

Ryhmä 20 - Tommi Suomi, Atte Laine, Jani Murto

Bonderin heijastussuoja, Okmetic Oyj

Sisälllys

1	Johdanto	3
1.1	Yritys	3
1.2	Projektin tausta	3
1.3	Tavoitteet ja rajaukset	4
2	Suunnittelu vaihe	4
2.1	Rajoittavat ja huomioitavat tekijät	4
2.2	Materiaali valinnat puhdistilaan	6
2.3	Mallien ideointi	6
2.4	Mallin valinta	7
3	Prototyypit	7
3.1	Valitun mallin kehittäminen ja suunnittelu	7
3.2	Prototyypin valmistus	8
3.3	Prototyypin testaus	9
3.4	Prototyypin parantelu	9
3.5	Toisen prototyypin valmistus ja testaus	9
4	Lopullinen malli	10
4.1	Suunnittelu	10
4.2	Osien teetätys	10
4.3	Valmistus	11
4.4	Testaus	11
5	Tulokset ja päätelmät	12

Liitteet

Liite 1. Projekti suunnitelma

Liite 2. Materiaalien emissiivisyys

Liite 3. Metallien emissiivisyys

Liite 4. Kameran sijaintiskissi

Liite 5. ISO-standardin mukaiset puhtausluokat

Liite 6. Työpiirrustukset

Liite 7. Bonderin mittakuva

1 Johdanto

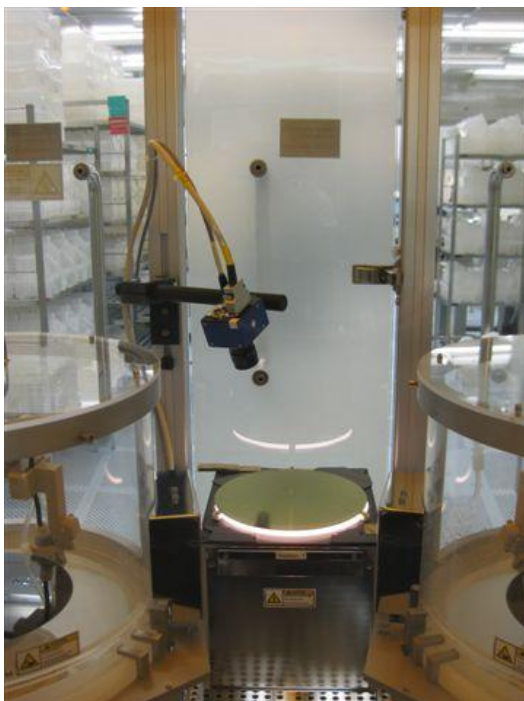
1.1 Yritys

Okmetic Oyj on suomalainen pörssiyritys. Sen pääkonttori ja yksi tehtaista sijaitsee Suomen Vantaalla, toinen yrityksen tehtaista sijaitsee Yhdysvaltojen Teksasissa. Lisäksi yrityksellä on yksi myyntitoimisto Japanissa.

Yrityksen erikoisosaamista on piikiekkujen valmistus ja jatkojalostaminen puolijohde- ja anturisovelluksiin. Tämän lisäksi yritys myy teknologiaosaamistaan muille alan yrityksille.

1.2 Projektin tausta

Piikiekkon tuotannon eräässä vaiheessa kaksi piikiekkoa liitetään toisiinsa adheesio-avulla. Tätä varten piikiekkujen pintojen on oltava täysin puhtaita ja peilipinnoiksi hiottuja. Prosessi tapahtuu puhtastilassa mahdollisten epäpuhtauksien välttämiseksi.



Liitoksen onnistuminen tarkastetaan infrapunakameralla. IR kameralla pystytään näkemään piikiekkojen väliin mahdollisesti jääneet epäpuhtaudet tai ilmakuplat tms.

Ongelmaksi tässä kyseisessä IR kuva tarkastuksessa muodostuvat kuvaan tulevat ulkopuoliset heijastukset. Bonderikaapin ja kaapin ulkopuolisesta valaistuksesta syntyy heijastuksia, jotka näkyvä IR kuvassa. Valaistuksesta syntyvät heijastukset vielä hajaantuvat useaan osaan, koska bonderikaapissa on useita täysin peilipintaisia osia.

IR kuvaan tulevista heijastuksista on hyvin vaikea tulkita ovatko heijastukset oikeasti valaistuksesta syntyviä heijastuksia vai ovatko ne piikiekkojen välissä olevia epäpuhtauksia.

1.3 Tavoitteet ja rajaukset

Tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva heijastussuoja, jolla pystytään estämään heijastusten pääsy IR kameran kuvaan ja näin välttämään kuvan tulkinta ongelmilta. Lisäksi tavoitteisiin kuului suunnitella/ideoida muutama mahdollinen erilainen malli heijastussuojasta ja näistä toteutettiin paras malli.

Heijastussuoja toteutettiin yhteen bonderiin. Jos ylimääräistä aikaa olisi jäänyt, olisi vielä valmistettu toinen heijastussuoja toiseenkin bonderiin.

2 Suunnittelu vaihe

2.1 Rajoittavat ja huomioitavat tekijät

Heijastussuojaa suunniteltaessa eteen tuli muutamia tekijöitä, jotka täytyi erityisesti huomioida suunnittelussa.

Näitä olivat bonderikaapin ahdas tila, IR kameran sijainti, puhdistila vaatimukset, heijastussuojan helppo vaihdettavuus, piikiekkoja käsittelevä robotti, materiaa-

lin/pinnoitteen valinta mahdollisimman vähän heijastavaksi sekä suojan kiinnitys niin, että se suoja kohdistuu aina samaan paikkaa.

