

Projektiranje kompaktnih hidravličnih sistemov*

Denis BOŽIČ, Aleš BIZJAK, Robert JURCA

Izveček: Hidravlični sistemi omogočajo prenos velikih moči ob uporabi relativno majhnih sestavin. Ravno ta zgoščenost pa predstavlja eno bistvenih prednosti hidravlike, ki se izkaže v različnih aplikacijah tako na področju mobilne kot tudi industrijske hidravlike.

V prispevku so prikazane metode projektiranja kompaktnih hidravličnih sistemov, ki pa se ne omejujejo le na serijske ali ponavljajoče se proizvode, kjer se nekoliko večji vložek v zasnovo posebnega proizvoda lažje povrne, temveč se izvajajo tudi na posamičnih projektih, ki so zasnovani po posebnih zahtevah. Proces projektiranja je zato podprt s sodobnimi programskimi orodji, ki v precejšnji meri avtomatizirajo tako snovanje hidravličnega sistema kot tudi pripravo dokumentacije in programov za njegovo izdelavo. Tipičen primer je zasnova posebnega hidravličnega krmilnega bloka in njegova izdelava na CNC-obdelovalnem centru.

V nadaljevanju je predstavljenih nekaj konkretnih primerov s področja industrijske in mobilne hidravlike, kjer je bila kompaktna gradnja še posebej zaželena.

Ključne besede: hidravlični sistemi, kompaktna gradnja, 3D-modelirniki,

■ 1 Uvod

Kontroliran prenos energije na relativno majhnem prostoru je ena bistvenih prednosti hidravličnih sistemov, ki je tudi pripomogla k prodoru hidravlike na najrazličnejša področja njene uporabe. Brez večjega truda lahko poiščemo primere v mobilni tehniki, kot so gradbeni stroji, kmetijska mehanizacija, plovila, cestna in komunalna vozila, kjer hidravlični pogoni omogočajo široko funkcionalnost ob zelo omejenih prostorskih možnostih.

Podobno je na področju stacionarne tehnike, kamor uvrščamo industrijske stroje in razne druge nepremične naprave. Kompaktna zasnova hidravličnih sistemov se izpostavlja tako pri manjših strojih in napravah kot tudi pri večjih strojih in postrojenjih. Željo po

čim boljši izrabi prostora zasledimo praktično v vsakem primeru, poleg tega pa dobra konstrukcijska zasnova hidravličnega sistema ugodno vpliva še na zanesljivost delovanja in enostavnost vzdrževanja.

Mobilni stroji se načeloma izdelujejo v bistveno večjih serijah kot stacionarni, kar vpliva tudi na konstrukcijske pristope pri snovanju hidravličnega sistema. Pri prvih zato večinoma zasledimo posebne sestavine, ki so posebej zasnovane za dano aplikacijo in v večini primerov združujejo več funkcij (*slika 1*).

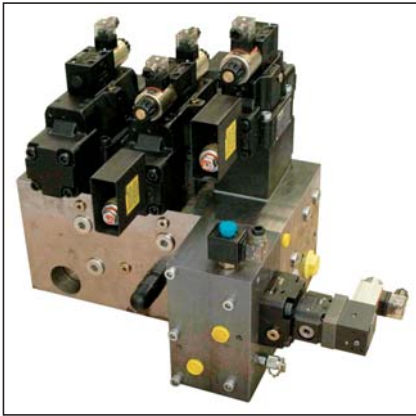


Slika 1. Primer posebnega ventila s področja mobilne hidravlike

Hidravlični sistemi s področja industrijske (stacionarne) hidravlike so v največji meri prilagojeni zahtevam točno določenega stroja in se izdelujejo kot individualni projekti, ki se le redko v celoti ponavljajo. Zato se tu večinoma uporabljajo sestavine, ki so na razpolago na tržišču. Izdelati kompakten hidravlični sistem s splošno razpoložljivimi sestavinami pa pomeni izbrati takšne sestavine, ki so za dano aplikacijo z vidika prostorskih zahtev čim bolj optimalne, in jih seveda v tem smislu tudi vgraditi.

V nadaljevanju bo prikazan proces dela podjetja Kladivar pri snovanju hidravličnih sistemov, sestavljenih iz splošno razpoložljivih sestavin, in zagotavljanju kompaktne zasnove tudi pri projektih, kjer se izdeluje manjše število ali celo le en sam proizvod. Izpostavljena bo predvsem kompaktna zasnova krmilnega dela (*slika 2*), torej izbor ventilov in njihove povezave, medtem ko se ostalih sestavin ne bomo lotevali, saj bi posegli v

Denis Božič, inž., mag. Aleš Bizjak, univ. dipl. inž., Robert Jurca, inž., Kladivar Žiri, d. d., Žiri



Slika 2. Primer posebnega krmilnega bloka

metode splošnega konstruiranja (npr. rezervoarjev) ali na področja, ki jih v Kladivarju ne obvladujemo (npr. konstrukcijske spremembe batnih črpalk).

