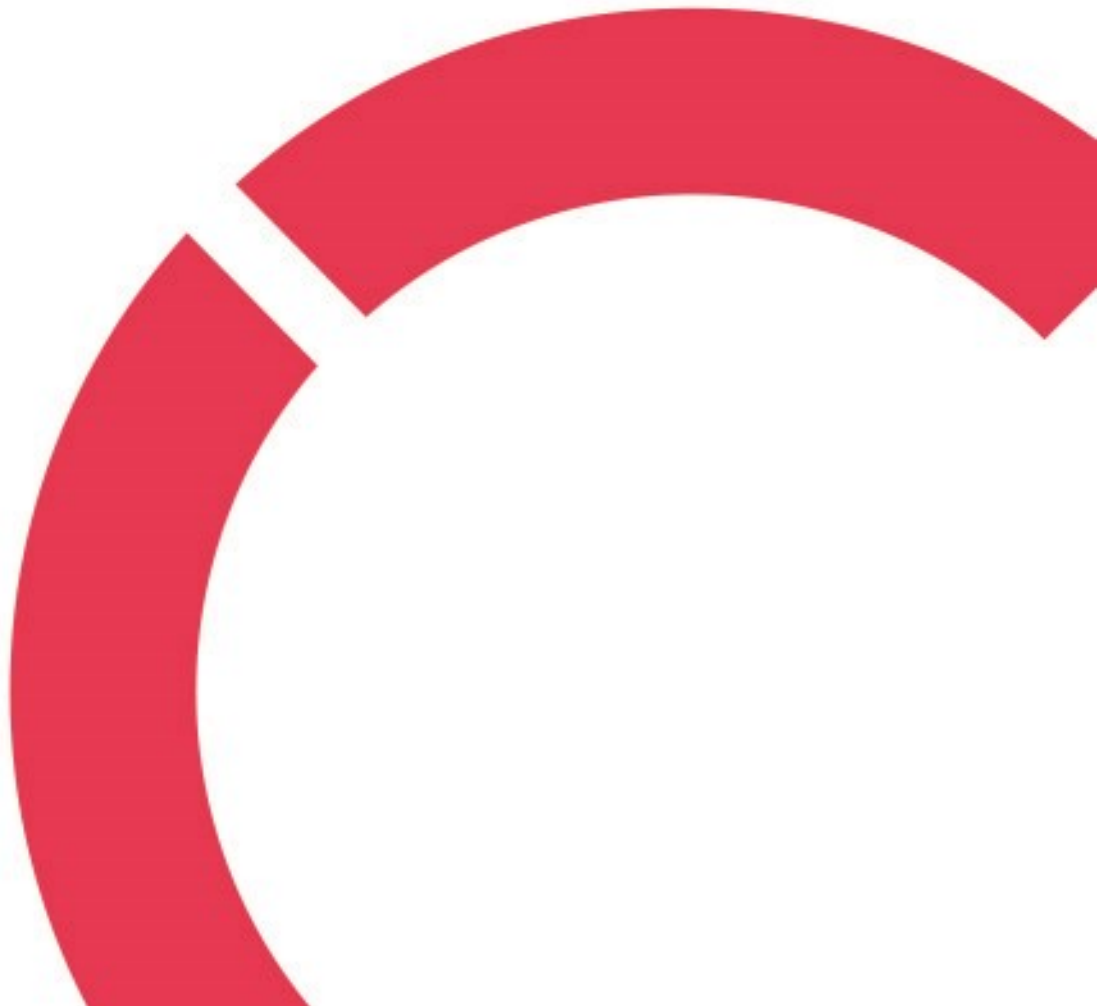


Mikko Korkeakangas

**COMPONENTA MANUFACTURING OY:N
KONEPAJASUUNNITTELUOHJEET ASIAKASTUOTTEILLE**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri, Tuotantotalous
Marraskuu 2024**



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Marraskuu 2024	Tekijä/tekijät Mikko Korkeakangas
Koulutus Insinööri, Tuotantotalous		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi COMPONENTA MANUFACTURING OY:N KONEPAJASUUNNITTELUOHJEET ASIAKASTUOTTEILLE		
Työn ohjaaja Mika Kumara		Sivumäärä 37 + 1
Työelämäohjaaja Jaakko Kattilakoski		
<p>Tämä opinnäytetyö on toteutettu Componenta Manufacturing Oy:n Kalajoen yksikölle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda konepajasuunnitteluohjeet yksikölle sekä sisäiseen että yksikön käyttämän alihankintana toteuttamaan suunnitteluun.</p> <p>Opinnäytetyön alussa käydään läpi yksikön konepajasuunnitteluun liittyvää teoriaa sekä yksikön nykytilaa konepajasuunnittelun osalta. Käytännön osuudessa esitellään opinnäytetyön aikana toteutetut dokumentit ja kerrotaan niiden sisällöstä, dokumenttien tuomasta hyödystä sekä ohjeen määrittelyn taustoista.</p> <p>Opinnäytetyön varsinaisen työsuuden tuloksena on ohje, joka yhtenäistää yksikön suunnittelutyön käytännöt ja toimintatavat. Ohje toteutettiin Microsoft PowerPoint ohjelmistolla yksikön käytäntöjen mukaisesti. Ohjeen oheessa on toteutettu myös suunnittelun dokumentointia varten taulukkopohja sekä yksikön käytössä olevaan suunnitteluohjelmaan dokumenttipohjat suunnittelutyötä helpottamaan.</p> <p>Ohjeen sisältö toimii yksikön käytössä ohjeena suunnittelutyötä tekeville henkilöille sekä alihankkijoiden suunnittelijoille. Ohjeen sisältö kattaa suurimmilta osin opinnäytetyöhön rajatut aihealueet, mutta yksikön on hyvä päivittää ohjeen sisältö kattamaan suunnitteluun liittyviä aiheita laajemmin.</p>		
Asiasanat Componenta, dokumentointi, konepajasuunnittelu, revsisio, SolidWorks 3D, standardi, suunnittelu, työohje, 3D-mallinnus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date November 2024	Author Mikko Korkeakangas
Degree programme Bachelor of Engineering, Industrial Management		
Name of thesis COMPONENTA MANUFACTURING OY'S MACHINERY WORKSHOP DESIGN GUIDELINES FOR CUSTOMER PRODUCTS		
Centria supervisor Mika Kumara	Pages 37 + 1	
Instructor representing commissioning institution or company Jaakko Kattilakoski		
<p>This thesis was commissioned by Componenta Manufacturing Oy's Kalajoki unit. The purpose of the thesis was to create engineering design guidelines for the unit, covering both internal design and design outsourced by the unit.</p> <p>The beginning of the thesis covers the theory related to the unit's engineering design as well as the current state of the unit's engineering design processes. The practical section presents the documents produced during the thesis work, explaining their contents, the benefits they bring, and the background of the guidelines' specifications.</p> <p>The practical part of the thesis work includes guidelines that standardize the unit's design practices and procedures. The guidelines were created using Microsoft PowerPoint in accordance with the unit's policies. Additionally, a table template for design documentation and document templates for the design software used by the unit were developed to facilitate the design work.</p> <p>The contents of the instructions serve as instructions for the people in the unit involved in the design work and for the designers of subcontractors. The content of the guidelines covers mostly the subject areas the thesis was limited to, but it is suggested for the unit to update the content of the guidelines to cover topics related to planning more broadly.</p>		
<p>Key words Componenta, design, documentation, machine shop design, revision, SolidWorks 3D, standard, work guidelines, 3D design</p>		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

DOKUMENTOINTI

Luodun tiedon tai tiedostojen tallentaminen sille määritettyyn kohteeseen järjestelmällisesti.

ERP-JÄRJESTELMÄ

(Enterprise Resource Planning) Toiminnanjohtajajärjestelmä, jolla hallinnoidaan esimerkiksi tuotantoa, laskutusta, varastointia sekä tilauksia.

KONEPAJA

Tuotantotila, jossa valmistetaan metallisia koneita, rakenteita ja laitteita hitsaamalla, koneistamalla sekä kokoonpanemalla.

KONFIGURAATIO

Versio, joka poikkeaa tuotteen tai osan toisesta versiosta. Kuvaa tuotteen tai osan eri ominaisuuksilla. Esimerkiksi tuotteen versio, jossa on koneistusvarat verrattuna lopputuotteeseen.

NPI

(New Product Introduction) Prosessi, jossa uusi tuote ajetaan ylös tuotantoon.

REVISIO

Dokumentin päivitetty versio.

R-SUURE

Pinnanmuotoja ja suuntaoikeamia ohjaava toleranssi koneistukselle.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KONEPAJASUUNNITTELUN KESKEISIMMÄT VAIKUTTAJAT JA VELVOITTEET	3
2.1 Standardien vaikutus konepajateollisuuden suunnittelutyössä.....	3
2.1.1 Hitsausmerkit, SFS-EN ISO 2553:2019	3
2.1.2 Geometrinen tolerointi, SFS-EN ISO 1101:2017 ja SFS-EN ISO 22081:2021	7
2.1.3 Pinnan ominaisuuksien ilmoittaminen SFS-EN ISO 21920-1:2022	10
2.2 2D- ja 3D-suunnittelu.....	11
2.2.1 3D-suunnittelu	12
2.2.2 2D-suunnittelu ja konepiirrustusten tekeminen.....	13
2.3 Revisiointi.....	14
2.4 Dokumentointi	16
3 NYKYTILANTEEN KUVAUS JA SELVENTÄMINEN	18
3.1 Revisiointi.....	18
3.2 Hitsausmerkit	19
3.3 Mallintaminen ja piirrustuksien tekeminen	20
3.4 Kehityskohteiden tunnistaminen	22
3.5 Dokumentaatio ja sen hallinta	23
4 OHJEEN TOTEUTUS	26
4.1 Powerpoint ohjeen sisältö	26
4.1.1 3D-suunnittelua koskevat ohjeet.....	26
4.1.2 Valmistuspiirrustusten tekoa koskevat ohjeet.....	28
4.1.3 Revisiointia koskevat ohjeet	29
4.1.4 Dokumentointia koskevat ohjeet	32
4.1.5 Kehityskohteita ja tuotteen muokkaamista koskevat ohjeet	32
4.2 Suunnittelun dokumentointipohja.....	34
5 POHDINTA	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	
KUVAT	
KUVA 1. Hitsausmerkin osat	4
KUVA 2. Geometrinen määrittelymerkintä esimerkki.....	9
KUVA 3. Esimerkki yleismäärittelystä ja peruselementeistä.....	10
KUVA 4. Pintaprofiilin ominaisuuksien piirrosmerkit.....	11
KUVA 5. 3D-malliesimerkki.....	12
KUVA 6. Osapiirustus.....	13
KUVA 7. Esimerkki revisiotaulukosta.....	15
KUVA 8. Esimerkki revisiopilvestä.....	15
KUVA 9. Vakioitu kansiorakenne.....	23

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Perustunnuksia.....	5
TAULUKKO 2. Lisätunnuksia.....	6
TAULUKKO 3. Merkintätavat A ja B.....	7
TAULUKKO 4. Geometrisiä tunnuksia.....	8
TAULUKKO 5. Konfiguraatioiden värikoodaukset ja selitteet.....	26
TAULUKKO 6. Revisiotunnukset tasoittain.....	29
TAULUKKO 7. Materiaalilistoilla esitettävät revisiotunnukset.....	29
TAULUKKO 8. Alikokoonpanon revisiomuutos esimerkki 1.....	30
TAULUKKO 9. Alikokoonpanon revisiomuutos esimerkki 2.....	30

1 JOHDANTO

Componenta on kansainvälinen teknologiayhtiö, joka valmistaa valettuja ja koneistettuja metallikomponentteja, takeita, putkituotteita sekä levyleikkeitä asiakkaille. Componentan asiakkaat ovat paikallisia ja globaaleja ajoneuvo-, kone- ja laitevalmistajia. (Componenta 2023.) Opinnäytetyöni aiheena oli luoda konepajasuunnittelua varten ohjeet Componenta Manufacturing Oy:n Kalajoen yksikköön. Tämä opinnäytetyö on toteutettu Kalajoen Rahjassa sijaitsevassa Componentan yksikössä. Kalajoen yksikkö on keskiraskas konepaja, ja yksikössä valmistetaan keskiraskaita tuotteita pääasiassa meri- ja energiasektorille hitsausvalmiista osista hitsaamalla ja koneistamalla. Yksikkö on erikoistunut korkean laatu- ja dokumentaatiovaatimusten omaavien tuotteiden valmistamiseen.

Olen työskennellyt yrityksessä opinnäytetyön julkaisujankohtana 2,5 vuotta, ja tunnen yrityksen toimitavat ja vaatimukset. Toimin yksikön NPI-tiimissä projekti-insinöörinä, ja olen yrityksen ensisijainen uusien tuotteiden kehityssuunnittelija. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda selkeä työohje asiakastöiden vaatimaan konepajasuunnitteluun. Konepajasuunnittelun laadukas toiminta on tärkeää yritykselle, jonka strategiana on tarjota mahdollisuutta suorittaa osa asiakkaan suunnittelu- ja kehitystyöstä. Suunnittelu keskittyy kehittämään tuotteiden valmistettavuutta sekä taloudellisuutta.

Kalajoen yksikkö tarjosi minulle tämän opinnäytetyön, kun toin ilmi suunnittelutöiden ulkoistamisen seurauksena havaitun selkeiden ohjelinjojen puutteen. Yksikön asiakkaiden tuotteet ovat kooltaan suuria, useita metrejä leveitä sekä pitkiä ja ne sisältävät paljon yksityiskohtia ja useita eri osia. Muutosten dokumentointi on isossa osassa suunnittelutyötä. Tuotteiden suuri koko, monimutkaisuus sekä tarkkuusvaatimukset vaativat myös huolellista suunnittelua kutistumis- ja koneistusvarojen lisäämiseen. Suunnittelutöiden ulkoistaminen ei tuottanut haluttua lopputulosta, koska Componentalla ei ollut esittää selkeitä, kirjallisia ohjeita vaadittujen dokumenttien ja huomioiden toteuttamiseksi. Suunnittelun toteuttaneen yrityksen toimittamissa aineistoissa oli vain osa vaadituista dokumenteista ja saatujen 3D-mallien pyydetyt muutokset olivat vajaavaisia eikä muutoksia oltu dokumentoitu. Tästä syystä Componentan oma suunnittelija joutui tekemään ensin paljon ylimääräistä työtä, jotta kaikki vaaditut muutokset ja dokumentit saatiin selvitettyä. Tämän jälkeen suunnittelijan täytyi itse lisätä loput muutokset tuotteeseen. Suunnittelun ulkoistamisesta ei näin ollen saatu haluttua hyötyä suunnittelijan ajan säästämiseksi. Tämän lisäksi havaitsin myös useita eri käytäntöjä yksikössä tehtävässä suunnittelutyössä. Tämä vaikeutti sisäisesti Componentan eri suunnittelutyötä tekevien tehtävien jakamista yksikön sisällä sekä aiheutti ERP-järjestelmän tietojen ylläpidossa ristiriitoja.

Opinnäytetyön tavoitteena on poistaa vastaavat tilanteet yksikön sisäisessä suunnittelussa ja luoda selkeä ohje, josta käy ilmi vaadittavat dokumentit, kuinka dokumentteja hallitaan ja mitä muutoksia tehdään vakiona tuotteelle. Ohjeessa määritetään myös, kuinka revisiointit tulee merkitä ja toteuttaa, miten mallinnus ja piirrustukset tulee toteuttaa sekä kuinka suunnittelutyö dokumentoidaan. Näin suunnittelutyön laatu saadaan yhdenmukaistettua samalla pitäen huolta siitä, että lopputuotteen laatu vastaa tilaajan asettamia vaatimuksia. Yhdenmukaisella suunnittelulla helpotetaan myös sidosryhmien välistä työntekoa.

Opinnäytetyö päätettiin rajata ottamaan kantaa revisiointiin, 3D-mallintamiseen, 2D- piirtämiseen, kehityskohteiden tunnistamiseen ja dokumentaatioon. Lisäksi opinnäytetyöhön päätettiin sisällyttää myös kansilehti jossa määritellään tuotteiden valmistusta koskevat yleiset ohjeet. Opinnäytetyön tuloksena on Microsoftin PowerPoint ohjelmalla tuotettu suomenkielinen tiedosto, jota voidaan muokata tulevaisuudessa ja käyttää sekä sähköisesti että tulosteena. Tiedosto sisältää ohjeistuksen kaikista opinnäytetyön rajauksien aiheista. PowerPoint tiedoston lisäksi opinnäytetyö sisältää muut dokumenttipohjat, kuten esimerkiksi taulukkopohjan muutoksien dokumentointiin sekä Solidworks ohjelmiston mallinnuspohjat osille ja kokoonpanoille sekä piirrustuspohjat 2D- piirtämisen nopeuttamiseksi.

2 KONEPAJASUUNNITTELUN KESKEISIMMÄT VAIKUTTAJAT JA VELVOITTEET

Konepajasuunnittelu keskittyy asiakastuotteiden suunnitteluun tai niiden kehittämiseen. Suunnittelu täytyy sen vuoksi olla laadukasta ja tarkkaa. Suunnittelun on noudatettava standardeja ja suunnittelua on dokumentoitava sekä muutoksia hallittava tarkasti, jotta voidaan olla varmoja asiakkaan asettamien vaatimusten täyttyminen heidän tuotteelleen. Tässä luvussa käyn läpi Componentan Kalajoen yksikön suunnittelun kannalta keskeisimpiä aihealueita teoriatasolla. Huomioitavaa on, että yksikön suunnitteluun liittyy myös aihealueita, joita ei tässä luvussa käydä läpi.

