

tovarna butičnih izdelkov

Kadar vam kdo reče "tovarna", si gotovo v mislih narišete proizvodni trak, s katerega v monotonem zaporedju letijo popolnoma enaki izdelki, ki jih nato delavci dolgočasnega izraza na obrazu zlagajo v nepregledne vrste zabojev. A ne boste verjeli – obstajajo tudi popolnoma drugačne tovarne! V njih sicer na leto naredijo le 10 do 12 izdelkov, a zaposleni visoko motivirani in zadovoljni hitijo po širokih hodnikih med oddelki. Takšno "tovarno" smo si imeli konec junija na povabilo francoskega podjetja Dassault Systemes, sicer znanega kot proizvajalca programskega orodja Catia, priložnost ogledati v nemškem Kölnu. Edini namen celotne tovarne z več kot 650 zaposlenimi je, da podpira moštvo tekmovalnih bolidov formule 1 Panasonic Toyota Racing.



Verjetno le redki niste bili presenečeni ob podatku, da je za podporo enemu samemu moštvu formule 1 potrebna kar celotna tovarna. Posebno če to primerjamo s podatkom iz naših logov, da je lani v novomeški tovarni Revoz le 2142 zaposlenih proizvedlo kar 131.761 prijubljenih cliov. To, da neka razlika med bolidom formule 1 in cliom je, je verjetno vsem popolnoma jasno, da pa je razmerje med številom izdelkov in številom zaposlenih tolikšno, se večini med vami po vsej verjetnosti ni niti sanjalo.

Že sam izraz "formula 1" nedvomno govori o tem, da gre za vozila, ki sodijo v sam vrh tehnološke in izvedbene piramide avtomobilске industrije. Prestižni razred, ki si ga lahko privoščijo le izbranci. In vozila, ki zahtevajo le najbolj izkušene, posebej izurjene voznike, ki iz njih znajo iztisniti kar največ hitrosti in odzivnosti, hkrati pa jim morajo (voznikom namreč) sočasno zagotavljati tudi dovolj varnosti. V igri so skoraj nepredstavljive vsote denarja in v igri

je prestiž, za katerega se lahko pulijo le izbranci. Kot povsod v vrhunskem športu so razlike minimalne, odločajo tudi stotinke sekunde, milimetri, grami ... Konkurenca je tolikšna, da ne dovoljuje niti trenutka spanca. V formuli 1 ne vladajo pravila, ki jih poznamo iz serijske proizvodnje avtomobilov, kjer določen model razvijejo, nato pa nekaj let skozi čim večjo proizvodnjo amortizirajo sredstva, vložena v njegov razvoj. Nasprotno, tukaj vlada neizprosni zakon nepretrganega razvoja, kjer je treba več čas spremljati novosti pri tekmečih, ostajati v koraku z njimi ter sočasno vlagati maksimalne napore v lastne poskuse izboljšav, s katerimi se lahko vsaj za trenutek prineš v ospredje.

Vse zgoraj navedeno, od hitrosti do varnosti in nepretrganega razvoja, terja od ekipe, ki podpira moštvo, nenehno preverjanje, meritve, testiranja. Podatki se morajo neprenehoma beležiti, vrednotiti in predvsem biti venomer dostopni vsem, ki jih potrebujejo. Tega si pa danes že ne more-

mo več predstavljati brez ustreznih računalniške podpore. In tukaj se je naš "sponzor", podjetje Dassault Systemes, izkazal kot pravi partner pri tehnološko tako zahtevnem projektu, kot je razvoj, proizvodnja in servisiranje tekmovalnih avtomobilov najprestižnejšega razreda.

