun muovilevy on lämmitetty ja suljettu muottiontelon päälle, suunnilleen muottiontelon muotoinen mutta pienempi mäntä työnnetään muovilevyyn esivenyttämään materiaalia. Sitten muotin läpi vedetään tyhjiö muodon loppuunsaattamiseksi. Seinämän paksuutta voidaan muuttaa muuttamalla männän muotoa. Muovilevyä koskettavat männän alueet ovat ensin paksumpia jäähdytysvaikutuksen vuoksi. Siksi männän suunnittelu on kriittinen määräävä tekijä valmistettavan valmiin osan geometriassa.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

**b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys**

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

**c. Aloitus**

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

**d. Kappaleen lämpömuovaus**

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

**2. Raportointi****a. Havainnot – mittaukset**

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

**b. Kirjallinen yhteenveto**

Kommentoi työskentelyäsi

Kommentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

**3. Lopuksi****a. Koneen ympäristön siisteys**

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaitte on sammutettu.

**b. Optimaaliset arvot**

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

## Aihe 6: Mäntävusteinen painemuovaus - naaras

### Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa

#### Materiaali

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

#### Tavoitteet

##### Osaaminen

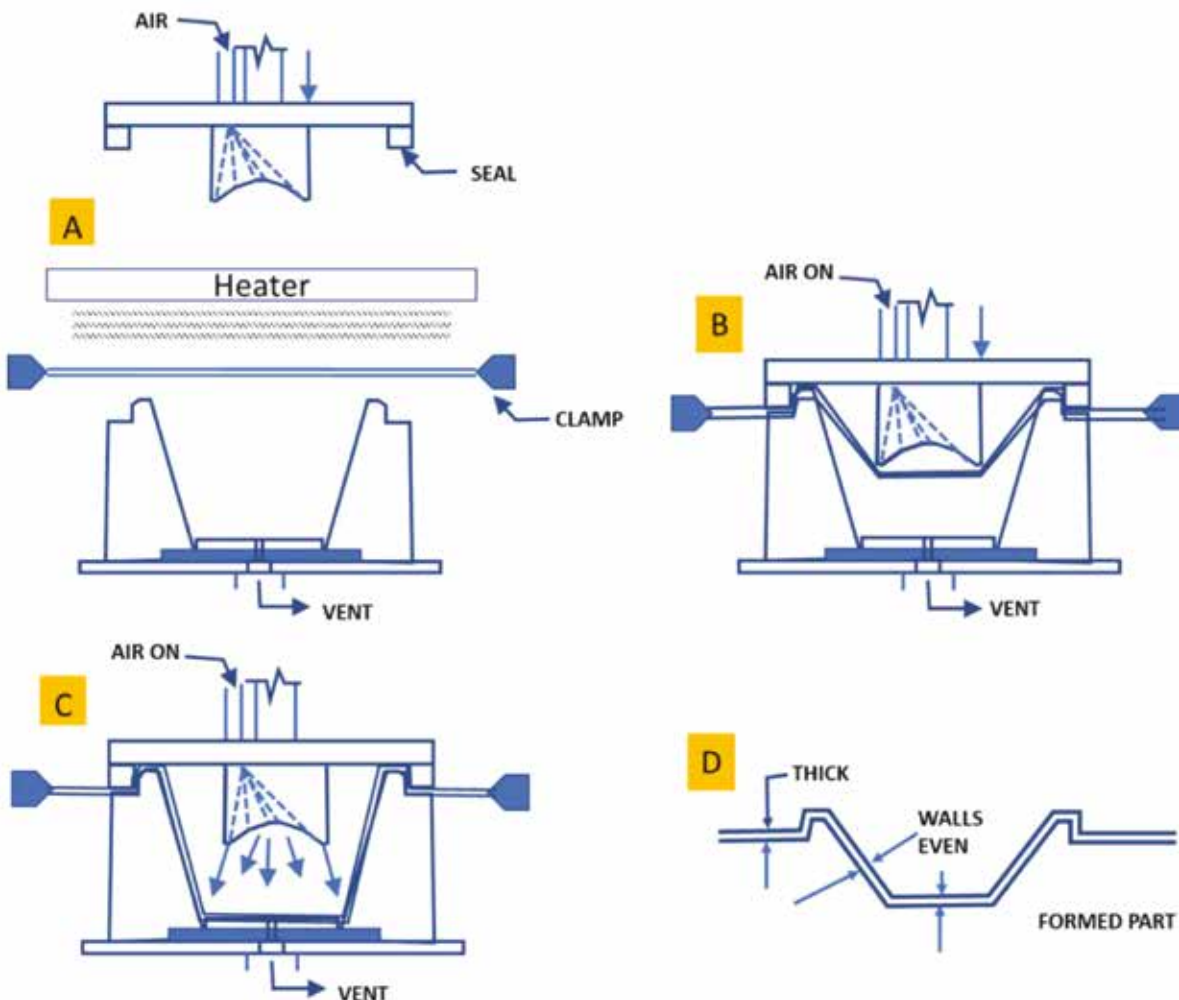
- työkalujen asettaminen
- koneen säädöt
- lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