2.1 Standardien vaikutus konepajateollisuuden suunnittelutyössä

Standardit ovat kirjallisia, kansallisesti tai kansainvälisesti hyväksytyjä ohjeita ja vaatimuksia sisältäviä asiakirjoja, jotka antavat yhteinäiset ohjeet ja vaatimukset toimia eri aloilla. Standardien tarkoitus on mahdollistaa tuotteiden ja palveluiden yhteensopivuutta, turvallisuutta sekä laatua. Standardien käytöllä asiakas voi viestiä valmistajalle haluamansa laadun ja turvallisuuden. Valmistaja voi vuorostaan viestiä standardien käytöllä tuotteensa ominaisuuksia, laatua sekä turvallisuutta. (SFS.)

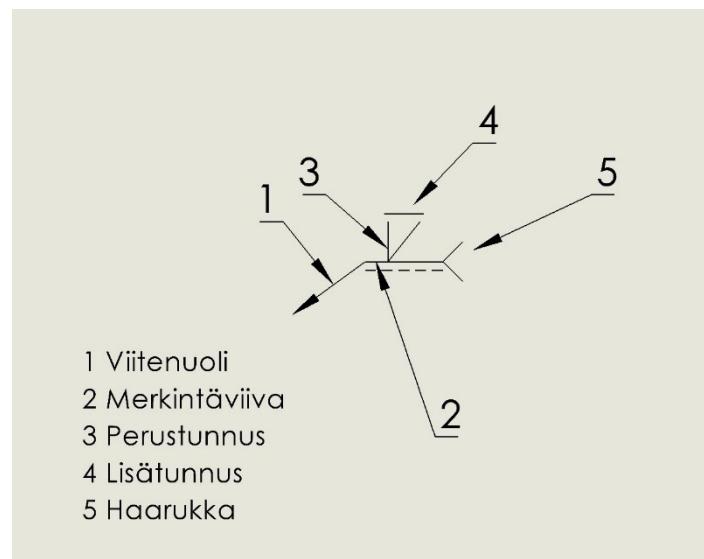
Konepajateollisuudessa standardit ovat arkipäivää ja ohjaavat niin tuotantoa kuin myös suunnittelutyötä. Standardit ohjaavat suunnittelussa esimerkiksi hitsausmerkkejä, hitsien kokoja ja mittoja, geometrisiä toleransseja sekä niiden merkkaamista, työstöarvoja, pinnankarheuksia ja valmistustoleransseja. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi Componentan Kalajoen yksikön suunnittelutyön kannalta tärkeimmät standardit. On huomioitavaa, että vaikka tässä osiossa käydään läpi vain muutama standardi, yksikön suunnittelutyötä ohjaavat myös lukuisat muut standardit.

2.1.1 Hitsausmerkit, SFS-EN ISO 2553:2019

SFS-EN ISO 2553:2019 on vahvistettu kansallinen standardi, joka vastaa eurooppalaista EN ISO 2553:2019 -standardia (SFS 2553, 1). Tämä standardi määrittelee säännöt teknisissä piirrustuksissa käytettäville hitsausmerkinnöille. (SFS 2553, 5.) Hitsausmerkillä kerrotaan teknisessä piirrustuksessa hitsaajalle, minkälainen sauma hänen tulee hitsata merkin osoittamaan kohtaan.

Standardi määrittelee vähimmäisvaatimukset ja lisäelementit hitsausmerkille. Hitsausmerkki koostuu vähintään merkintäviivasta ja viitenuolesta (SFS 2553, 10). Hitsausmerkkiin voidaan lisätä


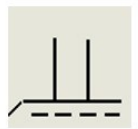
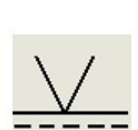

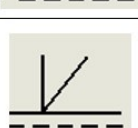
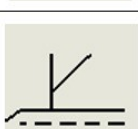

lisäelementtejä eritysinformaatiota varten (SFS 2553, 10). Merkintäviiva toimii hitsausmerkin runkona, ja siihen kiinnittyvät viitenuoli, perustunnus sekä haarukka. Merkintäviivalla osoitetaan lisäksi perustunnuksen kanssa, kummalle puolelle kappaletta hitsausseura tulee (SFS 2553, 23). Viitenuoli osoittaa piirrustuksessa liitoksen, jota kyseinen hitsausmerkki koskettaa (SFS 2553, 22). Perustunnuksella määritetään hitsin hitsilaji, esimerkiksi pienahitsi tai V-hitsi (SFS 2553, 7,12-14). Lisätunnuksella voidaan antaa lisätietoa hitsausliitosta koskien, kuten esimerkiksi V-railohitsille voidaan antaa lisätunnus kupuhitsistä (SFS 2553, 16). Haarukkaa käytetään, kun halutaan antaa lisätietoa hitsistä, esimerkiksi standardin mukainen hitsiluokka tai käytettävä hitsausprosessi (SFS 2553, 25). Kuva 1 esittää hitsausmerkkiä, jossa on esitetty nämä kaikki merkin elementit ja osoitettuna. Hitsausmerkeillä suunnittelija viestii tuotannolle mikälainen sauma merkin osoittamaan kohtaan kappaletta tulee hitsata.



KUVA 1. Hitsausmerkin osat

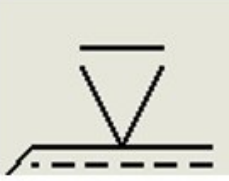

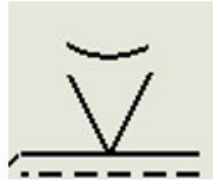
Perustunnuksella kerrotaan piirrustuksessa, millainen hitsi merkin osoittamaan kohtaan tulee hitsata. Taulukossa 1 on esitetty joidenkin hitsilajien perustunnukset. Kaikki perustunnukset on esitetty standardin sivulla 12-14 olevassa taulukossa. Perustunnukset tulee piirtää taulukoiden osoittamalla tavalla, eikä niiden suuntaa saa muuttaa (SFS 2553, 11).

TAULUKKO 1. Perustunnuksia (mukaillen SFS 2553, 12-14)

Hitsilaji	Tunnus
Pienahitsi	
I-hitsi	
V-hitsi	
v-hitsi Osaviistetty railo	
Puoli-V-hitsi	
Puoli-V-hitsi Osaviistetty railo	
U-hitsi	

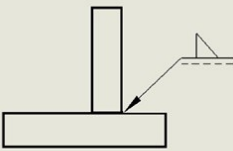
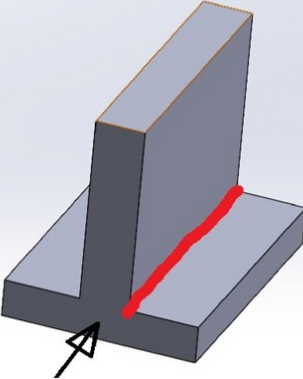
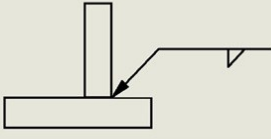
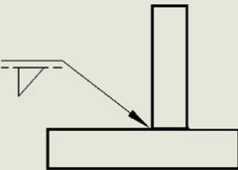
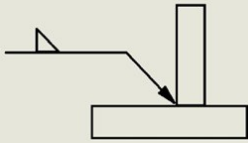
Lisätunnuksilla voidaan antaa lisätietoa hitsausliitoksesta. Lisätunnuksella ilmoitetaan esimerkiksi hitsin pinnan muodosta, jouhevasta ylimenosta, juurihitseistä, juurituista, ympärihitsauksesta ja asennushitsistä. Hitsin pinnanmuotoja kuvaavat kupu-, kouru- ja tasahitsi merkeillä kuvataan hitsin likimääräistä pinnanmuotoa ilman jälkikäsittelyä. Mikäli hitsi halutaan tasaiseksi tai tasoittaa jälkikäsittelyllä, on siitä ilmoitettava sen sijaan hitsausmerkin haarukassa. (SFS 2553, 16.) Taulukossa 2 on esitetty joitain yleisimpiä lisätunnuksia. Täydellinen taulukko lisätunnuksista on esitetty standardin sivulla 16-17.

TAULUKKO 2. Lisätunnuksia (mukaihen SFS 2553, 16)

Nimike	Tunnus V-railohitsin perustunnuksen päällä
Tasahitsi	
Kupuhitsi	
kouruhitsi	

Standardi käsittelee kahta eri merkintätapaa hitsausmerkille, joilla molemmilla tavoilla esitetään tuleeko hitsausauma nuolen osoittamalle puolelle vai sen vastapuolelle. Nämä merkintätavat ovat standardissa nimetty merkintätapoina A ja B. Merkintätapa A perustuu ISO 2553:1992 standardiin, kun taas merkintätapa B perustuu Tyynenmeren valtioissa käytettäviin standardeihin. (SFS 2553, 5). Taulukossa 3 on esitetty nämä kaksi tapaa pienaliitos perusmerkin kanssa sekä havainnollistettu 3D-kuvannon avulla. Standardin sivulla 24 on taulukko, jossa tämä sama asia on esitetty tarkemmin.

TAULUKKO 3. Merkintätavat A ja B (mukaiillen SFS 2553, 24)

	Merkintätapa A	Sauman sijainti kaikilla merkintätavoilla 3D-mallissa esitettynä*	Merkintätapa B
Nuolen puoli			
Vastapuoli			
*Musta nuoli osoittaa katselusuunnan ja punainen väri sauman paikan			








Hitsausmerkillä on myös mahdollista esittää lisätietoa, esimerkiksi käyttäen useampaa perusmerkkiä yhtäaikaan, merkata kaksipuoleinen hitsi merkitsemällä perustunnus merkintäviivan molemmille puolille, lisäämällä ympärihitsauksen tai vuorohitsin merkki. Hitsausmerkki voi myös sisältää useita merkintäviivoja, joilla on eri perusmerkit, millä kuvataan peräkkäisiä hitsaustoimintoja. (SFS 2553, 24-25.) Standardi määrittää myös, miten hitsien mitoitus tulee merkata hitsausmerkkiin (SFS 2553, 27-28). Hitsausmerkkejä voidaan siis käyttää monipuolisesti ja siksi on tärkeää, että sekä suunnittelija että myös hitsaajat ovat perillä käytettävistä hitsausmerkeistä ja niitä ohjaavasta standardista. Standardin mukaisia hitsausmerkkejä käyttämällä suunnittelija voi varmistua siitä, että hitsaaja ymmärtää suunnittelijan tarkoittamaa hitsaussaumaa sekä sen kokoa.

2.1.2 Geometrinen tolerointi, SFS-EN ISO 1101:2017 ja SFS-EN ISO 22081:2021

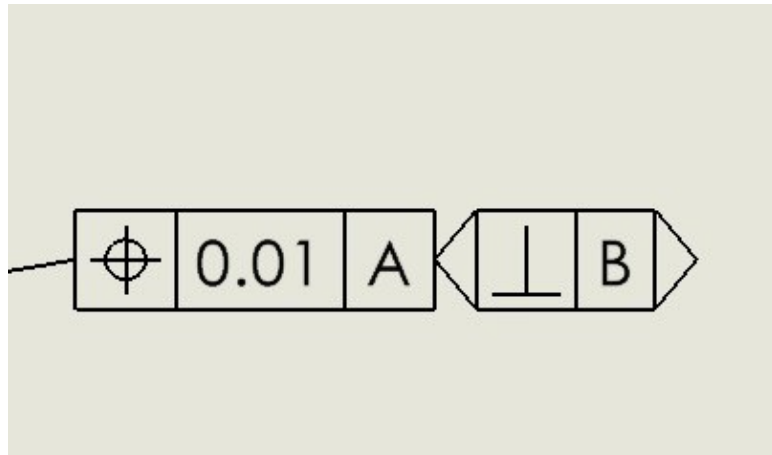
SFS-EN ISO 1101:2017 on vahvistettu suomalainen kansallinen standardi (SFS 1101, 1). Tämä standardi on osa ISO:n globaalia GPS järjestelmää (SFS 1101, 5). Standardi määrittää geometriaa ilmaisevat symbolit ja niiden käytön. Tämä standardi määrittelee, kuinka geometrisiä määrittelyitä merkataan ja miten näitä merkintöjä tulkitaan. (SFS 1101,7.) Geometrisillä määritteillä tarkoitetaan työkalun ominaisuuksia, kuten esimerkiksi suoruutta, paikkaa tai kohtisuoruutta. Taulukossa 4 on esitetty joitain yleisimpiä geometrisiä tunnuksia, niiden kuvaamia ominaisuuksia, mitä ne määrittelevät

ja tarvitseeko niiden käyttöön määritellä peruselementtiä. Standardin sivuilta 12-14 löytyy täydellinen taulukko, jossa on esitetty kaikki geometriset tunnuksat. Näillä tunnuksilla osoitetaan työpiirustuksessa työkappaleelle vaaditut geometriset ominaisuudet.

TAULUKKO 4. Geometrisiä tunnuksia (mukaan SFS 1101, 12-14)

Tunnus	Ominaisuus	Määrittely	Peruselementin tarve
	Suoruus	Muoto	ei
	Tasomaisuus	Muoto	ei
	Ympyräisyys	Muoto	ei
	yhdensuuntaisuus	suunta	kyllä
	Kohtisuoruus	Suunta	Kyllä
	Samankeskeisyys	Sijainti	Kyllä
	Paikka	Sijainti	Kyllä/ei

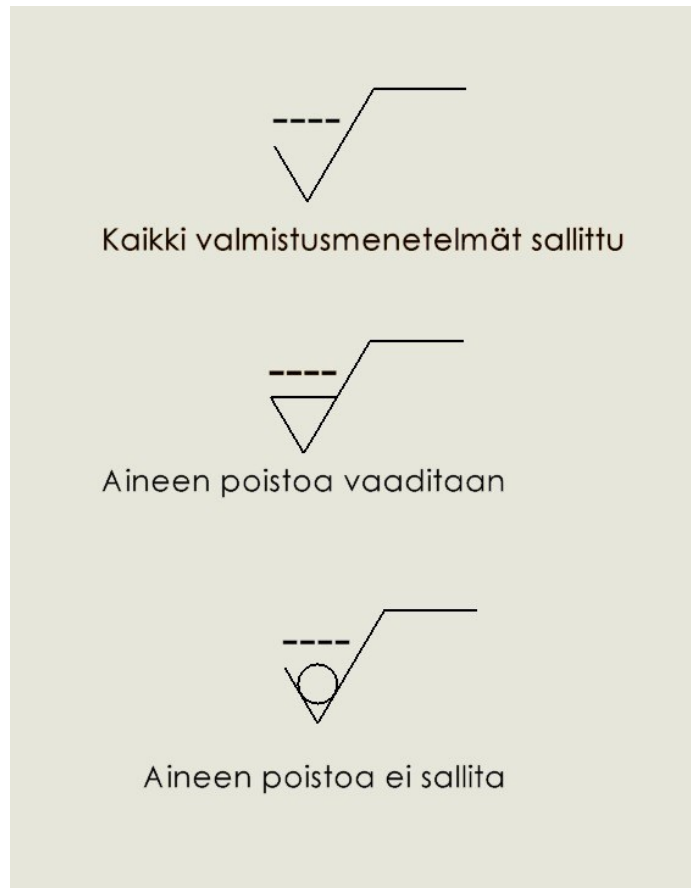
Työkappaleelle annetaan vertailuelementti eli peruselementti, jonka mukaan geometriset ominaisuudet toteutetaan (SFS 1101, 10). Geometriselle ominaisuudelle voidaan antaa jokin toleranssi (SFS 1101,10). Geometriset ominaisuudet ilmoitetaan valmistuspiirustuksissa geometrisella määrittelymerkinnällä. Geometrinen määrittelymerkintä koostuu toleranssikehyksestä, valinnaisista taso- ja elementtitunnuksista sekä valinnaisista vierekkäisistä merkinnöistä. (SFS 1101, 20). Kuva 2 on esimerkki tällaisesta geometrisestä määrittelymerkistä. Standardin sivulla 20 on tarkempi kuva, jossa myös nimetty määrittelymerkinnän osat.



KUVA 2. Geometrisen määrittelymerkin esimerkki (mukaillen SFS1101,20)

Toleranssikehys on suorakulmainen kehys, joka on jaettu osiin. Ensimmäinen osa on tunnuslohko, johon merkataan geometrisen ominaisuuden tunnus (ks. kuva 2). Seuraavaan osaan eli alue-, elementti- ja ominaisuuslohkoon voidaan merkata toleranssialue, toleroitu elementti, ominaisuus, materiaalitila sekä tila. (SFS 1101, 20.) Geometrisillä määrittelymerkinnöillä suunnittelija viestii tuotannolle haluamiaan geometrisiä vaatimuksia tuotteelle ja sen osille. Standardin määrittelemiä merkintöjä käyttämällä suunnittelija voi varmistua siitä, että tuotanto ymmärtää hänen asettamansa vaatimukset tuotteen tai sen osan valmistamiselle.

SFS-EN ISO 22081:2021 on vahvistettu suomalainen kansallinen standardi (SFS 22081, 1). Myös tämä standardi on osa ISO:n GPS järjestelmää (SFS 22081, 5). Standardin tarkoitus on minimoida merkintöjen määrä teknisissä tuoteasiakirjoissa kuten valmistuspiirrustuksissa, geometrian ja mitan yleismäärittelyllä (SFS 22081, 5). Geometrisen ja mitan yleismäärittelyllä määritetään standardin ISO 22081:2021 mukaiset yleistoleranssimerkinnät, jotka ovat voimassa koko valmistuspiirrustuksessa ja siinä olevissa kaikissa elementeissä ellei elementeille ole erikseen annettu erillistä geometrista tai mitallista määrittelyä (SFS 22081, 9,12). Jotta geometristä yleismäärittelyä voidaan käyttää, on valmistuspiirrustuksen elementille määritettävä peruselementit, jotka lukitsevat kaikki vapausasteet (SFS 22081, 12). Kuva 3 on esimerkki valmistuspiirrustuksesta, jossa elementille on määritelty peruselementit sekä yleismäärittely mitoille.