Malo zgodovine

Korenine programa Catia, ki je paradni konj podjetja Dassault Systemes, segajo v letalsko industrijo, in sicer v podjetje Lockheed, ki je davnega leta 1974 razvilo program CADAM kot orodje za izrisovanje in proizvodnjo izdelkov. Leta 1974 je podjetje Avions Marcel Dassault postalo njihov partner in leta 1977 so razvili 3D-program, ki je pozneje postal znan kot Catia. Že leta 1981 so ustanovili podjetje Dassault Systemes, namenjeno le razvoju in prodaji tega izdelka, in kmalu navezali tesne stike z IBM-om. Do takrat so Catio razvili že do različice 5, podjetje pa je od IBM-a kupilo tudi program za upravljanje podatkov

(PDM – Product Data Management) in na njegovi osnovi ustanovilo Enovia Corp. Od leta 2000 se podjetje strmo vzpenja po lestvici najuspešnejših s svojega področja, poleg japonskega se je razširilo še na ruski, nemški, britanski, švedski in švicarski trg. Še vedno so vodilni v letalski industriji, od koder pa se vedno bolj širi še v avtomobilsko in v zadnjih nekaj letih tudi v vrsto drugih industrijskih vej, v proizvodnjo, arhitekturo in industrijsko oblikovanje.

Programska podpora v Toyota Motorsports

Kot smo že omenili, je v ekstremnem avtomobilizmu izjemnega pomena nenehen obstanek v sami konici razvoja. Vedno je treba slediti najnovejšim rešitvam, skrbeti za lasten razvoj in slediti tekmečem. Razvojni časi posameznih izdelkov ali sestavnih delov se morajo povsem skrajšati, kar konkretno pomeni za celoten razvoj novega tekmovalnega modela le devet mesecev od idejnih zasnov prek testiranj do iz-



Računalniško generirana risba dirkalnika.



Wishbones – stabilizatorji koles iz karbonskih vlaken morajo vzdržati prav vse obremenitve.

vedbe v obliki, ustrezni za nastopanje na tekmovanjih.

To pa seveda ni možno brez ustrezne programske podpore. Za zasnovo, oblikovanje in pripravo na proizvodnjo so zato v Toyoti kupili programski paket Catia. Nato so ga dopolnili s programom Enovia, s katerim upravljajo vse podatke meritev, testiranj in druge digitalne podatke. Ker merijo resnično prav vse, zelo natančno merijo tudi časovne prihranke pri uporabi ustreznih programskih orodij. Razvojni čas izdelka se je tako najbolj skrajšal na primer pri spojlerju, in sicer kar za 80 odstotkov, pri razvoju motorja pa precej manj – le za 15 odstotkov. Če pa se pri tem zavedamo, da so bili vsi postopki že doslej skrajšani in optimizirani na nujni minimum, je 15 odstotkov še vedno podatek, ki pomeni veliko.

Kam pa gre razvoj? Kakor so na tekmah časovne razlike že tako majhne, da včasih odločajo že stotine, tako so tudi v razvoju vsi procesi že tako optimizirani, da so prihranki lahko le izjemno majhni, notranjih

rezerv skorajda ni več. Zato je v prihodnosti treba iskati pota za pospeševanje razvoja v izločanju nekaterih postopkov, ki so časovno zamudni in seveda tudi denarno zahtevni. Med temi so trenutno na prvem mestu različna testiranja, pri katerih bodo začeli fizične preizkuse in različna testiranja v komorah in na testnih stezah nadomeščati navidezne simulacije teh postopkov. Zato pri Toyoti pospešeno razvijajo in kupujejo programska orodja, ki tovrstne simulacije omogočajo – doslej je bil to Abacus, programski paket za nelinearne študije obnašanja, ves čas pa se raziskujejo še druga področja, kjer bi digitalna testiranja lahko zamenjala fizična. Končni cilj, ki so si ga v tovarni zastavili doseči v obdobju petih let, so integrirane zmožnosti simulacije procesov.