## Harjoitus 6:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon mäntävusteinen painemuovaus

#### Työn kuvaus

Mäntävusteinen painemuovaus on samanlainen kuin mäntävusteinen tyhjiömuovaus, paitsi kun mäntä koskee muovilevyä normaali ilmanpaine johdetqgn levyn alle. Kun mäntä on saanut iskunsa päätökseen ja tiivistää muotin, ilmapaine kohdistetaan männän puolelta. Pintojen lämpötilat ovat myös tärkeitä. Käyttämällä oikeaa yhdistelmää männän muotoilussa, lämpötilassa ja muovauspaineessa, valmiin osan seinämän paksuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

### c. Aloitus

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

### d. Kappaleen lämpömuovaus

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – mittaukset

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

### b. Kirjallinen yhteenveto

Kommentoi työskentelyäsi

Kommentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

### 3. Lopuksi

#### a. Koneen ympäristön siisteys

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

#### b. Optimaaliset arvot

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

## Aihe 7:

# Tyyny-mäntä avusteinen tyhjiö-/ylipainemuovaus - naaras

## Taitojen kehittäminen käytännön harjoituksissa

### Materiaali

- muovauslaite
- muotti
- muovimateriaali
- levyn/kalvon mitoitus

### Tavoitteet

#### Osaaminen

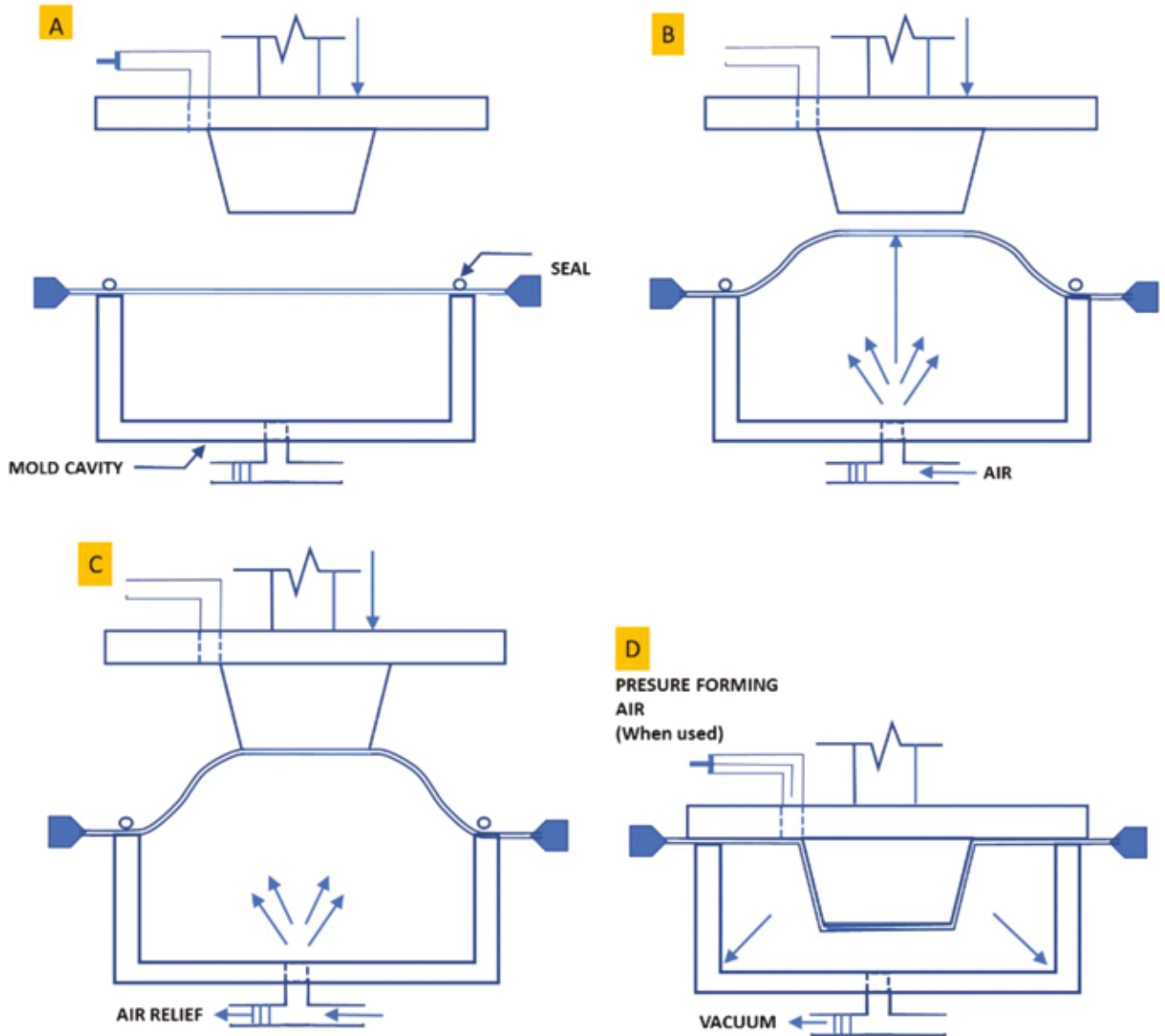
- työkalujen asettaminen
- koneen säädöt
- lämpömuovauksen aloittaminen ja kappaleiden valmistelu

## Harjoitus 7:

### Kuinka koota työkalut, asentaa ja käynnistää tuotantoon tyyny-mäntä asusteinen tyhjiö- / ylipainemuovauskone?

#### Työn kuvaus

Sen jälkeen kun muovilevy on lämmitetty ja kiinnitetty muottiin (naarasontelo) , ilma syötetään muotin onteloon puhaltamaan kuplan, joka venyttää materiaalin tasaisesti. Tämän kuplan korkeutta ohjataan usein sähköisellä silmällä. Sitten karkeasti muotin ontelon muotoinen mäntä painetaan kuplaan. Kun mäntä on saavuttanut alimman asentonsa, muotin puolelle vedetään tyhjiö muodon loppuunsaattamiseksi. Joissakin tapauksissa käytetään myös tässä prosessissa paineilmaa, joka syötetään tulpan kautta painamaan muovia muottia vasten.