Bonderikaappi oli sisältä kohtuullisen ahdas, koska siellä oli myös useita prosessiin liittyviä muita komponentteja ja laitteita. Tämä aiheutti omat rajoitteensa heijastussuojan koon puolesta. Siitä täytyi tehdä suhteellisen pienen ja kompaktin kokoinen.

IR kamera sijaitsi noin 200mm sen kohdan yläpuolella, johon piikiekot asetetaan tarkastuksen ajaksi. Tämä täytyi huomioida siinä, kun heijastussuojaa asetetaan paikoilleen.



Bonderikaappi on puhdistilahuoneessa. Kyseinen huone on siis puhdistila ja sinne kulkemisesta on hyvin tarkat ohjeistukset, jotta huoneilmassa olevien partikkelien määrä pysyy määritellyissä rajoissa. Tämä asetti myös omat rajoitteensa materiaalien valinnan suhteen.

Heijastussuoja tuli valmistaa sellaisista materiaaleista, jotka heijastavat mahdollisimman vähän valoa takaisin. Toisin sanoen siis absorboivat tulevan valon ja heijastukset mahdollisimman hyvin. Vaihtoehtoisesti heijastussuoja voisi olla pinnoitettu jollain vaatimukset täyttävällä pinnoitteella.

Bonderikaappin sisällä oleva pieni robotti asettaa piikiekot IR kameran alle. Tässä täytyy huomioida robotin liikkeet. Se tekee ensin vaakasuuntaisen lineaarisen liikkeen IR ka-

meran. Seuraavaksi robotti laskee kiekon alas ja lopuksi robotin "käsivarsi" vetäytyy pois IR kameran alta. Nämä liikeradat täytyy huomioida heijastussuojaa suunniteltaessa.

Viimeisenä tärkeänä huomioitavana seikkana oli heijastussuojan kiinnitysmekanismi. Jos ja kun heijastussuojasta tuli nimensä mukaisesti erillinen suoja, sille täytyi keksiä jokin kiinnitysmekanismi, jolla suoja keskittyy aina samaan kohtaan, eikä virhe mahdollisuutta ole sille, että suoja ei olisikaan oikeassa kohtaan.

2.2 Materiaali valinnat puhdistilaan

Puhdistila asetti omat rajoitteensa materiaalien valintaan ja käyttöön. Materiaalit tuli valita niin, ettei niistä varmasti lähde irti mitään epäpuhtauksia tai partikkeleita ja ne ovat myös hyvin korroosion kestäviä.

Näiden pohjalta hyvin soveltuviksi materiaaleiksi osoittautuivat alumiini ja ruostumaton teräs. Näiden kohdalla ongelma oli niiden huono kyky absorboida valoa. Ongelmaa pystyttiin hieman parantamaan tekemällä pinnasta mattapintainen esimerkiksi hiekka-puhaltamalla, mutta se ei yksinään riittänyt.

Ylisesti havaittiin ja saatiin selville, että monet eri mustat pinnoitteet absorboivat valoa parhaiten. Vaihtoehtoja ruostumattoman teräksen pinnan saamiseksi mustaksi olivat käytännössä vain erilaiset mustat maalit ja teipit. Maalit eivät tulleet missään tapauksessa kyseeseen ja teippauksetkin olivat vähän siinä rajoilla.

Parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui alumiini, jonka pinta on anodisoitu mustaksi. Anodisoitu pinta kestää hyvin korroosiota ja kulutusta, eikä siinä ole vaaraa, että pinnasta irtoaisi mitään. Lisäksi mattapintaisena musta anodisointi absorboi erittäin hyvin valoa ja heijastuksia.

2.3 Mallien ideointi

Tavoitteena oli ideoida muutama erilainen malli mahdollisesta heijastussuojasta ja näistä valita paras. Heijastussuojan idea alkoi hahmottua jo hyvin selvästi melko alkuvai-

heessa projektia. Yhtenäinen mielipide projektityhmällä oli, että suojasta tulisi jonkin tapainen kehys tai kotelo, joka peittää mahdollisimman hyvin ylimääräisen valon tule-
misen piikiekon päälle ja kamera kuvaan. Tällöin todennäköisyys heijastusten synty-
seen kameran kuvaan olisi mahdollisimman pieni.

Ideoina kyllä oli niin kiiltävien osien teippaaminen kuin osittainen kaapin teippaaminen
niin, ettei valoa pääse liian paljon kaappiin sekä jonkun tapainen "suojakilpi" piikiekon
yläpuolelle, joka estäisi suoran valon ja heijastusten tulemisen IR kameran kuvaan.
Nämä kuitenkin eivät osoittautuneet todellisiksi vaihtoehtoiksi.

2.4 Mallin valinta

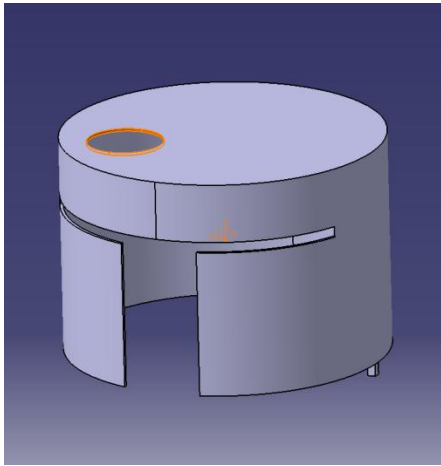
Useista ideoista lopullisen mallin valinta kävi kohtuullisen helposti. Malliksi valikoitui
kehys/kotelo-malli sen monien hyvin ominaisuuksien johdosta.

3 Prototyypit

3.1 Valitun mallin kehittäminen ja suunnittelu

Lähdimme kehittämään valittua mallia kolmella teesillä:

1. Heijastuksien esto
2. Käytettävyys
3. Ulkonäkö



3.2 Prototyypin valmistus

Ensimmäinen prototyyppi valmistettiin 1.75mm teräslevystä työstettävyyden helpottamiseksi. Koulun välineillä ohutlevytyöstö osoittautui hyvin hankalaksi ja aiheutti paljon lisätyötä. Heijastussuojan valmistus aloitettiin raakalevystä, josta leikattiin mittojen mukaan ensiksi suurpiirteisesti plasmaleikkurilla ja hiottiin reunat tasaiseksi. Tämän jälkeen levy mankeloitiin pyöreäksi.

