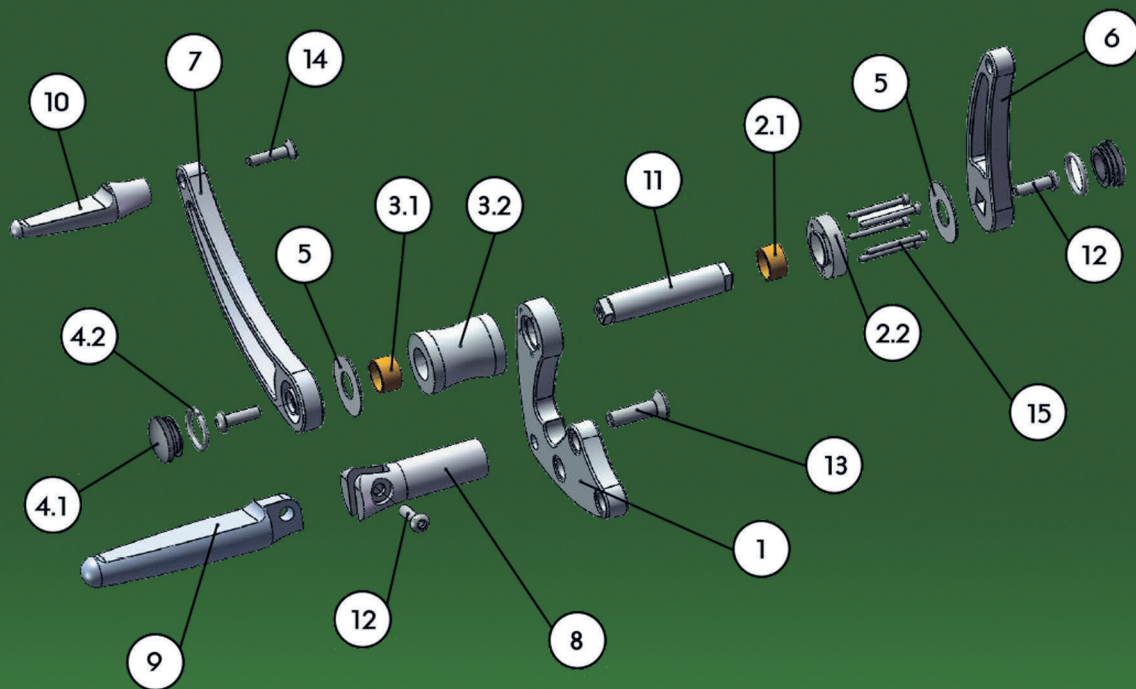


Tietokoneavusteinen suunnittelu

SolidWorks

2016



Esa Hietikko

SolidWorks 2016

Tietokoneavusteinen suunnittelu

Kirjan kirjoittaja, TkT Esa Hietikko, toimii tietokoneavusteisen suunnittelun ja tuotekehityksen yliopettajana Savonia-ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa.

Kirjoittajalla on pitkä kokemus sekä kaksi- että kolmiulotteisista CAD-järjestelmistä ja niiden käytön opetuksesta. Hän on myös kirjoittanut muita oppikirjoja ja nettimateriaalia aihepiiristä.

Kirjoittaja on toiminut useita vuosia teollisuuden palveluksessa ja ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystoiminnassa teknisen suunnittelun ohjelmistojen kehitys- ja koulutustehtävissä.

www.esahietikko.com

Esa Hietikko

SolidWorks

2016

Copyright © 2015 Esa Hietikko

7. uudistettu painos

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61) ja tekijänoikeusasetuksen (574/95) mukaisesti kielletty lukuun ottamatta Suomen valtion ja Kopiosto ry:n tekemässä sopimuksessa tarkemmin määriteltyä osittaista kopiointia opetustarkoituksiin. Teoksen muunlainen kopiointi tai tallentaminen digitaaliseen muotoon on ehdottomasti kielletty. Teoksen tai sen osan digitaalinen kopioiminen tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.