## 1. Työvaiheet

### a. Työaseman valmistelu

Varmista, että kaikkia työterveyttä ja -turvallisuutta koskevia sääntöjä ja menettelyjä noudatetaan (henkilösuojaimet, liikkeet ja asenne, standardit jne.)

Mitä konetta käytät? (muotin tyyppi, merkki, tärkeimmät tekniset ominaisuudet)

Mikä on muotoiltava materiaali?

Mitä työkaluja käytät?

Onko työskentelyalueella tarpeeksi tilaa raaka-aineille ja tarvikkeille lämpömuovauksen jälkeen?

### b. Lämpömuovauslaitteen lämmitys

Onko sinulla ohjeita laitteen asetuksista?

Mikä on muovauslämpötila?

Mitkä ovat jäähtymisajat?

**c. Aloitus**

Aseta ensimmäinen raaka-ainearkki.

Tarkista oikea lämmityslämpötila.

Käynnistä kone ensimmäistä osaa varten

**d. Kappaleen lämpömuovaus**

Tarkista ensimmäisen osan laatu ja muuta asetuksia tarvittaessa.

Valmista 5 hyvää kappaletta samoilla asetuksilla ja sykleillä.

Viisi kappaletta on myös leikattava siisteiksi ja jätteet on poistettava.

**2. Raportointi****a. Havainnot – mittaukset**

Tarkista kappaleen toimivuus, mittasuhteet ja tekniset ominaisuudet.

Tarkista kappaleen paksuudet ohjeiden mukaisesti.

Tarkista spesifikaatioiden mukaan muut mahdolliset kohdat

**b. Kirjallinen yhteenveto**

Kommentoi työskentelyäsi

Kommentoi työvaiheissa edistymistäsi oikeiden asetusten saamisessa ja esitä optimaaliset parametrit

**3. Lopuksi****a. Koneen ympäristön siisteys**

Koneen on oltava puhdas, kaikki ylimääräinen pois.

Raaka-aine on varastoitu oikein.

Lämmityslaite on sammutettu.

**b. Optimaaliset arvot**

Kirjaa kaikkien asetusten arvot paikalliseen dokumenttiin.

