

Babić, A., Pljakić, M., Ilić, N., Petrović, A.

POVEZIVANJE PROCESA PROJEKTOVANJA PROIZVODA U CAD-U SA MONTAŽNIM OPERACIJAMA U CAM-U NA PRIMERU GLODAČKIH GLAVA

Sadržaj: Virtualno projektovanje proizvoda predstavlja tehnološki ključ za smanjenje troškova nastalih od grešaka generisanih u procesima inženjerskog projektovanja u toku životnog veka. Važno je uspostaviti vezu između projektovanja proizvoda u CAD-u sa kompleksnim ograničenjima montažnih operacija u CAM-u, tako da se u procesu projektovanja obezbeđuju uslovi za razvoj i modifikaciju u virtualnom okruženju pre početka proizvodnje. Ovo je veoma izraženo kod projektovanja glodačkih glava za obradu infrastrukturnih objekata. Prednost ovog povezivanja u procesima projektovanja je u prevazilaženju formiranja skupih fizičkih proizvodnih sistema, tako da se sva varijantna istraživanja odvijaju na virtualnom modelu. Simulacione studije se zasnivaju na korišćenju podataka CAD fajla AP203 iz STEP modela.

Ključne reči: Projektovanje proizvoda pomoću računara (CAD), projektovanje tehnologije pomoću računara (CAM), montaža.

LINKING PRODUCT DESIGN IN CAD WITH ASSEMBLY OPERATIONS IN CAM IN CASE OF ROADHEADER SYSTEMS

Abstract: Virtual product design has become a key technology in reducing costly design errors according to PLM criteria. It is important to link a product's design in CAD with the constrained complexity of assembly operations in CAM so that the design can be evaluated and modified in a virtual environment before production begins. It is very specifically significant for product design of roadheaders for processing infrastructure objects. The advantage of this virtual product assembly system is that a design can be validated first in a virtual environment without building the expensive physical production system. Simulation studies were made using CAD Ap-203 data files from STEP model.

Key words: Computer aided design (CAD), computer aided manufacturing (CAM), assembly.

1. UVOD

Montažni procesi u okviru životnog veka proizvoda predstavljaju mnogo viši nivo od sastavljanja delova u celinu, bilo da se radi o projektovanju proizvoda ili projektovanju tehnologije izrade na komponentnom nivou. To je prevojna tačka u tehnološkom ciklusu gde proizvod započinje životni vek i po prvi put ima mogućnost funkcionisanja. Najvidljiviji aspekti kvaliteta proizvoda se ogledaju upravo projektovanim procesom montaže.

Tradicionalno, projektovanje za laku montažu DFA se zasniva na proučavanju procesa demontaže DFDA (rastavljanja) najčešće pod pretpostavkom da "ako možete rastaviti deo možete ga i sastaviti i obrnuto". U realnom okruženju stvar može biti dosta drugačija od inverznog procesa spajanja. Poznato je da za dati proizvod broj izvodljivih montažnih struktura eksponencijalno raste u skladu sa brojem komponenti. U analizi konceptualnih rešenja zaključuje se da projektovani optimalni proces demontaže ne mora predstavljati najbolje konceptualno rešenje za montažu. Projektovanje za montažu predstavlja inženjerski proces koji integriše veliki broj DFX pristupa u okviru simultanog projektovanja proizvoda i procesa.

Projektovanje virtualnog proizvoda predstavlja tehnološki ključ za smanjenje u prvom redu troškova nastalih od projektantskih propusta u okviru simultanog inženjerstva. U okviru generisanja modela proizvoda navedeni aspekt je izražen u vezi između projektovanja proizvoda u CAD-u sa montažnim operacijama u CAM-u pri čemu se virtualno okruženje zasniva na izbegavanju korišćenja skupih proizvodnih sistema.

