

Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikka

Elektroniikkatuotanto

2011

Tommi Aaltonen

AALTOJUOTOSPROSESSIN KUNTOON SAATTAMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tommi Aaltonen

AALTOJUOTOSPROSESSIN KUNTOON SAATTAMINEN

Työn tarkoituksena oli suorittaa Seho MWS 8240 -aaltojuotoskoneen käyttöönotto. Aluksi työssä perehdyttiin aaltojuotosprosessiin teoriapohjaisesti tutkimalla prosessiin liittyviä eri vaiheita ja materiaaleja sekä juotoksissa esiintyviä virheitä.

Käytännön työt aloitettiin valitsemalla prosessissa käytettävät materiaalit. Apuna valinnoissa auttoivat materiaalitoimittajien asiantuntijat, joilla oli vuosien kokemukset materiaaleista ja niiden ominaisuuksista.

Seuraavaksi asennettiin Seho MWS 8240 -aaltojuotoskone ja tehtiin tarvittavat huollot koneelle. Asennukseen kuului juotepadan täyttö, aaltojuotoskoneen asettaminen oikeaan linjaansa sekä ilmanpoiston varmistaminen. Huoltotyöt olivat yleisiä töitä, jotka pitää tehdä tietyin väliajoin koneen toimivuuden ja laadun varmistamiseksi.

Aaltojuotoskoneen varsinaiseen käyttöönottoon liittyvinä asioina tutkittiin koneen ominaisuuksia, tehtiin lämpötilaprofiilimittauksia testikorteilla sekä pyrittiin etsimään parhaat mahdolliset parametrit aaltojuotosprosessin laadun takaamiseen.

Työn avulla kohdeyritys sai uudemman ja tuotantoa parantavan koneen toimintakuntoon. Lisäksi opinnäytetyöstä saaduilla tiedoilla pystytään työntekijä perehdyttämään aaltojuotoskoneen käyttäjäksi.

ASIASANAT:

laatu, prosessit, parametrit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Electronics Production

2011 | 30

Instructors: Yngvar Wikström, M.Eng; Janne Mäkilä, M.Sc.

Tommi Aaltonen

PREPARATION OF A WAVE SOLDERING PROCESS

The purpose of the thesis was to deploy a Seho MWS 8240 wave soldering machine. At first in this thesis, the theory of a wave soldering process was familiarized with, by studying the different stages in the process, the materials needed in the soldering process, and the existing problems in solders.

Practical work in the process began by choosing the materials in the soldering process. Experts of material suppliers helped us to choose the correct materials.

The next step was to install and maintain the Seho MWS 8240 wave soldering machine. Installation included filling of the solder bath, horizontal and vertical alignment on the machine and connecting the soldering system to the exhaust system. Maintenance was general work which should be done from time to time to confirm the machine performance and quality.

Implementation of the wave soldering machine was accomplished by studying properties of the soldering machine, making temperature profile measurements, and by trying to find the best possible parameters for quality assurance.

This thesis will help new employees to learn how to use a soldering machine. In addition, the company got a newer and high quality machinery to run in the production.

KEYWORDS:

maintenance, process

ALKULAUSE

Tämä työ on tehty Elekno Oy:n toimeksiannosta. Elekno Oy on Piispanristillä sijaitseva elektroniikka-alan firma. Yritys on perustettu vuonna 1993. Eleknon palveluihin kuuluvat elektroniikkalaitteiden suunnittelu ja valmistus. Yritys on erikoistunut langattomiin ratkaisuihin sekä LED-elektroniikan suunnitteluun. Tällä hetkellä yritys työllistää noin 20 henkilöä.

Haluan kiittää yrityksen toimitusjohtajaa Hans Ahlströmiä työn suoritusmahdollisuudesta. Lisäksi haluan kiittää yrityksen laatupäällikköä, diplomi-insinööri Janne Mäkilää sekä Turun ammattikorkeakoulun opettajaa, Yngvar Wikströmiä opinnäytetyön ohjaamisesta.

Turussa 25.4.2011

Tommi Aaltonen

SISÄLTÖ

ALKULAUSE

SYMBOLIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ AALTOJUOTOSPROSESSISTA	2
3	AALTOJUOTOKSESSA KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT	3
3.1	Juote	3
3.2	Juoksute	3
4	AALTOJUOTOSKONEEN RAKENNE JA JUOTOSVIRHEET	5
4.1	Flukseri	5
	4.1.1 Vaahdotusfluksaus	5
	4.1.2 Sprayfluksaus	6
4.2	Esilämmitys	6
4.3	Juoteaalto	7
4.4	Kuljetin	9
4.5	Aaltojuotoksessa esiintyvät juotosvirheet	12
5	TEOLLINEN KOKEENSUUNNITTELU	13
6	SEHO MWS 8240 AALTOJUOTOSKONEEN OMINAISUUKSIA	14
7	MATERIAALIEN VALINTA	17
7.1	Juotteen valinta	17
7.2	Juoksutteen valinta	17
8	KONEEN KÄYTTÖÖNOTTO	18
8.1	Asennus ja huolto	18
8.2	Juotepadan täyttö	18
8.3	Seho-Win V2003.1111-W196 ohjelman käyttö.	19
9	SOPIVIEN ASETUSTEN HAKEMINEN	22
9.1	Esilämmityksen profilointi	22
9.2	Juotepadan lämpötila ja aallon korkeus	23
9.3	Juoksutteen määrä ja ajastaminen	25
10	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30

SYMBOLIT JA LYHENTEET

Ag	Hopea
C	Matka jolta alueelta juoteaalto koskettaa piirilevyä
Cu	Kupari
DoE	Design Of Experiments, koesuunnittelu
L	Kuljettimen nopeus
SAC	SnAgCu, juoteseos
Sn	Tina
SN100C	SnCuNi, juoteseos
t_s	Uintiaika sekunteina

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa Seho MWS 8240 aaltojuotoskoneen käyttöönotto. Yrityksen käytössä ollut aaltojuotoskone ei enää pystynyt vastaamaan tarpeita, joten yritys hankki uudemman ja kehittyneemmän koneen tilalle. Tarkoituksena oli vaihtaa vanha aaltojuotoskone uuteen mahdollisimman nopealla aikataululla. Aikataulun teki kiireiseksi se, että tuotanto joutui olemaan osittain pysähdyksissä koneen vaihdon ja käyttöönoton aikana.

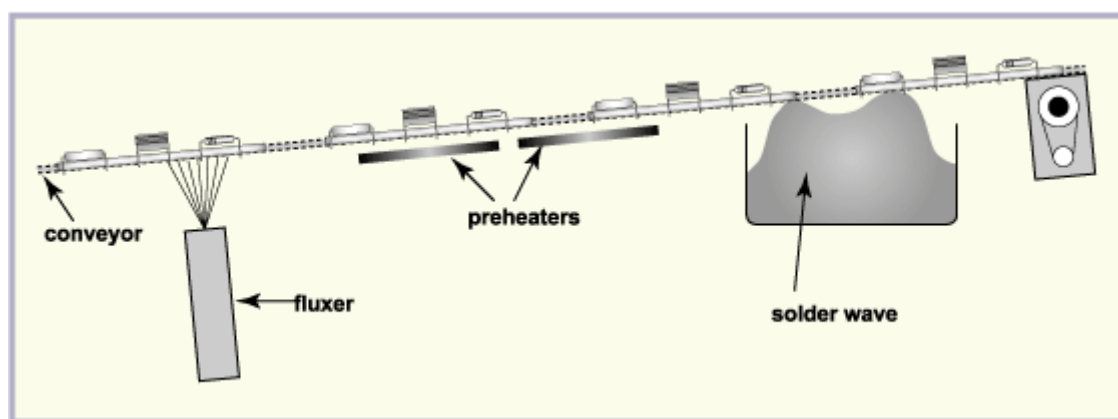
Aaltojuotoskoneen käyttöönotosta ei suoraan löytynyt materiaalia, mutta aaltojuotosprosessin optimoinnista löytyi sitäkin enemmän asiaa. Turun yliopiston aloittamasta joinus-projektista löytyi paljon materiaalia, missä etsittiin lyijyttömälle juottamiselle optimaaliset prosessiparametrit. Tämä auttoi paljon aaltojuotosprosessiin perehtymisessä.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään aaltojuotosprosessin vaiheita, prosessissa käytettäviä materiaaleja ja Seho MWS 8240 -aaltojuotoskoneen käyttöönottoon liittyviä asioita. Koneen käyttöönotossa tutkitaan Seho MWS 8240 aaltojuotoskoneen ominaisuuksia, tehdään lämpötilaprofiilimittauksia sekä etsitään parhaat mahdolliset asetukset koneelle, jotta prosessissa tuotettava tulos olisi laadultaan paras mahdollinen. Ajanpuutteen vuoksi koneen säätöjä ei ehditä kuitenkaan täysin optimoimaan, koska säätöjen optimointi on aikaa vievää työtä ja tässä tapauksessa se ei ollut mahdollista.

2 Yleistä aaltojuotosprosessista

Fry's Metals -niminen yritys patentoi vuonna 1953 aaltojuotosprosessin, josta tuli 1960-luvun puoliväliin mennessä yleisesti käytetty juotosmenetelmä tuottavuuden ja tuoton parantamiseen [1]. Aaltojuotoskoneet ovat kehittyneet vuosien saatossa niin paljon, että nykyään massajuottaminen suurilla nopeuksilla on lähes rutiinia [2].

Aaltojuotos on inlineprosessi jonka aikana piirilevyn pohja peräkkäin fluksataan, esilämmitetään, upotetaan nestemäiseen juotteeseen sekä viilennetään kuvassa 1. esitetyllä tavalla. Tämä prosessi täytyy suorittaa kontrolloidusti, jotta saataisiin laadukasta tuotosta mahdollisimman pienin kustannuksin.