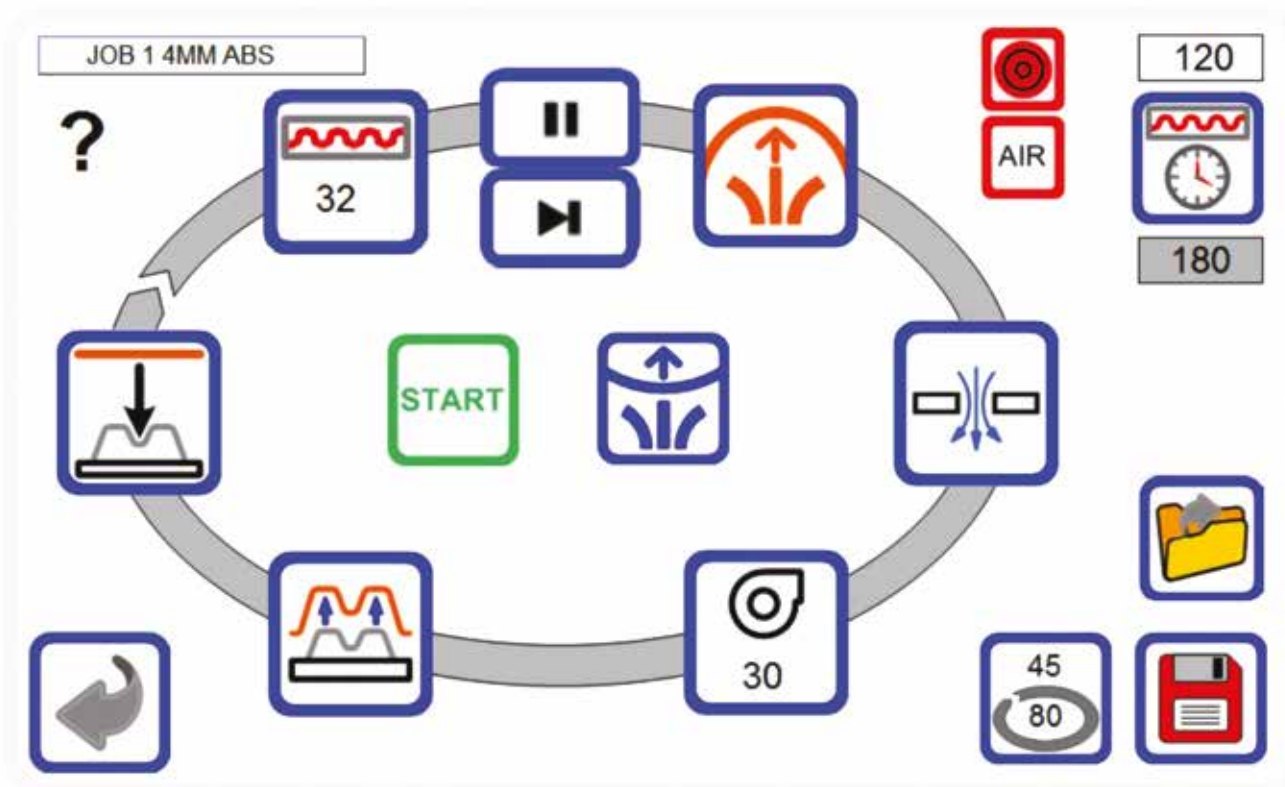


# Kappale 5: Työstömenetelmiä

Yhdistä valmistusmenetelmiin liittyvät hyvät käytänteet

**Tässä on esimerkki lämpömuovauskoneen käyttöohjeiksi oppimisympäristössä.**

Lämpömuovauskoneen näytössä puoliautomaattinen jakso:











**Miten puoliautomaattinen sykli toteutetaan?**

## Manuaalinen

Kun muotti on sijoitettu oikein muottipöydälle, voidaan yrittää manuaalista jaksoa.

## Manuaalinen levyn kiinnitys

Aseta muovilevy muokkausalueen päälle ja varmista, että materiaali peittää ylärungon tiivisteiden kokonaan. Kun kiinnityskehys on muovin päällä oikein, purista molempia kiinnittimiä samanaikaisesti kuvattulla tavalla. Seuraavassa kuvataan kuvakkeiden toiminnot muovin kiinnityksen jälkeen.

<b>Lämmitys</b>	
	<p>Paina lämmitinkuvaketta, jolloin lämmitin ajaa eteenpäin muovin yli ja pysähtyy automaattisesti, kun eturajakytin laukeaa. Muovilevyn lämmitys voidaan tarkistaa painamalla lämmitinkuvaketta lähettääksesi lämmittimet hetkeksi taakse.</p>
<b>Automaattivaihe</b>	
	<p>Jos muovi on notkahtaa eikä kuumene tasaisesti, etsi alueelle lämmitysvaihtoehtoja. Jos muovilevy putoaa, voi kammioon puhaltaa lyhyitä ilmapurkauksia lämmitetyn muovin alla, jotta muovi pysyy tasaisena.</p>
<b>Automaattinen tyhjiö</b>	
	<p>Jos käytössä, kokeile toimintoa ennen varsinaisen työtä testi levyllä.</p>
<b>Esivenytys</b>	
	<p>Korkeaa kappaletta saatetaan joutua esivenyttämään ennen sen asettamista muotin päälle. To do this press the pre-stretch button when the heater is in the back position.</p>
<b>Muovaus</b>	
	<p>Lämmitys poistetaan. Tyhjiö muodostetaan aluksi pumppaamalla tyhjiötä pois päälle. Lopuksi tyhjiö pidetään, kunnes kappale on ottanut muodon.</p>
<b>Jäähdytys ja vapautus</b>	
 	<p>Asetetun ajan kulutta jäähdytys käynnistyy. Kun muovi on jäähtynyt riittävästi se poistetaan muotista.</p>
	<p>Muovaus päättyy, muottipöytä lasketaan alas ja kehys vapautetaan.</p>

Suosittelut vähimmäistarkastukset, jotka käyttäjän tulisi tehdä

Käyttäjän suorittamat säännölliset tarkastukset ovat hyvä tapa tunnistaa ongelmat ja varmistaa, että koneet ovat turvallisia käyttää. On suositeltavaa, että käyttäjän tarkastukset suoritetaan säännöllisin väliajoin, ehdotuksena päivittäin tai aina muotin vaihdon jälkeen.

<b>Vastauksena täytyy olla kyllä tai muussa tapauksessa tulee ryhtyä toimenpiteisiin</b>	<b>Kyllä</b>	<b>Ei</b>
Ovatko kaikki kiinteät ja lukolliset suojukset paikoillaan, hyvässä kunnossa ja turvallisia?		
Onko kaikki lukituslaitteet kohdistettu oikein ja kiinnitetty kunnolla suojuksiin?		
Pysäyttääkö lukitun suojuksen avaaminen välittömästi suojaamansa osat?		
Kun lukittu suoja on auki, pysyvätkö kaikki vaaraa aiheuttavat osat paikallaan, jos käynnistysohjainta painetaan?		
Aikaviiveellä varustetut lukitukset, estävätkö ne pääsyn, kunnes vaaraa aiheuttavien osien pyöriminen on pysähtynyt?		
Pidetäänkö kiinteitä suojuksia paikoillaan kiinnikkeillä, jotka vaativat työkalun niiden irrottamiseksi?		
Jos paineen tunnistus matot on asennettu, toimiiko maton osoitin, kun matolle astutaan?		
Toimivatko kaikki laukaisulaitteet oikein?		
Onko kaikki ohjausyksikön kotelot suljettu, lukittu ja avaimet poistettu?		
Jos koneessa on kaksikäsittoisuus, onko molempia painikkeita painettava yhtä aikaa, jotta kone toimisi?		
Missä pito-ohjaimet ovat käytettävissä, jos vapautat painikkeen, pysähtyykö kone?		
Onko säädettävät suojukset asennettu oikein, jos ne on asennettu?		
Ovatko turvalaitteet, lukot ja suojukset alkuperäisiä, onko dokumenttia, jos niitä on muutettu?		
Palaako lämmitin lepo- tai taka-asentoonsa, kun suojuksen lukitus avataan?		
Jos käytössä on sähköherkkä verho, aiheuttaako testikappaleen rikkoma verho koneen ollessa levossa indikaattorin tilanvaihtoa?		
Jos sitä vaaditaan, onko jokaiselle koneelle helposti saatavilla käytön esto?		