■ 2 Projektiranje in izdelava hidravličnega sistema

Pri izdelavi hidravličnih sistemov je znotraj Kladivarja vključenih več procesov (slika 3). Hidravlični sistem



Slika 3. Procesi, vključeni pri izdelavi hidravličnih sistemov

se zasnuje v procesu projektiranja, kjer se projekt oblikuje v tesnem sodelovanju z odjemalcem oziroma z njegovimi zahtevami. Ob naročilu se projekt pripravi za izvedbo oziroma za izpolnitev naročila. Projekt mora upoštevati zmožnosti dobave naba-

vljenih proizvodov ter tehnološke zmožnosti in proizvodnje.

Zmožnost izdelave proizvodov po posebnih zahtevah kupcev je ena pomembnih konkurenčnih prednosti, ki ima zelo velik vpliv tudi pri zagota-



Slika 4. Izdelava na CNC-obdelovalnem centru

vljanju kompaktno zasnovanih hidravličnih sistemov in posebnih krmilnih blokov. Vsak krmilni blok, ne glede na to, ali se izdeluje večja serija ali le posamični kos, je izdelan na CNC-obdelovalnem centru (slika 4), ki zagotavlja ustrezno kakovost izdelave. To pa tudi

pomeni, da mora biti za proizvodnjo pripravljena vsa ustrezna dokumentacija, od tehnične risbe do CNC-programa, ter zagotovljena ustrezna sledljivost. Tovrstna priprava proizvodnje pa zahteva precejšnje angažiranje strokovnega osebja in pri maloserijskih in posamičnih proizvodih predstavlja tudi velik delež stroškov. Zato je v nadaljevanju opisana uporaba ekspertnih programskih sistemov ključnega pomena pri odzivnem in konkurenčnem zagotavljanju kakovostnih kompaktnih hidravličnih sistemov ter krmilnih blokov.

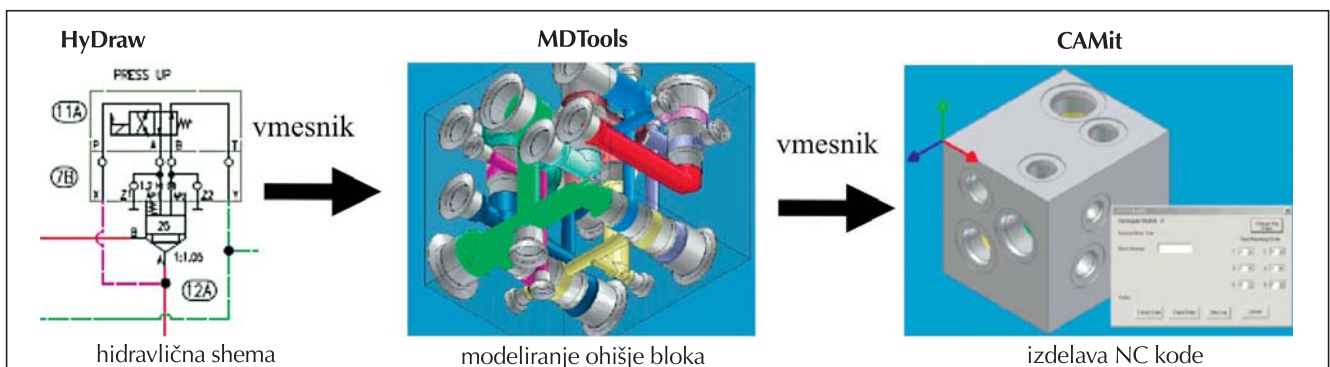
■ 3 Programska orodja

V nadaljevanju bodo predstavljena sodobna programska orodja, ki se v Kladivarju uporabljajo za izdelavo kompaktnih hidravličnih sistemov. Od zamisli in zasnove sistema, preko hidravlične sheme in vse do končnega izdelka:

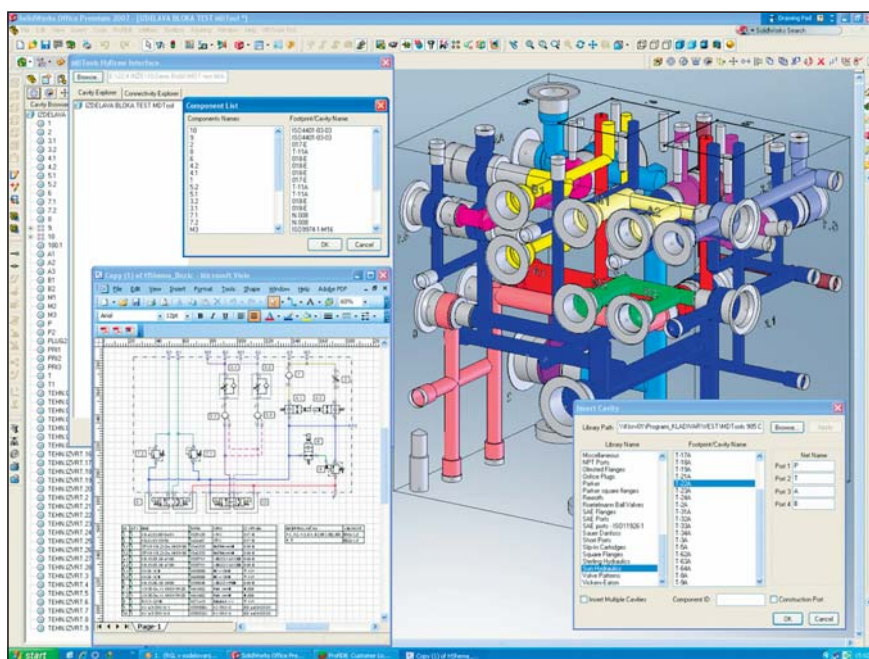
- *Hydraw 410*: je integriran kot dodatek v Microsoft Visio, uporablja se za izdelavo hidravličnih shem sistema,
- *MDTools 910*: je integriran kot dodatek v 3D-modelirnik SolidWorks, uporablja se za modeliranje ohišij blokov hidravličnega sistema,
- *Camit 2.0*: je samostojen program za popolno tehnološko rešitev modeliranega hidravličnega bloka. Skupaj z MasterCAM-om se uporablja za izdelavo NC-kode ohišij blokov.

