

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Eugenija Vasiliauskienė

DFX METODO EFEKTYVUMO TYRIMAS
KONSTRAVIMO PROCESĖ

Magistro darbas

Vadovas

prof. habil. dr. A. Bargelis

ŠIAULIAI, 2004

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**TVIRTINU
Katedros vedėjas**

2004 06

DFX metodo efektyvumo tyrimas konstravimo procese

Magistro darbas

Konsultantas

AB "Baltik Vairas"
vyr. konstruktorius

2004 06

M. Valantinas

Vadovas

prof. habil. dr. A. Bargelis

2004 06

Recenzentas

KTU Mechanikos fakulteto

2004 06

doc. dr. A. B. Povilionis

Atliko

MM-2 gr. stud.
E. Vasiliauskienė

2004 06

ŠIAULIAI, 2004

Vasiliauskienė E. Anglysis of DFX method efficiency in design process: Master thesis of mechanical engineer/research advisor Prof. Habil. Dr. A. Bargelis; Šiauliai University, Technological Faculty, Mechanical Engineering Department. – Šiauliai, 2004. - 60 p.

SUMMARY

These master's theses present the review of design support methods. Mechanical part design plays an important role whether company will succeed in market or will fail.

In the first part I describe some systematical design support methods and tools, such like axiomatic design and group technology. From my point of view there are three measures of the design process: cost, quality and time, which are pivotal in design process. Regardless of the product being designed – whether it is an entire system or some small subpart of a larger product – the customer and management always want it cheaper, better and faster. Design decisions directly determine the materials used, the goods purchased, the time when it should be purchased, the part to be assembled, the shape of those parts, the product sold, and, in the end, the scope of management.

In the next parts I describe main CIM (computer integrated manufacturing) elements and DFX (design for X) methods, and importance to use these systems and methods in factories. The development of the DFX strategies arose from the need to understand what is important after the design stage. Since design typically will set 70% of the cost of a product, it is very important to make sure designs are made with the correct objective in mind.

In the case study I'm describing production of bikes. I propose some of the possibilities to make easier manufacturing, using DFX methodology. During this work I tried to apply theoretical knowledge about design process and to use design support methods.

Work on this project gave me impulse to search more information about the design process. And moreover, it gave me opportunity straight to apply my theoretical knowledge in practice. Also it enabled me to find out other problems in our industry: such as cost calculation, communication problem between different departments.

TURINYS

| | |
|--|-----------|
| IŽANGA | 5 |
| 1. GAMINIŲ KONSTRAVIMO METODAI | 6 |
| 1.1. Tradiciniai metodai | 8 |
| 1.2. Intuityviniai metodai | 9 |
| 1.3. Sisteminiai metodai | 9 |
| 1.3.1. Aksiominis konstravimas | 11 |
| 1.3.2. Grupinės technologijos metodas | 13 |
| 2. ŠIUOLAIKINĖS GAMYBOS APLINKOS YPATUMAI | 17 |
| 2.1.KIG esmė ir pagrindinės funkcijos | 17 |
| 2.2.KIG elementai | 20 |
| 2.3.Kompiuterizuotas konstravimas CAD | 23 |
| 3. DFX METODAI KONSTRAVIMO PROCESUOSE | 25 |
| 3.1. DFX metodų nauda | 26 |
| 3.2. DFX metodų klasifikavimas | 28 |
| 3.2.1. DFA | 29 |
| 3.2.1.1.Surinkimo būdai | 30 |
| 3.2.1.2.DFA vertinimo metodai | 32 |
| 3.2.2. DFM | 33 |
| 3.3.Techninės priemonės | 35 |
| 4. GAMINIO KŪRIMO TRUKMĖS NUSTATYMAS | 39 |
| 4.1. Gaminio sudėtingumo įtaka konstravimo trukmei | 40 |
| 4.2. Gaminio kūrimo trukmės priklausomybė nuo inžinerijos būdų | 43 |
| 4.3. Kompiuterizuotų sistemų įtaka konstravimo trukmei | 44 |
| 5. EKSPERIMENTINĖ DALIS | 47 |
| IŠVADOS IR SIŪLYMAI | 51 |
| LITERATŪRA | 52 |
| PRIEDAI | 53 |

IŽANGA

Šiuolaikinėje gamybos aplinkoje nesunku pastebėti tarp įvairių gamintojų vis didėjančią konkurenciją. Tai pastebima ne tik kurioje nors atskirai paimtoje šalyje; ji vis atkakliau reiškiasi pasauliniu mastu, siekiant geresnių gaminių, ir geresnių rinkų. Antra vertus, šiandieninis potencialus pirkėjas šiuolaikinių komunikacijų dėka greitai surenka informaciją apie visoje planetoje gaminamus gaminius, jų parametrus ir kainas. Todėl modernių gamybos sistemų kūrimo strategija turi būti orientuojama į gaminių kokybės didinimą ir gamybos išlaidų mažinimą. Tačiau tai nelengva padaryti. Tik integruotas naujo gaminio rinkos tyrimas, konstravimas, gamybos rengimas ir jos organizavimas bei valdymas gali duoti pageidaujamus rezultatus. Norint efektyviau spręsti tokias problemas, projektuojamos kompiuterizuotos integruotos gamybos sistemos.

Šiuolaikinė gamybinė aplinka reikalauja ne atskirai veikiančių nepriklausomų automatizuoto konstravimo ar gamybos valdymo sistemų, bet visiškos jų integracijos. Toks integracijos laipsnis siejamas su kompiuterizuotos integruotos gamybos (KIG) sistemomis.

Naujų gaminių konstrukcinių parametrų tobulumas, jų kokybė, rinkos prisotinimas reikiamais įvairios paskirties gaminiais priklauso nuo gamybos sistemų lygio. Tik aukšto, šiuolaikinio lygio gamybos sistemos sugeba tiekti rinkoje paklausius gaminius. Gamybos sistemų naujos aplinkos pokyčiai privertė ieškoti naujos strategijos, tinkančios šiai pasikeitusiai aplinkai. Plečiantis gaminių įvairovei, atsirado naujoji strategija – lanksčios gamybos, taip pat poreikis mažinti gaminio konstravimo ciklą, trumpinti pagamintų gaminių pardavimo ciklą ir vartotojui reikalingų prekių paieškos trukmę.

Naujo gaminio konstravimas ir gamybos rengimas yra atsakingiausia viso integruoto gamybos proceso etapas, nes jį sudaro jį sudaro keletas fazių (konceptijos formulavimas pagal rinkos tyrimo duomenis, konceptijos įgyvendinimas inžineriniais sprendimais ir galiausiai visiškai konstrukcijos išbaigimas ir technologinis gamybos paruošimas). Tai labai imlus ir brangus darbo etapas, nes konstruktorius turi konstruoti gaminį taip, kad jis ir jo detalės būtų gaminamos lengvai, ekonomiškai ir tenkintų jam keliamus našumo, tikslumo ir kokybinių parametrų reikalavimus. Gamybos lengvumas – tai ne vien gaminio atskirų detalių apdirbimo, bet ir gaminio rinkimo paprastumas. Gaminio rinkimas – atsakingiausia jo gamybos fazė, nes čia susikaupia visi apdirbamųjų procesų netikslumai, lieka daug reguliavimo ir derinimo darbų. Be to, rinkimo procesas sunkiai robotizuojamas, nes jam būdingos intelektualinio darbo operacijos, turinčios daug renkamų detalių atpažinimo ir paieškos problemų. Todėl buvo iškelti konstravimo principai siekiant gaminių rinkimo lengvumo – prastinama gaminio konstrukcija, atskiros jo dalys konstruojamos taip, kad būtų lengviau renkamos. Padaryti gaminį lengviau renkama dažnai įmanoma didinant jo atskirų dalių gamybos kainą. Dėl šių priežasčių rinkimo lengvumo konstravimas negali būti atliekamas atskirai nuo detalių gamybos lengvumo konstravimo, nes tarp šių procesų esama nemažos sąveikos. Pasirinkti, kuris šių labai prieštaringų tikslų yra tinkamiausias, gali padėti tik išsami naujo gaminio kūrimo strategija. Ji turi būti taip parengta, kad leistų pasirinkti racionaliausias gaminio ir jo detalių formas, tinkamiausias medžiagas, sukurti ar išsirinkti efektyviausius technologijos procesus, gamybos metodus, kol gaminys dar konstruojamas.

1. GAMINIŲ KONSTRAVIMO METODAI

Konstravimas yra dalis gaminio gyvavimo ciklo. Pagal [1], jis apima gaminio gyvavimo ciklo pirmas tris stadijas iš šešių:

Stadija 1: Kūrimo/planavimo specifikavimas;

Stadija 2: Abstraktus konstravimas;

Stadija 3: Gaminio konstravimas;

Stadija 4: Gamyba;

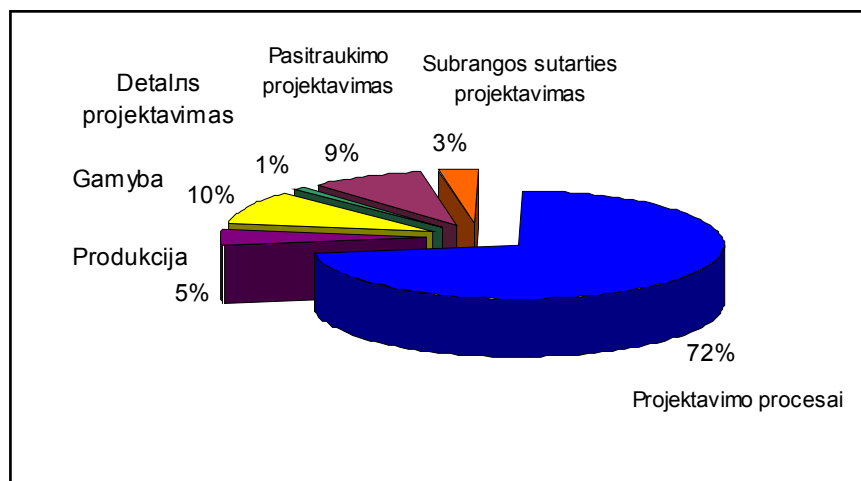
Stadija 5: Aptarnavimas;

Stadija 6: Gaminio pasitraukimas.

Konstravimo proceso svarbumas yra tas, kad šio proceso metu padaryti sprendimai turi didžiausią reikšmę gaminio kainai, netgi jei tai reikalauja mažiausių investicijų. Be to, didelis skaičius projektų (apie 55%) vėliau yra supaprastinami. Taigi, yra svarbu vystyti sisteminių konstravimą.

Vis dėlto, sunkumų dirbant konstravimo procese yra daug. Konstravimas užima nemažą visų procesų dalį – tuo tarpu surinkimas paprastai trunka nuo kelių valandų iki savaičių, bendras projektavimo laikas paprastai matuojamas mėnesiais bei metais. Galiausiai, projektavimas turi skirtingą sistemos vertę, kur yra įtemptas kūrimas ir lankstumas.

Konstravimas taip pat didelę įtaką turi gaminio kokybei. Kaip matyti 1.1 pav., viena apklaustų didžiausių Japonijos kompanijų priskyrė daugiau nei 70% savo kokybės praradimų klaidoms padarytomis konstravimo procesuose.



1.1 pav. Kokybės praradimo šaltiniai pagrindinėje Japonijos įrengimų gamybos kompanijoje

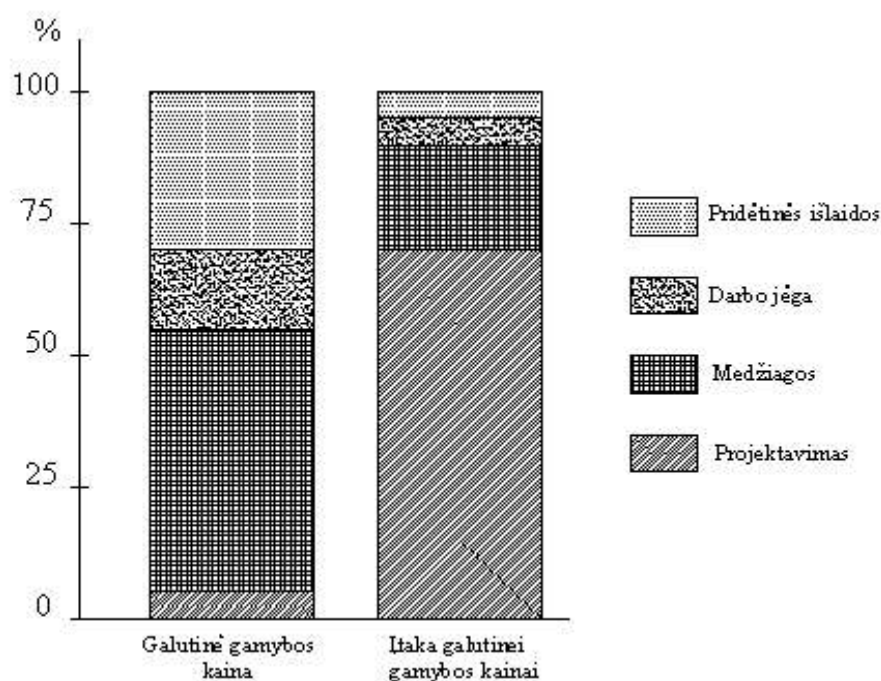
Kompanijos supranta tiekiamą naudą, įgyvendinant apibrėžtą konstravimo procesą. Kaip bebūtų, daugelis įmonių yra suinteresuotos palaikyti konstravimo procesą lankstų ir efektingą, ir neriboti kūrybingumo. Svarbiausias tikslas įmonėms yra palaikyti konstravimo procesą pakankamai guvų, kad susidorotų bet kokių momentu su “sutrūkinėjusiu” vystymosi laikotarpiu, kas šiandien yra būdinga daugelyje pramonės .

Mechaninių dalių konstravimo procesas turi daug įtakos, ar įmonei pasiseks rinkoje ar visiškai nesiseks. Konstravimo procese egzistuoja trys pagrindiniai matai: kaina, kokybė ir laikas, kuris yra lemiamas konstravimo procese.

Nepaisant gaminio sukonstravimo – ar tai yra ištisa sistema ar keletas didelio gaminio mažų šalutinių dalių – klientas ir valdyba visada to nori pigiau, geriau ir greičiau.

Konstravimo kaina ir jo įtaka gamybos kainai galime pamatyti 1.2 pav., kuris yra pagrįstas Ford Motor kompanijos duomenimis. Pirmasis stulpelis parodo, kad 5% mašinos gamybos kainos sudaro projektavimo veikla. Sekantis stulpelis rodo, kad sprendimai padaryti konstravimo proceso metu įtakoja 70% gamybos kainos.

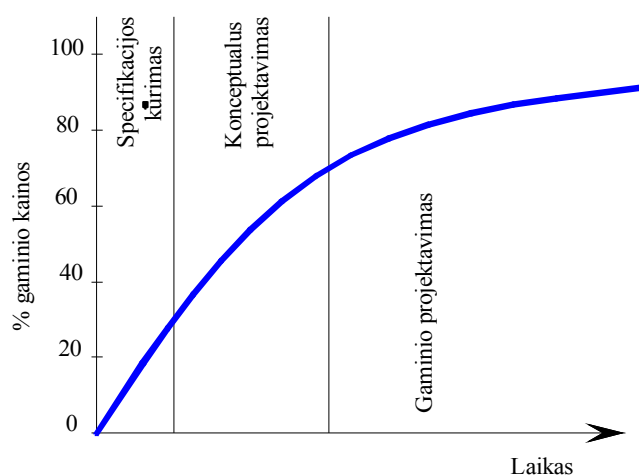
Tokiu būdu, sprendimai padaryti konstravimo proceso metu turi didžiausią įtaką gaminio kainai mažiausiomis investicijomis.



1.2 pav. Konstravimo įtaka gamybos kainoms

Konstravimo sprendimai tiesiogiai nulemia medžiagų panaudojimą, prekių įsigijimą, laiką kada jos bus įsigytos, dalių surinkimą, šių dalių būseną, gaminio pardavimą, ir galiausiai valdybos galimybes.

Tačiau kaina įtakoja ne tik per konstravimo procesą, bet jai jau turi didelę įtaką ankstyvoji konstravimo stadija. Kaip matyti 1.3 pav., tipiškam gaminiui, 75% gamybos kainos apsisprendžia konceptualioje konstravimo fazėje. Tai reiškia, kad sprendimai padaryti po šio laikotarpio gali įtakoti gaminio gamybos kainą tik 25%. Kaip bebūtų gaminio konstravimo metodai ankstyvoje projektavimo stadijoje yra taip pat labai svarbūs.



1.3 pav. Konstravimo įtaka gamybos kainoms

Konstruojant mes pastoviai ieškome sprendimų. Tai vyksta bet kuriame konstravimo etape. Egzistuoja daug sprendimų ieškojimo būdų, kurie apibūdinami žemiau. Jie yra suklasifikuoti į tradicinius, intuityvinius ir sisteminius.

1.1. Tradiciniai metodai

Kiek pamename iš savo patirties, mes žinome apie sprendimus, kurie yra pritaikomi panašiose situacijose. Šis metodas, tikriausiai, yra labiausiai paplitęs Lietuvos kompanijose. Pradedančiajam čia yra kliūčių dėl ribotų turimų atsakymų. Čia taip pat gali būti painu ir ekspertui naudojantis savo patirtimi: ji gali būti nenaudinga apžvelgiant neįprastus sprendimus.

Mes ieškome panaudojimui galimų sprendimų, tyrinėjant išleistą literatūrą. Tai apima peržiūrą vadovėlių, profesinių knygų ir žinybų, profesinių žurnalų, gamintojų katalogų, savo kompanijų ir konkurentų literatūrą. Daugelis šių šaltinių dabar yra pasiekiami kompiuterizuotos duomenų bazės forma.