Lämpömuovauskoneen huolto ja kunnossapito:

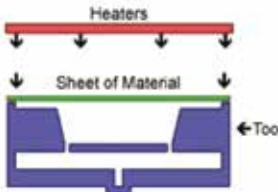
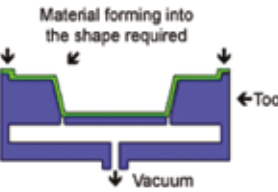
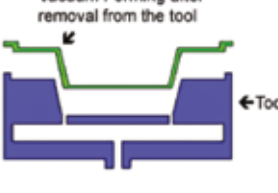
Tarkastus / Varmistus	päivittäin	viikoittain	per kk	vuosittain
Ilmanpaine asetettu arvoon 7 bar	X			
Tarkkaile ilmavuotoja	X			
Tarkista muottipöydän ja kiinnitysrungon tiivisteiden eheys	X			
Testaa hätäpysäytys	X			
Pihti-, pöytä- ja lämmitinantureiden / kytkinten näkyvä tila	X			
Laitteiden ympärillä olevan yleisen työympäristön yleinen turvallisuus ja siivous	X			
Kiinnityskehysten säätö materiaalista riippuen	vaaditusti			
Monitori pyrometrin koostumusta (vaihtoehto)		vaaditusti		
Tarkista kiinnitys ja pöydän silikonitiivisteet		X		
Tarkista lämmityselementit vaurioiden varalta			X	
Tarkista lämmittimen käyttölaitteiden kunto			X	X
Vaihda / puhdista tyhjiöpumpun suodatus			X	X
Tyhjennä tyhjiösäiliö				X
Voitele tärkeimmät mekaaniset kokoonpanot			X	X
Tarkasta pneumaattinen järjestelmä				X
Puhdista automaattisen tason anturin optiikka				X
Tarkista puhallinyksiköiden turvallisuus		X	X	X
Täysi Formech-palvelurutiini - riippuu käytöstä				X

# Kappale 6: Muistilista

## Ankkuroi edellisissä kohdissa hankittu tieto

Viimeistelyvaiheet on kuvattu tämän osan lopussa.

### Tyhjiömuovauksen päätyövaiheet

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Työkalu/muotti asetetaan koneeseen ja lämmitetään.</li> <li>2. Muovimateriaali, rullana tai arkina, ladataan materiaalilinieseen. Materiaalin pituus ja leveys ovat suuremmat kuin valmiin osan</li> <li>3. Lämmittimet, jotka sijaitsevat levyn yläpuolella, lämmittävät alipaineen muodostavaa materiaalilevyaihiota, kunnes se pehmenee. Pehmennetty aihio suljetaan sitten työkalun kannelle. Joissakin tapauksissa alipaineilma venyttää materiaalia parantaakseen seinämän paksuuden tasaisuuden takia.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Automaattinen vaatuslaite tukee pehmennettyä materiaalilevyä ilmalla. Aihion ja työkalun/muotin väliin vedetään tyhjiö materiaalin saattamiseksi työkalun pintaa vasten. Alipainemuodostuksessa ilmataskun estämiseksi, kun tyhjiö vedetään, voidaan saattaa ylipaine materiaalin muulle kuin työkalupuolelle materiaalin pakottamiseksi työkalun pintaa vasten.</li> <li>5. Muotti nostetaan muovilevyn pintaan ja muodostetaan tyhjiö vetämään muovilevy muotin pintaan saamaan muodon.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Muovi jäädytetään ja se kovettuu. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Näin muovattu kappale, joka on vielä kiinni kehyksessä, poistetaan laitteesta.</li> <li>• Kiinnityskehys vapautuu (avautuu) osan poistamista varten.</li> </ul> </li> </ol>

### Tarkista tuotteen piirustuksesta:

1. Mitat
2. Tekniset vaatimukset
3. Varmista, että kappaleen suunnitelmassa on huomioitu seuraavia lämpömuovaussäätöjä

## Pyöritykset ja päästökulmat

Tyhjiömuovausprosessin suunnittelussa on lisättävä osien kaikkiin sivuihin syväyskulmat helpottamaan muoviosien poistamista työkalusta, kun ne on muodostettu.

