Automatizacija projektovanja hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje

DEJAN O. LUKIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

MIJODRAG P. MILOŠEVIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

MITAR T. JOCANOVIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

SAVO J. BOJIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

STEVICA J. KOLEDIN, „AgroFerocoop d.o.o.”, Temerin

Originalni naučni rad

UDC: 621.226

DOI: 10.5937/tehnika2003321L

U okviru proizvodnog programa posmatranog preduzeća značajno mesto zauzima proizvodnja i remont hidrauličnih cilindara namenjenih za ugradnju u poljoprivredne i druge mašine i uređaje. Poseban problem u procesu proizvodnje predstavlja projektovanje hidrauličnih cilindara i generisanje odgovarajuće tehničko-tehnološke dokumentacije.

U cilju unapređenja tehničke pripreme proizvodnje u posmatranom preduzeću razvijeno je programsko rešenje čiji je osnovni zadatak automatizacija projektovanja hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje. Primenom ovog programskog rešenja višestruko se smanjuje vreme od narudžbe hidrauličnih cilindara ili određenih komponenti do generisanja tehničko-tehnološke dokumentacije, proizvodnje i isporuke kupcu.

Ključne reči: hidraulični cilindar, tehnička priprema proizvodnje, projektovanje proizvoda, projektovanje tehnoloških procesa proizvodnje, automatizacija, programsko rešenje

1. UVOD

Proizvodni sistem će dobro poslovati, ostvariti rast i razvoj samo ako zadovolji uslove tržišta, odnosno ako proizvodi upotrebljiv, ekonomičan, kvalitetno dizajniran, ekološki podoban, konkurentan i za tržište prihvatljiv proizvod [1].

Međusobno suprostavljeni zahtevi nikada nisu bili izraženiji, jer tim koji razvija proizvod mora u što kraćem vremenu da projektuje i izradi proizvod koji ima niske troškove, a pri tome da ima zadovoljavajuću tačnost, kvalitet i druge atribute koji su maksimalno prilagođeni promenljivim zahtevima i potrebama kupaca [2]. Česte promene uslova poslovanja na globalnom svetskom tržištu proizvoda uslovile su prirodo-

vanje proizvodne strategije u vremenu. U uslovima velikoserijske i masovne proizvodnje, zahvaljujući automatizaciji, proizvodnost je dostigla relativno visok nivo. Međutim, u ukupnoj strukturi metaloprerađivačke industrije dominiraju pojedinačna i maloserijska proizvodnja, čije se učešće sve više povećava usled težnje potrošačkog društva za sve većim brojem različitih prilagođenih proizvoda. Zbog toga se nameće potreba za savremenim proizvodnim sistemima sa efektima automatizovane velikoserijske i masovne proizvodnje u pogledu proizvodnosti i ekonomičnosti i efektima pojedinačne i maloserijske proizvodnje u pogledu fleksibilnosti i mobilnosti. Takvi proizvodni sistemi se baziraju na racionalizaciji i automatizaciji aktivnosti u okviru razvoja proizvoda, primeni fleksibilnih tehnoloških sistema u proizvodnji, kao i računarskoj podršci u svim aktivnostima preduzeća [3, 4].

U okviru proizvodnih sistema dominantnu ulogu u ispunjavanju zahteva tržišta za novim proizvodima ima tehnička priprema proizvodnje, kao funkcija koja predstavlja osnovnu integracionu komponentu inženjerskih aktivnosti preduzeća. Tehnička priprema

Adresa autora: Dejan Lukić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6

e-mail: lukicd@uns.ac.rs

Rad primljen: 23.03.2018.

Rad prihvaćen: 13.05.2020.

proizvodnje obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnih sistema, prva se odnosi na projektovanje proizvoda, poznata pod nazivom konstrukciona priprema, a druga na projektovanje tehnoloških procesa proizvodnje, poznata pod nazivom tehnološka priprema. Konstrukciona priprema rešava sve zadatke proračuna i projektovanja proizvoda, specijalnih mašina i uređaja a tehnološka priprema rešava sve zadatke vezane za izbor i projektovanje najpovoljnijih tehnoloških rešenja izrade i montaže proizvoda [5, 6].