Sprehod skozi tovarno

Najzanimivejši del našega obiska je bil prav gotovo obhod skozi proizvodne prostore tovarne. Najprej smo se seveda zaustavili v

s catio prej do izvedbe sgrade familie

Redki so arhitekti, ki ne poznajo del katalonskega arhitekta Antonia Gaudija. Slavni umetnik je tako popularen, da tudi zunaj arhitekturnih in umetniških krogov težko najdeš sogovornika, ki zanj ne bi vsaj slišal. In večina jih pozna tudi njegovo najbolj znano delo, barcelonsko cerkev Sagrada Familia. Z vitkimi, elegantnimi zvoniki in nenavadno strukturo se neizbrisno vpiše v spomin. Prav vsem, ki so cerkev obiskali, pa ostane v prav tako močnem spominu to, da je zgradba še vedno nedokončana. Za mogočnimi zvoniki zeva prav tako impresivna praznina, saj je slavnega arhitekta že davnega leta 1926



med nadzorovanjem del povozil tramvaj. Načrti, ki jih je zapustil, so dokaj okvirne smernice za nadaljevanje del, ki trajajo že skoraj 80 let in še vedno niso zaključena. Da bi jih pospešili in seveda v mnogo hitrejšem tempu kot doslej tudi končali, so se izvajalci del, podjetje gedas iberia s.a., odločili da za pomoč pri izvedbi zahtevnih kamnoseških detajlov, ki jih je na objektu nešteto, uporabijo program Catia. S povezavo med modelarskimi moduli programa in računalniško krmiljenimi stroji za klesanje granitnih blokov, iz katerih zidajo cerkev, jim je uspelo s popolnoma ročnega kamnoseškega dela preiti na visokotehnoški računalniško krmiljen sistem, ki omogoča neposredni prenos digitalnega modela v proizvodnjo in neomejeno prostorsko gibljivost orodij za izvedbo. Rešitev, ki je bila razvita za ta izjemno zahteven projekt, pomeni prelomnico in referenčni primer tudi za druge podobne arhitekturne in gradbene projekte. Trenutno je predvideno, da se gradnja Sagrada Familie konča najkasneje čez dvajset let, do takrat pa se zanašajo tudi na nadgradnje programa, s katerimi bi lahko rešili tudi nekatere doslej še nerešljive detajle, na primer križ na samem vrhu zgradbe.

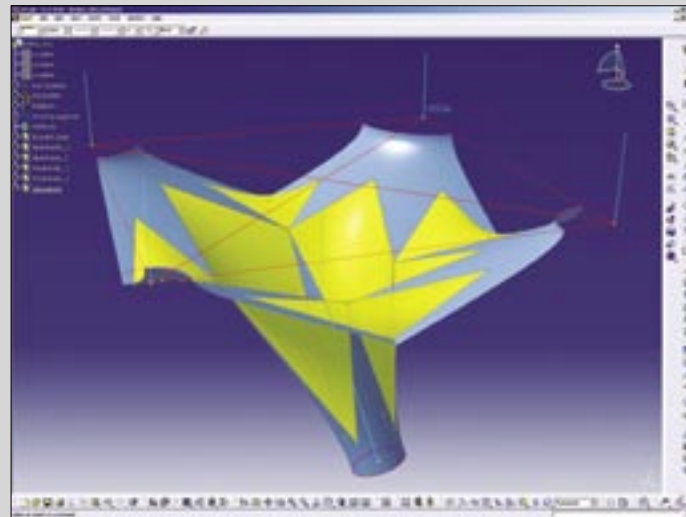
Več informacij:

www.gedas.com/gedasag/international/company/en/about_gedas/customer_newsletter/2004/Issue_1_04/gaudi.html

Za konec omenimo še to, da Sagrada Familia ni edini zahtevni arhitekturni projekt, pri katerem so uporabili Catio. Ta program je za izvedbo slovitega Guggenheimovega muzeja v Bilbau uporabil tudi (prav tako sloviti) arhitekt Frank Gehry, v Kliku pa smo že predstavili izdelovalca kupol Dian Kreatif in prikazali nekaj njegovih izvedb.



Oddelek, kjer dirkalnike pred tekmo sestvijo in po njej znova razstavijo.