KUVA 4. Pintaprofiilin ominaisuuksien piirrosmerkit

Piirrosmerkki koostuu lisäksi vähintään pintasuureen tunnuksesta eli R-suureesta sekä tämän toleranssin raja-arvosta, jos pintasuureella on oletusmäärittely eli Rz, Ra, Rp, Rv, Rq, Rmax, Rt ja Pt. (SFS 21920-1, 11.) Pintasuureiden oletusmäärittelyt on esitetty standardissa ISO 21920-3:2022, ja pintasuureiden merkitykset ovat vuorostaan esitetty standardissa ISO 21920-2:2022. Näillä merkeillä suunnittelija viestii yleensä tuotannolle koneistettavista tasoista ja aukoista. Lisäksi tunnuksilla voidaan tarkentaa, jos jotain pintaa tai aukkoa ei saa koneistaa.

2.2 2D- ja 3D-suunnittelu

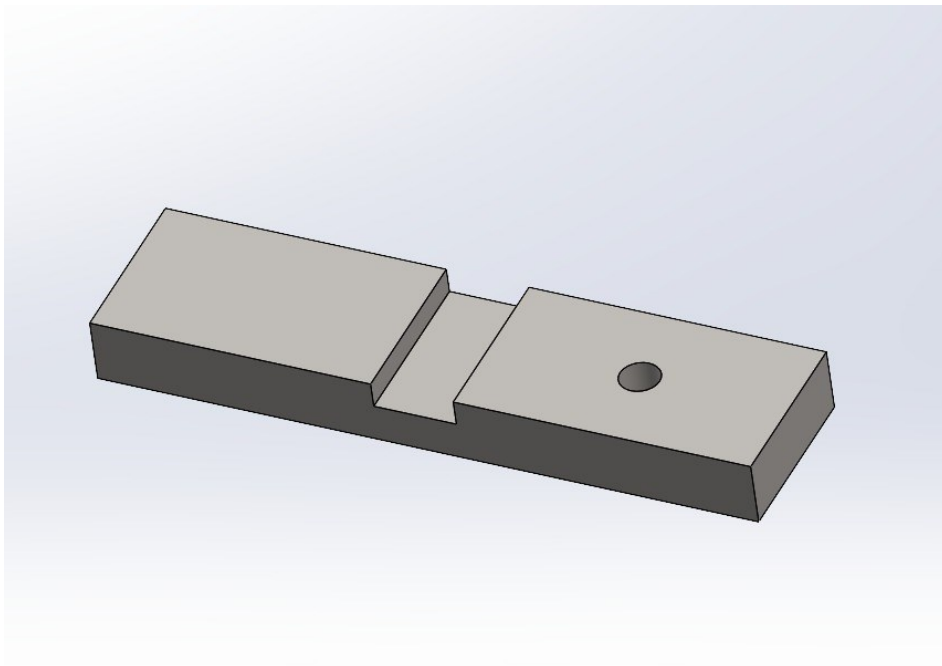
Mekaaninen suunnittelu voidaan jakaa 2D- ja 3D-suunnitteluun. Nämä kaksi eroavat toisistaan mallinnusperiaatteen ja nykypäivän käyttötarkoitusten osalta. 2D-suunnittelu tarkoittaa kaksiulotteista mallintamista. 2D-malli näyttää kappaleen pituuden ja leveyden, mutta ei sen syvyyttä (PBZ 2024). 3D-mallintamisessa on käytössä yksi ulottuvuus enemmän, joka sallii esittää mallin pituuden, leveyden ja syvyyden tietokoneen näytöllä (PBZ 2024). Sekä 2D- että 3D-suunnittelulla on nykyään omat

käyttötarkoituksensa. 2D-suunnittelulla voidaan esittää 3D-suunnittelun tuloksena luodut mallit valmistuspiirrustuksina joiden lukemiseen ei tarvita tietokonetta.

2.2.1 3D-suunnittelu

3D-suunnittelu on prosessi, jossa käytetään 3D CAD -ohjelmaa kolmiulotteisen kappaleen matemaattiseen esittämiseen. Suunnittelun lopputuloksena on 3D-malli (AutoDesk 2024). 3D-malli tehdään XYZ-koordinaatistoon kolmiulotteisuuden saavuttamiseksi (Suomen Yrittäjäopisto).

3D-mallin luomiseen on olemassa useita eri sovelluksia, kuten esimerkiksi Autodeskin Inventor ja Dassault Systemsin Solidworks. Mallin luominen alkaa kaksiulotteisen geometrian piirtämisestä, josta muodostetaan kolmiulotteinen piirros esimerkiksi pursottamalla tämä juuri luotu kaksiulotteinen geometria. Mallinnuksessa tehdään ensin mallit osista, jonka jälkeen osista luodaan kokoonpano. Kun kokoonpanot ja/tai on ovat mallinnettu, niistä tehdään konepiirrustukset 2D-mallintamalla. (Suomen Yrittäjäopisto.) Kuva 5 esittää Solidworks ohjelmistolla tehtyä 3D-mallia.



KUVA 5. 3D-malliesimerkki

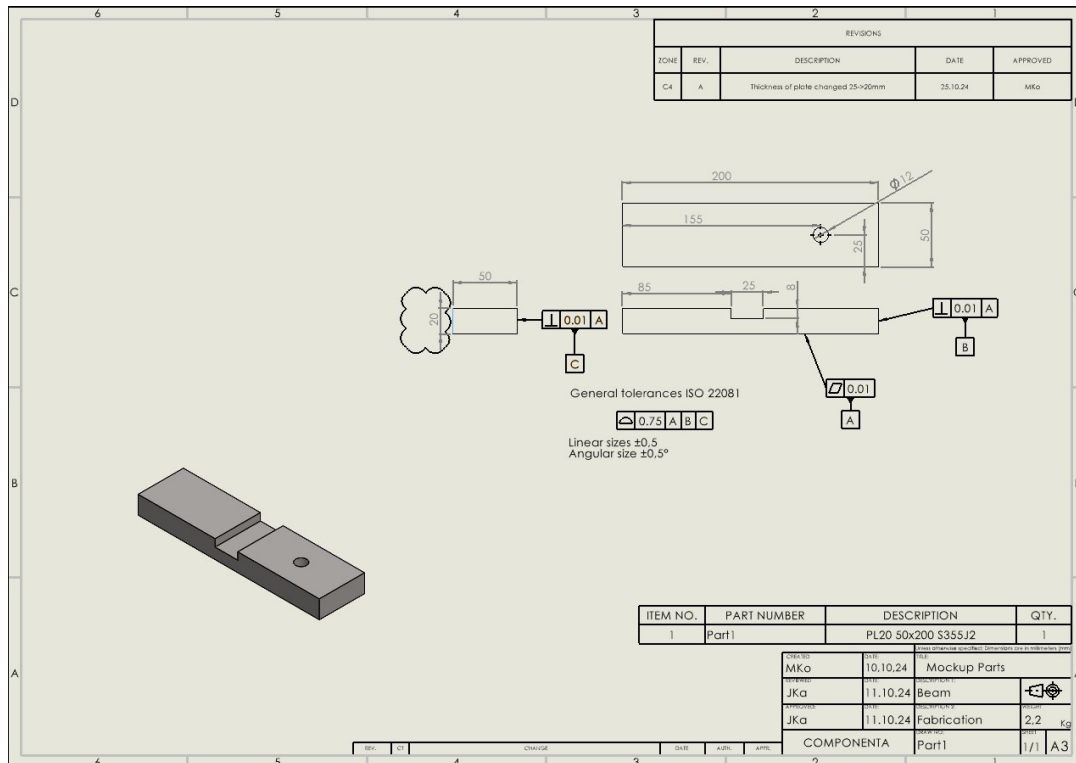
3D-suunnittelua ja mallinnusta käytetään useilla eri aloilla. Viihde ja media puolella 3D-mallinnuksella voidaan tehdä jopa kokonaisia tuotantoja 3D-ohjelmistojen avulla. 3D-mallinnuksella voidaan tehdä yksityiskohtaisia esityksiä rakennuksista ja sisustuksista, joiden avulla arkkitehdit ja

suunnittelijat voivat välittää visiotaan asiakkaille tai sijoittajille. 3D-suunnittelulla voidaan tuotesuunnittelun sekä valmistavan teollisuuden aloilla kehittää valmistettavista tuotteista prototyyppejä tehokkaasti ennen tuotteen valmistuksen aloitusta. 3D-suunnittelua hyödynnetään myös esimerkiksi lääketieteessä, autoteollisuudessa ja ilmailuteollisuudessa. (Adobe 2024.) 3D-suunnittelulla voidaan siis luoda kolmiulotteinen malli asiakkaan lopputuotteesta ja tutkia sitä tietokoneen näytöltä.

2.2.2 2D-suunnittelu ja konepiirrustusten tekeminen

2D-mallinnus tarkoittaa kaksiulotteista eli tasossa tapahtuvaa suunnittelua, jossa annetaan sijaintitiedot, mutta ei korkeustietoja. 2D- suunnittelu on alunperin toteutettu paperin ja kynän avulla, mutta nykyään suunnittelu tapahtuu tietokoneohjelmien avulla, esimerkiksi AutoCAD- ohjelmalla. Periaate 2D-suunnittelussa on pysynyt samana, vaikka välineet ovat vaihtuneet paperista ja kynästä tietokoneohjelmiin. (Palkama 2015, 14).

Konepiirrustukset tehdään nykyään 3D-mallien pohjalta CAD- ohjelmilla. Konepiirrustukset voivat olla esimerkiksi osien piirrustuksia, työpiirrustuksia sekä kokoonpanopiirrustuksia. Konepiirrustuksista käytetään usein myös termiä konepajapiirrustus. Konepajapiirrustusten merkitys on suuri, koska ilman konepajapiirrustuksia suurien kokoonpanojen toteuttaminen on lähes mahdotonta. (Halme 2019, 8.) Kuva 6 esittää Solidworks ohjelmistolla tehtyä osapiirrustusta.



KUVA 6. Osapiirustus

Konepiirrustuksissa kolmiulotteiset kappaleet esitetään kaksiulotteisesti projektioiden avulla piirustus pohjalle. Kappaleen projektioiden tulee esittää yksiselitteisesti kolmiulotteisen kappaleen rakenne (Halme 2019, 13). Kappaleen projektiioihin annetaan kappaleen valmistamista varten tarvittavat mitat, jotka kuvaavat kappaleen lopullisia mittoja. Kappaleen mitat tulee esittää yksiselitteisesti ja mahdollisimman helposti. (Halme 2019, 21.) Kappaleen geometrioille ja mitoille voidaan asettaa toleransseja, jotka tulee lähtökohtaisesti ilmoittaa piirrustuksessa ISO:n GPS järjestelmän avulla (Halme 2019, 26). Konepiirrustuksissa esiintyy usein myös hitsausmerkintöjä, joilla piirrustuksen suunnittelija viestii kokoonpanopiirrustuksissa hitsaajalle minkälainen sauma hänen tulee hitsata. Hitsausmerkit on määritelty SFS-EN ISO 2553 standardissa.

2.3 Revisiointi

Revisiointilla tarkoitetaan tuotteen, osan, kappaleen tai näiden osa- tai valmistuspiirrustusten päivittämistä. Revisiotarve syntyy, kun jotain edellämämainituista päivityksen kohteista halutaan parannella tai korjata niissä ilmenneitä virheitä sen jälkeen, kun kyseinen kohde on jo julkaistu ja jaettu muiden käyttöön.

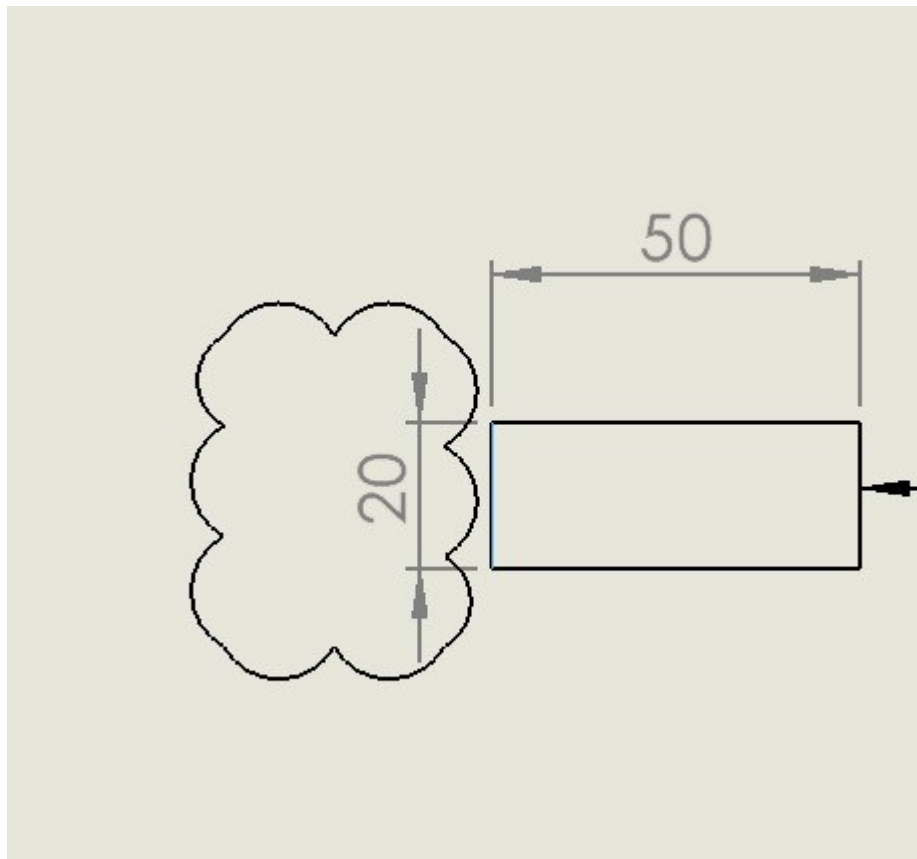
Revisio merkitään muokatun elementin tietoihin revisiotunnuksella. Revisiotunnuksena käytetään yleensä juoksevaa kirjaintunnusta eli A, B, C, D ja niin edelleen. Revisiotunnus merkataan osa- ja valmistuspiirrustuksissa revisiotaulukkoon sille varattuun ruutuun. Tuotteiden, kappaleiden ja näiden osien revisiotunnus merkataan yleensä joko niiden tiedostonimeen viimeiseksi tai yrityksen ERP järjestelmän vastaavan nimikkeen tietoihin tai molempiin. (Pietilä 2024.)

Piirrustuksissa revisio ilmoitetaan käyttämällä revisiotaulukkoa. Piirrustusten revisiotaulukkoon revisiotunnuksen lisäksi kirjoitetaan lyhyesti tehdyt muutokset, revision teko eli julkaisupäivämäärä, kuka revisioinnin on tehnyt ja revisioinnin hyväksyjä. (Pietilä 2024.) Kuvassa 7 on esimerkki tällaisesta revisiotaulukosta.

REVISIONS				
ZONE	REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
C4	A	Thickness of plate changed 25->20mm	25.10.24	MKo

KUVA 7. Esimerkki revisiotaulukosta

Revisiotaulukon lisäksi piirrustuksiin voidaan merkata indikaattori, joka osoittaa piirrustuksesta revisioituneet alueet. Yleinen tapa indikoida näitä muutoksia on käyttää revisiopilveä. (Pietilä 2024.) Esimerkki revisiopilvestä on esitetty kuvassa 8. Revisiopilvellä ympäröidään alue, jossa muutos on. Tällaisia muutoksia ovat esimerkiksi kappaleen geometrian, mitan ja toleranssien muutokset. Kuvassa 8 on esitetty kuvan 7 revisiotaulukon mukaista mitan muutosta.



KUVA 8. Esimerkki revisiopilvestä.

Revision muutosta ei ole pakollista indikoida erillisellä merkkauksella, jos piirustus on yksinkertainen ja muutos on helposti löydettävissä piirrustuksesta revisiotaulukoon kirjoitetun muutoksen selostuksen avulla.

2.4 Dokumentointi

Dokumentoinnilla tarkoitetaan tapahtumien tai työvaiheiden tallettamista kirjalliseen muotoon. Dokumentointia voi tehdä monella tavalla, esimerkiksi pöytäkirjat, selosteet ja sopimukset ovat erilaisia dokumentoinnin keinoja. Dokumentoinnilla voidaan kuvata koko projektin suoritus alusta loppuun. Dokumentoinnin tarkoitus on tallettaa tärkeää tietoa työn tai projektin vaiheista, ja varmistua siitä, että työn jälki täyttää sovitut vaatimukset. Hyvin tehtyä dokumentaatiota voidaan hyödyntää koko projektin ajan sekä myös projektin jälkeen tietojen tarkastamiseksi. (Lieke sovellukset.)

Dokumentoinnin avulla voidaan selvittää projektin vaatimusten toteutuminen. Dokumentointi on apuna mahdollisten reklamaatiotapauksien juurisyiden selvittämisessä. Dokumentaation avulla voidaan selvittää reklamaatiosta vastaava taho eli onko syy tilaajan vai toimittajan. Dokumentaatiota voidaan käyttää myös apuna seuraavissa projekteissa tietolähteenä.

3 NYKYTILANTEEN KUVAUS JA SELVENTÄMINEN

Componenta manufacturing Oy:n Kalajoen yksikössä konepajasuunnittelu toteutetaan ensisijaisesti yksikön NPI- tiimin toimesta. Suunnittelu toteutetaan asiakkaan toimittamien valmistuskuvien sekä 3D-mallien pohjalta niiden ollessa saatavilla. Tuotteen suunnittelutarve on arvioitu valmiiksi tarjouslaskentavaiheessa ja suunnittelutarpeen laajuus ilmoitetaan NPI-tiimille sen pohjalta. Tarpeiden laajuus vaihtelee pienistä osamuutoksista kokonaisvaltaiseen uudelleen mallintamiseen ja mallin pohjalta osa- ja valmistuskuvien luontiin. Suunnittelun jälkeen osista ja lopputuotteista luodaan yrityksen ERP järjestelmään nimikkeet ja nimikkeiden tietoihin ilmoitetaan piirrustusten numerot sekä näiden revisiot. Tämän jälkeen ilmoitetaan tuotannolle sekä operatiiviselle ostajalle suunnittelun tulleen valmiiksi, ja vapautetaan kuvat tuotannon sekä hankinnan käyttöön.

