



# **ULTRAÄÄNITEKNIIKAT JA NIIDEN LAADUNHALLINTA TEKSTIILISO- VELLUTUKSISSA**

Marika Potila

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2013  
Paperi-, tekstiili- ja kemian-  
tekniikan koulutusohjelma  
Tekstiilitekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma  
Tekstiilitekniikka

MARIKA POTILA:

Ultraäänitekniikat ja niiden laadunhallinta tekstiilisovellutuksissa

Opinnäytetyö 76 sivua, joista liitteitä 17 sivua  
Huhtikuu 2013

---

Opinnäytetyössä käsitellään ultraäänitekniikoiden teoriaa ja niiden tekstiilisovellutuksia, jotta kyseisten tekniikoiden ja laitteiden ominaisuudet sekä käyttömahdollisuudet tulisivat tutuiksi opinnäytetyön tilanteen yrityksen tuotantoprosesseihin ja laadunhallintaan perehdyttäessä. Ultraäänitekniikoiden teoria ja niiden käytön monipuolisuus tekstiilisovellutuksissa havainnollistavat ultraäänitekniikoiden potentiaalia ja laitteiden toiminta-periaatteita tekstiilituotteiden valmistuksessa.

Tuotantoprosessin kokonaisvaltainen tunteminen mahdollistaa ymmärryksen eri tuotantovaiheiden riippuvuuksien vaikutuksista toisiinsa ja valmiiseen tuotteeseen. Tekstiilituotteiden laatuvaatimusten täyttyminen vaatii jatkuvaa laadunhallintaa yrityksen eri prosesseissa. Tekstiilirakenteiden ominaisuudet vaativat laitteiden hienosäädön ja ylläpidon lisäksi usein myös työntekijän huolellista prosessien ja materiaalien seuranta, jotta laadun tasaisuus olisi hallittua.

Opinnäytetyön tavoitteina oli ultraäänitekniikoiden perehtymisen myötä tehdä yksityiskohtaiset työohjeet prosesseissa oleville laitteille ja havainnollistaa prosesseissa lopputuotteeseen vaikuttavia tekijöitä. Työn tavoitteisiin sisältyi myös prosesseihin liittyvän laadunhallinnan tutkiminen ja kehittäminen.

Opinnäytetyö sisältää luottamuksellisia tietoja, joten työn julkinen versio sisältää vain ultraäänitekniikoiden teoriaa ja niiden sovellutuksia tekstiileissä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering  
Option of Textile Engineering

POTILA, MARIKA:

Ultrasonic techniques and their quality control in textile applications

Bachelor's thesis 76 pages, appendices 17 pages

April 2013

---

This thesis deals with theory of ultrasonic techniques and their textile applications in order that the characteristics and uses of the techniques and machines would get familiar when you learn about the company that ordered the thesis production process and quality control. The theory of ultrasonic techniques and their variety of uses in textile applications illustrates potential of ultrasonic techniques and principles of machines when manufacturing textile products.

The production processes complete knowledge is making possible to understand how different stages of production correlations influence to each other and to finished product. Textile products quality requirements inflation continues quality control in company's different processes. The characteristics of textile structure inflation machines tuning and an employee to watch processes and materials so quality constant would be controlled.

The objectives of this thesis were to read about ultrasonic techniques and make detailed work instructions to machines of processes and visualize things which influence to finished product. The quality control which relate to processes is also included to the objectives. The quality control was to research and develop.

This thesis contains confidential information so the public version only has the theory of ultrasonic techniques and their textile applications.

