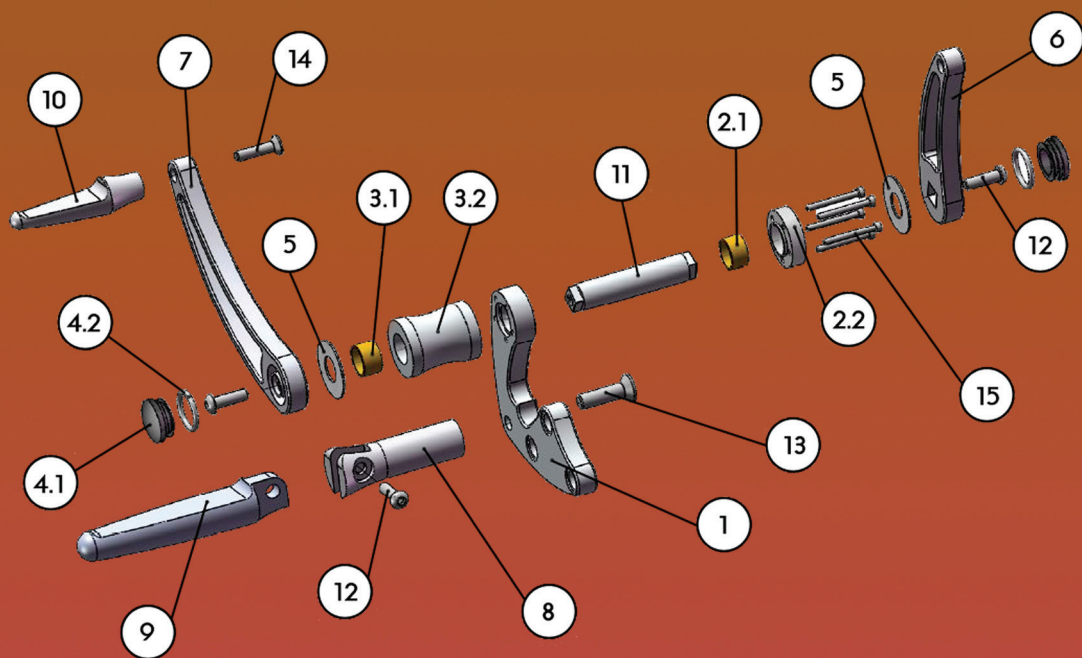


Tietokoneavusteinen suunnittelu

SolidWorks 2023



Esa Hietikko

SolidWorks 2023

Tietokoneavusteinen suunnittelu

Esa Hietikko

SolidWorks 2023

Tietokoneavusteinen suunnittelu

© 2023 Esa Hietikko

Taitto: Tapio Aalto

Kustantaja: BoD – Books on Demand, Helsinki, Suomi

Valmistaja: BoD - Books on Demand, Norderstedt, Saksa

ISBN: 978-951-56-8981-8

SISÄLLYSLUETTELO

	ALKUSANAT.....	7
1	TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	9
	Johdanto	11
	Tuotesuunnittelu	12
	Historiaa	14
	DFMA	16
	Concurrent engineering	18
2	PARAMETRINEN PIIRREMALLINNUS	21
	Parametrinen piirremallinnus ja mekaniikkasuunnittelu	23
	Piirteet, osat, kokoonpanot ja piirustukset	27
	Ohjelmiston käyttöliittymä	29
	Mallinnussuunnitelma	34
	Tiedon hallinta	38
3	OHJATTU MALLINNUSESIMERKKI	39
	Osan mallintaminen	41
	Peruspiirre	41
	Materiaalin valinta	49
	Ulokeholkki	50
	Kaulus	55
	Symmetriset reiät	60
4	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
	Sketsin hyödyntäminen useassa piirteessä	91
	Harjoituksia	93