Složenost montažnih procesa i tehnoloških procesa izrade komponenti za projektovani proizvod ima ogroman uticaj na troškove, profit i mogućnost recikliranja. Inženjerski model proizvoda integriše veliki broj DFX pristupa pri čemu tek

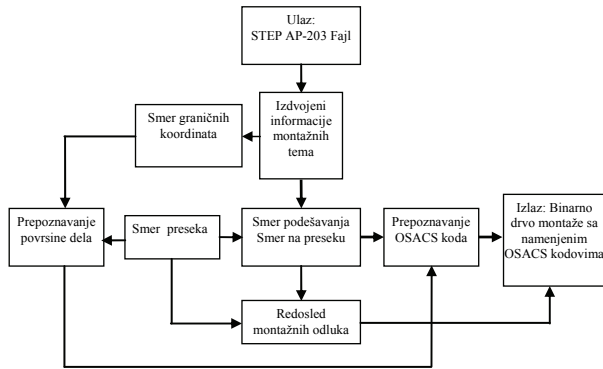
nakon detaljnog razmatranja može biti procenjen i prilagođen pre nego što je lansiran u proizvodnju (prevojna tačka rađanja proizvoda). Prema nekim autorima projektovanje proizvoda iznosi 6% od troškova namenjenih razvoju proizvoda pri čemu je više od 70% troškova proizvodnje se odnosi na faze konceptualnog projektovanja. To znači da dobre preliminarne projektantske odluke moguće je doneti jedino posle detaljnih analiza kompleksnosti proizvodnje i životnog veka proizvoda.

Složene operacije montaže značajno povećavaju troškove same proizvodnje kompleksnih proizvoda. Takođe, proizvodi čije rasklapanje zahteva složene operacije povećavaju troškove u održavanju i reciklaži. Troškovi montaže i demontaže značajno utiču na troškove u životnom veku proizvoda, što zahteva primenu projektantskih rešenja koja obezbeđuju efikasnu montažu. Složenost montaže se može definisati kao složenost ograničenja međusobnog kretanja delova koji se sklapaju. Da bi se predupredile problematične operacije montaže u CAM okruženju, potrebno je predvideti složenost međusobnog sklapanja komponenti pri projektovanju proizvoda u CAD okruženju primenom virtuelnih alata za sklapanje.

Virtualni sistem koji povezuje projektantska rešenja iz CAD okruženja sa kompleksnošću montažnih operacija u CAM okruženju, virtualno ocenjuje i vrednuje projekat proizvoda i montažne strukture. Koraci u realizaciji ovakvog sistema su:

- Kreiranje sistema za kodiranje montažnih struktura (OSACS- Open Structured Assembly Coding sistem) - koji treba da identifikuje i kodira sve operacije sklapanja dva dela u CAM -u
- Kreiranje sistema za ekstrahovanje koda koji identifikuje kompatibilne montažne operacije iz CAD modela u STEP AP-203 dokumentima.
- Kreiranje generatora redosleda operacija montaže koji generiše binarno stablo montažne strukture za projektovani

proizvod kodiran kompatibilnim operacijama montaže u CAM-u za sklop proizvoda.



Slika 1. Projektovanje generatora redosleda montaže sa sistemom za kodiranje struktura.

2. MONTAŽNI PROCESI

Proces montaže se može posmatrati na dva načina, kao:

- Montaža na lokalnom, i
- Montaža na globalnom nivou.

2.1 Montaža na lokalnom nivou

Obuhvata sve korake ili akcije montaže, uključujući opise površina na delovima, koje se nazivaju površine spajanja. Takođe, obuhvata i sva kretanja i putanje koje su uključene u bilo koji deo procesa montaže.

Rupa	Lokacija Orijentacija Prečnik Dubina Ugao oborene ivice Dubina oborene ivice Pravac izlaska	X,Y,Z α, β, γ broj broj broj broj Z
Rupa sa navojem	Lokacija Orijentacija Prečnik Dubina Ugao oborene ivice Dubina oborene ivice Korak navoja Vrsta navoja Pravac izlaska	X,Y,Z α, β, γ broj broj broj broj broj simbol Z
Trn	Lokacija Orijentacija Prečnik Dubina Ugao oborene ivice Dubina oborene ivice Pravac izlaska	X,Y,Z α, β, γ broj broj broj broj Z
Trn sa navojem	Lokacija Orijentacija Prečnik Dubina Ugao oborene ivice Dubina oborene ivice Korak navoja Vrsta navoja Pravac izlaska	X,Y,Z α, β, γ broj broj broj broj broj simbol Z