Taitto ja ulkoasu: Tapio Aalto

Kustantaja: BoD – Books on Demand, Helsinki, Suomi

Valmistaja: BoD - Books on Demand, Norderstedt, Saksa

ISBN 978-952-318-982-9

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	7
TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	9
Johdanto	11
Tuotesuunnittelu	12
Historiaa	14
DFMA	16
Concurrent engineering	18
PARAMETRINEN PIIRREMALLINNUS	21
Parametrinen piirremallinnus ja mekaniikkasuunnittelu	23
Piirteet, osat, kokoonpanot ja piirustukset	27
Ohjelmiston käyttöliittymä	29
Mallinnussuunnitelma	34
Tiedon hallinta	38
OHJATTU MALLINNUSESIMERKKI	39
Osan mallintaminen	41
Peruspiirre	41
Materiaalin valinta	49
Ulokeholkki	49
Kaulus	55
Symmetriset reiät	60
PIIRTEIDEN LUONTI	65
Sketsatut piirteet	67
Geometrian luonti	67
Geometristen ehtojen asettaminen	70
Mitoittaminen	72
Täysin määrätty sketsi	72
Kaavojen käyttö	73
Vinkkejä sketsaukseen	74
Piirteiden luonti	75
Sijoitetut piirteet	76
Monistuspiirteet	88
Apupiirteet	90
Harjoituksia	91

TUOTETIEDON HALLINTA	105
Attribuuttitieto	108
Attribuuttien kytkeminen piirustusten tekstikenttiin	111
Mallipohjat	113
Attribuuttien hallintapohjan määrittely	115
Attribuuttien hallinta Excel-sovelluksella	117
Valintalistat	121
Automaattisesti päivittyvät solut	122
Solujen arvojen ketjuttaminen	122
SolidWorks Explorer	123
SolidWorks Workgroup PDM.....	125
SolidWorks Workgroup PDM VaultAdmin	126
SolidWorks Workgroup PDM client-sovellus	129
Harjoituksia	135
KOKOONPANOT	137
Kokoonpanon luontistrategiat	139
Osien lisääminen kokoonpanoon	139
Osien luonti kokoonpanosta käsin	146
Räjätyskuva	150
Smart Mate	153
Harjoituksia	154
OSAPIIRUSTUKSET	165
Piirustus pohja ja projektiot	167
Piirustuksen viimeistely	175
Piirustus pohjat ja arkit	176
Harjoituksia	179
VALUOSIEN MALLINTAMINEN	185
Muoviosan mallinnus	187
Valukappaleen mallinnus	187
Valumuotin mallinnus	190
Harjoituksia	194

OHUTLEVYKAPPALEEN MALLINNUS	195
Ohutlevykappaleen mallintaminen	197
Peruspiirteen mallintaminen	197
Piirrepuu	199
Kulmataivutus	200
Peilaus	203
Liuska	203
Liuskan taivutus	205
Leikkaus	206
Reunataivutus	208
Levitys	210
Harjoituksia	211
KONFIGURAATIOT JA DESIGN TABLE	215
Harjoituksia	222
KOKOONPANOPIIRUSTUKSET JA OSALUETTELOT	227
Harjoituksia	234
HITSATTUJEN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU	237
Suunnittelutavat	239
Hitsipalkojen lisääminen kokoonpanoon	239
Hitsattavien palkkirakenteiden suunnittelu	242
Leikkauslistan lisääminen piirustukseen	244
Omien profiilien suunnittelu	244
Harjoituksia	246
FEM-LASKENTA	253
SimulationXpress	255
SolidWorks Simulation	261
Yksittäisen osan laskenta	261
Kokoonpanon laskenta	267
Palkkirakenne	270
Split Line -ominaisuuden käyttäminen	271
VALMISTETTAVUUS	275
Valmistettavuuden ja kustannusten hallinnan merkitys	277
SolidWorks Costing	277
DFMXpress	285

eDRAWINGS	287
Yleistä	289
Kayttöliittymä	289
eDrawings -tiedoston lähettäminen sähköpostilla	293
Kokoonpanon käsittely	294
eDrawings -dokumentin kommentointi	294
.	
MAKROT JA VBA-OHJELMOINTI	297
Makrot	299
VBA-ohjelmointi	303
Harjoituksia	313
Lähteet	314

