



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sami Karhunen

OHUTLEVYRAKENTEIDEN LIITOKSET

Sarjatuotantoon soveltuvien liitosmenetelmien tutkiminen

Tekniikka
2023

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sami Karhunen
Opinnäytetyön nimi	Ohutlevyrakenteiden liitokset
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 1 liite
Ohjaaja	Jani Leppämäki

Ohutlevystä suursarjatuotantona valmistettavissa laitekoteloissa pienetkin säästöt materiaali- tai valmistuskustannuksissa voivat aikaansaada merkittäviä kustannussäästöjä vuositasolla tarkasteltuna. Tämän vuoksi tuotteita ja niiden valmistusmenetelmiä pyritään kehittämään koko ajan.

Opinnäytetyössä tutkitaan voisiko useammasta osasta muodostuvan laitekotelon nykyistä valmistustapaa parantaa osien liittämistapaa muuttamalla. Työ aloitetaan selvittämällä mitä erilaisia liitostapoja ohutlevyrakenteilla on käytössä ja millaisia vaatimuksia ne asettavat liitettävien osien suunnittelulle. Menetelmiä vertailemalla niistä valitaan paras mahdollinen korvaaja nykyiselle liitostavalle. Lopuksi suunnitellaan prototyyppikappaleet, joiden kokoonpanossa käytetään valittua liitostapaa.

Korvaavaksi liitostavaksi nykyiselle aineettomalle niittaukselle valikoitui laserhitsaus, joka teoriassa vaikuttaisi kilpailukykyiseltä liitosmenetelmältä. Laserhitsaus vaatii osilta hyvää mittatarkkuutta ja asemointia hitsauksen onnistumiseksi. Koska laserhitsaus voidaan suorittaa eri tavoin ja erilaisiin railoihin, päätettiin suunnitella useampia prototyyppikappaleita eri hitsaustapojen vertailemiseksi. Prototyyppisarjat on tilattu suunnitelmien mukaan valitulta valmistajalta. Myöhemmin, kappaleiden valmistuttua niitä tullaan arvioimaan ja testaamaan ja tulosten perusteella päätetään, tullaanko kehitystyötä liitostavan osalta jatkamaan.

ABSTRACT

Author	Sami Karhunen
Title	Joining Methods of Sheet Metal Structures
Year	2023
Language	Finnish
Pages	36 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Jani Leppämäki

In mass production of sheet metal cases, even small savings in material or manufacturing costs can result in significant cost savings when viewed on annual basis. This is why products, and their manufacturing methods are constantly being developed.

The topic of the thesis was to investigate whether the current manufacturing method of the enclosure consisting of multiple parts could be improved by changing the method of joining the parts. The thesis begins by identifying the different types of joining methods used for thin sheet metal structures and the requirements they impose on the design of the parts to be joined. By comparing the methods, the best possible replacement for the current joining method was chosen.

Laser welding was chosen as a replacement joining method for the current intangible riveting is selected as laser welding, which theoretically appears to be a competitive joining method. Laser welding seems to be a competitive joining method in theory, it requires near perfect dimensional accuracy and positioning of the parts for successful welding. Since laser welding can be performed in different ways and in different grooves, it was decided to design several prototype pieces to compare different welding methods. The prototype series have been ordered from the selected manufacturer according to the plans. After the pieces have been manufactured, they will be evaluated and tested, and based on the results, a decision will be made whether to continue the development work on the joining method.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	MATERIAALIVAIHTOEHDOT JA OSIEN LIITTÄMINEN	10
2.1	Materiaalivaihtoehdot	10
2.1.1	Kylmävalssattu sinkkipinnoitettu teräslevy	10
2.1.2	Sinkki-alumiiniseospinnoitettu teräsohutlevy	10
2.1.3	Sinkki-alumiini-magnesiumseospinnoitettu teräsohutlevy	11
2.1.4	Alumiinilevyt	11
2.1.5	Jousimateriaalit	11
2.2	Liittämismenetelmiä	12
2.3	Hitsausliitokset.....	13
2.3.1	Puristushitsausmenetelmät	13
2.3.2	Sulahitsausmenetelmät	16
2.4	Juottoliitokset	19
2.5	Mekaaniset liitokset.....	21
2.5.1	Ruuviliitokset.....	21
2.5.2	Niittiliitokset.....	22
2.5.3	Puristusliitos	22
3	PROTOTYYPPIKOTELOIDEN SUUNNITTELU.....	23
3.1	Kotelolle asetetut vaatimukset	23
3.2	Sopivan liitostavan valinta vaatimukset huomioiden.....	24
3.3	Prototyyppikotelot eri liitostavoille	24
3.3.1	Aineeton puristusliitos	26
3.3.2	Laserhitsausliitokset.....	27
4	PROTOTYYPPIKOTELOIDEN VALMISTUS.....	31
4.1	Rakenteiden arviointipyyntö ja prototyyppien tilaus.....	31

4.2	Prototyyppien arviointi, testaus ja jatkokehitys.....	31
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	33
5.1	Työn tavoitteiden saavuttaminen.....	33
5.2	Jatkotoimenpiteet.....	33
	LÄHTEET	35
	LIITTEET	36

KUVALUETTELO

Kuva 1. ABB Distribution Solutions -liiketoimintayksikön tuotteita. (ABB Oy, verkkosivut).....	8
Kuva 2. Pistehitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 284).....	13
Kuva 3. Kiekkohitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 285)	14
Kuva 4. Käsnahitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 286)	14
Kuva 5. Tyssähitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 287)	15
Kuva 6. Leimuhitsauksen periaate (Matilainen ym. 2011, 287)	15
Kuva 7. MIG/MAG-hitsauksen periaate. (Ionix Oy, verkkosivut).....	16
Kuva 8. TIG-hitsauksen periaate. (Ionix Oy, verkkosivut).....	17
Kuva 9. Laserhitsaus avaimenreikähitsauksena. (Ionix Oy, verkkosivut)	18
Kuva 10. MIG-, eli kaarijuoton periaate. (Ionix Oy, verkkosivut)	20
Kuva 11. Laserjuoton periaate. (Ionix Oy, verkkosivut).....	21
Kuva 12. Puristusliitos työkaluineen. (CLE Finland Oy, verkkosivut).....	22
Kuva 13. Periaatekuva kotelorakenteesta.....	25
Kuva 14. Limiliitos puristusliitosta varten.....	26
Kuva 15. Pienaliitos laserhitsausta varten	27
Kuva 17. Päittäisliitos laserhitsausta varten.....	28
Kuva 18. Muotoiltu päittäisliitos laserhitsausta varten.....	29
Kuva 19. Limiliitos laserhitsausta varten.	30

LIITELUETTELO

LIITE 1. Koteloiden piirustukset

1 JOHDANTO

ABB:n Distribution Solutions -liiketoimintayksikkö sijaitsee Vaasassa ja siellä kehitetään ja valmistetaan sähköjako- ja suojajärjestelmien suojauslaitteita sekä erilaisia ohjaus-, automaatio- ja valvontalaitteita. Sähköverkon vikatilanteissa suojauslaitteet havaitsevat vian, viestivät siitä eteenpäin ja suojaavat näin ihmishenkiä ja laitteita edistämällä samalla sähkönsaannin luotettavuutta. Ohjaus- ja suojauslaitteiden avulla pystytään turvaamaan häiriöttömämpi sähkönsaanti ja lyhentämään mahdollisten vikatilanteiden aiheuttamia katkosaikoja. Alla olevassa kuvassa on yrityksen valmistamia tuotteita. (ABB Oy 2023)



Kuva 1. ABB Distribution Solutions -liiketoimintayksikön tuotteita. (ABB Oy 2023)

Opinnäytetyö tehdään ABB Distribution Solutions -yksikön toimeksiantona ja siinä selvitetään erilaisten materiaalien ja liitosmenetelmien soveltuvuutta ohutlevystä valmistettavan kotelomaisen tuotteen valmistuksessa. Työn alussa esitellään lyhyesti mahdollisia materiaalivaihtoehtoja sekä yleisimpiä ohutlevyrakenteiden liittämiseen käytettäviä menetelmiä, jotka saattavat tulla kyseeseen edellä mainitun rakenteen valmistuksessa.

Yrityksen valmistamalle tuotteelle on olemassa joukko vaatimuksia, jotka sen on täytettävä ja jotka on otettava huomioon eri vaihtoehtoja mietittäessä. Lopputuotteen rakenteelle asettamien vaatimusten perusteella valitaan liitosmenetelmistä paras mahdollinen vaihtoehto, jolla tuotevaatimukset voidaan täyttää ja jota voitaisiin mahdollisesti käyttää nykyisen liitosmenetelmän sijasta. Valinnan jälkeen suunnitellaan tuotetta mukailevat prototyyppikappaleet nykyisin käytössä olevalle liitosmenetelmälle ja valitulle uudelle liitosmenetelmälle.

Suunniteltavien prototyyppien piirustusten avulla tullaan pyytämään tuotevalmistajia arvioimaan nykyiselle ja uudelle liitosmenetelmälle suunniteltujen tuotteiden valmistettavuutta, mahdollisia kehitysehdotuksia ja arviota valmistuskustannuksista. Eri vaihtoehdoista tullaan tilaamaan myös prototyyppikappaleita, joiden avulla rakenteiden toimivuutta voidaan testata ja arvioida käytännössä. Prototyypeille suoritettavien testien ja arvioiden perusteella päätetään uuden liitosmenetelmän myöhemmästä jatkokehityksestä ja mahdollisesta käyttöönotosta yrityksen tuotteiden kokoonpanossa.

2 MATERIAALIVAIHTOEHDOT JA OSIEN LIITTÄMINEN

Jotta lopputuotteelle asetettavat standardien mukaiset vaatimukset pystytään saavuttamaan, on tuotteen kotelo-osa tehtävä metallilevystä. Koska kehitettävänä olevalta tuotteelta vaaditaan lisäksi hyvää ulkonäköä ilman kokoonpanon jälkeen tehtävää erillistä pintakäsittelyä, on vaatimus huomioitava materiaalin ja liitostavan valinnassa. Seuraavassa on käyty läpi lyhyesti eri materiaalivaihtoehtoja ja niille käytettäviä liitosmenetelmiä.

2.1 Materiaalivaihtoehdot

Ohutlevyiksi kutsutaan metallilevyjä, joiden ainevahvuus on enintään 3 millimetriä. Ohutlevyjä on saatavana sekä eri tavoilla pinnoitettuna, että pinnoittamattomina vaihtoehtoina. Tässä työssä tutkittavalle tuotteelle asetettavien vaatimusten mukaan tuotteelle sopivia mahdollisia materiaalivaihtoehtoja ovat mm. seuraavat.

2.1.1 Kylmävalssattu sinkkipinnoitettu teräslevy

Puhtaalla sinkillä (min. 99 %) päällystetty teräsohutlevy. Sinkkipinnoite antaa levyille korroosiosuojan, joka on verrannollinen pinnoitekerroksen vahvuuteen. Paksu pinnoitekerros vaikeuttaa levyn muovaamista, jonka vuoksi muovattavissa kappaleissa on käytettävä ohuempia pinnoitteita. Yleisimmin käytettävät pinnoitepaksuudet ovat merkinnöiltään Z100, Z140, Z225, Z275 ja Z300, joissa Z tarkoittaa pinnoitetta (sinkki) ja lukuarvo levyn kummankin puolen pinnoitteen massaa grammoina neliometriä kohden. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2011, 12–13)

2.1.2 Sinkki-alumiiniseospinnoitettu teräsohutlevy

Pinnoitteena käytetään sinkin ja alumiinin seosta, jossa on alumiinia 5 %. Alumiiniseostus parantaa levyn muovattavuutta pelkkään sinkkipinnoitteeseen verrattuna. Samoin kuin sinkillä, paksu pinnoitekerros antaa paremman korroosiosuo-

jan, mutta heikentää muovattavuutta. Jos hyvä muovattavuus on tärkeä, tulee käyttää ohuita pinnoitekerroksia. Pinnoite ja sen vahvuus merkitään samalla tavalla kuin sinkkipinnoite edellä. Käytettävät pinnoitepaksuudet ovat ZA095, ZA130, ZA185, ZA200, ZA225 ja ZA300. (Matilainen ym. 2011, 13–15)

2.1.3 Sinkki-alumiini-magnesiumseospinnoitettu teräsohutlevy

Sinkki-alumiini-magnesiumseospinnoitetta myydään eri tuotenimillä, joista yksi on Magnelis. Se on seospinnoite, joka sisältää 93,5 % sinkkiä, 3,5 % alumiinia ja 3 % magnesiumia. Magnelis on harmaansävyinen, kiiltävä ja hienojakoinen pinnoite, jolla on korkea korroosionkesto. Magnelis on pienempikiteistä kuin sinkkipinnoitettu teräs, joten sen muovattavuusominaisuudet ovat paremmat. Pinnoitteiden paksuudet ovat 5–35 µm pinnoitteen massan ollessa 70–430 g/m². (Korpi, 2021, 28–29)

2.1.4 Alumiinilevyt

Alumiinilla on useita hyviä ominaisuuksia, jonka vuoksi se on nykyisin yleisesti käytetty metalli myös ohutlevytuotteissa. Alumiini on kevyttä ja lujaa, sen tiheys on n. 1/3 teräksen tiheydestä. Alumiinin pintaan muodostuu suojaava oksidikerros, johon sen korroosiokestävyys perustuu. Alumiinin pinta kuitenkin naarmuuntuu herkästi, joka on otettava huomioon tuotteiden valmistuksessa. Teollisesti puhtaan alumiinin lisäksi alumiinia käytetään lukuisina eri seoksina, jolloin materiaalille saadaan halutut ominaisuudet. (Matilainen ym. 2011, 60)

2.1.5 Jousimateriaalit

Suunniteltavassa tuotteessa tarvitaan kontaktipinta galvaanisen liitoksen aikaansaamiseksi. Kontaktipinnan luotettavan toiminnan takaamiseksi myös liikkuvien osien välillä, käytetään niiden valmistuksessa materiaaleina yleensä erilaisia jousimateriaaleja. Jousimateriaaleilla on ominaisuutena suuri myötölujuus, jonka ansiosta niistä valmistettu kappale palautuu kovastakin taivutuksesta tai kierros-

ta alkuperäiseen muotoonsa. Seuraavassa on lyhyesti esitelty kyseeseen tulevia jousimateriaaleja.