Slika 2. Montaža na lokalnom nivou

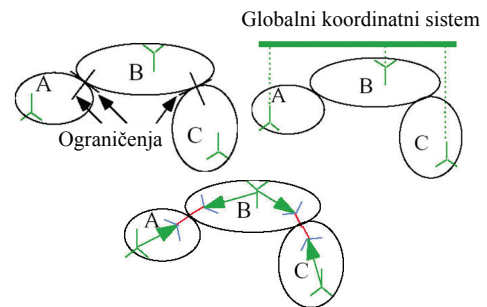
Aspekti montaže na lokalnom nivou, koji mogu biti potrebni ili korisni u montažno-orijentisanoj bazi podataka, uključuju:

- geometriju delova i njihove površine spajanja,
- promenu oblika ili položaja primitiva u odnosu na nominalan,
- vremena i troškove za izvođenje montaže pomoću različitih metoda,
- faktore koji utiču na pogodnost ili uspeh montaže, ili oštećenja dela,
- potrebne alate i pristup njima,
- veze,
- pravila ili izbor projektovanja za montažu, uključujući tipove klasifikacije primitiva spajanja i metode,
- pravila ili izbor prikazivanja dela, orijentaciju, i prilaz delova

2.2 Montaža na globalnom nivou

Montaža na globalnom nivou odnosi se na pitanja montaže koja uključuju više od jednog dela. Ona uključuje raznovrsnost oblasti geometrijske familije, kao što su solid modeli više delova, prikazujući više delova u njihovoj međusobnoj poziciji, sastavnici delova ili listi materijala, veze, alate za montažu, tolerancije, i putanje montaže. Model podataka koji se bavi ovim pitanjima treba biti strukturiran drugačije i treba da sadrži različite informacije od onih koje trenutno sadrže konvencionalni geometrijski modeli. To ne može samo biti skup individualnih geometrijskih delova ili neka lista delova. Model podataka minimalno treba sadržati:

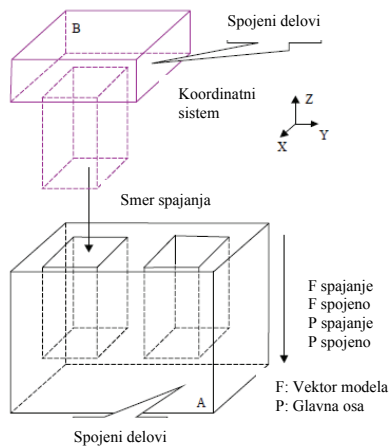
- koji delovi se spajaju sa drugima, i sa kojim primitivima,
- koji montažni primitivi su projektovani kao nosioci dimenzionih ograničenja,
- koji delovi su u kojim podsklopovima i pod kojim uslovima,
- identifikacija primitiva koji su pogodni za upotrebu kao bazne tačke, ili koji su bili označeni kao bazne ili merne tačke,
- koji delovi su u kojim varijantama proizvoda,
- gde su napravljeni ili ko je napravio delove ili podsklopove (distribuirana proizvodnja).



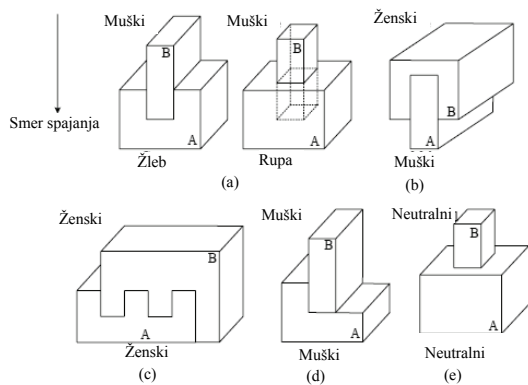
Slika 3. Montaža na globalnom nivou

2.3 Montažne ose i površine spajanja komponentata

Bazni elementi za modelovanje montažnih struktura su površine spajanja. Površine spajanja su lokalni elementi na delovima preko kojih se spajaju sa drugim delovima. Primeri površina za spajanje su prikazani na slici 4 i 5.