Kannen valmistus aloitettiin neliön muotoisesta levystä, johon pyöreä muoto piirrettiin harpin avulla. Giljotiinilla ja hiomakoneella saatiin lopulta tarpeeksi pyöreä muoto, jolla prototyypin testaus onnistuisi. Kannen reikä tehtiin vastaavalla tavalla.

Heijastussuoja vuorattiin sisäpuolelta 3M:n mattamustalla teipillä. Vaikeahkojen muotojen ja ahtaan tilan vuoksi pinnasta ei tullut täydellinen vaan pinnalle jäi muutama ilmakupla. Tämän ei kuitenkaan ajateltu vaikuttavan heijastukseen ratkaisevasti.

Ensimmäiseen prototyyppiin ei valmistettu kiinnitystä ollenkaan vaan ajateltiin testata yleistä toimivuutta, jolloin kiinnistymekanismi olisi helpompi suunnitella.

3.3 Prototyypin testaus

Heijastussuojaa testattiin bonderikaapissa isoilla piikiekoilla. Heijastussuojan tärkein tehtävä, heijastuksien poisto, onnistui. Mitoiltaan heijastussuoja toimi hyvin muutamaa mittaakaan lukuun ottamatta.

Suojan korkeus osoittautui hieman kömpelöksi käytettävyyttä ajatellen. Korkeuden takia heijastussuojan poistaminen on hyvin hankalaa ja tarkkaa työtä, ettei bonderin infrapunakamera vaurioidu poiston yhteydessä. Halkaisija oli ensimmäisessä prototyypissä 250mm, joka oli aivan liian paljon enemmän kuin on tarvittavaa. Halkaisijan takia tilan ahtaus korostui ja toisaalta myös piikiekon kuvaustelineen reunaan jääneet raot eivät ainakaan parantaneet heijastuksien poistoa. Robottikäsivarren aukko toimi hyvin ja reunoille jäi hyvin ylimääräistä tilaa.

3.4 Prototyypin parantelu

Koska ensimmäinen prototyyppi toimi heijastuksien poistossa kiitettävästi, paransimme käytettävyyttä.

Korkeutta oli madallettava, joka toi ongelmia kuvausaukon koon suhteen. Aukkoa oli suurennettava 20mm, joka toi mahdollisuuden uusiin heijastuksiin. Reiästä tehtiin hyvin tarkasti oikean kokoinen, jotta kuvassa näkyisi vain tarvittava (kiekko) ja jotta lisäheijastuksia ei syntyisi. Halkaisijaa laskettiin 15mm, jotta sekä käytettävyys että heijastussuojan paremman kiinnityksen suunnittelu helpottuisi.

Robottikäsivarren aukkoa kasvatettiin mekanismissa tapahtuvien virheiden minimoimiseksi. Lisää tilaa tehtiin jokaiseen suuntaan 5mm, jollin kiekon ja käsivarren etäisyys heijastussuojan reunoihin oli n. 10mm.

3.5 Toisen prototyypin valmistus ja testaus

Toinen prototyyppi valmistettiin samoilla menetelmillä kuin ensimmäinen prototyyppi. Kuten oli oletettua itse heijastuksien eliminoiminen toimi odotetusti ja testauksessa kiinnitettiin enemmän huomiota kiinnitysmekanismiin ja parempaan käytettävyyteen.

Käytettävyys parantui huomasti kun heijastussuojaa oli madallettu ja halkaisijaa pienennetty. Nyt heijastussuojaa oli helppo käsitellä ahtaassa tilassa ja asettaa paikalleen.



4 Lopullinen malli

4.1 Suunnittelu

Lopullista mallia alettiin suunnitella toisen prototyypin pohjalta. Lopulliseen malliin hyödynnettiin kahden ensimmäisen prototyypin parhaita puolia, jolloin siitä saatiin tehtyä mahdollisimman hyvä. Teimme lopullisen mallin hyvin pitkälti toisen prototyypin pohjalta, sillä se vaikutti kaikin puolin hyvältä.

Kahdessa ensimmäisessä prototyypissä käytimme mattamustaa teippiä estämään heijastukset, mutta lopullinen malli hiekkapuhallettaisiin ja anodisoitaisiin mustaksi. Hiekkapuhalluksella pinta saadaan matakasi, jolloin se heijastaa entistä vähemmän valoa takaisin ja anodisoitu musta pinta toimii kuten teipattu mattamusta pinta.

4.2 Osien teetätys

Olisimme tehneet osat itse, mutta koulun laboratoriosta ei löytynyt sopivia välineitä, joten teetimme osat piirustusten mukaisiksi yrityksessä Keravan Teräsmiehet Oy. Osat

tehtiin alumiinisesta ohutlevystä laser leikkaamalla. Osista tuli hyvät, mutta osa osista hävisi matkalla, joten päädyimme tekemään ne itse kiireellisen aikataulun johdosta. Työstimme puuttuvat osat koulun laboratoriossa olevalla jyrsinkoneella.

4.3 Valmistus

Osat teetettyämme aloitimme lopullisen mallin valmistuksen. Heijastussuojan lieriö osa mankeloitiin lieriön muotoiseksi, koulussa olleella mankelilla. Lopuksi lieriöön hitsattiin kansi kiinni.