1. Tinapronssit ovat jousipronsseja, joilla on suuri lujuus ja kovuus. Jousipronsseilla on erinomaiset jousiominaisuudet, hyvä kestävyys korroosiota, kulutusta ja väsytystä vastaan. Jousipronsseja käytetään mm. sähköalan jousissa, liittimissä, katkaisijaosissa, silmälasikehyksissä, jne. (Helsingin Rauta Oy 2020, 23)
2. Uushopeat ovat kuparin nikkelin ja sinkin seoksia, joilla on hyvä kestävyys ulkoilmassa, hyvät jousiominaisuudet. Tyypillisiä materiaalista valmistettavia osia ovat sähkö- ja puhelinalan jouset, kiinnikkeet, liittimet, silmälasikehykset, optiikkalaitteiden osat, vetoketjunauhat ja korut. (Helsingin Rauta Oy 2020, 23)
3. Jousiteräkset koostuvat laajasta kirjosta erilaisia teräksiä, jotka ovat yleensä niukkaseosteisia mangaaniteräksiä tai keski- tai runsashiilisiä teräksiä. Jousiteräkistä valmistetaan jousia etupäässä ajoneuvoihin ja teollisuuskäyttöön. Jousiterästen hitsaaminen vaatii usein erikoisjärjestelyitä niiden karkenevuuden vuoksi. (Ovako Oy 2023)

2.2 Liittämismenetelmiä

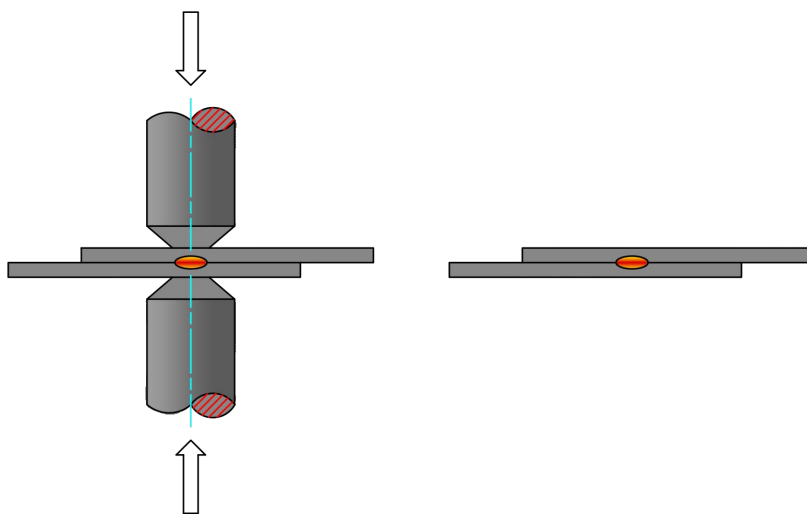
Ohutlevykappaleita voidaan liittää toisiinsa monilla erilaisilla tavoilla. Osa menetelmistä soveltuu parhaiten yksittäisille kappaleille tai pienille valmistuserille, toiset taas ovat sopivia suursarjatuotannon menetelmiä. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti liitosmenetelmiä, jotka saattaisivat tulla kyseeseen suunnittelun kohteena olevan tuotteen kokoonpanossa.

2.3 Hitsausliitokset

Hitsaus on yleinen liittämismenetelmä, jota käytetään eri tavoin myös ohutlevyrakenteiden kokoonpanossa. Hitsausliitokset aikaansaadaan joko puristus- tai sulahitsausmenetelmien avulla. Seuraavassa on esitelty tärkeimmät hitsausmenetelmät.

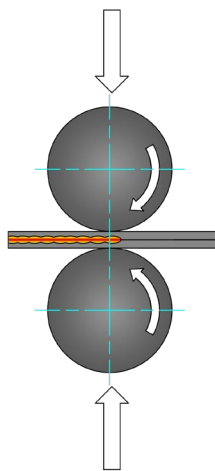
2.3.1 Puristushitsausmenetelmät

Pistehitsaus on hitsausmenetelmä, jossa hitsausvirta ohjataan limittäin asetettuihin levyihin elektrodikärkien avulla. Elektrodikärjillä myös puristetaan levyt yhteen. Elektronivirtaa syötetään levyihin, kunnes haluttu lämpötila saavutetaan. Virran katkaisun jälkeen pidetään levyt puristuksissa, jotta hitsaus jäähtyy ja liitos syntyy. Alla olevassa kuvassa on esitetty pistehitsauksen periaate.



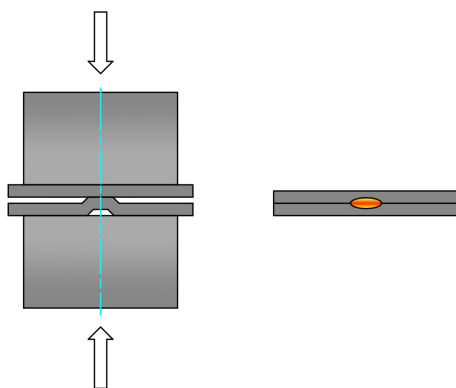
Kuva 2. Pistehitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 284)

Kiekkohitsaus on periaatteeltaan hyvin saman kaltainen menetelmä, kuin pistehitsaus, mutta kiekkohitsauksessa elektrodikärjet ovat alla olevan kuvan mukaisesti kiekkomaiset. Kiekkohitsauksella voidaan tuottaa jatkuvaa saumaa tai pistehitsijonoja.



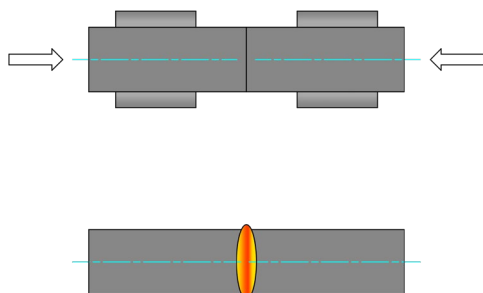
Kuva 3. Kiekkohitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 285)

Käsnähitsaus on hitsausmenetelmä, jossa toiseen hitsattavista kappaleista tehdään esityönä alla olevassa kuvassa näkyvät kohoumat (käsnät), joiden avulla voidaan keskittää sähkövirrasta syntyvä lämpö. Puristettaessa kappaleet samalla yhteen, syntyy käsnistä pistehitsiä muistuttava hitsi jokaisen kohouman kohdalle.



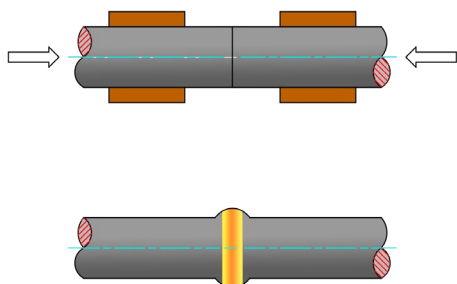
Kuva 4. Käsnähitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 286)

Tyssähitsaus on hitsausmenetelmä, jolla voidaan liittää päittäin alla esitetyn periaatekuvan mukaisesti erilaisia kappaleita kuten: tankoja, putkia, nauhoja jne. Tässä menetelmässä johdetaan sähkövirtaa liitettävien pintojen läpi oikein sijoitettujen elektrodien avulla. Kappaleita puristetaan toisiinsa hitsauksen alusta loppuun. Tyssähitsaus soveltuu lähes kaikille hitsattaville materiaaleille, mutta kappaleen koolla on vaikutus hitsauksen lopputulokseen. (Matilainen ym. 2011, 286–287)



Kuva 5. Tyssähitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 287)

Leimuhitsaus on alla olevan periaatekuvan mukainen hitsausmenetelmä, jossa kappaleiden läpi johdetaan hitsausvirtaa ja kappaleet saatetaan ajoittain kosketukseen toisiensa kanssa, jolloin kappaleiden päiden välille syntyy valokaaria, jotka lämmittävät hitsauspinnat haluttuun lämpötilaan. Lämmityksen jälkeen kappaleet puristetaan toisiaan vasten ja hitsi saadaan syntymään. Lyhyesti leimuhitsaus voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: lämmitys, leimutus ja puristus. (Matilainen ym. 2011, 287)

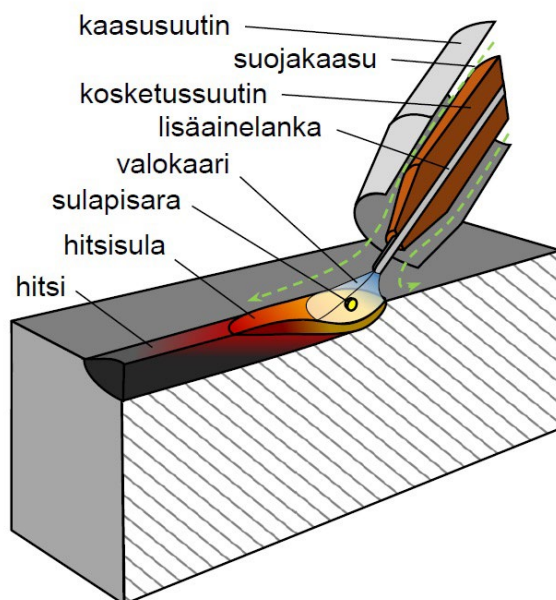


Kuva 6. Leimuhitsauksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 287)

2.3.2 Sulahitsausmenetelmät

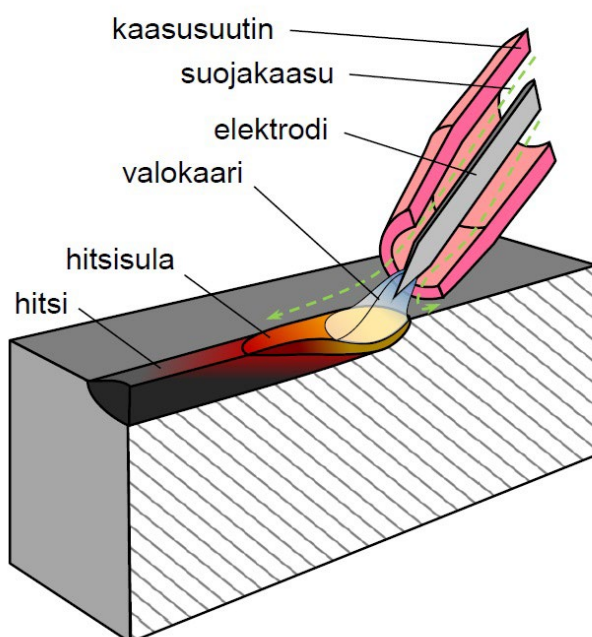
Kaarihitsaus menetelmät

MIG/MAG on nykyisin yleisin hitsausmenetelmä konepajoissa, minkä vuoksi sitä käytetään myös ohutlevyjen hitsaamiseen. Tämä hitsausmenetelmä on kaasukaarihitsausprosessi, jossa suojakaasun ympäröimä valokaari palaa lisäaineen, sekä työkappaleen välillä. MIG-hitsaus nimikettä käytetään silloin, kun suojakaasu on inertti (Metal-Arc Inert Gas Welding), kun taas MAG-hitsauksessa suojakaasu on aktiivinen (Metal-Arc Active Gas Welding). MIG-hitsauksessa voidaan käyttää suojakaasuina argonia, heliumia tai näiden seoksia. Inertit kaasut eivät reagoi sulassa hitsissä olevien aineiden kanssa. Aktiivisia kaasuja ovat argonin ja hiilidioksidin, argonin ja hapen tai hapen ja hiilidioksidin seokset. Aktiiviset suojakaasut reagoivat hitsisulassa olevien aineiden kanssa. Alla olevassa kuvassa on esitetty menetelmän periaate.



Kuva 7. MIG/MAG-hitsauksen periaate. (Ionix Oy 2023)

Alla olevan periaatekuvan mukainen **TIG-hitsaus** on myös kaasukaarihitsausprosessi, mutta lisäaineen sijaan valokaari palaa sulamattoman volframielektroodin ja työkappaleen välillä. TIG-hitsauksessa käytetään inerttiä suojakaasua. Kaasua käytetään suojaamaan hitsaustapahtumaa ja elektrodin päätä.



Kuva 8. TIG-hitsauksen periaate. (Ionix Oy 2023)

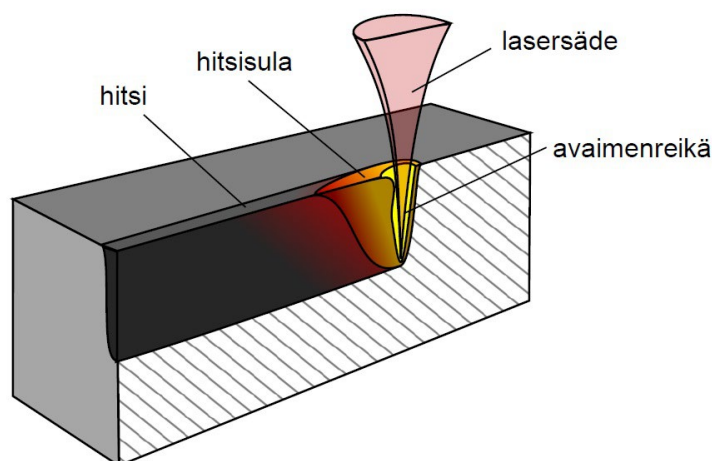
Plasmahitsaus on periaatteeltaan samanlainen hitsausmenetelmä kuin TIG-hitsaus, mutta plasmahitsauksessa valokaaren lisäksi muodostetaan myös plasmaa, joka toimii hitsauslämmön lähteenä. Plasma syntyy plasmakaasusta sähköpurkauksien avulla. Plasmakaarella on mahdollista tuottaa enemmän lämpöenergiaa, kuin TIG-hitsauksella. (Matilainen ym. 2011, 294)

Sädehitsaus menetelmät

Laserhitsaus on hitsausmenetelmä, jolla saadaan aikaiseksi syvä ja kapea hitsi ilman suuria muodonmuutoksia hitsattavissa kohteissa. Laserhitsaus on tehokas tuotantomenetelmä, sillä hitsausnopeudet voivat olla jopa useita metrejä minuutissa. Laserhitsaus kuitenkin vaatii erityistä tarkkuutta hitsattavilta kappaleilta ja

niiden railonvalmistuksilta. Laserhitsausta käytetään laajasti sarjatuotannossa, mutta nykyisin menetelmä soveltuu myös monien kertavalmistuksena tehtävien tuotteiden hitsaukseen.

Laserhitsaus voidaan suorittaa avaimenreikähitsauksena, sulattavana hitsauksena tai pulssihitsauksena. Lisäksi on olemassa lukuisia erilaisia variaatioita, joissa toisena osapuolena on esim. jokin kaarihitsausmenetelmä. Alla olevan kuvan mukaisessa avaimenreikähitsauksessa lasersäde sulattaa ja höyrystää materiaaliin avoimen reiän. Sädetä liikuttaessa reikä etenee säteen mukana ja etuosassa sulanut aine virtaa reiän takaosaan ja jäähmettyy muodostaen hitsin.



Kuva 9. Laserhitsaus avaimenreikähitsauksena. (Ionix Oy 2023)

Sulattava laserhitsaus tapahtuu pienemmällä teholla, jolloin avaimenreikää ei synny ja hitsaus muistuttaakin tavanomaista kaarihitsausta. Syntyvä hitsi on matalampi ja leveämpi kuin avaimenreikähitsauksessa. Menetelmä soveltuukin hyvin ohuiden materiaalien hitsaukseen, eikä se vaadi yhtä tarkkoja railotoleransseja kuin avaimenreikähitsaus.

Laserhitsauksella voidaan hitsata kaikkia sulahitsattavia materiaaleja ja lisäksi se soveltuu myös erikoismateriaalien ja eripari materiaalien hitsaukseen. Yleisin eriparisovellus on ruostumattoman ja seostamattoman teräksen yhteen hitsaaminen. Laserhitsauksessa voidaan käyttää monenlaisia liitosmuotoja. Yleisimmin

käytettävät liitosmuodot ovat päittäis-, laippa-, limi- ja T-liitokset. Menetelmällä syntyvät hitsit ovat yleensä syviä ja kapeita ja lämpövyöhyke hitsin ympäristössä on kapea, jolloin myös lämpömuodonmuutokset jäävät vähäisiksi.