3.1 HyDraw 410

Programski paket Hydraw 410 je dodatek (plug in), integriran v Microsoft Visio, ki se uporablja za izdelavo tudi



Slika 5. Potek izdelave kompaktnega hidravličnega sistema (bloka)



Slika 6. Modeliranje bloka z uporabo programa HyDraw 410

najzahtevnejših hidravličnih shem. Zagotavlja nam enostavno izdelavo sheme po sistemu "Pick & Place" in vsebuje obsežno knjižnico t. i. pametnih simbolov za industrijsko in mobilno hidravliko. Povezovanje simbolov je enostavno: preprosto povežemo zahtevano začetno in končno točko na simbolu.

Simboli v knjižnici so izdelani po ISO-standardu. Knjižnica vsebuje že veliko standardnih simbolov in omogoča dodajanje in shranjevanje novih samostojnih in sestavljenih simbolov. Posamezen simbol lahko nosi informacijo za eno ali več sestavin istega tipa (varnostni ventil, priključna plošča, ...) iz informacijskega sistema podjetja. Želena sestavino v shemi tako enostavno izberemo iz ustreznega menija in s tem hkrati vnesemo tudi podatke za kosovnico. Za vsako sestavino posebej: vsebuje njen simbol, tudi podatke o vgradnji oz. tipu izvrtine za hidravlični blok, različne karakteristike (velikost ventila, priključna napetost, ...), priprimo pa lahko tudi kataloški list in vpišemo morebitne ostale interne podatke.

Hydraw omogoča tudi avtomatsko oštevilčenje dodanih sestavin, ročno označevanje vhodnih in izhodnih priključkov bloka, vse to pa se lahko prenese na model bloka in avtomatsko

obnavlja v primeru spremembe, tako da nimamo skrbi glede identičnosti oznak v hidravlični shemi in bloku. Glavne izhodne informacije HyDrawa, ki jih bomo potrebovali v MDTools-u za modeliranje bloka za hidravlični sistem, so torej:

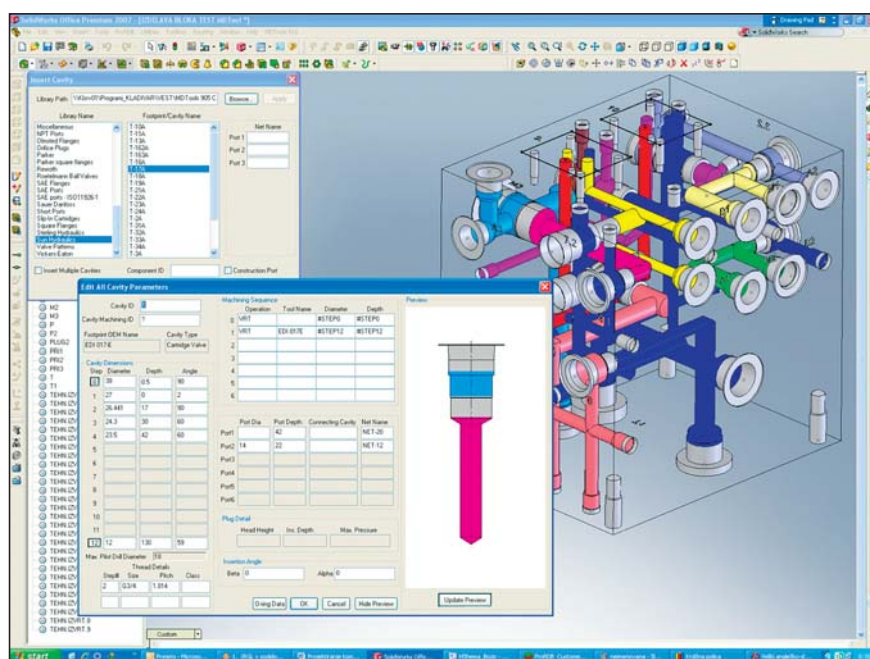
- informacija o vstavljeni sestavini oz. sestavinah v bloku,
- oznake vhodnih, izhodnih in merskih priključkov na bloku,
- avtomatsko procesirane mreže povezav med sestavinami in priključki na bloku, ki se različno obarvajo.

Na *sliki 6* je prikazan primer hidravličnega bloka, modeliranega z uporabo hidravlične sheme, izdelane v programu HyDraw.

3.2 MDTools 910

MDTools 910 se uporablja za 3D-parametrično modeliranje ohišij blokov. Je »Plug-in« dodatek v okolju 3D-modelirnika SolidWorks. Omogoča hitro in enostavno modeliranje hidravličnega bloka z uporabo vseh informacij o sestavinah in mreži povezav med posameznimi sestavinami v hidravlični shemi iz prej navedenega programa Hydraw 410.