Automatizacija postupaka projektovanja uspešno se rešava primenom CAD/CAE programskih sistema, a uvođenjem CNC obradnih sistema različite namene u proizvodnju značajno se povećava njena produktivnost i fleksibilnost. Da bi se uspešno povezali sistemi automatizovanog projektovanja proizvoda, odnosno CAD/CAE sistemi i sistemi automatizovane proizvodnje, odnosno CAM/CNC sistemi, neophodna je automatizacija projektovanja tehnološkog procesa proizvodnje, dakle primena CAPP sistema, koji predstavljaju most između navedenih aktivnosti, odnosno CAx sistema [3, 7, 8].

U okviru proizvodnog programa posmatranog preduzeća značajno mesto zauzima proizvodnja i remont hidrauličnih cilindara, prema zahtevima kupaca za ugradnju u njihove proizvode, kao i za ugradnju u proizvode iz sopstvenog proizvodnog programa. Postoji veliki broj različitih vrsta hidrauličnih cilindara kako u konstrukcijskom smislu, tako i u načinu i uslovima primene. U okviru proizvodnog programa posmatranog preduzeća trenutno se proizvode dve vrste hidrauličnih cilindara, prva vrsta oznake HC-01 koja se najviše koristi kod poljoprivrednih mašina i druga

oznake HC-02 koja se koristi kod mašina alatki (npr. presa) i drugih mašina i uređaja.

Poseban problem u procesu proizvodnje predstavljaju vreme i kvalitet projektovanja hidrauličnih cilindara i generisanja tehničko-tehnološke dokumentacije, što je i iniciralo ideju razvoja odgovarajućeg programskog rešenja za unapređenje ovih aktivnosti tehničke pripreme proizvodnje. Postavljen je cilj da se na kvalitetan i efikasan način dobije tehnička dokumentacija, odnosno 3D modeli/2D crteži sklopa hidrauličnog cilindra i sastavnih komponenti, kao i odgovarajuća tehnološka dokumentacija za proizvodnju u obliku tehnoloških procesa izrade i montaže. Na ovaj način se želi skratiti vreme od narudžbe do isporuke hidrauličnih cilindara kupcu, smanjiti troškovi njihove proizvodnje i podići konkurentnost proizvodnog sistema na tržištu.

2. RAZVOJ PROGRAMSKOG REŠENJA

2.1. Osnove konstrukcije i proračuna hidrauličnog cilindra

Hidraulični cilindar je izvršna komponenta u hidraulici, koji energiju hidrauličkog fluida pretvara u koristan rad. Ulazna veličina hidrauličnog cilindra je hidraulični fluid, koji pod pritiskom deluje na površinu klipa. Kao rezultat se dobija pravolinijsko kretanje klipa i klipnjače, koja je povezana sa određenim teretom. Tako se energija hidrauličkog fluida pretvara u upravljivu silu koja deluje po pravoj liniji [9, 10].

Na slici 1 su prikazane komponente klasičnog hidrauličnog cilindra tipa HC-01 koji se najviše proizvodi u posmatranom preduzeću.

Slika 1 - Komponente hidrauličnog cilindra – tip HC-01

Proračun pojedinih funkcionalnih i dimenzionih karakteristika predstavlja prvi korak u projektovanju odgovarajućeg hidrauličnog cilindra. Za tok proračuna važno je znati vrstu hidrocilindra, njegovu namenu i uslove u kojima će se koristiti. U zavisnosti od toga kakvi se pritisci javljaju i zadata opterećenja kojima je cilindar izložen, potrebno je usvojiti optimalne vrednosti dimenzija komponenti hidrauličnog cilindra, kao što su unutrašnji i spoljašnji prečnik cevi, prečnik i dužina klipnjače, hod cilindra i dr. Takođe je važno prilikom projektovanja uklopiti dimenzije klipa,

vođice, navrtke klipa, navrtke cilindra, hod cilindra sa definisanim osnim rastojanjima između otvora uški za pričvršćivanje cilindra, što je takođe programskim rešenjem obuhvaćeno.