Alkusanat

Tämä kirja käsittelee SolidWorks 2016 –ohjelmistoa ja on järjestyksessään seitsemäs uudistettu painos. Se sopii myös ohjelmiston aikaisempien versioiden opiskeluun. Kirjan tarkoituksena on toimia pääasiassa tietokoneavusteisen suunnittelun ja SolidWorks -ohjelmiston peruskurssin oppikirjana. Se on siis suunniteltu siten, että opetusta ohjaa asiantuntija, jolta opiskelija voi tarpeen vaatiessa pyytää henkilökohtaista ohjausta. Kirja soveltuu varauksin myös itsenäiseen opiskeluun.

Kirja jakautuu lukuihin ja osioihin siten, että teoreettisten näkökohtien lisäksi käydään läpi ohjattuja harjoituksia, joissa opiskelija pääsee tutustumaan käyttöliittymään ja tärkeimpiin mallinnuksen toimintoihin ja saa käsityksen normaalin kappaleen mallinnusprosessista.

Kirjassa oletetaan, että opiskelijoilla on ainakin perusosaaminen mekaniikkasuunnittelun menetelmistä sekä kokemusta henkilökohtaisen tietokoneen ja Windows -käyttöjärjestelmän käytöstä.

Käytetyt piirustusmerkinnät eivät noudata mitään erityistä standardia vaan ne on tehty ajatellen opetuksen havainnollisuutta. Kuvankaappaukset on tehty käyttäen hyväksi SolidWorks 2016 (Beta) ohjelmaa Windows 8.1 -käyttöjärjestelmässä. Jos opetuksessa on käytössä toisenlainen kokoonpano, saattavat jotkin kuvat poiketa opetustilanteessa käytetyistä näyttötiloista.

Tähän painokseen tehdyt muutokset ovat vähäisiä johtuen siitä, että kirjan käsittelemiin osioihin eikä myöskään ohjelmistoon ole tullut juurikaan muutoksia.

Haluan kiittää opiskelijoita ja muita henkilöitä, jotka ovat olleet mukana kirjan harjoitusten ideoinnissa ja testauksessa ja antaneet muutenkin arvokasta palautetta kirjan aikaisemmista painoksista. Kiitän myös niitä opiskelijoita, joiden työn tuloksena tähän painokseen lisätyt mallinnukset ovat syntyneet.

Kuopiossa lokakuussa 2015

Esa Hietikko

Tietokoneavusteinen suunnittelu

Johdanto

Tuotantotoimintaa harjoittavan yrityksen menestys riippuu paljon sen kyvystä tunnistaa asiakkaan tarpeet ja reagoida niihin nopeasti kehittämällä nykyisiä ja uusia tuotteita. Tuotteella tarkoitetaan konkreettisen ja kosketeltavan objektin lisäksi yhä useammin myös abstraktimpaa asiaa kuten palvelua tai osaamista. Tuote on kohde, jonka yritys myy asiakkaalleen ja joka ratkaisee asiakkaan tietyn tarpeen.

Tuotekehitysprosessin muoto vaihtelee tapauskohtaisesti ja yrityksittäin. Sen hallinta on vaikeaa, mikä johtuu siitä, että varsinkin tuotekehitysprosessin alkuvaiheessa ollaan tekemisissä vaikeasti ennustettavien tai täysin tuntemattomien asioiden kanssa. Kun tilannetta ei voida ennustaa, ei voida myöskään laatia paikkansa pitäviä suunnitelmia.