 <p>female mould draft angle = 5°</p> <p>male mould draft angle &gt; 3°</p>	<p>Urosmuotin yli lisätään vähintään 3 asteen vetokulmat, mutta naarasmuotin yli lisätään vähintään 5 asteen vetokulmat. Taskulokeroihin on myös lisättävä samat vetokulmat jokaisen taskun molemmille puolille.</p>
 <p>75%</p> <p>too deep</p>	<p><b>Vetosyvyys</b></p> <p>Tyhjiömuovattujen lokeroitten tai taskuosien kohdalla varmistaa, että taskusyvyys on enintään 75% taskun yläosan pienimmästä leveydestä. Muuten materiaali venyy liian pitkälle tyhjiömuodostustyökalun yli aiheuttaen liiallista ohenemista ja heikkoja taskuja.</p>
 <p>Direction of removal</p> <p>non-removable undercut</p> <p>Direction of removal</p> <p>removable undercut</p>	<p><b>Vastapäästö</b></p> <p>Yritä välttää alaleikkauksia aina kun mahdollista, koska alaleikkauksia sisältäviä osia on vaikea tai mahdotonta poistaa muotista muovauksen jälkeen.</p> <p>Kuitenkin on mahdollista tyhjiöllä hallita muodonmuutokset, jos osassa on toisessa päässä alaleikkaus, mutta toisessa päässä sama kulma, niin että osan poisto muotista on yhtä suuri tai suurempi kuin alaleikkaus (katso kuvaa).</p>

## Yleisimmät muovit ja arvioitu lämmitys aika eri paksuuksille

Muovi	Paksuus mm	Aika s	Muovi	Paksuus mm	Aika s
ABS	1	40	PA	1	40
	1,5	60		1,5	60
	2	80		2	80
	3	120		3	120
	4	140		4	160
HIPS	1	30	PP	1	50
	1,5	45		1,5	75
	2	60		2	100
	3	90		3	150
	4	120		4	200
PC	1	60	PS	1	30
	1,5	90		1,5	45
	2	120		2	60
	3	180		3	90
	4	240		4	120
PE	1	50	PVC	1	30
	1.5	75		1,5	45
	2	100		2	60
	3	150		3	90
	4	200		4	120
PETG	1	30			
	1.5	45			
	2	60			
	3	90			
	4	120			

**Kuusi yleistä lämpömuovauslaadun ongelmaa, jotka johtuvat väärästä ja huonosta työkalusta:**

	Laatupuute	Aiheuttaja	Vaikutus
1	Vääntö	Virheellinen lämpötilasäädely työkalun suunnittelu ja valmistus	Muovimateriaalin pinta-alan epätasainen lämmitys ja jäähdytys
2	Mittojen epäjohtonmukaisuudet	Lämpötilaohjattu työkalujen virheellinen suunnittelu ja valmistus	Kun muotti on jatkuvassa tuotannossa, lämpötila ei ole tasainen osien erissä, mikä johtaa epäjohtonmukaiseen kutistumiseen
3	Kappaleen paksuuden epäjohtonmukaisuudet	Riittämätön ja / tai virheellinen tyhjiönpoisto työkalun suunnittelussa ja valmistuksessa	Koska osa muodostuu muotin päälle, epäjohtonmukainen tai riittämätön tuuletus johtaa paksuuden epäjohtonmukaisuuksiin
4	Yksityiskohtien puuttuminen osageometriassa ja estetiikassa	Riittämätön ja / tai virheellinen tyhjiönpoisto työkalun suunnittelussa ja valmistuksessa	Koska osa on muodostettu muotin päälle, epäjohtonmukainen tai riittämätön tuuletus geometrian tai esteettisen muotoilun alueilla ei tuota toivottua tulosta
5	Pintakäsittelyn laatu (tekstuurin ja kiillon vaihtelu)	Työkalumateriaalin virheellinen valinta ja / tai riittämätön työkalun pintakäsittely	Työkalun pinnan huokoisuus ja / tai pintakäsittely voi johtaa ei-toivottuun pintarakenteen, kuopan tai kiillon pienenemiseen
6	Jäähtymisjäljet	Riittämätön ja / tai virheellinen tyhjiön tuuletus ja lämpötilan säätö työkalun suunnittelussa ja valmistuksessa	Muovipinnan aaltoilevia aaltoilemia esiintyy loukkuun jääneen ilman ja epäyhtenäisen materiaali-jäähdytyksen vuoksi

**Suurin osa lämpömuovatuista osista on valmistettu pehmeämmistä materiaaleista, jotka ovat helposti työstettävissä pyörivillä terillä. Paineilmatoimisten laitteiden yleisin valinta on ollut yksi- ja kaksireunaiset suorat työkalut. Yhden reunan työkalut ovat tyyppillisesti helpoimpia ja kaksoisreunaiset työkalut tarjoavat yleensä paremman viimeistelyn ja mahdollistavat nopeamman syöttönopeuden kokeneen käyttäjän käsissä.**

**Reitittimien käyttäminen lämpömuovattujen muoviosien leikkaamiseen on ollut ja tulee olemaan yksi parhaista menetelmistä valmiiden kappaleiden poistamiseksi arkeista. Koska CNC-5-akseliset koneet ovat suosittuja, ohjelmointi lisää kannattavuutta, kun kiinnitetään huomiota leikkurin valintaan, reitittimeen ja kiinnittimen jäykkyyteen. Paras tapa on analysoida prosessia kehityksen varhaisessa vaiheessa ja ottaa huomioon kaikki tarvittavat tekijät sen sijaan, että yrittää parantaa heikkoja laitteistoja tai ohjelmistoja niiden hankkimisen jälkeen.**



## Kierrätys

Useimmat lämpömuovausyritykset kierrättävät vialliset tuotteet ja muovijätteet joko puristamalla paaluskoneella tai syöttämällä ne murskaimeen (myllyyn) ja saattamalla rakeet myytäväksi jälleenkäsittelyyrityksille tai uudelleenkäyttöön omassa laitoksessa. Usein lämpömuovausprosessin sivuvirta ja jätemuovi muutetaan takaisin puristetuksi levyksi uudelleen tuotannossa käyttöön.