Elektronisuihkuhitsaus tunnetaan myös nimellä EB-hitsaus. Tämä menetelmä on numeraalisesti ohjattu hitsausprosessi, jolla voidaan hitsata sekä erittäin ohuita tai erittäin paksuja materiaaleja. Hitsaus suoritetaan tyhjiökammiossa. Elektronisuihkuhitsaus ei aiheuta suuria muodonmuutoksia hitsattaviin kappaleisiin, eikä se vaadi lisäaineen käyttöä. Menetelmän periaate perustuu elektroneista koostuvaan säteeseen, joka muodostetaan kuumennetun katodin avulla elektronitykissä. Säde kiihdytetään anodin avulla sähkömagneettisille keloille ja lopuksi poikkeutuskeloille. Säde keskitetään ja fokusoidaan työkappaleen pinnalle pisteeksi, jossa energiatiheys nousee korkeaksi, joka sulattaa hitsattavat materiaalit. (Matilainen ym. 2011, 310–311)

2.4 Juottoliitokset

Kolvijuotto on liitosmenetelmä, jossa railopinnat lämmitetään juottolämpötilaan erillisen juottokolvin avulla käyttäen liitosta tuottavaa juotetta. Kolvilla sulatetaan juotetta siten, että se leviää kunnolla ja sitoutuu railopinnoille. (Matilainen ym. 2011, 321–322)

Liekkijuotto on liitosmenetelmä, jossa työkappaleiden railopinnat lämmitetään polttimen liekin avulla. Mekanisoidussa liekkijuotossa saatetaan käyttää myös useita polttimia, jotta saavutetaan kappaleen tasainen lämpeneminen. Kaasuina voidaan käyttää happea sekoitettuna asetyleeniin tai propaaniin. Liekkijuotto soveltuu sekä yksittäiskappaleiden että sarjojen valmistukseen. (Matilainen ym. 2011, 322)

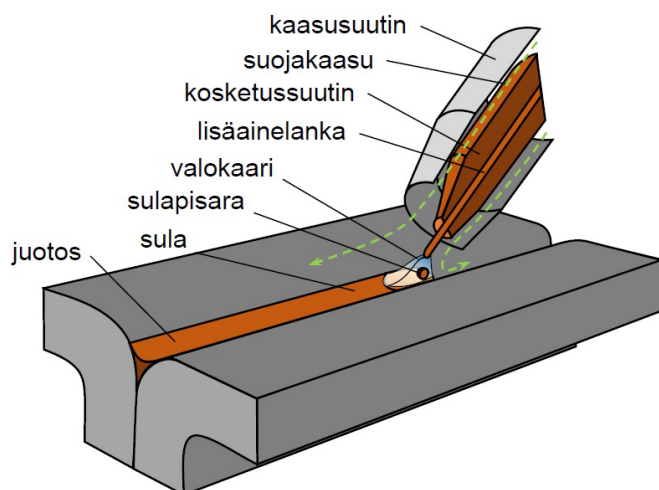
Uunijuotto on liitosmenetelmä, jossa kaikki osat asetellaan paikoilleen ja kappaleet kuumennetaan tarvittavaan lämpötilaan uunissa, joka sisältää tarpeen mukaan joko ilmaa tai suojakaasua. Kappaleiden jäähdytys voidaan suorittaa samas-

sa tilassa kuin kuumennuskin, jolloin uunin lämpötilaa joudutaan jatkuvasti säätämään. Kappale voidaan myös jäädyttää erillisessä jäähdytysastiassa. (Matilainen ym. 2011, 322–323)

Induktiojuotto on liitosmenetelmä, jossa kappaleet lämmitetään johtamalla juotettavaan kohtaan vaihtovirtaa induktiokelan avulla. Liitettävä kappale voi olla juottamisen aikana paikoillaan tai juotettava kohta voidaan syöttää induktiokelan lävitse. Menetelmä sopii parhaiten teräkselle, sillä teräkset johtavat lämpöä vähemmän kuin muut metallit. Tämän seurauksena voidaan teräksiä lämmittää tehokkaammin juottokohdasta. (Matilainen ym. 2011 323)

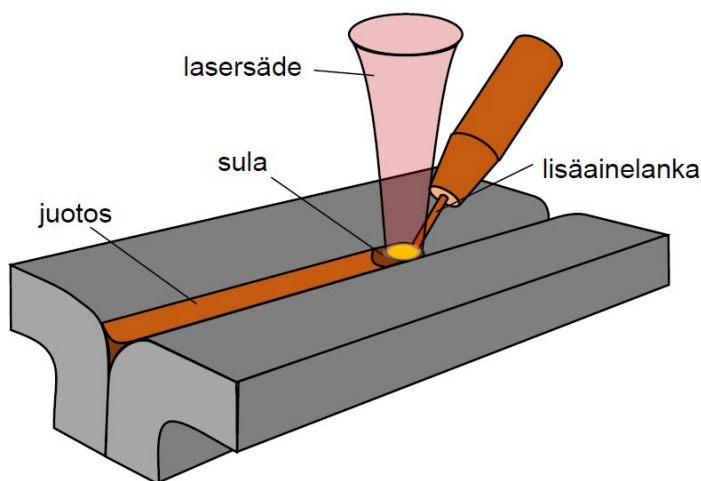
Vastusjuotto on pistehitsauksen tapainen liitosmenetelmä, jossa liitettävien kappaleiden väliin laitetaan juotetta, kappaleet puristetaan yhteen ja kuumennetaan elektrodien avulla. (Matilainen ym. 2011, 323)

MIG-juotto, (ks. periaatekuva alla), on liitostapa, jossa käytetään samoja laitteita kuin hitsauksessakin, mutta lisäaineena käytetään matalissa lämpötiloissa sulavia materiaaleja, kuten kupariseoksia ja pronseja. MIG-juoton toimintaperiaate on sama kuin hitsauksella. (Matilainen ym. 2011, 324)



Kuva 10. MIG-, eli kaarijuoton periaate. (Ionix Oy 2023)

Laserjuotto on laserhitsauksen tapaan erittäin tarkka liitosmenetelmä. Laserjuotossa juote asetetaan paikoilleen etukäteen ja juotettavaa kohtaa lämmitetään joko pulssimaisella tai jatkuvalla säteellä. Menetelmän lämmöntuotto on erittäin vähäistä, joten se soveltuu myös hyvin lämmönarkojen komponenttien liittämiseen toisiinsa. Laserjuotto soveltuu kolviuottoa paremmin elektroniikkateollisuuden tuotteille, mutta ei kaikissa tapauksissa korvaa uuniuottoa. Laserjuottoa voidaan konepajasovelluksissa käyttää laserhitsauksen tavoin. (Matilainen ym. 2011, 324)



Kuva 11. Laserjuoton periaate. (Ionix Oy 2023)

2.5 Mekaaniset liitokset

Liitettäessä kappaleita mekaanisesti käytetään yleensä jotain lisäkomponenttia, kuten ruuvia, niittiä, puristemutteria, yms., joiden avulla liitos saadaan aikaan. Liitostapoja kehitettäessä on kuitenkin kehitetty myös menetelmiä, nk. kiinnikkeittämiä liitoksia, joissa erillisiä liitoselementtejä ei tarvita. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti yleisimpiä ohutlevyrakenteissa käytettäviä mekaanisia liitostapoja.

2.5.1 Ruuviliitokset

Ruuviliitokset ovat yleisiä liittämistapoja myös ohutlevyrakenteita koottaessa. Perinteisin ruuviliitos on ruuvi- mutteriliitos, jossa liitos tehdään vapaareikien

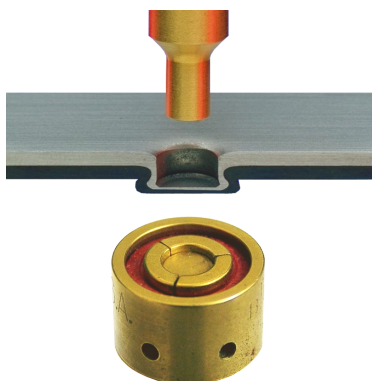
läpi. Yleisemmin ohutlevyjä liitetään kuitenkin toisiinsa siten, että toiseen levyyn tehdään vapaareikä ja toiseen kierre- tai tartuntareikä ruuvia varten, jolloin irtomutteri jää pois. Mikäli levyn vahvuus ei riitä riittävän kierrepituuden aikaansaamiseen voidaan käyttää levyyn kiinnitettäviä kierteitä sisältäviä komponentteja, kuten vetomuttareita tai puristemuttareita.

2.5.2 Niittiliitokset

Niittiliitoksilla voidaan helposti liittää toisiinsa erilaisia materiaaleja ja kaikki niittiliitokset eivät vaadi etukäteen tehtyjä reikiä. Niittausta käytetään rakenteissa, jotka eivät kestä hitsausta tai liitos täytyy tehdä metallien ja epämetallien välille. Vetoniittiliitoksessa, joka on yksi yleisimmin käytetyistä niittiliitoksista, liitettäviin kappaleisiin tehdään reiät. Niittien kiinnittäminen tapahtuu toiselta puolelta, eikä toiselle puolelle liitosta tarvitse päästä.

2.5.3 Puristusliitos

Puristusliitos on kiinnikkeetön liitosmenetelmä, jossa aineet liitetään toisiinsa muovaamalla niitä alla olevan kuvan mukaisesti pistimen ja tyynyn sisältävällä työkalulla. Työkalu on saatava mahtumaan liitoksen kummallekin puolelle. Liitokset tunnetaan yleisesti konevalmistajien nimillä esim. Tox, Eckold, Trumpf ja Spot Clinch. Liittäminen ei vaadi esivalmisteluita ja se on lastuton.



Kuva 12. Puristusliitos työkaluineen. (CLE Finland Oy 2023)

3 PROTOTYYPPIKOTELOIDEN SUUNNITTELU

Ohutlevyrakenteiden liitosmenetelmiin tutustumisen jälkeen ryhdyttiin miettimään, voisiko nykyisin käytössä olevan kotelorakenteen korvata jollakin muulla, nykyisestä poikkeavalla valmistustavalla. Uudelle rakenteelle laaditun vaatimustilan perusteella ryhdyttiin suunnittelemaan kotelorakennetta ja sen osien liitosmenetelmää. Koteloiden suunnittelu ja mallinnus tehtiin yrityksen käytössä olevalla SolidWorks -ohjelmistolla.

3.1 Kotelolle asetetut vaatimukset

Kotelorakenne tulee suunnitella siten, että se täyttää yrityksen asettamat vaatimukset. Vaatimuksia kotelorakenteelta ovat mm. rakenteen tekniset ominaisuudet, galvaanisen liitoksen säilyminen ja taloudellisuus. Lisäksi koko lopputuotteen on läpäistävä sille asetettujen standardien mukaiset mekaaniset testit ja standardien vaatimusten mukaiset ESD-testit.

Elektronisten komponenttien kanssa työskennellessä jo hyvinkin pienet, ihmiselle täysin huomaamattomat sähköstaattiset purkaukset (Electrostatic discharge =ESD), voivat aiheuttaa vahinkoa näille komponenteille ja tuotteille, joissa niitä käytetään. Jotta nämä ESD-vaurioiksi kutsutut vikaantumiset voidaan välttää, tulee ESD-suojaukseen kiinnittää erityistä huomiota. (Treston Oy 2023)

Tärkeimmät vaatimukset listattuina ovat:

- Useammasta osasta koostuva kotelorakenne, jonka materiaalina on kuumasinkitty teräslevy, ainevahvuus 1-2 mm.
- Koteloon on voitava liittää myös eri materiaalista, (jousipronssi), valmistettuja osia.
- Valmistushinnan on oltava mahdollisimman edullinen, koska tuotteita valmistetaan suuria määriä, jolloin pienetkin erot ovat merkittäviä.

- Tuotteen ja liitoksen ulkonäön on oltava hyvä heti liittämisen jälkeen, koska tuotteelle ei tehdä erillistä pintakäsittelyä kokoonpanon jälkeen.
- Lopputuotteiden mekaniikan valmistusmääräksi on arvioitu 50 000–100 000 kappaletta vuodessa.

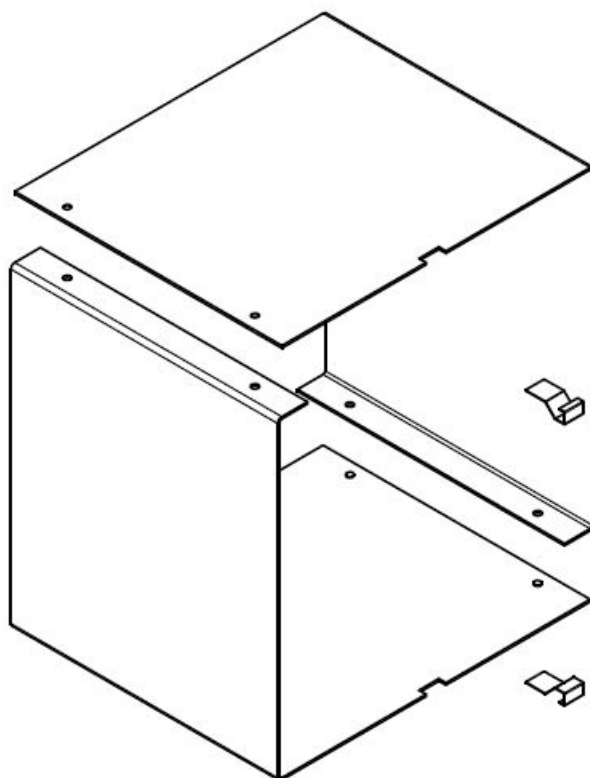
3.2 Sopivan liitostavan valinta vaatimukset huomioiden

Edellä olevien vaatimusten vuoksi alussa esitetyistä liitosmenetelmistä jätettiin suurin osa pois jo tässä vaiheessa sopimattomuutensa vuoksi. Sinkkipinnoitetut ohutlevyt soveltuvat huonosti kaarihitsausmenetelmin hitsattavaksi, joten MIG/MAG-hitsaus ja TIG-hitsaus jäävät pois. Hitsausmenetelmistä materiaalin puolesta sopivia ovat pistehitsaus ja Laser-hitsaus. Näistäkin karsittiin pois vielä pistehitsaus tuotteen korkeiden ulkonäkövaatimusten saavuttamiseksi. Mekaaniset liitostavat ovat käyttökelpoisia myös kuumasinkitylle ohutlevylle, mutta valmistuksessa tarvittavien osien määrän minimoimiseksi, päätettiin ettei erillisiä liitososia sallita. Mekaanisista liitostavoista jää siten jäljelle ainoastaan aineeton niittaus, joka on myös nykyään käytetty menetelmä. Liitostavan valinnan jälkeen jäljelle jäivät siis aineeton niittaus ja laserhitsaus, joille prototyyppikappaleita ryhdyttiin suunnittelemaan.

3.3 Prototyyppikotelot eri liitostavoille

Yrityksen liikesalaisuuksien suojaamiseksi tässä työssä ei esitetä, eikä prototyyppikappaleina käytetä yrityksen todellisten tuotteiden osia. Sen sijaan päätettiin, että työtä ja eri liitostapoja varten suunnitellaan erikseen tuotetta mukailevat yksinkertaistetut kotelorakenteet, joiden avulla liitostapojen vertailu voidaan suorittaa. Koska eri liitostavat asettavat erilaisia vaatimuksia mm. osien muodolle, niiden valmistustarkkuudelle ja osien asemoinnille kokoonpanossa, suunnitellaan kumpaakin liitosmenetelmää varten kyseiselle menetelmälle sopivat kappaleet kirjallisuudesta etsittyjä suunnitteluohjeita apuna käyttäen.