Mes radome pagalbą iš esmės natūraliose sistemose išgyvenusiose optimizacijos raidą milijonus metų. Natūralių sistemų pavyzdžių, duodančių atsiradimą techninių sprendimų, yra daug [2]. Studijavimas bičių avilio, sudarant medaus korių struktūras; dagiai davė idėją vystant kabliukų-kilpų užsegimą. Daug kitų lengvų struktūrų buvo išvystytos studijuojant augalų kotus ir paukščių kaulus bei griaučius. Ilgi kaulai mūsų kūnuose, su įdubomis, apvalūs susikertantys profiliai yra modeliai konstrukcinių dalių, kurios priklauso sudėtinėms apkrovų rūšims (ašis, alkūnė), bet naudoja minimaliai medžiagų. Žuvies formos ir varomosios jėgos metodai ir kiti jūrų gyvūnai turi įtakos tobulinant bei gerinant konstrukcijas. Tai galima pavadinti gamtos sprendimų kopijavimo metodu. Jį taikant jau gilioje senovėje buvo išrasti pirmieji įrankiai, pjūklas (dantų kopija), plaktukas (suspausto kumščio kopija) ir kt. Tačiau vėliau šis metodas buvo primirštas. Daug techninių sprendimų buvo atrasta nekreipiant dėmesio į gamtos evoliucijos procese susiformavusius analogiškus sprendimus. Todėl buvo daug atvejų, kada, sukūrus naują techninį sprendimą, vėliau

paaikškėjo, kad toks sprendimas yra gamtoje, tik reikėjo atkreipti į jį dėmesį ir nukopijuoti. O kopijuoti buvo galima ir reaktyvinio variklio principą, kurio prototipai yra vandens gyvūnai – medūza ir aštuonkojis, ir pasigalandančių įrankių principą, kurio prototipas yra graužikų dantys su nevienodo kietumo sluoksniais. Gamtoje taip pat yra alokacijos principas, nes šikšnosparniai ir kai kurie kiti skraidantys gyvūnai naudojami ultragarsine alokacija. Pasirodo, kad tie gyvūnai, kuriems reikia ko nors saugotis, pavyzdžiui, šikšnosparnio, sugeba “priimti” ultragarsą. Tokią savybę turi kai kurie drugiai. Dabar net ne visuomet aišku, ar kai kurie plačiai naudojami prietaisai, metodai ar medžiagos buvo sukurti kopijuojant gamtos sprendimus ar nekopijuojant jų. Dabar žemės ūkyje iš įvairių augalų yra ruošiamas pašarinis silosas, o pasirodo, kad viena bičių rūšis (osmijos) silosuoja lapus. Kad tikslūs prietaisai nesugestų kosminio laivo pakilimo metu, yra patalpinami į skystį: gemalas, taip pat aukštųjų gyvūnų smegenys taip pat yra skystyje. Delfinų oda, mažinanti turbulentinę varžą, yra kopijuojama gaminant laivų korpusus.

1.2. Intuityviniai metodai

Sprendimai ateina pas mus akimirksniu kada mes esame susidomėję visiškai nesusijusia veikla, ar stebime gamtą, ar žmonių sukeltus reiškinius. Kūrėjai žino kaip paimti žinias iš kitų sričių ir jas panaudoti naujiems sprendimams. Yra nemažai metodų tobulinti kūrybingumui.

Čia yra keletas metodų, kuriuose žmonių grupė kuria idėjas ir modifikuoja vieni kitų mintis. Paprastai šis metodas žinomas kaip “Kolektyvinis naujų idėjų svarstymas”. Kolektyvinis naujų idėjų svarstymas yra esminė dalis iš daugelio sprendimų atsiradimo metodų. Egzistuoja kitos panašios procedūros: išvestinė iš kolektyvinių naujų idėjų svarstymo, vadinama 635 metodu; Delphi metodas ir kiti.

Kūryba reikalauja atsiskirti nuo mūsų normalių įprastų galvojimo būdų. Iššaukiančios idėjos buvo siūlomos kaip netinkamos. Metodai sukeliantys iššūkius apima:

- *Išvengimas.* Užsirašymas savo idėjų ir metodų. Tada sukūrimas idėjų visiškai besiskiriančių nuo šių.
- *Reversavimas.* Apgalvojimas visiškai priešingų galimybių.
- *Perdėjimas.* Pakeitimas dydžių ir skaičių į nežinomas vertes.
- *Iškreipimas.* Galvojimas apie laiko ir nuoseklumo pakeitimus.
- *Žodžio ryšiai.* Galvojimas apie atsitiktinį žodį. Suformavimas kito žodžio ir taip kiekvienas žodis susiejamas su ankstesniu tuo pačiu būdu.
- *Siekimas tolimo dangaus.* Troškimų naudojimas sukuriant nerealias idėjas.

Intuityviniai metodai yra sprendimo ieškojimo procesų naudingi priedai, bet neteko girdėti kad šie metodai būtų taikomi mūsų įmonėse.

1.3. Sisteminiai metodai

Čia yra keletas procedūrų, kurios gali būti naudojamos individualiai ieškant “žingsnis po žingsnio” būdu sprendimų. Keletas iš jų yra apibūdinama žemiau.

Lygčių sistemos studijavimas

Jei fizikinis mechanizmas tinkamas atlikti funkcijai, mes sprendžiame matematinę lygtį jo veikimo apibūdinimui. Suvokiant dalies tiesioginį skirtumą fiziniams poveikiams ir parametrų lygtyje, yra įmanoma numatyti variantus jose; kiekvienas variantas gali privesti prie skirtingo sprendinio.

Rodenacker'is (1984) parodo kaip skirtingos koncepcijos kapiliariniam klampomačiui gali būti išvystytos, naudojant šį metodą. Skysčio klampumo išraiška μ yra:

$$\mu = \frac{\Delta p \cdot R^4}{QL}; \quad (1.1)$$

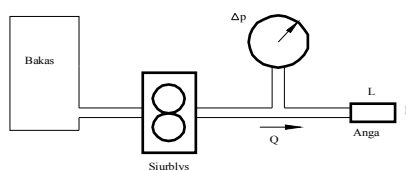
čia: Δp - slėgio skirtumas;

Q – tūrio srauto rodiklis;

L – ilgis;

R – spindulys.

Eksperimentinis įrenginys pavaizduotas 1.4 pav. Kadangi yra keturi parametrai: Δp , Q , L ir R , keturios galimos koncepcijos gali būti išvystytos pasirenkant vieną iš jų kintamą laiką.



1.4 pav. Klampumo matavimo sistema

Klasifikacinių schemų tyrinėjimas

Klasifikacinės schemas dviejų matavimo matricių formoje buvo išvystytos padėti ieškoti sprendimų. Paprastai, duotai funkcijai lentelė yra ruošiama su vienu parametru nurodytu eilutėmis ir kitu, stulpeliais.

Lentelė 1.1 parodo sprendimų pavyzdį pagrindiniai funkcijai “konvertuoti”. Šioje situacijoje pavertimą mechaninės energijos kitos formos energija parodo deskriptoriai “pakeitimas” ir “mechaninis”. Sprendimai, kurie duoda skirtingas energijos formas ir kitas išdirbio rūšis yra parodyta viduriniame stulpelyje. Čia yra keletas metodų ir taip pat kompiuterinių sistemų, kurios generuoja sprendinių schemas pagal duotus indelius ir išdirbius.

Ištrauka iš sprendinio lentelės

| Funkcija | Indelis ir deskriptorius | Sprendiniai | Išdirbis |
|---------------|--------------------------|--------------------------------------|------------|
| Konvertavimas | Energija | | Energija |
| | Mechaninė | | |
| | Pakeitimas | Tamprus elementas | Jėginė |
| | Pakeitimas | LVDT Pjezoelektrinis elementas | Elektrinė |
| | Pakeitimas | Frikcinis | Šiluminė |
| | Jėginė | Tamprus elementas | Pakeitimas |

Projektų katalogų ieškojimas

Tai kažkas panašaus į klasifikacines schemas. Projektų katalogai siūlo konkretesnius sprendimus įvykdyti duotas funkcijas. Jie apima informacijos tipą rastą vadovėliuose, gamybiniuose kataloguose ir standartuose. Projektų kataloguose galima rasti lenteles apimančias suklasifikuotus kriterijus, turimus sprendinius, ir svarbiausiai, pasirinkimo charakteristikas. Sprendimai gali būti aprašomosios ar grafinės formos ir kai kuriais atvejais vadovaujamosi formulėmis. Yra projektų katalogai, kurie apima ištisą mechaninio konstravimo lauką. Kataloguose yra projekto vientisumo informacija, tokia kaip jėgos transmisijos rūšys, slydimo sistemos, logines sąsajos ir atskyrimo jungtys (ryšiai), jėgos generavimas, vienkryptis judėjimas, ašiniai sujungimai, išardomi ir neišardomi sujungimai, guoliai, ir formų variantai.

Šis metodas yra patogus, tačiau turi trūkumų, kadangi yra neįmanoma rasti naują sprendimą. Yra tik įmanoma kartu sudėti jau gerai žinomus sprendinius.

Taip pat egzistuoja kiti projektavimo metodai bei sistemos tokios kaip aksiominis projektavimas, kokybės funkcijos išdėstymas (QFD – quality function deployment), ir projektavimas atsižvelgiant į X apimant gamybą, surinkimą, transportavimą ir kitus gyvenimo ciklo aspektus padedančius surasti optimalų projektą.

1.3.1. Aksiominis konstravimas

Mechaninio konstravimo metodologijos pradžia minima senovės Graikų ir Aleksandrijos rašytojų raštuose tarp 300 pr. m. e. ir 100 m. e., tada taip pat buvo pateikta pirmoji estetikos teorija. 19 amžiaus viduryje Vokietijos autoriai pateikė pagrindus mechaniniam konstravimui pagrindiniuose projektavimo principuose, modernizuotų mašinų elementų metodologiją ir F. Redtenbacher'io įdiegta serija konstravimo principų:

- a. Pakankamas tvirtumas.

- b. Pakankamas atsparumas nusidėvėjimui.
- c. Pakankamai maža trintis.
- d. Optimalus medžiagų panaudojimas.
- e. Lengva gamyba.
- f. Lengvas remontas.
- g. Paprastumas.

Redtenbacher'io principai yra priešaringi ir iš dalies sutampantys didžiam išplitimui, tapti formalia projektavimo aksiomų sistema. Labiau abstrakti serija konstravimo principų buvo pateikta jo studento F. Reuleaux'o (1854), Ciuricho ir Berlyno profesoriaus, kuris nukreipė atskirai funkcijos ir formos reikšmes į dvi sekančias mechaninio konstravimo grupes taisyklių:

a. (Funkcijos taisyklė):

Konstravimas privalo suteikti pastovų įvykdomumą reikiamomis sąlygomis.

b. (Formos taisyklė)

Konstravimo ikūnijama forma privalo turėti aukščiausią galimą simetriją.

Pirmasis principas gali būti laikomas optimizacijos principu., Pagal Redtenbacher'io principą (b), vienodai apkrautos dalys reiškia maksimalų medžiagų panaudojimą. Formuluoju kitai, kad įrenginio tikimybė sugesti atitinka tikimybei sugesti kiekvieno mechanizmo. Sekantis principas iš esmės yra minimalių duomenų principas.

Paskutiniajame amžiuje sukurtas Masačiusetse Technologijos Institute (MIT; Kembridžas, MA) aksiominis konstravimas. Kūrėjas Profesorius Nam Suh supažindino su Reuleaukso konstravimo principais, apibrėžtais kaip konstravimo aksiomas:

Aksioma I (Funkcijos taisyklė):

Projektas privalo atitikti reikiamas sąlygas.

Aksioma II (Formos taisyklė):

Projektas privalo turėti minimaliai nusiskundimų.

Teorija ir metodologija padeda konstruktoriams susitelkti ties problemomis nevykusio konstravimo. Profesorius Suh sako: "Aksiominio konstravimo uždavinys yra padaryti konstruktorių kūrybingesnį, sumažinti atsitiktinių tyrinėjimų procesus, minimizuoti pasikartojančius bandymų ir klaidų procesus, bei nustatyti geriausią projektą tarp pateiktų."

Aksiominis konstravimas yra sisteminis, mokslinis priartėjimas prie projekto. Jis nukreipia konstruktorius pirmiausiai ištirti klientų poreikius funkciniais reikalavimams, tada šiuos reikalavimus suformuoti į projekto parametrus, ir tada galiausiai perprasti procesus įvykdyti šiais projekto parametrais. Aksiominis projektavimas yra skaidomas procesas, prasidedantis klientų poreikiais ir baigiantis funkciniais reikalavimais, projekto parametrais, ir tada proceso reguliavimu, tuo būdu kertantis keturioms konstravimo sritims: klientas, funkcionalumas, fizinės savybės ir procesas.

Pirmoji aksioma sako, kad funkcionalumo reikalavimai gerame projekte yra priklausomi vienas nuo kito. Tai yra tikslas viso uždavinio: identifikavimas projektavimo parametrų taip, kad kiekvienas funkcinis reikalavimas galėtų būti patenkintas be poveikio kitų funkcinių parametrų.

Skirtumas yra tas, kad atskirame projekte, konstravimo parametrai yra absoliučiai priklausomi; nepaisant, atskirame projekte, galiausiai vienas projekto parametru įtakoja du ar daugiau funkcinių reikalavimų. Kaip rezultatas, reguliuojamų projekto parametru būklė atskirame projekte nėra tokia sudėtinga.

Antroji aksioma sako, kad, kada du ar daugiau alternatyvių projektų atitinka pirmąją aksiomą, geriausias projektas turi mažiausiai nusiskundimų. Tai yra, kada projektas geras, nusiskundimų kiekis yra nulis.

Taguchi (1988) davė bendrą projekto kokybės apibrėžimą, apimančią ir funkciją ir formą, projekto uždavinys – tai yra visiškai gaminio projekto atitikimas visuomeninius reikalavimus.

Aksiominis konstravimas nėra visiškai Taguchi metodas, kuris yra ypatingai taikomas sudėtingiems projektams. Tai nėra visiškai kokybės funkcijos išdėstymas (QFD – quality function deployment).

Sudėtingas konstravimas (Taguchi) ir aksiominis konstravimas yra vieninteliai metodai, kurie nukreiptų projektą patys, garantuojant, kad projektas geras. Deja, kol Taguchi susitelkia ties detalės darymu apsaugotu nuo klaidų, jis susitelkia tik ties vienu reikalavimu – laiku. Problema gali pasirodyti kada projektas patenkina du reikalavimus tuo pačiu metu, tokius kaip mašinos durų projektavimas visiškai ir lengvo užsidarymo. Trumpai, sujungimas egzistavimo tarp šių dviejų funkcionalumo reikalavimų.

Taguchi metodas unikalus, mes galime pasimokyti iš inžinierių, automobilių gamintojų. Konstruktoriai gali įkliūti į pinkles optimizuojant klaidingas funkcijas, ar optimizuojant projekto parametrus, kurie yra susiję su daugeliu kitų funkcijų. Blogiausia, optimizuojant vieną funkciją, konstruktoriai krypta link rizikos pabloginti kitas funkcijas.

Aksiominis projektavimas vengia klaidinančio sujungimo funkcinių reikalavimų, taip kad jie nesąveikautų vienas su kitu.

Taigi aksiomos nurodo kaip konstruktorius turi galvoti konstravimo metu. Kaip matome, labai naudinga yra daryti mechanizmus ar detales, kurių funkcijos nesikirstų tarpusavyje, kadangi iš vienos pusės nėra sudėtinga apskaičiuoti ar pakeisti ateityje šią detalę (jos dydį ar medžiagą) ir iš kitos pusės, jei ši dalis sulūžta, tada nebevykdoma tik viena funkcija.

1.3.2. Grupinės technologijos metodas

Grupinė technologija yra metodas, kuriame panašios detalės yra sutapatamos, grupuojamos drauge, ir gaminamos įprastoje gamybos linijos aplinkoje. Grupinės technologijos tikslas yra pasinaudoti panašumais gamyboje ir projekte [4].

Pavyzdžiui, gamykla gamina didelį skaičių skirtingų detalių, kurių daugumą galima sugrupuoti į keletą skirtingų šeimų su dažnai pasitaikančiu dizainu ir gamybos charakteristikomis. Taigi, kiekvienas grupės narys bus gaminamas panašiai kaip kiekvienas kitas narys esantis toje grupėje. Tai pagreitina gamybą bei padidina efektyvumą.

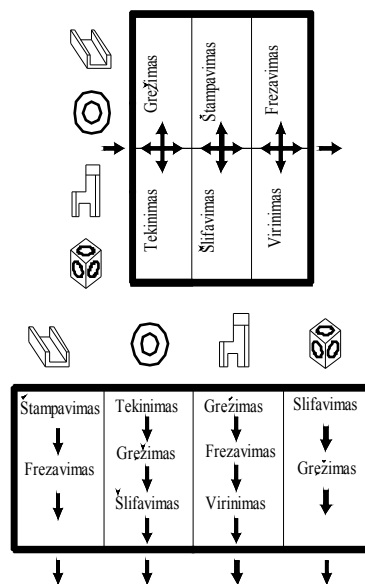
Jungtinių Valstijų pagrindinių apskaitos tarnybų gamybos technologijos vertina, kad pavienės detalės gamyba sudaro daugiau nei 70% visų pajamų gautų kompleksinių metalo gaminių gamyboje ir mažiausiai 50% visų tokių gaminių yra padaroma partijomis mažesnėmis nei 50 vienetų. Šiomis problemomis išspręsti yra dvi vyraujančios strategijos, kurios atsirado paskutiniu laikotarpiu - tai yra kompiuterinė integruota gamyba KIG ir tik laiku – bendra kokybės kontrolė (JIT – TQC – just – in – time – total quality control).

KIG pirmiausiai buvo išvystyta Jungtinėse Valstijose ir sutelktas didinti efektyvumui per darbo kompiuterizavimą ir veiklos integravimą per kompiuterio sąsajas ir duomenų bases. JIT – TQC , iš kitos pusės, yra Japonijos kilmės ir laikosi, kad gamybos pagerėjimas gali būti pasiektas šalinant nuostolius, darbuotojo susidomėjimu ir sutelkiant dėmesį į medžiagų panaudojimą.

Grupinė technologija (GT) gali būti laikoma kaip idėja ar filosofija, kuri susieta su KIG ir JIT – TQC koncepcijomis. Pavyzdžiui, GT gali būti naudojamas pertvarkyti egzistuojančią įrangą patobulinti medžiagų sąnaudas ir kurti gamybos elementus. Šie elementai, kartą sukurti, gali būti laikomi kaip potencialūs kandidatai, automatizuojant ir įgyvendinant KIG sistemas.

GT yra racionalus organizacinės vadybos metodas paremtas principu, kad panašūs daiktai turi būti gaminami panašiai. Gamybos kontekste šie “daiktai” apima gaminio projektavimą, proceso planavimą, gamybą, surinkimą, kontrolę, ir net gi standartinės metodologijos metodo panaudojimas projektavimo sistemai.