5	TUOTETIEDON HALLINTA	107
	Attribuuttitieto	110
	Attribuuttien kytkeminen piirustusten tekstikenttiin	114
	Mallipohjat	115
	Attribuuttien hallintapohjan määrittely	117
	Attribuuttien hallinta CustomWorks-sovelluksella	119
	SolidWorks PDM.....	130
	Enovia Cloud PDM	138
	Harjoituksia	141
6	KOKOONPANOT	143
	Kokoonpanon luontistrategiat	145
	Osien lisääminen kokoonpanoon	145
	Osien luonti kokoonpanosta käsin	153
	Räjäytyskuva	157
	Smart Mate	159
	Harjoituksia	160
7	OSAPIIRUSTUKSET	171
	Piirustus pohja ja projektiot	173
	Piirustuksen viimeistely	181
	Piirustus pohjat ja arkit	182
	Harjoituksia	185
8	VALUOSIEN MALLINTAMINEN	189
	Muoviosan mallinnus	191
	Valukappaleen mallinnus	191
	Valumuotin mallinnus	194
	Harjoituksia	198
9	OHUTLEVYKAPPALEEN MALLINNUS	199
	Ohutlevykappaleen mallintaminen	201
	Peruspiirteen mallintaminen	201
	Piirrepuu	203
	Kulmataivutus	204
	Peilaus	207
	Liuska	207
	Liuskan taivutus	209
	Leikkaus	210
	Reunataivutus	212
	Levitys	214
	Harjoituksia	215

10	KONFIGURAATIOT JA DESIGN TABLE	219
	Harjoituksia	226
11	KOKOONPANOPIIRUSTUKSET JA OSALUETTELOT	231
	Harjoituksia	237
12	HITSATTUJEN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU	241
	Suunnittelutavat	243
	Hitsipalkojen lisääminen kokoonpanoon	243
	Hitsattavien palkkirakenteiden suunnittelu	246
	Leikkauslistan lisääminen piirustukseen	248
	Omien profiilien suunnittelu	248
	Harjoituksia	250
13	SIMULOINTITYÖKALUT	257
	SimulationXpress	259
	SolidWorks Simulation	265
	Yksittäisen osan laskenta	265
	Kokoonpanon laskenta	271
	Palkkirakenne	274
	Split Line -ominaisuuden käyttäminen	275
14	VALMISTETTAVUUS	279
	Valmistettavuuden ja kustannusten hallinnan merkitys	281
	SolidWorks Costing	281
15	eDRAWINGS	291
	Yleistä	293
	Kayttöliittymä	293
	eDrawings -tiedoston lähettäminen sähköpostilla	297
	Kokoonpanon käsittely	298
	eDrawings -dokumentin kommentointi	298
16	MAKROT JA VBA-OHJELMOINTI	301
	Makrot	303
	Excelin makron kytkentä SolidWorksiin	305
	Lähteet	311

Alkusanat

Tämä kirja käsittelee SolidWorks 2023 -ohjelmistoa ja on järjestyksessään yhdeksäs 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 pääosin käyttäen hyväksi 3D Experience SolidWorks 2023 -ohjelmaa Windows 11 -käyttöjärjestelmässä. Jos opetuksessa on käytössä toisenlainen kokoonpano, saattavat jotkin kuvat poiketa opetustilanteessa käytetyistä näytötiloista.

Tähän painokseen tehdyt muutokset koskevat lähinnä tuotetiedon hallintaan kohdistuvia osioita. Muihin kirjan käsittelemiin osioihin ei ole tullut juuri muita sisällöllisiä uudistuksia kuin päivitykset vastaamaan uutta ohjelmistoversiota.

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 CadWorks Oy:n panosta kirjan toteutuksessa.

Lisämateriaalia kirjaan liittyen löytyy netistä esahietikko.com.

Kuopiossa helmikuussa 2023

Esa Hietikko

SolidWorks 2023

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 ydinosaaamistaan tuotekehityksen muodossa. Verkostomaisen toiminnan tullessa yhä yleisemmäksi on tuotekehitys hajautettava verkostoon, jossa kukin vastaa prosessista oman ydinosaaamisensa 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 parannetuille 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 tarkoitetulla 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 hyviksi 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 kokoonpanopiirroksot, 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-bitisistä minitietokoneista, 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 2023

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 rakenteiden simulaatiot.

Kirja sisältää runsaasti ohjattuja esimerkkejä ja itsenäisiä harjoitustehtäviä.

Kirjan kirjoittaja, TKT Esa Hietikko, on toiminut 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: 978-951-568-981-8