Kuva 1. Aaltojuotosprosessi [1]

Aaltojuotosprosessin tehtävänä on juottaa komponentit kiinni piirilevyyn. Aaltojuotoksessa voidaan juottaa läpiladottavia komponentteja sekä pintaliitoskomponentteja. Läpiladottavat komponentit ladotaan piirikorttiin, jonka jälkeen kortti aallotetaan. Pintaliitostekniikassa komponentit liimataan aluksi korttiin, minkä jälkeen kortti ajetaan aallosta yli ja komponentit juottuvat. [1]

3 Aaltojuotoksessa käytettävät materiaalit

Juotosprosessin onnistumiseen vaikuttaa merkittävästi siinä käytettävät materiaalit. Tässä luvussa käsitellään aaltojuotosprosessissa käytettäviä materiaaleja sekä tutustutaan niiden ominaisuuksiin.

3.1 Juote

Juote eli tina on metallinen sideaine, jolla yhdistetään metalliosia toisiinsa. Sen sulamislämpötila pitää olla alhaisempi kuin yhdistettävillä metalleilla. Juote koostuu yleisesti tinapitoisesta metalliseoksesta eli lejeeringistä ja sen ominaisuuksia pystytään muokkaamaan muuttamalla seosaineita ja seossuhteita. [3]

1.6.2006 tuli voimaan direktiivi, joka muodosti ehtoja lyijyllisen juotteen käyttöön. Tätä ennen juotteet koostuivat yleisesti tina-lyijyseoksesta, joka sisälsi pääsääntöisesti lyijyä 37 % ja tinaa 63 %. Voimaantulleen lainsäädännön jälkeen on jouduttu kehittämään erilaisia lyijyttömiä ainesosia, jotta juottaminen on voinut jatkua määräysten mukaisesti. Lyijyä korvaaviksi metalleiksi on tullut mm. hopea ja kupari, indium ja antimoni. [3]

Tällä hetkellä käytetyimpiä lyijyttömiä juoteseoksia ovat SN100C- ja SAC-juotteet. Lyijyttömien juotteiden ongelmakohtina on ollut seosten aggressiivisuus. Juotoksiin aiheutuu helposti oikosulkuja, sekä juotoksiin jää harmaa pinta. Lisäksi lyijyttömät tinat aggressiivisuutensa vuoksi syövyttävät helposti myös metalleja. Siksi juotteen kanssa tekemisissä olevat osat on syytä suojapinnoittaa. [2, 4]

3.2 Juoksute

Juotoksen onnistumisessa yhtenä suurena tekijänä on juoksute. Juoksutteen eli fluksin ensisijaisena tehtävänä on puhdistaa juotettava piirilevy epäpuhtauksista kuten pölystä, rasvasta ja oksideista [3]. Toinen tärkeä tehtävä fluksilla on toimia katalyyttinä eli auttaa tinan tartumisessa kupariin [5]. Taulukossa 1. on käyty läpi juoksutteen tehtävät eri lämpötiloissa. Juoksutteet voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiin: hartsipohjaisiin (kolofoni) juoksutteisiin, epäorgaanisiin sekä orgaanisiin juoksutteisiin. Orgaanisia flukseja ovat esimerkiksi vesipohjaiset fluksit. Juoksutteet voidaan jakaa myös pestäviin ja ei pestäviin ns. NoClean-juoksutteisiin. Tänä päivänä suurin osa

juoksutteista on NoClean-juoksutteita eli piirilevyä ei tarvitse puhdistaa juotosprosessin jälkeen. [3]

Taulukko 1. Fluksin käyttäytyminen eri lämpötiloissa. [5]

Lämpötila (°C)	Fluksin käyttäytyminen
25 °C	Huuhtelee piirilevyn epäpuhtauksista
75 °C	Liottimet kuivuvat ja fluksi aktivoituu
75–140 °C	Fluksi sulaa ja syö oksidit
183–260 °C	Auttaa juotteen tarttumisessa piirilevyyn

4 Aaltojuotoskoneen rakenne ja juotosvirheet

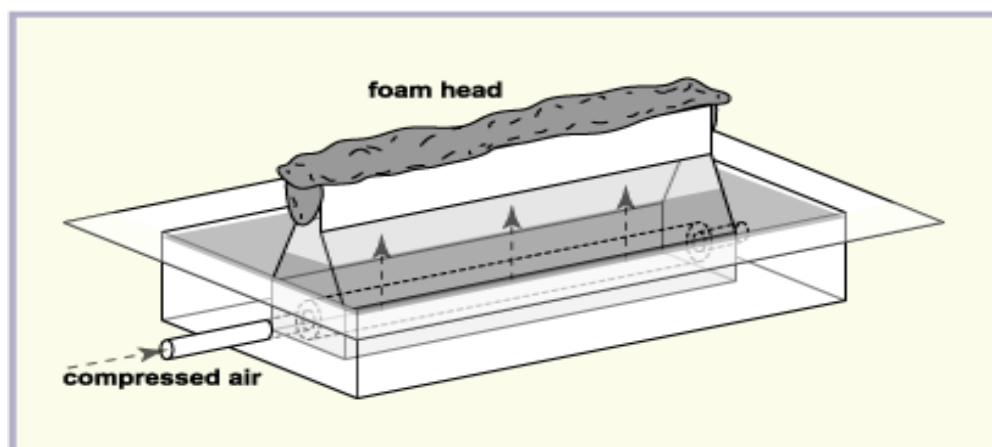
Aaltojuotoskoneen rakenne koostuu flukserista, esilämmityksestä, juoteaalosta sekä kuljettimesta. Tässä luvussa tutustutaan koneen eri moduuleihin ja niiden toimintaan. Lisäksi käydään läpi mahdollisia juotosvirheitä joita aaltojuotosprosessissa saattaa nähdä.

4.1 Flukseri

Ensimmäinen vaihe aaltojuotosprosessissa on juotettavan piirilevyn fluksaus. Juoksutteen pitää levittyä tasaisesti piirilevyn pohjaan, jotta juotos onnistuisi. Fluksaamattomat alueet eivät juotu hyvin, ja taas liian paksu kerros fluksia synnyttää huokosia ja juotepalloja. Fluksausmenetelmiä on monenlaisia, mutta nykypäivänä käytetyimpiä menetelmiä ovat vahto- ja sprayfluksaus. [1]

4.1.1 Vaahdotusfluksaus

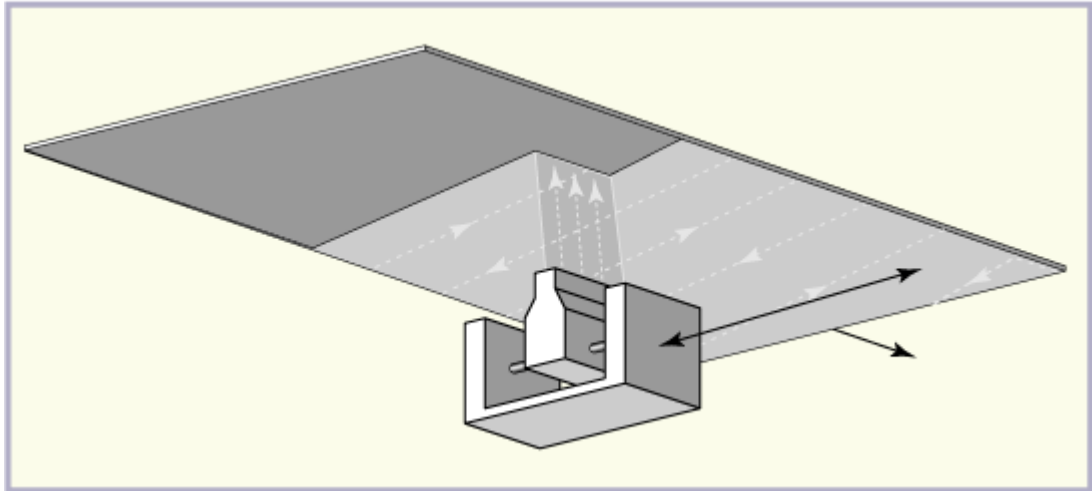
Vaahdotusfluksauksen toiminta on esitetty kuvassa 2. Fluksia sisältävään altaaseen on asennettu ilmastinputket, joihin syötetään matalapaineista ilmaa (<1 bar). Putket on usein asennettu pareittain. Putkissa on suuttimet, jotka ilman avulla muodostavat fluksiin vahtokuplia. Vahtokuplat johdetaan avoimen suulakkeen läpi ylöspäin. Vahtokuplat synnyttävät suulakkeen yläpuolelle noin 15 mm korkean vaahdoteroksen. Juotettava piirilevy kuljetetaan kuljetinta pitkin läpi vaahoavan aallonharjan, joka jättää piirilevyn pohjaan ohuen kerroksen fluksia. Loput vaahdosta kulkeutuu takaisin altaaseen. [1]



Kuva 2. Vaahdotusflukserin toiminta [1]

4.1.2 Sprayfluksaus

Sprayfluksauksessa juoksute saatetaan piirilevyn pohjaan sumuttamalla. Fluksi syötetään suoraan säiliöstä spraysuuttimelle, joka ilmanpaineen avulla saa aikaan hienojakoista sumua. Suutin on kiinnitetty kiskoon, jossa se liikkuu edestakaisin sivusuunnassa piirilevyn kulkusuuntaan nähden kuvassa 3. esitetyllä tavalla. Sumuttaminen tapahtuu samalla tavoin kuin maaliruiskuissa.