Strategisessa mielessä tuotekehitys on jokaisen teollisuusyrityksen keskeisimpiä asioita. Yrityksellä on oltava omaa tuotekehitystä, olipa sillä omia tuotteita tai ei. Alihankkijan tuotteita ovat minimissäänkin palvelut, joilla se kilpailee muiden palveluita vastaan. Useimmiten myös alihankintaa harjoittavan yrityksen tulee kehittää omaa ydinosaamistaan tuotekehityksen muodossa. Verkostomaisen toiminnan tullessa yhä yleisemmäksi on tuotekehitys hajautettava verkostoon, jossa kukin vastaa prosessista oman ydinosaamisensa kautta. Tuotteessa näkyy varsinaisen idean eli keksinnön lisäksi yrityksen osaaminen eli kyky jalostaa idea asiakkaalle lisäarvoa tuottavaksi kohteeksi, josta asiakas on halukas maksamaan halutun hinnan.

Tuote on sen prosessin tulos, jonka aikana asiakkaan tarpeen tyydyttämiseksi muodostettu idea muovautuu siksi konkreettiseksi tulokseksi, jota asiakas voi hyödyntää. Tuote ei ole vain pelkkä käsin kosketeltava esine tai palvelu, jonka asiakas kokee. Se sisältää useita eri tasoja, jotka kaikki yhdessä vaikuttavat asiakkaan mielikuvaan tuotteesta. Tuotteen keskeisin osa eli ydin on asiakkaan tarpeen tyydyttävä toiminto. Ytimen ympärillä on käsin kosketeltava konkreettinen tuote ja sen ympärillä laajennettu tuote, joka sisältää mm. jakeluun ja huoltoon liittyviä toimintoja.

Konkreettisia tuotteita näkyy kaikkialla ja kaikki ne ovat kehitysprosessin (pidemmän tai lyhyemmän) tuloksia. Uusille ja vanhoista paranneluille tuotteil-

le on olemassa jatkuva tarve. Tuotteet ovat seppien ja käsityöläisten ajoista monimutkaistuneet niin paljon, että yhden henkilön kehityspanos ei enää riitä niiden kehittämiseen. Tarvitaan monesta henkilöstä koostuva kehitystiimi.

Tuotteiden kehitys on hidasta puuhaa. Yksinkertaisenkin tuotteen kehityksessä vierähtää helposti vähintään vuosi. Monimutkaisempia tuotteita kehitetään useita vuosia. Tuotekehitykseen kulutettu rahamäärä on suhteessa kehitystiimin kokoon ja kehitykseen käytettyyn aikaan. Kehityskulujen lisäksi yhtiön on useimmiten investoitava myös uuteen tuotantotekniikkaan voidakseen valmistaa uusia tuotteita.

Amerikkalaisilta kuluttajilta kysyttiin, mikä määrittelee tuotteen laadun. He mainitsivat tärkeimpinä tekijöinä seuraavat näkökohdat:

- toimii tarkoitettulla tavalla
- kestää pitkään
- helppo huoltaa
- näyttää kivalta

Hyvin usein tuotekehittäjät toimivat sen perusteella mitä he kuvittelevat asiakkaan haluavan. Teknisen koulutuksen saaneet ihmiset arvostavat tuotteen teknisiä hienouksia, joilla asiakkaiden mielestä ei ole välttämättä suurtakaan merkitystä (vrt. edellinen lista).

Tuotekehitykseen käytetyllä ajalla on suuri merkitys nykyaikaisessa yhteiskunnassa. Kun kehitys laukkaa eteenpäin yhä kiihtyvää tahtia ja samalla ollaan siirtymässä standardituotteiden myynnistä asiakaskohtaisiin sovelluksiin, on kehitysaika rutistettava mahdollisimman pieneksi.