Tässä luvussa käyn läpi yksikön konepajasuunnittelun eri aihealueet ja menettelytavat nykytilanteessa sekä niihin liittyvät ongelmakohdat.

3.1 Revisiointi

Componenta manufacturing Oy:n Kalajoen yksikössä revisiointitarve tulee joko asiakkaan tilauksen yhteydessä tai yksikön oman kehitystyön seurauksena. Jos revisiointitarve tulee asiakkaan tilauksen seurauksena eli asiakas on itse päivittänyt tuotteen mallia, revisiointi tehdään sitä koskevan osan, pääkokoonpanon ja mahdolliseen alikokoonpanon 3D-malliin. Revisioitujen osien sekä kokoonpanojen valmistus- ja osapiirrustukset päivitetään sekä näihin merkataan revisiotunnus, muutos, revisiointipäivämäärä, revisioijan puumerkki ja hyväksyjän puumerkki. Muuttuneiden osien revisiointit merkataan yksikön ERP-järjestelmään niitä vastaavien nimikkeiden tietoihin. Muutoksista ilmoitetaan operatiiviselle ostajalle, tuotannon työnjohdolle ja osien toimittajalle sähköpostilla. Revisioidut osakuvat toimitetaan osatilauksen yhteydessä toimittajalle, ja tuotannon työnjohto toimittaa revisioidut valmistus- tai kokoonpanokuvat työn suorittajille.

Jos yksikön oma suunnittelu vaatii osien tai piirrustusten muokkaamista muuttaen merkittävästi jotain lopputuotteen ominaisuutta, näille muutoksille kysytään lupa asiakkaalta ja tarvittaessa tehdään alustavat muutosmallit ja -kuvat, jotka lähetetään asiakkaan vastuuhenkilölle hyväksyttäväksi. Hyväksynnän tultua asiakkaan vastuuhenkilöltä edetään revisioinnissa samalla tavalla kuin revisiointitarpeen tullessa asiakkaan tilauksen seurauksena. Jos asiakas ei hyväksy muutoksia sellaisenaan,

päivitetään alustavat muutosmallit ja -kuvat vastaamaan asiakkaan antamia vaatimuksia ja ne lähetetään uudelleen hyväksyttäväksi. Jos kyseessä oleva oman suunnittelun vaatima muokkaus ei merkittävästi vaikuta lopputuotteeseen, esimerkiksi piirrustuksien virheiden korjaus, ei revisiointille tarvitse pyytää asiakkaan hyväksyntää.

Yksikössä on eri tapoja merkata asiakkaan revisiointi ja oma revisiointi. Osa tekee molemmissa tapauksissa suoraan uuden revision ja vaihtaa revisiotunnuksen järjestyksessä seuraavaan. Osa vuorostaan merkkää revision muodossa ”[Asiakkaan revisiotunnus] – [Oma revisiotunnus]”. Ensimmäisessä tyyliässä etuna on revisiomerkin yksiselitteisyys, mutta ongelmaksi jää asiakkaan revision seurannan haasteellisuus. Jälkimmäisessä tyyliässä asiakkaan revisio on helposti seurattavissa, mutta revision yksiselitteisyys kärsii. Osa suunnittelijoista pitää yllä erillistä dokumentointia tehdyistä revisioinneista, joilla voidaan helposti jäljittää revisiointikierroksella tapahtuneet muutokset sekä tarkistaa viimeisimmät voimassaolevat revisiot.

Revisiointin suurimpana haasteena tällä hetkellä on revisiointin kulkeutuminen osasta alikokoonpanoon tai päämalliin ja alikokoonpanosta päämalliin. Tämä tarkoittaa sitä, että jos osatasolla on tehty sellaisia muutoksia, jotka eivät oleellisesti vaikuta ali- tai pääkokoonpanoon, on osan revisiointin seurauksena kuitenkin myös kokoonpanot revisioitava. Näin on tehtävä, jotta valmistusvaiheessa on selvillä osan uuden revision soveltuvuus käytettäväksi tuotteessa. Sama koskee alikokoonpanoon tehtyä revisiointia. Tämän seurauksena pääkokoonpanoa revisioidaan, vaikka tapahtuneilla muutoksilla ei ole vaikutusta sen valmistuksen kannalta.

3.2 Hitsausmerkit

SFS-EN 2553:2019 standardi määrittää hitsausmerkit, niiden muodot ja hitsin tyyppien perustunnukset, joita valmistuspiirrustuksissa käytetään. Standardi antaa kattavan pohjan hitsausmerkkien käyttöön konepajapiirrustuksissa. Valmistettaviin tuotteisiin on kuitenkin joissain tapauksissa haastava tehdä selkeitä ja yksiselitteisiä hitsausmerkintöjä standardin ohjeiden perusteella. Varsinkin monimutkaisissa kappaleissa piirrustusten luettavuus kärsii, jos jokainen sauma merkataan tarkasti. Tämän vuoksi valmistuskuvissa on havaittavissa jokseenkin tulkinnanvarraisia merkkautapoja.

Yksikössä käytetään SFS-EN ISO 2553:2019 mukaisia hitsausmerkkejä konepajasuunnittelussa. Näiden lisäksi käytetään yleismainintoja piirrustuksissa, joilla ilmoitetaan piirrustukseen yleishitsi.

Yleismainintaa noudatetaan tuotannossa, jos hitsausmerkkiä ei ole määritelty kahden kappaleen välille. Yksiköllä ei ole yhtenäistettyä käytäntöä siitä, miten ja mistä katselusuunnasta saumat tulee epäselvissä tapauksissa osoittaa, vaan tämä on jätetty suunnittelijan päätettäväksi. Hitsausmerkit pidetään lähtökohtaisesti asiakkaan alkuperäisten valmistuspiirrustusten mukaisina poislukien tapaukset, joissa on käytetty SFS-EN ISO 2553:2019 standardin merkintätapaa B. Merkintätapa B on esitetty standardin sivulla 11 sekä tämän opinnäytetyön taulukossa 3. Jos merkintätapaa B on käytetty, piirustusmerkit merkataan omiin kuviin käyttäen yksikön käytössä olevaan merkintätapaan A. Myös niissä harvinaisissa tapauksissa, joissa hitsausmerkit poikkeavat SFS-EN ISO 2553:2019 standardista, muutetaan hitsausmerkit tämän standardin mukaisiksi.

Hitsausmerkkien kohdalla haasteeksi nousee piirrustusten yksiselitteisyyden ja selkeyden puute kuvissa. Kun epäselvissä tapauksissa on oikeus merkata hitsisaumat omalla tyyllillään, seurauksena on mahdollisuus, että eri suunnittelijoiden tyylin vaihtelevuuden vuoksi on valmistuskuvien tulkitseminen tuotannossa haasteellista. Tämä voi johtaa väärinkäsityksiin tuotteen valmistuksessa. Näiden merkintätapojen merkityksille ei ole myöskään olemassa selkeää tulkintaohjetta tuotannossa.

3.3 Mallintaminen ja piirrustuksien tekeminen

Componenta manufacturing Oy:n Kalajoen yksikössä suunnitteluprosessi aloitetaan luomalla 3D-malli asiakkaan piirrustusten tai 3D-mallin ja piirrustusten pohjalta. Yrityksellä on käytössä Dassault Systemsin SolidWorks 3D -ohjelmisto, jolla mallinnus toteutetaan. Tuotteen osista valmistetaan yksittäiset 3D-mallit suunnittelijan itse valitsemallaan tyyllillä. Jos asiakkaalta on saatu kokoonpanon 3D-malli STEP-tiedostona, osat luodaan käyttäen SolidWorksin omaa piirteiden tunnistusominaisuutta, joka luo tiedoston osista erilliset 3D-mallit. Osat nimetään asiakkaan alkuperäisten nimien mukaan, ja mallit tallennetaan näillä nimillä kyseessä olevaa tuotetta varten varattuun kansioon yrityksen verkkoasemalle. Suunnittelussa on myös huomioitavaa, että lähes poikkeuksetta kaikki syntyvä dokumentaatio on sopimuksen mukaan asiakkaan omaisuutta, vaikkei läheskään kaikkea dokumentaatiota asiakkaalle toimitettaisikaan. Tämä otetaan huomioon sitä käsitellessä ja tallennettaessa.

Osamalleista luodaan samalla ohjelmalla asiakkaan valmistuskuvien tai 3D-mallin mukainen kokoonpanomalli, jossa osat sijoitellaan yhteen malliin todellisille paikoille toisiinsa nähden. Jos tuotteesta on olemassa asiakkaan STEP-tiedostoa, voidaan kokoonpanomalli luoda korvaamalla

asiakkaan tiedoston mallissa olevat osat itse luoduilla osilla. Kokoonpanomallin mittojen sekä osien paikoittelu tarkastetaan ja korjataan vastaamaan asiakkaan toimittamien piirrustusten mittoja.

Kun asiakkaan valmistuskuvia vastaava malli on luotu, nimetään kyseinen kokoonpanon konfiguraatio ”Valmis tuote” -nimiseksi. Kokoonpanolle luodaan sen jälkeen erilliset konfiguraatiot ennen hitsausta olevasta tilasta ja ennen koneistusta olevasta tilasta, jotka nimetään vastaavasti ”Ennen hitsausta” ja ”Ennen koneistusta”. Samat konfiguraatiot luodaan myös kaikille osille ja nimetään samalla tavalla. ”Ennen hitsausta” -konfiguraation osiin lisätään tarvittavat koneistusvarat kasvattamalla kappaleen kokoa tai ainevahvuutta riippuen koneistettavasta piirteestä. Osiin lisätään myös laskennalliset kutistumavarat. Osista poistetaan koneistettavat piirteet, esimerkiksi reiät ja muut koneistustarkkuutta vaativat piirteet. ”Ennen koneistusta” -konfiguraation osista poistetaan kutistumavarat, mutta jätetään koneistusvarat.

Kun 3D-mallit osista sekä kokoonpanosta on luotu, toteutetaan niiden pohjalta 2D- valmistus- ja osakuvat samalla ohjelmistolla. Osakuvat luodaan hankintaa varten, ja ne luodaan 3D-mallin ”Ennen hitsausta” -konfiguraation pohjalta, jotta ne sisältävät kutistuma- sekä koneistusvarat. Osakuviin annetaan osille kaikki niiden valmistamiseen vaadittavat geometriset mitat, valmistustoleranssit määrittelevät standardit, yleistoleranssit, yksittäiset toleranssit ja yleiset muotoiluohjeet, kuten terävien reunojen pyöristäminen sekä vaadittu reikien valmistusmenetelmä. Luotavia valmistuskuvia ovat alikokoonpanojen ja pääkokoonpanon hitsaus- ja koneistuskuvat sekä mahdolliset viimeistely- ja varustelukuvat pääkokoonpanolle. Valmistuskuviin annetaan osakuvien tapaan geometriset mitat, valmistustoleranssit määrittelevät standardit, yleistoleranssit ja yksittäiset toleranssit. Hitsauskuviin annetaan lisäksi hitsausmerkit ja mahdolliset hitsausmerkkien yleismaininnat. Nämä tehdään 3D-mallin ”Ennen hitsausta” -konfiguraation pohjalta. Koneistuskuviin annetaan lisänä pinnan toleranssit ja koneistusmerkinnät, ja ne tehdään ”Ennen koneistusta” sekä ”Valmis tuote” -konfiguraatioiden pohjalta esittäen käytettävissä olevat koneistusvarat sekä koneistettavat piirteet. Viimeistely tai varustelukuvat tehdään ”Valmis tuote” -konfiguraation pohjalta ja riippuen koneistuksen jälkeen tapahtuvista toimista, voidaan nähin kuviin lisätä merkintöjä sekä hitsaus- että koneistuskuvien mukaan.

Mallinnuksen haasteiksi osoittautuu usein kappaleiden heikko muokattavuus. Esimerkiksi reiät on piirretty kappaleeseen siten, etteivät ne liiku osan kokoa muuttaessa oikeassa suunnassa, koska reiät on mitoitettu väärästä kohdasta kappaletta. Tällöin on suuri riski sille, että reikien paikoittelu jää huomaamatta väärään paikkaan, ja tämä huomataan vasta osan saavuttua toimittajalta tehtaalle.

Haasteita luo myös kokoonpanojen konfiguraatioissa eri konfiguraation osien tunnistaminen. Kokoonpanojen ollessa isoja ja sisältäessä suuria määriä osia, eri konfiguraatioiden osat menevät mallissa usein sekaisin. On yleistä, että lopputuotteen mallin ”Ennen hitsausta” -konfiguraatioon jää ”Valmis tuote” -konfiguraation osia, jolloin osista jää puuttumaan koneistus- ja kutistumavarat.

3.4 Kehityskohteiden tunnistaminen

Joissain tapauksissa asiakkaan tuotteet eivät ole optimaalisia yksikön valmistusmenetelmät ja -mahdollisuudet huomioon ottaen. Asiakkaan suunnittelijat eivät aina ole perillä teräsrakennevalmistuksesta, eivätkä he osaa ottaa huomioon osavalmistuksen kustannuksia tai käytännön toteuttamista. Näistä ja muista mahdollisista syistä on tärkeää, että yksikön suunnittelijat ovat kykeneväisiä tunnistamaan asiakkaan tuotteen piirteistä kohteet, joita voidaan muun suunnittelun ohella kehittää.

Yksikön suunnittelussa kehityskohteiden tunnistaminen on pääasiassa suunnittelijoiden oman ammattitaidon varassa. Vaikka osa kehityskohteista voidaan tunnistaa jo tarjouslaskentavaiheessa, suurin osa kehityskohteista tunnistetaan 3D-mallinnuksen yhteydessä. Ohjeita tällaisten kehityskohteiden tunnistamiselle ei ole, vaan käytössä on ainoastaan suunnittelijan oma tuntemus yksikön omista valmistusmenetelmistä sekä osatoimittajien tarjoamista palveluista osavalmistukseen.

Kehityskohteiden tunnistaminen lähtee liikkeelle oman tuotannon rajojen, mahdollisuuksien ja kustannusten aiheuttajien tunnistamisesta. Yksikön hitsaamossa tuotantoa rajoittaa nosturien nostokapasiteetti, tuotteiden koko ja paino, työpisteiden koko, käytössä olevat hitsausprosessit sekä teknologisten apuvälineiden puute. Nosturien nostokapasiteetti vaihtelee hallin mukaan; toisessa hallissa maksiminostokapasiteetti on 40 000 ja toisessa 20 000 kiloa. Tuotteiden koko vaihtelee metristä noin 13 metriin pituuden osalta, ja leveyden osalta puolesta metristä viiteen metriin. Korkeus vaihtelee kymmenistä senteistä kuuteen metriin. Tuotteiden painot vaihtelevat tuhannesta kilosta 35 000 kiloon. Työpisteiden koko vaihtelee viidestä neliömetristä 50:een neliömetriin. Yksikön käytössä on MIG-, MAG-, TIG-, jauhekaari- ja puikkohitsaus prosessit, mutta näistä ensisijaisia ovat MIG- ja jauhekaarihitsaus. Normaalisessa tuotannossa työpisteillä ei yleensä ole käytössä teknologisia apuvälineitä vaan esimerkiksi valmistusohjeet ja -kuvat ovat paperiversioina työpisteillä.

Tuotantoa rajoittaa lisäksi koneistamon rajoitukset. Suurin ja merkittävin rajoite koneistamossa on koneistuskeskusten rajoitteet. Yksiköllä on kaksi koneistuskeskusta, Toshiba ja Colgar. Toshiba-

ääriliikeradat ovat X-suunnassa 17 000 mm, Y-suunnassa 4 000 mm ja Z-suunnassa 750 mm. Colgarissa vastaavasti X-suunnassa 23 000 mm, Y-suunnassa 4 500 mm ja Z-suunnassa 1 500 mm. Koneistuskeskuksissa on mahdollista käyttää myös kulmapäitä, jolloin koneistustyökalun asentoa saadaan käännettyä Z-akselin ympäri 90 astetta.

Yksikön tuotannossa suurimmat kustannukset syntyvät koneistuksesta ja hitsausvalmiiden osien tilaamisesta. Kehittäessä tuotetta pyritään helpottamaan ja minimoimaan koneistamista. Yksikön suurien koneistuskeskusten ansiosta suurin osa koneistuksista voidaan tehdä loppukoneistuksena. Hitsausvalmiiden osien kohdalla kustannustehokkuutta haetaan osia muokkaamalla tehokkaammin nestattavaksi levyleikkaukseen ja lisäämällä ei-koneistustarkkoja reikiä osavalmistukseen. Esimerkiksi reikien tekeminen plasmaleikkaamalla osatoimittajan toimesta on monin kerroin halvempaa kuin koneistaa ne yksikön omilla koneistuskeskuksilla.

Kehityskohteita on rajoituksien ja kustannustehokkuuden huomioinnin lisäksi myös tuotteen yleisen valmistettavuuden kehittäminen. Joitain tuotteiden osia on mahdollista yhdistellä toisiinsa, jolloin kehitys näkyy vähentyneenä hitsauksen tarpeena, vähentyneenä paikoitteluna sekä vähentyneinä nostojen tarpeina. Myös yksikön laaja ymmärrys ja osaaminen hitsausteknisissä asioissa mahdollistaa kehittämisen myös hitsaussaumojen kokoja muuttamalla. Pienaliitoksia voidaan joissain tapauksissa pyrkiä pienentämään, jos voidaan hitsin kestävyys pitää saman suuremman tunkeuman ansiosta.

Kehityskohteet tunnistetaan suunnittelijoiden kokemuksen ja tiedon mukaan vaihtelevasti. Kehityskohteet esitetään asiakkaalle ja hyväksytetään heillä. Hyväksytyn päätöksen tullessa kehityskohteet lisätään tuotteen 3D-malliin sekä osa- ja valmistuspiirrustuksiin. Kehityskohteita pyritään aktiivisesti löytämään sekä uusista että vanhoista tuotteista. Kehityskohteiden tunnistamisen haasteita ovat suunnittelijoiden eri tietämys- ja osaamistaso eikä kaikki oleellinen tieto tuotannon tai osavalmistajien rajoituksista ole helposti saatavilla.