Gamybos aplinkoms, gaminant vidutinę detalių įvairovę ir apimtį, yra naudingiausia naudoti GT. Gaminio projektavime ir procesų planavime, detalės kodavimo sistemos ir bendri planai kombinuotų detalės šeimų modelių nauda leidžia greitai išvystyti naujos detalės projektą ir išvengti nebūtinių detalių išplitimo. Tinklinė gamyba (CM – cellular manufacturing) suteikia reikšmes realizuojant GT koncepcijas ceche. Skirtingos mašinos yra sugrupuojamos kartu, suformuojami elementai, kurie yra skirti vienos ar daugiau detalių šeimų gamybai. Pagrindinis mašinos koncepcijos planas ir detalės maršrutas yra pavaizduotas 1.5 pav. Taigi, detalės šeima yra serija detalių, kurios dalyvauja gamyboje, ir galbūt projektavime, charakteristikų. Šeima susideda iš detalių, kurios reikalauja tų pačių įrengimų ir gali paprastai dalintis mechaniniu apdirbimu. Geriausiai atvejis yra kai elementai sudaryti su būtinais visos detalių šeimos gamybai įrengimais. Ryšium su reikiama forma ir naudojimu, elementų struktūra gali apdirbti daugiau nei vienos šeimos komponentus. GT vienas iš principų gamybai ištirti dirbtuvės galimybes, t.y. būti suskirstytam į gamybines celes (pavyzdžiui, celė gali apimti vieną apdirbimo centrą, apdirbimo kontrolės įrangą, įrankių ir detalių sandėliavimas, robotas, ir prijungtą techninės kontrolės įrangą).



1.5 pav. Funkcinė GT schema

Skirtumai tarp darbo cecho (arba proceso schema) metodo ir GT (arba tinklinė schema) yra toks: funkcinio darbo cecho schemoje visos detalės eina per ištįsą cechą, ir toks planas bei medžiagų kontrolė yra sudėtingi. Be to, darbo prioritetai yra sunkiai nustatomi, ir vadinasi vadovai tradiciškai remia didelius inventorių, kad didelis darbas visada yra naudingas. Iš kitos pusės, pakeitimas į GT garantuoja, kad dauguma detalių eis per vienintelę celę. Tai gi kada medžiagos yra supaprastintos, tai ir užduoties planą yra daug lengviau išpildyti. Darbuotojai celės viduje gali būti perkvalifikuoti dirbti visomis staklėmis ir sekti darbą nuo pradžios iki pabaigos

Yra trys pagrindiniai detalių grupavimo į šeimas metodai:

1. Vizualioje apžiūroje šeimos yra tapatinamos remiantis inžinierių žiniomis. Tai yra nesudėtingiausias ir pigiausias metodas.
2. Formalaus klasifikavimo ir kodavimo sistemos yra paremtos projektavimo ir gamybos duomenimis. Šis metodas yra sudėtingiausias, tačiau laiko sąnaudos gali duoti geriausias rezultatus.
3. Gamybos tėkmėje atliekamos gamybos informacijos analizės.

Kol naujos gamybos linija aptarinėjama, dauguma masinės gamybos pranašumų gali būti realizuoti. Bendros gamybos seka suteikia pagrindą automatizacijai, kokybės gerinimui, ir inventoriaus mažinimui.

Nepaisant to kaip išvystytos detalių šeimų gamybos celės, inžinierius konstruktorius atlieka pagrindinį vaidmenį sėkmės ir nesėkmės atveju grupinėje technologijoje. Konstruktorius turi būti susipažinęs su skirtingomis detalių šeimomis ir jų gamybos linijomis, kad garantuoti, kad projekto parametrai yra suderinami su egzistuojančia sistema. Garantuoti suderinamumą, dauguma kompanijų turi įsteigę formalias apžiūros sistemas savo projekto procese. Nors tam

tikras projektavimo ribojimas gali būti įvestas grupinės technologijos, nauda sumažinto naujos produkcijos įsisavinimo periodo ir pagerėjusi kokybė privalo daugiau nei subalansuoti savo nepatogumus.

Kainų mažinimas priskiriamas GT turi būti patvirtinti dokumentais keletos vartotojų. Pavyzdžiui, procentiniai santaupų siekiai aprašyti Jungtinių Valstijų gamintojų yra:

- Servizo (įrangos) kainos sumažėjimas nuo 20% iki 60%.
- Darbo jėgos kainos sumažėjimas nuo 15% iki 25%.
- Įrankių kainos sumažintos nuo 20% iki 30%.
- Perdirbimo ir atliekų sumažinimas nuo 15% iki 75%.
- Staklių įrankių kainos sumažėjimas nuo 15% iki 25%.

Kitoje kompanijoje kur buvo įdiegta GT, aprašyta nauda apima 32% pardavimų padidėjimo, 44% sumažėjo bendro inventoriaus, ir 83% sumažėjo vėluojančių užsakymų.

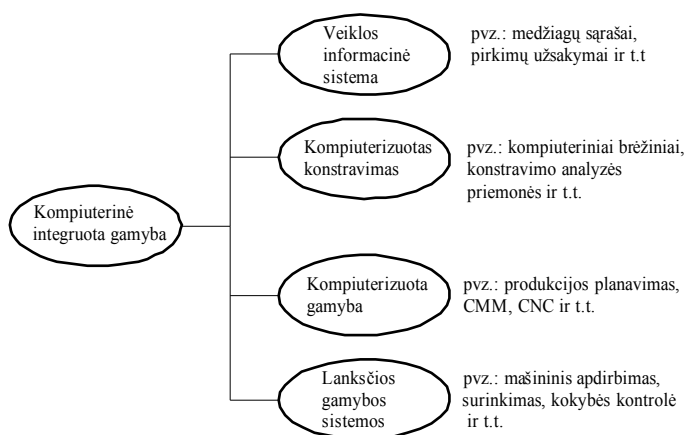
Naujas GT yra plačiai naudojama automobilių pramonėje, pavyzdžiui VW Sharon, Ford Galaxy ir Seat Alhambra yra gaminami tokioje pačioje gamybos linijoje iš tokių pačių komponentų, tik kebulo detalės yra skirtingos.

Tyrinėtojams yra aišku, kad GT turi ateitį pramonėje, todėl turime kreipti daugiau dėmesio šiai technologijai ir Lietuvoje.

2. ŠIUOLAIKINĖS GAMYBOS APLINKOS YPATUMAI

2.1. KIG esmė ir pagrindinės funkcijos

Konkuruojantis gamybos pasaulis reikalauja naudoti kompiuterines sistemas gamyboje, siekiant didesnio darbo našumo ir kokybės gerinimo. Kompiuterinė integruota gamyba gali būti apibūdinama kaip kompiuterinių sistemų ir automatizuotų sistemų panaudojimas gamybos funkcionavimui ir kontroliavimui.



2.1 pav. Pagrindinės KIG sistemos

KIG atskiros sistemos yra apibrėžtos ir jų nauda, veikiant kartu, rengiamam projektui yra didelė. Šios atskiros sistemos leidžia imtis didelių žygių gamyboje ne tik laiko atžvilgiu, bet ir lėšų atžvilgiu.

Pavyzdžiui, paimkime kompiuterizuotas lazerinio pjaušimo stakles. Kad jos lazerio pagalba išpjautytų tikslios konfigūracijos detalę, joms užtenka kompiuterinio brėžinio ir tiesiai iš kompiuterio perduodama informacija į stakles ir detalė tuoj pat pagaminama.

Privalumai:

- Tokio didelio tikslumo, kuris gaunamas gaminant šiuo būdu, tikrai neįmanoma išgauti detalę štampuojant ar gaminant kitu ne kompiuterizuotu būdu.
- Susitaupo nemažai laiko, nes nuo detalės suprojektavimo iki pagaminimo labai mažas laiko tarpas: nereikia projektuoti atskirai štampų bei jų gaminti, o po to jiems susidėvėjus gaminti iš naujo. Taip pat, naudojant kompiuterį, yra greitesnis detalės konstravimas.
- Laikui bėgant detalės vis tiek išlieka aukštos kokybės ir nepakitusios, ko negalima pasakyti detalę štampuojant dėl štampos nusidėvėjimo.

- Naujos konfigūracijos detalės gamyba lengvai ir greitai įgyvendinama: užtenka tik pakeisti brėžinį kompiuteryje.
- Sumažėja gamybos išlaidos, nes nereikia kiekvienu metu pasikeitus detalės konfigūracijai projektuoti bei gaminti naujų įrengimų jai pagaminti, dėl ko sumažėja įrengimų skaičius, sumažėja darbuotojų skaičius, sumažėja medžiagų poreikis.

Taigi, kaip matome, kompiuterizavus tik kelias sistemas galima pasiekti nemažą gamybos patobulinimo efektyvumą. Šie privalumai egzistuoja naudojant bet kurias programinio valdymo ar kompiuteriais valdomas stakles.

KIG sistemų taikymo nauda įmonėse:

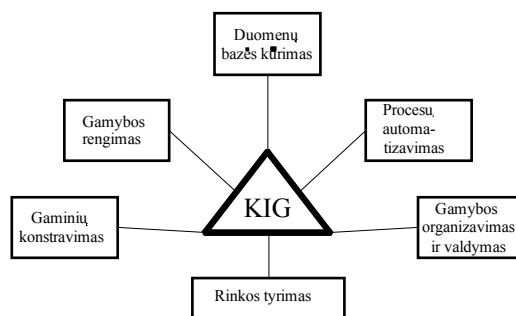
- gamybos konstravimo išlaidų mažėjimas 25-30 %;
- gaminio gamybos įdiegimo trukmės mažėjimas 36-60 %;
- gaminio kokybės pagerėjimas 2-5 kartus;
- inžinierių darbo našumo padidėjimas 3-5 kartus;
- gamybos operacijų darbo našumo padidėjimas 40-70 %.

Be šių paminėtų privalumų, KIG sistemų naudojimas dar mažina pirkimo – pardavimo operacijų, gaminio gamybos trukmę, sumines gamybos išlaidas, padeda ieškoti naujų rinkų, žaliavų tiekėjų ir kt. Įmonės ir net šalys, naudojančios KIG sistemas, konkurenciškai pranašesnės už minėtų sistemų neturinčias. Ateityje visų šalių gyvenimo lygis priklausys nuo KIG naudojimo pramonėje laipsnio. Pramonės įmonės nuolat verčiamos laikytis griežtos ekonomijos, o KIG koncepcija joms padeda šito siekti. Akcentuojamas racionalus visų išteklių (žaliavų ir energetinių) bei technologijų naudojimas, sprendžiant griežtos ekonomijos problemas.

Lietuvos pramonės įmonėms orientuojantis į rinkos ekonomiką, siekiant šiuolaikiškų gamybos rengimo, jos organizavimo bei valdymo principų, labai svarbu suprasti KIG sistemų teikiamą naudą ir jų kūrimo ypatumus.

KIG – tai technologija, realizuojanti ateities gamyklų funkcijas. Šiandien nepertraukiamos gamybos procesai yra visiškai automatizuoti ir yra aukšto integracijos laipsnio, bet šito trūksta vienetinės smulkių serijų gamybos gaminiams. Todėl KIG sistemų paskirtis – siekti ir vienetinės gamybos gaminių aukšto integracijos bei automatizacijos laipsnio, kokį yra pasiekusi plieno gamybos ar naftos perdirbimo pramonė.

KIG turi integruoti visas įmonės funkcijas į vieną nuosekliai atliekamų veiksmų visumą. Šiuo metu daug atskirų įmonės veiklos funkcijų yra lokaliai automatizuotos; KIG uždavinys – siekti šios veiklos kompleksinės automatizacijos. Pagrindinės automatizuodamos inžinerinės veiklos funkcijos parodytos 2.2 pav. Šioms funkcijoms būdinga tai, kad jos naudoja daug vienodos informacijos ir nuolat turi pasidalyti tarp savęs veiklos informacija, kuri nepertraukiamai kinta gamybos proceso metu. KIG sistema turi pasiekti informacijos srautų minimumą. Tai įmanoma dalijant informaciją į kintamą ir sąlygiškai pastovią bei kuriant racionalias duomenų bazes (DB). Racionalia duomenų baze laikoma tokia, kuri turi minimalų kintamosios informacijos kiekį ir efektyvią valdymo sistemą, gebančią užtikrinti visos informacijos pasidalijimą tarp įvairių vartotojų.



2.2 pav. Pagrindinės KIG veiklos funkcijos

Inžinieriams labai svarbu KIG sistemoje pasiekti gaminių konstravimo ir gamybos rengimo visiškos integracijos. Čia labai svarbi gaminio koncepcijos kūrimo stadija, kai reikia patikimai patikrinti naujo gaminio konkurentiškumą rinkoje pagal jo parametrų kokybę ir gamybos kainą. Tik įsitikinus, kad gaminys tenkins rinkos poreikius, pradedamas jo konstravimas ir gamybos rengimas. Siekiama šiuos darbus atlikti vienu metu, naudojant vienalaikės inžinerijos metodus. Tai realizuoti mechaninių komponentų gamyboje nėra lengva, nes sunku sukurti patikimas ir efektyvias programines sąsajas tarp automatizuoto konstravimo (CAD), technologijų projektavimo (CAPP) posistemų ir programinio valdymo (PV) staklių. Gaminio vienalaikiam projektavimui ir gamybos rengimui svarbi konstravimo gamybai ir rinkimui koncepcija. Konstravimo ir gamybos rengimo procesų integravimas mažina naujo gaminio pateikimo vartotojui trukmę bei jo gamybos išlaidas.

Labai atsakinga ir svarbi inžinierių veikla organizuojant ir valdant gamybos procesus. KIG sistemų kūrimo perspektyvoje svarbu numatyti visas veiklos funkcijas. Šios funkcijos išreikštos informacijos ir apdirbamų ruošinių, pusgaminių bei gaminių srautais. Šie srautai turi būti apibrėžti dokumentų vieningumu bei jų minimumu. Sisteminant minėtų duomenų srautus, reikia siekti, kad nebūtų dubliuojama informacija ar pakartotinai nebūtų naudojami duomenys įvairių dokumentų skiltyse.

Gamybos proceso sėkmę lemia savalaikis naudojamų medžiagų ir žaliavų poreikio apskaičiavimas ir tiekimas. Naudojamos medžiagos ar pusgaminiai nuolat keičiasi, kinta jų srauto intensyvumas. Be to, medžiagų kaina priklauso nuo jų kokybės ir tiekėjų, taip pat nuo transportavimo atstumų. Medžiagų ir detalių srautai gamybos proceso metu turi tiesioginius ir grįžtamuosius ryšius. Medžiagų poreikis tiesiogiai priklauso nuo gaminamų gaminių ar komponentų paskirties bei kiekybinių ir kokybinių parametrų. Parduodant gaminius aiškėja vėlesnis jų poreikis; čia galimi įvairūs pokyčiai, koreguojantys ir gamybos procesą, ir naudojamų medžiagų rūšis bei kiekius. KIG sistemos uždavinys – sudaryti racionalų medžiagų poreikio, jų sandėliavimo ir judėjimo tarp atskirų padalinių apskaitos posistemį. Toks posistemis privalo turėti efektyvią programinę sąsają, užtikrinančią informacijos pasidalijimą visose proceso stadijose tarp visų gamybos padalinių.

Įmonės veikloje vienodai svarbus ir apdirbamųjų, ir pagalbinių cechų darbas. Jie savo veikloje naudoja įvairius čia paminėtus duomenis skirtingais pjūviais bei pavidalais.

2.2. KIG elementai

KIG sistemos elementai turi rodyti gamybos sistemos veiklą. Gamybos sistemos veikla neapsiriboja vien tik tiesioginiu gamybos organizavimu ir jos vykdymu – ji apima kur kas daugiau funkcijų. Dažnai naujų gaminių paieška, rinkos tyrimas, gaminių pelningas pardavimas yra svarbesni už patį gamybos procesą.

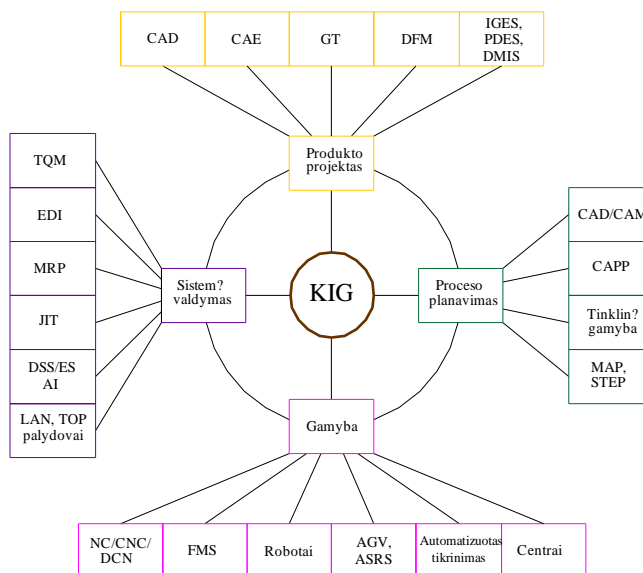
Kompiuterinė integruota gamyba apima valdymo filosofiją, kurioje gaminių konstravimo, gamybos rengimo bei jos organizavimo ir vykdymo funkcijos yra racionalizuotos ir koordinuojamos kompiuteriais, ryšių tinklais ir informacijos apdorojimo technologijomis.

KIG sistemos filosofija grindžiama atskirų gamybos sistemos automatizuotos veiklos “salelių” sujungimu į vieną integruotą visumą

KIG – tai integracija visos įmonės gamybos, apjungiant sistemas ir komunikacijos duomenis su nauja organizacine filosofija, kurios dėka pagerėja organizacinis efektyvumas.

KIG apima:

- Projektavimo, gamybos ir gabenimo integraciją kompiuterinėmis technologijomis.
- CAD programinės įrangos naudojimą kuriant ir apibrėžiant projektus.
- CAM programinio automatizavimo panaudojimas gamyboje.
- CAE susiejimą funkcinio projektavimo su CAD pavidalo projektu.
- CAPP sistemos sudarymą apdorotų nurodymų CAM sistemai.
- GT projektų klasifikavimą į naudingus pagal ankstesnę patirtį.
- Ir kitas sistemas (2.3 pav.).



2.3 pav. Kompiuterinės integruotos gamybos elementai

Planuojant gamybos procesą visada yra didelė rizika, kad maža klaida gali ilgam užgaišinti procesą. Čia keletas patarimų kaip galima užkirsti kelią šioms kliūtims:

- Įvesti projektavimo ir gamybos skyriams geresnes komunikacijos priemones.
- Įtraukti gamybos reikalavimus projektuojant gaminį naudojant programinę įrangą įvertinti CAD duomenis gamybos paruošimui.
- Realizuoti KIG priemones savo gamybos aplinkoje.
- Sudaryti procesą visais būdais tiesiogiai tvarkant operacijas siekiant maksimalaus pasinaudojimo CAD duomenų ištekliais.

KIG sistemos uždavinys – sukurti ar parinkti racionalias programines sąsajas tarp čia paminėtų lokaliai veikiančių sistemų bei numatyti efektyvias ryšių priemones (kompiuterių tinklus, Internetą ir kt.). Tokios priemonės leidžia atsisakyti informacijos dubliavimo, įvairių tarpininkų bei užtikrina efektyvų informacijos pasidalijimą tarp skirtingų gamybos padalinių. Laikantis tokių KIG sistemos kūrimo principų, įmanoma ją sudaryti mažiausiomis laiko, išteklių ir finansų sąnaudomis. Tik tuomet galima tikėtis, kad KIG teiks pageidaujamą naudą, kurios pagrindiniai parametrai pateikti 2.1 lentelėje [4].