V fazi modeliranja lahko med glavne informacije o sestavinah štejemo logično, hidravlično in tehnološko knjižnico vgradnih izvrtin (*slika 7*), tako da dodane izvrtine na bloku dejansko niso samo skupek geometrije, ampak med sabo povezana celota, nadzorovana vsak trenutek modeliranja. Velika knjižnica izvrtin, ki je razdeljena po posameznih proizvajalcih, je že dodana v osnovni program, lahko pa izvrtine sami izdelamo s posebnim samostojno delujočim modulom in dodajamo v svoje knjižnice. Dodatna informacija v fazi modeliranja je definicija hidravličnih mrež, procesirana v hidravlični shemi v programu HyDraw. Obarvane hidravlične mreže so lepo



Slika 7. Prikaz informacij vgradne izvrtine sestavine

vidne na slikah. Ta informacija je ključnega pomena pri povezavah med sestavinami v hidravličnem bloku.

Vsaka povezava med sestavinami, pa naj si bo narejena neposredno med sestavinami ali pa z dodatnimi tehnološkimi izvrtinami, se takoj avtomatsko obarva v vnaprej definirano barvo posamezne mreže. Barvno označene izvrtine in barvno označene povezave in mreže med njimi omogočajo boljšo preglednost. Tako sledimo pravi povezavi in imamo takojšnjo vizualno kontrolo. S tem precej zmanjšamo možnost napak oziroma nepravilnih povezav med sestavinami.

Izvrtnine na hidravličnem bloku enostavno dodajamo na želena ploskev bloka. Dodane izvrtine je mogoče enostavno premikati, kopirati ali menjati med seboj po ploskvah bloka. Izvrtine, tudi tehnološke, lahko dodajamo na blok tudi pod kotom. Dimenzije in material bloka določamo ročno ali pa ga izberemo iz domače knjižnice glede na standardno zalogo. Blok je v fazi modeliranja mogoče kadarkoli povečati ali zmanjšati na poljubni koordinatni strani (slika 8).

Program MDTools nam omogoča zelo hitro izdelavo 2D-tehnične do-

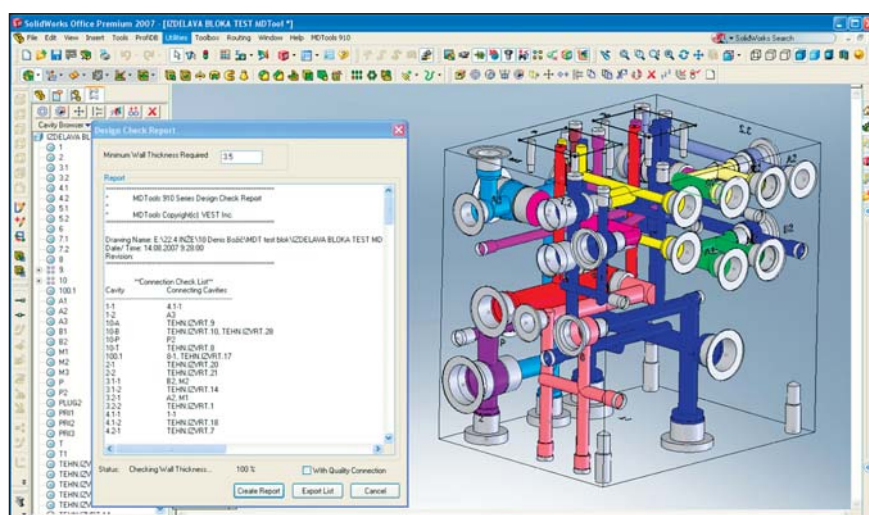
kumentacije. Ko določimo merilo in velikost papirja, vnesemo blok v risbo. Izvedemo lahko samodejno kotiranje bloka, začnemo s procesiranjem tabele izvrtin z vsemi potrebnimi podatki in parametri. Ko risbo opremimo še s potrebnimi internimi navodili in opombami, je tehnična dokumentacija končana.

Med procesom modeliranja hidravličnega bloka lahko z uporabo različnih poročil modeliranje kontroliramo, najbolj obsežen je t. i. Design Report [2]. V tem poročilu so podana odstopanja in informacije o:

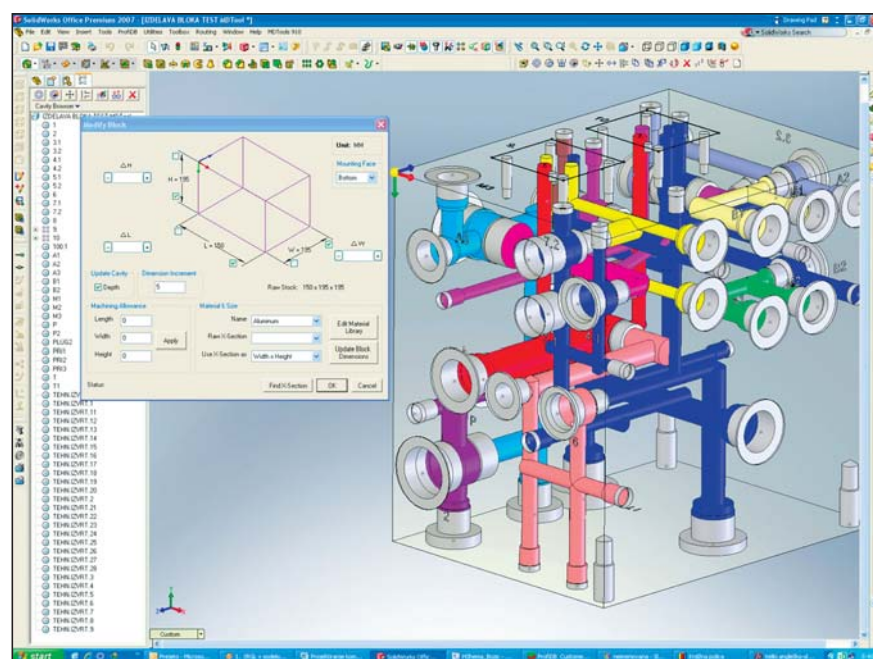
– stanju povezav v hidravlični mreži

- izpiše križanja napačnih izvrtin oz. hidravličnih mrež v bloku;
- celotni mreži povezav med sestavinami in priključki;
- debelini materiala – izpiše vsa kritična mesta, kjer je debelina materiala med izvrtinami ali med izvrtinami in zunanji ploskvami pod želeno mejo;
- nepovezani mreži v bloku – izpiše slepe, nepovezane povezave mrež v hidravličnem bloku.

Zelo močno dodatno orodje v MDTools-u, ki nam prihrani veliko časa pri risanju sestava hidravličnega sistema, je možnost avtomatične izdelave sestava hidravličnega blo-



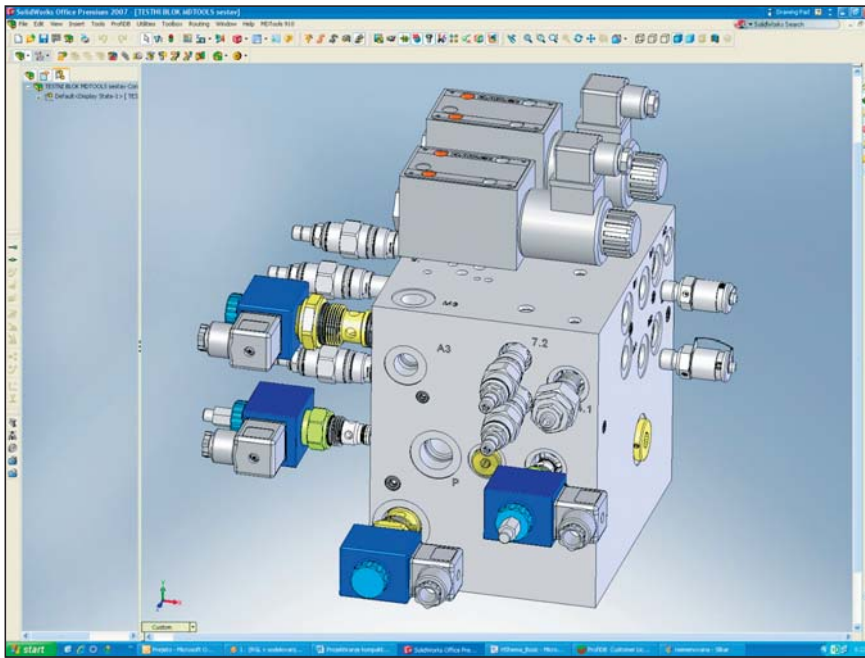
Slika 9. Prikaz poročila "Design Report"



Slika 8. Spreminjanje dimenzij hidravličnega bloka

ka s samo nekaj kliki na miško, to je t. i. vmesnik »Assembly interface« [2] (slika 10). Z njim v opciji modeliranja sestava izvrtinam na bloku določimo ustrezne 3D-sestavine (ventile) iz domače knjižnice. Glede na definirane geometrijske relacije na izvrtini in sestavini se samodejno opravi poravnavanje med njima po vseh treh prostorskih oseh.

Ob zaključku procesa modeliranja zmodelirani blok prenesemo v ustrezno obliko datotečnega zapisa .xml, ki jo lahko sprejme program za tehnološko obdelavo Camit. Tako smo z enim klikom miške opravili prenos informacij v Camit in zagotovili ustrezno obdelavo hidravličnega bloka še s tehnološke strani.