Suunnittelun lähtökohtana oli, että itse kotelo muodostuu kahdesta osasta sekä koteloon liitettävästä erillisestä jousipronssista valmistetusta lisäosasta. Lisäksi osien määrän minimoimiseksi toiveena oli, että itse kotelon kaksi osaa olisivat keskenään samanlaisia, eli kyseessä olisi ainoastaan yksi osa kahtena kappaleena. Kun vielä päätettiin, että prototyypikotelossa ei tarvitse olla päätyjä, eli kyseessä tulisi olemaan putkimainen kappale, jolle sovittiin ulkomitoiksi: leveys 160 mm, korkeus 160 mm ja pituus 135 mm. Edellä kuvattujen lähtötietojen perusteella oli selvää, että kyseessä tulisi olemaan jonkinlainen L-, tai U-mallinen kotelonpuolikas, joita kaksi yhteen liittämällä saataisiin aikaan haluttu kotelo.



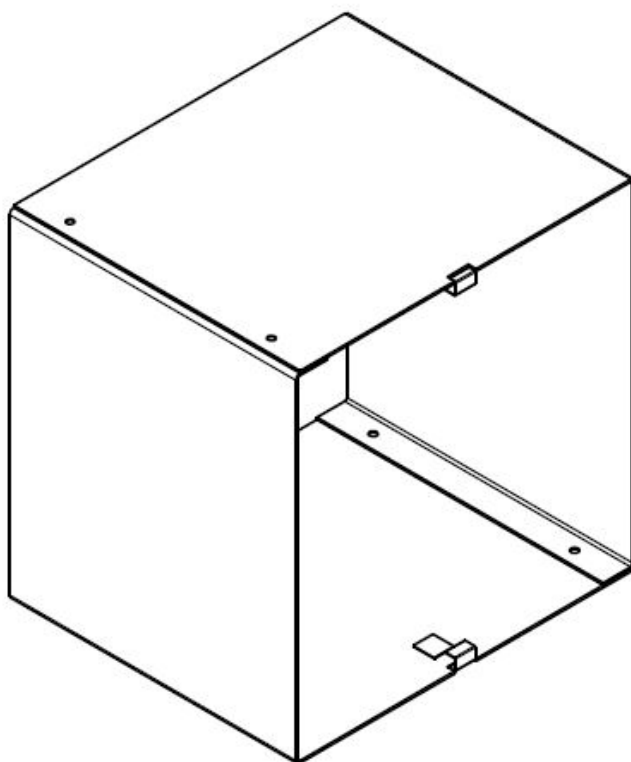
Kuva 13. Periaatekuva kotelorakenteesta.

Seuraavassa on kuvattu lyhyesti suunniteltuja erilaisia kotelomalleja.

3.3.1 Aineeton puristusliitos

Puristusliitos syntyy levyjä yhteen puristettaessa pistimen ja tyynyn välissä, jolloin materiaalin muovautumisen avulla saadaan aikaan yhteen lukittuva liitos. Liitettävät osat ovat päällekkäin olevia levyosia ilman reikiä, jolloin osat ovat yksinkertaisia valmistaa. Työkalu pitää kuitenkin saada liitoksen kummallekin puolelle, joten kovin pienille kappaleille menetelmä ei sovellu.

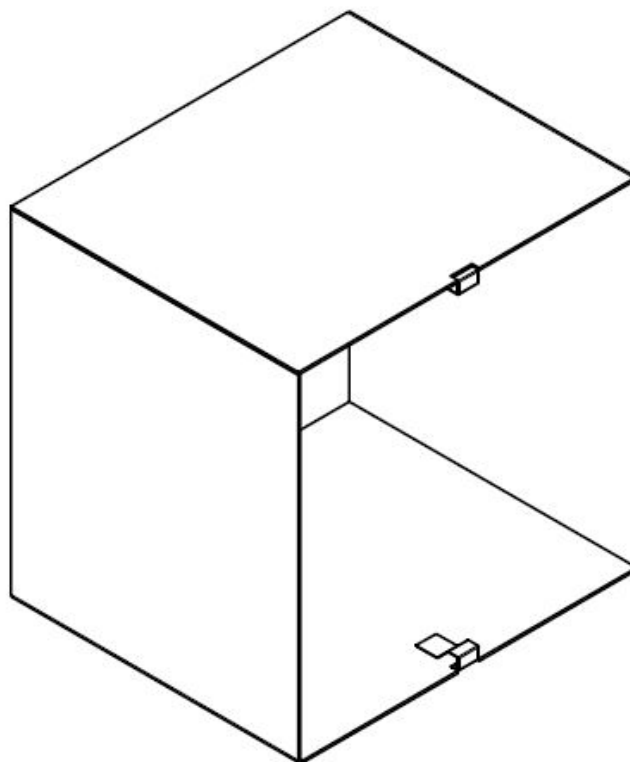
Puristusliitosten tekoa varten tuotteeseen suunniteltiin alla olevan kuvan mukaiset limiliitokset, joihin liitokset voidaan tehdä. Liitospintoihin suunniteltiin lisäksi osittain läpi meistetystä ohjausnastasta ja vastakappaleen ohjausreiästä muodostuvat paikoituskohdat, joiden avulla osat saadaan asemoitua oikeille paikoilleen helpottamaan kokoonpanoa.



Kuva 14. Limiliitos puristusliitosta varten.

3.3.2 Laserhitsausliitokset

Laserhitsauksella saadaan aikaiseksi syvä ja kapea hitsi ilman suuria muodonmuutoksia, joten se soveltuu hyvin suunniteltavan kotelon liittämismenetelmäksi. Menetelmä on lisäksi nopea, joten suuretkaan kappalemäärät eivät aiheuta ongelmia. Liitettävien osien valmistustarkkuudelle ja asemoinnille hitsauksen yhteydessä sen sijaan asetetaan tiukkoja vaatimuksia, jotka on otettava huomioon. Hitsattavien pintojen tulee olla suoria, suositeltava ilmarako päittäisliitoksessa esim. 1,0 mm:n levyllä on vain 0,05 mm ja sallittu asetusvirhe korkeussuunnassa 0,15 mm. Koska laserhitsaukselle sopivia railomuotoja tämänkin tuotteen osalta löydettiin useampia, päätettiin suunnitella muutama prototyyppi erilaisilla railomuodoilla, joiden piirustukset lähetetään valmistajille arvioitaviksi.

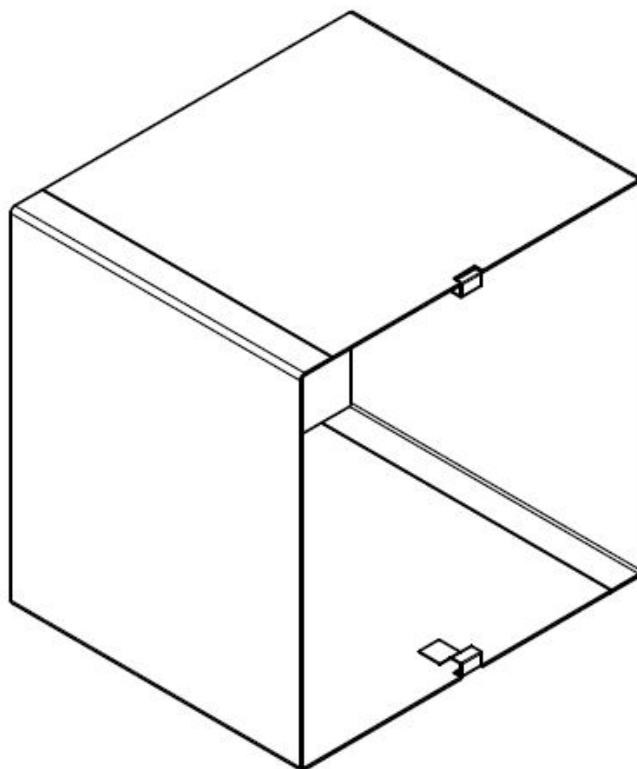


Kuva 15. Pienaliitos laserhitsausta varten.

Yllä olevan kuvan mukaisessa ensimmäisessä vaihtoehdossa *pienaliitoksessa* osat ovat mahdollisimman yksinkertaiset. Hitsaus tehdään kotelon kulmiin, jolloin leikkauspintojen on oltava ehdottoman suoria ja syntyvän railon on täytettävä

sille asetetut vaatimukset. Osat eivät tässä liitostavassa anna toisilleen minkäänlaista ohjausta tai tukea, joten hitsauksen onnistuminen vaatii hyvän kiinnittimen tai osien esisilloittamisen.

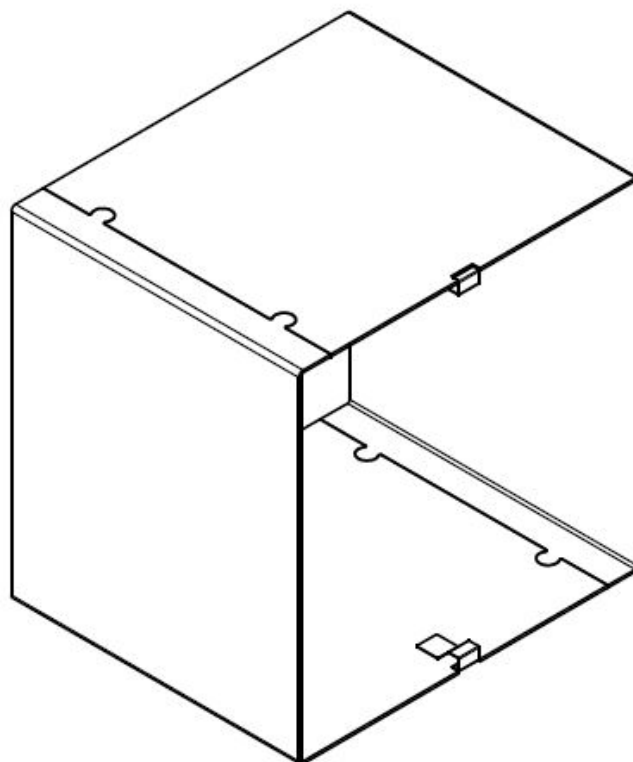
Toisena vaihtoehtona olevassa *päittäisliitoksessa* liitettävät kappaleet vaativat enemmän taivutuksia ja ovat siten valmistuskustannuksiltaan kalliimpia verrattuna ensimmäiseen vaihtoehtoon. Osien leikkauspintojen tulee olla suoria, jotta ilmarakovaatimus 0,05 mm saadaan täytettyä. Tässäkin vaihtoehdossa tarvitaan hyvät kiinnittimet osien paikoittamiseksi, jotta hitsaus saadaan onnistumaan.



Kuva 16. Päittäisliitos laserhitsausta varten.

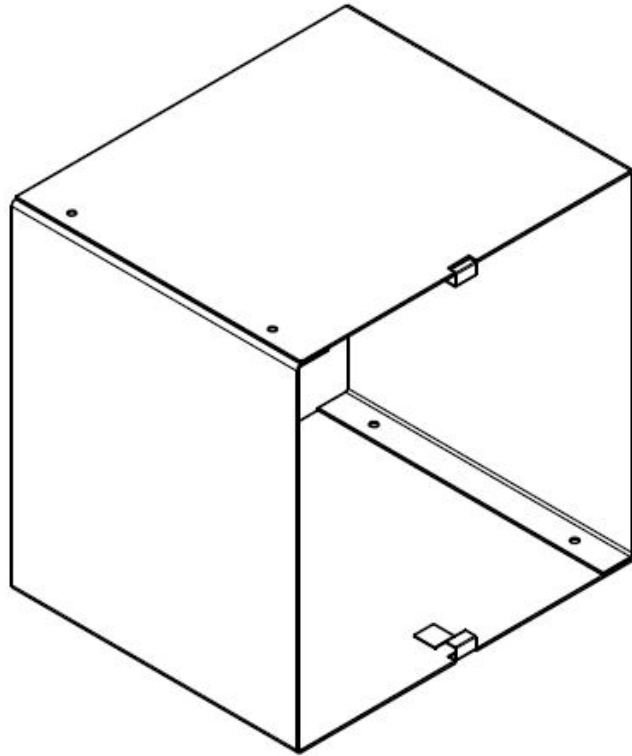
Kolmantena vaihtoehtona suunniteltiin alla olevan kuvan mukainen *muotoiltu päittäisliitos*, jossa saadaan osat paikoittumaan kahdessa suunnassa muotosulkeisten lisäosien avulla. Mikäli osien liitospintojen tarkkuudeksi riittää laserleik-

kaus, pystytään osat valmistamaan tehokkaasti ja ilman hukkaa. Kappaleiden korkeussuuntainen asetus on edelleen hoidettava kiinnittimen avulla.



Kuva 17. Muotoiltu päittäisliitos laserhitsausta varten.

Neljännessä vaihtoehdossa käytetään samoja osia, kuin puristusliitoksessa, jolloin hitsaus tapahtuu limiliitoksena. Rakenteen etuna on, että osien paikoitus tapahtuu ohjausnastojen avulla, jolloin hitsauskiinnitin yksinkertaistuu. Myöskään leikkauspintojen laadulle ei aseta yhtä suuria vaatimuksia kuin aikaisemmissa vaihtoehdoissa. Kustannuksia lisäävänä on ohjausnastojen ja ohjausreikien tekeminen kappaleisiin.



Kuva 18. Limiliitos laserhitsausta varten.

Suunnittelutyön päätteeksi kaikista edellä olevista kotelovaihtoehdoista laadittiin kokoonpano ja osapiirustukset hitsausohjeineen. Piirustukset ovat tämän työn liitteessä 1.

4 PROTOTYYPPIKOTELOIDEN VALMISTUS

Kun selvisi, että prototyyppikappaleiden liitosmenetelmäksi valikoitui laserhitsaus, ryhdyttiin kartoittamaan alalla toimivia yrityksiä. Yrityksiä etsittäessä kävi ilmi, että laserhitsaus menetelmänä ei ole vielä kovinkaan yleisesti käytössä ohutlevyalan yrityksissä. Varsinkaan yrityksiä, jotka pystyisivät haluttuun suursarjatuotantoon ei onnistuttu löytämään. Prototyyppikappaleiden valmistusta varten löydettiin kuitenkin yritys, joka alustavasti lupautui ne valmistamaan.

4.1 Rakenteiden arviointipyyntö ja prototyyppien tilaus

Suunniteltujen koteloiden piirustukset lähetettiin valitulle valmistajalle, jolta pyydettiin arvioita eri kotelorakenteista osien valmistuksen ja laserhitsauksen onnistumisen kannalta. Valmistajaa pyydettiin lisäksi valitsemaan heidän mielestään vaihtoehdoista paras laserhitsattava kotelovaihtoehto valmistettavuuden ja kokonaiskustannusten kannalta. Lopuksi valmistajaa pyydettiin vielä antamaan mahdollisia parannusehdotuksia valitsemaansa parhaaseen kotelorakenteeseen sen edelleen kehittämiseksi.

Jotta saataisiin käsitys laserhitsauksen kannattavuudesta nykyiseen valmistusmenetelmään verrattuna, pyydettiin valmistajilta suuntaa antava tarjoushinta sarjatuotantona tehtäville koteloille, kun vaihtoehtoina olivat puristusliitos ja paras laserhitsausvaihtoehto. Edellä mainittujen arviointien lisäksi valmistajalta tilattiin 15 kpl valmistussarja jokaisesta kotelovaihtoehdosta, jotta saataisiin käytännön kokemukset eri mallien valmistettavuudesta ja jotta voisimme itse arvioida ja testata koteloita yrityksen toimesta.