Meillä oli suuria ongelmia heijastussuojan kiinnitysmekanismien kanssa, koska sen hitsaaminen ei aluksi onnistunut. Kiinnitysmekanismien osat olivat vain 2 mm paksuja ja hitsausaumat tulivat hyvin vaikeaan kohtaan. Ensimmäisellä eikä toisellakaan yrityksellä hitsaus ei onnistunut, vaan kappaleet yksinkertaisesti sulivat pilalle.

Kahden yrityksen jälkeen kiinnikkeitä varten tehtiin jiggi, johon kappaleet saatiin kiinnitettyä niin, etteivät ne sulaneet hitsauksen aikana pilalle. Tällöin hitsaus onnistui hyvin.

Lopuksi hiekkapuhalsimme heijastussuojan ja lähetimme sen koulun kautta anodisoitavaksi.

4.4 Testaus

Testasimme lopullista heijastussuojaa yrityksen tiloissa. Huomasimme ettei se toiminut halutulla tavalla. Heijastussuoja oli anodisoitu väärän väriseksi anodisointi yrityksestä saatujen vinkkien johdosta. Heidän mukaansa luonnonväri olisi ollut parempi tähän tarkoitukseen, mutta se ei kuitenkaan osoittautunut toimivaksi.

Lisäksi kiinnitysmekanismissa oli mittavirhe ja se ei toiminut suunnitellulla tavalla.

Teimme uuden anodisointi käsittelyn heijastussuojalle ja tällä kertaa se anodisointiin pinnaltaan heijastamattomaksi mustaksi, niin kuin oli alun perin suunniteltu. Lisäksi suunnittelimme ja toteutimme uuden kiinnitysmekanismin, jonka ideana oli se, ettei sitä tarvinnut hitsata yhtään.

Ajan puutteen vuoksi emme ehtineet testata viimeisintä, uutta kiinnitysmekanismia ja uudelleen anodisoitua heijastussuojaa. Sovimme toimeksiantajamme kanssa, että he asentavat sen paikoilleen.