2.1 lentelė

KIG sistemos naudojimo potencialios naudos parametrai

| Eil. Nr. | Rodiklis |
|----------|---|
| 1. | Geresnis vartotojų aptarnavimas |
| 2. | Geresnė gaminių kokybė |
| 3. | Trumpesnė naujų gaminių rinkos paieškos trukmė |
| 4. | Trumpesnė gamybos trukmė |
| 5. | Trumpesnė gaminio pardavimo trukmė |
| 6. | Mažesnė naudojamų įrengimų įvairovė |
| 7. | Lengvesnis gamybos grafiko laikymasis |
| 8. | Didesnis lankstumas ir jautrumas |
| 9. | Geresnis konkurentiškumas |
| 10. | Mažesnės suminės išlaidos |
| 11. | Didesnis ilgalaikis pelningumas |
| 12. | Mažesnės vartotojo pastangos išigyjant gaminius |
| 13. | Didesnis gamybos našumas |
| 14. | Mažesnis įrengimų skaičius ir darbo apimtys |

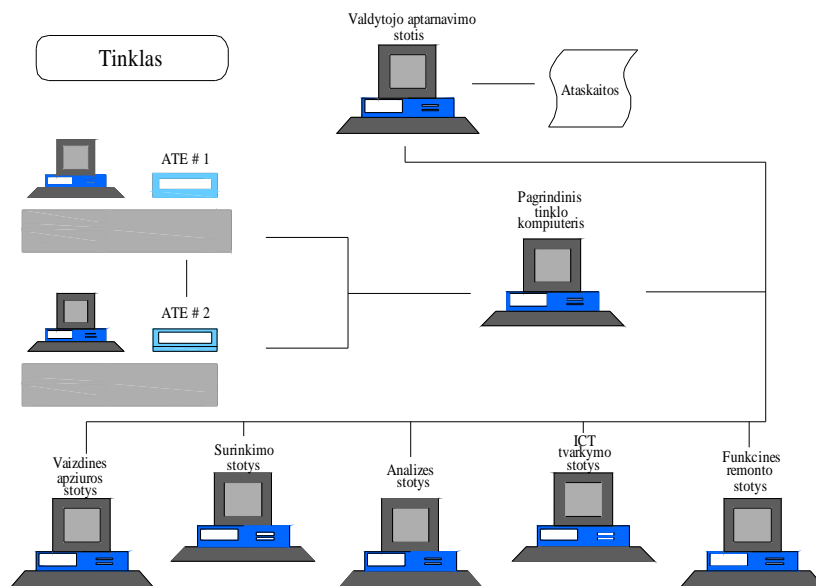
Komunikacijų svarba

Pirmas žingsnis, norint protingai panaudoti savo gamybos laiką, yra komunikacinių priemonių gerinimas tarp projektavimo ir gamybos skyrių. Tradicinis apžvalgos metodas apžvelgia gamybos galimybes po projektavimo. Tyrimų ir gamybos problemų svarstymas turi būti pagrindinė projektavimo dalis. Kaip bebūtų, projektavimo inžinieriai privalo apspręsti gamybos problemas prieš pirmąjį prototipą. Atsižvelgiant į sunkumus projektavimo skyrius gali vadovautis tiek inžinerinėmis tiek gamybos taisyklėmis. Programinės įrangos priemonės, kurios padeda susidoroti su šiomis problemomis, yra reikšmingos gamybos sėkmei garantuoti.

KIG įgyvendinimas padeda gamybos skyriui užbaigti pastangas pradėtas projektavimo-inžinerijos skyriuje. Taigi projektuojant svarbu derintis prie gamybos galimybių prieš užbaigiant

projektą. KIG priemonės turi būti suderintos su konstravimo duomenimis. ATE ir surinkimo įrengimai apima kelias programinės įrangos priemones. Kaip bebūtų, šios priemonės gali nedirbti su esamais įrengimais ar kitomis gamybos priemonėmis. Reikia ieškoti aplinkos, kad susieti projektavimo inžinerijos skyrių tiesiogiai su gamybos, tyrimų ir surinkimo inžinerijos skyriais.

Idealu, kai gamybos priemonių automatizacija formuoja visas apibrėžtas gamybos linijas. Reikia sugebėti suformuoti judėjimo valdymą nuo vieno įrenginio prie kito (2.2 pav.). Surinkimo inžinieriai turi žinoti, kaip vyksta pasikeitimai kiekvienoje kryptyje ir balansuoti veiksmus kiekvienoje gamybos linijoje [5].



2.4 pav. Reikia įrengti tinklą integruotą visame procese – nuo projektavimo iki gamybos – nurodant tolimesnį kapitalą, duodantį automatizuoto individualaus proceso naudą.

2.3. Kompiuterizuotas konstravimas CAD

Viena iš pagrindinių KIG sistemos dalių yra kompiuterizuotas konstravimas (CAD), kuris visapusiškai pranoksta konstravimą braižant ant lentos (kuris dabar jau visai nebenaudojamas), kur sugaištama nepalyginamai daug laiko vien braižymui, o kur dar visi skaičiavimai, dėl mažo pakeitimo viso brėžinio perbraižymas, sudėtingas erdvinių figūrų braižymas, standartinių detalių braižymas... ir taip būtų galima vardinti be galo.

CAD sistema gana glaudžiai susijusi su kitomis KIG sistemomis ir turi labai didelę įtaką gamybos procesui:

- Sutaupoma laiko bei lėšų: panaudojant tam tikrų programų įvairias funkcijas žymiai sutrumpėja braižymo procesas.

- Tiesioginis kompiuterinio brėžinio panaudojimas gamyboje: kompiuterizuotose staklėse.
- Automatizuota presformų gamyba.
- Automatizuota gaminių medžiagų sąnaudų apskaita.
- 3D orientuoto modelio braižymas. 3D modelis yra lengvai suprantamas bet kokiam vartotojui ir tai palengvina užsakovo ir konstruktoriaus bendravimą. Labai efektingos ir naudingos 3D modelio braižymo programos: tik naudojantis 3D modeliu galima atlikti įvairius skaičiavimus, presformų gamybą.
- Įvairių kontrolės programų panaudojimas, pvz., įvairių įtempimų skaičiavimai, standumo tikrinimas, produkto svorio minimizavimas ir t.t.

Taigi siekiant maksimaliai kompiuterizuoti įmonės veiklą ir tobulinant vadovavimą, įmanoma pasiekti maksimalių rezultatų, kurie užtikrintų aukštą produktų kokybę, minimalų gamybos laiką, didelį lankstumą, minimizuotų išlaidas ir duotų įmonei pelną.

Labiausiai paplitusios konstruktorinės kompiuterizuotos sistemos – AutoCAD, taip pat MiniCAD, CADKey. Tačiau vien tik šios sistemos negali pakeisti tradicinių konstravimo principų – pagrindinis intelektualinio darbo krūvis tenka inžinieriui. Todėl pastaraisiais metais įvairių šalių mokslininkai stengiasi sukurti informacines kompiuterines automatizuotas gaminių konstravimo sistemas, pagrįstas nauja konstravimo koncepcija, leidžiančia automatizuoti ir intelektualias konstravimo proceso dalis.

Kaip minėta, vien tik CAD tipo sistemos negali automatizuoti gaminių ar jų komponentų konstravimo. Ateityje dominuos intelektualinės gamybos sistemos (IGS). IGS sudaroma plečiant įvairių posistemų integraciją ir naudojant dirbtinio intelekto metodus. Labai svarbi šiuo požiūriu CAD ir CAPP sistemų integracija, siekiant aukštesnio gaminių ir technologijų projektavimo ir automatizavimo laipsnio. Šių darbų integravimui CAD sistemose pradėtas naudoti gaminių ar komponentų modeliavimas, taikant tipinius konstrukcinius elementus. Naudojant šį metodą, sudaroma tipinių konstrukcinių elementų grafinių vaizdų DB. Varijuojant skirtingais TE, galima greitai sukurti įvairius mechaninius komponentus, o projektuojant jų apdirbimo technologijos procesus, iš viso komponento brėžinio “ištraukti” kiekvieną TE, jį atpažinti ir generuoti technologijas (atskiriems TE ir visam komponentui).

DI metodai pasitelkiami, automatizuojant intelektualią inžinieriaus darbo sritį konstravimo metu. Intelektualaus inžinieriaus darbo yra visose naujo gaminio projektavimo fazėse. Naujo gaminio projektavimo fazės:

1. Projektavimo poreikio
2. Problemos apibrėžimas.
3. Konstrukcijos sintezė (konceptijos formavimas, modelio sudarymas).
4. Analizė ir optimizavimas.
5. Konstrukcijos ekonominis įvertinimas.
6. Konstrukcijos pateikimas.

Visos išvardytosios gaminio konstravimo fazės viena su kita susijusios: proceso metu dažnai naudojamos iteracijos, gaminio ir jo dalių perkonstravimo procedūros, kurioms atlikti puikiai tinka kompiuterizuotos sistemos. Gaminio ar detalės automatiniam sintezės procesui didelės įtakos turi jo paskirtis, medžiagos bei gamybos būdas.

Informacinis programinis blokas skirtas gaminių konstravimo automatizavimui ankstyvoje stadijoje. Šio bloko elementai sudaryti remiantis konstravimo bei sprendimų priėmimo teorija. Jie praverčia konstruktorinei esmei informacijai registruoti, užrašyti ir ieškoti priklausomai nuo

konstruojamojo gaminio ypatumų. Be to, bloko elementai leidžia kompiuteriu generuoti įvairių konstrukcijų sprendimus. Žymiai pagreitėja ir suprastėja konstravimo procesas, pasitelkus racionalų jo išskirstymą etapais ir panaudojus sprendimų analogų lenteles – matricas. Tai ypač aktualu, siekiant vienalaikio gaminių konstravimo bei technologijos procesų parinkimo ar projektavimo įvairiuose atliekamų darbų lygiuose. Minėtasias konstruktorinių sprendimų lenteles – matricas nesunku taikyti konstravimo procesui optimizuoti, atskiroms gaminio dalims perkonstruoti ir sukurtiems vaizdams analizuoti.

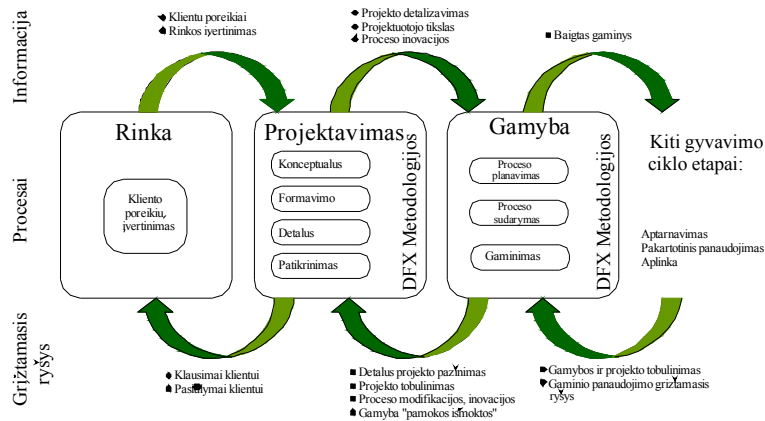
3. DFX METODAI KONSTRAVIMO PROCESĖ

Konstravimas visada turi vienokį ar kitokį tikslą: mes konstruojame kažkam. Tai tikslo siekianti veikla. Technologija tai yra žmogaus elgsena, kuri pakeičia visuomenę ir aplinką. Konstravimas yra technologijos kertinis akmuo. Konstravimas - tai yra tai, kaip mes sprendžiame savo problemas, patenkinam savo poreikius, formuojame savo pasaulį, keičiame savo ateitį, ir kuriame naujas užduotis [6].

Gamybos kompanijos ir tyrinėtojai išvystė daug konstravimo sprendimų priemonių, nurodydami kaip konstravimas dėl parametro X (DFX) metodologijas, stengdamiesi padėti konstruktoriams geriau nustatyti projekto pasirinkimų poveikį gyvavimo ciklui. "X" simbolizuoja bet kurią vieną iš projektavimo variantų reikšmių pasitaikančių visame gaminio gyvavimo laikotarpyje, tokie kaip kokybė, gamyba, išdirbis, aplinka ir t.t. Apsisprendimo priemonė yra bet kuris metodas, kuris padeda asmeniui padaryti sprendimą. Ši priemonė gali turėti daug formų. Tai gali būti veikimo būdas arba serija rekomendacijų, arba tai galėtų būti kompiuterinė programa, kuri atlieka įvairias analizes: kainos, gamybos ar įvykdymo įvirtinimo, kurios tada yra naudojamos projektuotojų darant sprendimus. DFX priemonės gali apimti bet kurią iš šių formų.

Konstravimas gamybai lengvinti (DFM – design for manufacturing) ir konstravimas surinkimui lengvinti (DFA – design for assembly) yra dvi labiausiai paplitusios ir populiariausios DFX priemonės. Tradiciškai, DFA metodai įvertina surinkimo lengvumą, ir DFM metodai įvertina įvykdomumą ir gaminio gamybos kainą operacijos lygyje. Bralla (1986), Anderson (1990), Corbett et al. (1991), ir Boothroyd et al. (2002) pateikia detalius apsvaistymus apie gamybą ir projektavimą. Projekto rekomendacijos tokios kaip pateiktos Parmer ir Laney (1993), Singh (1996), ir Fagade ir Kazmer (1998) yra pavyzdžiai DFM metodologijos. Kaip DFX metodai yra išnagrinėti, DFM aiškumas išplėstas tapti sinonimiškas su DFX ir su veikiančia kartu inžinerija (vienalaikis projekto ir pagalbinių gyvavimo ciklo procesų vystymas).

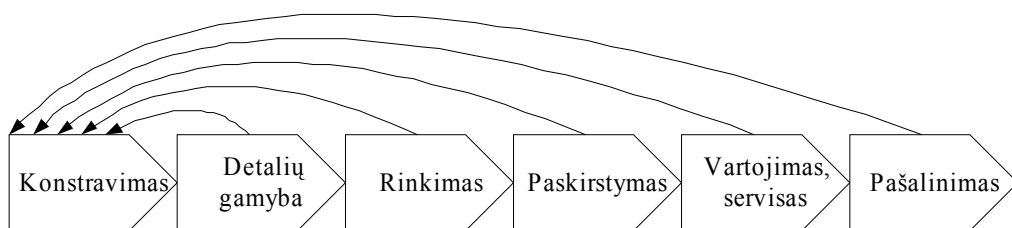
Dabartinis DFM tyrinėjimas ir panaudojimas privedė prie DFM metodų padėčių įvairovėje gaminio vystymo procese, apimant konceptualų projektavimą, formavimo projektavimą, detalų projektavimą, ir projekto išsipildymą. Be to, DFM metodai dabar adresuojami plačiai gamybos sričiai ir gyvavimo ciklui apimančiam gaminio kokybę, gamybos sistemos charakteristikas, gyvavimo ciklo kainą, ir aplinką [7].



3.1 pav. Projektavimo dėl parametro "X" ciklas

3.1. DFX metodų nauda

Kai X interpretuojamas kaip kuri nors gaminio gyvybingumo ciklo fazė, tai tuomet gaminio savybių optimizavimas atliekamas kiekvienoje šio ciklo fazėje. Tradiciškai konstruktorius orientuojasi į klasikinės gaminio savybes: funkcijas, paskirties parametrus, patikimumą, išlaidas ir pan., kurios siejamos su gaminio gyvybingumo ciklo fazėmis (3.2 pav.).



3.2 pav. Gaminio gyvybingumo ciklo reikalavimai konstravimo procesui

Optimizavimas čia suprantamas ne grynai matematiškai išreikštas, bet siekiant geriausių rodiklių ar parametru panaudojant turimus resursus.

Tokiu būdu DFX sąvoka gali būti aiškinama dvejopai:

- 1) X reiškia kokią nors savybę ar gyvybingumo ciklo fazę;
- 2) DFX – tai rinkinys individualių parametru, nagrinėjamų integracijos kontekste:

Gaminio gyvybingumo ciklas reikalauja, kad DFX metodas būtų galimai anksčiau įtrauktas į konstravimo procedūrą. Tada yra didžiausios galimybės gaminio konstrukcijai gerinti, o konstruktorius turi didžiausią laisvę ir perkonstravimo pakopų skaičius minimalus. Vėliau konstruktoriaus laisvė priimtiems sprendimams keisti mažėja, ypač kai reikia remtis turimais vienos ar kitos gamybos sistemos įrenginiais ar tradiciškai naudojamais pirktais iš šalies gaminio komponentais.

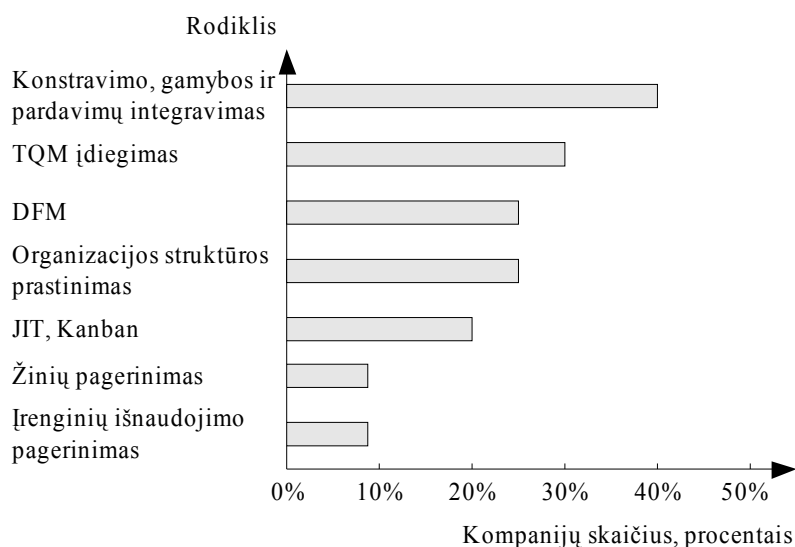
DFX metodo pagrindas – ryšys tarp gaminio ir jo gamybos procesų konstravimo bei gaminio gyvybingumo ciklo parametrų. Šis ryšys siejamas su sprendimais pasirenkant konstravimo parametrus, kurie neatsiejami nuo vienokių ar kitokių apribojimų. DFX koncepcija reikalauja tirti konstravimo sprendimų poveikį kitoms gaminio gyvybingumo ciklo fazėms kaip įmanoma anksčiau. Dažnai DFX yra gaminio ir proceso konstruktorių priešpriešos mažinimo įrankis įvairiose gyvybingumo ciklo fazėse. Vis dėl to pagrindinis DFX tikslas – gaminio detalių gamybos kainos mažinimas(50-90%)

3.1 lentelė

Gaminio detalių gamybos kainos mažinimas naudojant DFX koncepciją

| Veiklos sritis | Nagrinėtų atvejų skaičius | Vidutinio išlaidų mažinimo % |
|--|---------------------------|------------------------------|
| Tvirtinimo detalių gamyba | 12 | 72,4 |
| Rinkimo operacijų skaičius | 10 | 49,5 |
| Rinkimo laikas | 31 | 61,2 |
| Rinkimo sąnaudos | 18 | 41,1 |
| Gaminio gamybos sąnaudos | 12 | 37,0 |
| Gaminio pateikimo vartotojui trukmė | 4 | 47,5 |
| Įtaisų (apdirbimo ir rinkimo) skaičius | 4 | 71,0 |

DFX koncepcija jau daugiau kaip 10 metų naudojama įvairių šalių pramonės įmonėse. 3.3 pav. parodyta Nyderlandų pramonėje naudojamų DFX priemonių skaičius, procentais.