Markkinoilla on kaksi lämpömuovauksen perusrhmää, yksikerroksinen ja monikerroksinen, ja molemmilla on erityisiä ominaisuuksia, jotka on huomioitava materiaalien asianmukaisessa käsittelyssä kierrätysprosesseissa:

- Yksikerroksinen (PP - APET - PS - PC - PETC - PVC)
- Monikerroksinen (PET / PE - PET / PVC - PET / EVOH - muut kompleksit)

Kierrätyksessä arvokkainta on saman tyyppin kirkas muovimateriaali. Koska kierrätyksellä pyritään yhtenäisempiin kestomuovimateriaaleihin, muovien tunnistamisprosessi lisää kuluttajien hämmennystä. Tämä käy ilmi Moore-raportista, jossa luetellaan seuraavat yleisesti käytettävät lämpömuovauksen materiaalit - PP, PVC, HDPE, LDPE, PS ja muut jäykät, ei pulloihin käytettävät tuotteet.

Lämpömuovausprosesseja on kaksi luokkaa. Alle 1,5 mm (0,060 tuumaa) levyn paksuus syötetään yleensä lämpömuovauskoneeseen rullista tai ekstruuderilevyistä. Ohuet rullasyötetyt tai linjassa puristetut lämpömuovaussovellukset ovat hallitsevina jäykkissä tai puolijäykkissä kertakäyttöisissä pakkauksissa. Yli 3 mm (0,120 tuumaa) levyn paksuus toimitetaan yleensä muovauskoneeseen käsin tai automaattisella syöttömenetelmällä, materiaali on jo leikattu lopullisiin mittoihin. Raskaita tai paksumpia leikattuja levyjä lämpömuovaussovelluksissa käytetään ensisijaisesti kiinteinä rakenneosina. On pieni, mutta kasvava alue, joka käsittää 1,5–3 mm paksut levyt.

	ABS	HIPS	Poly-karbonaatti	LDPE, HDPE	PMMA	PP	PVC
Muovautuvuus	hyvä	erinomainen	hyvä	huono	huono	huono	hyvä
Lujuus	suuri	keskin-kertainen	hyvä	hyvä	keskin-kertainen	erinomainen	hyvä
Kutistuma-%	0,3-0,8	0,3-0,5	0,6-0,8	1,6-3,5	0,3-0,8	1,5-2,2	0,3-0,7
Kirkkaus	ei	kyllä	kyllä	läpikuultava	kyllä	läpikuultava	kyllä
Värit	kaikki	kaikki	läpikuultava ja yksivärinen	useita	yksivärinen	muutamia	muutamia
Hinta	keskin-kertainen	keskin-kertainen	korkea	alhainen	korkea	alhainen	alhainen

# Kappale 7: Harjoituksia

(voidaan myös käyttää arvioinnissa)

Tavoitteena on kehittää taitoja ja ammatillista osaamista

Tavoitteena on, että opiskelija harjaantuu prosessityöskentelytaidoissa ja koneasetusten parametrien valinnassa parhaan tuloksen saadakseen ja välttääkseen lämpömuovausvirheet.

Suullista viestintää harjoituksen jälkeen suositellaan, annettujen tietojen hakeminen ja oikea käyttö on osa ammattitaitoa.

Harjoitukset ovat henkilökohtaista työtä.

## Aihe 1

### Harjoitus 1:

#### Kysymyksiä:

1. Kumpaa menetelmää mielestäsi on käytetty, positiivista vai negatiivista?
2. Kumpi tuotteen pinnoista on kiiltävämpi?



Source: [www.thermoformage-gerber.com](http://www.thermoformage-gerber.com)

## Aihe 2

### Harjoitus 2:

Kirjoita kronologisessa järjestyksessä lämpömuovauksen työvaiheet, myös säkin muodostus, yksi vaihe kullekin riville:

Aseta muovilevy koneeseen ja aloita sykli

1. Lämmitysvaihe
2. Kuplavaihe
3. Muotti kosketukseen kuuman materiaalikuplan kanssa
4. Tyhjiövaihe
5. Jäähdytysaika
6. Poista muotti
7. Irrota koneen lämpömuovausosa

## Aihe 3

### Harjoitus 3:

# paksusta ABS-levystä valmistettu 250 korkea kappale negatiivisella muotilla

**Kappaletta 4 voi hyödyntää tähän vastattaessa.**

Vastaa taulukon avulla.