---

Key words: ultrasound welding, ultrasound cutting, textile applications

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TEORIA .....	7
2.1	Äänioppi.....	7
2.1.1	Ultraääni.....	8
2.2	Ultraäänitekniikka tekstiilisovellutuksissa .....	8
2.2.1	Sovellukset tekstiileissä .....	10
2.2.2	Ultraäänitekniikoiden hyviä ja huonoja puolia .....	12
3	ULTRAÄÄNITEKNIKOIDEN KÄYTTÖ.....	14
3.1	Ultraäänihitsaus .....	15
3.1.1	Materiaalit ja niiden kulku ultraäänihitsausprosessissa .....	16
3.1.2	Äänipäät .....	23
3.1.3	Hitsaussylinterit .....	25
3.2	Ultraäänileikkuu.....	26
3.2.1	Materiaalin kulku ultraäänileikkuuprosessissa .....	27
3.2.2	Äänipäät ja leikkuuterät .....	31
3.3	Laadun tarkkailu ultraäänitekniikoiden prosesseissa.....	33
3.4	Ultraäänitekniikoilla saavutetut edut ja sen mukanaan tuomat haasteet.....	34
4	LAADUNHALLINTA ULTRAÄÄNITEKNIKOIDEN TEKSTIILISOVELLUTUKSISSA.....	38
4.1	Ultraäänihitsausprosessin visuaalinen laadunhallinta.....	38
4.1.1	Ultraäänihitsausprosessin nykyinen laadunhallinta .....	38
4.1.2	Kehitysehdotuksia ultraäänihitsausprosessin laadunhallinnalle .....	41
4.1.3	Ultraäänihitsausprosessin toleranssit .....	42
4.2	Ultraäänihitsausprosessin kokeellinen laadunhallinta .....	44
4.2.1	Ultraäänihitsausprosessin nykyinen kokeellinen laadunhallinta.....	45
4.2.2	Kehitysehdotuksia ultraäänihitsausprosessin kokeelliselle laadunhallinnalle.....	47
4.2.3	Sauman sidoslujuuden toleranssit .....	50
4.3	Ultraäänileikkuuprosessin laadunhallinta .....	52
4.3.1	Ultraäänileikkuuprosessin toleranssit .....	53
5	POHDINTA.....	57
	LÄHTEET.....	59
	LIITTEET .....	60
	Liite 1. Ultraäänihitsausprosessin työohjeet.....	60
	Liite 2. Hapsulangan spesifikaatiot .....	64
	Liite 3. Hapsurivien spesifikaatiot.....	66

Liite 4. Ultraäänileikkuuprosessin työohjeet.....	70
Liite 5. Seurantakaavake hukkaprosentista .....	74
Liite 6. Yhteenvetokaavio laatuun vaikuttavista tekijöistä.....	75
Liite 7. Toleranssien mukainen mallikuva .....	76

## 1 JOHDANTO

Tekstiiliteollisuudessa tavat jalostaa tekstiilejä ovat kehittyneet ja monipuolistuneet erilaisten tekniikoiden kehittymisen myötä. Nykyisin tekstiiliteollisuudessa materiaaleja voidaan liittää toisiinsa muillakin tavoin kuin ompelemalla ja tekstiilien leikkaaminen voidaan toteuttaa muillakin menetelmillä kuin saksilla. Synteettisten materiaalien yleistyminen tekstiilituotteissa on mahdollistanut monipuolisesti erilaisten toimintatapojen käyttöönoton tekstiilien valmistuksessa. Ultraäänitekniikat ovat yksi tekstiilituotteiden valmistuksessa käytettävä menetelmä. Ultraäänitekniikoissa värähtelyenergian ja paineen avulla synteettiset materiaalit saadaan sulamaan. Ultraäänitekniikoita käyttämällä tekstiilimateriaaleja voidaan liittää toisiinsa, leikata ja yksilöidä erilaisin kuvioin.

Tuotannon tuottavuutta voidaan parantaa automatisoimalla ultraäänitekniikoiden prosessit. Termoplastisten materiaalien sulaminen prosesseissa vähentää työvaiheiden määrää verrattuna ompelevan teollisuuden työvaiheisiin. Ultraäänitekniikoilla valmistettujen tuotteiden kokoonpanoon kuuluvat ainoastaan tuotteen vaatimat materiaalit, jonka vuoksi lisäaineiden tarpeettomuudella saavutetaan taloudellisia ja ympäristöystävällisiä etuja. Ultraäänitekniikoiden prosessit ovat puhtaita, jolloin työntekijät säästyvät kemiallisten aineiden aiheuttamilta haittavaikutuksilta.