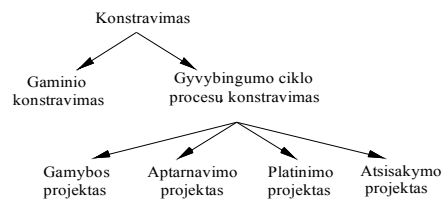


3.3 pav. Nyderlandų gamybos kompanijose naudojamų DFX metodų įvairovė

3.2. DFX metodų klasifikavimas

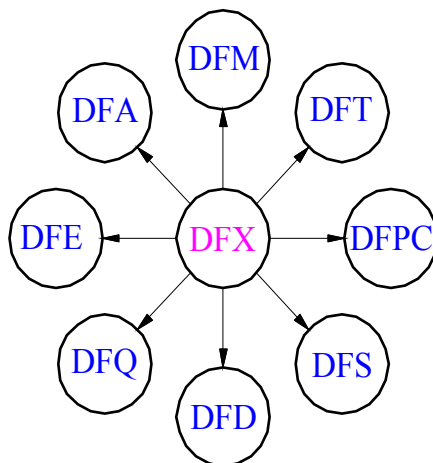
. DFX koncepcija konstravimo procesą dalija į dvi sritis (3.4 pav.): gaminio konstravimą ir jo gyvybingumo ciklo procesų konstravimą. Šios abi sritys yra neatskiriama siejamos tarpusavyje, o parametrai X konstravimo proceso metu parenkami priklausomai nuo gaminio paskirties ir jo gamintojo tikslų:

- kai gamintojas siekia mažiausių gaminio kūrimo ir gamybos sąnaudų, parametrai X orientuojami išlaidų kontrolės metodams; šiuo atveju DFX strategija turi būti kruopščiai parengta.
- kai gamintojas siekia įvairesnių gaminių, tai X parametrai orientuojami minėtam įvairumui pasiekti. Gaminių struktūros įvairovės siekiama ir naudojant modulinį konstravimą, ir kitus įmanomus būdus tikslui pasiekti.
- kai gamintojas gamina sudėtingus gaminius ir siekia mažinti jų pristatymo trukmę vartotojui, tada siekiama atitinkamų priemonių ir įrangos, kuri suaktyvintų konstravimo procesą šiems tikslams pasiekti.



3.4 pav. Terminologija gaminio ir proceso konstravime

DFX strategijų vystymasis iškilo iš poreikio suprasti kas yra svarbu po konstravimo etapo. Nuo konstravimo paprastai priklauso 70% gaminio kainos, todėl labai svarbu įsitikinti kad projektas yra padarytas turint omenyje teisingą tikslą [8].



3.5 pav. DFX pagrindiniai metodai

- DFM – konstravimas gamybai lengvinti
- DFT – konstravimas testavimui lengvinti
- DFPC – konstravimas proceso galimybės gerinti
- DFS – konstravimas servisui lengvinti
- DFD – konstravimas išmontavimui lengvinti
- DFQ – konstravimas kokybei gerinti
- DFE – konstravimas dėl aplinkos
- DFA – konstravimas rinkimui lengvinti

Sutelkiant konstravimo pastangas šiose srityse, galutinis gaminio rezultatas gali būti lengvai suprantamas [9].

Toliau plačiau nagrinėju DFA ir DFM metodus.

3.2.1. DFA

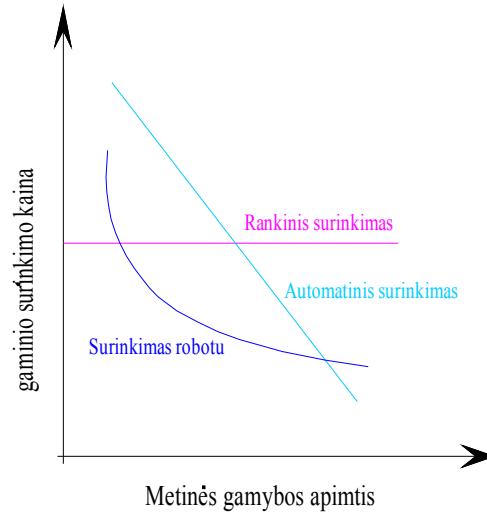
Konstravimo rinkimui lengvinti (DFA) tikslas yra supaprastinti gaminį taip kad surinkimo kaina būtų mažiausia. Kaip bebūtų, DFA pritaikymo rezultatas paprastai apima pagerintą kokybę ir patikimumą, ir sumažinimą gamyboje įrangos bei dalies inventoriaus. Šios antraeilės privilegijos dažnai nulemia kainos sumažinimą surinkimo procese.

DFA pripažįsta poreikį analizuoti abu: detalės konstravimą ir ištisą gaminį bet kokiai surinkimo problemai dar ankstyvoje konstravimo stadijoje. Mes galime apibūdinti DFA kaip “procesą tobulinti gaminio konstrukciją žemomis kainomis ir lengvam surinkimui, neatsiejant funkcionalumo ir surenkamumo.”

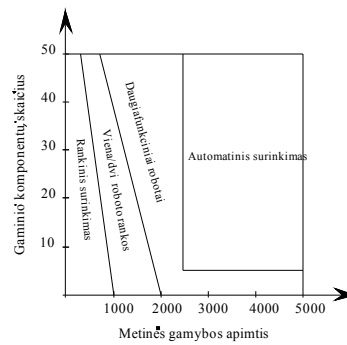
DFA pritaikymas kaip individualaus konstravimo būdo yra palyginti nauja raida, bet daugelis kompanijų iš esmės DFA naudoja seniai. Pavyzdžiui, General Electric išleido savo vidinės gamybos vadovėlių 1960-aisiais kaip rinkinį rekomendacijų ir gamybos informacijos konstruktoriams. Šiose nuorodose yra daug DFA principų, kurie buvo įvardinti kitaip.

Taip buvo iki 1970-ųjų kol laikraščiuose ir knygose pradėjo ši tema rodytis. Svarbiausios čia buvo publikacijos G. Boothroyd'o, kurios skatino naudoti DFA pramonėje [10].

3.2.1.1. Surinkimo būdai



3.6 pav. Skirtingų surinkimo metodų atitinkamos kainos priklausomai nuo tipo ir gamybos apimtys



3.7 pav. Gamybos sferos kiekvienam surinkimo metodo tipui

Surinkimo metodai gali būti padalinti į tris pagrindines grupes.

- *Rankinis surinkimas*, dalys yra pernešamos ant darbstačių kur darbininkai rankiniu būdu renka gaminį ar gaminio komponentus. Rankiniai įrankiai paprastai naudojami kaip pagalbinė priemonė. Nors tai yra lanksčiausias ir lengviausiai prisitaikantis iš surinkimo metodų, čia didžiausias apribojimas yra gamybos apimtis ir darbo kainos (apimant išmokas, kompensacijų išmokėjimas susižalojimų atvejais, pridėtinės išlaidos švarinimui, nekenksmingai aplinkai ir t.t.) yra didesnės.
- *Fiksuota automatizacija* yra charakterizuojama kaip pagaminta pagal užsakymą mechanizmas, kuris renka vieną ir tik vieną specifinį gaminį. Akivaizdu, kad šios rūšies mechanizmas reikalauja didelių investicijų. Kaip gamybos apimtys auga, dalis investicijų sulyginama su bendru gamybos kainos sumažėjimu.
- *Lanksti automatizacija arba surinkimas robotu*. Nors šio tipo surinkimo metodas taip pat gali turėti dideles kapitalo kainas, jo lankstumas dažnai padeda padengti išlaidas per didelius gaminių skirtumus.

Grafiškai, skirtingų surinkimo metodų kainos yra parodytos 3.6 pav.

Atitinkamos sferos kiekvieno surinkimo metodo tipo yra apytiksliai parodytos 3.7 pav.

Surinkimo metodai turi būti pasirenkami, kad užkirsti kelią trukdžiams gamybos procese, ir kad būtų kiek įmanoma mažesnės kainos [11].

Konstravimo nuorodos rankiniam surinkimui

Akivaizdu, sekančios nuorodos priklauso nuo darbuotojo įgūdžių:

- Pašalinti poreikį darbuotojui daryti sprendimus ar derinimus.
- Garantuoti prieinamumą ir matomumą.
- Pašalinti poreikį surinkimo įrankių ir matavimo priemonių.
- Sumažinti skirtingų detalių skaičių – naudoti standartines dalis.
- Sumažinti detalių skaičių.
- Suvienodinti ar sumažinti detalių orientavimą surinkimo metu (teikti pirmenybę simetrinėms detalėms)
- Teikti pirmenybę lengvai apčiuopiamoms detalėms, kurios nesipainiotų viena su kita.

Reikia atkreipti dėmesį, kad daugelis gaminių patys neatitinka šių nuorodų.

Konstravimo nuorodos fiksuotai automatizacijai

Pagrindinis skirtumas čia yra, kad surinkimą vykdo mechanizmas vietoj žmogaus.

- Mažinti skirtingų komponentų skaičių turint omenyje
 1. ar detalė juda tinkamai link kitos detalės?
 2. ar detalė privalo būti izoliuota nuo kitu dalių (elektrinių, vibracinių ir t.t.)?
- Naudoti ypatybes, kurios leidžia automatiškai nustatyti padėtį.
- Suvienodinti varžtus bei veržles.
- Kaip surinkimo bazę naudoti didžiausias ir tvirčiausias detales. Surinkimas turi vykti sluoksniuotai ir kylančiu metodu.
- Naudoti standartinius komponentus ir medžiagas.
- Nenaudoti besipainiojančių tarpusavyje dalių.
- Nenaudoti lanksčių ir trapių dalių.
- Nenaudoti dalių, kurios reikalauja specialios orientacijos.
- Naudoti detales, kurios gali būti paduodamos automatiškai.
- Konstruoti detales su nežymiu svorio centru.

Kartais labai sunku padaryti detalę simetrinę, dažnai yra nefunkcinės savybės pridėdamos prie detalės, kad palengvinti detalės padavimą bei orientavimą surenkant.

Konstravimo nuorodos lanksčiai automatizacijai/ surinkimui robotu

Lyginant su žmogum robotas yra nepaprastai nelankstus ir kvailas. Kaip bebūtų, jie gali būti užprogramuoti daryti vieną veiksmą daug kartų didelių greičiu ir tiksliai lyginant su žmogumi.

- Konstruoti dalis taip, kad būtų suderinamos su roboto galūnės padėtimis.
- Konstruoti detales taip, kad padavimas būtų reikiamai orientuotas.

3.2.1.2. DFA vertinimo metodai

Yra svarbu įvertinti DFA tobulinimus ir tikslus. Yra du DFA vertinimo metodai: boothroyd-dewhurst metodas ir Lucas metodas.

Boothroyd-Dewhurst metodas

Šis modas yra grindžiamas dviem principais:

- Kriterijaus pritaikomumas kiekvienai detalei nulemiamas, jei ji turi būti atskirta nuo visų kitų detalių.
- Aptarnavimo ir surinkimo kainos įvertinimas kiekvienai detalei naudojant atitinkamus surinkimo procesus.

Šis metodas priklauso nuo egzistuojančio projekto, kuris yra pasikartojančios įvertintos apimties ir pagerintas. Apskritai, procesai eina šiais etapais:

1. Parinkimas surinkimo metodo kiekvienai detalei
2. Išanalizuoti detales duotiems surinkimo metodams
3. Tobulinti projektą, atsižvelgiant į atsiliepimus apie trūkumus.
4. Grįžti į antra etapą tol kol analizės prives prie tinkamo projekto.

Analizės paprastai atliekamos naudojant keletą rūšių užduočių įvertinimo kontrolės metodu (pavyzdys parodytas žemiau). Lentelės ir schemas yra naudojamos įvertinti detalės aptarnavimo ir detalės įdėjimo laiką. Šios “informacijos paieškos lentelės” yra grindžiamos dviejų skaičių kodais, kurie priklauso nuo detalės dydžio, svorio bei geometrinių charakteristikų.

Nesurinkimo operacijos taip pat įeina į užduoties žiniaraštį. Pavyzdžiui, papildomas laikas yra įskaitomas kiekvienu atveju, kai surinkimas perorientuojamas.

Sekantis, detalės įvertinamos užduodant tris klausimus (ar išiktųjų būtina (surinkime)?):

1. ar detalė juda atitinkamai į kitą detalę?
2. ar medžiaga turi būtinas savybes?
3. ar detalė turi būti išskirta dėl surinkimo?

Sudaromas visų detalių sąrašas, tada yra įvertinamas pasiektas minimalus skaičius teoriškai reikalingų detalių, pažymėtų N_m .

DFA metodo įvertinimo kontrolė

| a | b | c | d | e | f | g | h | i* | Surinkimo operacijos pavadinimas |
|-------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|
| Detalės Nr. | Nuoseklio s identiškos operacijos Nr. | 2-skaitmenų aptarnavimo kodas | Rankinio aptarnavimo laikas/dalis | 2-skaitmenų įstatymo kodas | Rankinis įdėjimo laikas/dalis | Operacijos laikas (bd+f) | Operacijos kaina | Būtinos detalės | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | $T_m =$ | $C_m =$ | $T_m =$ | |

*- stulpelyje “i”, naudoti “1”, kai norima parodyti, kad detalė būtina, ir “0”, kai norima parodyti, kad detalė nebūtina.

Metodas priimtinas tada, kai surinkimo laikas vienai detalei yra 3 sekundės.

Tada priimame, kad projekto efektyvumas gali būti apskaičiuojamas:

$$\text{Projekto efektyvumas} = (3s \times N_m) / T_m. \quad (3.1)$$

Lucas DFA metodas apima funkcinę analizę, aptarnavimo ir tiekimo analizes bei priderinimo analizę. Šis metodas yra gan detalus todėl plačiau jo nenagrinėsiu.

Privalumai naudojant konstravimą surinkimui lengvinti apima [12]:

- Vidutinį detalių skaičiaus sumažinimą iki 46%.
- Vidutinį surinkimo kainos sumažinimą iki 47%.
- Gaminio kainos sumažinimą iki 15%.
- Surinkimo įrankių kainos sumažinimą.
- Gaminio įdiegimo laiko sumažinimą.
- Gaminio patikimumo padidėjimą.

3.2.2. DFM

Konstravime gamybai lengvinti (DFM), iš esmės, yra viena taisyklė, kuri nurodo, kad norint palengvinti gamybą, konstruojant reikia kiek įmanoma minimizuoti detalių skaičių gaminyje, taip kad jos nedaug kainuotų ir lengvai būtų pagaminamos. Šiandieniniame pasaulyje norint išsilaikyti arba pirmauti konkuruojant yra būtina plėtoti gamybą, kurti naujus ir tobulinti senus gaminius per kuo trumpesnę laiko tarpą.

Vienas iš pagrindinių klausimų, kuris užduodamas norint pagaminti kokybišką gaminį yra “Dabar, kai mes jau turime suprojektuotą gaminį, ar mes jį galime pagaminti?”. Projektuojant reikia atsižvelgti, kad produktas būtų lengvai eksploatuojamas, t.y. būtų patikimas ir paprastas. Dauguma

variantų perka gaminių ilgam laikui ir blogas gaminių funkcionavimas labai daug kainuoja gamintojams. Nepatikimas daiktas nėra naudingas vartotojui ir jis jam tada nėra reikalingas, dėl to sumažėja paklausa ir įmonei tampa sunku konkuruoti su kitomis įmonėmis. Konkurencijoje taip pat labai svarbus aspektas yra greitis projektuojant gaminį. Jei projekto įgyvendinimas užtrunka per ilgai, tada konkurentai yra pajėgūs kontroliuoti rinką išleisdami į ją savo produkciją daug greičiau. Konkurencinėje aplinkoje labai svarbus faktorius yra gaminių paprastumas ir funkcionavimo efektyvumas. Paprastesnės sudėties gaminyje mažiau kainuoja pagaminti ir mažiau iškyla problemų, kurios gali atsirasti eksploatuojant gaminį. Taigi, kad įveikti visas kliūtis ir sutaupyti laiko gaminių įgyvendinimui buvo pradėtas naudoti projektavimas gamybai lengvinti.

Dėl projektavimo sudėtingumo didinimo ir rinkos spaudimo, inžinieriai turi atlikti darbą per trumpesnę laiką. Geras būdas taupyti laiką ir pinigus - projektavimas gamybai, naudojant automatizacijos priemones ir proceso integraciją.

Inžinerijos ir gamybos skyriai turi ieškoti programinės įrangos automatizuoti gamybą – CAD ir kompiuterinės integruotos gamybos (KIG) priemonių. Bet reikia keisti savo procesus naudojant šias priemones siekiant žymių rezultatų. Programinės įrangos priemonės neverčia inžinerijos ir gamybos skyrius dirbti kartu. Dauguma priemonių dirba skirtingomis kryptimis, sprendžiant tik inžinerijos arba tik gamybos problemas. Reikia naudoti programinę įrangą, kuri sujungia projektavimo ir inžinerijos skyrius su gamyba, tyrimu ir kitais skyriais.

Jei pašalinti komunikacijos barjerus tarp projektavimo, gamybos, remonto, galima pasiekti didelį kainų sumažėjimą pašalinant gamybos prototipus ir nereikalingus inžinerinius pasikeitimus.

DFM metodo esmė

Projektavimas gamybai lengvinti – tai efektyvus procesas, kurio metu projektuojamas gaminyje, siekiant:

- Optimizuoti visas gamybinės veiklos funkcijas: gamybą, surinkimą, bandymus, išsigijimą, gabenimą, aptarnavimą ir remontą.
- Garantuoti geriausią kainą, kokybę, patikimumą, saugumą, “laiką į rinką” ir klientų pasitenkinimą.