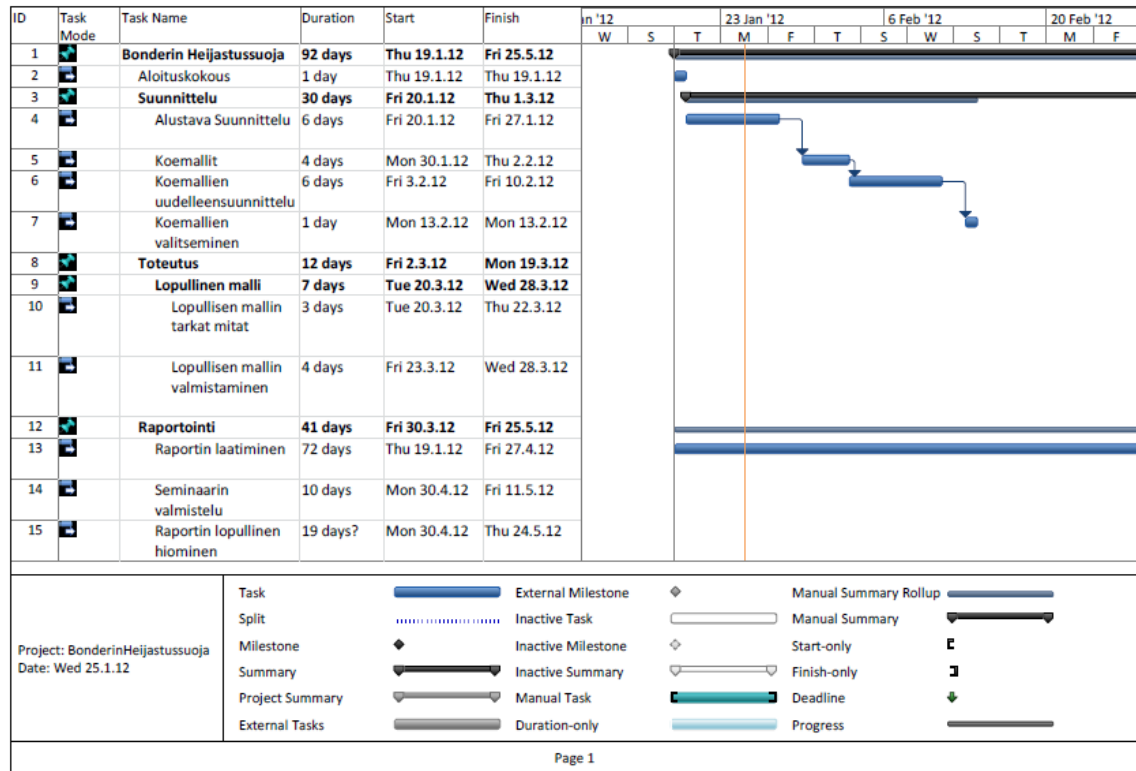
5 Tulokset ja päätelmät

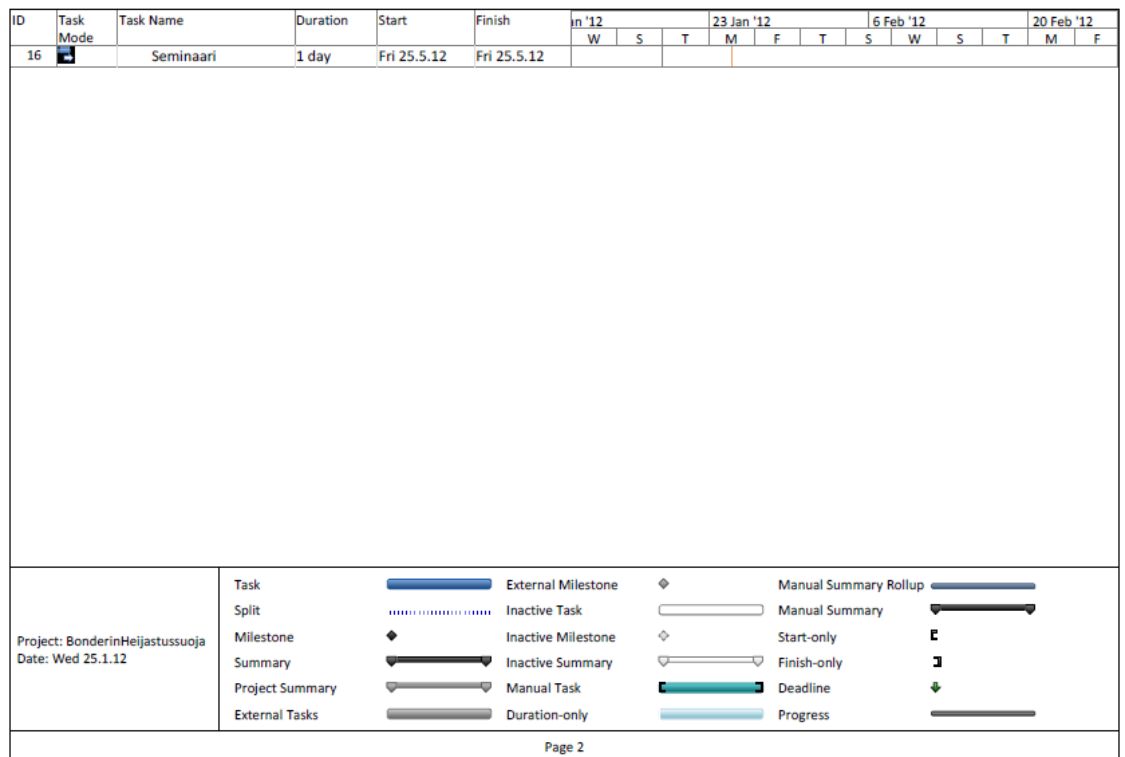
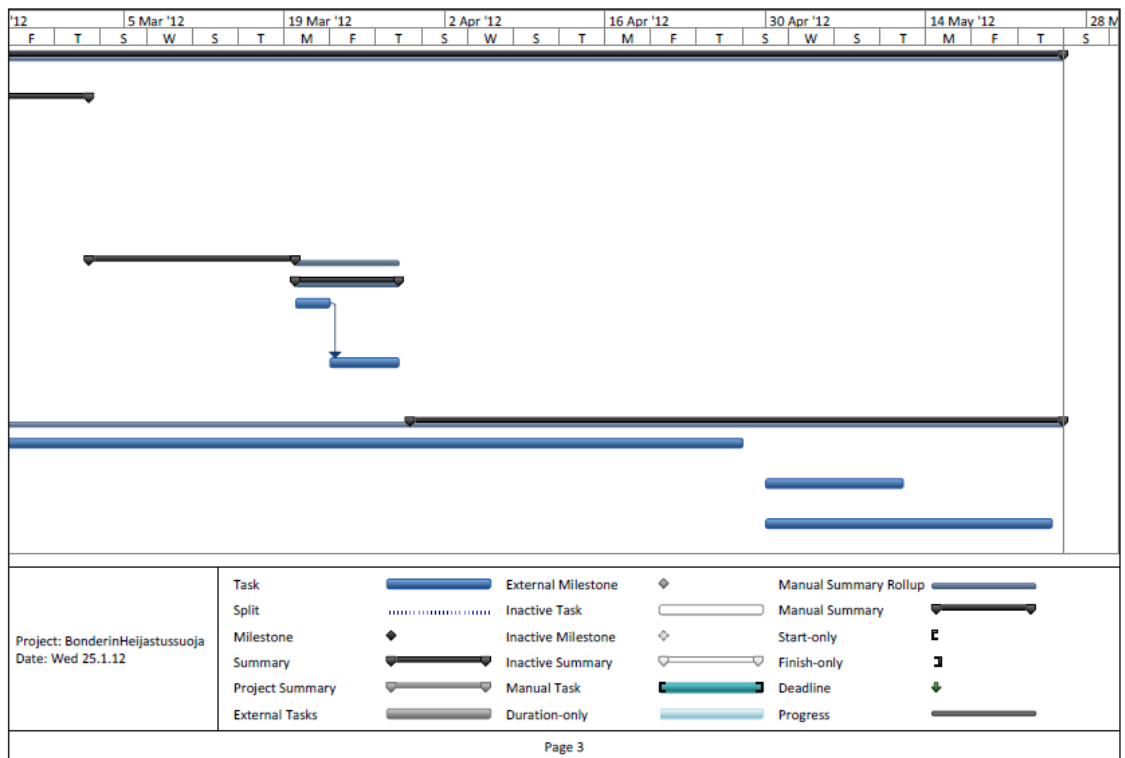
Projektin alkua tuntui helpommalta, mitä se loppuen lopuksi oli. Tartuimme toimeen heti projektin alettua, mutta silti meidän aikatauluksi kävi hyvin tiukaksi erilaisten ongelmien johdosta. Tavoite kuitenkin saavutettiin. Projektissa onnistuttiin suunnittelemaan ja valmistamaan heijastussuoja, joka esti heijastukset ja toimi muutenkin tavoitteiden mukaisesti.

Projektissa oli muutamia työvaiheita, jotka kuluttivat enemmän aikaa kuin olisi osannut arvata. Nämä asiat kiireyttivät aikataulua huomattavasti ja loppua kohden aika suoraan loppui.

Projektiryhmämme toimi hyvin ja jokainen osallistui sen tekoon oman taitotasonsa mukaisesti.