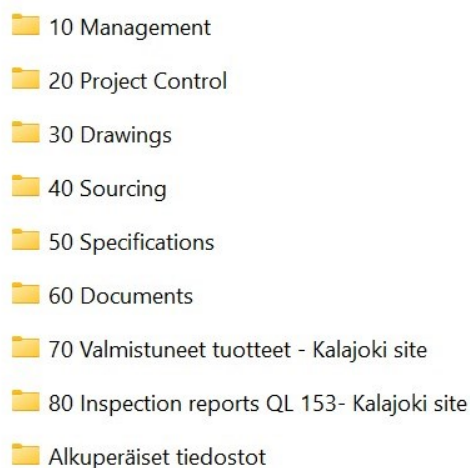
3.5 Dokumentaatio ja sen hallinta

Componenta manufacturing Oy:n Kalajoen yksikössä suunnittelun dokumentaatiota syntyy koko suunnitteluprosessin ajan monessa eri muodossa. Dokumentteja syntyy itse suunnittelun tuloksena ja sen sivutoimena. Suunnittelun tuloksena syntyy valmistus- ja osapiirrustukset sekä 3D-mallit. Sivutoimena syntyy erinäisiä materiaali- ja osalistoja, sähköpostikeskusteluja sekä revisiolistoja.

Suunnittelun tuloksena syntyviä dokumentteja käytetään sekä hankinnassa että tuotannossa. Sivutoimista dokumentaatiota käytetään pitämään kirjaa tehdyistä muutoksista, lupakyselyistä ja niiden vastauksista, tukemaan suunnittelutyötä ja viestimään suunnittelun etenemistä asiakkaalle, toimittajille, tuotannolle sekä muille suunnittelijoille.

Suunnittelun tuloksena syntyy lähes aina samat dokumentit; osa- ja valmistuspiirrustukset Solidworks 3D:n omana tiedostomuotona, PDF-tiedostoina sekä DWG-tiedostoina. Näiden lisäksi 3D-mallit ovat myös Solidworksin omana tiedostomuotona. Sivutoimena syntyvän dokumentaation määrä riippuu sekä suunnittelijasta että projektista. Osa projekteista ei vaadi sivutoimista dokumentaatiota, kun taas joissain projekteissa se on vaadittua. Suunnittelijoiden omat tottumukset vaikuttavat heidän tapaansa tehdä sivutoimista dokumentaatiota suunnittelutyön tueksi.

Dokumentteja hallitaan keräämällä dokumentit yksikön verkkoasemalle vaihtelevalla tavalla. Osalle tuotteista on luotu omat erilliset kansiot, joihin kaikki syntyvä dokumentaatio voidaan tallentaa järjestelmällisesti. Joidenkin asiakkaiden kaikkien tuotteiden dokumentit on tallennettu samaan asiakas- tai tuoteryhmä kansioon. Molemmissa tapauksissa kansio sisältää vakioidun alikansiorakenteen, joka on esitetty kuvassa 9. Kansiorakenteessa on osoitettu kaikelle tuotteelle tai tuoteryhmälle koskevalle dokumentaatiolle omat kansionsa, ei pelkästään suunnittelua koskevalle dokumentaatiolle.



KUVA 9. Vakioitu kansiorakenne

Erillisiä tuotekansioita käytetään niiden tuotteiden kanssa, joissa käytettävät osat ja alikokoonpanot ovat käytössä vain siinä tuotteessa. Asiakas- tai tuoteryhmäkansioita käytetään sellaisten tuotteiden kanssa, joissa asiakas käyttää samoja osia tai kokoonpanoja useissa eri tuotteissa. Dokumenttien hallitseminen tuotekohtaisesti on helpompaa tuotekohtaisella kansiolla, mutta asiakas- tai tuoteryhmäkansioiden käyttäminen on välttämätöntä sellaisten tuotteiden kanssa, jotka jakavat osia toisten tuotteiden kanssa. Verkoasemalle tallennettuun dokumentaatioon on pääsy kaikilla yksikön toimihenkilöillä, joilla on tarve nähdä ja käyttää dokumentteja.

Dokumentaation ja sen hallinnan ongelmina on selkeiden ohjelinojen puuttuminen. Dokumentaation luomisesta ei ole erillisiä ohjeita, vaan kaikki suunnitteludokumentteja tekevät henkilöt toimivat omalla tyylillään. Vaikka tuotteiden tai tuoteryhmien kansiorakenteet ovat vakioituneet, kansioista on havaittavissa näkemuseroja eli kansiorakenne ei ole yksiselitteinen tai sen käyttö vaatii selkeämpää ohjeistusta. Suunnittelua tukevaa dokumentaatiota tehdään harvoin, eikä kuvien revisiokenttien lisäksi ole yleensä mahdollista löytää tuotteeseen tehtyjä muutoksia.

4 OHJEEN TOTEUTUS

Konepajasuunnitteluohjeet asiakastöitä varten ja siihen liittyvät muut tiedostot ovat toteutettu ohjaamaan niin yksikön sisäistä suunnittelua kuin myös ulkopuolista alihankittua suunnittelutyötä. Ohje velvoittaa suunnittelutyön tekijän toteuttamaan suunnitelun ohjelinjoja noudattaen sekä dokumentoimaan suunnittelussa tehdyt vaiheet ja muutokset. Tässä luvussa käyn läpi ohjeen sisällön pääpiirteittäin ja avaan sisällön tarkoituserää. Lisäksi tässä luvussa käyn läpi ohjeen yhteydessä luotujen muiden dokumenttien sisältöä.

4.1 Powerpoint ohjeen sisältö

Suunnitteluohje toteutettiin Microsoft PowerPoint ohjelmalla yksikön periaatteita noudattaen. Ohje on luotu siten, että sitä voidaan tulevaisuudessa tarpeen mukaan revisioida. Ohje asettaa yleiset linjat, joiden mukaan yksikössä ja sille alihankintana tehty suunnittelutyö toteutetaan. Ohjeessa on lisäksi suunnittelutyötä helpottavia ohjeistuksia esimerkiksi hitsausennakoiden suunnitteluun.

Ohjeen alussa on ohjeen revisiotaulukko, johon ohjeen päivittyessä voidaan merkata tehdyt muutokset, muutoksen päivämäärä, muutoksen tekijän puumerkki ja revision juokseva kirjaintunnus. Ohjeen alusta löytyy myös sisällysluettelo käytön helpottamiseen.

Ohjeen yleisessä osiossa selvitetään ohjeen käyttötarkoitusta ja kenen käyttöön se on tarkoitettu. Osiossa selvitetään myös yleisesti muutosten tekemisen hyväksyttämistä eli milloin muutokset tulee hyväksyttäväksi asiakkaalla ja milloin muutokset voidaan tehdä ilman asiakkaan hyväksyntää. Osio selventää myös muita suunnitteluun yleisellä tasolla liittyviä asioita, kuten esimerkiksi mistä suunnittelussa käytettävät dokumenttipohjat löytyvät ja miten niitä käytetään.

4.1.1 3D-suunnittelua koskevat ohjeet

Ohjeen 3D-suunnitteluosiossa selvitetään 3D-suunnittelua koskevat yleiset asiat, konfiguraatioiden käyttö, ensimmäisten mallinnusversioiden teko osista ja kokoonpanoista sekä osien ja kokoonpanojen päivittäminen. Ohjeessa on määritetty yrityksen ensisijaisen suunnitteluohjelman olevan Dassault systemsin SolidWorks 3D, ja siinä ohjeistetaan, että jos mallinnuksessa käytetään toista suunnitteluohjelmaa esimerkiksi alihankkijan toimesta, on sen tallennustiedostojen yhteensopivuus

SolidWorks 3D:n kanssa varmistettava yksiköltä. Ohjeessa vaaditaan tallentamaan mallit yrityksen verkkoasemalle joko suoraan mallintaessa tai siirtämään mallit ja niihin liittyvä muu dokumentaatio mallinnuksen jälkeen verkkoasemalle.

Ohjeesta käy ilmi, mihin käyttötarkoituksiin yritys käyttää 3D-mallia ja ottaa kantaa siihen, että mallit ovat sopimuksesta riippuen pääsääntöisesti aina asiakkaan omaisuutta. Mallin käyttötarkoitus määrittää konfiguraatiot, jotka malliin kuuluu luoda. Konfiguraatioille on ohjeessa annetut värikoodit, joilla pyritään varmistamaan kokoonpanoissa oikeiden osakonfiguraatioiden käyttö. Konfiguraatioiden värien lisäksi ohje määrittelee harmaan värin kuvaavan suunnittelun keskeneräisyyttä, jolloin voidaan helposti tunnistaa keskeneräiset tai käyttämättömät konfiguraatiot osasta. Yksikön suunnittelussa konfiguraatioita käytetään kuvaamaan osien ja kokoonpanojen muotoa tuotannon eri vaiheissa. Konfiguraatiot ja niiden vaiheet ovat kuvattu ohjeessa taulukolla 5.

TAULUKKO 5. Konfiguraatioiden värikoodaukset ja selitteet

Ennen hitsausta/tilattavat osamitat	Osissa / mallissa on koneistusvarat ja kutistumaennakot. Koneistettavia piirteitä ei ole osissa
Hitsattu tuote	Osissa / mallissa on koneistusvarat. Koneistettavia piirteitä ei ole
Koneistettu tuote	Osat / malli ovat lopputuotemitoissa. Varusteluosat puuttuvat mallista
Valmis tuote	Osat ja malli ovat lopputuotemitoissa ja vastaavat asiakkaan tilaamaa tuotetta

Ensimmäisten 3D-mallien luontiin ohje kehottaa käyttämään yksikön verkkoasemalta löytyviä, suunnittelua helpottavia osa- ja kokoonpanotiedostojen pohjia SolidWorks 3D -ohjelmistossa. Pohjista löytyy valmiina kaikki konfiguraatiot, mutta värikoodaus konfiguraatioista on jätetty pois keskeneräisyyttä kuvaamaan. Ensimmäisenä mallinnettujen osien ja niistä tehtyjen kokoonpanojen tulisi vastata asiakkaan lopputuotetta poislukien asiakkaan ennalta hyväksymät muutokset. Ensimmäisten mallien pohjana voidaan käyttää asiakkaan STEP-tiedostona toimittamaa mallia lopputuotteesta, jonka osista on kuitenkin tehtävä täysin määritellyt osat. STEP-tiedostoiden osien piirteet eivät ole lukittuja, ja niissä saattaa esiintyä epämääräisiä mittoja. Epämääräisillä mitoilla tarkoitetaan mittoja, jotka vaikuttavat tarpeettoman tarkoilta verrattuna tuotteen kokonaiskokoan. Piirteet on lukittava, ja epämääräiset mitat voidaan tarkistaa asiakkaan valmistuspiirrustuksista ja korjata vastaamaan piirrustuksissa esitettyä mitta.

Kokoonpanojen luonti voidaan tehdä ohjeen mukaan asiakkaan STEP-tiedoston mallin päälle korvaamalla mallissa olevat osat muokattavaan muotoon suunnitelluilla osilla. Mallille tulee määrittää nollapiste, joka on suositeltavaa valita samalla koneistuksen nollapisteeeksi. Jos tuote ei vaadi koneistusta, on nollapiste suositeltavaa valita jostain tuotteen ulommaisesta nurkasta. Nollapisteessä

oleva osa kiinnitetään ohjelman origopisteeseen. Muiden malliin tuotavien osien kiinnittämistä origoon nähden tulee välttää, ja osat tulisi määrittää kokoonpanoon niiden SolidWorksin ”Mate” -ominaisuutta käyttäen. Tällä ominaisuudella osien paikat on määritelty kokoonpanomallissa toisiinsa nähden sekä origopisteeseen kiinnitettyyn osaan nähden. Tämä helpottaa tulevaa osien ja mallien muokkaamista, koska osat liikkuvat mallissa luonnollisesti muutosten vaikutuksesta.

Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa mallit tallennetaan ilman revisiotunnuksia, vaikka asiakkaalla olisi oma revisio osalle tai kokoonpanolle. Mallien nimien tulee vastata asiakkaan niille antamia nimiä niiden jäljitettävyyden takia. Jos asiakkaan nimessä on mukana asiakkaan revisiotunnus, jätetään se kuitenkin pois.

Osia muokatessa eli revisioitaessa tulee osien mallit ohjeen mukaan tallentaa ensimmäiseksi uudella tiedostonimellä, joka koostuu osan tai kokoonpanon asiakkaan sille antamasta nimestä sekä osalle tulevasta revisiotunnuksesta. Vanha osan tai kokoonpanon tiedosto siirretään tallennuskansiossa olevaan kansioon, joka on varattu vanhoille versioille. Tällä keinolla varmistetaan, että osista ja kokoonpanoista on olemassa tarpeen tullen jokainen käytössä ollut revisio. Osiin ja kokoonpanoihin tulevia muutoksia tulisi ensisijaisesti tehdä sovituissa välissä eli revisiokierroksella, jolloin useampia muutoksia saadaan samaan revisioon mukaan. Tällä vähennetään revisioiden määrää ja siten helpotetaan dokumenttien hallintaa yksikössä. Kokoonpanoihin revisioidut osat tuodaan käyttämällä SolidWorks 3D:n ”replace component” -komentoa, jolla korvataan vanhentunut osan versio uudella, revisioidulla versiolla.

4.1.2 Valmistuspiirustusten tekoa koskevat ohjeet

Piirustusten laadinnassa määritetään ensimmäiseksi, mitä piirustuksia yksikössä toteutetaan. Toisena on määritetty suunnitteluohjelmaksi SolidWorks 3D, jolla piirustukset ensisijaisesti yksikössä tehdään. Muita suunnitteluohjelmia käyttäessä tulee niiden dokumenttien yhteensopivuus varmistaa yksiköltä. Yksiköllä on käytössä omat piirustusohjelmat SolidWorks 3D ohjelmistoon, joita käyttämällä yhdessä yksikön osa- ja kokoonpanopohjilla tehtyjen osien kanssa suurin osa toistuvasta tiedosta tulee valmiiksi piirustuksiin nopeuttaen suunnittelutyötä. Oletuskielenä piirustusten kirjallisissa huomioissa käytetään englantia, ja halutessaan suunnittelija voi lisätä huomiot myös suomeksi.

Ohjeesta käy ilmi piirustuksissa käytettävät piirrosmerkit ja yksikön määräämät standardit, joita osa- ja valmistuskuvissa tulee käyttää. Piirustuksien luonnissa keskitytään ensisijaisesti piirustuksien

luettavuuteen ja käytännöllisyyteen. Yksikön tuotantoon valmistuspiirustukset toimitetaan paperisena, joten tämä on huomioitava arkkikokoa valitessa. Yksikössä pyritään välttämään A0 ja A1 kokoisia arkkeja. Jos tuote on monimutkainen ja tietoa on paljon, on suositeltavampaa luoda useampi sivu kuin yrittää maahduttaa kaikki tieto yhdelle sivulle. Piirustuksissa käytettävien leike- ja yksityiskohtakuvantojen esittäminen tulee toteuttaa niin, että ne esitetään samalla sivulla, josta ne on piirustuksessa olevasta mallista otettu. Tämä toteutetaan tarvittaessa esittämällä jo aikaisemmin esitetty kuvanto seuraavalla sivulla uudelleen, mistä leike- tai yksityiskohtakuvanto otetaan sille sivulle.

Ohjeessa määrätään luomaan osapiirustukset siinä konfiguraatiomuodossa, jossa osat on tarkoitettu toimittaa yksikköön. Samalla määritetään myös tilattavien osien tietojen kirjaaminen osakuviin. Osien toleranssit ja geometriamerkinät tulee myös määrittää ohjeen mukaisesti, jos piirustus pohjassa valmiiksi oleva yksikön yleisstandardi ei ole riittävän tarkka.

Valmistuskuvat tehdään jokaiselle työvaiheelle erikseen eri konfiguraatioista. Näin konepaja saa jaettua eri työvaiheiden suorittajille juuri ne kuvat, joita he tarvitsevat työn toteutuksessa. Kasauskuvat tulee ohjeen mukaan toteuttaa siten, että jokainen työvaihe on esitetty erikseen omalla sivullaan. Kasaamisen helpottamiseksi on kasauskuvan sivuille tehtävä materiaalilistat siten, että siinä on esitetty pelkästään ne osat, joita siinä vaiheessa tarvitaan. Samaa periaatetta noudatetaan myös hitsauskuvissa eli yhdessä kuvassa on vain yhdestä asennosta tehtävät hitsausseamat. Hitsausvaiheessa saatetaan joutua vielä lisäämään osia ja myös hitsauskuviin tehdään materiaalilistat sivun esittämässä työvaiheessa lisättävistä osista. Koneistuskuvat laaditaan tasokuvana ennen ja jälkeen koneistusta, jotta koneistajan on mahdollisimman helppo hahmottaa kappale ja käytössä olevat työvarat.

4.1.3 Revisiointia koskevat ohjeet

Revisiointia tehdään sekä 3D-malliin että muihin valmistettuihin dokumentteihin, jotka on julkaistu tuotannon ja hankinnan käyttöön suunnittelijan toimesta. Ohje opastaa tallentamaan uuden revisioidun dokumentin samaan kansioon vanhan dokumentin kanssa ja siirtämään vanhan kuvan samassa kansiossa sijaitsevaan, vanhoille dokumenteille tarkoitettuun kansioon. Näin saatavilla on aina uusin versio ja voimassa oleva revisiomerkinä on helposti löydettävissä. Vanhentuneet dokumentit ovat tallessa ja muokkaamattomina, jos niitä tulevaisuudessa tarvitaan esimerkiksi reklamaatioiden selvittämiseen.