DFM įgyvendinamas projektavimo metodas bet kokio dydžio įmonėms. Ankstyvas gamybos problemų numatymas sutrumpina produkto vystymosi laiką, minimizuoja gamybos kainą, ir garantuoja sklandų bei greitą gaminių išėjimą į rinką.

Gera kokybė gali būti gaunama naudojant optimalių detalių parinkimą ir tinkamą detalių įkomponavimą, minimizuojant gamybos problemas. Tokiu būdu gaminiai lengviau pagaminami ir surenkami greičiau ir geresnės kokybės. DFM skatina standartizuoti detales, maksimizuoti perkamų detalių išnaudojimą, modulinį projektą ir standartines projekto ypatybes. Projektuotojai taupo laiką ir pinigus neturėdami poreikio perprojektuoti gaminių. Rezultatas – daug platesnė gamybos apimtis, kuri tenkintų klientų poreikius.

Įmonės, kurios naudoja DFM suprato metodo privalumus. Išlaidos ir laikas į rinką dažnai yra apkarpona per pusę sureikšminant didėjančią kokybę, patikimumą, platų gaminių pasirinkimą, pristatymą, klientų poreikius ir galiausiai konkurencijos padėtį.

Projektuojant gamybai, kiekvienas gaminių tobulinimo komandoje turi:

- Suprasti kaip produktas yra gaminamas remdamasis patirtimi gamyboje, mokymasis, remdamasis taisyklėmis/vadovaujančiais principais.

- Nustatyti, kad projektas daugiau ar mažiau atitiktų galimus atlikti gamybos procesus. Jei gaminiai bus gaminami standartiniais procesais, projektavimo komandos privalo suprasti juos ir projektuoti jiems. Jei procesai yra nauji, tada projekto komanda privalo tuo pačiu metu projektuoti naujus procesus, todėl kad jie projektuoja gaminį.

Prieš atsirandant DFM, buvo šūkis “ aš tai sukūriau, jūs tai pagaminsite!”. Projekto inžinieriai dirbo vieni arba tik kitų inžinierių kompanijoje “Inžinerijos skyriuje”. Projektai buvo išmetami už skyriaus sienos paliekant gamybos žmones su dilema ir klausimais (bet jau vėlu keisti projektą!) arba kovojančius išleisti gaminį, kuris buvo suprojektuotas ne pagal gamybos galimybes. Dažnai gaminių išleidimas bei gamyba uždelsdavo gana ilgai, bei visa tai atsiliepdavo rinkoje.

Vienas būdas, kuriuo gamyba gali būti užtikrinta yra gaminio vystymas su ankstyvu dalyvavimu gamyboje, marketinge, kokybėje, aptarnavime, pirkimuose, pardavimuose ir kituose įmonės darbuose. Reikia dirbti kartu ne tik projektuojant, kad gaminys gerai funkcionuotų, bet taip pat įvertinant ankstyvoje stadijoje gaminio kainą, pristatymą, kokybę, patikimumą, lengvą surinkimą, kontroliavimą, lengvą aptarnavimą, žmogiškuosius faktorius, saugumą, reguliavimą ir į kitas aplinkybes.

Vienas iš pirmų sprendimų, kuriuos turi priimti projektavimo komanda – tai optimalus panaudojimas turimų detalių. Daugumoje atvejų, tikriausiai tenka konstrukciją tiesiog projektuoti panašią į jau turimas konstrukcijas, tačiau tai gali užtikrinti esminius privalumus gaminio ir gaminio vystymo procesus.

Tačiau kiekviena naudojama priemonė gamyboje yra kažkiek naudinga, kažkiek nuostolinga.

Kai kurie DFM trūkumai:

- Nereikalauja daug gamybos gabumų;
- Dauguma kompiuterizuotų DFM priemonių beveik užbaigia projektą, bet kada projektas yra galutinai analizuojamas atsiranda nemažai kliūčių esminiam projekto pasikeitimui;
- Derinant per daug funkcijų vienoje detalėje gali padidėti gamybos kaina.

DFM privalumai:

- DFM gali duoti optimalų surinkimą ir automatizacijos laipsnį;
- DFM padeda renkantis tiek medžiagas, tiek gamybos bei surinkimo procesus;
- DFM yra vienas iš būdų gerinti kokybę;
- DFM sumažina produkto vystymosi ciklinį laiką;
- Mažina gamybos kainą;
- Padidina produkto eksploatacijos laiką.

DFM/DFA apribojimai:

- DFM ir DFA gali prisidėti prie kliento poreikio bei originalaus projekto matomumo sumažėjimo.
- DFM ir DFA inžinieriai ne visada sutaria su pramonės inžinieriais ir jiems reikėtų integruotis į bendrą komandą.

3.3. Techninės priemonės

DFX funkcinė parama gali būti teikiama dviem būdais:

- 1) diegiant susistemintus konstravimo metodus ir
- 2) naudojant specifinę įrangą.

Literatūroje galima rasti daug konstravimo sisteminimo koncepcijų, kurios išskiria objektinio konstravimo fazes (gaminys, rinkimo vienetas ir komponentas ar detalė) arba gaminio kūrimo fazes (koncepcija, techninis projektas, specifikavimas, detalus konstravimas). Kiekvienam konstravimo proceso tipui sudaromos atitinkamos taisyklės ar metodai.

Specifinė konstravimo įranga gali būti skirta individualiam konstruktoriui ar projektuotojų komandai. Reikėtų išskirti 4 pagrindines DFX specifinės įrangos klases:

- konstravimo nuorodos;
- specializuota gaminio konstravimo įvertinimo įranga;
- CAD sistemose integruotos konstravimo įvertinimo įrangos;
- CAD/CAPP vartotojo sąsajomis pagrįsta konstravimo įvertinimo įranga.

Konstravimo nuorodos

Jos skiriamos konstruktoriaus darbui lengvinti ir spartinti. Konstravimo nuorodos – tai puikios konstravimo praktikos kvalifikuotas aprašymas, kuriame nurodyta, ką konstruktorius turėtų daryti ir ko nereikėtų daryti. Toks aprašymas gali būti naudojamas gaminio konstravimo metu; konstravimo nuorodos gali būti specialios ir bendrosios paskirties. Specialios paskirties nuorodos siejamos su tam tikros klasės gaminių konstravimu. Tipinė konstravimo nuorodų naudojimo schema pateikta 3.8 pav.

Pagrindinis konstravimo nuorodų privalumas – vartotojui jas nesunku suprasti, tačiau dažnai tai tampa ir jų trūkumu, nes vieniems konstruktoriams jos tinka, kai tuo tarpu kitiems jose per mažai naudingos informacijos. Antra vertus, didėjant jų apimčiai, pasidaro sunku rasti reikiamą informaciją. Kartais tai galima palengvinti skirstant informaciją į bendrąją ir specialią.

Specializuota gaminio konstravimo įvertinimo įranga

Ji skirta konstravimo parametrui X įvertinti, analizuojant gaminio konstrukciją, kai analizės rezultatai grįžtamaisiais ryšiais tuoj pat pateikiami konstruktoriui. Šio būdo privalumas – galima susisteminti konstravimo proceso optimizavimą atsižvelgiant į gaminio gyvybingumo ciklo ypatumus. Konstravimui įvertinti reikalingos šios pagrindinės pakopos (3.9 pav.):

- tinkamų konstravimo elementų įvertinimo aiškinimas (tai paliekama pačiam konstruktoriui);
- konstravimo analizė, t.y. gaminio gyvybingumo ciklo ypatumų tyrimas ir aiškinimas;
- konstravimo patarimų generavimas. Dažnai konstravimo įvertinimo įranga parodo prasto konstravimo vietas, generuodama specifinius patarimus, kaip jas pagerinti.

Šiam metodui gali būti naudojami kokybiniai ir kiekybiniai konstrukcijos įvertinimo metodai, parodantys prasto konstravimo aspektus. Kiekybiniai įvertinimo metodai parodo potencialias tyrimo sritis, kaip pagerinti prasto konstravimo vietas. Kokybiniai metodai to padaryti negali, nes dažniausiai siūlo tik kaip tikrinti sukurtą konstrukciją. Specializuota gaminio konstravimo įvertinimo įranga yra kompiuterizuota; tai padidina darbo efektyvumą.

CAD sistemose integruotos konstravimo įvertinimo įrangos

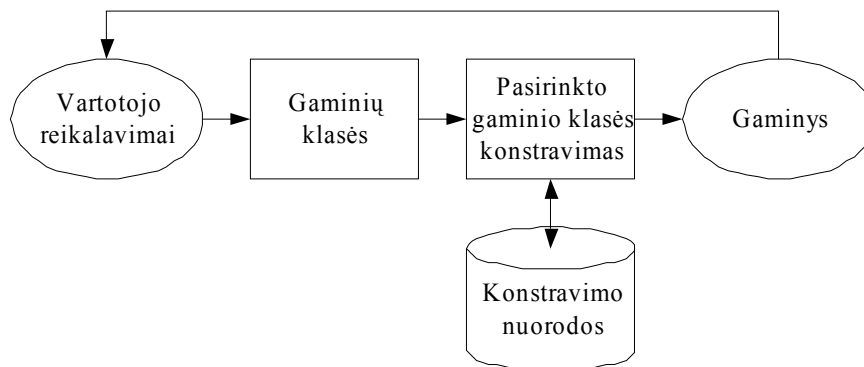
Ši įranga nuo anksčiau aprašytos skiriasi tuo, kad konstruktoriui sukuria grįžtamąjį ryšį. Jos papildoma funkcija – padėti, o kur įmanoma ir visiškai automatizuoti konstravimo aiškinimą bei įvertinimą (3.10 pav.). Šio metodo nauda – konstruktoriaus darbo apimčių mažinimas įvertinant savo kūrinį. CAD sistemos skirtos detalaus konstravimo studijai. Todėl CAD sistemose integruota konstravimo įvertinimo ranga yra geriau pritaikyta konstravimo gamybai (DFM) metodui, kadangi DFM tyrimas reikalauja palyginus daug informacijos apie gaminį. Panašiai galima šiam tikslui pritaikyti ir DFA (konstravimo rinkimui lengvinti) metodą, nors pradžioje DFA buvo skirtas gaminio koncepcijos stadijai.

CAD/CAPP koncepcija, grindžiama įvertinimo įranga

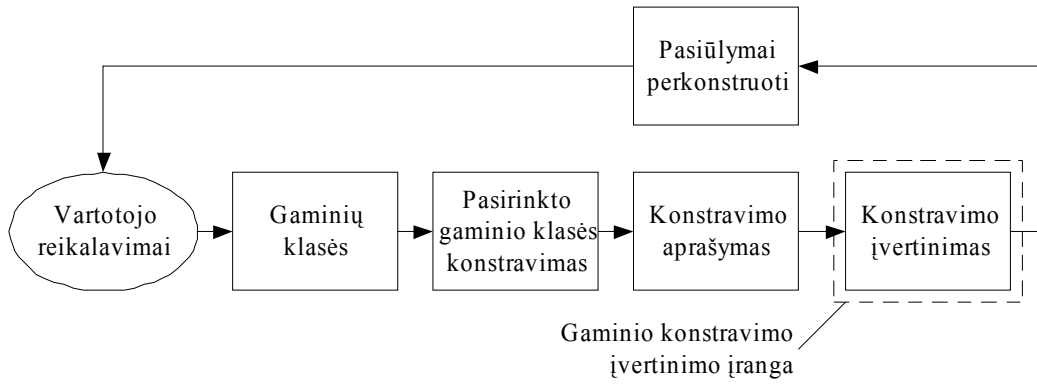
Šioje koncepcijoje ir gaminio konstrukcija, ir jo gamybos procesas įvertinami kartu (3.11 pav.). Gaminio gamybos procesas, sukurtas CAPP sistema, naudojant jo aprašymo duomenis, esančius CAD sistemoje. Tokios įvertinimo sistemos teikiama nauda galėtų būti taip aprašoma [16]:

- CAPP sistema sukurtas gaminio gamybos planas gali būti naudojamas kaip ekspertas jo gyvybingumo ciklo fazių parametrams įvertinti, nes konstruktoriui trūksta proceso projektavimo žinių;
- turint gaminio gamybos procesą, galima išsamiau ištirti visas jo gyvybingumo ciklo fazes ir padaryti reikiamas gaminio konstrukcijos korekcijas;
- gaminio konstravimo ir jo gamybos proceso projektavimo integravimas padeda žymiai sutrumpinti jo pateikimo trukmę vartotojui.

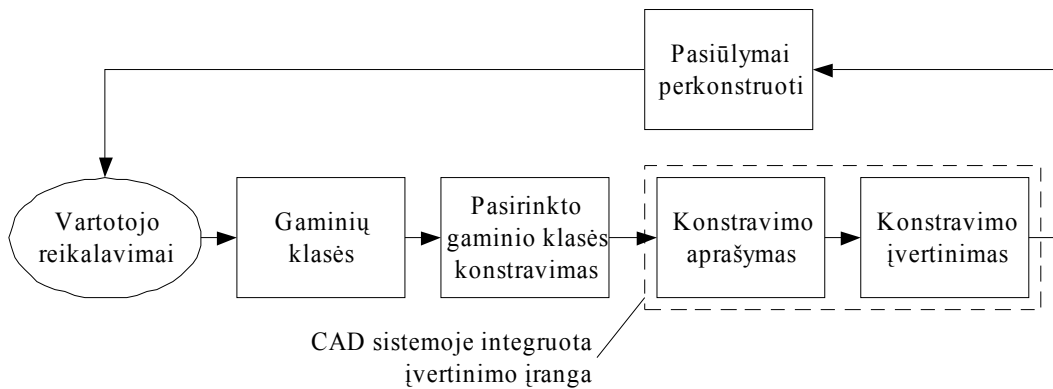
Kadangi ši įvertinimo įranga grindžiama tik gaminio atskirų detalių ar komponentų gamybos procesais, visiškai neįvertindama rinkimo operacijų, todėl būtina tirti ir procesų rinkimo įtaką, t.y. gamybos ir rinkimo procesus nagrinėti integruotai.



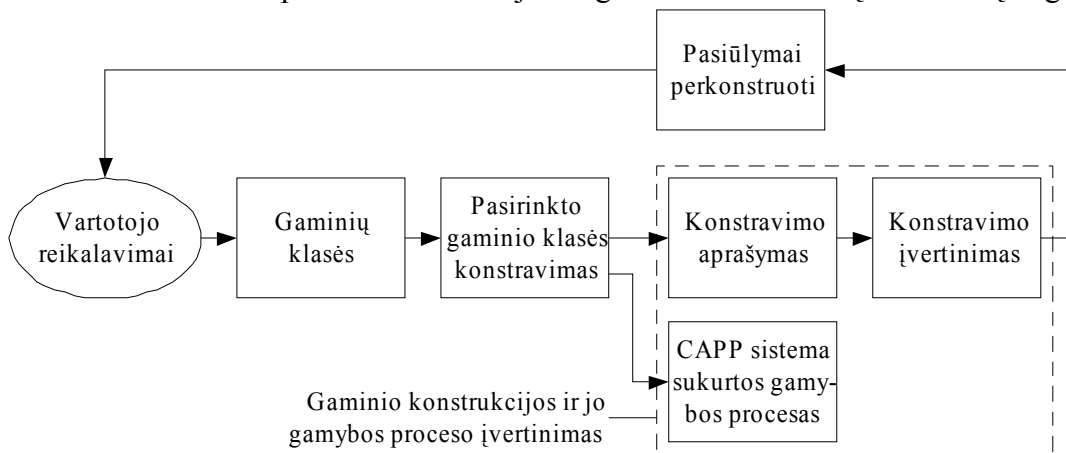
3.8 pav. Konstravimo nuorodų naudojimas skirtingų klasių gaminiams konstruoti



3.9 pav. Specializuota gaminio konstravimo įvertinimo įranga



3.10 pav. CAD sistemoje integruota konstravimo įvertinimo įranga



3.11 pav. CAD/CAPP sistemų integravimu grindžiama įvertinimo įranga

4. GAMINIO KŪRIMO TRUKMĖS NUSTATYMAS

Kadangi šiame skyriuje nagrinėsiu dviračio kūrimo trukmės priklausomybę nuo įvairių faktorių, tai pradžioje pateikiu šiek tiek jų istorijos.

Dviračiai labai reikalingi mūsų nejudriame kasdieniniame gyvenime. Sausakimšomis didmiesčių gatvėmis dviračiu galima važinėti greičiau negu automobiliu. (Kartais tik užmiestyje dviratį iškeliamo iš bagažinės ir surenkame.) Važinėdami dviračiu, šiek tiek prisidedame prie kovos prieš oro užterštumą ir padedame taupyti kurą [17].

Seni ir jauni važinėja dviračiais. Taisomi arba tiesiami nauji dviračių takai, kurie ilgą laiką buvo plačių autostradų šešėlyje.

Dviratį išrado Kirkpatrikas Macmillanas, kalvis iš Anglijos miestelio Courthillo, 1839 metais. Jo kūrinys svėrė 34 kg, turėjo medinį rėmą, prie kurio buvo pritvirtinta išskaptuota arklio galva ir du guma padengti geležiniai ratai: priekinis buvo 80 cm skersmens, o užpakalinis – 110 cm. Pedalus ir užpakalinį ratą jungė svertai, kuriuos norint važiuoti, reikėjo judinti pirmyn ir atgal.

Po to bent du dešimtmečius dviračių istorijoje nieko ypatingo nevyko. Mechanikai mėgėjai konstruodavo savo keistus aparatus, kuriais stebindavo aplinkinius. Vienas toks keistuolis, kepurininkas ponas Krunelis iš Paryžiaus paprašė pataisyti sulūžusį dviračio ratą diližanų dirbtuvės savininką Pierre Michaux. Betaisydamas pastarasis sumanė, kaip dviratį būtų galima patobulinti. Kartu su sūnumi Ernestu jis pritvirtino pedalus tiesiog prie priekinio rato ašies. Konstrukcija pasirodė besanti gerokai patogesnė už pono Brunelio dviratį ir 1862 m. abu Michaux įkūrė pirmąją dviračių gamyklėlę. Kitais metais jiems pavyko parduoti net 142 savo pagamintus dviračius.

Oficialiai naujasis gaminytis vadinosi “velocipede” (greitos kojos), bet žmonės ją praminė “kratyklė”. Metaliniai ratai, dardantys tuomet labiausiai paplitusiais akmenimis grįstais keliais, nedarė kelionės dviračiu nei labai patogiai, nei malonia. Kiek vėliau, ratus apvilkus ištisinės gumos padangomis, kratymas kiek sumažėjo. Be to gamintojai suprato, kad kuo didesnis bus priekinis, “varantysis” ratas, tuo toliau bus galima nuvažiuoti vieną kartą apsukus pedalus. Todėl priekinis ratas didėjo ir didėjo. Dviratis buvo perkamas pagal savo kojų ilgį.