Kuva 3. Sprayflukserin toiminta [1]

4.2 Esilämmitys

Esilämmityksen (engl. preheating) ensisijaisena tehtävänä on nostaa juotettavan piirilevyn lämpötilaa juotosprosessin nopeuttamiseksi, minimoida komponenttien vahingoittuminen juoteaallossa sekä aktivoida fluksi [6]. Tavoitteena on, että juotettavan piirilevyn komponentteihin kohdistuisi juotosprosessissa korkeintaan n. 100 °C:n äkillinen lämpötilamuutos [5]. Tällä pystytään minimoimaan sulan juotteen ja komponenttien aiheuttama lämpösökki. Lämpösökillä voi olla kaksi vaikutusta. Se voi vaurioittaa herkkiä puolijohdekomponentteja tai vääristää piirilevyä. Vääristymän aiheuttaa suuri lämpötilaero kortin ylä- ja alapuolen välillä, joka aiheuttaa erisuuruisia lämpölaajenemisia ja venymistä kortissa. Erilaiset piirilevykokonaisuudet vaativat eri esilämmityslämpötilat ja -ajat. Taulukossa 2. on esitetty tyypillisiä lämpötiloja esilämmityksen jälkeen eri piirilevytyypeille. [6]

Taulukko 2. Tyypillinen lämpötila piirilevyn päältä mitattuna esilämmityksen jälkeen. [6]

Piirilevy tyyppi	Lämpötila piirilevyn pinnasta (°C)
Yksipuolinen	80
Kaksipuolinen, läpiladottava	90–100
Monikerroksinen, 4:stä 6-kerroksiseen	100
Kaksipuolinen, pintaliitos	110

Esilämmityksessä on myös yleisenä sääntönä, että komponentteihin kohdistuva lämpötilan nousu olisi maksimissaan 2 °C/s. Liian nopealla lämpötilan nousulla komponentit saattavat vaurioitua, kuten murtua tai saada sisäisiä halkeamia. Tämä johtuu komponenttien eri rakenneosien lämpölaajenemiskertoimien poikkeavuudesta. [5]

Juottamista ei voida suorittaa onnistuneesti ennen, kuin kaikkien juotettavien komponenttien liitoskohdat ovat yli tinan sulamislämpötilan. Lisäksi esilämmitysprosessi aktivoi fluksin. [6]

4.3 Juoteaalto

Juoteaallolla muodostetaan suora yhteys juotteen ja juotettavien komponenttien välille. Se voidaan jakaa kahteen eri fyysiseen tapahtumaan.

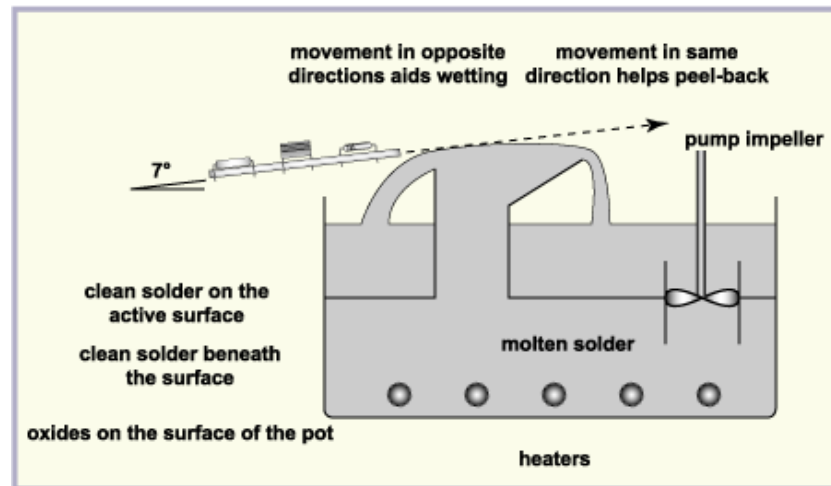
Lopullinen lämmönsiirto tapahtuu. Korttiin kohdistuva lämpötila kasvaa ja saavutetaan juotoslämpötila. Tähän vaikuttavat

- juotepadan lämpötila
- radan nopeus
- uintiaika
- aallon dynamiikka.

Juote tarttuu liitettäviin osiin. Juote kostuttaa kortin pohjan ja täyttää aukot. Vaikuttavia tekijöitä ovat

- pintojen juottuvuus
- suunnittelu (padien koko ym.)
- aallon dynamiikka.

Kuten huomataan, molemmissa tapahtumissa yhtenä vaikuttavana tekijänä on aallon dynamiikka. Tällä tarkoitetaan aallon juoksevuutta, virtausnopeutta ja turbulenssia. Juoteaaltoja on monia erilaisia, mutta suurimmassa osassa käytetään kuitenkin samaa tekniikkaa aallon muodostamiseen (kuva 4). [1]



Kuva 4. Juoteaallon periaate [1]

Juoteaalto luodaan pumpulla, joka sijaitsee juotepadan pohjassa. Pumppu pumpkaa sulaa, puhdasta juotetta ylöspäin läpi suuttimen. Suutin sisältää ohjauslevyt joilla varmistetaan oikean muotoinen aalto. Sula juote valuu molemmin puolin suutinta muodostaen aallon muotoisen kuvion. Juotettava piirilevy kuljetetaan kuljettimen avulla juoteaallon harjan läpi jolloin kortin pohja ottaa kiinni sulaan juotteeseen ja komponentit juottuvat piirilevyn liitosalueisiin kiinni. [1]

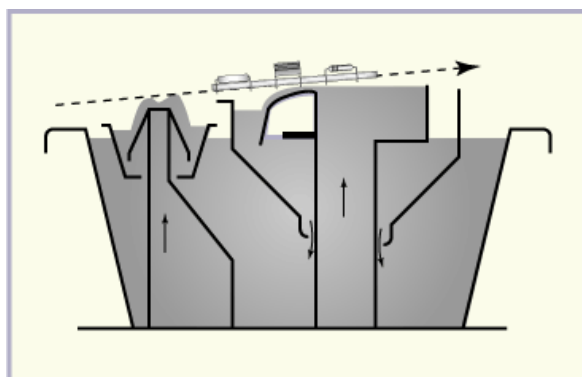
Alun perin aalto muodostettiin symmetrisesti eli juote valui tasapuolisesti molemmin puolin suutinta. Pian symmetrisen aalto korvattiin kuitenkin epäsymmetrisellä aallolla, joka siisti juotosjälkeä, vähensi oikosulkuja sekä samalla juotosnopeutta voitiin lisätä. Tätä aaltoa kutsutaan lambda-aalloksi ja se on yleisin aaltotyyppi pääaallolla. [1, 4]

Pääaallon pitää olla tasainen ja vakaa jotta juotettavan kortin pohja kastuu koko alueelta. Epätasainen aalto saattaa aiheuttaa juottumattomia liitoksia, oikosulkuja, tai pahimmillaan juote saattaa nousta kortin päälle ja tuhota kortin käyttökelvottomaksi. [2]

Useimmat aaltojuotoskoneet koostuvat nykyisin kahdesta aallosta (kuva 5). Pääaallon lisäksi käytössä on myös ns. chip-aalto, joka yleistyi pintaliitoskomponenttien tultua mukaan aaltojuotosprosessiin. Chip-aalto auttaa parantamaan pintaliitoskomponenttien juottuvuutta. Chip-aalto on aalloista ensimmäisenä. Se on korkea, melko kapea aalto,

joka on turbulenti aallonharjasta. Tällä tavoin chip-aalto löytää vaikeimmatkin paikat juotettavasta kortista ja pintaliitoskomponentit saadaan paremmin juottumaan. Toisena tulee pääaalto. Tämän avulla ylimääräinen juote poistetaan kortista eikä korttiin jää juotesiltoja tai muita ylimääräisiä juotekertymiä. [1, 4]

Läpiladottavia komponentteja juotettaessa voidaan käyttää kahden aallon yhdistelmää, mutta useimmissa koneissa aaltoja pystytään käyttämään itsenäisesti, joten usein chip-aalto kytketään pois päältä pelkästään läpiladottavia komponentteja juotettaessa. [1]



Kuva 5. Kahdesta aallosta koostuva aaltojuotoskone [1]

Juoteaallon korkeudella on myös suuri merkitys juotoksen onnistumiseen. Aallon korkeutta pystyy yleensä säätämään maksimissaan 10-12 mm piirilevyn pohjan ja suuttimen välillä. Aallonkorkeus pyritään pitämään kuitenkin mahdollisimman matalana, jotta juote olisi ilman kanssa kosketuksissa mahdollisimman vähän ja näin juotepadan pintaan kertyisi vähemmän kuonaa. Pääaallon korkeus pyritään yleisesti säätämään niin, että minimissään 1/2 ja maksimissaan 2/3 piirilevyn paksuudesta uisi aallossa. Chip-aallon korkeus pyritään säätämään mahdollisimman korkeaksi, mutta kuitenkin niin, että juote ei nouse kortin päälle. [4, 7]

4.4 Kuljetin

Kuljetinjärjestelmä on avainasemassa rakennettaessa aaltojuotoskonetta. Kuljettimien määrä on koneesta riippuvainen. Suurimmassa osassa Brittiläisistä ja Amerikkalaisista koneista on käytössä vain yksi kuljetin, joka kuljettaa piirilevyn läpi koko aaltojuotosprosessin. Monissa eurooppalaisissa koneissa kuljettimia on taas enemmän kuin yksi. Tässä on etuna se, että fluksauksen nopeutta, esilämmitystä ja juottumisprosessia voidaan säätää näin erikseen. Esimerkiksi raskaissa korteissa

esilämmitysprosessi voidaan ajaa hitaampaa nopeutta, kuin juottumisprosessi. Kuljettimen nopeus on kriittinen parametri aaltojuotosprosessissa. [1]

Aaltojuotuskoneissa on käytössä kahta erityyppistä kuljetinta:

- sormikuljetin
- palettikuljetin.

Palettikuljettimessa piirilevyt kiinnitetään paletteihin kiinni. Paleteissa on säädettävät kiskot, joka mahdollistaa eri levyisten piirilevyjen kiinnittämisen. Paletit taas laitetaan kuljettimelle, joka kuljettaa ne läpi aaltojuotosprosessin. Kuljettimia on kahdenlaisia. Suuremmat koneet käyttävät palettien kuljettimena ketjuparia, jotka on kiinteästi asennettu kiskoihin. Ketjuissa on piikit, joiden päällä paletti kulkee. Joissain koneissa ketjujen sijasta on käytössä kumihihnat, joiden päällä paletit kulkevat. Palettikuljettimen suurimpana etuna on se, että siinä voidaan ajaa eri piirilevykokoja samaan aikaan prosessissa. Huonona puolena voidaan mainita palettien puhtaanapito. Paletit täytyy puhdistaa aika-ajoin fluksijäämistä ja muusta kuonasta. Lisäksi paletit eivät ole kovin kustannustehokkaita keskisuurissa ja suurissa volyymeissa, koska korttien kiinnittäminen ja irrottaminen paleteista vie työaikaa. [1]

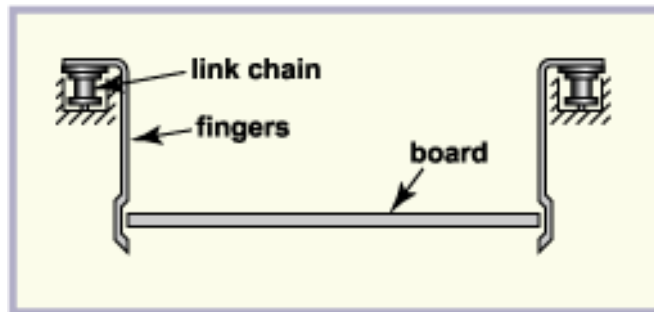
Paletteja voidaan valmistaa monista eri materiaaleista, mutta paleteilla on myös kovat palveluolosuhteet. Paletin pitää

- kestää juotetta
- kestää fluksia
- kestää suuria lämpötiloja ja lämpötilavaihteluita
- olla helppo valmistaa (yleensä NC-jyrsintä)
- olla haihduttamatta lämpöä piirilevystä.