### Kysymykset:

Millaisia lämpötiloja on käytössä	300-450°C
Mikä olisi oletuksena tarvittavasta lämmitysajasta?	90 s, riippuen koneen kapasiteetista
Mikä toiminto on suoritettava prosessisyklissä, jotta kappaleeseen saadaan vakiopaksuus?	Kuplavaiheen käyttö

Lämpömuovauksen ohjearvojen taulukko

		HIPS	ABS
Lämpötila levyn pinnalta mitattuna *	Tavoite	135	165
	Maksimi	180	220
	Minimi	95	110
Suurin lämmitysnopeus (sekuntia/mm)		20	30
	2-puolinen	30	30
Ero koneen ja levyn yläpuolen välillä (mm)	1-puolinen	150-300	150-300
Ero koneen ja levyn alapuolen välillä (mm)		300-450	300-450

Polymer	Acronym	Density g/cm <sup>3</sup>	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Young's modulus N/mm <sup>2</sup>	Transparency +/-	Linear thermal expansion 10 <sup>-4</sup> /°C	Specific heat kJ/kgK	Operating temperature at steady state		Softening temperature °C	Field of crystalline fusion °C	Pre-drying of the sheets 1,5 – 2,0 mm °C	Forming temperature measured at the surface of the sheet	
								Min °C	Max °C				Compressed air °C	Vacuum °C
Polystyrene	PS	1,05	55	3350	+	75	0,01	-10	+70	80	-	-	120-150	165-190
High impact Polystyrene	HIPS	1,05	32	2150	-(+)	70	0,01	-40	+70	80	-	-	120-160	150-200
Styrene-Butadiene	SBS	1,03	31	1800	+	90	0,01	-20	+70	90	-	-	115-125	140-170
Oriented Polystyrene	OPS	1,05	57	3200	++	70	0,01	-60	+79	99	-	-	115	115
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene	ABS	1,05	50	2500	+	90	0,01	-45	+85	100	-	75	130-160	160-220
Acrylonitrile-Styrene-Acrylester	ASA	1,07	36	2050	-	95	0,01	-40	+75	90	-	85	120-160	160-190
Styrene acrylonitrile	SAN	1,08	73	3700	+	80	0,01	-20	+80	95	-	-	135-170	165-190
Rigid polychloride vinyl	PVC-U	1,39	58	2900	+	75	0,01		+65	90	-	-	120-140	155-200
High Density Polyethylene	HDPE	0,95	28	1100	-	200	2,1 / 2,7	-50	+95	105	125+15		140-170	170-200
Polypropylene	PP	0,92	30	1200	-(+)	150	0,02	0(-30)	+110	140	158+10		150-165	160-200
Extruded Methyl Methacrylate	PMMA	1,18	72	3300	+	70	0,01	-40	+70	95	-	70	140-160	160-190
Cross-linked Polymethyl Methacrylate	PMMA (g)	1,18	80	3300	+	70	0,02	-40	+80	100	-		140-170	170-200
Polyacetal	POM	1,41	66	3000	-	100	0,02	-40	+100	120	-		145-170	170-180
Polycarbonate	PC	1,2	61	2300	+	65	0,01	-100	+130	150	-	100	150-180	180-220
Polyester Carbonate	(PAR)	1,2	66	2300	+	72	0,01	-40	+145	170	-	110	180-210	210-235
Polyphenylester (Noryl)	PPE	1,08	55	2450	-	70	0,01	-30	+80	120	-		180-230	200-250
Polyamide 12	PA12	1,02	60	1600	-	150	0,02	-70	+80	150	175+10	80	160-180	170-180
Amorphous Polyethylene Terephthalate	PETG	1,27	49	1720	+	51	0,01		+63	82	-		100-120	110-190
Amorphous Polyethylene Terephthalate	APET	1,34	30	2200	+	80	0,01	-40	+70	86	-	65	100-120	110-120
Crystalline Polyethylene Terephthalate	CPET	1,37	47	2600	-	70	0,01	-20	+220	86	255+3		130-145	
Polysulfone	PSU	1,24	80	2650	+	56	0,01	-70	+150	178	-	120	210-230	220-250
Polyethersulfone	PES	1,37	80	3000	+	55	0,01		+180	220	-	180	230-270	265-290
Polyphenyl sulfide	PPS	1,62	125	12000	-	29	0,01		+240	260	280+8		260-270	250-275
Polyacrylonitrile (ex Baren)	A / MA	1,15	56	2450	+	66	0,02	-200	+70	88	-		135-150	160-220
Cellulosis Acetate	CA	1,28	37	1800	+	110	0,02	-40	+80	98	-	65	145-170	165-180
Cellulosis Di-Acetate	CdA	1,27	40	1000	+			-20	+60	70	-	60	115-130	120-140
Cellulosis Acetobutyrate	CAB	1,18	26	1600	+	120	0,02	-40	+60	10	-	90	140-170	170-200
Polyvinylidene fluoride	PV DF	1,78	43	1500	-	120	0,01	-40	+120	150	170+8		170-200	170-240
Polyetherimide (ex Ultem)	PEI	1,27	105	2800	-	56			+170	215	-	150 (4H/mm)	230-290	240-330

## Aihe 4:

ABS-materiaalista kappale, yleisimpänä virheenä havaitaan: halkeamien muodostuminen lämpömuovauksen jälkeen.

**Halkeiluvika voi syntyä osan poistamisessa.**

**On olemassa kolme ratkaisua:**

1. Lisää muotin lämpötilaa
2. Nosta ilmanpainetta juuri ennen irrotusta
3. Vähennä muotin poistonopeutta

## Kysymys:

Liitetaulukkoita apuna käyttämällä selvitä useita virheisiin vaikuttavia tekijöitä, mitä asetuksia voit muuttaa ja miksi.





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