4.2 Prototyyppien arviointi, testaus ja jatkokehitys

Tuotevalmistajan vakiotuotannon kiireiden vuoksi prototyyppikoteloita ei ehditty saada valmiiksi tämän työn valmistumiseen mennessä, jonka vuoksi niiden arviointi ja testaus jouduttiin rajaamaan pois tästä päättötyöstä. Päätökset liitostavan mahdollisesta jatkokehityksestä ja käyttöönotosta tehdään myöhemmin, kun

prototyyppikotelot on saatu testattua ja valmistajan pyydetyt arviot eri prototyyppimallien valmistettavuudesta, valmistuskustannuksista ja kehitysehdotuksista on saatu.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä tutustuttiin laajalti ohutlevyrakenteiden kokoonpanossa käytettäviin erilaisiin liitosmenetelmiin. Yleisesti voidaan todeta, että yksittäiskappaleina tai muutaman kappaleen sarjoina valmistettavien rakenteiden liitosmenetelmien valinta voidaan tehdä melko vapaasti esimerkiksi käytössä olevien työkalujen, varastossa olevien liitoskomponenttien yms. mukaan. Kun sarjakoko ja tuotteelle asetetut vaatimukset esimerkiksi lujuus, liitoksen ulkonäkö, mahdollinen pintakäsittely, valmistuskustannusten merkitys jne. kasvavat, käyvät liitosmenetelmien valintamahdollisuudet yhä pienemmiksi.

5.1 Työn tavoitteiden saavuttaminen

Tässä työssä etsittiin korvaavaa liitosmenetelmää suursarjatuotantona valmistettavalle ohutlevyrakenteelle. Nykyisin käytössä oleva liitosmenetelmä on aineeton niittäus, joka on kustannustehokas suursarjamenetelmä. Liitosmenetelmiä tutkittaessa päädyttiin lopputulokseen, että ainut liitosmenetelmä, jolla ainakin teoriassa pystyttäisiin korvaamaan nykyinen liitostapa, on laser-hitsaus. Laser-hitsauksella on mahdollista täyttää kaikki tuotteelle asetetut vaatimukset, niin materiaalien hitsattavuuden, ulkonäön kuin valmistuskustannustenkin osalta.

Työssä onnistuttiin siis löytämään mahdollinen korvaava liitosmenetelmä ja suunnittelemaan em. menetelmälle useampia prototyyppikotelon rakenteita hieman erilaisilla hitsausrailoilla ja liitostavoilla. Tältä osin työn tavoitteita voidaan pitää mielestäni onnistuneina.

5.2 Jatkotoimenpiteet

Edellä mainitut prototyyppikotelot ehdittiin tilata valmistajalta, mutta niitä ei ehditty saada testattaviksi ja arvioitaviksi tämän työn valmistumiseen mennessä, kuten alun pitäen oli tarkoitus. Tältä osin työ jäi jälkeen alkuperäisestä tavoitteestaan. Prototyypit tullaan kuitenkin testaamaan ja arvioimaan myöhemmin niiden valmistuttua. Testitulosten perusteella päätetään edelleen mahdollisesta

jatkokehityksestä ja saattaa olla, että laser-hitsattuja kotelarakenteita tullaan vielä tulevaisuudessa näkemään yrityksen tuotteissa.

LÄHTEET

ABB Oy, verkkosivut. Viitattu 9.4.2023

<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/distribution-solutions>.

Helsingin Rauta Oy, verkkosivut. Viitattu 9.4.2023.

https://www.helsinginrauta.fi/wp-content/uploads/2020/12/HelsinginRauta_tuotesite_2020_nettsivut.pdf

Ionix Oy, verkkosivut. Viitattu 6.3.2023.

<https://www.ionix.fi/teknologiat/>

Korpi M. 2021 Ohutlevyjien pinnoitteiden korroosionkesto. Viitattu 13.3.2023.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/512698>

Matilainen, J., Parviainen M., Havas T., Hiitelä E., Hultin S. 2011. Ohutlevy tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Tampere. Tammerprint Oy.

Ovako Oy, verkkosivut. Viitattu 9.4.2023

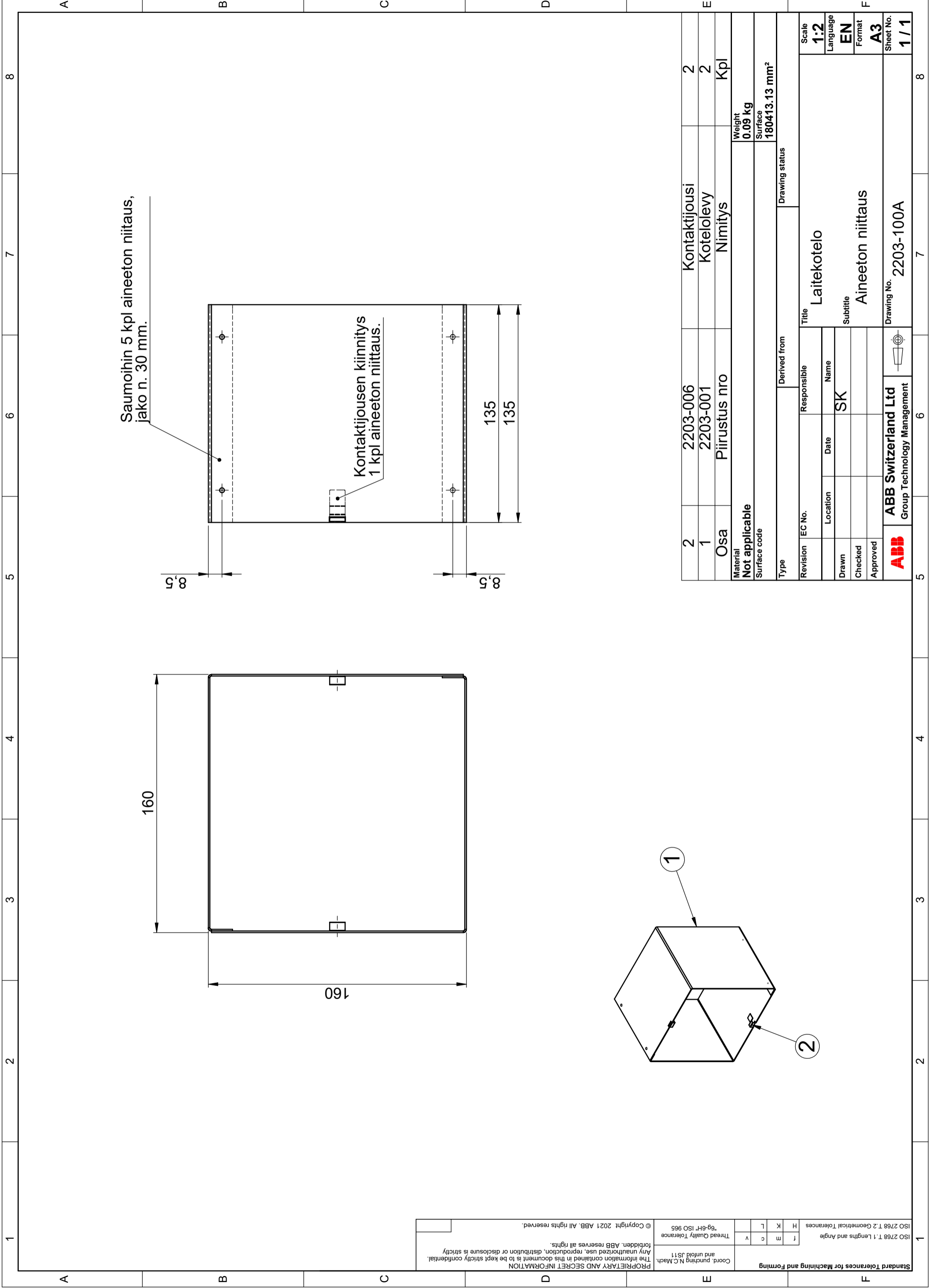
<https://www.ovako.com/fi/terasvalikoima/teraslaajit/jousiterakset/>

Treston Oy, verkkosivut. Viitattu 9.4.2023

<https://www.treston.fi/toimiva-tyoymparisto/esd-suojaus-parantaa-laatua>.

LIITTEET

Liite 1. Laitetekeloiden valmistuspiirustukset



2	2203-006	Kontaktijouso	2
1	2203-001	Kotelolevy	2
Osa		Piirustus nro	Kpl
Material		Weight	
Not applicable		0.09 kg	
Surface code		Surface	
		180413.13 mm ²	
Type		Drawing status	
Revision		EC No.	
Location		Date	
Drawn		Name	
Checked		Date	
Approved		Name	
Title		Subtitle	
Laiteteko		Aineeton niittaus	
Scale		1:2	
Language		EN	
Format		A3	
Sheet No.		1 / 1	
ABB		ABB Switzerland Ltd Group Technology Management	
Drawing No.		2203-100A	

Standard Tolerances for Machining and Forming

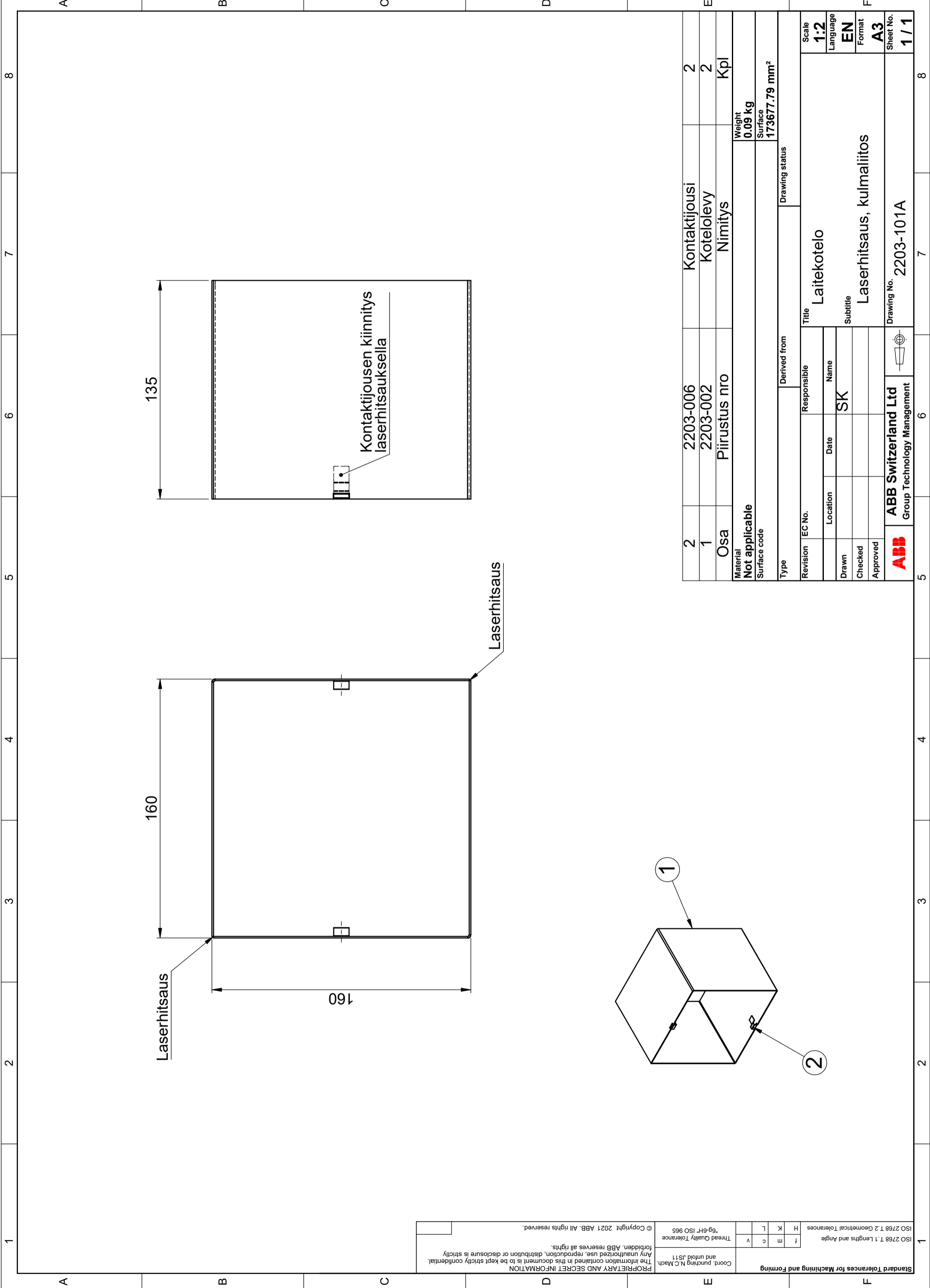
f	m	c	v
H	K	L	V

ISO 2768 T, 1 Lengths and Angle
ISO 2768 T, 2 Geometrical Tolerances

Coord. punching N.C.Mach.
and unfiled JS11

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
forbidden. ABB reserves all rights.

© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.



Standard Tolerances for Machining and Forming

f	m	c	v
H	K	L	V

ISO 2768 T, 1 Lengths and Angle
ISO 2768 T, 2 Geometrical Tolerances

Coord. punching N.C.Mach.
and unfolded JS11

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
forbidden. ABB reserves all rights.

© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.

2	2203-006	Kontaktijouso	2
1	2203-002	Kotelelevy	2
Osa	Piirustus nro	Nimitys	Kpl

Material
Not applicable

Weight
0.09 kg

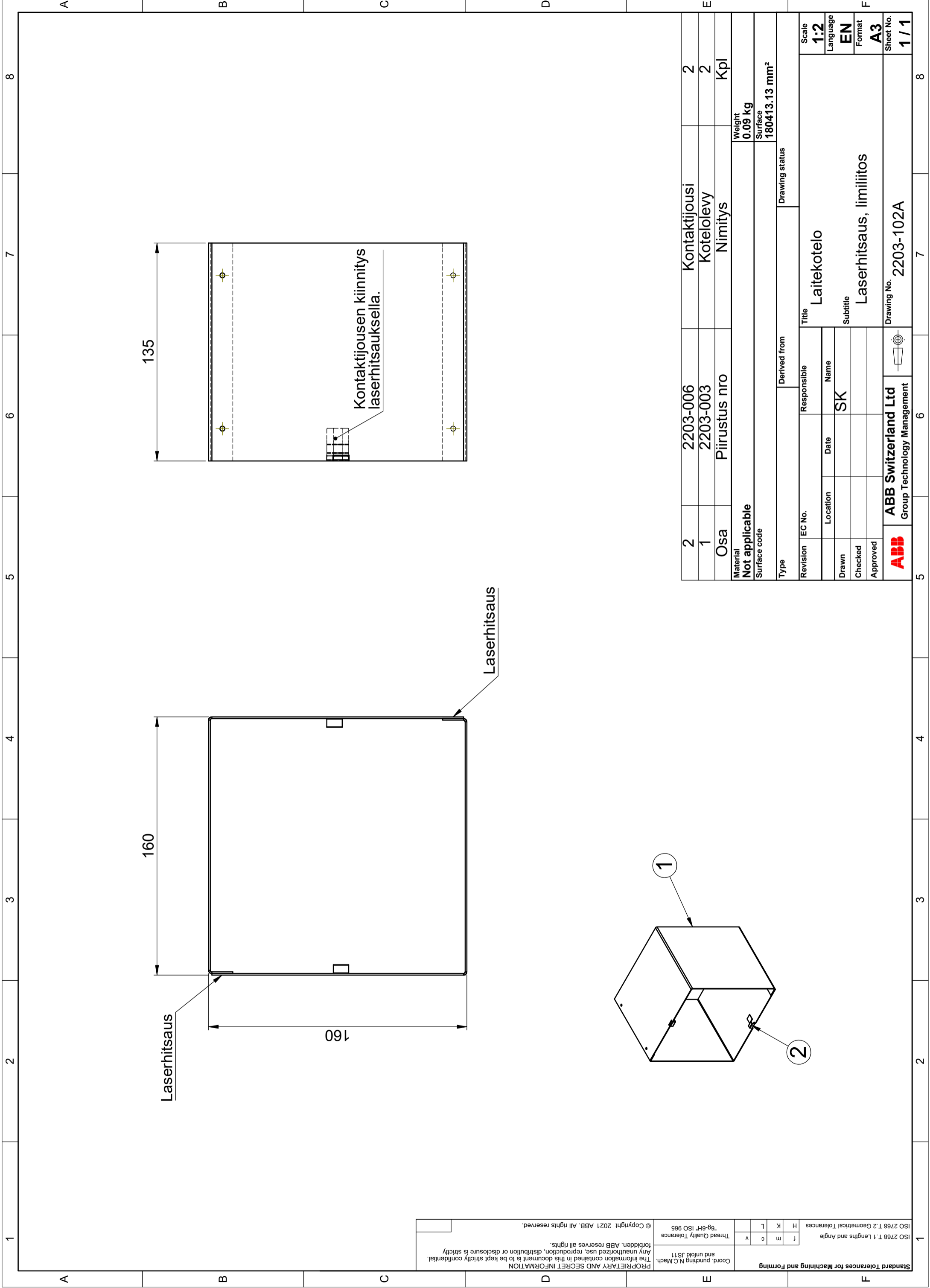
Surface code
Surface
173677.79 mm²

Type	Derived from	Drawing status
------	--------------	----------------

Revision	EC No.	Responsible	Title
Location	Date	Name	Laitekotelo
Drawn		SK	Subtitle
Checked			Laserhitsaus, kulmaliitos
Approved			