Ultraäänitekniikoiden myötä tekstiilituotteisiin saadaan ominaisuuksia, joita perinteisillä menetelmillä ei pystyttäisi saavuttamaan. Esimerkiksi ultraäänihitsausta käyttämällä materiaaleja yhteen liittävästä saumasta saadaan kestävä, ohut, veden- ja tuulenpitävä. Ultraäänitekniikoiden avulla voidaan parantaa erityisesti teknisten tekstiilien ominaisuuksia ja vähentää perinteisin menetelmin valmistetuissa tuotteissa ilmeneviä haasteita. Materiaalina tekstiili tuottaa automatisoiduissa prosesseissa haasteita, joiden vuoksi perinteisiä tekstiilien jalostusmenetelmiä ja työntekijöiden ammattitaitoista työpanosta ei voida aina korvata kehittyneemmällä tuotantomenetelmillä.

Kilpailtaessa tekstiilien markkinoilla tuotteiden laadusta ja sen hallinnasta on pidettävä erityistä huolta. Laatu järjestelmien jatkuva käyttö ja menetelmien kehittäminen tuotantoprosesseissa mahdollistaa tuotteille kilpailukykyisen aseman markkinoilla.

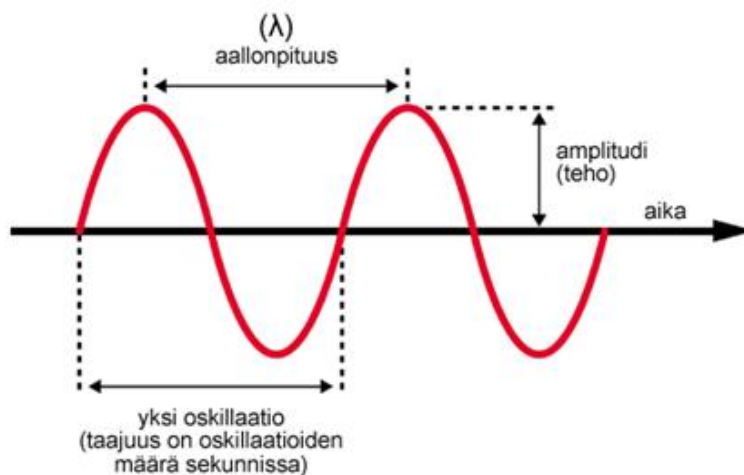
## 2 TEORIA

### 2.1 Äänioppi

Ihminen kuulee ääniä, kun korva tuottaa kuuloaistimuksen ääniaalloista. Ihmisen korvan herkkyydessä ja kuuloalueessa on yksilöllisiä eroja, jotka riippuvat äänen taajuudesta ja voimakkuudesta, mutta myös kuulijan iästä. Ääniaaltoja, joiden taajuus on 16–20 000 Hz, kutsutaan kuuloalueeksi. Ihmisen kuuloaisti on herkimmillään taajuusalueella 2–5 kHz. Ääni, joka on alle ihmisen kuuloalueen, on infraääntä. Ääni on ultraääntä, jos se ylittää kuuloalueen. (Inkinen, Manninen & Tuohi 2006, 281–282.)

Ääniaallot syntyvät, kun ääni saa väliaineen hiukkaset värähtelemään ja aiheuttaa väliaineessa tihentymiä ja harventumia, jotka etenevät äänen etenemissuunnassa väliainetta pitkin. Ääni on pitkittäistä aaltoliikettä. Äänen taajuus eli frekvenssi voidaan määrittellä jakamalla aaltojen määrä tietyssä aikana aikavälin pituudella. Taajuuden yksikkönä käytetään hertsiä (Hz). Ääniaallon amplitudiksi kutsutaan värähtelijän suurinta mahdollista poikkeamaa tasapainoasemasta. (Inkinen ym. 2006, 226,253,285.)

Kuviossa 1 on ääniaalto, johon on havainnollistettu ääniaallon aallonpituutta, amplitudia ja taajuutta. Oskillaatioiden eli värähdysliikkeiden määrä sekunnissa tarkoittaa ääniaallon taajuutta. Amplitudi on ääniaallon poikkeama tasapainoasemastaan. Amplitudin kasvaessa värähdysliikkeen laajuus lisääntyy. Äänen taajuuden kasvaessa ääniaallon aallonpituus lyhenee.