Tällaisia materiaaleja ovat mm. eloksoitu alumiini, teflonpinnoitettu teräs ja titaani.

Sormikuljettimessa on ns. sormet, joiden päällä piirilevy kuljetetaan läpi aaltojuotosprosessin (kuva 6.). Sormet valmistetaan usein titaanista, koska juote ei takerru tähän materiaaliin vaan lähtee helposti irti. Sormikuljettimen toinen kisko on säädettävissä, jotta radalla voidaan kuljettaa eri levyisiä piirilevyjä. Sormikuljettimet ovat hyvin kustannustehokkaita pienistä valmistusmääristä aina massatuotantoon. Kuljettimella voidaan kuljettaa monta samankokoista piirilevyä kerrallaan.

Sormikuljettimen huonona puolena on se, että siinä voidaan kuljettaa vain yhtä piirilevyleveyttä kerrallaan. Lisäksi jos sormia ei säännöllisesti puhdistu, niihin kertyy pieniä tinajäämiä, jotka vaikuttavat kortin korkeuteen radalla ja näin juotosprosessi saattaa epäonnistua. Siksi onkin tärkeää huolehtia kuljettimen puhtaudesta ja huoltaa sitä säännöllisesti. [1]



Kuva 6. Sormikuljetin [1]

Kuljettimen nopeus ja kulma on merkittävässä asemassa, kun säädetään esilämmitystä oikeanlaiseksi tai piirilevyn uintiaikaa juoteaallossa. Tyypillinen suositeltu nousukulma kuljettimelle on 6-7°.

Kortin uintiaika pystytään laskemaan kaavasta:

$$t_s = \frac{C}{L/60} \quad , \text{ jossa} \quad (1)$$

t_s = uintiaika sekunteina

L = kuljettimen nopeus

C = matka jolta alueelta juoteaalto koskettaa piirilevyä.

Juoteaallon koskettava matka pystytään selvittämään lämpöä kestävän lasilevyn avulla, jossa on mitta-asteikko. Asteikosta pystytään katsomaan aallon koskettava matka. [4]

4.5 Aaltojuotoksessa esiintyvät juotosvirheet

CFC-yhdisteiden käyttöön tulleet rajoitteet ja pintaliitoskomponenttien tulo mukaan aaltojuotokseen ovat lisänneet haasteita aaltojuotosprosessissa. Juotosvirheiden minimointi on tärkeää, jotta prosessi olisi mahdollisimman kustannustehokasta. Taulukko 3:een on kerätty mahdollisia aaltojuotosvirheitä ja analysoitu mahdollinen virheen aiheuttaja. [8]

Taulukko 3. Mahdollisia virheitä joita esiintyy aaltojuotoksessa ja mahdollinen virheen aiheuttaja [9]

Virhe piirilevyssä	Mahdollinen virheen aiheuttaja
Juote ei nouse kunnolla läpivientiin	Esilämmitystä on liikaa/liian vähän, juotteen lämpötila on liian alhainen
Juotesillat (oikosulut)	Esilämmitystä on liikaa/liian vähän, aalto on epätasainen, kuljetin värisee tai sen nopeus on liian suuri
Juottumattomia alueita	Esilämmitystä on liikaa/liian vähän, aalto on epätasainen, kuljetin värisee tai sen nopeus on liian suuri
Liikaa juotetta	Aalto on epätasainen
Huono kastuminen	Aalto on epätasainen, esilämmitystä on liikaa /liian vähän, juotteen lämpötila on liian korkea
Juotepalloja	Liian alhainen esilämpö, aalto on epätasainen
Juotteen rihmoittuminen	Kuljetin värisee, juoksute puuttuu/liian vähän
Vääntyneitä piirilevyjä	Esilämmitystä on liikaa, kuljettimen nopeus on liian pieni
Vaaleita läikkiä piirilevyllä	Juoksutetta on liikaa, juotteen lämpö on liian alhainen, juotteessa on liikaa kuonaa, piirilevyssä on kosteutta
Kylmät juotokset	Liian alhainen esilämpö, juotteen lämpö on liian alhainen
Läpiviennit kellertävät	Juotteen lämpö on liian korkea, juotetta on liian vähän
Komponentit kohonneet levyn pinnasta	Levy ui liian syvällä aallossa, läpiviennit ovat liian suuria johtimille
Liikaa juoksutejämiä levyllä	Liian alhainen esilämpö, kuljettimen nopeus on liian suuri
Juotokset rakeisia ja mattapintaisia	Juotteen lämpötila on liian alhainen, juotteessa on liikaa kuonaa
Murtuneita juotoksia	Juotteen lämpötila on liian alhainen
Piirilevyn laminointi on liuennut	Piirilevyssä on liikaa kosteutta
Liitäntäalueet ovat koholla levyn pinnasta	Levy ui liian syvällä aallossa

5 Teollinen kokeensuunnittelu

Teollista kokeensuunnittelua (DoE) käytetään vähentämään eri tekijöiden vaikutusta valmistuksen vaihteluun tai muokkaamaan suunnittelua kohti halutunlaista päämäärää. Nämä ominaisuudet tekevät DoE:stä tehokkaan työkalun suunnitteluun ja valmistukseen. DoE on edullinen työkalu sovelluksissa, joissa tekninen analyysi, simulointi ja todentaminen on hankalaa. [10]

Teollisessa kokeessa käsitellään samanaikaisesti tekijöitä sekä mitattavia vaikutuksia eli vasteita. Näiden avulla pyritään saamaan prosessille paras mahdollinen tulos aikaiseksi.

DoE-tekniikoita käyttämällä suunnittelussa tai prosessissa pystytään muokkaamaan haluttua kohdetta, minimoimaan/maksimoimaan laatua tai vähentämään sen vaihtelua. [10]

Juotosprosessissa DoE-tekniikan käyttö ei kuitenkaan takaa virheetöntä juottamista, koska juotosprosessi on luonteeltaan ailahteleva. Turun yliopiston aloittamassa joinus-projektissa todettiin, että aaltojuotosprosessin eri moduulien asetuksilla ei ole selkeää logiikkaa juotosprosessin tuloksiin.

Teolliseen kokeensuunnitteluun perehtyminen ja sen käyttö vaatii aikaa, jotta siitä saisi irti parhaan mahdollisen hyödyn. Ajanpuutteen vuoksi tässä työssä ei hyödynnetty DoE-tekniikkaa.

6 Seho MWS 8240 aaltojuotoskoneen ominaisuuksia

Seho MWS 8240 on vuonna 2004 valmistettu saksalainen aaltojuotoskone (Kuva 7). Kuvassa koneen asennus on vielä kesken, jonka huomaa esimerkiksi siitä ettei ilmanpoistoputkia ole vielä kytketty. Koneen teknisiä tietoja löytyy lisää liitteistä 3 ja 4. Kone sisältää mm. seuraavat ominaisuudet:

- ohjaukset PC:n kautta
- ATS sprayflukserin
- chip- ja pääaallon
- kvartsi- ja infrapuna esilämmittimet
- kolme kuljetinta (flukserille, esilämmitykselle, juoteaallolle). [11]



Kuva 7. Seho MWS 8240 -aallojuotoskone

PC:n kautta pystytään vaikuttamaan yli sataan aaltojuotoskoneen toimintaan vaikuttavaan asetukseen. Tärkeimmät prosessit ja parametrit, joita pystytään ohjaamaan suoraan tietokoneelta, ovat

- esilämmittimien lämpötilat
- juotepadan lämpötila
- juoteaaltojen korkeus
- kuljettimien nopeus
- kuljettimien leveys
- fluksin määrä.

Aaltojuotoskoneen paneelista pystytään muuttamaan

- juotepadan korkeutta
- sormikuljettimen kulmaa.

ATS sprayflukseri

ATS sprayflukseria ohjataan PC:n kautta. Fluksin määrä pystytään asettamaan kullekin tuotteelle sopivaksi. Flukserin spraysuutin liikkuu edestakaisin kahden sensorin välillä, jotka on asennettu flukserin altaan ulkopuolelle. Spraysuuttimen liikenopeutta ei pysty muuttamaan. Sisääntulossa anturi tunnistaa piirilevyn ja käynnistää fluksausprosessin lähettämällä signaalin flukserille, joka määrätyn ajan kuluttua aloittaa fluksauksen. Flukserin spraysuuttimen määrää mikä juoksute on käytössä. Vesipohjaisille ja alkoholipohjaisille juoksuteille on käytössä erilaiset suuttimet. Alkoholipohjaisen fluksin suuttimen reiät ovat hieman pienemmät kuin vesipohjaisella. Tämä johtuu siitä, että alkoholipohjainen juoksute on molekyyliltään pienempää.

Juoteaallot

Seho aaltojuotoskoneessa on käytössä kaksi juoteaaltoa, chip-aalto ja pääaalto. Molempia aaltoja pystytään ohjaamaan päätteen kautta. Kun aaltojuotoskoneessa ei ole piirilevyä sisällä, juoteaallot ovat standby-tilassa eli pumput pumppaavat pienemmällä teholla juotetta. Tällä tavalla juotepataan syntyy vähemmän kuonaa, koska juote on hapen kanssa vähemmän tekemisissä. Juoteaallot aktivoituvat, kun

anturi havaitsee piirilevyn juotosmoduulin alussa ja palauttaa aallot takaisin standby-tilaansa, jos tietyn ajan kuluessa ei enää havaitse piirilevyjä lisää. Juoteaaltoja ei pysty myöskään aktivoimaan ennen kuin juotepadan lämpötila on saavuttanut tehdasasetuksissa määritellyn minimilämpötilan.