ABB	ABB Switzerland Ltd	Drawing No.	2203-101A
	Group Technology Management		

Scale	1:2
Language	EN
Format	A3
Sheet No.	1 / 1



1 2 3 4 5 6 7 8

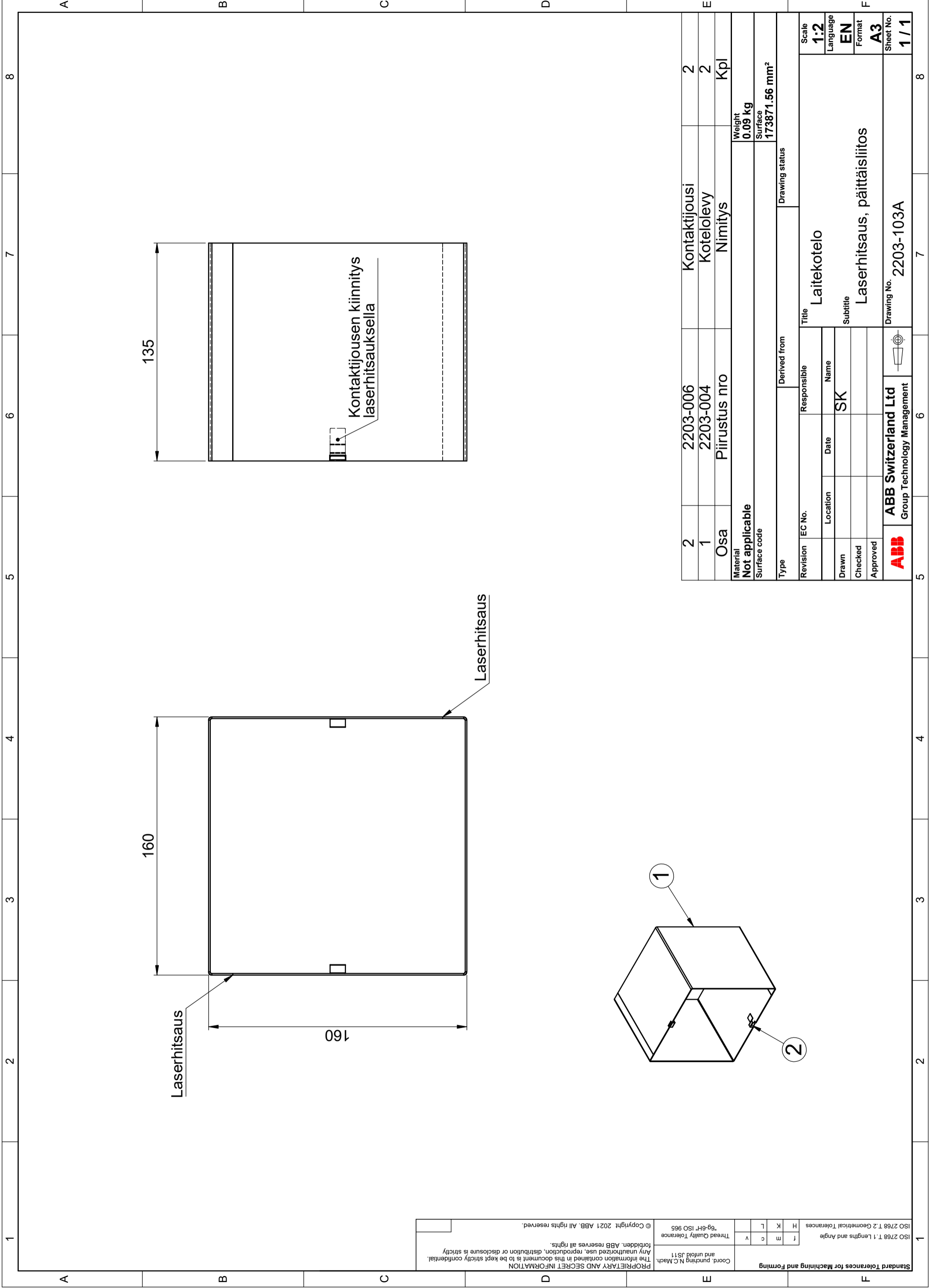
A B C D E F

Standard Tolerances for Machining and Forming		Coord. punching N.C.Mach. and unfold JS11	
f	m	c	v
H	K	L	V
ISO 2768 T,1 Lengths and Angle			
ISO 2768 T,2 Geometrical Tolerances			
Thread Quality Tolerance			
*eg-6H ISO 965			
© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.			

2	2203-006	Kontaktijousi	2
1	2203-003	Kotelelevy	2
Osa	Piirustus nro	Nimitys	Kpl
Material	Weight		
Not applicable	0.09 kg		
Surface code	Surface		
	180413.13 mm ²		
Type	Derived from		Drawing status
Revision	EC No.	Responsible	Title
			Laitekotelo
Location	Date	Name	Subtitle
		SK	Laserhitsaus, limiitios
Drawn			
Checked			
Approved			
ABB	ABB Switzerland Ltd Group Technology Management		Drawing No. 2203-102A
			Scale 1:2
			Language EN
			Format A3
			Sheet No. 1 / 1

1 2 3 4 5 6 7 8

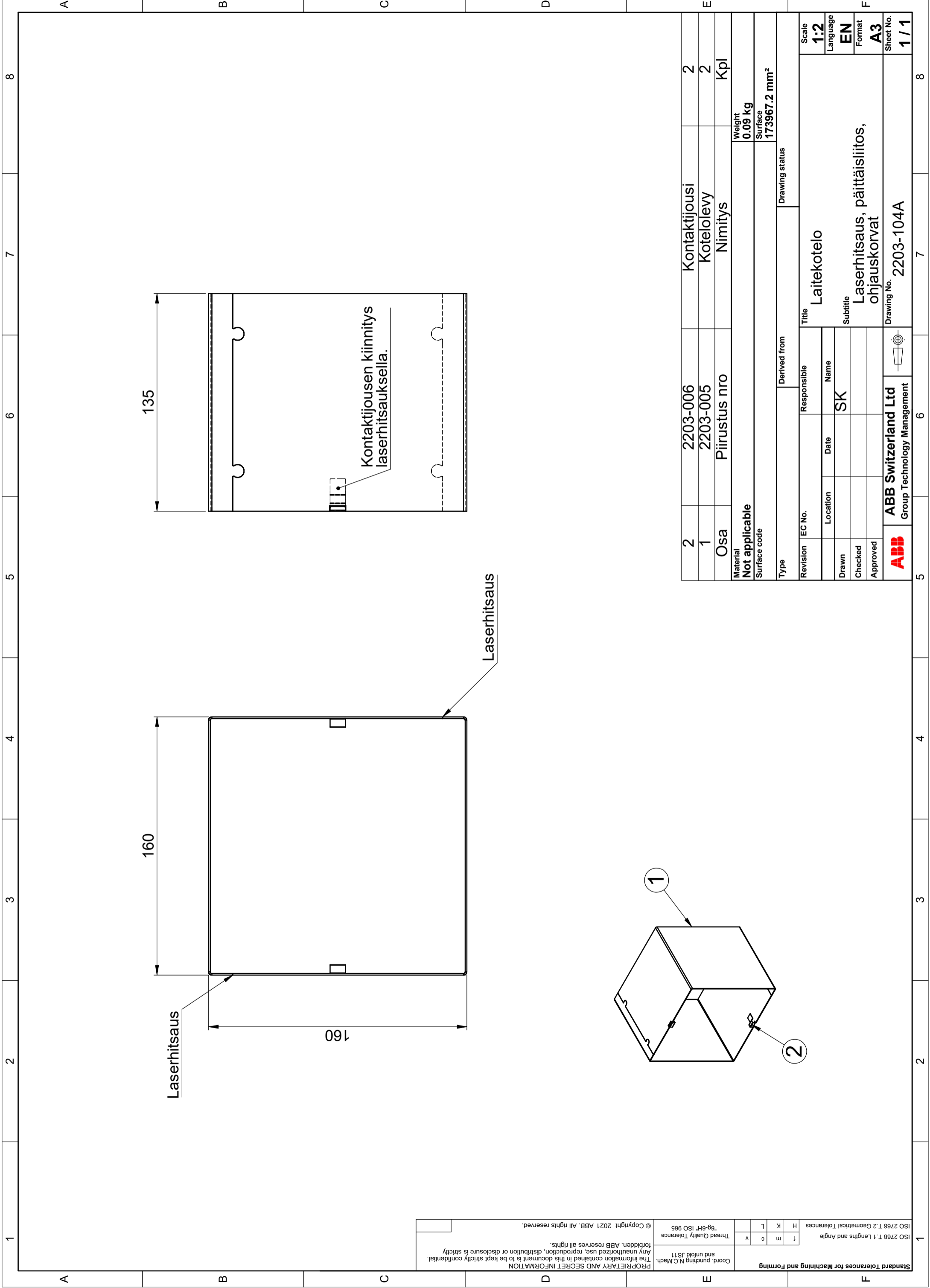
A B C D E F



Standard Tolerances for Machining and Forming		Coord. punching N.C.Mach.	
f	m	c	v
H	K	L	V
ISO 2768 T.1 Lengths and Angle			
ISO 2768 T.2 Geometrical Tolerances			
Thread Quality Tolerance			
*eg-6H ISO 965			
© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.			

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION The information contained in this document is to be kept strictly confidential. Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly forbidden. ABB reserves all rights.	
ABB Switzerland Ltd Group Technology Management	

2	2203-006	Kontaktijouso	2
1	2203-004	Kotelelevy	2
Osa	Piirustus nro	Nimitys	Kpl
Material	Weight		
Not applicable	0.09 kg		
Surface code	Surface		
	173871.56 mm ²		
Type	Drawing status		
Revision	EC No.	Responsible	Title
			Laitekotelo
Location	Date	Name	Subtitle
		SK	Laserhitsaus, päittäisiitos
Drawn			
Checked			
Approved			
ABB	ABB Switzerland Ltd Group Technology Management		Drawing No. 2203-103A
			Scale 1:2
			Language EN
			Format A3
			Sheet No. 1 / 1



1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

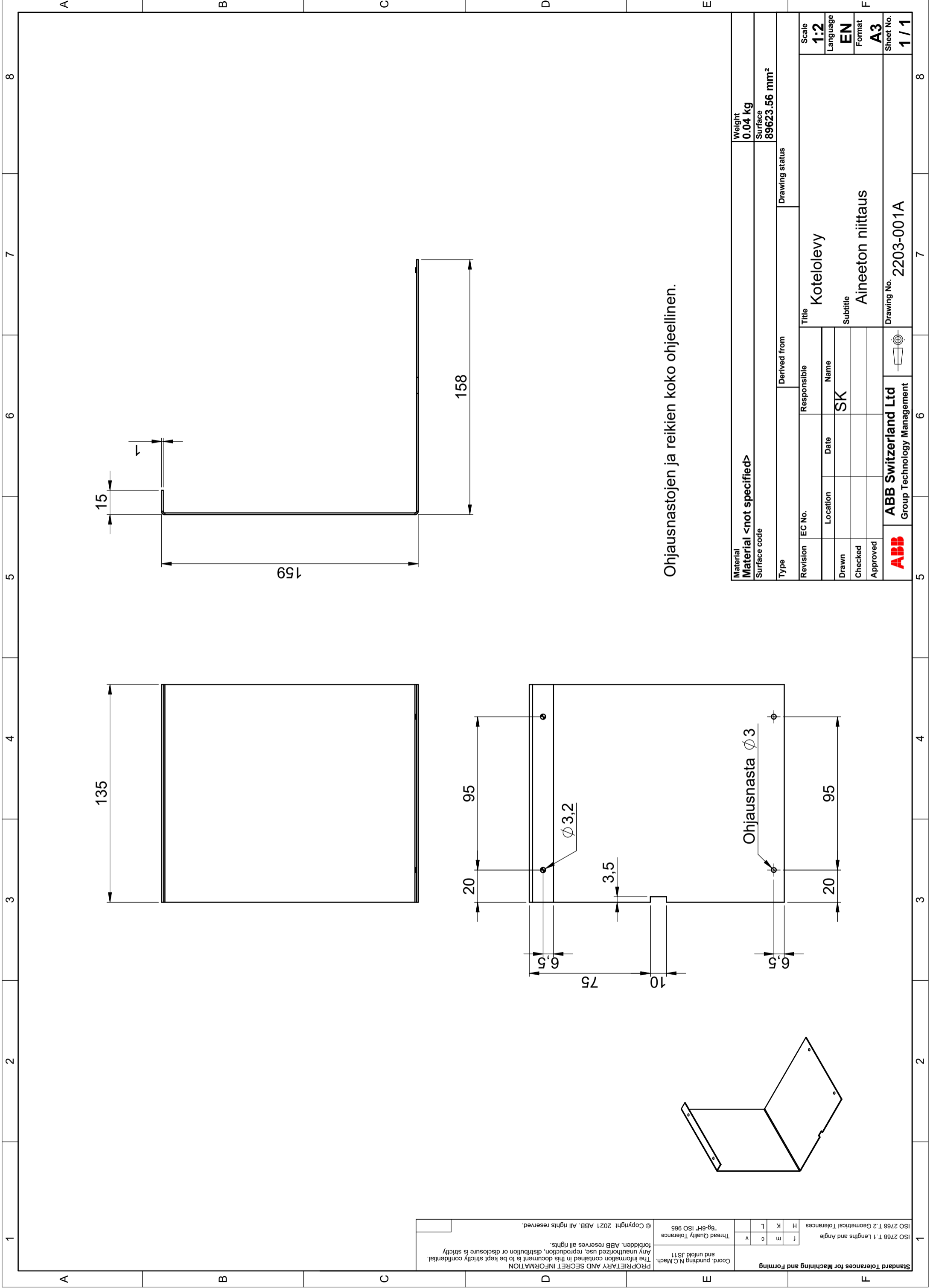
Standard Tolerances for Machining and Forming		Coord. punching N.C.Mach.	
f	m	c	v
H	K	L	V
ISO 2768 T.1 Lengths and Angle			
ISO 2768 T.2 Geometrical Tolerances			

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
 The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
 Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
 forbidden. ABB reserves all rights.
 © Copyright 2021 ABB. All rights reserved.