Osana opinnäytetyötä loin revisiojärjestelmän, joka on ohjeistettu ohjeessa ja on nyt osa yksikön toimintatapoja. Revisiojärjestelmä on suunniteltu yksikön käyttöön, koska yksiköllä ei ole erillistä revisionhallinta sovellusta tai järjestelmää vaan revisioita seurataan ERP-järjestelmässä nimikkeiden revisiotunnuksilla. Revisiojärjestelmä mahdollistaa osien ja kokoonpanojen revisioiden ilman, että revisiointia tarvitsee suorittaa kaikille tuotteen osille.

Revisiojärjestelmässä revisiotunnukset esitetään sen tason mukaan, millä se lopputuotteessa on. Tasojen revisiotunnukset erotetaan revisiotunnuksessa vinoviivalla. Taulukossa 6 on esitetty esimerkki revisiojärjestelmästä eri tasoilla. Taulukossa tason oma revisiotunnus on esitetty lihavoidulla kirjaimella. Eli pääkokoonpanossa olevan alikokoonpanon revisiotunnus koostuu pääkokoonpanon revisiotunnuksesta ja alikokoonpanon omasta revisiotunnuksesta, jotka on erotettu toisistaan ohjeen mukaisesti vinoviivalla.

TAULUKKO 6. revisiotunnukset tasoittain

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
A	A/B	A/B/C

Valmistuspiirustuksien materiaalilistoissa esitetään vain valmistuspiirustuksen tason revisiotunnus siinä oleville osille ja alikokoonpanoille. Esimerkiksi pääkokoonpanon valmistuskuvissa esitetään materiaalilistassa osien ja alikokoonpanojen revisiotiedoissa pelkästään niiden pääkokoonpanotasoa vastaava revisiotunnus. Taulukko 7 esittää, miten eri piirustuksien elementtien revisiotunnukset näkyvät piirustuksien materiaalilistoilla.

TAULUKKO 7. materiaalilistoilla esitettävät revisiotunnukset

Piirrustuk sen elementti	Piirustus		
	Pääkokoonpano	alikokoonpano	osa
Pääkokoonpano	A	-	-
Alikokoonpano	A	A/B	-
Osa	A	A/B	A/B/C

Jos jollekin kokoonpanolle tai osalle tehdään muutos ja sen seurauksena revisio, joka ei vaikuta muilla tasoilla oleviin piirustuksiin tai malleihin, revisiojärjestelmän mukaan muutetaan pelkästään muutoksen kohteena olevan osan tai kokoonpanon omaa revisiotunnusta revisiomerkinissä.

Esimerkiksi jos alikokoonpanoon tehdään muutos, joka ei vaikuta päämallin tai sen alikokoonpanon osien malleihin tai piirustuksiin olennaisesti, ei päämallia tai osia koskevia dokumentteja tarvitse revisioida. Tällaisia muutoksia alikokoonpanoissa ovat esimerkiksi osan paikoittelun muutos, joka ei vaikuta alikokoonpanon mitoittamiseen pääkokoonpanossa. Esimerkin alikokoonpanon valmistuspiirustuksissa osien revisiot esitetään edelleen vanhalla alikokoonpanon revisiotunnuksella, koska osia voidaan käyttää sellaisinaan sekä vanhassa revisiossa että uudessa revisiossa. Taulukko 8 kuvaa tällaista esimerkin mukaista revisiomuutosta ja sen merkkausta revisiotasoilla.

TAULUKKO 8. alikokoonpanon revisiomuutos esimerkki 1

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
A	A/C	A/B/C

Jos muutoksen revisiointi vaikuttaa olennaisesti muilla tasoilla oleviin dokumentteihin, on ne myös revisioitava ja niiden revisiotunnus päivitettävä. Tällöin päivitetään myös alkuperäisen muutoksen kohteena olleen dokumentin revisiotunnus vastaamaan vaikutuksen alaisena olleen dokumentin revisiota. Esimerkiksi, jos alikokoonpanoon tehdään muutos osan paikoittamiseen, joka vaikuttaa alikokoonpanon paikoittamiseen pääkokoonpanossa, on sekä alikokoonpanon että pääkokoonpanon revisiomerkinissä päivitettävä pääkokoonpanon revisiotunnus. Taulukko 9 esittää tämän esimerkin mukaista muutosta.

TAULUKKO 9. alikokoonpanon revisiomuutos esimerkki 2

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
C	C/C	A/B/C

Tässä esimerkissä huomioitavaa on, että vaikka taulukossa 9 esitetyllä tavalla pääkokoonpanon ja alikokoonpanon päämallin revisiotunnus on päivittynyt, ei osan revisiomerkinän pääkokoonpanon

revisiotunnus ole muuttunut, koska muutokset eivät ole vaikuttaneet osaan olennaisesti.

Alikokoonpanon materiaalilistassa osan revisiotunnuksena käytetään edelleen revisiotunnusta A/B, koska sama osa on pätevä myös vanhoissa revisioissa. Tällä käytännöllä vähennetään revisioinnissa tehtäviä dokumenttien muutoksia, koska osia ja kokoonpanoja, joihin ei tule muutoksia, ei tarvitse revisioida.

Revisiojärjestelmän toimivuuden kannalta on myös pidettävä yllä listaa uusimmista revisioista. Tämä tehdään päivittämällä yrityksen ERP-järjestelmään osia ja kokoonpanoja vastaavien nimikkeiden revisiotunnuskenttiä ja rakennemalleja revisioinnin yhteydessä. Lisäksi revisiointi dokumentoidaan yksikön käytössä olevaan suunnittelun dokumenttipohjaan, josta on selitetty tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa 4.2.

4.1.4 Dokumentointia koskevat ohjeet

Ohje velvoittaa suunnittelijan dokumentoimaan tekemänsä muutokset sekä suunnittelun vaiheet. Dokumentointi suunnittelusta tehdään erilliselle Microsoft Excel -ohjelmistolla tehdyille dokumenttipohjalle sekä yrityksen ERP-järjestelmään. Excel-dokumenttipohjasta on selitetty tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa 4.2.

ERP-järjestelmä on ensisijainen dokumentoinnin alusta ja siellä tulee olla merkattuna selkeästi tuotannon sekä hankinnan käytössä olevat viimeisimmät revisiot. ERP-järjestelmän ja muun dokumentaation tietojen poiketessa toisistaan, hankinta ja tuotanto viittaavat ERP-järjestelmässä olevaan aktiivisessa tilassa olevaan tietoon. Tämä käytäntö on voimassa siksi, koska suunnittelussa voi olla menossa tuotteen revisiointi, ja kaikki piirustuksien uusimmat revisiot eivät kesken revisioinnin ole käytettävissä ja keskeneräisiä piirustuksia esimerkiksi hankinnassa käytettäessä on mahdollista tilata yhteen sopimattomia osia.

4.1.5 Kehityskohteita ja tuotteen muokkaamista koskevat ohjeet

Ohjeen osiossa ”Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen” on yleisiä ohjeita suunnittelijalle yksikön toiminnasta, sen tuotannon kyvyistä ja rajoitteista sekä suunnittelua nopeuttavia ohjeita. Ohjeen osio ei ole velvoittava, vaan sen tarkoituksena on helpottaa suunnittelijaa tunnistamaan asiakastuotteen kehityskohteita sekä nopeuttaa suunnittelua yleisesti.

Ohje kehottaa suunnittelijaa käyttämään SolidWorks 3D -ohjelmiston makrotoimintoja, joilla mallintamisen sekä piirustusten teon työvaiheita voidaan nopeuttaa. Makroja löytyy yrityksen verkkoasemalta valmiiksi. Makrojen luontiin voi käyttää apuna esimerkiksi tekoälyä, mutta sen käytössä tulee muistaa noudattaa sekä yksikön että konsernin asettamia IT-turvallisuusohjeita. Hitsauskutistuman arviointiin ohje kehottaa käyttämään tuotannossa käytännössä havaittuja hitsauskutistumia. Suurien ainevahvuuksien sekä osien suuret koot huomioon ottaen kutistumien laskeminen on todella hidasta ja työlästä. Yksikön hitsaajat sekä työnjohto ovat kokeneita ja tarvittaessa oman kokemuksen ollessa vajavaista voi turvautua heidän osaamiseensa hitsauskutistumien arvioinnissa.

Tuotteiden kehityskohteiden tulisi keskittyä valmistuksen ajansäästön näkökulmasta. Materiaalien hankintakustannusten maltillinen nousu on täysin hyväksyttävää, jos sillä saadaan vähennettyä merkittävästi työaika. Tällaisia työaika vähentäviä kehityskohteita ovat esimerkiksi koneistusvarojen lisääminen, osien paikoitusmerkkauksien sekä hitsausviisteiden teettäminen toimittajalla. Suunnittelijan on hyvä huomioida kehityskohteita miettiessä koneistamisen olevan yksikölle huomattavasti hitsaamista kalliimpaa. Tällöin voidaan todeta, että hieman lisääntynyt hitsausaika on säästää ja kehitystä, jos se säästää saman verran koneistusaikaa.

Ohjeen osiossa esitellään myös yksikön koneistuskeskusten maksimiliikeradat sekä hitsaustoiminnan rajoitteet. Yksikön käytössä olevat koneistuskeskukset ovat poikkeuksellisen suuria, jolloin suuri osa koneistuksesta on mahdollista toteuttaa suoraan loppukoneistuksena eli kokoonpanon ollessa muuten valmis. Hitsaus yksikössä toteutetaan pääasiassa valmistuspöydien päällä sekä nostureiden avulla kääntämällä tuotetta. Hitsauksen apuna on myös mahdollista käyttää henkilönostinkoreja. Hitsaustyöt olisi toivottavaa saada suorittaa alapienahitsauksena ja asentohitsauksia tulisi välttää tuotteissa. Päittäisliitokset ovat myös mahdollisia, mutta ottaen huomioon yksikön tuotteiden suuret koot on varsinkin läpihitsaus todella työllistävää.

Ohjeen osiossa on myös lopussa taulukkoja yleisimmistä tietokoneen erikoismerkkien pikakomennoista. Pikakomennot ovat ohjeesta suunnittelijan helposti saatavilla, jolloin niiden etsimiseen ei tarvitse käyttää ylimääräistä aikaa. Ohjeen tallennusmuodon sekä sivun asettelun vuoksi ohjesivu on helppo tulostaa suunnittelijan työpisteelle myös paperiseksi muistioksi.

4.2 Suunnittelun dokumentointipohja

Suunnittelun dokumentointia varten loin sekä yksikön sisäiseen että alihankintana suunnittelua suorittavan yrityksen käyttöön vakioidun taulukkopohjan Microsoft Excel -taulukko-ohjelmalla, jota käytetään suunnittelun muutosten seurantaan. Taulukosta löytyvät välilehdet osien, kokoonpanojen ja piirustusten revisioinnin sekä suunnittelun vaiheiden seuraamiselle.

Osat, alikokoonpanot ja piirustukset ovat kukin omilla välilehdillään. Näiltä välilehdiltä löytyvät samat sarakkeet sillä erolla, että jokaisen lehden ensimmäinen sarake on nimetty välilehdellä käsiteltävän suunnitteludokumentin mukaan. Välilehtien sarakkeiden otsikoiden alle merkitään otsikon nimen mukaan tehdyt osan, kokoonpanon tai piirustuksen nimi, muutokset, revisiotunnus, muutoksenteon päivämäärä, tekijän puumerkki, dokumentin tila, asiakkaan revisiotunnus ja asiakkaan alkuperäinen piirustusnumero tai piirustusnumerot. Asiakkaan alkuperäisiä piirustusnumeroita merkitään sarakkeeseen useampi, jos yksikön omaan osaan on yhdistelty useampi asiakkaan alkuperäinen osa tai kokoonpano.

Suunnittelun vaiheiden välilehteä käytetään suunnittelijan omana muistilistana sekä suunnittelun tilannekuvana, jos suunnittelutyö siirretään suunnittelijalta toiselle. Välilehdeltä löytyy sarakkeet suunnittelun vaiheille, vaiheen tilan merkitsemiseen (aloitettu, valmis ja aloittamatta eli tyhjä ruutu) tilan muutoksen päivämäärä, rivin luoja puumerkki ja huomiolle varattu oma sarakkeensa, johon suunnittelija voi lisätä kommentteja kyseistä vaihetta varten ennen vaiheen toteutusta sekä sen toteutuksen aikana.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Componenta Manufacturing Oy:n Kalajoen yksikölle konepajasuunnitteluohjeet asiakastöiden suunnittelua varten, ja luoda yksikölle sekä sen käyttämille alihankintasuunnittelijoille yhtenäiset ohjeet suunnitteluun ja sen dokumentointiin Microsoft PowerPoint -ohjelmistolla yksikön käytäntöjen mukaisesti. Ohjeen lisäksi tavoitteena oli myös tehdä kansilehti valmistuspiirrustuksille, dokumentointipohja sekä suunnitteluohjelman mallinnuksen dokumenttipohjat.

Opinnäytetyötä aloittaessani tutustuin tarkemmin suunnitteluun vaikuttaviin standardeihin, sekä perehdyin paremmin yksikön oman tuotannon rajoituksiin sekä vahvuuksiin. Perehdyin yksikön revisiointiin huolella ja totesin sen vaativan suuria muutoksia. Revisiointia varten kehitin yksikön käyttöön uuden revisiointijärjestelmän, jonka koen helpottavan revisionhallintaa sekä vähentävän suunnittelijoiden työkuormaa. Haasteelliseksi koin oman ajankäytön hallinnan. Opinnäytetyön tekemiseen varasin liian vähän aikaa ja jouduin tekemään opinnäytetyön kiireessä. Tästä syystä koen, että opinnäytetyön sisältö on vajavainen, mutta siitä huolimatta se voidaan ottaa käyttöön yksikössä.

Opinnäytetyön tuloksena loin yksikön käyttöön suunnitteluohjeet (LITE 1) sekä apumateriaalit, joilla samanaikaisesti yhtenäistettiin asiakastöiden suunnittelua yksikön ja sen käyttämien alihankintasuunnittelijoiden suunnittelutyö ja sen dokumentointi, sekä helpotettiin suunnittelutyötä. Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin, että suunnittelun ohjeistus tulisi todellisuudessa olla huomattavasti nyt valmistunutta versiota laajempi sekä suunnittelun helpottamisen eteen on mahdollisuus kehittää ohjetta sekä sen apumateriaalia huomattavasti. Koen kuitenkin, että jo tällä ohjeen versiolla yksikkö voi jatkossa ohjeistaa sekä omat sisäiset suunnittelijat, että asettaa alihakintaan hyvät ja selkeät tavoitteet tilatulle suunnittelutyölle.

Opinnäytetyöhön oli tarkoitus lisäksi sisällyttää valmistuspiirrustuksia varten kansilehti, jossa selvennetään tuotteiden yleisiä työohjeita. Tämä kuitenkin jäi tekemättä osana opinnäytetyötä, koska kansilehden sisällön rajaaminen niin, että se palvelisi kaikkia tuotteita on lähes mahdotonta koska asiakkaiden vaatimukset risteävät toisistaan todella paljon. Emme yhdessä yksikön vastuuhenkilön kanssa nähneet käytettävissä olevan ajan puitteissa realistiseksi luoda kaikkien asiakkaiden vaatimukset huomioonottavaa kansilehteä ajoissa. Kansilehden tekeminen päätettiin tästä syystä jättää

tekemättä opinnäytetyön yhteydessä. Ohjeeseen olisi voinut lisäksi sisällyttää huomattavasti enemmän kehityskohteiden tunnistamisessa ja yleisessä suunnittelussa auttavaa ohjeistusta.

LÄHTEET

- Adobe. 2024. *Mitä 3D-mallinnus on?* Saatavissa: <https://www.adobe.com/fi/products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html> Viitattu 4.10.2024
- Autodesk. 2024. *What is 3D design and what types of 3D design software are used?* Saatavissa: <https://www.autodesk.com/solutions/3d-design-software> Viitattu 5.10.2024
- Componenta. 2023. *Yritys*. Saatavissa: <https://www.componenta.com/> Viitattu 5.10.2024
- Halme, S. 2019. *Konepajapiirustusten laadinta*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019052411768> Viitattu 14.10.2024
- Lieke Sovellukset. ”*Dokumentointi – mitä se on ja mihin sitä käytetään?* Saatavissa: <https://lieke.fi/lieke-suunnittelu/dokumentointi-mita-se-on-ja-mihin-sita-tarvitaan/> Viitattu 14.10.2024
- Palkama, T. 2015. *2D- ja 3D-suunnittelutöiden kustannusvertailu ja 3D-järjestelmän hyödyt työmaalla*. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201502051907> Viitattu 17.10.2024
- PBZ. 2024. *Comparing 2D vs. 3D Modeling*. Saatavissa: <https://pbzmf.com/blog/2d-vs-3d-modeling/> Viitattu 15.10.2024
- Pietilä, T. 2024. Suunniteluinsinöörin haastattelu, puhelinkeskustelu. 30.10.2024.
- SFS. *Mitä standardi tarkoittaa?* Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/> Viitattu 29.9.2024
- SFS 1101. *Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Geometriset toleranssit. Muodon, suunnan, sijainnin ja heiton toleranssit*. 2017. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/538868.html.stx#> Viitattu 4.10.2024
- SFS 2553. *Hitsaus ja sen lähiprosessit. Piirustusmerkinnät. Hitsausliitokset*. 2019. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/2/805329.html.stx#> Viitattu 5.10.2024
- SFS 21920-1. *Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Pinnan ominaisuus: Profili. Osa 1: Pinnan ominaisuuksien ilmoittaminen*. 2022. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/2/1142645.html.stx#> Viitattu 5.10.2024
- SFS 22081. *Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Geometrinen tolerointi. Geometriset yleismäärittelyt ja mittojen yleismäärittelyt*. 2021. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/2/984676.html.stx#> Viitattu 5.10.2024
- Suomen Yrittäjäopisto. 2023. *3D-mallinnus pähkinänkuoressa*. Saatavissa: <https://www.syo.fi/blogi/3d-mallinnus-pahkinankuoressa/> Viitattu 9.10.2024

LIITTEET

COMPONENTA

Konepajasuunnitteluohjeet asiakastöille

Korkeakangas Mikko, 11/2024

12.11.2024

1

Revisiointi

REV	Muutos	Tekijä	Päivämäärä

Revisiotaulukon sarakkeet päivitettävä aina ohjeen muuttuessa , ja revisiotunnus merkataan tiedoston nimeen "Rev. [Kirjain]" muodossa

12.11.2024

2

Sisällysluettelo

- Yleistä.....4
- 3D-suunnittelu.....6
- Piirrustusten laatiminen.....16
- Revisiointi21
- Dokumentointi.....28
- Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen...