Esilämmitys

Esilämmittiminä on käytössä 2kpl kvartsilampulla ja 3kpl infrapunalla toimivia lämmittimiä, jossa kvartsiyksiköt on vielä jaoteltu pienempiin lohkoihin. Kvartsilämmittimet lämmittävät koko ajan samalla määrättyllä teholla, mutta infrapunälämmittimet ovat standby-tilassa silloin, kun koneessa ei ole sisällä piirilevyä. Standby-tilassa tehonkulutus on tehdasasetuksien määrittämä 15 % lämmittimen tehosta ja aktiivisena profiiliin soveltuvalla teholla. Tällä tavoin pystytään pidentämään infrapunälämmittimen elinikää sekä säästetään energiaa. Infrapunälämmittimet aktivoituvat, kun anturi havaitsee piirilevyn ja lähettää tiedon lämmittimille. Jos anturi ei tietyn ajan kuluessa havaitse lisää piirilevyjä, infrapunälämmittimet palaavat standby-tilaan.

Kuljettimet

Seho aaltojuotoskone koostuu kolmesta kuljettimesta. Jokaisella moduulilla on oma kuljetin. Kuljettimien nopeuksia pystytään muuttamaan kuljetinkohtaisesti. fluksauksessa ja esilämmityksessä on käytössä ketjuilla toimivat kuljettimet. Ketjut ovat molemmin puolin rataa ja ketjuissa on sivuissa ”piikkejä”, joiden päällä piirilevyt kulkeutuvat läpi prosessin. Juotosprosessissa on käytössä sormikuljetin. Sormet ovat irrotettavissa ja vaihdettavissa helposti uusiin kiertämällä vain ruuvi auki sormesta.

7 Materiaalien valinta

7.1 Juotteen valinta

Yritys jolta aaltojuotoskone ostettiin, oli tyhjentänyt juotepadan, joten juotteen hankkiminen tuli eteen. Padassa oli aikaisemmin ollut SN96C-juotetta. Juoksutteenksi valittiin kuitenkin SACX0307-juote. Tähän päädyttiin, koska vanhassa aaltojuotoskoneessa oli käytössä sama juoteseos, joka oli todettu hyväksi sekä sitä voitaisiin käyttää myös uudessa koneessa. Tinan sen hetkinen hinta oli myös niin korkea, mikä vaikutti päätökseen. Esimerkiksi SN96C:ssä hopeapitoisuus on suurempi SACX0307:aan verrattuna, joka olisi vaikuttanut tinan kilohintaan jo n. 20 €.

Alpha Vaculoy SACX0307 on lyijytön juoteseos joka on yhteensopiva Sn63 juoteseoksen kanssa. Sen sulamispiste on 228 °C ja suositeltu juotepadan lämpötila on 255–265 °C. Se sisältää kuparia 0,7 % sekä hopeaa 0,3 %. Suositeltu uintiaika tupla-aallossa on 3,0 - 3,5 s sekä suositeltu kuljettimen nopeus 1,0 – 1,5 m/min. [7]

7.2 Juoksutteen valinta

Juoksutteenksi valittiin Alphan EF-8000 juoksute. Sama juoksute oli käytössä myös vanhassa aaltojuotoskoneessa. Alpha EF-8000 sopii sekä sprayfluksaukseen että vaahtofluksaukseenkin. Se on alkoholipohjainen no-clean juoksute, joka sisältää rosiinia. [12]

8 Koneen käyttöönotto

8.1 Asennus ja huolto

Ennen aaltojuotoskoneen varsinaista käyttöönottoa piti tehdä yleisiä huoltotöitä. Kone piti asettaa vesivaa'an avulla suoraan säätämällä koneen jalkojen korkeutta. Kun kone oli saatu asetettua suoraan, piti juotepata säätää seuraavaksi suoraan vaakatasossa. Tämä onnistui padan säätöruuveja kiertämällä.

Ilmanpoisto hoidettiin asentamalla aaltojuotoskoneesta putket ilmanpoistokanavaan. Koneessa on jokaisella moduulilla oma ilmanpoistokanava, jonka kautta fluksihöyryt ym. höyryt johdatetaan ulos. Lisäsimme vielä ylimääräisen tuulettimen flukseripuolen ilmanpoistoon, joka tehosti fluksihöyryjen poistumista.

Kuljettimien ketjut ym. osat piti voidella huolellisesti. Kone oli hetken aikaa ollut pois käytöstä ja liikkuvat osat olivat ehtineet jämähtää hieman kiinni. Voiteluun käytettiin lämmönkestävää voiteluöljyä. Koneen kuljettimille on käytössä myös automaattinen voitelu. Pääteeltä pystytään määrittelemään esimerkiksi se, että kun 1 000 piirilevy määrä on ajettu läpi koneesta, kuljettimien ketjut voidellaan. Tällöin pumppu pumppaa automaattisesti letkuja pitkin öljyä säiliöstä ketjuille.

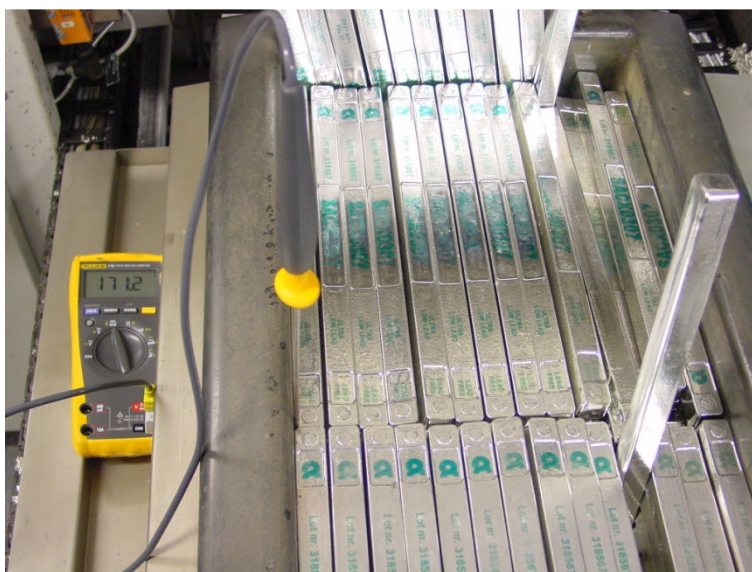
8.2 Juotepadan täyttö

Koska padassa oli aikaisemmin ollut SN96C juotetta, pataa piti aluksi hieman puhdistaa vanhasta tinasta. Padan puhdistamisessa piti kuitenkin varoa, ettei vahingoitaisi padan tai muiden juotteen kanssa olevien osien pintaa, koska osat ovat suojapinnoitettuja. Pata on keraamispinnoiteinen, ja muut osat on pinnoitettu nitraamalla eli typpämällä, jotta osien pintaan muodustuu hyvin korroosiota kestävä pinta. Lyijytön tina syövyttää helposti osat, joten pienikin naarmu, joka rikkoo suojapinnoitteen, lähtee nopeasti leviämään ja syövyttää osan. Tästä varoittavana esimerkkinä oli toisen pumpun potkuri, joka huollon yhteydessä piti vaihtaa uuteen, koska se oli syöpynyt merkittävästi.

Koska padassa oli SN96C juotetta, pataa ei jouduttu puhdistamaan täydellisesti, koska pienellä määrällä SN96C tyyppistä tinaa ei ole vaikutusta SACX0307 juotteen käyttäytymiseen. Huonoimmassa tapauksessa tinatyyppin vaihtaminen saattaa olla

työläs toimenpide. Joitain juotteita ei saa sekoittaa ollenkaan yhteen. Tässä tapauksessa saattaa esim. joutua täyttämään padan aluksi pesutinalla, joka on noin 99,9-prosenttista tinaa. Tällä tavoin saadaan epäpuhtaudet poistettua padasta.

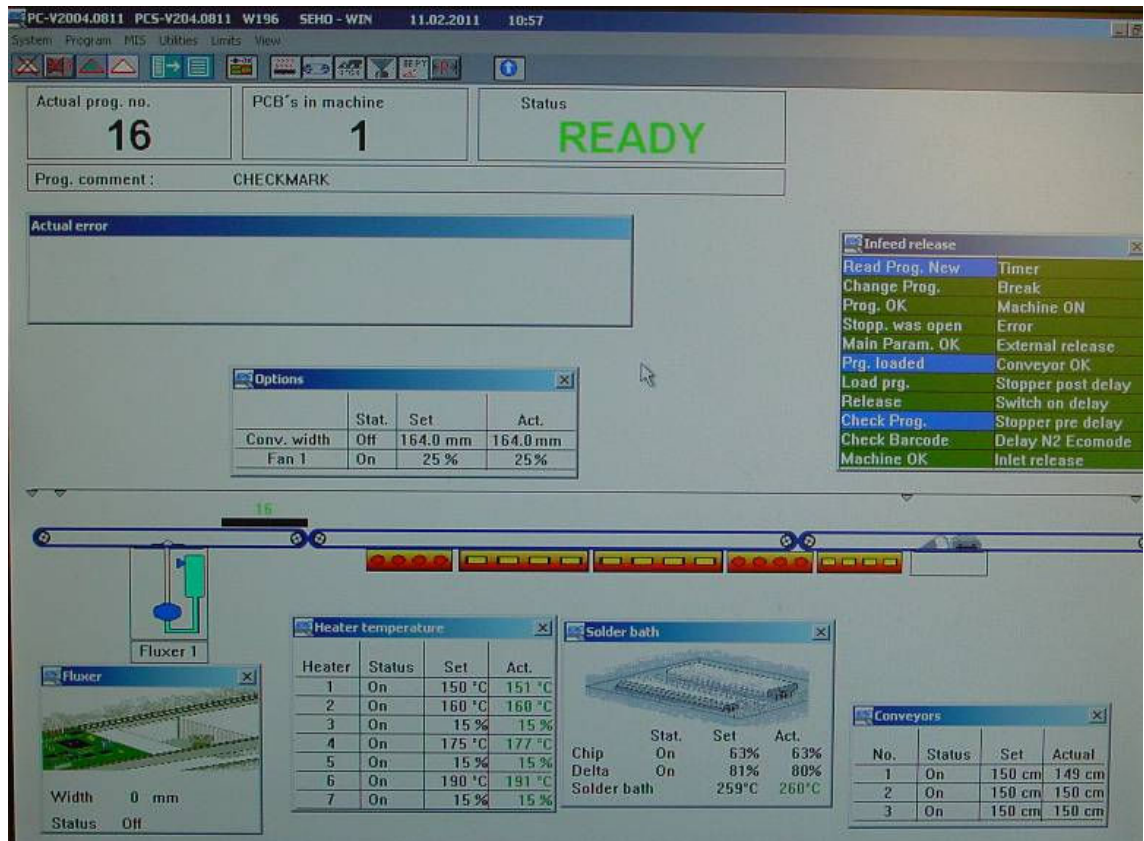
Padan täyttö oli melko helppo toimenpide. Padan saa kampea pyörittämällä ulos aaltojuotoskoneesta, joka helpotti heti työskentelyä. Tämän jälkeen irrotettiin pumpput ja suuttimet, jotta padan sai tyhjäksi. Padan pystyi näin helposti puhdistamaan ja täyttämään tinaharkoilla. Pata täytettiin aluksi tiiviisti tinaharkoilla, jotta sen lämpövastukset eivät kuumenisi liikaa ja vahingoittuisi (kuva 8). Pata kytkettiin lämpiämään ja odoteltiin, että tinaharkot alkaisivat sulaa. Harkkojen sulaessa tinaa lisättiin sitä mukaa, kun pataan mahtui harkkoja. Kun juote oli noin 3 cm alle padan reunojen, laitettiin huolletut pumpput ja suuttimet takaisin paikoilleen. Tämä nosti juotepintaa sen verran, että juote oli noin 1 cm alle reunojen, joka koneen manuaalin mukaan on oikea tinamäärä padalle, kun se on täysi.