2	2203-006	Kontaktijouso	2
1	2203-005	Kotelolevy	2
Osa	Piirustus nro	Nimitys	Kpl
Material	Weight		
Not applicable	0.09 kg		
Surface code	Surface		
	173967.2 mm ²		
Type	Derived from		Drawing status
Revision	EC No.	Responsible	Title
			Laitetekelo
Location	Date	Name	Subtitle
		SK	Laserhitsaus, päittäisiitos, ohjauskorvat
Drawn			
Checked			
Approved			
ABB	ABB Switzerland Ltd	Group Technology Management	Drawing No. 2203-104A
			Scale 1:2
			Language EN
			Format A3
			Sheet No. 1 / 1

A B C D E F

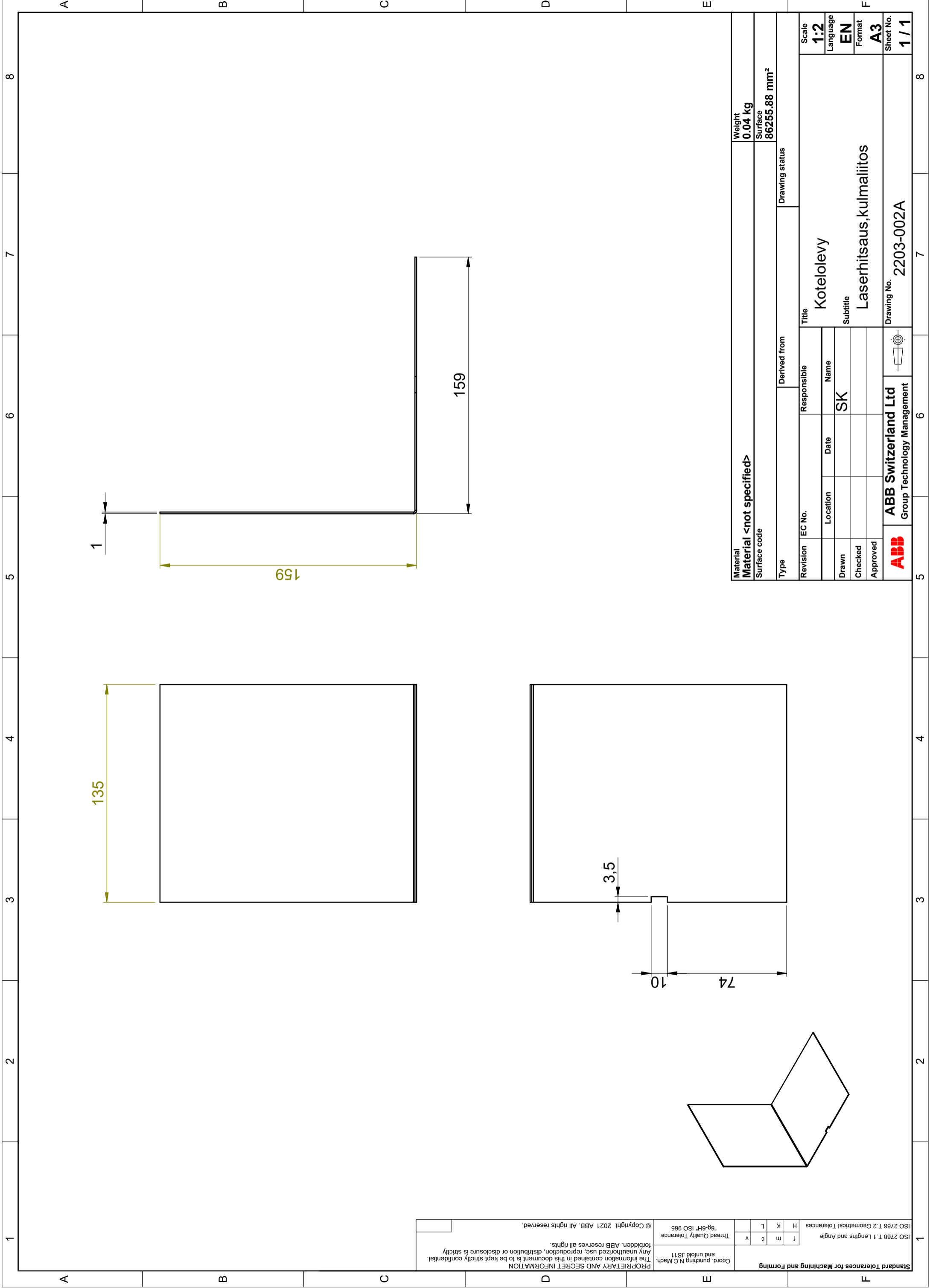
1 2 3 4 5 6 7 8



Ohjausnastojen ja reikien koko ohjeellinen.

Material		Weight	
Material <not specified>		0.04 kg	
Surface code		Surface	
		89623.56 mm ²	
Type		Drawing status	
Revision		EC No.	
EC No.		Responsible	
Location		Name	
Date		SK	
Drawn		Title	
Checked		Kotelelevy	
Approved		Subtitle	
		Aineeton niittaus	
ABB		ABB Switzerland Ltd	
Group Technology Management		Drawing No. 2203-001A	
Scale		1:2	
Language		EN	
Format		A3	
Sheet No.		1 / 1	

Standard Tolerances for Machining and Forming
 ISO 2768 T, 1 Lengths and Angle
 H f m c v
 K L
 Thread Quality Tolerance
 *eg-6H ISO 965
 Coord. punching N.C.Mach.
 and unfiled JS11
 PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
 The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
 Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
 forbidden. ABB reserves all rights.
 © Copyright 2021 ABB. All rights reserved.



Material		Weight	
Material <not specified>		0.04 kg	
Surface code		Surface	
		86255.88 mm ²	
Type		Drawing status	
Revision		EC No.	
EC No.		Responsible	
Location		Name	
Date		SK	
Drawn		Title	
Checked		Kotelolevy	
Approved		Subtitle	
		Laserhitsaus,kuimaliitos	
ABB		ABB Switzerland Ltd	
Group Technology Management		Drawing No. 2203-002A	
		Scale	
		1:2	
		Language	
		EN	
		Format	
		A3	
		Sheet No.	
		1 / 1	

Standard Tolerances for Machining and Forming

f	m	c	v
H	K	L	V

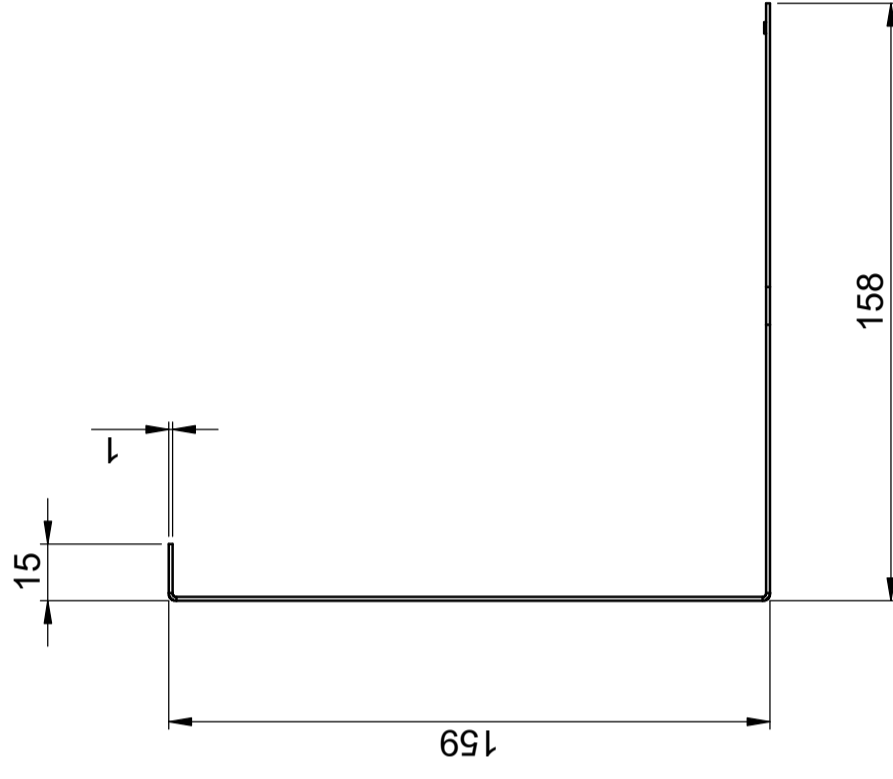
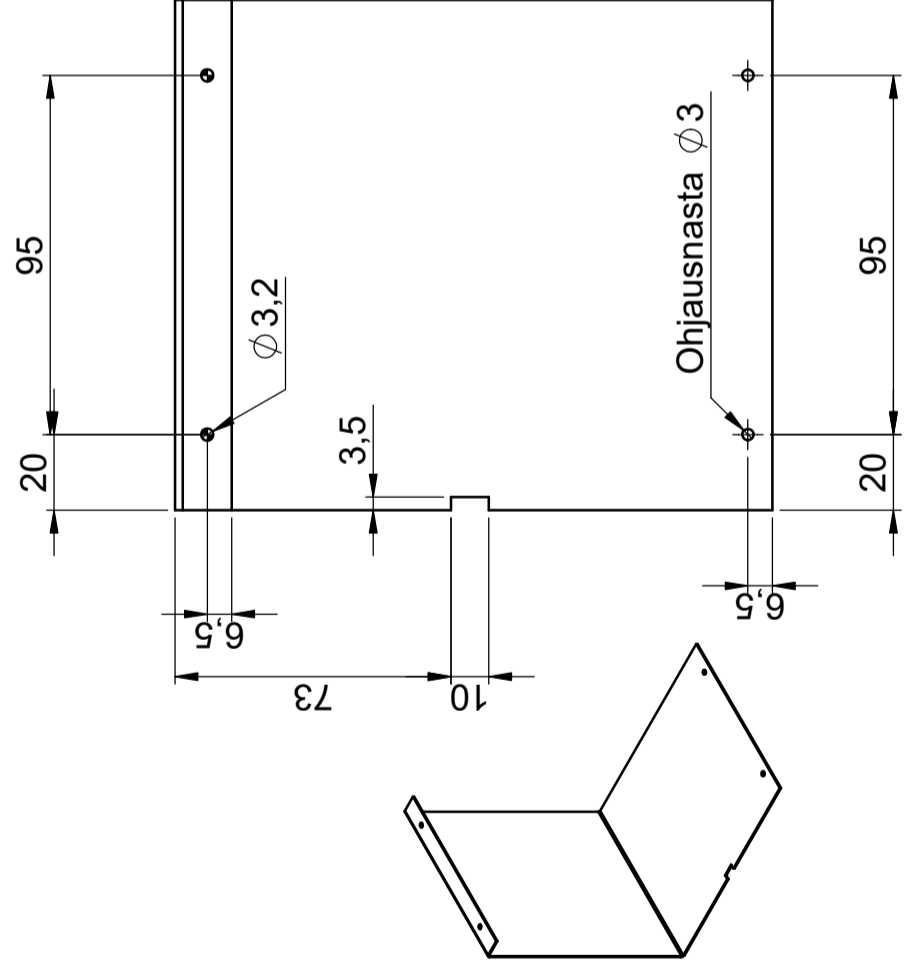
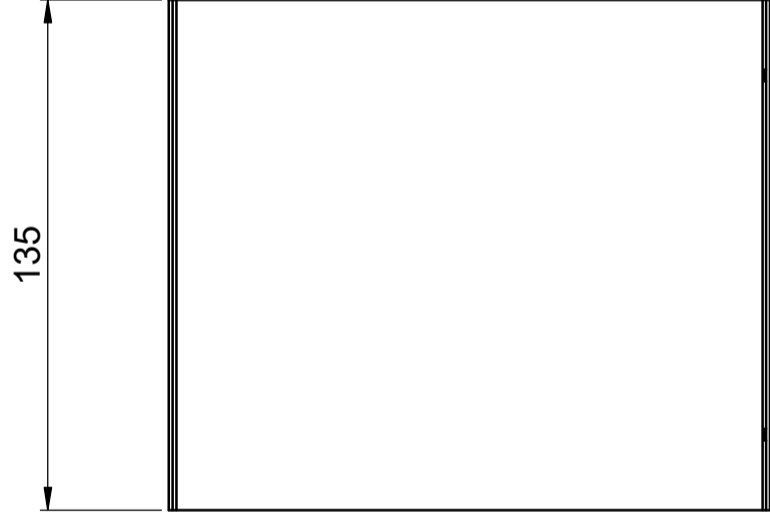
ISO 2768 T, 1 Lengths and Angle
ISO 2768 T, 2 Geometrical Tolerances

Coord. punching N.C.Mach.
and unfiled JS11

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
forbidden. ABB reserves all rights.