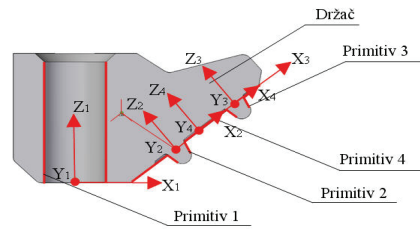
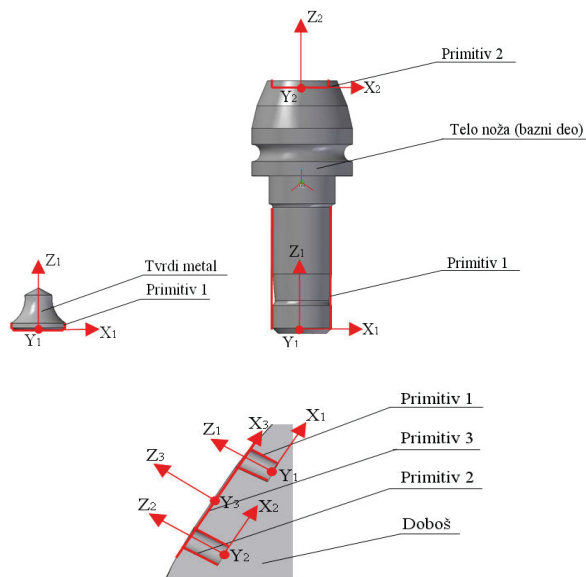
Slika 4. Kinematika montaže 2 dela



Slika 5. Tipovi i površine delova

2.4 Montažne ose spajanja noževa glodačkog alata

Delovi-komponente montažne strukture glodačkih noževa sa definisanim površinama za povezivanje sa drugim delovima su prikazani na slici 6. Ovo predstavlja montažnu strukturu glodačkih glava na lokalnom nivou. Pored primitiva spajanja prikazani su i koordinatni sistemimi, gde osa Z predstavlja pravac ekspaniranja delova. Kao primitivi spajanja korišćene su ravne i cilindrične površine.



Slika 6. Delovi glodačkog doboša sa prikazanim primitivima spajanja i lokalnim koordinatnim sistemima

Na globalnom nivou, projektovanje montažne strukture glodačkih glava je izvršeno korišćenjem pristupa „Bottom-up“, gde je povezivanjem komponenata dobijena montažna struktura kao najviši nivo hijerarhijske strukture. Delovi su spojeni preko primitiva spajanja, uspostavljanjem odgovarajućih veza između površina.

Glodački alati u obradi infrastrukturnih objekata predstavljaju proizvode sa složenom montažnom strukturom pri čemu pojedine komponente proizvode više malih i srednjih preduzeća koristeći princip distribuirane proizvodnje. Definisane proizvođača/dobavljača pojedinih montažnih komponenata principom distribuirane proizvodnje zahteva analizu i kodiranje složenih struktura proizvoda u cilju generisanja a zatim prisajedinjenja komponenata montažnoj strukturi. Želja je da se na bazi opštih principa montaže formira sistem za kodiranje redosleda CAM operacija u montažnim strukturama, koji treba da bude osnova za uvođenje distribuirane proizvodnje glodačkih glava za obradu infrastrukturnih objekata.