Zajem zaslona računalniškega modela detajla iz projekta.

razstavnem prostoru, kjer so razstavljeni že odsluženi modeli dirkalnikov. Kar štirje od teh so bolidi formule 1, eden je predstavnik serije izjemno uspešnih reli modelov, s katerimi je Toyota vrsto let pobirala odličja na prestižnih relijih, kot so Pariz–Dakar ali Rallye du Monte-Carlo, eden pa je bil dirkalnik s tekme 24 ur Le Mansa. Same legende torej. Že razlike med štirimi razstavljenimi modeli bolidov formule 1 so jasno pokazale hitrost in dinamičnost razvoja novih oblikovnih rešitev na tem področju. Naj poudarimo še to, da je Toyota ena od (le) dveh ekip formule 1, v kateri celoten razvoj dirkalnika, tako ohišja kot motorja, izvedejo pod eno streho.

V proizvodnji smo začeli s koncem, kar pomeni, da smo si najprej ogledali proizvodnjo izpušnih cevi. Te so na videz že skoraj kiparski izdelki, saj jih sestavlja cel šop umetelno zavijih cevi, estetskega svetleče kromiranega videza. Če takoj preidemo od lepote k surovim tehničnim podatkom, so dejstva sledeča: v teh ceveh se med tekmo razvijajo ekstremno visoke temperature okoli 800 stopinj Celzija, zato morajo biti izvedene skrajno natančno. "Kroje" posameznih sestavnih delov seveda zasnujejo računalniško, proizvodnja sama pa je tako rekoč ročna. V tovarni imajo za to vse potrebne stroje, od varilnikov do strojev za krivljenje šivanih cevi. Kot zanimivost bi omenila tudi podatek, da vsako izpušno cev le enkrat uporabijo "v živo", na tekmi, po tem jo uporabljajo le še za meritve in testiranja.

Od izpušnih cevi nas je pot vodila na t. i. kompozitni oddelek. Prva postaja je bil zelo bežen ogled petosnega CNC-stroja za izdelavo negativnih modelov za različne izdelke iz karbonskih vlaken. Verjetno ni treba posebej poudarjati, da je iz karbonskih vlaken in kevlarja narejenih največ sestavnih delov avtomobilov, od celotne karoserije tja do različnih spojlerjev, amortizerjev in celo zavornih čeljusti. Kot zanimivost naj navedemo podatek, da je le za izdelavo ohišja dirkalnika, t. i. monokoka, potrebnih kar 80 kvadratnih metrov tkanine, preprejene s karbonskimi vlakni.

Podrobno smo si ogledali izdelavo t. i. wishbones – prečnih stabilizatorjev koles. Kolesa so najzahtevnejši element dirkalnikov formule 1, saj morajo biti zaradi stabilnosti vozila postavljena popolnoma zunaj aerodinamične lupine karoserije (in jo tudi usodno "rušijo"), na njih pa seveda nastajajo pri tako velikih hitrostih in obremenitvah s treslaji izjemne napetosti, ki jih nase prevzamejo prav ti skoraj peresno lahki, komaj nekaj centimetrov široki in niti dva centimetra debeli stabilizatorji. Vsak izmed njih je sestavljen iz 64 plasti vlaknaste tkanine, ki jo spaja epoksidna smola. Vlakna imajo seveda neko svojo smer in prav za



Oblikovalski studio v tovarni.

vsako plast je natančno določeno, katera je to. Njihovo obliko prav tako zelo natančno "krojijo", seveda z računalniško programiranimi izrezovalniki, ki optimalno zložijo kroje posameznih slojev po tkanini. Površina, ki jo tak izrezovalnik pokriva, je približno dvakrat tri metre. Posamezne plasti nato stisnejo med negativna modela izdelka, ki sta narejena na osnovi pozitivnega in sta iz karbonskih vlaken. Na koncu jih vložijo v vrečke, posebej prirejene za vakuumiranje, da iz njih iztisnejo zrak ter na koncu "zlijajo" v kompozitni izdelek v posebnih pečeh – avtoklavah. V njih pri natančno določeni temperaturi in pritisku pridobijo trdnost in značilno strukturo satovja. Znova: napak preprosto ne sme biti, stabilizatorji na tekmi ne smejo počiti ali se kakorkoli drugače deformirati, ne glede na to, da je karbon ob

vseh pozitivnih lastnostih poznan tudi kot krhek material.