Projekti suunnitelma





Materiaalien emissiivisyys

Anodized Aluminum	Emissivity
Black	0.82
Black (2nd Sample)	0.86
Blue	0.87
Blue (2nd Sample)	0.82
Brown	0.86
Chromic	0.56
Clear	0.76
Clear (2nd Sample)	0.84
Green	0.88
Gold	0.82
Plain	0.04
Red	0.88
Sulphuric	0.87
Yellow	0.87
Blue Anodized Titanium Foil	0.13

Vapor Deposited Coatings	Emissivity
Aluminium	0.02
Aluminium on Fiberglass	0.07
Aluminium on Stainless Steel	0.02
Chromium	0.17
Chromiumlon 5-mil Kapton	0.24
Germanium	0.09
Gold	0.02
Iron Oxide	0.56
Molybdenum	0.21
Nickel	0.04
Rhodium	0.03
Sliver	0.02
Titanium	0.12
Tungsten	0.27

Metals and Conversion Coatings	Emissivity
Aluminum	
Highly Polished	0.039-0.057
Commercial Sheet	0.09
Heavily Oxidized	0.20-0.31
Surface Roofing	0.216
Alzac A-2	0.73
Black Chrome	0.62
Black Copper	0.63
Black Iridite	0.17
Black Nickel	0.66
Brass	
Highly Polished	0.028-0.037
Dull Plate	0.22
Buffed Aluminum	0.03
Buffed Copper	0.03
Constantan-Metal Strip	0.09
Copper	
Polished	0.023
Thick Oxide Layer	0.78
Dow 23 on Magnesium	0.67
Ebanol C Black	0.77
Electroplated Gold	0.03
Electroless Nickel	0.07
Iron, Polished	0.14-0.38
Cast Iron	0.60-0.70
Mild Steel	0.20-0.32
Iron Plate, Rusted Red	0.61
Sheet Sheet, Rough Oxide Layer	0.81
Gold - Pure, Highly Polished	0.018-0.035
Iridite Aluminum	0.11
Inconel X Foil (1 mil)	0.10
Iron and Steel (Not Stainless)	

Kannigen-Nickel Alloy	0.08
Steel, Polished	0.066
Lead	
Unoxidized	0.057-0.075
Gray Oxidize	0.28
Molybdenum	
Filament	0.096-0.202
Massive, Polished	0.071
Nickel	
Polished	0.072
Nickel Oxide	0.59-0.86
Plain Beryllium Copper	0.03
Platinum Foil	0.04
Quartz, Rough, Fused	0.93
Stainless Steel	
Polished	0.11
Machined	0.14
Sandblasted	0.38
Machine Rolled	0.11
Boom-Polished	0.10
Silver - Pure, Polished	0.020-0.032
Tantalum Foil	0.05
Tungsten Polished	0.03
Vapor Deposited Coatings	Emissivity
Aluminum	0.02
Aluminum on Fiberglass	0.07
Aluminum on Stainless Steel	0.02
Chromium	0.17
Chromiumlon 5-mil Kapton	0.24
Germanium	0.09
Gold	0.02
Iron Oxide	0.56
Molybdenum	0.21

Misc	Emissivity
Asbesto, Board	0.96
Aluminum Oxide (Al ₂ O ₃)-(12/4) on Buffed Alum Initial	0.23
Aluminum Oxide(Al ₂ O ₃)(12/4) on Fused Silica	0.24
Brick	
Red, Rough, No Gross Irregularities	0.93
Fireclay	0.75
Concrete Tiles	0.63
Glass	
Smooth	0.94
Pyrex, Lead, and Soda	0.95
Porcelain, Glazed	0.92
GSFC Dark Mirror Coating - SiO-Cr-Al	0.04
GSFC Composite SiO _x - Al ₂ O ₃ -Ag	0.68
Inconel with Teflon Overcoating -1 mil	0.46
Kapton Overcoating	0.57
Parylene C Overcoating	0.34
Roofing Paper	0.91
Silver Beryllium Copper Coating (AgBeCu)	0.03
Teflon Overcoating	0.38
Vespel Polyimide SP1	0.90
Water	0.95
Tapes & Film	Emissivity
Aclar Film (Aluminum Backing)	
1 mil	0.45
2 mil	0.62
5 mil	0.73
Copper Foil Tape	
Plain	0.02
Sanded	0.04
Tarnished	0.04
Kapton Film (Aluminum Backing)	
0.08 mil	0.24
0.15 mil	0.24