Kuva 8. Juotepadon täyttö tinaharkoilla

8.3 Seho-Win V2003.1111-W196 ohjelman käyttö.

Ennen aaltojuotosprosessin aloittamista piti tutustua Sehon PC-ohjelmaan, jolla prosessia pystytään kontrolloimaan. Ohjelma käynnistyy automaattisesti, kun aaltojuotoskone kytketään päälle. Ohjelman päävalikosta (kuva 9.) pystytään näkemään heti kuljettimien nopeudet, radan leveys, esilämmittimien lämpötilat, aallon korkeudet ja paljon muita tärkeitä parametreja.



Kuva 9. Seho PC-ohjelman päävalikko

Tietokoneelle pystytään tallentamaan 100:lle eri piirilevyille oma tuotekohtainen ohjelmasa, johon määritellään piirilevyn tiedot sekä tuotekohtaiset asetukset. Piirilevyn tiedoista tarvitaan leveys ja pituus, jotta ohjelma pystytään luomaan. Tuotekohtaisissa asetuksissa määritellään fluksin määrä, esilämmittimien lämpötilat, kuljettimien nopeudet sekä juoteaaltojen korkeudet. Asetuksiin voidaan määrittää myös se, kuinka monta piirilevyä yksi aihio sisältää. Tämän avulla voidaan tarkastella myöhemmin kuinka paljon aihioita tai piirilevyjä on ajettu läpi päivän, kuukauden tai vaikka vuoden aikana.

Ohjelmaan pitää asettaa timer-valikosta jokaiselle viikonpäivälle on-off kellonajat, joiden välillä konetta voidaan käyttää. Kun aika umpeutuu, kone asettuu yötilaan, jolloin kone lopettaa toimintansa ja juotepadan lämpötila laskee alhaisemmaksi. Itse määritellään se, kuinka alhaiseksi lämpötila laskee. Tällä tavoin pystytään pienentämään energiankulutusta ja aaltojuotokone on lähes heti käyttövalmiina seuraavana päivänä. Koneen voi tietenkin sammuttaa myös kokonaan, jos ei ole tarvetta aallottaa heti seuraavana päivänä.

Muita hyödyllisiä toimintoja ohjelmassa:

Single statics -toiminnon avulla pystyy päivämääräkohtaisesti selailemaan tietoja tuotteista, jotka ovat menneet läpi aaltojuotosprosessin. Ohjelma tallentaa muistiin jokaisen aihion läpimenoajat, aihioon kohdistuneen aallon korkeuden, esilämmityksen tiedot jne.

Log file -toiminnolla nähdään kuukausitasolla tehdyt muutokset. Jos prosessin aikana on tullut virheilmoituksia tai on tehty muutoksia parametreihin, tämän toiminnon avulla pystytään selailemaan tapahtumia.

9 Sopivien asetusten hakeminen

Tässä luvussa pyritään hakemaan parhaat mahdolliset asetukset aaltojuotosprosessin eri vaiheille. Selvitetään esilämmitykselle sopivat lämpötilat, etsitään sopivat aallonkorkeudet juotosprosessissa ja selvitetään flukserille sopivat parametrit.

9.1 Esilämmityksen profilointi

Esilämmityksessä käytettiin oikean lämpötilaprofiilin etsimiseen apuna Turun ammattikorkeakoululta lainattua kuusikanavaista datapaq-lämpötilamittauslaitetta. Datapaq soveltuu pasta- ja aaltojuotosprosessien lämpötilaprofilointiin. Profiloinnissa käytettiin testikorttina erään tuotteen viallista korttia, joka olisi muuten romutettu, mutta pystyttiin näin käyttämään hyödyksi. Korttiin juotettiin kolme lämpötila-anturia kiinni. Yksi anturi juotettiin kiinni kortin pohjaan ja kaksi kortin päälle. Päällä olevista antureista toinen kiinnitettiin transistorin jalkaan ja toinen tyhjään liitosalueeseen. EF8000-juoksutteen asettamat vaatimukset SACX0307-juotetta käytettäessä ovat, että esilämmityksen jälkeinen lämpötila kortin päällä olisi 80–110 °C. Aaltojuotoskoneen edellisellä omistajalla oli ollut käytössä vesipohjainen juoksute sekä raskaampia kortteja juotettavana, joten heidän tuotteilleen määritettyjä esilämmityslämpötiloja ei juuri pystytty käyttämään hyödyksi. Raskaammat kortit vaativat enemmän lämmitystehoa kuin kevyemmät kortit, ja vesipohjaiset juoksuotteetkin tarvitsevat yleensä suuremmat lämpötilat aktivoituakseen.

Esilämmitystä profiloitaessa juoteaaltoja ei ollut säädetty vielä kuin silmämääräisesti kuntoon. Testikortin annettiin mennä kuitenkin myös juotosprosessin läpi, mutta tässä kohtaa ei ollut tarkoitus säätää muuta kuin esilämmitys kuntoon. Jouduttiin tekemään useampia mittauksia ennen, kuin oikeanlainen lämpötilakäyrä alkoi muodostua. Liitteinä löytyy kaksi lämpötilaprofiilimittausta.

Ensimmäisessä mittauksessa (liite 1) ratanopeus oli kaikilla kolmella kuljettimella 90 cm/min. Kortin pohjaan kiinnitetty anturi irtosi kortista kesken testin, joten se jätettiin pois lämpöprofiilin tuloksista. Molempien kortin päällä olevien mittauspisteiden lämpötila esilämmityksen lopussa oli noussut 93 °C:seen. Huippulämpötila molemmissa pisteissä jää alle 190 °C:n, joten komponentteihin kohdistuva lämpöshökki jää alle 100 °C:n. Lämpötilan keskimääräinen nousuaika on noin 0,7 °C/s, joka jää selvästi alle suositellun maksimi nousurajan (2 °C/s). Uintiaika oli kuitenkin selvästi liian

pitkä ensimmäisessä mittauksessa, joten uintiaikaa pyrittiin lyhentämään ratanopeuksia kasvattamalla seuraavassa mittauksessa.

Toisessa mittauksessa (liite 2) ratanopeudet olivat 150 cm/min sekä esilämmityslämpötilat olivat korkeammat verrattuna ensimmäiseen mittaukseen. Juotosprosessi oli yli minuutin lyhyempi, kun ratanopeuksia kasvatettiin. Komponentteihin kohdistuva lämpöshökki jäi noin 80 °C:n tuntumaan. Tämä jäi kriittisestä 100 °C:n rajasta vielä reilusti alle, joten se ei vielä vaurioita komponentteja. Lämpötilan keskimääräinen nousuaika oli noin 1,2–1,3 °C/s. Uintiaika jäi yhä liian pitkäksi lämpötilaprofiilista arvioituna. Molempien aaltojen untiajat yhteenlaskettuna olivat 6 s. Suositeltu maksimiuintiaika SACX0307-juotteen datalehden mukaan oli 3,5 s tupla-aallolla.