KUVIO 1. Ääniaalto (Paroc Group: Yleistä äänestä 2013)

### 2.1.1 Ultraääni

Kuuloalueen ylittävästä äänestä käytetään nimitystä ultraääni. Ultraäänen taajuusalue jaetaan matalan ja korkean ultraäänen alueisiin. Matalan ultraäänen taajuusalue on 20–100 kHz ja korkean ultraäänen taajuusalue on 1 MHz–10 GHz. Ultraäänellä on monia teknisiä sovelluksia, joista yksi on muovien ja pehmeiden metallien hitsaaminen ultraäänen aiheuttaman värähtelyn avulla. (Inkinen ym. 2006, 282–283.) Ultraäänihitsauksessa ja ultraäänileikkuussa yleisimmät hitsaustaajuudet ovat 20 ja 35 kilohertsiä (Ritmacon Oy: Mitä on ultraäänihitsaus?).

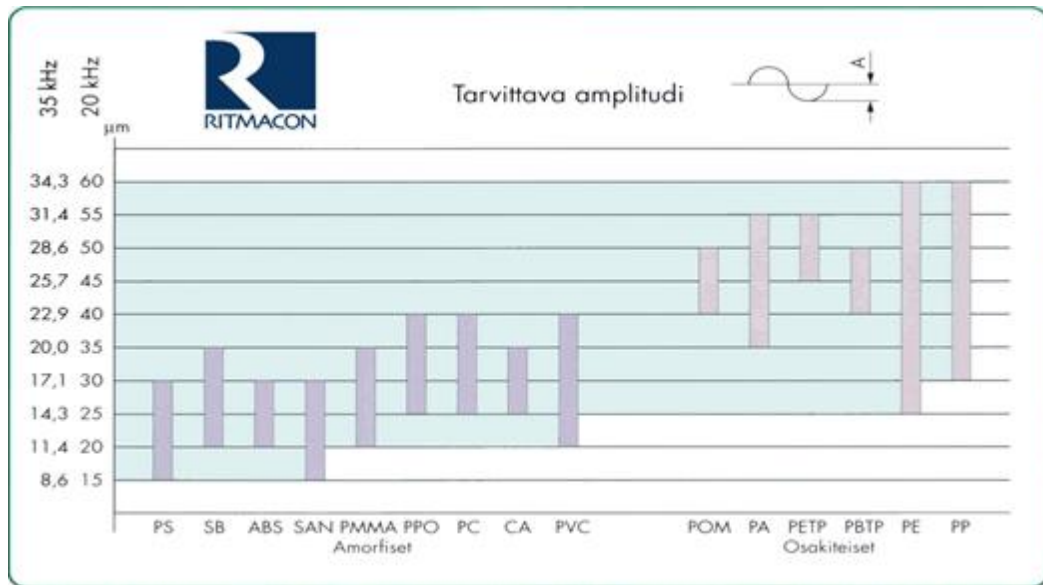
### 2.2 Ultraäänitekniikka tekstiilisovellutuksissa

Ultraäänitekniikan avulla voidaan muun muassa liittää yhteen ja leikata kestopuovimateriaaleja. Ultraäänitekniikan edellytyksenä ovat käytettyjen materiaalien sulamisominaisuudet ja tämän vuoksi käytettävät materiaalit tulee olla amorfisia tai osakiteisiä kestopuovimateriaaleja. Tekstiiliteollisuudessa käytetään ultraäänihitsaus- ja ultraäänileikkuumenetelmiä tekstiilimateriaalien jalostuksessa. (Ritmacon Oy: Mitä on ultraäänihitsaus?)

Kestomuovit ovat muovimateriaaleja, joita voi kuumentamalla sulattaa ja tämän myötä työstää uudelleen. Kestomuovit voidaan jakaa kahteen ryhmään: osakiteisiin ja amorfiisiin kestopuoveihin. Jaottelu perustuu muovien kemialliseen rakenteeseen. Amorfiset kestopuovit pehmenevät lämmön vaikutuksesta lasin tavoin, jolloin niitä voidaan muovata. Osakiteiset muovit muistuttavat enemmän metalleja sulaessaan lämmön vaikutuksesta nestemäisiksi. (Lähtenmäki 2012, 28–29, Bruderin 2009 mukaan.)