Metallien emissiivisyys

Metallien emissiivisyys

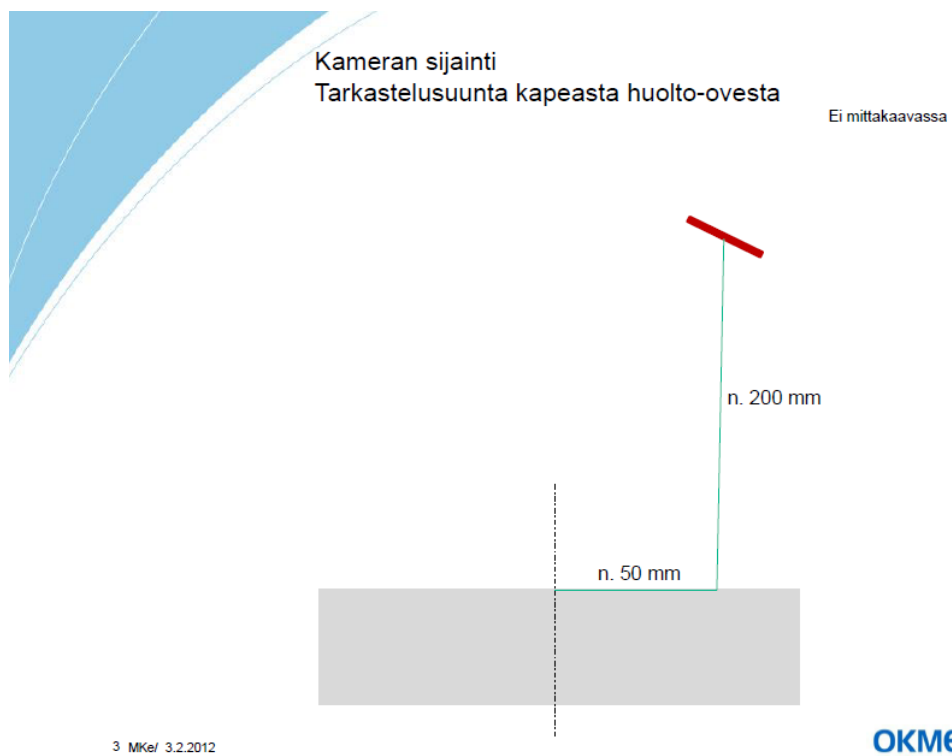
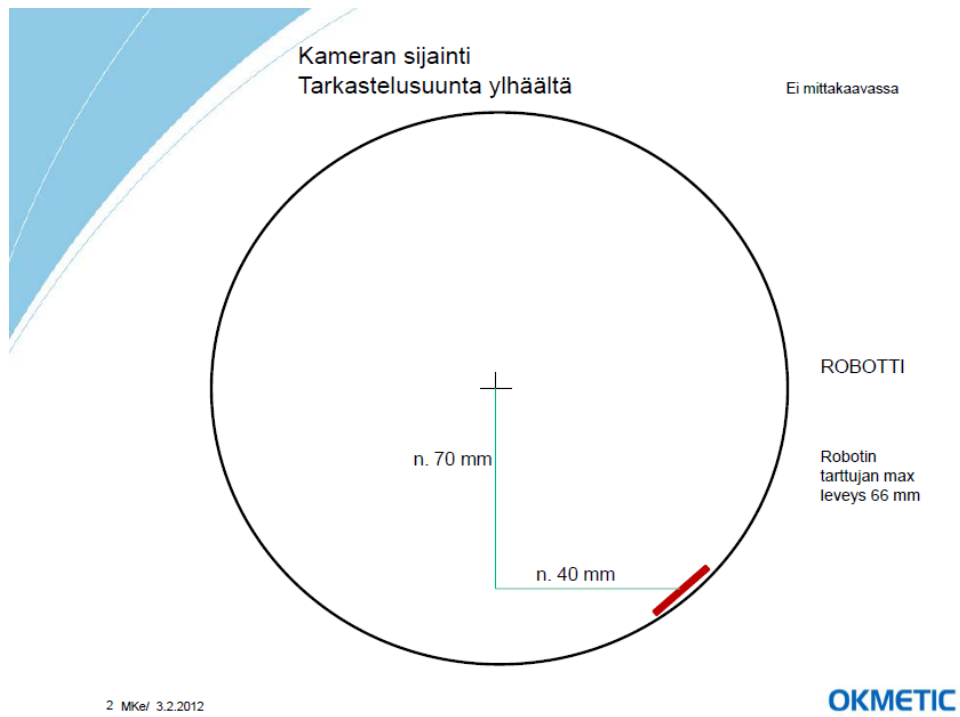
Materiaali		Tyypillinen emissiivisyys eri aallonpituuksilla			
Aallonpituus		1,0 µm	1,6 µm	5,1 µm	8-14 µm
Aluminium	non oxidized	0,1-0,2	0,02-0,2	0,02-0,2	0,02-0,1
	polished	0,1-0,2	0,02-0,1	0,02-0,1	0,02-0,1
	roughened	0,2-0,8	0,2-0,6	0,1-0,4	0,1-0,3
	oxidized	0,4	0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
Brass	polished	0,35	0,01-0,05	0,01-0,05	0,01-0,05
	roughened	0,65	0,4	0,3	0,3
	oxidized	0,6	0,6	0,5	0,5
Copper	polished	0,05	0,03	0,03	0,03
	roughened	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,15	0,05-0,1
	oxidized	0,2-0,8	0,2-0,9	0,5-0,8	0,4-0,8
Chrome		0,4	0,4	0,03-0,3	0,02-0,2
Gold		0,3	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1
Haynes	alloy	0,5-0,9	0,6-0,9	0,3-0,8	0,3-0,8
Inconel	electro polished	0,2-0,5	0,25	0,15	0,15
	sandblast	0,3-0,4	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6
	oxidized	0,4-0,9	0,6-0,9	0,6-0,9	0,7-0,95
Iron	non oxidized	0,35	0,1-0,3	0,05-0,25	0,05-0,2
	rusted		0,6-0,9	0,5-0,8	0,5-0,7
	oxidized	0,7-0,9	0,5-0,9	0,6-0,9	0,5-0,9
	forged, blunt	0,9	0,9	0,9	0,9
	molten	0,35	0,4-0,6		
Iron, casted	non oxidized	0,35	0,3	0,25	0,2
	oxidized	0,9	0,7-0,9	0,65-0,95	0,6-0,95

Materiaali		Tyypillinen emissiivisyys eri aallonpituuksilla			
Aallonpituus		1,0 µm	1,6 µm	5,1 µm	8-14 µm
Lead	polished	0,35	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,1
	roughened	0,65	0,6	0,4	0,4
	oxidized		0,3-0,7	0,2-0,7	0,2-0,6
Magnesium		0,3-0,8	0,05-0,3	0,03-0,15	0,02-0,1
Mercury			0,05-0,15	0,05-0,15	0,05-0,15
Molybdenum	non oxidized	0,25-0,35	0,1-0,3	0,1-0,15	0,1
	oxidized	0,5-0,9	0,4-0,9	0,3-0,7	0,2-0,6
Monel (Ni-Cu)		0,3	0,2-0,6	0,1-0,5	0,1-0,14
Nickel	electrolytic	0,2-0,4	0,1-0,3	0,1-0,15	0,05-0,15
	oxidized	0,8-0,9	0,4-0,7	0,3-0,6	0,2-0,5
Platinum	black		0,95	0,9	0,9
Silver		0,04	0,02	0,02	0,02
Steel	polished plate	0,35	0,25	0,1	0,1
	rustless	0,35	0,2-0,9	0,15-0,8	0,1-0,8
	heavy plate			0,5-0,7	0,4-0,6
	cold-rolled	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9
	oxidized	0,8-0,9	0,8-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9
Tin	non oxidized	0,25	0,1-0,3	0,05	0,05
Titanium	polished	0,5-0,75	0,3-0,5	0,1-0,3	0,05-0,2
	oxidized		0,6-0,8	0,5-0,7	0,5-0,6
Wolfram	polished	0,35-0,4	0,1-0,3	0,05-0,25	0,03-0,1
Zinc	polished	0,5	0,05	0,03	0,02
	oxidized	0,6	0,15	0,1	0,1