9.2 Juotepadan lämpötila ja aallon korkeus

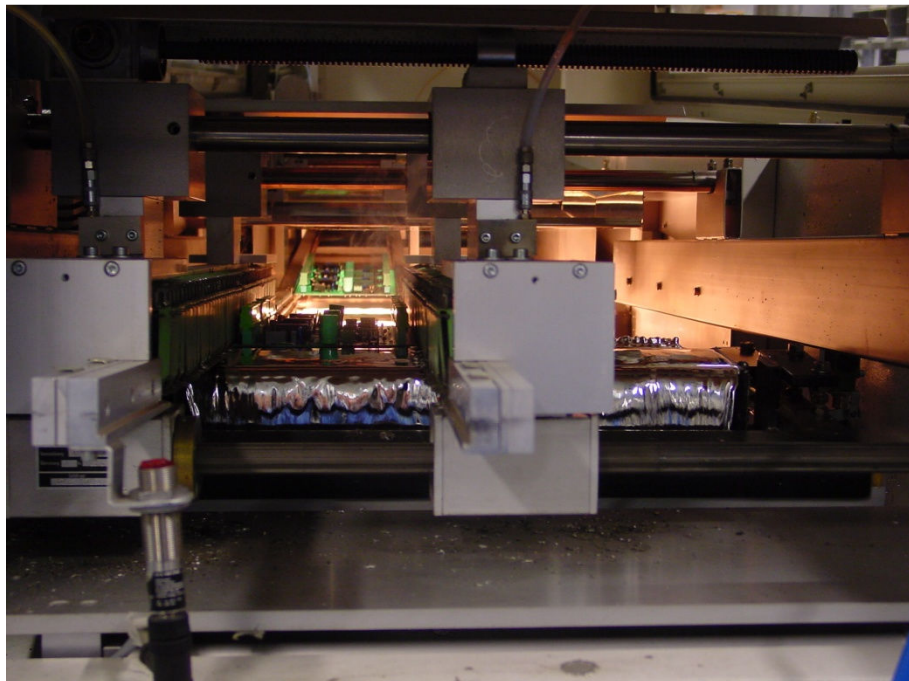
Juotepadan sopivaksi lämpötilaksi oli SACX0307-juotteen datalehdessä määritelty 255–265 °C. Padan lämpötilan kanssa oli pieniä ongelmia, koska PC:n näyttämä lämpötila ei vastannutkaan padan todellista lämpötilaa. Tämä huomattiin PC:llä näkyvistä nopeista lämpötilaheilahduksista. Aluksi epäiltiin padan lämpöanturin olevan vioittunut tai huonossa kontaktissa juotteen kanssa, mutta yleismittarilla mitattuna se osoittautui kuitenkin olevan kunnossa. Vikaa olisi ollut hankala löytää nopeasti ilman laitteen perin pohjin tuntevaa henkilöä. Tästä syystä päätettiin aluksi säätää padan lämpötila oikeaan arvoonsa lämpötilamittausalueen sisältävän yleismittarin avulla ja seurata sillä väliaikaisesti juotteen lämpötilaa.

Sormikuljettimen nousukulmaksi määritettiin 7°. Entinen omistaja oli käyttänyt myös 7°:n kulmaa, joten kokeiltiin samaa asetusta. Nousukulman säätäminen onnistuu paneelissa olevan painikkeen avulla. Lisäksi kuljettimen vieressä on asteikko, josta näkee helposti nousukulman.

Aallonkorkeuden säätäminen tapahtui nostamalla juotepata aluksi mahdollisimman lähelle sormikuljettimen sormia. Tämän jälkeen käytettiin apuna millimetrimitä, jonka avulla mitattiin, että sormikuljettimen sormien ja chip-aallon välille jäisi noin 8 mm:n väli ja pääaallon suuttimeen noin 11 mm:n väli. Aaltojuotoskoneen manuaalia ei pystynyt tässä tapauksessa noudattamaan täysin, koska käytössä ollut chip-suutin oli erityisesti

suunniteltu vastaamaan entisen omistajan tarpeita. Suuttimet ovat lähempänä toisiaan kuin alkuperäisessä koneessa. Entinen omistaja oli halunnut suuttimien välimatkan pienemmäksi raskaampien korttien vuoksi. Tällä ehkäistiin se, ettei korttiin kohdistuva lämpötila pääse suuttimien välillä laskemaan liikaa.

Aallon korkeuden määrittäminen tehtiin silmämääräisesti. Testikortteja laitettiin menemään läpi juotosprosessista, joiden avulla pystyttiin testaamaan eri aallonkorkeuksia (kuva 10.). Sopivat korkeudet löytyivät, kun chip-aalto oli 63 % ja pääaalto 78 %. Tällöin chip-aalto oli mahdollisimman korkea, muttei kuitenkaan noussut kortin päälle, ja pääaalto ulottui hieman yli puolen välin kortin paksuudesta. Sopivat korkeudet voivat tietenkin vaihdella, jos parametreja muutetaan. Korkeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. juotepadan tinan määrä sekä padan korkeus, sormikuljettimen nousukulma ja suuttimien puhtaus.



Kuva 10. Aallonkorkeuden määrittäminen

Juoteaaltojen standby-tilat piti myös määrittää. Asetus on silloin oikeanlainen, kun sula juote nousee hieman suuttimien pinnalle, mutta ei pääse kuitenkaan valumaan takaisin juotepataan. Tällä pyritään siihen, että suuttimet eivät tukkeudu ja kuonan määrä pysyy minimissä. Lisäksi juotepadan lämpötila pysyy stabiilina tällä tavoin.

Uintiajan määrittäminen

Uintiaika testattiin kuumuuden kestävän lasilevyn avulla. Lasilevyssä on ruudukko 0,5 cm:n välein. Ratanopeus asetettiin hitaammaksi ja lasilevy laitettiin kulkemaan läpi juotosprosessista. Kun lasilevy oli juoteaaltojen päällä, otettiin yläpuolelta kuva, josta pystyi määrittämään juotteen koskettaman matkan. Juotteen koskettamaksi matkaksi saatiin chip-aallolla 2 cm ja pääaallolla 4 cm. Uintiajan pystyi määrittämään kaavan 1 avulla.

$$t_s = \frac{2 \text{ cm} + 5 \text{ cm}}{150 \text{ cm/min} / 60} = 2,8 \text{ s}$$

Uintiaika jäi hieman pienemmäksi kuin datalehden suosittama 3-3,5 s. Juotostulos oli kuitenkin sen verran hyvä, ettei lähdetty muuttamaan enää parametreja.

Kuljettimien nopeus

Kuljettimen nopeus määritettiin ajamalla testikortteja läpi juotosprosessista. Ratanopeudet säädettiin aluksi kulkemaan 90 cm/min. Mutta kuten esilämmityksen profiloinnissa kävi jo selväksi, uintiaika oli kuitenkin aivan liian pitkä tällä nopeudella ja kortteihin syntyi liikaa juotosvirheitä. Nopeudet nostettiin seuraavaksi kulkemaan 120 cm/min, jolloin juotosvirheet vähenivät huomattavasti. Monen testiajon jälkeen 150 cm/min tuntui parhaalta nopeudelta juotostuloksien kannalta.

9.3 Juoksutteen määrä ja ajastaminen

Juoksutteen määrä asetetaan tietokoneen avulla tuotekohtaisista määrittämisistä. Fluksin määrä ilmoitetaan ml/min. Flukserin kanssa oli aluksi hieman ongelmia, koska se käynnistyi liian myöhään ja näin piirilevyjen pohjat jäivät osittain ilman fluksia (Kuva 11). Tästä syystä korteissa oli paljon oikosulkuja sekä juottumattomia juotoksia. Ajastus saatiin kuitenkin melko helposti kuntoon säätämällä tietokoneelta flukserin asetuksia. Piirilevyn tunnistavan anturin ja flukserin spraysuuttimen välinen matka toisiinsa oli jostain syystä määritelty väärin. Kun tämän korjasi, saatiin flukserin ajoitus oikeaksi. Tämäkään ei korjannut kuitenkaan ongelmaa vielä kokonaan. Oikosulkuja syntyi vieläkin kortteihin merkittävästi. Fluksin levittymistä testattiin laittamalla kuljettimelle pahvi kulkemaan läpi fluksauksesta. Tästä näki, että fluksi levittyi epätasaisesti pahville. Aluksi luultiin, että syy levittymisen epätasaisuuteen johtuu fluksin annostelun liiallisesta määrästä, mutta sekään ei ollut syynä. Vika löytyi lopulta flukseriin

kohdistuvasta paineilmasta. Ilmanpaine oli liian suuri ja tämän vuoksi levittyi epätasaisesti pinnoille. Kun paineilman säätö toimi 20 l/min, fluksaus saatiin toimimaan oikein.



Kuva 11. Osa kortista on jäänyt ilman fluksia

10 Yhteenveto

Työssä käytiin aluksi yleisesti läpi aaltojuotosprosessin vaiheita sekä aaltojuotosprosessissa käytettäviä materiaaleja. Käytännön työnä oli suorittaa Seho MWS -8240 aaltojuotoskoneen käyttöönotto.

Aaltojuotosprosessin kuntoon saattaminen onnistui kiireellisen aikataulunsa puolesta melko hyvin. Lämpötilaprofiilimittausten avulla oikeat esilämmityslämpötilat saatiin haettua nopeasti kohdilleen ja testikorttien avulla oikeiden parametrien haku aaltojuotosprosessin eri vaiheissa onnistui suhteellisen hyvin. Juotosvikoja korteissa oli aluksi paljon, mutta kun oikeat asetukset alkoivat löytyä, vikojen määrä saatiin pudotettua minimaaliseksi.

Ajanpuutteen vuoksi ei ehditty lainkaan suorittamaan DoE:ta, joka olisi aaltojuotoskoneen säätöjen optimoinnin puolesta ollut tärkeää tehdä. Työn jatkon kannalta olisikin seuraavaksi suoritettu DoE. Myös typen toimintaa olisi ollut kiinnostavaa päästä testaamaan, koska koneessa olisi ollut valmiudet siihen.

LÄHTEET

- [1] Tarr, M. What you always wanted to know about wave soldering but were afraid to ask. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.scribd.com/doc/3972241/What-You-Always-Wanted-to-Know-About-Wave-Soldering-but-Were-Afraid-to-Ask> (Luettu 22.1.2011)
- [2] Terstegge, D. Electronic Production, Part 14: Wave Soldering. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.smtinfo.net/docs/Electronic%20Production/14.htm>
 (Luettu: 1.3.2011).
- [3] KAMAT-tietokortti 2007. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.ttl.fi/partner/kamat/tietokortteihin/Documents/Pehmeajuotos.pdf>
- [4] Tapio, J. Juotosprosessin optimointi, insinööriyö, Turun ammattikorkeakoulu. 2006.
- [5] Wikström, Y. Aaltojuotoskoneen ominaisuuksia. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://elektroniikka.turkuamk.fi/7050030/osa14/smd14.html>
 (Luettu 24.01.2011).
- [6] Terstegge, D. Electronic Production, Part 17: Preheat for wave soldering. [www-dokumentti]. Saatavilla:
<http://www.smtinfo.net/docs/Electronic%20Production/17.htm>
 (Luettu 20.01.2011).
- [7] Technical Bulletin, ALPHA® Vacuoloy SACXTM DT 0307,0300. Electronics, Cookson. Inc., Jersey city, NJ
- [8] Electronics, Cookson. Wave Solder Defects: Causes and Corrective Actions. [www-dokumentti]. Saatavilla:
http://www.enthone.com/resources_detail.aspx?Page=Waves.ascx.
- [9] Elepro, Innova. Aaltojuotoksessa esiintyvät virheet, niiden aiheuttajat ja syyt. Syväraumankatu 39, 26100 Rauma
- [10] Shina, Sammy. Six Sigma for Electronics Design and Manufacturing. s.l. : McGraw-Hill Professional Publishing, 2002