Šie dviračiai devintajame XIX a. dešimtmetyje labai išpopuliarėjo tarp pasiturinčio jaunimo. Darbininkai jų pirkti negalėjo, nes kainavo dviratis tiek, kiek jie uždirbdavo per pusę metų. Kadangi važiuojantysis sėdėjo labai aukštai, akmuo, į kelią išbėgęs šuo ar kokia nors kita kliūtis, sustabdžiusi priekinį ratą, priversdavo visą aparatą pasisukti apie priekinę ašį ir dviratininkas be jokių ceremonijų buvo verčiamas ant galvos.

Ponai, nusiritę nuo savo didžiojo rato, rizikavo nususukti sprandą, tuo tarpu damos sukldavo ratus parkuose užsisėdusios triratukus suaugusiems. Buvo manoma, kad triračiai solidžiau atrodo ir todėl labiau tinka tokias garbingas profesijas, kaip dvasininkai ar gydytojai turintiems vyrams. Beje, daug svarbių mechanikos naujovių, vėliau įdiegtų automobiliuose, iš tikrųjų buvo pirmąkart išrastos būtent tobulinant triračius. Diferencialas, krumpliaratinė pavara, stabdžių kaladėlės buvo pirma panaudotos triratyje.

Tik 1885 m. pasirodė šiuolaikinius dviračius primenantys modeliai, taip vadinami “saugūs” dviračiai. Jie jau turėjo vienodo skersmens ratus, trapecijos formos rėmą ir grandininę pavara; net ir šiandien važiuodamas tokiu dviračiu nesukeltum didesnės sensacijos. Nebent aplinkinių dėmesį atkreiptų didelis šių dviračių keliamas triukšmas – jie dar neturėjo pneumatinių padangų. Tokias padangas 1888m. išrado Johnas Boydas Dunlopas.

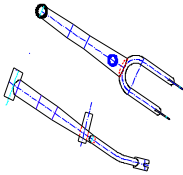

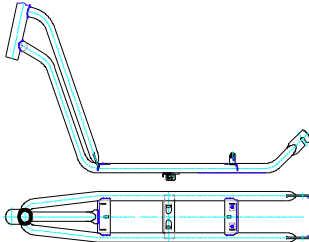

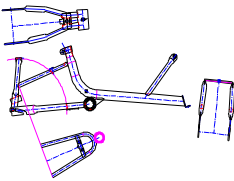

Nuo XIX amžiaus pabaigos dviratis iš principo mažai pasikeitė, nors kai kurios detalės patobulintos [18].

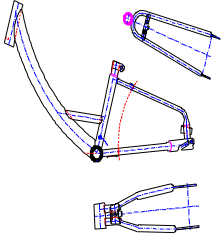

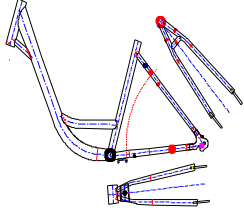

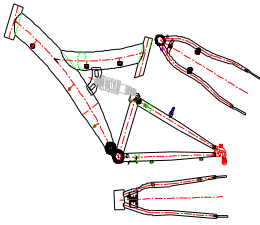

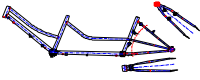

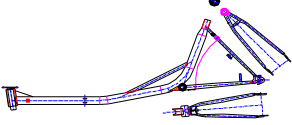

4.1. Gaminio sudėtingumo įtaka konstravimo trukmei

Įmonėje X gaminami dviračiai, kurių klasifikavimas pagal sudėtingumą gamyboje ir surinkime pateiktas 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė

Dviračių klasifikavimas pagal sudėtingumą

| Klasifikacija pagal sudėtingumą | Rėmo gamyboje | Surinkime |
|------------------------------------|---|---|
| 1. Paprasči ausi |  |  |
| 2. Labai paprasti |  |  |
| 3. Vidutiniš kai paprasti |  |  |

| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| <p>4. Papraști</p> |  |  |
| <p>5. Mažai sudėtingi</p> |  |  |
| <p>6. Vidutiniškai sudėtingi</p> |  |  |
| <p>7. Sudėtingi</p> |  |  |
| <p>8. Labai sudėtingi</p> |  |  |

Prie paprastų gaminių dažniausiai priskiriami vaikiški gaminiai, kurių detalių gamyba bei surinkimas nėra sudėtingas. Vaikiškuose transporto priemonėse būna nedaug surenkamų detalių bei rėmo gamyba gana paprasta, nedaug suvirimo siūlių, kurios pakankamai paprastos, nesudėtingas vamzdžių formavimas.

Sudėtingesniųjų gaminių grupei priklauso daugiausiai suaugusiųjų transporto priemonės, kurių gamyba bei surinkimas būna daug komplikotesni nei vaikiškų gaminių. Atitinkamai skiriasi gaminio kūrimo trukmė.

Gaminio kūrimo trukmę galima apskaičiuoti taikant šią formulę:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i, i = 1 \dots n; \quad (4.1)$$

čia: T_1 – vartotojo patikimų reikalavimų nustatymo trukmė;

T_2 – gaminio koncepcijos sudarymas, analogų parinkimas;

T_3 – gaminio konstravimo trukmė;

T_4 – bandomojo pavyzdžio kūrimo trukmė.

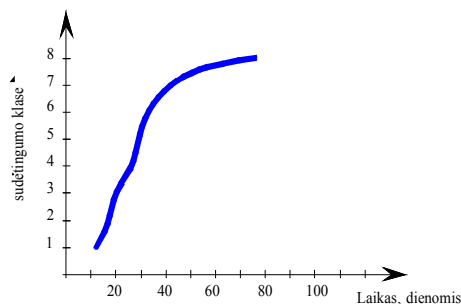
ΣT – bendra gaminio kūrimo trukmė.

4.2 lentelė

Dviračio kūrimo trukmė

| Trukmė dienomis (vidutiniškai) | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | ΣT |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| Sudėtingumo klasė | | | | | |
| 1. | ≈2 | ≈2 | ≈5 | ≈3 | ≈12 |
| 2. | ≈3 | ≈2 | ≈7 | ≈5 | ≈17 |
| 3. | ≈3 | ≈2 | ≈9 | ≈6 | ≈20 |
| 4. | ≈4 | ≈3 | ≈12 | ≈7 | ≈26 |
| 5. | ≈5 | ≈3 | ≈12 | ≈9 | ≈29 |
| 6. | ≈5 | ≈4 | ≈15 | ≈9 | ≈33 |
| 7. | ≈6 | ≈5 | ≈20 | ≈11 | ≈42 |
| 8. | ≈9 | ≈7 | ≈40 | ≈20 | ≈76 |

Kaip matyti 4.2 lentelėje, vartotojo reikalavimų nustatymo trukmė bei gaminio analogų parinkimas mažiau priklauso nuo gaminio sudėtingumo, tačiau sudėtingumas labai įtakoja gaminio konstravimo ir bandomojo pavyzdžio kūrimo trukmę.



4.1 pav. Dviračio kūrimo trukmės priklausomybė nuo gaminio sudėtingumo.

4.2. Gaminio kūrimo trukmės priklausomybė nuo inžinerijos būdų

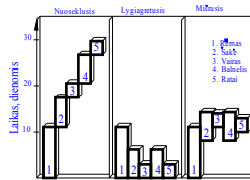
Yra galimi trys inžinerijos būdai, t.y. atskirų dviračio komponentų konstravimo eiliškumo būdai: nuoseklusis, lygiagretusis bei mišrusis [19]. Pagrindiniai dviračio komponentai parodyti 4.2 pav., o jų kūrimo procesų eiliškumo būdai 4.3 pav.

Nuoseklusis būdas, kaip matome 4.2 pav., tai būtų toks, kai iš pradžių pradėdame konstruoti vieną komponentą ir tik jį visiškai baigus pradėdame konstruoti kitas ir t. t. Šio konstravimo būdas kaip matyti schemeje yra ilgiausiai užtrunkantis.

Lygiagretusis būdas laiko atžvilgiu būtų pats palankiausias, tačiau neįmanomas, nes komponentai yra tarpusavyje priklausomi, ir praktiškai neįmanoma visų jų konstravimo pradėti vienu momentu. Komponentai tarpusavyje susiję tiek dizaino atžvilgiu, tiek tarpusavyje susijusių surinkimo matmenų atžvilgiu, todėl, pvz., nesuprojektavę rėmo iki tam tikro etapo negalime pradėti projektuoti šakės bei balnelio ir t.t. Taigi šiuo atveju palankiausias ir realiausias iš konstravimo būdų yra mišrusis. Laiko atžvilgiu jis nedaug lenkia lygiagretųjį bei yra dviračio konstravime yra įgyvendinamas.



4.2 pav. Pagrindiniai dviračio komponentai



4.3 pav. Inžinerinių būdų pritaikymas gaminio kūrimo procesui

4.3. Kompiuterizuotų sistemų įtaka konstravimo trukmei

Šiais laikais, kai dviračio iš naujo išradinėti jau nebereikia, norint išsilaikyti rinkoje ir patenkinti užsakovų pageidavimus, belieka jiems siūlyti kuo įvairesnius dviračių modelius. Rinka diktuoja savo sąlygas, ji reikalauja tobulėti ir taikyti naujas technologijas. Taigi dabar, kai didelę reikšmę turi ir pats dviračio rėmo dizainas, kai klientai reikalauja kuo įvairesnių, originalesnių, nudažytų įvairiomis spalvomis, įvairiomis komplektuojamomis detalėmis dviračių, labai išaugo dviračių modelių skaičius. Esant tokiai įvairovei, darosi vis sudėtingesnė dviračių gamyba. Sudėtingesnė ji darosi ne tik technologiniu požiūriu, bet ir dviračių rėmų projektavimu bei brėžinių paruošimu gamybai.

Įmonėje yra gaminamos įvairios dviračių dalys: šakės, ratlankiai, kai kurios plastmasinės detalės, tačiau didžiausias dėmesys skiriamas dviračių rėmų gamybai. Ji tampa ypač svarbi, kai, atsiradus pelningam pasiūlymui, reikia greitai pakeisti gaminamos prekės išvaizdą. Ir jei klientas užsako įvairių modelių mažesnėmis partijomis, kai įmonei yra įprasta stambi gamyba, didelės partijos, gamyba turi būti be galo lanksti. Tačiau svarbiausia yra ne pats gamybos procesas, svarbiausia – pasiruošimas jai (brėžinių paruošimas, reikalingų medžiagų įsigijimas, staklių paruošimas darbui).

Taigi, pirmas žingsnis naujo modelio gamyboje yra brėžinių paruošimas. Dirbdami savo darbą, konstruktoriai susiduria su daugybe įvairių problemų. Pati didžiausia yra ta, kad labai daug ir įvairių dviračių rėmų brėžinių reikia paruošti per labai trumpą laiko tarpą.

Konstruktorius neišvengiamai turi daug projektuoti ir braižyti, kas užima nemažai taip brangaus laiko. Norint greitai nubraižyti dviračio rėmo brėžinį, jį reikia automatizuoti.

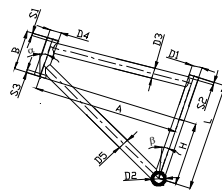
Prieš 25 metus beveik kiekvienas brėžinys nubraižytas pasaulyje buvo padarytas su pieštuko ar rašalo pagalba. Nedidelius pakeitimus leido trinti ir taisyti, tuo tarpu kai didelius pakeitimus taisant, reikėdavo atnaujinti visą brėžinį. Automatizuotas projektavimas stipriai pakeitė projektavimo ir braižymo paprastumą.

Šiuo metu dviračių gamykloje yra naudojamas kompiuterizuotas projektavimas, tačiau manau nėra išnaudojamos visos jo galimybės. Būtų galima sukurti kompiuterizuotą informacinę sistemą. Informacinė sistema gali būti modernizuojama, pritaikoma kintantiems ir didėjantiems vartotojų poreikiams. Sukurta ir veikianti informacinė sistema po kiek laiko gali būti *tobulinama* (plečiama, gilinama, detalizuojama, keičiama, vystoma ir pan.). Taip daroma todėl, kad sistemai veikiant neretai atsiranda papildomų darbų, kurių anksčiau nebuvo, o kitų darbų sumažėja.

Bene svarbiausias yra sistemos tikslingumo principas, kuris reikalauja, kad informacinė sistema turi būti kuriama konkrečiais tikslais, t.y. jau to darbo pradžioje reikia numatyti tikslus, kurių norima pasiekti veikiant tai sistemai (ją vartojant), o kuriant – juos realizuoti. Tas tikslingumas gali būti grindžiamas ekonominiu, techniniu, socialiniu ar kitokiu informacinės sistemos efektyvumu. Šis principas ir lemia sistemos būtinumą ir tai, kokia ji sukuriama.

Informacinės sistemos ilgaamžiškumui svarbus yra adaptacijos principas. Jis rodo, kad nereikia stengtis sistemos daryti absoliučiai ir visam laikui tobulos. Ją reikia padaryti tik pakankamai gerą, tenkinančią projektavimo metu iškeltus reikalavimus, tačiau svarbu jau iš pat pradžių numatyti galimybes informacinę sistemą nesunkiai modernizuoti, plėsti ir tobulinti. Tai padaryti patogiu, nes galima nepertvarkius visos sistemos keisti ir papildyti duomenų bazines, panaudoti naujas taikomas programas ar kitus sistemos komponentus. Adaptacija svarbi dėl sparčios mokslo ir technikos pažangos, mūsų dinamiško gyvenimo.

Apžvelgus dviračio rėmą, galime daryti išvadas, kad, norint automatizuoti dviračio rėmo braižymą, reikia sukurti tokią programą, kuri leistų paprastai ir greitai keisti visų rėmo vamzdžių parametrus. Pateikiami dviračio rėmo pagrindiniai matmenys (4.4 pav.), kad galėtume be jokio vargo nubraižyti bet kokiai klasei priklausančius, esančius su bet kokiais ratais ir nesvarbu kokios komplektacijos dviračius.



4.3 pav. Pagrindiniai dviračio rėmo matmenys

- čia:
- L – rėmo aukštis;
 - A – rėmo ilgis;
 - H – priekinio vamzdžio padėtis;
 - B - priekinio vamzdžio ilgis;
 - D1 - pobalnio vamzdžio diametras;
 - D2 - miniklio vamzdžio diametras;
 - D3 - viršutinio vamzdžio diametras;

D4 - priekinio vamzdžio diametras;

D5 - apatinio vamzdžio diametras;

S1 - priekinio vamzdžio padėtis;

S2 - viršutinio vamzdžio padėtis;

S3 - apatinio vamzdžio padėtis;

α - priekinio vamzdžio pokrypis;

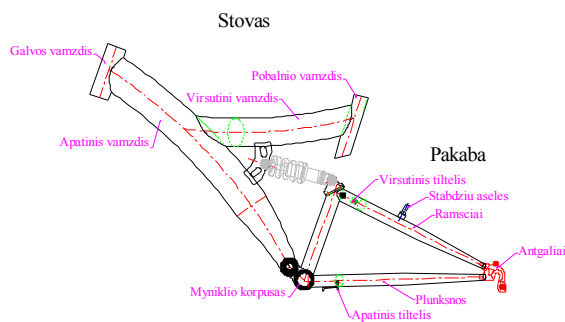
β - pobalnio vamzdžio pokrypis.

Pagal šį modelį būtų galima sukurti projektavimo programą, kuri leistų lengvai keisti rėmo geometriją. Pakeitus tik dviračio rėmą, mes galime gaminti vyriškus ir moteriškus dviračius, bei pritaikyti jiems įvairias detales. Taip pat, keičiant rėmo pobalnio vamzdžio ilgį, nesunkiai galime gauti skirtingo aukščio rėmus, kas sudaro sąlygas turėti platų rėmų pasirinkimą. Paveikslėlyje pateiktas vyriškas rėmas. Keisdami viršutinio vamzdžio padėtį, lengvai galime gauti moterišką rėmą.

Taigi manau sukūrus atitinkamą automatizuotą dviračio rėmo konstravimo metodiką, akivaizdžiai sutrumpėtų dviračio kūrimo trukmė, kuri yra labai svarbi, norint laiku į rinką išleisti gaminį bei tenkinti skirtingus įvairių klientų poreikius.

5. EKSPERIMENTINĖ DALIS

DFX metodų pritaikymas dviračio rėmo konstravime ir gamyboje



5.1 pav. Pagrindinės dviračio rėmo dalys

Įmonėje X, kuri gamina dviračius yra lituojami rėmo antgaliai ir ši operacija ilgai užtrunka. Taigi, galima būtų atsisakyti litavimo operacijos ir ją pakeisti virinimu argonu.

5.1 lentelė

Antgalio surinkimo su plunksna ir ramsčiu operacijos palyginimas lituojant ir virinant argonu

| | Litavimas | Virinimas |
|---|--|--|
| Surinkti kairį/dešinį antgalį su plunksna ir ramsteliu | 14.9+14.9 | 14.9+14.9 |
| Sukabinti antgalį su plunksna ir ramsteliu | 10.1 | - |
| Apvirinti antgalį su plunksna ir ramsteliu iš viršaus | - | 25+25 |
| Lituoti antgalį kairę/dešinę puses | 45 | - |
| Nuodegų valymas | 20 | - |
| SUMA (asmeniniai poreikiai ir trukdymai) +14% | 105.1 120 HM 1.12 min | 79.8 91 HM 0.54 min |

Lituojant dirba: 2 surinkėjos
 1 sukabintojas (suvirintojas)
 4 lituotojos (po 2 dviejose pamainose)

Viso: 7 žmonės

Šie septyni darbuotojai pagamina daugiausiai 14000 vnt. Turėtų sulituoti pagal abiejų mašinų pajėgumą : $500 + 360 = 860$ vnt. per 8 val.

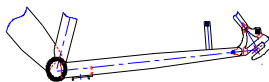
Virinant dirba: 1 surinkėja
1 suvirintojas

Viso: 2 žmonės

Galėtų pagaminti: 850 vnt.
4 žmonės per 2 pamainas 1700 vnt.

Taigi iš šių duomenų akivaizdu, kad suvirinimas būtų naudingesnė operacija.

Įmonėje ruošiamasi pereiti prie standartinių rėmų gamybos. Šiuo metu vieniems rėmams yra virinamas prie plunksnos grandinės apsaugos laikiklis, kitiems ne. Taigi, kad sumažinti rėmų nomenklatūrą bei palengvinti gamybą, būtų galima technologinę skylę, esančią ant plunksnos perkelti taip, kad tiktų grandinės apsaugos laikiklio prisukimui. Taip būtų galima atsisakyti grandinės apsaugos laikiklio virinimo ir litavimo operacijų, bei prisukamus laikiklius būtų patogiau naudoti pereinant prie standartinių rėmų gamybos.