Taulukossa 1 on määritelty ultraäänitekniikan prosesseihin tarvittavat amplitudit mikrometreinä 20 ja 35 kilohertsin taajuuksilla. Amplitudi vaikuttaa värähtelyn laajuuteen, jonka myötä ultraääniprosessin tehokkuuteen. Materiaalien ominaisuudet vaikuttavat tarvittavan amplitudin määrään. Käyttämällä materiaaleille sopivia amplitudin arvoja saadaan materiaali prosessissa sulamaan tarvittavalla tehokkuudella. Taulukosta 1 nähdään, että hyvin yleisesti tekstiileissä käytettävät synteettiset kuidut polypropeeni (PP), polyamidi (PA) ja polyesteri (PETP) ovat osakiteisiä kestopuoveja eli termoplastisia puoveja.

TAULUKKO 1. Kestomuovien tarvittavat amplitudit mikrometreinä ultraääniprosesseissa (Ritmacon Oy: muovien amplituditaulukko)



Ultraäänihitsauksessa tarvitaan korkeataajuisia mekaanista energiaa, jota saadaan muuttamalla matalataajuinen sähköenergia generaattorin ja pietsoelektrisen muuntimen avulla korkeataajuisiksi. Tekstiili-, pakkaus- ja muoviteollisuudessa ultraäänihitsauksessa ja ultraäänileikkauksessa käytetään taajuutena 20 tai 35 kilohertsiä. (Ritmacon Oy: Mitä on ultraäänihitsaus?)

Ultraäänihitsaus on liittämismenetelmä, jossa luodaan molekyylien välisiä sidoksia käyttämällä prosessissa korkeataajuisia mekaanista ääniaaltoja. Prosessissa mekaaniset värähtelyt tuodaan materiaaliin suurella taajuudella, esimerkiksi 20 kilohertsiä eli 20 000 värähdystä sekunnissa. Koneessa oleva äänipää välittää värähtelyt materiaaliin tietyllä taajuudella ja tarvittavalla amplitudilla. (Hermann 2005.)

Termoplastisten materiaalien sulaminen ja hitsatun sauman muodostuminen prosessissa syntyy, kun äänipään värähtelyt aiheuttavat painetta ja kitkaa materiaalin toisella puolella olevaa sylinteriä vasten. Jatkuvan ultraäänihitsausprosessin aikana materiaali kulkee äänipään ja sylinterin välistä, jolloin paineen ja kitkan vaikutuksesta materiaali sulaa sylinterissä kohollaan olevien hammastusten kohdalta. (Hermann 2005.)

Korkeataajuinen ultraääni sisältää paljon värähtelyenergiaa, joka saa materiaalin molekyylit värähtelemään. Molekyylien värähtely saa aikaan materiaalin lämpenemisen, jolloin materiaali sulaa sylinterissä olevien hammastusten kohdalta. Ääni välittyy hitsatta-

vaan kohteeseen hammastusten kautta, sillä hammas joutaa äänen haluttuun kohtaan. Materiaali sulaa vain hammastusten kohdalta, koska äänipäästä tuleva ultraääni välittyy materiaaliin vain alueilla, jossa se on kosketuksissa sylinterin hammastuksiin. Sylinterin hammastusten avulla myös painetaan hitsattavat kohdat materiaaleista toisiaan vasten ja tästä syntyvä paine auttaa hitsatun sauman syntymisessä. Pehmeillä materiaaleilla, kuten muoveilla, molekyylien värähtelystä johtuva kitkan kaltainen ilmiö ja sylinterin aiheuttama paine riittävät aineen sulamiseen, ja tämän myötä hitsattavat pinnat sulavat toisiinsa kiinni. (Manninen 2013.)