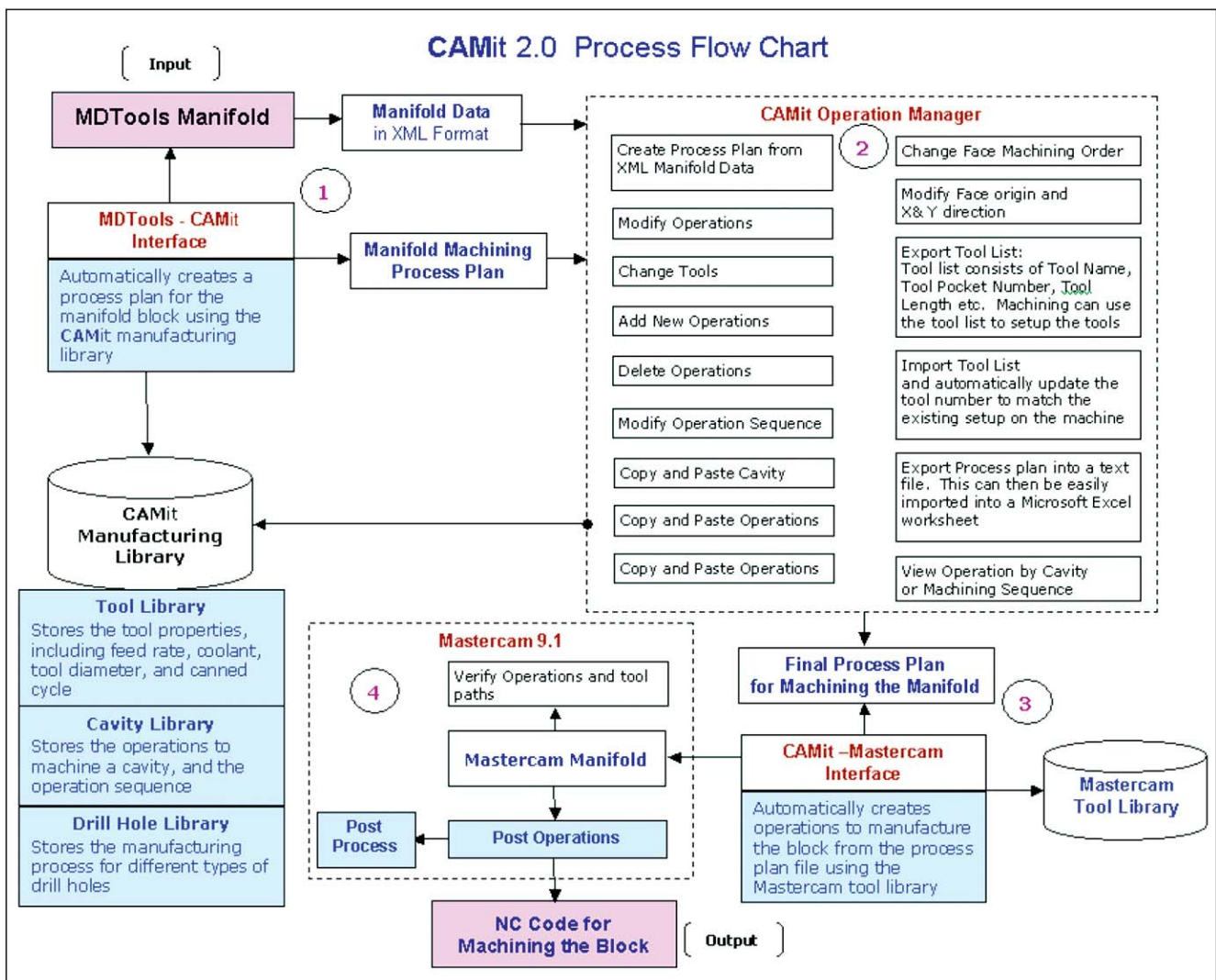


Slika 10. Primer izdelave sestava hidravličnega bloka v »Assembly interface«

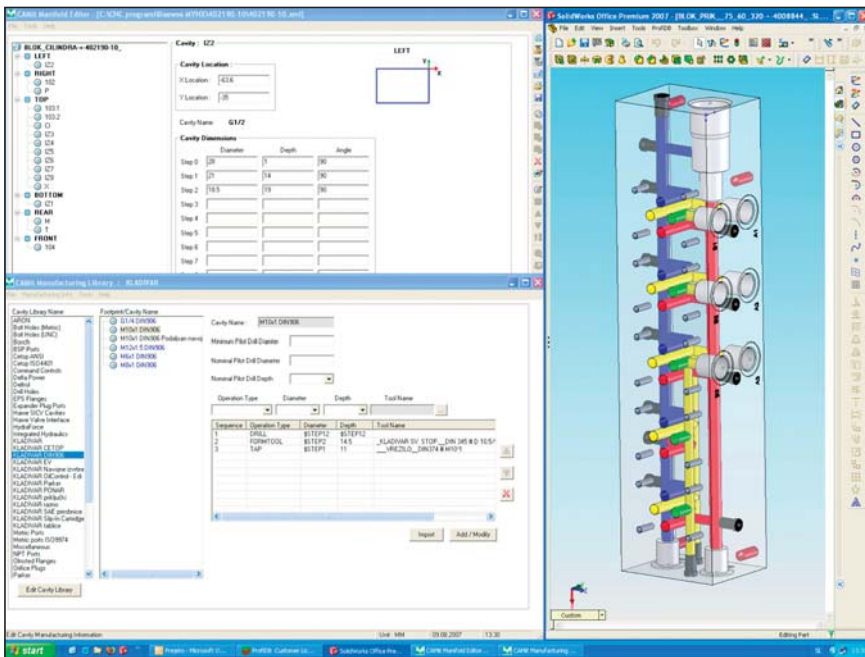
3.2 Camit 2.0

Camit 2.0 je programsko orodje za tehnološko obdelavo hidravličnega bloka, v povezavi s programom MasterCam pa lahko avtomatsko izdelamo NC-kodo (slika 11).