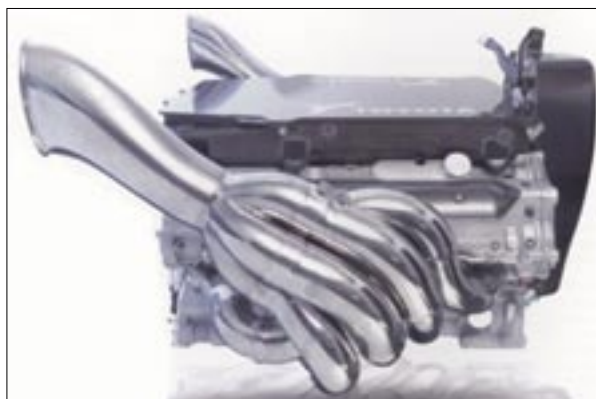
Samo proizvodnjo izdelkov iz karbonskih vlaken dopolnjuje še nekaj oddelkov, kjer se ti izdelki testirajo ali finalizirajo na različne načine, z barvanjem ipd.

Naslednje "high-tech" področje je motor dirkalnika. Pri obremenitvah, ki jih prenaša, je trenutno zmožen prenesti največ 650 kilometrov, kar je v povprečju le ena sama tekma. Po vsaki tekmi se motor vrne v delavnico, kjer ga razstavijo in vnovič natančno pregledajo. Kar 40 odstotkov od njegovih 4500 komponent pri tem zamenjajo brez preverjanja. Za vsak motor sta odgovorna dva mehanika, katerih naloga je, da ga v štirih dneh razstavita in pripravita za tekmo. Ohišje motorja je edini sestavni del, ki ni narejen v tovarni v Kölnu, temveč ga

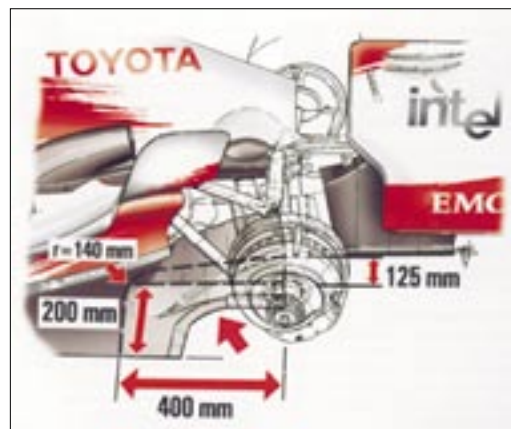
izdelajo na Japonskem ter nato v Nemčiji s CNC-vodenimi stroji le dodelajo.

Tudi vse motorje seveda neprenehoma testirajo. Za to imajo nameščenih sedem dinamometrov, v katerih lahko natančno simulirajo vremenske razmere na posameznih tekmah, od vlažnosti zraka do temperature in vetra. Glede na vse te dejavnike strokovnjak podjetja Esso, s katerim Toyota trajno sodeluje, natančno izračuna sestavo goriva za vsako dirko in za vsake vremenske razmere posebej, saj vse to vpliva na učinkovitost goriva in moč motorja.

Za naslednjo postajo našega obhoda smo se morali povzpeti kar nekaj nadstropij višje, na mostovž, s katerega je možen pogled na mogočno konstrukcijo vetrovnika. Zasnovana je za testiranje modelov v merilu 1 : 2. Ohišje vetrovnika v celoti zapolni



Računalniška risba motorja z izpušnim sistemom.



obojestransko tehnološko oplojevanje

Celotna zgodba o tovarni, ki s skoraj sedemsto delavci proizvede le dobrih dvesto vozil na leto, zveni kot metanje denarja skozi okno v velikansko brezno brez dna. Zveni skoraj neverjetno, a resnica je popolnoma drugačna – zasnova, razvoj in proizvodnja sofisticiranih tekmovalnih motorjev bo imela pomemben vpliv na razvoj cestnih vozil tovarne Toyota. Čeprav niti en sam del motorja ni enak, se tehnologija, oblikovanje in proizvodna tehnologija neposredno prenašajo. Medsebojno oplojevanje pa ni le enostransko, ampak kar obojestransko: Toyotin Proizvodni Sistem (TPS) tako vpeljujejo tudi v ekipo formule 1.