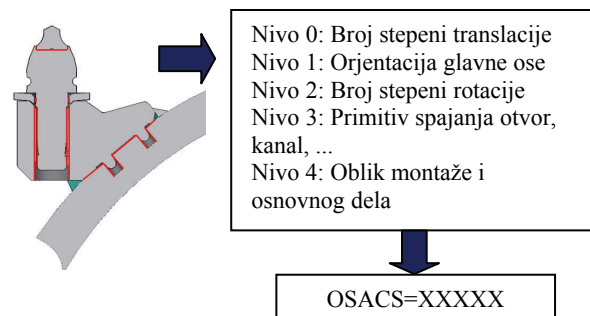
3. SISTEM ZA KODIRANJE MONTAŽNIH STRUKTURA

Većina montažnih operacija može se raščlaniti na nekoliko elementarnih operacija spajanja delova koje obuhvataju uklapanje jednog dela u drugi. Svaki od delova ima vektor primitiva (F) kojim se predstavlja orijentacija dela i vektor glavne ose dela kojim se iskazuje simetrija dela. Proučavanjem geometrijskih sličnosti između različitih parova delova razvijen je osnovni sistem za kodiranje montažnih struktura koji sadrži četiri nivoa (0,1,2,3), sto je prikazano na slici 7. U kodu su zapravo sadržane informacije koje su ekvivalentni CAM operacijama.

Daljim razmatranjem tipova delova i njihove geometrije identifikuju se tri osnovna primitiva kojima se klasifikuju različite operacije montaže dva dela:

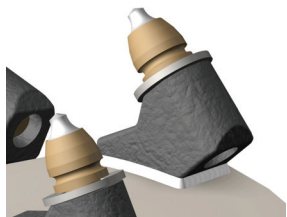
- broj stepeni slobode translacije između delova,
- broj stepeni slobode rotacije dela koji se uklapa u bazni deo,
- relativna pozicija i orijentacija dva dela u okviru zajedničkog koordinatnog sistema.

Na osnovu ovih informacija, sistem se proširuje na opšti za klasifikaciju operacija montaže i sadrži pet nivoa : 0,1,2,3,4.



Slika 7. Primer OSACS koda

Držači noževa slika 7 i 8 su elementi koji omogućavaju rotaciju noža u njima, i oni obezbeđuju nožu potreban prostorni položaj u procesu rezanja. Držači imaju relativno dug radni vek i nije ih potrebno često menjati. Zato je veza držača noževa sa dobošima izvedena zavarivanjem.



Slika 8. Držač noža na plaštu glodačke glave, spojen zavarivanjem

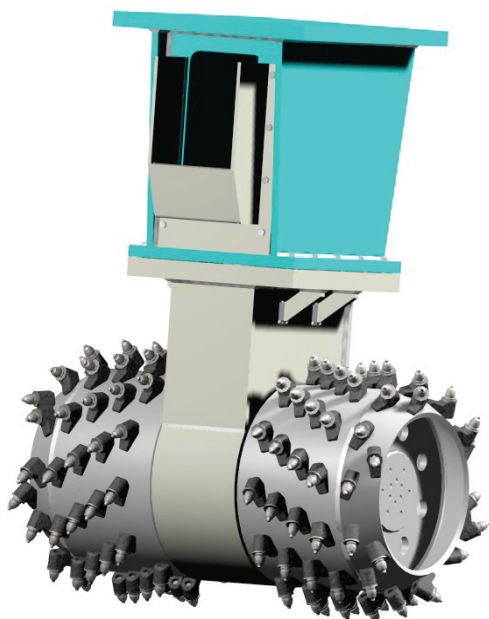
3.1 Automatsko ekstrahovanje OSACS koda

Za automatsko ekstrahovanje koda potrebno je da sistem pročita geometrijske informacije iz CAD sistema, da može da prepozna topološke informacije o sklapanju delova potrebne za CAM operacije i da ih prevedu u petonivojski kod ograničenja. Za prikupljanje informacija iz CAD sistema koristiće se model ISO-10303, STEP.