Tuotesuunnittelu

Tuotesuunnittelu (detaljisuunnittelu) on ehkä näkyvin osa tuotekehitysprosessia. Suunnittelu tarkoittaa tiedon käsittelemistä ja luomista sellaisen rakenteen löytämiseksi, joka kykenee toteuttamaan asiakkaan tarpeen tuotteen toimintojen avulla. Voidaan myös ajatella että suunnittelu tarkoittaa prosessia, jossa luonnoksen muodossa oleva tieto muuttuu tarpeista, vaatimuksista ja reunaehdoista sellaisen rakenteen kuvaukseksi, joka kykenee toteuttamaan nämä.

Tuotesuunnittelu ja tuotekehitys sekoitetaan usein keskenään. Tuotesuunnittelu tulee kuitenkin ymmärtää osana tuotekehitysprosessia. Tuotekehitysprosessi on laajempi kokonaisuus, joka kattaa kaiken toiminnan asiakkaan tarpeesta aina tuotannon käynnistämiseen. Tuotesuunnittelu on prosessin osa, joka alkaa konseptisuunnitteluvaiheen jälkeen tai sen loppuvaiheessa, jolloin erilaisista luonnoksista voidaan generoida tietokonemallit niiden testaamista ja tuotettavuutta arvioitaessa. Pääasiassa tuotesuunnittelun tavoitteena on kuitenkin luoda sellaiset valmistuksen tarvitsemat dokumentit, joiden perusteella tuotanto kykenee yksiselitteisesti valmistamaan oikeat ja yhteensopivat osat ja kokoonpanot.

Tuotesuunnittelu vaatii aina enemmän tai vähemmän luovuutta. Samoin iteraatiivisuus on useassa tapauksessa tarpeellinen. Vaikka useimmissa tapauksissa kahden suunnittelijan lopputulokset samasta kohteesta ovat hiukan erilaisia, on niissä kuitenkin toimintaperiaate usein sama. Tämä on seurausta koulutuksesta ja kokemuksesta. Aivan uudenlaisten ratkaisujen löytäminen ja jopa etsiminen tuntuu olevan tuskallista ja rajoittunut vanhojen hyväksi koettujen käytäntöjen hyödyntäminen helpompaa.

Harvemmin suunnittelun kohteena on täysin uusi tuote, jossa on vähän tai ei ollenkaan samaa kuin edellisessä tuotteessa. Hyvin usein suunnitellaan jo olemassa olevaan tuotteeseen muutoksia tai tehdään sille varianttia samaan tuoteperheeseen.

Suunniteltava tuote jaetaan usein pienempiin osiin (osakokoonpanoihin), jota suunnitellaan erikseen ja jotka voidaan edelleen jakaa osiin. Suunnitteluprosessi voi olla rekursiivinen, ts. ylemmän tason järjestelmää ei voida toteuttaa ennen kuin sen alapuolella olevat tasot on suunniteltu valmiiksi. Prosessi on myös iteraatiivinen siinä mielessä, että osa kohteista on saatettu viedä muita pidemmälle kokeilumielessä ja niihin palataan myöhemmässä vaiheessa. Samoin jo suunniteltuja kohteita voidaan joutua korjaamaan ja muuttamaan, jotta ne soveltuisivat muiden kohteiden kanssa.

Tuotesuunnittelu on itse asiassa valintojen ja päätösten tekemistä. Alkuvaiheessa on olemassa tietty mahdollisuuksien avaruus, josta vähitellen parametrien arvoja kiinnittämällä siirrytään kohti lopullista tuotetta. Mitä enemmän arvoja on kiinnitetty, sitä vähemmän mahdollisuuksia on uusien arvojen

kiinnittämiseen. Samalla kun mahdollisuusavaruus kapenee, tulee muutosten tekeminen aikaisemmin tehtyihin valintoihin tai päätöksiin vaikeammaksi.