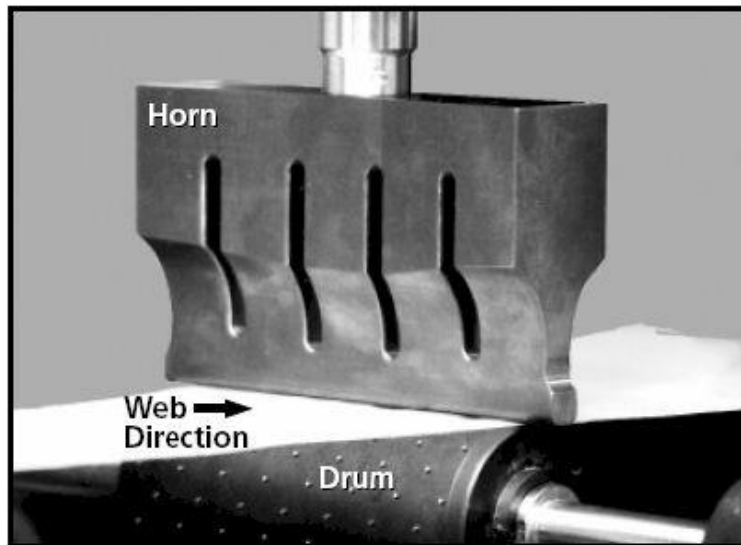
Ultraäänihitsauksessa syntyvään sidoslujuuteen vaikuttavat materiaaliin kohdistuva voima ja amplitudi. Värähtelyn amplitudia voidaan muuttaa käyttämällä amplitudikykimiä eri vahvistuksilla ja ultraäänigeneraattorin sähköistä säätöä. Prosessiin valitaan amplitudi sovellutuksen ja materiaalien mukaan. Ultraäänihitsaukseen tarvittavan voiman määrä riippuu muun muassa materiaaleista ja halutusta sidoslujuudesta. Sauman sidoslujuus lisääntyy lisättäessä hitsin voimia. Ultraäänihitsauksen tehokkuutta voidaan lisätä kasvattamalla amplitudia ja pienentämällä rakoa äänipään ja sylinterin välissä. Yhtenäisen sidoksen laadun saamiseksi amplitudi ja voima on pidettävä prosessissa tasaisina. (Hermann 2005.)

### **2.2.1 Sovellukset tekstiileissä**

Ultraääniprosesseihin soveltuu parhaiten sata prosenttisesti synteettiset materiaalit, mutta materiaaleissa voi olla sekoituksena myös luonnonkuituja. Prosesseihin sopivat esimerkiksi polypropeeni-, polyesteri-, akryyli- tai polyamidikuiduista valmistetut kankaat, kuitukankaat, neulokset, kalvot ja laminaatit. (Sonobond Ultrasonics Inc: Ultrasonic Nonwovens and Textile Machinery 2004.)

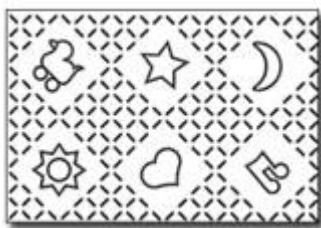
Jatkuvassa ultraäänihitsausprosessissa voidaan liittää materiaalikerroksia toisiinsa. Liitettäviä materiaalikerroksia voi prosessissa olla kaksi tai useampia. Jatkuvassa ultraäänihitsauksessa materiaalia johdetaan äänipään ja pyörivän sylinterin väliin, jolloin materiaalien välille syntyy sidos. (Dukane Corporation: What is Fabric & Film Processing 2010.) Sidoksen visuaalista ulkoasua kuvioinnissa ja sidoksen ominaisuuksia, kuten lujuutta, voidaan muunnella vaatimusten mukaisiksi vaihtelemalla sylinterimalleja (Hermann 2005).

Kuva 1 havainnollistaa ultraäänihitsausprosessia. Kuvassa 1 on materiaalin kulku ääni-  
pään ja pyörivän sylinterin välistä. Sylinterissä olevat pistemäiset hammastukset muo-  
dostavat materiaaliin sidospisteet.



KUVA 1. Materiaalin kulku ultraäänihitsausprosessissa (Dukane Corporation: What is  
Fabric & Film Processing 2010)

Kuviossa 2 on esimerkki ultraäänihitsausprosessin sidoskuviosta. Sidoskuviioon vaikut-  
taa sylinterin hammastusten muotoilu. Ultraäänihitsausprosessissa voi tehdä materiaa-  
liin esimerkiksi koristeellisia sidoskuvioita tuotteiden erilaistamiseksi tai tuotemerkin  
tunnistamiseksi (Hermann 2005).