12.11.2024

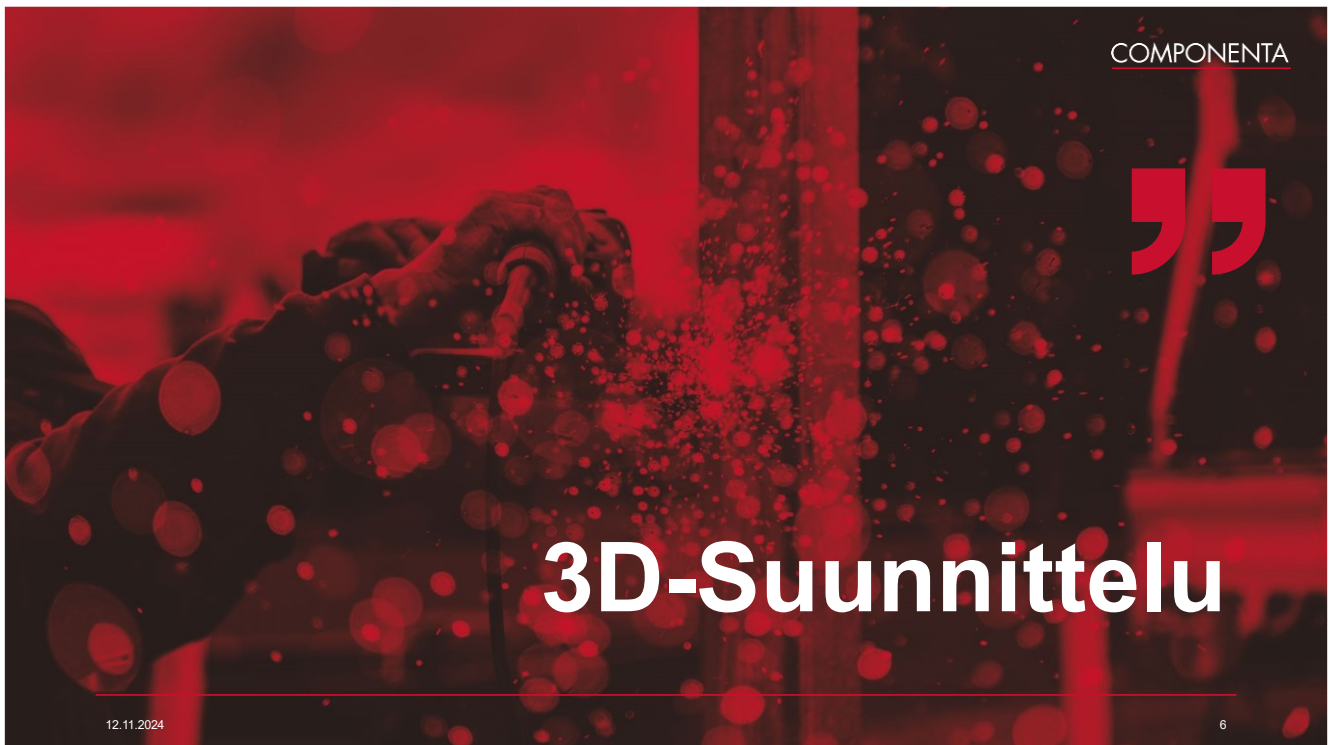
3

Yleistä

- Tässä ohjeessa annetaan yleiset ohjeet Componenta Manufacturing OY:n Kalajoen yksikön asiakastöitä koskevaan suunnitteluun. Ohjetta voidaan soveltaa käytettäväksi myös yksikön sisäiseen käyttöön tarkoitettujen osien, apulaitteiden yms. suunnittelutyössä
- Ohjetta voidaan käyttää niin sisäisenä ohjeena, kuin myös ohjeena alihankitussa suunnittelutyössä
- Kaikki asiakkaan tuotteeseen tehtävät omat muutokset on hyväksyttävä asiakkaalla ennen muutosten käyttöönottoa tuotannossa jos asiakkaalta ei ole muutoksen tekoon saatua lupaa. Muutokset on dokumentoitava tämän ohjeen antaminen ohjeiden mukaan
- Asiakkaalle hyväksyttäväksi ei tarvitse lähettää virheiden korjaamisen seurauksena revisioituja materiaaleja, jos ne eivät olennaisesti vaikuta lopputuotteeseen.
- Suunnittelutyön tarve ja laajuus määritellään tarjouslaskenta vaiheessa, ja tarvittava suunnittelu viestitään erikseen suunnittelijalle.

Yleistä

- Asiakkaan toimittamat valmistuspiirrustukset ovat ensisijaisia asiakkaan 3D-malleihin nähden. Jos asiakkaan 3D-malli poikkeaa piirrustuksista, käytetään silloin piirrustuksien tietoja.
- Jos jokin asiakkaan vaatimus on ristiriidassa tämän ohjeen kanssa, on asiasta sovittava erikseen yksikön sisällä ja varmistettava asiakkaalta, voidaanko ohjetta edelleen noudattaa niiltä osin kun se risteää asiakkaan vaatimuksista
- Yksiköllä on valmiit pohjat Solidworks ohjelmistolla tehtävää suunnittelua varten osille, kokoonpanoille sekä piirrustuksille piirrustustyön nopeuttamiseksi.
 - Pohjat löytyvät yksikön verkkoasemalta ja voidaan tarvittaessa jakaa alihankkijalle käyttöön
 - Osa- ja kokoonpanopohjat syöttävät piirrustuspohjalle suoraan suurimman osan toistuvasta tiedosta.
 - Pohjat voi tallentaa itselleen jotta oma puumerkki tulee automaattisesti, sekä projekteille voi tallentaa omat pohjat, jolloin projektin nimi sekä mahdollisesti muutettavat yleistoleranssit ovat valmiiksi pohjalla.
 - Pohjien sisällöstä on selitetty tarkemmin niitä koskevissa osioissa



12.11.2024

6

3D-Suunnittelu, yleistä

- Suunnitteluohjelmassa käytetään ensisijaisesti Solidworks 3D:tä. Jos mallinnukseen käytetään jotain toista sovellusta, on mallin yhteensopivuus tarkistettava yksikön kanssa.
- Uuden tuotteen suunnittelutyö tehdään asiakkaan toimittaman .STEP mallin pohjalta
- Jos asiakkaan .STEP mallia ei ole, ja 3D-mallille on tarve, tulee se luoda itse asiakkaan toimittamien piirrustusten pohjalta.
- 3D-mallit tallennetaan suoraan yrityksen verkkoasemalle valmistusvaiheessa, tai vaihtoehtoisesti mallinnuksen valmistuttua tallennetaan pääkokoontuote sekä referenssitiedostot verkkoasemalle. Jos suunnittelun on toteuttanut alihankkija, tulee alihankkijan toimittaa pääkokoontuotemalli ja referenssidokumentit yhtenä pakettina yksikölle. Mallin toimittamisessa on pidettävä huolta, että käytetty toimitustapa on turvallinen, eikä malli, tai muut dokumentit päädy ulkopuolisille tahoille.

12.11.2024

7

3D-Suunnittelu, yleistä

- 3D- mallia voidaan käyttää osien yhteensopivuuden varmistamiseen , rungon 3D- skannauksen pohjana , tuotteen visualisointiin , robottihitsauksen malliksi sekä valmistuspiirrustusten tekoon .
- Suunnittelussa on otettava huomioon , että asiakkaan tuotteista tehdyt 3D-mallit (sopimuksista riippuen) kuuluvat yleensä asiakkaalle .
- Yksikölle tehtävät ensimmäiset versiot ovat asiakkaan revisiosta riippumatta aina ensimmäiset versiot , joilla ei ole revisiotunnusta .

12.11.2024

8

3D-Suunnittelu, konfiguraatiot

- Suunnittelutyön tarpeen ja laajuuden määrittelystä käy ilmi, mihin kaikkiin mallia tullaan käyttämään . Mallin käyttötarkoitus määrittää konfiguraatiotarpeet .
- Tuotteelle , jolle on tarve tehdä useampi konfiguraatio , esimerkiksi kokoonpano , hitsattu tuote , koneistettu tuote ja valmis tuote , on nämä konfiguraatiot tehtävä myös osille .
- Konfiguraatiot osatasolla tulee merkitä värein alla olevan taulukon mukaan
- Jos tuote on valmis koneistettuna , voidaan "valmis tuote" konfiguraatio jättää käyttämättä
- Solidworksin vakio harmaata väriä käytetään lisäksi osoittamaan keskeneräisyyttä

Ennen hitsausta/tilattavat osamitat	Osissa / mallissa on koneistusvarat ja kutistumaennakot. Koneistettavia piirteitä ei ole osissa
Hitsattu tuote	Osissa /mallissa on koneistusvarat. Koneistettavia piirteitä ei ole
Koneistettu tuote	Osat / malli ovat lopputuotemitoissa. Varusteluosat puuttuvat mallista
Valmis tuote	Osat ja malli ovat lopputuotemitoissa ja vastaavat asiakkaan tilaamaa tuotetta

12.11.2024

9

3D-Suunnittelu, ensimmäinen versio

- Ensimmäisessä vaiheessa asiakkaan tuotteesta luodaan yksikön käyttöön omat 3D-mallit
- Malleihin ei tässä vaiheessa tehdä muutoksia verrattuna asiakkaan alkuperäiseen tuotteeseen, poislukien muutokset, jotka ovat ennalta sovittu ja hyväksytetty asiakkaalla
- Ensimmäistä versiota käytetään pohjana muutoksien suunnitteluun
- Jos asiakas on toimittanut .STEP mallin, käytetään sitä ensimmäisen version pohjana
- Osien ja kokoonpanojen tiedostopohjissa on valmiina Properties asetukset asetettu siten, että ne näkyvät piirustusohjilla. Näitä pohjia on suositeltavaa käyttää
 - Pohjissa on valmiiksi luotu konfiguraatiot, mutta niitä ei ole värkoodattu jotta keskeneräisyys tulee selväksi
 - File -> Properties -> tänne tulee asettaa "author" kohtaan oma puumerkki ja projekti kohtaan tuote/ projekti, johon osa tai kokoonpano kuuluu

3D-Suunnittelu, ensimmäinen versio - osat

- Jos asiakas on toimittanut .STEP mallin, sen kaikista osista tehdään omat muokattavat mallit.
- Mallin osien kaikki sketsit lukitaan. Jos Solidworksin oma piirteiden tunnistaminen on suunnittelijan mielestä toteuttanut osan vaikeasti, voidaan osa piirtää uudelleen suunnittelijan itse parhaaksi näkemällä tavalla.
- Jos osissa vaikuttaa olevan piirteiden tunnistamisen vuoksi epämääräisiä mittoja, voidaan ne korjata vastaamaan asiakkaan toimittamia kuvia.
 - Esimerkiksi piirrustuksessa oleva mitta on 300mm ja mallissa mitta on 299.9458mm, voidaan tämä mitta korjata 300mm myös mallissa
- Osissa olevat piirteet, kuten reijät, kierteet, aukot ja ulokkeet tulee kiinnittää malliin siten, että mahdollisia muutoksia tehtäessä piirteiden paikoitus pysyy oikeana / on helposti muokattavissa muutoksen mukana. Tässä on huomioitava piirteiden tarkoitus ja sijainti lopputuotteessa.

3D-Suunnittelu, ensimmäinen versio - osat

- Jos on valmiiksi tiedossa, että tuotteen mallissa tullaan käyttämään useampaa konfiguraatiota, on suotavaa luoda konfiguraatiot valmiiksi. Jos suunnittelijalle on helpompaa olla tekemättä muutoksia konfiguroituihin osan versioihin ennen kokoonpanojen suunnittelua, konfiguraation väriä ei tule vaihtaa vastaamaan oikeaa konfiguraatiota, vaan se tulee jättää harmaaksi merkatakseen keskeneräisyyttä.
- Jos konfiguraatiot ensimmäisessä luontivaiheessa jätettiin tekemättä ennen kokoonpanojen mallinnusta, tulee ne muistaa tehdä ennen piirrustusten teon aloittamista.
- Osat nimetään vastaamaan asiakkaan alkuperäistä nimeä, poislukien jos nimessä on revisiotunnus, joka jätetään pois.
- Osien muutoksien tekemiseen löytyy hyödyllisiä ohjeita tämän ohjeen kappaleesta "Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen"

3D-Suunnittelu, ensimmäinen versio - kokoonpanojen mallinnus

- Jos kokoonpano tai alikokoonpano luodaan asiakkaan toimittaman .STEP mallin pohjalta, on varmistettava, että kaikki mallissa olevat osat on muokattavaksi muokattuja tulevaisuutta varten
- Mallille valitaan nollapiste/origo ensisijaisesti koneistuksen nollapisteen mukaan. Jos koneistettavaa tuotteessa ei ole, voidaan nollapiste valita johonkin tuotteen nurkkaan.
- Nollapisteessä oleva osa kiinnitetään FIXED ominaisuutta käyttäen. Kokoonpanon muiden osien kiinnittämistä avaruuteen FIXED ominaisuudella tulee välttää, ja ne tulisikin määrittää malliin MATE ominaisuuksia käyttäen.
- Osien paikat tulee määrittää MATE ominaisuudella mahdollisuuksien mukaan siten, että mallia muokatessa niiden sijainti liikkuu luonnollisesti muokkauksien mukana jos niiden kuuluu muutoksen seurauksena liikkua.

3D-Suunnittelu, ensimmäinen versio - kokoonpanojen mallinnus

- Jos konfiguraatioita luodaan, on suotavaa luoda jokaiselle konfiguraatiolle omat MATE kiinnitykset
- Jos asiakkaan pohjamallin mukaiset mitat vaikuttavat epämääräisiltä, voidaan ne korjata käyttäen asiakkaan piirrustuksissa olevia mittoja.
- Kokoonpanot tallennetaan asiakkaan alkuperäisen nimen mukaan poislukien jos nimessä on revisiotunnus, joka jätetään pois
- Osien ja kokoonpanojen tiedostopohjissa on valmiina Properties asetukset asetettu siten, että ne näkyvät piirustusohjelmilla. Näitä pohjia on suositeltavaa käyttää
 - Pohjissa on valmiiksi luotu konfiguraatiot, mutta niitä ei ole värkoodattu jotta keskeneräisyys tulee selväksi
 - File -> Properties -> tänne tulee asettaa "author" kohtaan oma puumerkki ja projekti kohtaan tuote/ projekti, johon osa tai kokoonpano kuuluu

3D-Suunnittelu, revisiointi

- Osia tai kokoonpanoja revisioidessa tulee ensimmäisenä tallentaa tiedosto uudella nimellä ennen muokkauksien tekoa vanhojen versioiden säästämiseksi dokumentaatiotarkoituksessa
- Revisiointi tulisi tehdä revisiokierroksena jotta päämallin useita revisioita voidaan välttää
- Revisiointikäytäntö on ohjeistettu tässä ohjeessa edempänä
- Revisioidut osat päivitetään kokoonpanoihin Solidworksin "replace component" – ominaisuudella.



12.11.2024

16

Piirustusten laatiminen, yleistä

- Piirrustuksia on yksikössä kolmenlaisia
 - Osapiirrustukset
 - Valmistuspiirrustukset
 - Mittapiirrustukset (voidaan yhdistää valmistuspiirrustuksiin)
- Piirrustukset tehdään yksikön 3D-mallien pohjalta ensisijaisesti Solidworks 3D- ohjelmistolla. Jos piirrustuksien tekoon käytetään jotain toista sovellusta, on piirrustustiedostojen yhteensopivuus tarkistettava yksikön kanssa.
- Piirrustusten tekoa varten yksiköllä on olemassa valmiit piirustus pohjat, jotka löytyvät yksikön verkkolevyltä "IT" osion alta. Pohjissa on valmiina tarvittavat kentät sekä yleistoleranssimerkinnät.
 - Mitat ja materiaali on lisättävä toistaiseksi käsin BOM listaa käyttäen. Muut tiedot tulevat valmiiksi, jos mallinnuksessa on käytetty yksikön mallipohjia
 - BOM listassa tulee käydä ilmi osat, niiden määrä, niiden mitat sekä niiden materiaali sekä niiden osanumero, jota käytetään osan paikantamiseen piirrustuksessa
- Piirrustuksien revisiointikäytäntö on esitetty tässä ohjeessa alkane sivulta 21
- Piirrustuksien kirjoitukset tehdään ensisijaisesti englanniksi, mutta lisänä voidaan kirjoittaa tekstit myös suomeksi.