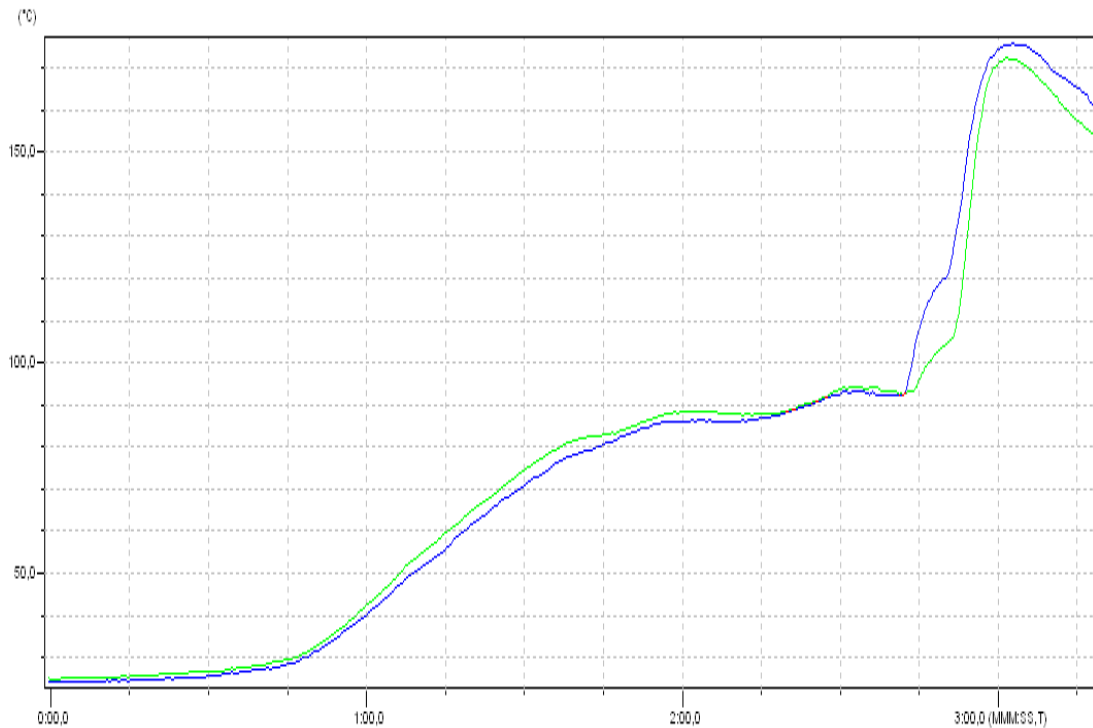
[11] MWS 8200-G Manual. 2006. Seho Systems GmbH. Frankenstr. 7 - 11
D-97892 Kreuzwertheim

[12] Technical Bulletin, ALPHA EF-8000. Electronics, Cookson.
Inc., Jersey city, NJ

LIITTEET

- LIITE 1 Lämpötilaprofiili 1
- LIITE 2 Lämpötilaprofiili 2
- LIITE 3 Seho MWS 8240, tekninen data 1
- LIITE 4 Seho MWS 8240, tekninen data 2

Liite 1. Lämpötilaprofiili 1



Parametrit:

Ratanopeudet: 90 cm/min, 90 cm/min, 90 cm/min

Juotepadan lämpötila 260 °C

Esilämmitys: 110 °C, 130 °C, 65 %, 160 °C, 65 %, 180 °C, 90 %

Kuljettimen kulma 7°

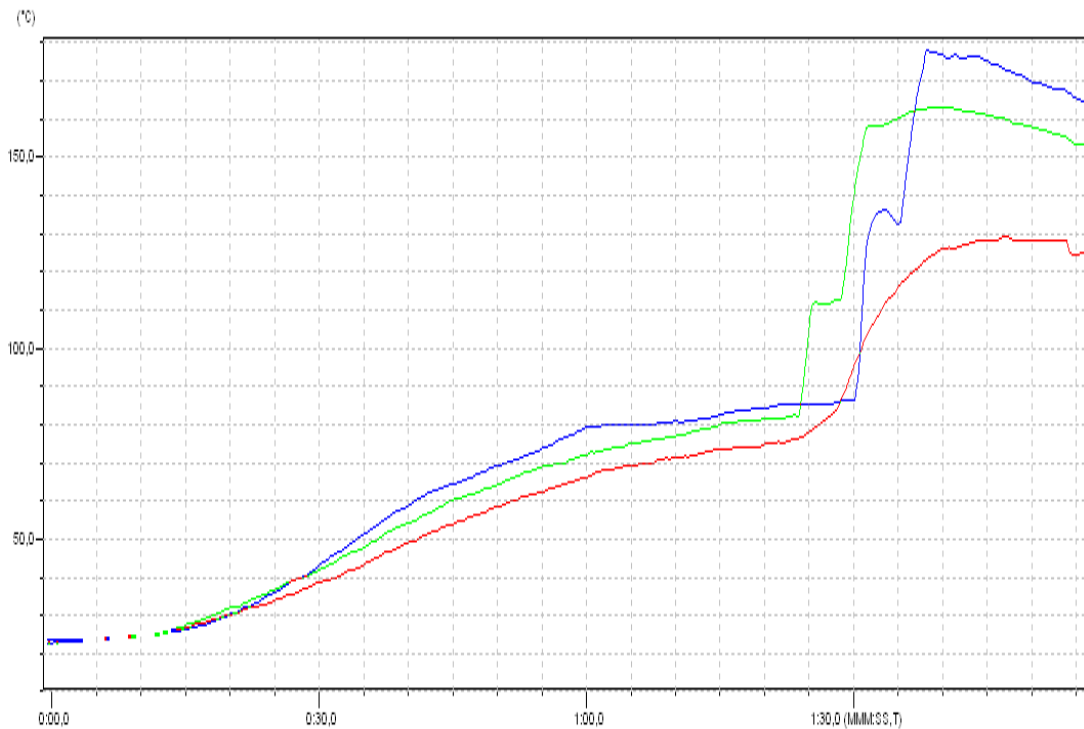
Tulos:

Lähtölämpötila 24,0 °C

Anturi 1 (tyhjä pad, vih): Max lämpötila 172,5 °C, Keskim. lämmön nousu 0,67 °C/s, esilämmityksen loppulämpötila 93,0 °C

Anturi 2 (fetin jalka, sin): Max lämpötila 176,0 °C, Keskim. lämmön nousu 0,71 °C/s, esilämmityksen loppulämpötila 93,0 °C

Liite 2. Lämpötilaprofiili 2



Parametrit:

Ratanopeudet: 150 cm/min, 150 cm/min, 150 cm/min

Juotepadan lämpötila: 260 °C

Esilämmitys: 150 °C, 160 °C, 70 %, 175 °C, 73 %, 190 °C, 90 %

Kuljettimen kulma 7°

Tulos:

Lähtölämpötila 22,5 °C

Anturi 1 (kortin pohja, pun): Max lämpötila 129,5 °C, Keskim. lämmön nousu 0,96 °C/s, esilämmityksen loppulämpötila 76 °C

Anturi 2 (tyhjä pad, vih): Max lämpötila 163,0 °C, Keskim. lämmön nousu 1,22 °C/s, esilämmityksen loppulämpötila 82,5 °C

Anturi 3 (fetin jalka, sin): Max lämpötila 178,5 °C, Keskim. lämmön nousu 1,32 °C/s, esilämmityksen loppulämpötila 86,5 °C

Liite 3. Seho MWS 8240, tekninen data 1

MWS 8200 - G



4 Technical Notes

4.1 Technical Data

Electrical wiring: see connection diagrams

Electrical	see type plate	
Permissible Tolerance	± 5%	
Power	max. 42 kW	
Pressurized-air Supply	¼" / 6 bar	
Nitrogen Supply (combined with ALIX.LT)	¼" / 8 bar	
Exhaust	explosion-proof	
Exhaust Ducts	1x Ø 150mm	
Power of the Exhaust	1000 m ³ /h controlled	
Length of the System (without inlet and outlet)	ECO-System 2800 mm	PWR-System 3800 mm
Width of the System (with door)	working width 400 mm	1450 mm
	working width 500 mm	1550 mm
Height (without adjusting leg)	1650 mm	
Weight of the System	approx. 1500 kg (without solder)	
Center of Gravity of System	see (Fig. 4-1)	
Noise Level of System	< 70 dB	
Solder Pot Rating	8.9 kW	
Solder Wave Width	400 mm / 500 mm	
Max. PCB Width	390 mm / 490 mm	
Max. Wave Height	8 mm	
Heating time to 250°C	450 kg: 120 min	

BA-00-MWS8200G-0000-04.00.1-31.10.97-E

Technical Notes

4/1

MWS 8200-G Manual. 2006. Seho Systems GmbH.
Frankenstr. 7 - 11 D-97892 Kreuzwertheim

Liite 4. Seho MWS 8240, tekninen data 2

MWS 8200 - G



Length of Preheating Zone	ECO-System 1200 mm	PWR-System 1800 mm
Preheater Rating	max. 30 kW (according to the equipment)	
Conveyor Speed	0.5 - 2.9 m/min	
Conveyor Angle	6 - 8°	
Max. Height of Assembly	with ALIX.LT™: without ALIX.LT™:	100 mm 150 mm
Fluxer	ATS Fluxer	
Crate for Solder Machine	ECO-System	PWR-System
Length	approx. 3100 mm	approx. 4100 mm
Width	approx. 1750 mm	approx. 1750 mm
Height	approx. 2200 mm	approx. 2200 mm
Length of Blocks	about 1500 mm (corresponding to the width of the crate)	
Width of Blocks	150 mm	
Height of Blocks	150 mm	

Technical alterations after printing reserved!

MWS 8200-G Manual. 2006. Seho Systems GmbH.
Frankenstr. 7 - 11 D-97892 Kreuzwertheim