KUVIO 2. Ultraäänisidoksen kuviointi (Hermann 2005)

Termoplastisia materiaaleja voidaan leikata ultraäänien avulla. Ultraäänileikkuussa ma-  
teriaalin reunat sulkeutuvat sulamisen johdosta, jonka vuoksi langat eivät pääse pur-  
kaantumaan materiaalista. Ultraäänileikkuu mahdollistaa myös materiaalikerrosten yh-  
distämisen leikkuun ohella. Ultraäänileikkuuseen vaikuttavat materiaalin rakenne, paino  
ja paksuus. (Dukane Corporation: What is Fabric & Film Processing 2010.)

Tekstiiliteollisuus on nykypäivänä hyvin teknistä ja erikoistunutta, jonka vuoksi saumojen ompeleminen, liimaaminen ja teippaaminen ovat vanhentuneita tapoja tekstiilien jalostuksessa. Lämmön ja paineen avulla sulatetuista saumoista saadaan vesi- ja ilmatii- viitä. Teknisten vaatteiden, telttojen, markiisien, suojapeitteiden, laukkujen ja suodatin- pussien saumojen tekemiseen käytetään hitsausmenetelmiä. Saumoista saadaan hyvin kulutusta kestäviä ja ulkonäöltään hienoja. (Teonline.com: Fabric Welding.)

Ultraäänihitsaustekniikkaa käytetään huipputason ulkoiluvaatteissa ja kalvoissa saumaamiseen, kuten laskettelussa, vuorikiipeilyssä ja perhokalastuksessa käytettävissä takeissa ja housuissa. Ultraäänihitsauksen ansiosta saadaan edellä mainitun kaltaisiin tuotteisiin vahvat, vedenpitävät, kulutusta kestävät ja huomaamattomat saumat, joiden valmistamiseksi ei ole tarvinnut tehdä reikiä ompelukoneella. Ultraäänihitsatusta saumasta saadaan ohut ja tasainen, jolloin tuotteen käytettävyys paranee. (Vision Group: Ultraäänellä saumaamisen teknologia 2013.)

Ultraäänihitsausta käytetään lääketieteen aloilla ja puhdastiloissa, esimerkiksi steriileis- sä vaatteissa, sairaalapuvuissa ja vaipoissa. Ultraäänihitsauksella tehty sidos mahdollis- taa materiaalien pehmeiden ja hengittävyiden. (Dukane Corporation: What is Fabric & Film Processing 2010.) Ultraäänitekniikkaa käytetään laajasti hygieniatuotteissa, kirur- gien suoja-asusteissa, terveysiteissä, suodattimissa ja vakuumpakkauksissa (Hermann 2005).

### **2.2.2 Ultraäänitekniikoiden hyviä ja huonoja puolia**

Nykyiset ultraäänitekniikat ovat jo niin kehittyneitä, että ne täyttävät odotukset laadun ja tuotantonopeuden suhteen. Materiaaleille ja sovelluksille määritetyt oikeanlaiset pa- rametrit prosesseissa mahdollistavat tasaisen laadun halutulla sidoslujuudella. Ultraääni- tekniikat ovat hyvin monikäyttöisiä ja tämän vuoksi niitä voidaan käyttää erilaisissa tuotteissa saumaamisessa, leikkuussa ja kuvioinnissa. Ultraäänitekniikan monimuotoi- suus mahdollistaa uusia ja ainutlaatuisia ominaisuuksia tuotteisiin, joita ei voida saavut- taa muilla menetelmillä, kuten liima-aineiden avulla liittämällä. Ultraäänitekniikoiden alhainen energian kulutus, jatkuvan prosessin nopeus ja välitön sidoslujuus antavat hy- vät edellytykset tekniikan käytölle teollisuudessa. (Hermann 2005.)