Tuotesuunnittelussa lyödään lukkoon suurin osa tuotteen valmistuskustannuksista. Toisaalta tuotesuunnittelu vaikuttaa ratkaisevasti siihen, paljonko markkinat ovat valmiita maksamaan tuotteesta. Tällä tavalla tuotteesta saatavan katteen (myyntihinta – valmistuskustannukset) suuruus päätetään lähes kokonaan jo tuotteen suunnitteluvaiheessa.

Yksi tärkeimmistä tuotesuunnittelun periaatteista on uudelleenkäyttö. Koskaan ei kannata suunnitella uudelleen sellaista, jonka joku on valmiiksi suunnitellut tai joka voidaan ostaa standardiosana. Sen vuoksi on tärkeää, että suunnittelijat opetetaan (pakotetaan) käyttämään tiettyjä standardoituja materiaaleja, piirteitä ja osia ja etsimään tietokannoista valmiiksi suunniteltuja osia ja osakokonaisuuksia.

Historiaa

Mekaniikkasuunnittelu tapahtui vielä 1970-luvulla käytännössä käsin piirtämällä. Suunnitteluosastot olivat piirustuskonttoreita, joita hallitsivat kalteviin asentoihin kallistetut piirustuslaudat pitkine viivaimineen. Pääsuunnittelijoiden piirustuspöydälle hahmottuivat koneiden ja laitteiden kokoonpanopiirroksat, joista nuoremmat insinöörit kävivät hankkimassa omiin osapiirroksiin tarvitsemansa tiedot.

Tietokoneita oli toki käytetty erilaisiin mallinnustehtäviin jo 1960-luvulta lähtien, mutta jokaisen suunnittelijan ulottuville se tuli vasta 1980-luvun alussa, jolloin markkinoille tulivat ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet. AutoCad on kaikkien tuntema piirto-ohjelma, joka levisi nopeimmin vasta 1990-luvun alkupuolella myös mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön. 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa vielä tyypillinen CAD-systeemi muodostui 16-bit-tisestä minitietokoneesta, jossa oli maksimissaan 512 kilotavua keskusmuistia ja 20 – 300 megatavua levytilaa. Järjestelmän hinta tuohon aikaan oli noin 125 000 dollaria.

Alkuvaiheessa suunnitteluohjelmilla pyrittiin matkimaan piirustuslaudan käyttöä ja oikeastaan silloin voitiinkin puhua paremmin tietokoneavusteisesta

SolidWorks 2016

Nykyaikaisessa mekaniikkasuunnittelussa hyödynnetään kolmiulotteista tietokonegrafiikkaa.

Oppikirjassa perehdytään 3D-mekaniikkasuunnittelun perusteisiin SolidWorks-ohjelmistolla. Kirjan uudistetussa painoksessa käsitellään 3D-mekaniikkasuunnittelun yleisimmät prosessit; esimerkiksi osien, kokoonpanojen ja piirustusten tuottaminen sekä tuotetiedon hallinta ja FEM-laskenta.

Kirja sisältää runsaasti ohjattuja esimerkkejä ja itsenäisiä harjoitustehtäviä.

Kirjan kirjoittaja, TkT Esa Hietikko, toimii tietokoneavusteisen suunnittelun ja tuotekehityksen yliopettajana Savonia-ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa.

Kirjoittajalla on pitkä kokemus sekä kaksi- että kolmiulotteisista CAD-järjestelmistä ja niiden käytön opetuksesta. Hän on myös kirjoittanut muita oppikirjoja ja nettimateriaalia aihepiiristä.

Kirjoittaja on toiminut useita vuosia teollisuuden palveluksessa ja ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystoiminnassa teknisen suunnittelun ohjelmistojen kehitys- ja koulutustehtävissä.

www.esahietikko.com

ISBN: **978-952-318-982-9**