Muiden kuin metallien emissiivisyys

Materiaali		Tyypillinen emissiivisyys eri aallonpituuksilla			
		1,0 µm	2,2 µm	5,1 µm	8-14 µm
Asbestos		0,9	0,8	0,9	0,95
Asphalt				0,95	0,95
Basalt				0,7	0,7
Carbon	non oxidized graphite		0,8-0,9 0,8-0,9	0,8-0,9 0,7-0,9	0,8-0,9 0,7-0,8
Carborundum			0,95	0,9	0,9
Ceramic		0,4	0,8-0,95	0,8-0,95	0,95
Concrete		0,65	0,9	0,9	0,95
Glass	plate melt		0,2 0,4-0,9	0,98 0,9	0,85
Grit				0,95	0,95
Gypsum				0,4-0,97	0,8-0,95
Ice					0,98
Limestone				0,4-0,98	0,98
Paint	non alkaline				0,9-0,95
Paper	any color			0,95	0,95
Plastic > 50 µm	non transparent			0,95	0,95
Rubber				0,9	0,95
Sand				0,9	0,9
Snow					0,9
Soil					0,9-0,98
Textiles				0,95	0,95
Water					0,93
Wood	natural			0,9-0,95	0,9-0,95

Kameran sijaintiskissi

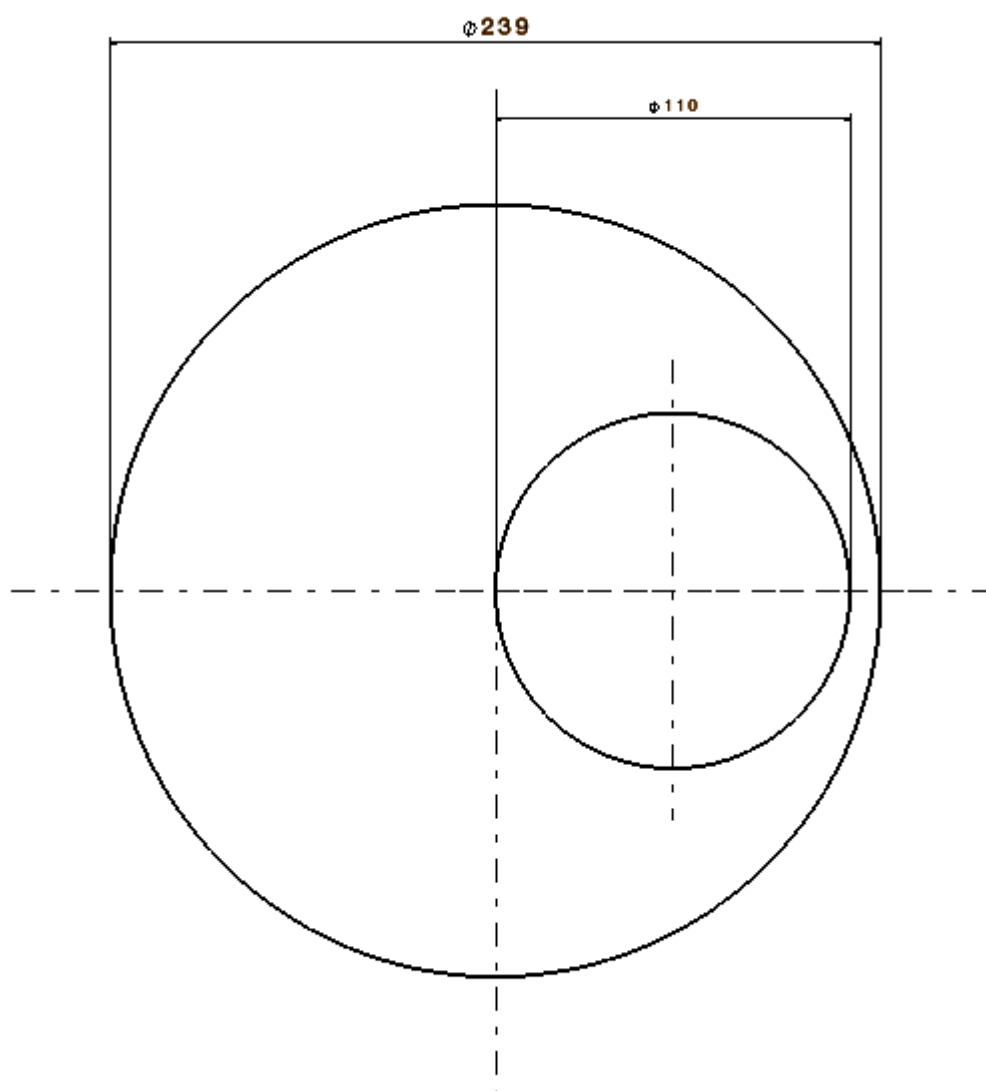


Iso-standardin mukaiset puhtausluokat

ISO 14644-1 cleanroom standards

Class	maximum particles/m ³						FED STD 209E equivalent
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Class 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Class 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Class 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Class 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Class 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Class 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Room air

Työpiirrustukset





Bonderin mittakuva