Camit pridobi vse potrebne informacije iz ene same datoteke, zapisa .xml, ki smo ga ustvarili v programu MDTools. V Camitu tehnolog ustvari vrstni red tehnološke obdelave posameznih ploskev bloka in določi koordinatna izhodišča za ploskve bloka. Pregleda oz. dopolni ali spremeni posamezne tehnološke operacije na izvrtinah posameznih sestavin. Tako si tehnolog lahko sproti ustvari tehnološko bazo z vsemi potrebnimi podatki orodja (premer, dolžina, obrati, podajanje, ...) za posamezno izvrtino.



Slika 11. CAMit procesni diagram [3]

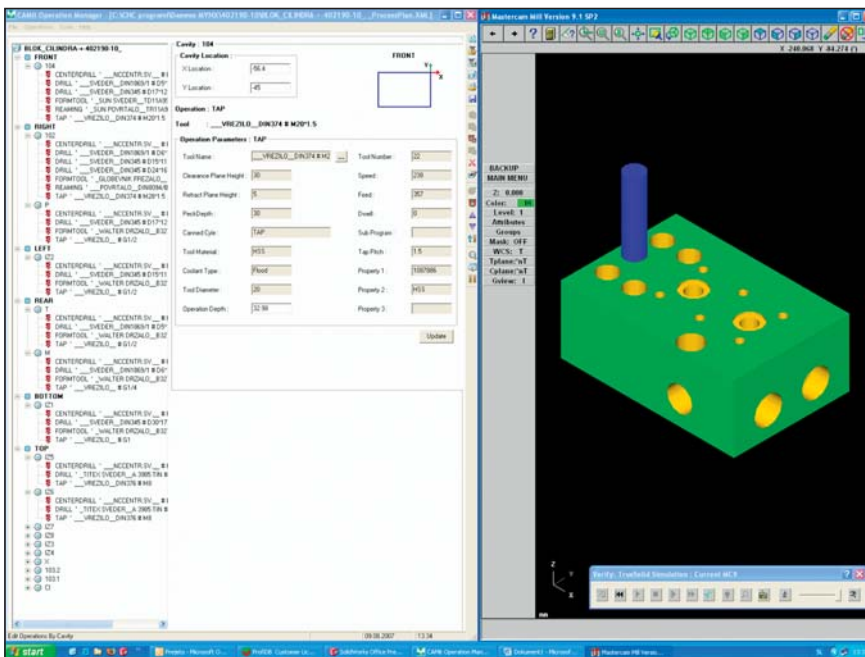


Slika 12. Tehnološka obdelava hidravličnega bloka v Camitu

Po obdelavi tehnolog izdelava procesni načrt, ravno tako v obliki datoteke tipa .xml, ki se izvozi v program Master-Cam. V MasterCamu se opravi kontrola oz. simulacija vseh tehnoloških operacij na hidravličnem bloku in po uspešnem pregledu postprocesira NC-koda za konkretne CNC-obdelovalne stroje. Ravno tako se lahko, po izbiri v meniju, postprocesirajo podatki v obliko datoteke tipa .csv, v katerem so zajeti podatki o časih izdelave posameznih tehnoloških operacij, potrebnih za kalkulacijo cene, in podatki orodne liste za hidravlični blok.

■ 4 Primeri izdelav hidravličnih sistemov

Na slikah 14 in 15 so prikazani primeri tako zasnovanih kompaktnih hidravličnih sistemov.



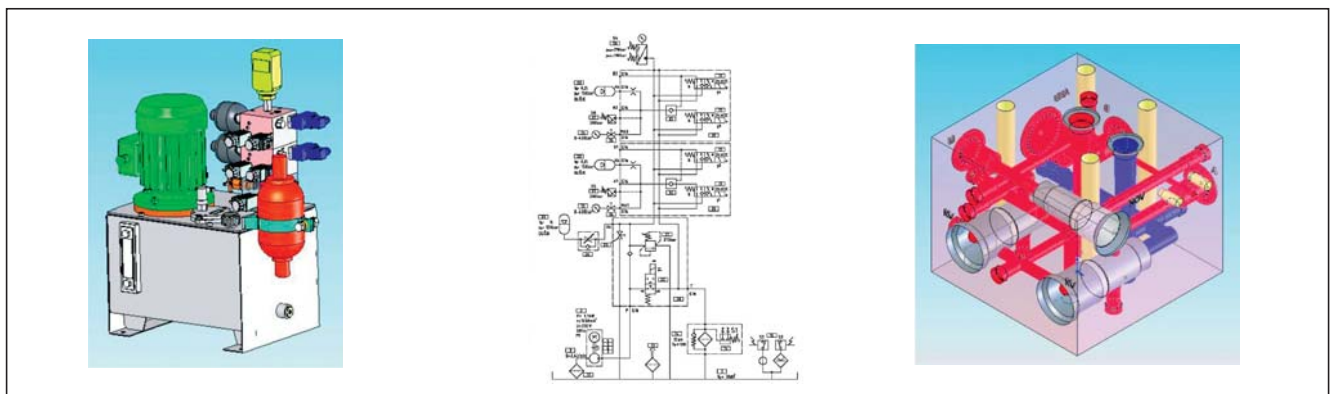
Slika 13. Simulacija strojne obdelave v MasterCamu

Na sliki 14 je prikazan kompaktni hidravlični sistem, njegova hidravlična shema, izdelana v HyDrawu, in pripadajoč hidravlični blok, izdelan v MDToolsu. Blok vsebuje vse povezave in omogoča vgradnjo različnih sestavin na majhnem prostoru. Tu so uporabljeni patronski ventili.