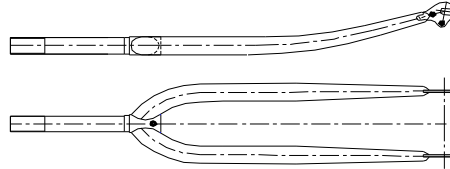
5.2 pav. Plunksnos su privirintu grandinės apsaugos laikikliu eskizas

Po rėmų valymo šratais, šratų purtymas yra ilgai trunkanti operacija. Myniklio vamzdį būtų galima gaminti su 10 mm technologinėmis skylėmis į visus vamzdžius: skylės tiks elektros laidui praverti, šratas bus lengviau išpurtyti, mažiau šratų paliks vamzdžiuose, pagerės dažymo kokybė.

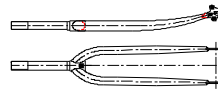
DFX metodų pritaikymas dviračio šakės konstravime ir gamyboje

Gamyboje yra gana daug šakių rūšių, kurios viena nuo kitos skiriasi labai nedaug. Taigi manau daugumos iš jų būtų galima atsisakyti. Taip pat kaip ir rėmų gamyboje, šakių gamyboje galima atsisakyti antgalio su plunksna litavimo operacijos ir taip pat pereiti prie suvirinimo argonu. Pavyzdžiui, būtų galima atsisakyti šakių su dviakiais antgaliais. Dabar yra naudojami vienakiai antgaliai, dviakiai ir speciali poveržlė su akute (5.3 pav.), kuri dedama ant vienakio antgalio, jei staiga užsakovas apsigalvotų ir jam prireiktų dviakio antgalio. Ši poveržlė, matyt, ir buvo sugalvota todėl, kad jau yra buvę tokių situacijų. Taigi manau šiuo atveju dviakių antgalių galima atsisakyti visai ir klientui panorėjus dviakio antgalio, tiesiog naudoti specialią poveržlę.

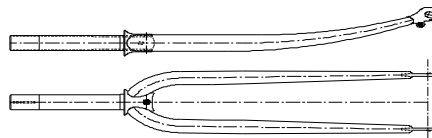
Įmonėje yra ruošiamasi pereiti prie perkamų šakių. Ir šiuo atveju manau būtų patogu atsisakyti specialios fiksuojančios poveržlės (5.4 pav.) naudojimo, užsisakant šakes su rietais antgalių galiukais fiksavimui. Tiekėjai daugumai savo klientų tiekia būtent tokiais antgaliais šakes, bei šakės kaina tiek mūsų naudojamais antgaliais, tiek fiksuojančiais ta pati. Taigi, įmonė sutaupyti atsisakius specialios poveržlės ir perėjus prie standartinės, kuri pigesnė.



a)



b)

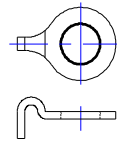


c)

5.3 pav. Šakių rūšys: a) vienaakė šakė, b) dviakė šakė, c) šakė su fiksuojančiomis užvartomis



5.4 pav. Speciali poveržlė su akute



5.5 pav. Fiksuojanti poveržlė

IŠVADOS IR SIŪLYMAI

Konstruktorius turi sugebėti gamybos žmogų įtraukti į savo problemų sprendimą. Reikia pasidalinti informacija 2-3 kartus daikto kūrimo metu. Labai svarbu ankstyvoje kūrimo stadijoje nustatyti ar mano kuriama versija turi ateitį, tačiau kuriamų alternatyvų skaičius turi būti ribotas. Būtinoms priemonėms greičiausiai rasti geriausių alternatyvų kūrimą, kadangi kiekvienai alternatyvai sukurti reikalingas darbas (laikas).

Mūsų pramonėje būtų galima panaudoti daugelį naudingų konstravimo metodų, tokių kaip DFX, kurie nereikalauja didelių investicijų. Šių metodų nenaudojimas mūsų pramonėje, manau susijęs su informacijos stoka apie juos.

- Taigi turėtų būti įdedama daugiau pastangų įvairių institucijų, propaguojant šiuos metodus.
 - Visi konstravimo metodai turi būti suprantami kaip mąstymo direktyvos konstravimo metu, bet ne kaip taisyklės. Jie turėtų stimuliuoti kūrybingumą, bet ne jam kliudyti.
 - Konstravimo metodai turėtų būti pritaikyti gaminiams konstruoti, bet ne gaminyms – konstravimo metodams.
 - Turi būti kiek įmanoma geresnis bendradarbiavimas tarp inžinierių ir kitų gamybos skyrių. Galiausiai konstravimo procesas turi būti suprantamas ne kaip atskira užduotis konstruktoriui, bet kaip bendra užduotis visai firmai.

LITERATŪRA

1. Lawrence P. Design Process Error-Proofing: International Industry Survey and Research Roadmap/. P. Lawrence, Chao, K. A. Beiter (Corresponding Author), Kosuke Ishii// Design Division, Mechanical Engineering Dept. Stanford University; Stanford, California, 94305-4022, USA.
2. Kasperavičius P. Intelektualinė nuosavybė ir jos apsauga. Vilnius, 1994.
3. Gutauskas M. Techninės kūrybos pagrindai. Kaunas, 1996. 127p.
4. Bargelis A. Integruotos gamybos pagrindai. Kaunas, 1998. 192p.
5. www.aee.asiansources.com/TP/EDIT/AEE9807/CSTORY.PDF
6. <http://www.ecsel.psu.edu/~rdevon/edg/design4X.htm>
7. Herrmann J.W. New Directions of Design for Manufacturing/ J.W.Herrmann, J.Cooper// Available from Internet: www.google.lt , keyword: DFM tools.
8. <http://www.mfg.mtu.edu/primers/mfged/designman/dfx.html>
9. <http://www.betterproductdesign.net/guide/design4X.htm>
10. <http://deed.reyerson.ca/~fil/t/dfmdfa.html>
11. <http://www.teamset.com/tools/dfa/dfa.html>
12. <http://www.teamset.com/design-for-assembly-2.html>
13. http://www.engineersedge.com/design_guidelines.htm
14. <http://www.npd-solutions.com/dfmcons.html>
15. <http://www.sintef.no/units/matek/projects/dfm/5kap.htm>
16. <http://home.att.ne.jp/zeta/brightblack/misc/thesis/ch6-cae.html>
17. Konradas V. Technikos kuriozai. Vilnius, 1989.
18. <http://www.rtn.lt/mi/0002/main.html>
19. Sakalas A. B. Pramonės įmonių vadyba/ P. Vanagas, B. Martinkus. Kaunas, 2000.
20. Mašinų gamybos ekonomika, organizavimas ir planavimas. Vilnius, 1976. 323p.
21. <http://www.npd-solutions.com/sheetmetal.html>

PRIEDAI

1 PRIEDAS

Vartojamų sutrumpinimų sąrašas

| <i>Anglų kalba</i> | | <i>Lietuvių kalba</i> | |
|----------------------------|--|--|----------------------------|
| <i>Sutrum- pinimas</i> | <i>Pavadinimas</i> | <i>Pavadinimas</i> | <i>Sutrum- pinimas</i> |
| CIM | Computer Integrated Manufacturing | Kompiuterizuota integruota gamyba | KIG |
| CMM | Koordinate Measurement Machine | Koordinacinė matavimo mašina | |
| NC/ CNC | Numerical Control/ Computer Numerical Control | Programinio valdymo ar kompiuteriais valdomų staklių programų rengimo sistema | |
| CAD | Computer - Aided Design | Kompiuterizuota konstravimo sistema | |
| CAE | Computer – Aided Engineering | Kompiuterizuota inžinerinės veiklos sistema | |
| CAPP | Computer – Aided Process Planning | Kompiuterizuota apdirbimo technologijos rengimo ar gamybos procesų planavimo sistema | |
| CAM | Computer – Aided Manufacturing | Gaminio gamybos kompiuterizuota sistema | |
| GT | Group Technology | Grupinė technologija | GT |
| DFX | Design for X | Konstravimas dėl parametro X | |
| DFM | Design for Manufacturing | Konstravimas gamybai lengvinti | |
| DFA | Design for assembling | Konstravimas rinkimui lengvinti | |
| DFS | Design for service | Konstravimas servisui lengvinti | |
| DFD | Design for disassembly | Konstravimas išmontavimui lengvinti | |
| DFQ | Design for quality | Konstravimas kokybei gerinti | |
| DFT | Design for test | Konstravimas testavimui lengvinti | |
| DFE | Design for environment | Konstravimas dėl aplinkos | |
| DFPC | Design for process capability | Konstravimas proceso galimybės gerinti | |
| TQM | Total Quality Management | Visuotinis kokybės valdymas | |
| MRP | Manufacturing Resource Planning | Gamybos išteklių automatizuoto planavimo sistema | |
| JIT | Just in Time | Visų procedūrų atlikimo “tiksliai laiku” | |
| AI | Artificial Intellect | Dirbtinis intelektas | |
| LAN | Local Area Network | Vietinis kompiuterinis tinklas | |
| FMS | Flexible Manufacturing System | Lanksti gamybinė sistema | |
| AS/RS | Automatic Storame and Retrieval System | Automatinė sandėliavimo ir komponentų paieškos sistema | |

PAGRINDINĖS NUORODOS KONSTRAVIMO GAMYBAI LENGVINTI

Pavyzdys – gamybai iš metalo lengvinti keletas nuorodų

Lenkimai

- Lenkimų tolerancija turi būti plus minus pusę laipsnio tarp gretimų lenkimų.
- Gamybos palengvinimui, sudėtiniai tos pačios plokštumos lenkimai turi vykti ta pačia kryptimi.
- Vengti didelių metalo lakštų su mažai užlenktais kraštais.
- Mažaanglio plieno lakšto minimalus lenkimo spindulys turi būti pusę medžiagos storio.

Kiaurymių tekinimas, gręžimas

- Minimalus atstumas tarp dviejų kiaurymių turi būti aštuonis kartus didesnis nei medžiagos storis.
- Minimalus atstumas nuo kiaurymės iki briaunos turi būti keturis kartus didesnis nei medžiagos storis.
- Minimalus atstumas nuo kiaurymės iki lenkimo turi būti keturis kartus didesnis nei medžiagos storis plus lenkimo radiusas.

Įdubimai

- Maksimalus diametras turi būti ne didesnis kaip šeši medžiagos storiai, ir maksimalus gylis turi būti pusę vidinio diametro.
- Minimalus atstumas tarp įdubimo ir skylės turi būti tris kartus didesnis nei medžiagos storis plus įdubos radiusas.
- Minimalus atstumas tarp įdubos ir briaunos turi būti keturis kartus didesnis nei medžiagos storis plus vidinis įdubos radiusas.
- Minimalus atstumas tarp įdubimo ir lenkimo turi būti du kartus didesnis nei medžiagos storis plus vidinis įdubimo radiusas, plus lenkimo radiusas.
- Minimalus atstumas tarp įdubų turi būti keturis kartus didesnis nei medžiagos storis plus vidinis radiusas kiekvienos įdubos.

Štampuotos skylės

- Minimalus atstumas tarp dviejų štampuotų skylių turi būti šešis kartus didesnis nei medžiagos storis.
- Minimalus atstumas nuo štampuotos skylės iki briaunos turi būti tris kartus didesnis nei medžiagos storis.
- Minimalus atstumas nuo štampuotos skylės iki lenkimo turi būti tris kartus didesnis nei medžiagos storis plus lenkimo radiusas.
-

Išpjovos

- Minimalus išpjovos plotis turi būti lygus medžiagos storiui arba 1.00 mm (0.04 colio), kuris didesnis.
- Minimalus atstumas nuo vidinio lenkimo paviršiaus iki išpjovos briaunos yra tiesiogiai proporcingas išpjovos ilgiui, medžiagos storiui, bei lenkimo radiusui.

Suvirinimas

- Minimalus atstumas tarp suvirinimų turi būti 10 kartų didesnis nei medžiagos storis. Idealus atstumas būtų apie 20 kartų didesnis nei medžiagos storis.
- Minimalus atstumas tarp suvirinimo ir briaunos turi būti didesnis du kartus nei suvirinimo taško diametras.

1 - as cechas

Vamzdžių virinimo argonu ypatumai

2003.06.17

| Įtakos dydis | Suvirinamų vamzdžių ypatybės | Suvirinimo ypatumai | Išvada | Koeficientas, įvertin. nukrypimą |
|---|--|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| Vamzdžio forma K 1 | Ovalas | Virinimas - pagrinde žemutinės dalies, vertikalaus virinimo dalis - nedidelė. Virinant žemut. padėtyje, rankos padėtis patogi, matomumas geras. | Dirbti patogu | 1 |
| | Apvalus | vertikalaus virinimo dalis - didelė, žemut. dalies virinimo - maža. Virinant vertikaliai - rankos padėtis nepatogi, kūno laikysena - su įtampa, kad matyti siūlę, reikia šiek tiek lenktis į šonus. | Dirbti nepatogu | 1,05 |
| Vamzdžių sienelės storis K 2 | Abu plonasieniai v. 1,2 mm - 1,5 mm | Virinant abu plonasienius v., reikia stengtis neperkaitinti v., kad nepradegtų sienelė. Yra naudojama plona suvirinimo viela ir judesys turi būti greitas. | Didelė įtampa dirbant | 1,05 |
| | 1 - plonasienis v. 2-as - storasienis v. | Virinimo metu stengiamasi nuvesti kaitinimą į storesnį v. Ne taip greitai perdega plonasienio v. sienelė. | Nedidelė įtampa dirbant | 1 |
| | abu storasieniai v. | Virinimo metu maža tikimybė perkaitinti metalą. | Nėra įtampos | 1 |
| | redukuotas plonasienis v. | Redukavimo metu sustorėjusi v. sienelė gerai virinasi | Nėra įtampos | 1 |
| Plyšių buvimas tarp virinamų vamzdžių K 3 | Beveik status kampas (70° - 90°) (prie priekinio v.) | Nufrezuotas v. galas gana tiksliai. Plyšių beveik nėra. Virinama su plona viela. | Normalus darbas | 1 |
| | Smailus kampas tarp plonasienio ir storasienio v. | Nufrezuotas v. galas dažnai netikslus. Plyšiai tarp vamzdžių dideli. Virinama su lanko momentiniu užgesinimu, kad nuvesti šilumą. (spaudinėjamas mygtukas kas keli impulsai) | Sulėtintas darbas | 1,15 |
| | Smailus kampas tarp plonasienių v. | Tie patys suvirinimo ypatumai, kaip tarp storasienio ir plonasienio v. Reikia dirbti su padidintu dėmesiu. | Sulėtintas darbas. Didelė įtampa. | 1,3 |

| Įtakos dydis | Suvirinamų vamzdžių ypatybės | Suvirinimo ypatumai | Išvada | Koeficientas, [vertin. nukrypimas] |
|-----------------------------|---------------------------------|--|--------------------|------------------------------------|
| | | | | |
| vdžių išdėstymas K 4 | Keletas v. netoli vienas kito | Apsunkintas prieinamumas prie suv. siūlės, blogas matomumas. | Įtampa visam kūnui | 1,05 |
| | | | | |
| | Vamzdžiai neužstoja vienas kito | Siūlė gerai matoma, nereikia papildomų pastangų virinimui. | Darbas be įtampos | 1 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| Eil. Nr. | Stovo pavadinimas | Suvirinimo siūlės ilgis, mm | | Bendras koef. stovo suvirinimui $K = (L1 / L)$ | Laikas siūlės apvirinimui, (0,42 HM / 1 mm) | Laikas stovą paimti - padėli (8 + 8) HM | Stovą apversti - 8 HM | | Stovą pasukti - 5 HM | | Laikas stovo suvirinimui, HM su 10% | |
|----------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|---|---|-----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------|
| | | tikras L (pagal matav.) | įvertinus siūlių sudėtingumą, L1 | | | | apvert. skaičius | bendras laikas apvertimams | pasuk. skaičius | bendras laikas pasukimams | | |
| 32 | Wave 24" | 575 | 654 | 1,14 | 274,7 | 16,0 | 1 | 8,0 | 8 | 40,0 | 338,7 | 372,5 |
| 33 | Wave 26" | 710 | 809 | 1,14 | 339,8 | 16,0 | 1 | 8,0 | 8 | 40,0 | 403,8 | 444,2 |
| 34 | Wave Suspension 28" | 1119 | 1318 | 1,18 | 553,6 | 16,0 | 2 | 16,0 | 12 | 60,0 | 645,6 | 710,1 |
| 35 | Zeco 28" | 745 | 903 | 1,21 | 379,3 | 16,0 | 1 | 8,0 | 8 | 40,0 | 443,3 | 487,6 |
| 36 | Zeco Damen Suspension 28" | 1298 | 1542 | 1,19 | 647,6 | 16,0 | 2 | 16,0 | 12 | 60,0 | 739,6 | 813,6 |
| 37 | Venta, Rambynas - priek. pusr. | 360 | 360 | 1,00 | 151,2 | 16,0 | 1 | 8,0 | 2 | 10,0 | 185,2 | 203,7 |
| 38 | "V", "R" pobalnio v. surinktas | 195 | 226 | 1,16 | 94,9 | 16,0 | 1 | 8,0 | 2 | 10,0 | 128,9 | 141,8 |
| 39 | S-type | 695 | 810 | 1,17 | 340,2 | 16,0 | 1 | 8,0 | 14 | 70,0 | 434,2 | 477,6 |
| 40 | Crossy 24" | 761 | 834 | 1,10 | 350,3 | 16,0 | 1 | 8,0 | 12 | 60,0 | 434,3 | 477,7 |
| | | 5697 | 6622 | | | | | | | | 3319,2 | |
| | Rondo 20" | 980 | 1016 | 1,04 | 426,7 | 16,0 | 3 | 24,0 | 16 | 80,0 | 546,7 | 601,4 |
| | Tandem " Faktor" | 2150 | 2543 | 1,18 | 1068,1 | 16,0 | 1 | 8,0 | 28 | 140,0 | 1232,1 | 1,355,3 |
| | Pakaba Arkona Light | 1245 | 2004 | 1,61 | 841,7 | 16,0 | 3 | 24,0 | 20 | 100,0 | 981,7 | 1,079,8 |
| | | 16530 | 19641 | | | | | | | | 9833,2 | |

28016,6

1,17

47983 56092

0,58 HM

vidut.laikas 1 mm (realiam) suvirinti:

Suvirinti ovalinę be plyšių sidle Acutic aparatu - 0, 42 HM / mm

Nustatyta technologo Z. Gorskio, virinant 100% našumu, esant optimaliems virinimo režimams.

Keletas pagrindinių dviračio rėmų stovų konstrukcijų