Ultraääniprosessit ovat puhtaita, nopeita ja taloudellisia, jonka vuoksi tekstiili-, pakkaus-, lääketiede-, kuitukangas- ja autoteollisuus hyötyvät prosesseista. Ultraäänitekniikka vaatii vähemmän energiaa tuotantoprosesseissa kuin lämpösidonta, jossa käytetään jatkuvasti energiaa materiaalien sidontaa tarvittavien rumpujen lämmityksessä. (Dukane Corporation: What is Fabric & Film Processing 2010.)

Ultraäänitekniikoiden käytöllä saadaan monia etuja, sillä prosesseissa ei tarvita liima- tai sideaineita. Tämän ominaisuuden vuoksi tuotantoprosessit eivät ole riippuvaisia erilaisten prosessien mahdollistavien aineiden saatavuudesta. Ultraääniprosesseissa ei synny kustannuksia liima- tai sideaineista. Prosesseissa ei ole vaarana kemiallisten reaktioiden syntyminen lisäaineiden, materiaalien ja lämmön välillä. Prosessit ovat puhtaita ja tämän vuoksi eivät aiheuta ongelmia ihmiselle. Prosessit ovat turvallisia, koska niissä ei tarvita korkeaa lämpötilaa ja suurta painetta. (Hermann 2005.)

Ultraääniprosessit soveltuvat termoplastisille materiaaleille. Tämä aiheuttaa joitakin rajoituksia materiaalien käytössä (Hermann 2005). Ultraääniprosesseissa käytettävät termoplastiset materiaalit sulavat tietyn lämpötilan vaikutuksesta ja kovettuvat ennalleen vaikutuksen loputtua. Termoplastisten materiaalien sulamisominaisuudet aiheuttavat sen, että prosessissa lämmön ja paineen avulla syntynyttä sidosta ei voida avata ja korjata, toisin kuin ommeltaessa. Automatisoitu ultraääniprosessi luo haasteet oikeiden säätöjen löytämiselle tasaisen laadun ja halutun sidoslujouden tai leikkuuvoimien varmistamiseksi.

## LÄHTEET

Bruder, U. 2012. Hyvä Tietää Muovista. Suom. Lähteenmäki, E. Lahti: MuoviPlast. Alkuperäinen teos 2009.

<http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa1-Polymeerit.pdf>

Dukane Corporation. 2010. What is Fabric & Film Processing. Luettu 4.2.2013.

[http://www.dukane.com/us/PFF\\_What.htm](http://www.dukane.com/us/PFF_What.htm)

Hermann, T. 2005. Ultrasonic Bonding Of Nonwovens, Films and Textiles. Textile World. Luettu 31.3.2013.

[http://www.textileworld.com/Articles/2005/November-December/Features/Ultrasonic\\_Bonding\\_Of\\_Nonwovens\\_Films\\_And\\_Textiles.html](http://www.textileworld.com/Articles/2005/November-December/Features/Ultrasonic_Bonding_Of_Nonwovens_Films_And_Textiles.html)

Inkinen, P., Manninen, R. & Tuohi, J. 2006. Momentti 2. Insinöörifysiikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Manninen, R. lehtori 2013. Kysymyksiä opinnäytetyöhöni liittyen. Sähköpostiviesti. [reijo.manninen@tamk.fi](mailto:reijo.manninen@tamk.fi). Luettu 31.1.2013.

Paroc Group. 2013. Yleistä äänestä. Luettu 30.1.2013.

<http://www.paroc.fi/knowhow/aani/yleista-aanesta>

Ritmacon Oy. Mitä on ultraäänihitsaus?. Luettu 30.1.2013.

<http://www.ritmacon.fi/articles/871/>

Ritmacon Oy. Laitteiden käyttöohjeet.

Sonobond Ultrasonics Inc. 2004. Ultrasonic Nonwovens and Textile Machinery. Luettu 4.2.2013.

<http://pdf.directindustry.com/pdf/sonobond-ultrasonics/ultrasonic-nonwovens-and-textile-machinery/21741-20448.html>

Teonline.com. Fabric Welding. Luettu 11.2.2013.

<http://www.teonline.com/knowledge-centre/fabric-welding.html>

Vision Group. 2013. Ultraäänellä saumaamisen teknologia. Luettu 4.2.2013.

[http://www.visionflyfishing.com/page.php?page\\_id=471](http://www.visionflyfishing.com/page.php?page_id=471)