Prvi deo u okviru projektovanja se odnosi na proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje. Da bi ovaj uslov bio ispunjen maksimalno aksijalno opterećenje koje deluje na cilindar (sila F) ne sme da pređe vrednost sile otpora na izvijanje F_b . Pri tome sila otpora na izvijanje (F_b), predstavlja vrednost sile koju klipnjača može da izdrži prilikom delovanja određenog

opterećenja, a da ne dođe do njenog izvijanja. Ova sila zavisi od mnogo faktora, kao što su opterećenje koje treba da savlada, karakteristike primenjenog materijala, prečnik i dužina klipnjače, prečnik klipa, vrsta i način ugradnje i funkcije hidrauličnog cilindra. U nastavku je prikazan postupak za proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje, odnosno proračun sila F i F_b u zavisnosti od funkcije koju hidraulični cilindar treba da izvrši.

Početne elemente za proračun hidrauličnog cilindra čine sile F_1 (aktivna sila) i F_2 (reaktivna sila), slika 2.

Slika 2 - Presek osnove hidrauličnog cilindra

$$F_1 = A_1 \cdot p = \frac{\phi_B^2}{4} \cdot \pi [N] \quad (1)$$

$$F_2 = A_2 \cdot p = \frac{(\phi_B^2 - \phi_R^2)}{4} \cdot \pi [N] \quad (2)$$

gde su:

- A_1 i A_2 - površine klipa,
- ϕ_B - prečnik klipa, i
- ϕ_R - prečnik klipnjače.

Sila otpora na izvijanje F_b se različito proračunava u zavisnosti od odnosa vitkosti klipnjače- λ i granične vrednosti vitkosti klipnjače- λ_g . Za slučaj kada je $\lambda \leq \lambda_g$, proračun se vrši prema Tetmajeru, izraz (3), dok se za slučaj kada je $\lambda > \lambda_g$ proračun vrši prema Euler-u, izraz (4) [11, 12].

$$F_b = \frac{\pi \cdot \phi_B^2 (355 - 0,62 \cdot \lambda)}{4 \cdot S} [N] \quad (3)$$

$$F_b = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{S \cdot L_B^2} [N] \quad (4)$$

$$J = \frac{\pi \cdot \phi_B^4}{64} [mm^4] \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{4 \cdot L_B}{\phi_B} \quad (6)$$

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{1,25 \cdot E}{R_e}} \quad (7)$$

$$L_B = \beta \cdot L [mm] \quad (8)$$

gde su:

- F_b - sila otpora na izvijanje [N]
- λ - vitkost klipnjače
- λ_g - granična vrednost vitkosti klipnjače
- J - moment inercije klipnjače [mm^4]
- E - Jangov modul elastičnosti [MPa] (za čelik $E=210000$ MPa)
- β - dužinski koeficijent izvijanja (usvaja se prema tabeli 1)
- L - rastojanje fiksnih tačaka hidrauličnog cilindra (zavisi od načina ugradnje) [mm]
- $S=3,5$ - usvojeni stepen sigurnosti na izvijanje
- R_e - granica napona tečenja materijala [MPa]

Pored proračuna na izvijanje u okviru programskog rešenja, proračunavaju se i druge karakteristike hidrauličnih cilindara kao što su npr. sila, odnosno masa koju može da podigne i povuče, prečnik klipa i druge dimenzije karakteristike cilindra koje su međusobno zavisne.

Tabela 1. Dužinski koeficijent izvijanja(β) u zavisnosti od načina ugradnje hidrauličnog cilindra [12]

I slučaj	II slučaj	III slučaj	IV slučaj
$\beta = 0,5$ čvrsta veza (uklještenje) na gornjem i donjem delu hidrauličnog cilindra (najpovoljniji slučaj)	$\beta = 0,7$ čvrsta veza (uklještenje) na donjem delu i zglobova veza na gornjem delu hidrauličnog cilindra	$\beta = 1,0$ zglobna veza na gornjem i na donjem delu hidrauličnog cilindra	$\beta = 2,0$ čvrsta veza (uklještenje) na donjem i slobodan kraj na gornjem delu hidrauličnog cilindra (najnepovoljniji slučaj)

Napomena: Gornji deo-klipnjača, Donji deo-cilindar

2.2. Model programskog rešenja

Osnovna algoritamska struktura razvijenog programskog rešenja SAP_HC–, „Sistem za Automatizovano Projektovanje Hidrauličnih Cilindara“, prikazana je na slici 3. Ovo rešenje predstavlja prototipsko rešenje CAD/CAPP sistema, koji je namenjen za unapređenje tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara u posmatranom preduzeću, odnosno za brže i efikasnije projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove proizvodnje.