Prestizni avtomobili so fotogenični iz prav vseh kotov...

proizvodno dvorano v obliki črke L z (ocenjeno) površino kakšnih 5000 kvadratnih metrov ter višino vsaj 25 metrov. Prototipi so izdelani iz materialov, ki so kar najbolj podobni materialom, iz katerih so narejena dejanska vozila (karbon in aluminij), seveda spet popolnoma računalniško vodeno s postopkom rapid-prototyping. Tehnologije nanašanja materiala v tovrstnih strojih so različne, v Toyoti je to lasersko nanašanje in stapljanje posebnega prahu. Model bolida v vetrovniku nato na poseben način pri-

trdijo, da lahko na njem čim bolje simulirajo dejavnike, ki vplivajo na vozilo v resničnih okoliščinah, poleg vetra še tresljaje, neravnine v ovinkih ipd.

Po temačnem vetrovniku smo si kot zdajno postajo ogledali še končno sestavljalnico (in razstavljalnico) avtomobilov. Gre za skoraj kirurško svetlo, visoko in zračno dvorano, v kateri je po celotni dolžini nameščenih šest "zalivov" v obliki črke U. Vsak od njih ima v ospredju prostor, decentno obkrožen s črnimi preprogami z napisy To-

vse po pravilih

Da tekme dirkalnikov formule 1 ohranjajo medijsko privlačnost, se kot pogoj za sodelovanje postavljajo vedno nova pravila. Zelo natančno so določene mere in teža vozila, število valjev in moč motorja (na največ 3000 cm³), število prestav, zavore in predvsem varnostni sistemi. Ko raven vseh teh omejitev doseže vrh, postavijo nove, višje zahteve in kolo razvoja se mora spet zavrteti. Tako se je v letu 2005 povišala zahteva po zmogljivosti motorja – po novem morajo ti vzdržati vsaj 1500 kilometrov ali vsaj dva tekmi. Če tega ne dosežejo, so moštva kaznovana s slabšo uvrstitvijo voznika, predčasna zamenjava mu odvzame kar deset mest.

Prav tako so bile uvedene nove omejitve pri izbiri koles za dirko, ki bodo voznike prisilile k racionalnejši vožnji in previdnosti pred prehitro obrabo, ter nove omejitve pri izbiri in načinu polnjenja goriva.

Vse, prav vse le za to, da tekme ohranjajo privlačnost in izziv in da razvojniki ne zaspijo niti za eno samo minuto!

yota. To je kapela, svetišče: prostor, namenjen bolidu, ko se s tekme vrne in ko se nanjo odpravlja. Tukaj ga ekipe posebej izurjenih mehanikov dokončno sestavijo in nato po prav vsaki tekmi razstavijo, določene dele takoj zamenjajo z novimi, druge pošljejo na čiščenje in testiranja.

Naj za konec navedem še podatek, da je vsak tekmovalnik formule 1 sestavljen iz približno 8000 sestavnih delov, katerih večino posebej razvijajo v oblikovalskem studiu. Znesek, ki ga že zdaj od vsakega

vozila odščitnejo informacijske tehnologije, znaša kar 65 odstotkov cene posameznega vozila, pričakujejo pa, da se bo še povečeval. Enak trend so kot moto svojega razvoja navedli tudi predstavniki podjetja Dassault Systemes – tehnološka nadgradnja, razvoj področja PLM (Product Lifecycle Management), razvoj orodij, ki bodo nadomeščala fizična testiranja z digitalnimi simulacijami, itd.

Lahko bi rekli "tretje tisočletje", tako ali drugače.

See...

› Končar - Inženjering za energetiko i transport

› Dalekovod

› Alstom Hrvatska

› Hella Lux Slovenija

› Cimos

› Seaway

...what You mean!

CAD/CAM DESIGN CENTER D.O.O.

IBM Business Partner

www.cadcam.hr/catia

www.cadcamlab.si/catia