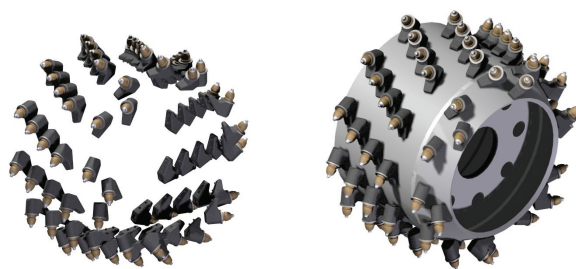
3.2 Generator redosleda operacija montaže

Da bi se odredio redosled operacija montaže potrebno je najpre prepoznati sve parove delova koji se mogu međusobno sklapati. Iz geometrijskih informacija obezbeđenih preko STEP-a dobijaju se informacije o maksimalnim i minimalnim granicama svakog dela u sva tri pravca. Jednostavnim algoritmom ispituje se da li se postoji međusobni presek ovih granica delova, odnosno mogućnost da se oni sklapaju. Ispitivanjem svakog dela dobija se lista svih delova sa kojima on ima presek i može da se spaja.

Modelovanje glodačke glave na nivou montažne strukture je veoma značajno jer se uspostavljanjem montažnih relacija postižu kinematski zahtevi. Solid Edge poseduje modul za modeliranje proizvoda na montažnom nivou, tzv. *assembly* modul. Montažna struktura se uspostavlja na osnovu montažnih relacija koje su u ovom programskom paketu definisane preko naleganja površina, saosnosti elemenata, paralelnosti, upravnosti, itd. Na slici 9 i 10. je prikazana montažna struktura sistema glodačke glave i alata glave.

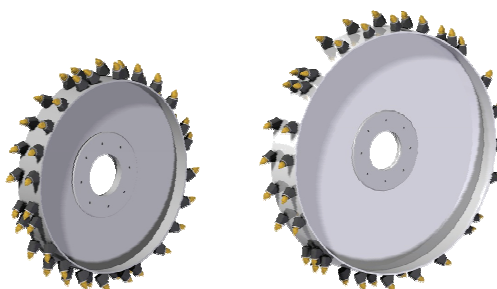


Slika 9. Sistem glodačka glava



Slika 10. Helikoidni raspored noževa i njihov položaj na glodačkoj glavi

Po istom principu urađena je i montažna struktura na primeru glodačkih diskova za obradu uskih infrastrukturnih objekata datih na slici 11.



Slika 11. Raspored noževa na glodačkim diskovima

4. ZAKLJUČAK

Razvoj složenih proizvoda poput glodačkih alata se zasniva na projektovanju montažne strukture proizvoda (CAD), zatim redosleda montažnih operacija u CAM-u u cilju generisanja distribuirane podrške proizvodnji komponenata.

LITERATURA

- [1] Babić, A., Ilić, N., *Savremen koncept projektovanja glodačkih glava u rudarstvu i izradi profila tunela*, 31 Savetovanje Proizvodnog Mašinstva, str. 114-120, Kragujevac, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, Septembar 2006.,
- [2] Babić, A., Petrović A., Petrović A., *Sistem analiza sistema alata i mašina za obradu infrastrukturnih objekata*, Časopis Instituta IMK „14. oktobar“ Kruševac, broj 22-23, str. 169-175, April 2005.
- [3] Babić, A., Petrović, A., Ilić, N., Pršić, D., *Integracija CAD/CAM u projektovanju putnih glodačkih glava*, SPMS08, 501-504, Novi Sad, FTN, Novi Sad, Septembar 2008.
- [4] Babić, A., *Tehnologija montaže*, udžbenik MFK, Kraljevo, 2005.
- [5] H. Copur, L. Ozdemir, J. Rostami: Roadheader applications in mining and tunneling industries, Earth Mechanics Institute, Colorado school of mines, Golden, Colorado, 80401

Autori: Prof. dr Arandel Babić, Dipl. inž. maš. Marina Pljakić, Dipl. inž. maš. Nemanja Ilić, Dipl. inž. maš. Aleksandra Petrović, Dipl. inž. maš., Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet Kraljevo, Katedra za proizvodno mašinstvo, Dositejeva 19, 36000 Kraljevo, Srbija, Tel/fax.: +381 36 383-269, +381 36 383-377.

E-mail: babic.a@mfkv.kg.ac.rs
marinapljakic@gmail.com
ilic.n@mfkv.kg.ac.rs
petrovic.a@mfkv.kg.ac.rs