12.11.2024

17

Piirustusten laatiminen, yleistä

- Piirustuksissa käytettävät merkinnät
 - Geometrian osalta käytetään ISO:n GPS järjestelmää
 - Geometriset merkinnät standardi SFS-EN ISO 1101:2017
 - Yleismäärittely SFS-EN ISO 22081:2021
 - Hitsausmerkit SFS-EN ISO 2553:2019, merkkaustapa A
 - Pinnan ominaisuudet SFS-EN ISO 21920-1:2022
- Merkinnät ovat vakiona Solidworks ohjelmistossa
- Piirustukset tulee piirtää siten, että ne ovat helppolukuisia myös paperisena versiona.
 - Ylisuuria arkkikokoja , kuten A0 ja A1 tulisi välttää
 - Kaikkea tietoa ei tule pakosta esittää yhdellä sivulla , jos se heikentää luettavuutta
 - Leikkauksia ja detail- alueita ei tulisi esittää eri sivulla , kuin mistä leikkaus on otettu
 - Esitetään mielummin koko tuote uudelleen seuraavalla sivulla ja otetaan leikkaus / detail siitä

Piirustusten laatiminen, osakuvat

- Osakuvat tulee olla piirrettyinä siitä 3D-mallin konfiguraatiosta , jossa osat ovat tilattavassa muodossa , eli yleensä “ennen hitsausta” –konfiguraatiossa
- Osakuviin merkataan osan paino sille varattuun ruutuun, sekä osalistan taulukkoon sen rakenne (PL, RHS, Pipe, jne), ääriimitat sekä materiaali
- Jos osan valmistus on tarkkaa , määritetään sille geometriset peruselementit , sekä tarkemmat geometriset toleranssit jos yleistoleranssi ei ole riittävän tarkka.
- Mitoille annetaan myös omat toleranssinsa jos yleistoleranssi ei ole riittävän tarkka jollekin mitalle
- Jos yleistoleranssit eivät ole riittävän tarkat kyseiselle tuotteelle , voidaan yleistoleranssia muokata , mutta sen viereen on lisättävä teksti, joka kertoo siinä piirustuksessa olevan yleistoleranssin eroavan yksikön normaalista yleistoleranssista .

Piirustusten laatiminen, valmistuskuvat

- Valmistuskuvat tehdään jokaiselle työvaiheelle erikseen eri konfiguraatioista
 - Kasauskuva – “ennen hitsausta”
 - Hitsauskuva - “ennen hitsausta” tai “ennen koneistusta”
 - Koneistuskuva – “Ennen koneistusta” **JA** “ennen varustelua” / “valmis tuote”
- Tällä järjestelyllä hitsaajien ja koneistajien ei tarvitse etsiä kuvista itselleen relevanttia tietoa, vaan tieto on osoitettu työvaiheittain
- Kasauskuvat tulisi tehdä Lego- ohjeiden kaltaisesti, eli työvaihe kerrallaan (Esim. 1. Pohjalevyt, 2. Pysytlevyt 3. kansilevyt)
- Hitsauskuvat samalla periaatteella, yhdellä sivulla esitetään vain yhdessä asennossa hitsattavia saumoja
- Koneistuskuvissa pyritään esittämään kappale ennen koneistusta sekä koneistuksen jälkeen tasokoneistuksen osalta
 - Tämä antaa koneistajalle paremman kuvan käytössä olevasta työvarasta
 - Reikien ja kierteiden koneistusta varten ei tarvitse esittää “ennen koneistusta” konfiguraatiota
- Koneistuskuvaan voidaan yhdistää asiakkaan mittatarkastuskuva jos sellainen on.
- Valmistuskuvia varten voidaan käyttää yksikön olemassa olevia piirustus pohjia.
- Jokaisella sivulla tulisi esittää BOM listassa vain ne osat, jotka sillä sivulla asennetaan.

12.11.2024

20



12.11.2024

21

Revisiointi, yleistä

- Revisioita tehdään 3D-malliin sekä piirrustuksiin
 - Molemmista voi olla eri revisio menossa.
 - Jos piirrustusta joudutaan revisioida siinä olevan virheen / puutteen / muun vastaavan vuoksi, joka ei vaikuta 3D-malliin, ei silloin tarvitse revisioida 3D-mallia. Tällöin piirrustukseen merkataan näkyville voimassaoleva 3D-mallin revisio tai revisio tehdään "Redpen" revisiona, eli muutokset tehdään punaisella värillä ja piirrustukseen merkataan "Redpen [pvm]"
 - Revisioidut dokumentit tallennetaan samaan kansioon, jonne tuotteen alkuperäiset dokumentit ovat tallennettu ja vanhat siirretään samassa kansiossa olevaan "Old" kansioon
- Revisiointitunnus riippuu revisiointin kohteena olevasta tasosta, selitetty edempänä
- Piirrustuksissa tulee olla revisiotaulukko, josta ilmenee revisiotunnus, muutos, muutoksen päivämäärä sekä muutoksen tekijän puumerkki

12.11.2024

22

Revisiointi, revisiojärjestelmä

- Revisiointinissa käytetään seuraavanlaista logiikkaa
 - Pääkokoospanon revisiota kuvataan pelkällä kirjaimella
 - Alikokoospanon revisio koostuu pääkokoospanon revisiosta sekä alikokoospanon omasta revisiosta
 - Osan revisio koostuu kaikkien revisiotunnuksista
 - Jos osa ei ole alikokoospanon osa, merkataan sen revisiota alikokoospanon revision kanssa samalla tavalla, eli pääkokoospanon revisio ja osan oma revisio
- Jos alikokoospanon tai osan revisiointi ei vaikuta ylemmällä tasolla olevaan alikokoospanoon tai pääkokoospanoon, vain se osa tai alikokoospano revisioidaan ja vain sen oma revisiotunnus muuttuu

Pääkokoospano	Alikokoospano	Osa
A	A/B	A/B/C

Pääkokoospano	Alikokoospano	Osa
A	A/C	A/B/C

12.11.2024

23

Revisiointi, revisiojärjestelmä

- Sama myös alaspäin; jos pää- tai alikokoonpanon muutos ei vaikuta alaspäin alikokoonpanoon tai osaan, vai se kokoonpano revisioidaan ja vain sen kokoonpanon revisio muuttuu
- Revisioidussa kokoonpanossa näytetään BOM listassa vain sen kokoonpanotason revisiotunnusta osille ja alikokoonpanoille. Eli pääkokoonpanon BOM listalla näytetään alikokoonpanon kohdalla viereisen taulukon mukaan revisiota "A", vaikka päämallin revisio on "B"
 - Eli alikokoonpano , jonka revisio on A/C on käytettävissä edelleen pääkokoonpanon revisiossa B, koska pääkokoonpanon revisio ei ole vaikuttanut alikokoonpanoon .

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
A	A/B	A/B/C

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
B	A/C	A/B/C

12.11.2024

24

Revisiointi, revisiojärjestelmä

- Osan tai kokoonpanon revision vaikuttaessa ylöspäin tai alaspäin toiseen kokoonpanoon, tulee ylempi taso revisioida ja merkata alikokoonpanolle sekä osalle uuden revision tunnus
 - Tällä osoitetaan , että uusi revisio ei ole yhteensopiva edellisten revisioiden kanssa, ja pakottaa päivittämään pääkokoonpanoa .
 - Huomaa , että jos alikokoonpanon osaan ei tämä revisio vaikuta , pysyy sen revisio samana , ja se merkataan alikokoonpanon BOM listaan edelleen "A/B".

Pääkokoonpano	Alikokoonpano	Osa
C	C/C	A/B/C

12.11.2024

25

Revisiointi, revisiojärjestelmä

- Viereisessä taulukossa on esitetty miten pääkoonpanon, alikoonpanon sekä osan revisio esitetään missäkin piirrustuksessa. Tämä revisiointi pätee myös 3D-mallitasolla
 - Kunakin omassa piirrustuksessa on esitetty osan oma revisio, sekä kaikkien tasojen revisiot ylöspäin
 - Kokoonpanoissa ei esitetä alempien tasojen revisiomerkitöjä

Piirrustuksen elementti		Piirustus		
		Pääkoonpano	alikoonpano	osa
	Pääkoonpano	A	-	-
	Alikoonpano	A	A/B	-
	Osa	A	A/B	A/B/C

- Tämän järjestelmän tarkoituksena on vähentää ylös- ja alaspäin revisiointia

Revisiointi, revisiojärjestelmä

- Edelläoleva revisiojärjestelmä vaatii, että kunkin osan sekä kokoonpanon viimeisimmät revisiot dokumentoidaan ylös.
- Dokumentointi tapahtuu kaksinkertaisena, ensisijaisesti yksikön ERP järjestelmässä tulee olla aina uusin julkaistu revisio. Aina uusinta revisiota ei voida kuitenkaan julkaista ERP järjestelmään tuotannollisista syistä, ja siksi tuotteen revisioista pidetään kirjaa myös erillisenä excel tiedostona, johon kirjataan kaikki muutokset ylös. Tästä on selitetty tarkemmin tämän ohjeen Suunnittelun Dokumentointi osiossa.



Dokumentointi, Excel

- Suunnittelutyössä tehdyt muutokset tulee dokumentoida. Tätä varten yksiköllä on excel pohja, jota tulee käyttää
 - Listaan merkataan osakohtaiset ja kokoonpanokohtaiset muutokset, sekä muutoksen tekijä
 - Jos asiakkaan alkuperäisen mallin osia on yhdistelty, tulee dokumentaatiosta käydä ilmi, mihin osaan yhdistetty osa on liitetty
 - Excel taulukosta tulee käydä ilmi viimeisin revisio, sekä selventää mitä muutoksessa on tehty. Jos kyseessä on piirustus, voi tekstinä käyttää samaa tekstiä kuin revisiokenttään
 - On suositeltavaa päivittää excel listaa jatkuvasti suunnittelun aikana
 - Jos suunnittelutyö jää kesken ja siirtyy jollekin toiselle, on suunnittelulistasta käytävä ilmi suunnittelun vaihe, ja mihin suunnittelussa on jääty. Tämä on käytävä ilmi myös 3D-mallin värikoodista. (katso sivu 9)
- Dokumentaatio tulee tallentaa 3D-mallien kanssa samaan kansioon, ja nimetä “[lopputuotteen nimi] –suunnitteludokumentaatio”

Dokumentointi, Excel

- Ensimmäistä versiota tehdessä asiakkaan malliin tai valmistuskuviin verrattuna tehdyt muutokset tallioidaan excel dokumenttiin.
 - Tietoon kirjataan esimerkiksi "lisätty kutistumavara , lisätty paikoitusnatsat "
- Revisioita tehdessä ensimmäisenä excel tiedosto tallennetaan uutena tiedostona ja tiedoston nimeen lisätään muokkauspäivämäärä.
 - Vanha excel siirretään "old" kansioon
 - Jos revisiointi vie useamman päivän , voidaan tallentaa Work In Progress tiedosto , ja muuttaa sen päivämäärä siihen päivään kun revisiointi tulee valmiiksi .

Dokumentointi, ERP

- Yksikön ERP-järjestelmään muutokset tehdään revisioina nimikkeille sekä uusina rakennemalleina päänimikkeille
 - Jos osat ja niiden määrät pysyvät samana , voidaan muutokset merkata pelkästään nimikkeiden tietohin .
 - Jos osat ja niiden määrät ovat muuttuneet selvästi , tehdään uusi rakennemalli . Revisioinnin ollessa keskeneräinen tulee rakennemalli jättää tilaan "kesken" ja muuttaa aktiiviseksi vasta revisioinnin tullessa valmiiksi . Samalla tulee asettaa vanha rakennemalli käyttökieltoon
- Huomioitavaa on, että yksikössä tieto on ensisijaisesti oikein ERP järjestelmässä. Jos tiedot eivät ole päivitettyinä ERP järjestelmään, eivät ne mene hankintaan eikä tuotantoon.
- Jos revisioitavat osat vaikuttavat toisiin osiin ja/tai kokoonpanoihin, ERP järjestelmään tehtyjä päivityksiä ei tule vapauttaa käyttöön ennenkuin kaikki yhteensopivat osat ja kokoonpanot ovat revisioitu

Dokumentointi, Piirrustukset ja mallit

- Piirrustukset ja mallit tulee löytyä yksikön verkkoasemalta sitä tuotetta tai projektia vastaavasta kansioista kansion "Drawings" alta. Kyseiseen kansioon voi tehdä alakansioita erikseen piirrustuksille sekä excel taulukoille.
 - Kansiossa on oltava "Old" kasio vanhojen versioiden tallettamista varten.
- Osapiirrustukset tulee tallentaa solidoworksina omana tiedostona (Tai vaihtoehtoisesti toisen suunnitteluohjelman omana tiedostona) sekä PDF ja DWG muodossa.

12.11.2024

32



Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen

- Tässä osiossa on yleisiä neuvoja sekä muistioita suunnittelutyön jouduttamiseksi
- Tämän osion ohjeet eivät ole velvoittavia , vaan ovat tarkoitettu tukemaan ja nopeuttamaan suunnittelussa tarvittavan tiedon löytämistä
- Suunnittelutyön nopeuttamiseksi yksikön verkkoasemalta "IT" kansioista löytyy joitain Macro komentoja Solidworks ohjelmistoon, esimerkiksi macro, joka ensimmäisen tallennuskerran jälkeen tallentaa kuvan automaattisesti Solidworksin omaksi, PDF sekä DWG tiedostoksi.
- Macrojen tekoa suositellaan jos niille löytyy käyttötarkoitus.
 - Macrojen luontiin hyvä apuväline on Chat GBT, muista kuitenkin tämän käytössä tietoturvallisuus , äläkä anna tekoälylle mitään salassapidettäviä tietoja .
 - Tallenna macrot yrityksen verkkolevylle , jotta ne ovat myös muiden käytössä .

12.11.2024

34

Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen

- Hitsauskutistuman arviointiin on yksikön suurissa rakenteissa järkevämpää käyttää arviointia , kuin hitsauskutistuman laskukaavoja
 - Esimerkiksi HEB 700 I-palkin kylkeen tehty 300mm pitkä päittäishitsi laskennallisesti kutistaa tuotetta noin 5mm, mutta tuotannossa kutistumisen on tällaisessa hitsissä havaittu olevan todellisuudessa n. 1mm
- Kehityskohteita tulee ajatella ajan säästömerkityksessä . Hieman kohonneet materiaalikustannukset ovat hyväksyttäviä , jos työaikaa saadaan niillä säästettyä merkittävästi
 - Koneistusvarat
 - Osien paikotusmerkkaukset
 - Hitsausviisteet

12.11.2024

35

Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen

- Tuotantoaikaa vähentäviä kehityksiä tehdessä on otettava huomioon, että kustannuksiltaan koneistaminen on huomattavasti hitsaamista kalliimpaa
 - 1h koneistusta maksaa noin saman verran kuin 6h hitsaustyötä .
 - → Jos hitsausaikaa lisäämällä voidaan saavuttaa koneistuksessa hyötyä , on se muutos kannattavaa
- Muutoksia suunnitellessa ja miettiessä tulee muistaa, että muutokset eivät saa olennaisesti vaikuttaa tuotteen kestävyteen heikentävästi. Kaikki muutokset on hyväksyttävä asiakkaalla, ja jos tuotteen rakennetta on muutettu siten, että sen kestävyys on heikentynyt, on muutoksen hyväksyttämisen yhteydessä hyvä kyetä perustelemaan muutoksen vähäinen vaikutus tuotteen kestävyydelle .

12.11.2024

36

Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen

- Yksikön käytössä olevat koneistuskeskukset ovat poikkeuksellisen suuria. Tämä mahdollistaa koneistuksien toteuttamisen isoille lopputuotteille kokonaisuutena, ja alikokoonpanoja ei välttämättä ole pakko koneistaa erillisinä pääkokoonpanosta
 - Colgar liikeratojen mitat:
 - X: 2300mm
 - Y: 4500mm
 - Z: 1500mm
 - W: 900mm
 - Toshiba liikeratojen mitat:
 - X: 1700mm
 - Y: 4000mm
 - Z: 750mm
 - W: 900mm

12.11.2024

37

Kehityskohteet ja tuotteen/osien muokkaaminen

- Yksiköllä on rajoitetusti käytössä pyörityslaitteita ja kääntöpöytiä. Yksikön hitsaus suoritetaan vaakittujen valmistuspetien päällä, joita on käytössä useita eri kokoja
- Hitsausta ajatellen tuotteissa tulisi suosia alapienahitsausta. Asentohitsaus on mahdollista, mutta sitä tulisi pyrkiä välttämään ja vähentämään mahdollisuuksien mukaan suunnittelun toimilla.
 - Päittäisliitoksia voidaan myös toteuttaa, mutta ottaen huomioon yksikössä tehtävien tuotteiden suuret levypaskuudet, on varsinkin läpihitsien tekeminen aikaavievää
- Tuotteet voidaan kääntää ja tukea kylkiasentoon, ja on yksikön toiminnalle normaalia suorittaa hitsaamista henkilönostinkorista

12.11.2024

38

ALT-komennot. alt+numero

Numeroita ja lukuja		
Nro	Unicode	Nimi
251.0185	¹ U+00B9	yläindeksi yksi
253.0178	² U+00B2	yläindeksi kaksi
252.0179	³ U+00B3	yläindeksi kolme
172.0188	^¼ U+00BC	neljäsosan merkki
171.0189	^½ U+00BD	puolikkaan merkki
243.0190	^¾ U+00BE	kolmen neljäsosan merkki

Kirjaimia		
Nro	Unicode	Nimi
166.0170	^ª U+00AA	femin. järjestyslunun merkki
167.0186	^º U+00BA	mask. järjestyslunun merkki
159.0131	^ƒ U+0192	koukullinen f
230.0181	^µ U+00B5	mikro-merkki
157.0216	^ø U+00D8	iso tanskalainen ö
155.0248	^ø U+00F8	pieni tanskalainen ö

Matemaattisia merkkejä		
Nro	Unicode	Nimi
158.0215	[×] U+00D7	kertomerkki
246.0247	[÷] U+00F7	jakomerkki
241.0177	[±] U+00B1	plus-miinus-merkki
170.0172	[¬] U+00AC	negaation merkki
126.0126	[~] U+0060	tilde
124.0124	[¡] U+007C	pystyviiva
28	[∟] U+221F	suora kulma

Kirjaimenkaltaisia symboleita		
Nro	Unicode	Nimi
184.0169	[©] U+00A9	tekijänoikeusmerkki
169.0174	[®] U+00AE	rekisteröidyn tavaramerkin merkki
0153	[™] U+2122	tavaramerkin merkki

Komentoja käytetään painamalla alt- näppäin pohjaan ja samaan aikaan kirjoitat esim. Numerot 248, jolloin saadaan ° symboli, jota voidaan käyttää lämpötilan ilmaisemisessa °C

Komennot on kopioitu suora sivustolta:
<https://jkorpela.fi/kirjoita/Alt.html>

12.11.2024

39