Slika 3 - Model programskog rešenja

Programska aplikacija je povezana sa CAX programskim sistemom Autodesk Inventor, u okviru koga su formirani parametarski modeli i crteži sklopova, podsklopova i komponenti tipova hidrauličnih cilindara koji se proizvode u posmatranom preduzeću. Posmatrano rešenje je korisnički orijentisano, gde je na ulazu potrebno definisati određene parametre i izvršiti interaktivan izbor pojedinih elemenata, na osnovu čega

se zadovoljavaju zahtevane karakteristike hidrauličnog cilindra.

Osnovni koraci programskog rešenja su:

- Ulazni podaci (pritisak, prečnik klipa ili masa koju treba podići/povući, hod cilindra/min-max radne dimenzije, način pričvršćivanja i vrsta funkcije hidrocilindra, izbor tipa hidrauličnog cilindra)
 - Proračun i definisanje dimenzija osnovnih komponenti hidrauličnog cilindra (unos dobijenih preporučenih vrednosti, proračun na izvijanje i usvajanje prečnika klipnjače, definisanje dimenzija pojedinih komponenti i njihova standardizacija)
 - Projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa izrade i montaže:
 - Projektovanje komponenti/definisanje tehničko-tehnološke dokumentacije komponenti hidrocilindra (3D modeli, 2D crteži, sadržaji tehnoloških procesa izrade, karte operacija tehnološkog procesa izrade)
 - Projektovanje podsklopova i sklopa finalnog proizvoda/definisanje tehničko-tehnološke dokumentacije sklopa i podsklopova hidrocilindra (3D modeli, 2D crteži, eksplozivni modeli/cртеži, simulacija toka montaže, tehnološki proces montaže sa šemom i osnovnim tokom montaže).
- S obzirom na tehničko-tehnološke mogućnosti posmatranog proizvodnog sistema, postavljena su i trenutna ograničenja programskog rešenja za: prečnik cevi cilindra (min Ø40 - max Ø250 mm) i prečnik klipnjače (min Ø10 - max Ø180 mm).

Početni proračun u programskom rešenju može da se realizuje u dve varijante u zavisnosti od ulaznih podataka. U prvoj je potrebno uneti pritisak i prečnik klipa a u drugoj pritisak i masu koju treba da podigne hidrocilindar. Izlazni rezultati ovog proračuna su odgovarajuće vrednosti parametara koje nam pomažu pri projektovanju hidrocilindra, kao što su: sila ili masa koju hidrocilindar može da podigne, prečnik klipa/unutrašnji prečnik cevi i dr.

Nakon unosa ovih podataka potrebno je definisati i druge ulazne podatke, kao što su: hod cilindra, odnosno minimalne i maksimalne radne dimenzije hidrocilindra, potom način ugradnje i vrstu funkcije hidrocilindra, materijal klipnjače sa podacima o naponu tečenja (R_e) i modulu elastičnosti (E), kao i zadati ili pretpostavljeni prečnik klipnjače. Definisanje prečnika klipnjače se u prvom koraku vrši iskustveno, pri čemu je moguće iz programa izabrati samo standardne vrednosti prečnika, koji odgovaraju standardnim prečnicima klipa i dimenzijama zaptivnih elemenata hidrocilindra.

Na osnovu ovih podataka vrši se proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje prema postupku koji

je razvijen na bazi izraza koji su prikazani u poglavlju 2.1. Na izlazu se dobija rezultat, kojim se definiše da li predviđeni prečnik i materijal klipnjače zadovoljavaju postavljene uslove rada hidrauličnog cilindra, odnosno da li će doći do izvijanja klipnjače pri vršenju namenjene funkcije.