Thread Quality Tolerance
"6g-6H" ISO 965

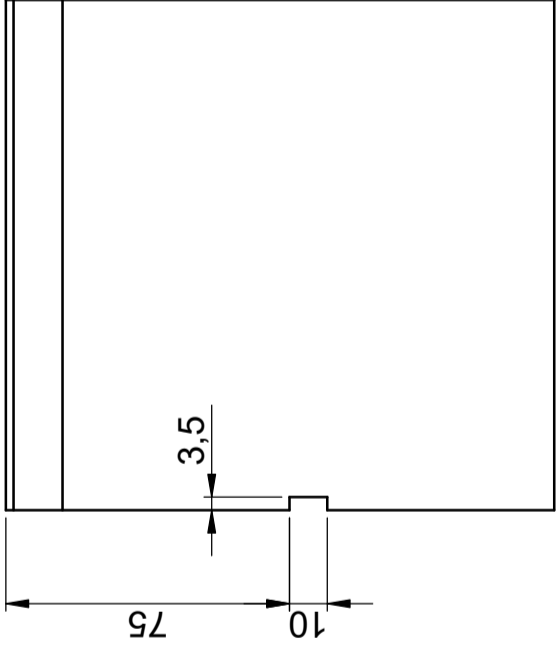
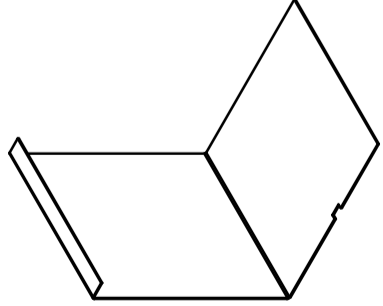
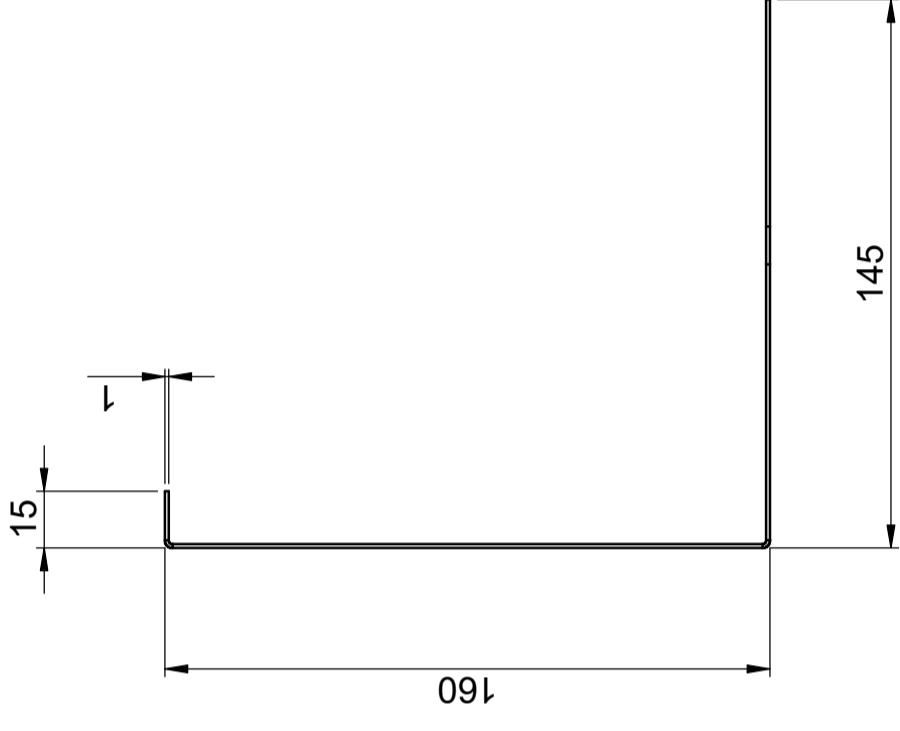
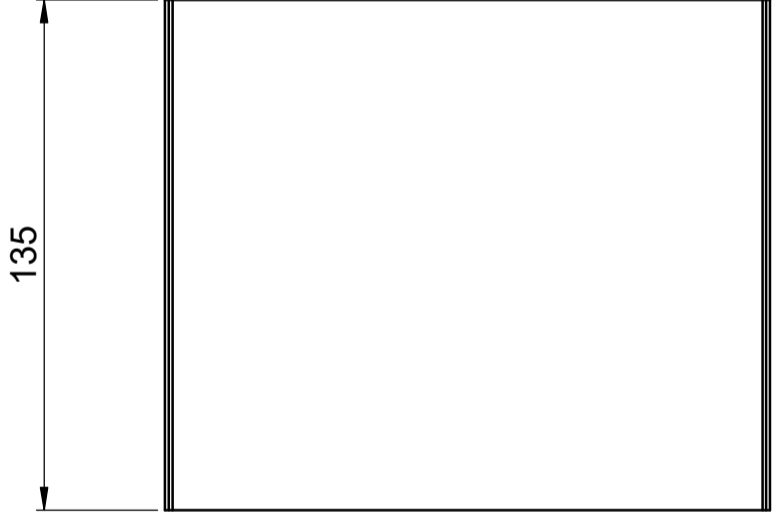
© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.



Ohjausnastojen ja reikien koko ohjeellinen.

Standard Tolerances for Machining and Forming		Coord. punching N.C.Mach.	
f	m	c	v
H	K	L	V
ISO 2768 T.1 Lengths and Angle			
ISO 2768 T.2 Geometrical Tolerances			
Thread Quality Tolerance			
"6g-6H" ISO 965			
© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.			

Material		Weight	
Material <not specified>		0.04 kg	
Surface code		Surface	
		89623.56 mm ²	
Type		Drawing status	
Revision		EC No.	
Location		Date	
Drawn		Name	
Checked		SK	
Approved		Title	
		Kotelolevy	
		Subtitle	
		Laserhitsaus,limiilitos, ohjausnastat	
ABB		ABB Switzerland Ltd	
Group Technology Management		Drawing No.	
		2203-003A	
Scale		1:2	
Language		EN	
Format		A3	
Sheet No.		1 / 1	



Standard Tolerances for Machining and Forming

f	m	c	v
H	K	L	V

ISO 2768 T, 1 Lengths and Angle
ISO 2768 T, 2 Geometrical Tolerances

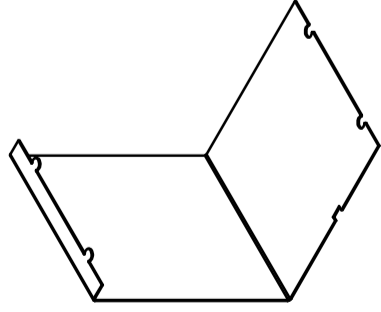
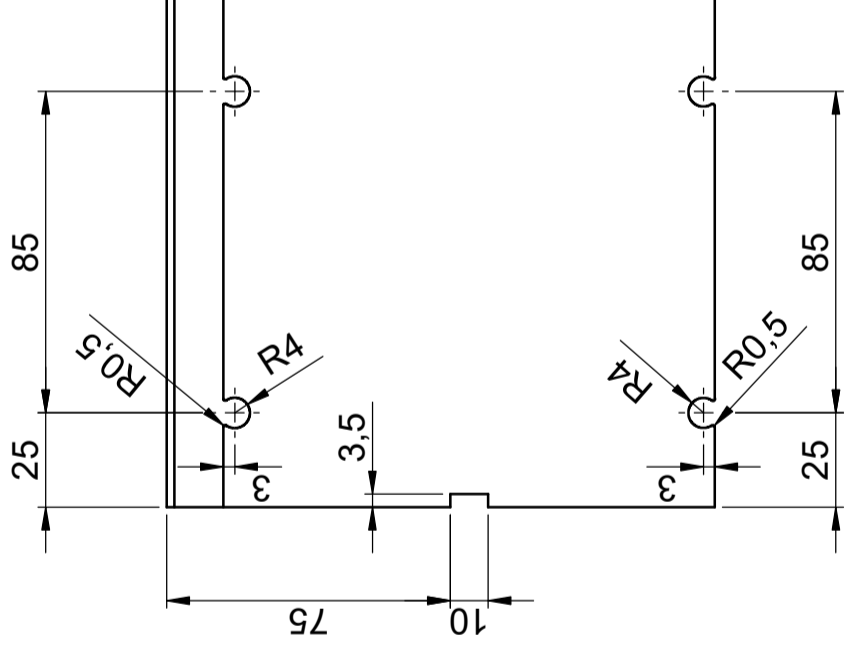
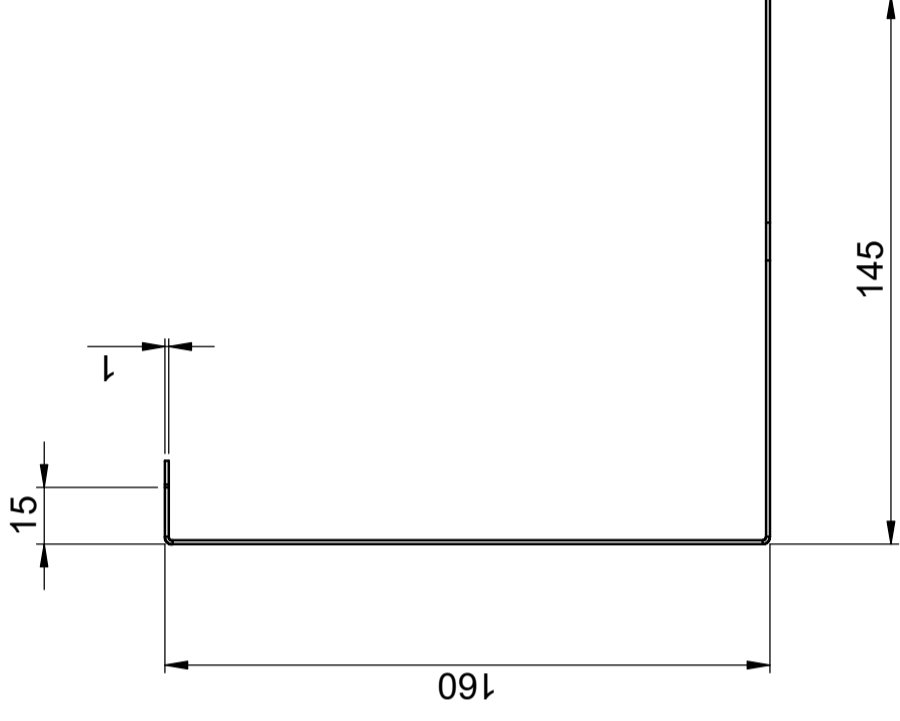
Coord. punching N.C.Mach.
and unfolded JS11

Thread Quality Tolerance
"g-6H" ISO 965

© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
forbidden. ABB reserves all rights.

Material Material <not specified>		Weight 0.04 kg
Surface code		Surface 86352.77 mm²
Type	Derived from	Drawing status
Revision	EC No.	Title Kotelolevy
Location	Date	Responsible
Drawn	Name	SK
Checked	Subtitle	Laserhitsaus,päittäisiitos
Approved	Drawing No. 2203-004A	
ABB Switzerland Ltd Group Technology Management		Scale 1:2 Language EN Format A3 Sheet No. 1 / 1



Material		Weight	
Material <not specified>		0.04 kg	
Surface code		Surface	
		86400.59 mm ²	
Type		Drawing status	
Revision		EC No.	
EC No.		Title	
Location		Responsible	
Date		Name	
SK		SK	
Drawn		Subtitle	
Checked		Laserhitsaus, päittäisiitos, ohjauskorvat	
Approved		Drawing No. 2203-005A	
ABB		ABB Switzerland Ltd Group Technology Management	
Scale		1:2	
Language		EN	
Format		A3	
Sheet No.		1 / 1	

Standard Tolerances for Machining and Forming

f	m	c	v
H	K	L	V

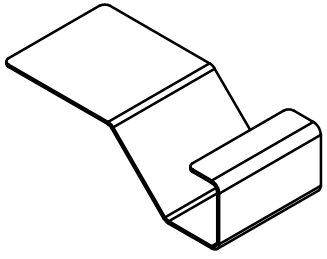
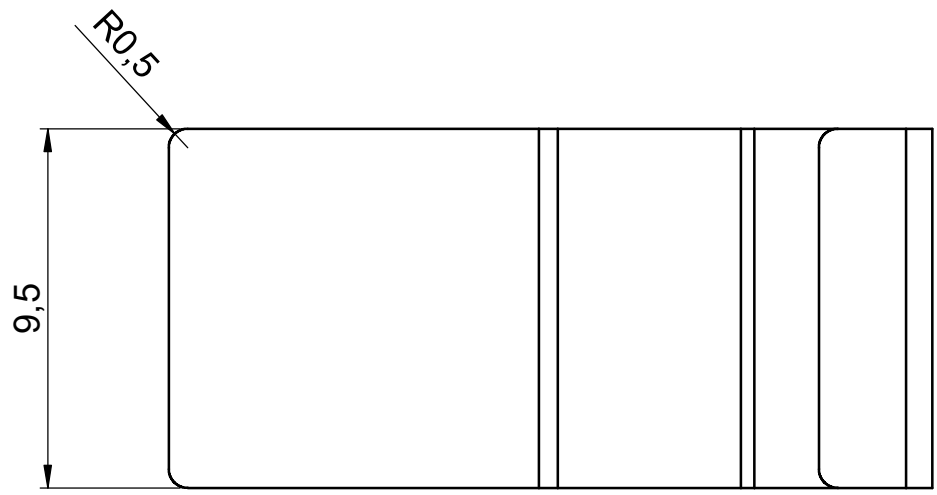
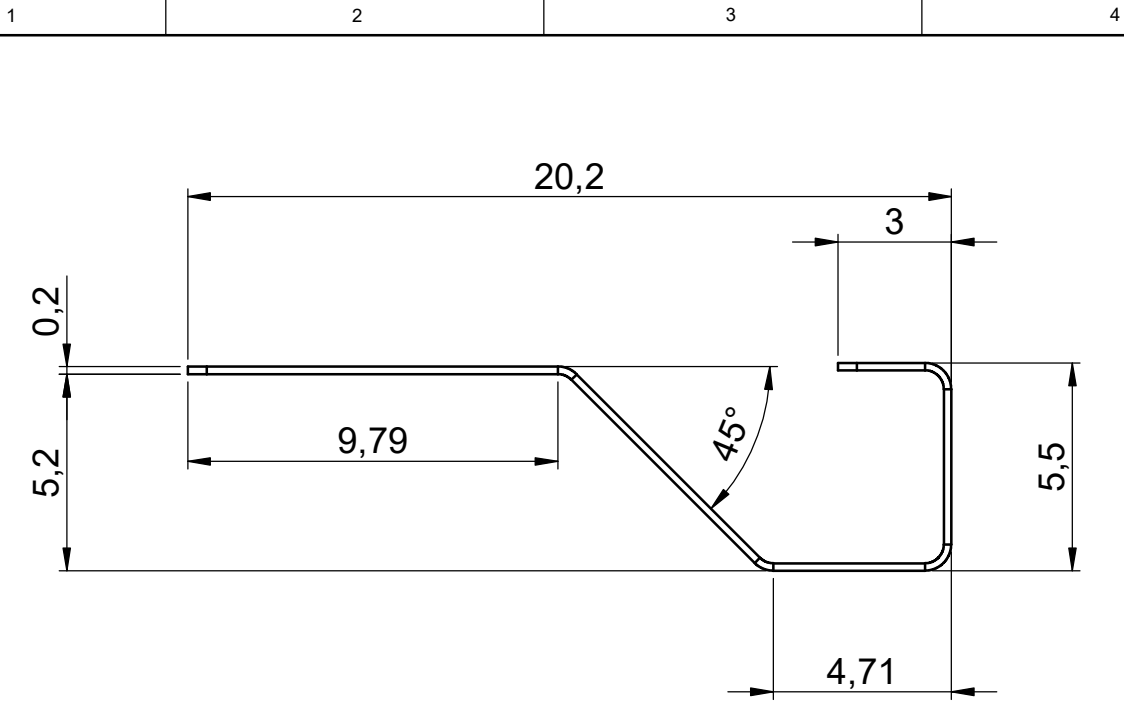
ISO 2768 T.1 Lengths and Angle
ISO 2768 T.2 Geometrical Tolerances

Coord. punching N.C.Mach.
and unfiled JS11

Thread Quality Tolerance
"g-6H" ISO 965

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
The information contained in this document is to be kept strictly confidential.
Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure is strictly
forbidden. ABB reserves all rights.

© Copyright 2021 ABB. All rights reserved.



Materiaali: Jousipronssi

PROPRIETARY AND SECRET INFORMATION
 The information contained in this document has to be kept strictly confidential.
 Any unauthorized use, reproduction, distribution or disclosure to third parties
 is strictly forbidden. ABB reserves all rights regarding Intellectual Property Rights.
 © Copyright 2021 ABB. All rights reserved.

Coord. punching N.C.Mach.
 and unfold JS11
 Thread Quality Tolerance
 "g-gH" ISO 965

Standard Tolerances for Machining and Forming
 ISO 2768 T.1 Lengths and Angle
 ISO 2768 T.2 Geometrical Tolerances

v	Material		Weight
c	Material <not specified>		0.00 kg
m	Surface code		Surface
f			583.01 mm ²
Type		Derived from	Drawing status
Revision	EC No.	Responsible	Title Kontaktijousi
Location	Date	Name	
Drawn		SK	Subtitle
Checked			
Approved			
ABB	ABB Switzerland Ltd Group Technology Management		Drawing No. 2203-006A
			Scale 2:1 Language EN Format A4 Sheet No. 1 / 1