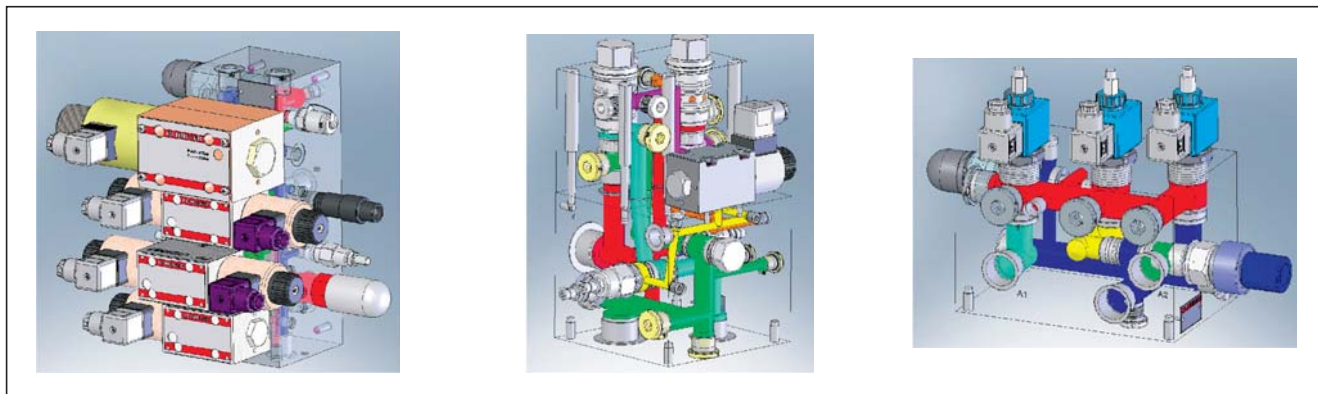
Na sliki 15 so prikazani trije primeri kompaktnih hidravličnih blokov, ki delujejo kot podstavek različnih hidravličnih sistemov.

■ 5 Zaključek

Z uporabo opisanih programskih orodij smo vsekakor povečali konkurenčnost našega podjetja. Čas modeliranja hidravličnega bloka je sedaj precej krajši, s tem pa smo tudi povečali produktivnost tako proizvo-



Slika 14. Primer kompaktnega hidravličnega sistema



Slika 15. Primeri kompaktnih hidravličnih blokov

dnje kot tudi strokovnega osebja, ki sodeluje v pripravi dokumentacije. S povezavo omenjenih orodij je že v fazi predkalkulacije možno enostavno izračunati predvideni čas izdelave bloka in s tem zagotoviti hitre in točne podatke za stroškovno ovrednotenje obravnavanega hidravličnega sistema. Zmanjšali smo možnosti napak tako znotraj procesa projektiranja kot tudi znotraj procesov poteka in izpolnjevanja naročila. Tu smo predvsem zmanjšali vpliv človeškega

faktorja. Pričakujemo tudi, da bodo tu opisani sodobni pristopi pri snovanju proizvodov bistveno pripomogli k nadaljnjemu zagotavljanju zadovoljstva naših odjemalcev.

Literatura

- [1] Vest, Inc. 2004–2005: Hydraw V410 User manual: R2-051101.
- [2] Vest, Inc. 2006: MDTools 910 User manual.
- [3] Vest, Inc. 2006: Camit 2.0 User

manual: R1-060902.

- [4] Mastercam 2003: Mastercam Version 9 Mill/Design Tutorial
- [5] P. Drexler, H. Faatz 1988: Projektovanje i konstrukcija hidravličkih postrojenja – Mannesmann Rexroth GmbH
- [6] W. Gotz 1997: Hydraulik in Theorie und Praxis – Bosch

* Prispevek je bil objavljen na konferenci Fluidna tehnika 2007 v Mariboru

Designing compact hydraulic systems

Abstract: A hydraulic system can produce large power transfers by using relatively small hydraulic components and parts. This is one of the major reasons for using hydraulic systems and leads to a wide range of different applications, for example, in mobile hydraulics and in industrial hydraulics. In this article we will present modern methods for designing compact hydraulic systems, not only for serial manufacture, where you can expect lower design costs, but also for hydraulic systems with special customer specifications and unique projects. The whole process of designing and constructing these compact hydraulic systems is supported by modern 3D software tools, which provides the designer with more help in the sense of more automation in the design cycle, from the planning, through the technical documentations, and on to the tool list for the finished CNC machine. At the end of article there are some concrete examples from industrial hydraulics and mobile hydraulics, where a compact structure is required.

Keywords: hydraulic system, compact hydraulic block, hydraulic scheme, compact design, 3D software

nadaljevanje s strani 236

■ ISGATEC Dichten - Kleben - Elastomer - Messe & Kongress 2008 (Sejem in kongres o tesnjenju, lepljenju in elastomerih)

21.–23. 10. 2008
Nürnberg, ZRN

Organizator:
– Mesago Messe Frankfurt GmbH

Tematika:
– Izdelovalni in predelovalni stroji
– Dozirne in mešalne naprave
– Dinamično tesnjenje
– Elastomerni deli in profili

nadaljevanje na strani 283