Nakon toga, vrši se izbor tipa hidrocilindra (HC-01 ili HC-02), a potom se u zavisnosti od izabranog tipa definišu pojedine karakteristike hidrauličnog cilindra, koje su u nastavku prikazane za tip HC-01. U cilju generisanja osnovnih dimenzija hidrocilindra neophodno je interaktivno definisati pojedine dužinske mere sastavnih komponenti (pri čemu programsko rešenje nudi raspon ovih dimenzija na osnovu čega se usvaja standardno rešenje):

- rastojanje od otvora uške do dna cilindra
- dužina navrtke klipa
- dužina klipa
- rastojanje od uške klipnjače do čela klipnjače
- dužina vodice
- dužina navrtke cilindra
- dužina dna cilindra – u cevi (L_1) i dužina dna – van cevi (L_2)

Nakon definisanja navedenih parametara na izlazu se automatski dobijaju dužina cevi, klipnjače i izvučenog dela klipnjače iz cevi (do uške) kao rezultat razlike između zahteva hidrocilindra u vidu rastojanja u razvučenom/skupljenom stanju, hoda, odnosno dimenzija njegovih komponenti.

U okviru sledećeg koraka definišu se dimenzije karakteristike komponenti hidrocilindra dok se na izlazu generiše odgovarajuća tehničko-tehnološka dokumentacija na bazi prethodno kreiranih parametarskih modela i crteža. Tačnije rečeno, na izlazu se dobijaju 3D modeli i 2D crteži definisanih komponenti, sadržaji tehnološkog procesa i odgovarajuće karte operacija izrade, kao i 3D modeli i 2D crteži podsklopova i sklopa hidrocilindra, eksplozivni model i tehnološki procesi montaže hidrauličnog cilindra sa odgovarajućom šemom montaže.

Slika 4 - Osnovna forma za definisanje komponenti, podsklopova i sklopa hidrocilindra - HC-01

Na slici 4 prikazana je forma programskog rešenja na osnovu koje se redom definišu sve komponente izabranog tipa hidrauličnog cilindra a potom i podsklopovi i finalni sklop.

Za slučaj kada je u pitanju reparacija, odnosno remont hidrauličnog cilindra, moguće je birati samo one komponente koje su u otkazu, odnosno za koje je potrebno definisati tehničko-tehnološku dokumentaciju, na osnovu koje se potom realizuje proces njihove proizvodnje.

U sledećem poglavlju dat je prikaz primene programskog rešenja na primeru projektovanja hidrauličnog cilindra i tehnološkog procesa njegove proizvodnje, prema zahtevu kupca.

3. PRIMENA PROGRAMSKOG REŠENJA - STUDIJA SLUČAJA

Prema porudžbini bilo je potrebno izraditi hidraulične cilindre sa sledećim karakteristikama:

- rastojanje između osa na otvoru uški u razvučenom stanju treba da bude 1050 mm
- namena je podizanje platforme na visinu 350-400 mm, pri čemu je čvrsta veza na donjem kraju i zglobna veza na gornjem kraju
- platforma je namenjena za podizanje mase do 3000 kg po cilindru (ukupno do 12000 kg)
- normalni radni pritisak je 100 bar
- konstrukcija platforme i elementa za kačenje će se prilagoditi konstrukciji hidrocilindra
- količina – 8 komada

Na osnovu definisanih ulaznih podataka proračunski se dobija odgovarajuća sila F i preporučeni prečnik klipa, slika 5.

Slika 5 - Podaci za definisanje sile F i prečnika klipa

U posmatranom slučaju merodavna je varijanta 2 za proračun, s obzirom da je zadata masa koju je potrebno podići. U posmatranom slučaju uzeta je u razmatranje

i varijanta 1 proračuna na bazi maksimalnog probnog pritiska za ovu vrstu hidrocilindara. Proračunom je dobijeno da je potreban prečnik klipa od 61 mm, na osnovu čega je usvojen standardni prečnik od $\varnothing B=63$ mm. Na bazi izabranog prečnika klipa definisan je standardni prečnik klipnjače ($\varnothing R=35$ mm), kao polazni podatak za proračun hidrocilindra na izvijanje.

Prema zahtevu kupca definisani način ugradnje hidrocilindra je sa čvrstom vezom na donjem i zglobovnom vezom na gornjem kraju, na osnovu čega je izabran II slučaj za definisanje koeficijenta β (dužinski koeficijent izvijanja $\beta=0,7$), slika 6.

Slika 6 - Definisanje koeficijenta - β

Shodno tome da je $\lambda \leq \lambda_g$ sila otpora na izvijanje hidrocilindra F_b se računa na bazi formule (3) prema Tetmajeru, i iznosi $F_b=83269,48$ N, slika 7. Na osnovu izvršenog proračuna vidi se da je $F_b > F_2$ ($83269,48 \text{ N} > 29430 \text{ N}$), što znači da ako na klipnjaču prečnika

$\varnothing R=35$ mm deluje masa od 3000 kg, neće doći do izvijanja klipnjače cilindra.

Slika 7 - Proračun hidrauličnog cilindra na izvijanje

Ako se posmatra sila F_1 ($F_1=62345$ N) koja se javlja pri maksimalnom probnom pritisku ($P=200$ bar), koji je veći od maksimalnog radnog pritiska ($P=160$ bar), može se takođe zaključiti da neće doći do izvijanja klipnjače, jer je $F_b > F_1$ ($83269,48 \text{ N} > 62345 \text{ N}$), slika 8.

Slika 8 - Provera hidrauličnog cilindra na izvijanje

U cilju proračuna osnovnih dimenzija hidrauličnog cilindra definisane su pojedine dužinske mere sastavnih komponenti, slika 9.

Slika 9 - Definisanje dužinskih mera pojedinih komponenti hidrauličnog cilindra

Nakon definisanja ovih dimenzija na izlazu se dobijaju dužina cevi, dužina klipnjače i dužina izvučenog dela klipnjače iz cevi (do uške) kao rezultat razlike između zahteva u vidu dimenzija hidrocilindra u razvučenom/skupljenom stanju, hoda hidrocilindra, odnosno prethodno definisanih dimenzija komponenti, slika 10. Definisanjem navedenih dimenzija vitalnih komponenti hidrocilindra automatizovano se dobijaju

sve dimenzije komponenti, na osnovu čega se generišu 3D modeli i 2D crteži istih, prema redosledu sa slike 4.

Na slici 11 dat je prikaz forme za generisanje dimenzija klipnjače, kao i generisani radionički crteži iste. Nakon definisanja i projektovanja komponenti hidrocilindra, automatizovano se generišu 3D modeli podsklopova i sklopa hidrauličnog cilindra, kao i odgovarajući 2D crteži, slika 12.

Slika 10 - Generisane dužinske mera cilindra, klipnjače i izvučenog dela klipnjače iz cevi

Slika 11 - Definisane dimenzije klipnjače i generisani 2D crteži

Slika 12 - Generisani 3D modeli podsklopova cilindra i klipnjače i 2D crteži podsklopa cilindra

Unapređenje tehnološke pripreme proizvodnje se ogleda u generisanju tehnološke dokumentacije, odnosno sadržaja tehnoloških procesa, karti operacija izrade komponenti, kao i tehnoloških procesa montaže podsklopova i gotovog proizvoda-hidrauličnog cilindra. Na slikama 13 i 14 prikazan primer generisanog sadržaj tehnološkog procesa izrade klipnjače hidroci- lindra i karte operacije obrade struganjem (podopera- cija 20/1). Na isti način se generiše tehnološka doku- mentacija za sve druge komponente hidrauličnog cilindra.

Na slici 15 prikazan je generisani tehnološki pro- ces montaže hidrauličnog cilindra sa šemom montaže i opisom zahvata montaže, dok je na slici 16 dat prikaz izrađenih komponenti posmatranog hidrauličnog cilindra.

AGRO FEROCOOP		SADRŽAJ TEHNOLOŠKOG PROCESA		Proizvod HC-01	
				Veličina serije 8 [kom]	
Naziv dela Šipka klipnjače		Broj dela	Indifikacioni Klasifikacioni	HC-01-03.01	Ide u proizvod HC-01
Oznaka i stanje materijala Oznaka Ck45		Kod:	Vrsta i dimenzije priprema Oznaka: Šipka Ø35x573	Kod:	Pogon
Operacija		NAZIV OPERACIJE		Vreme [min]	
				Kom/8h	
10/1		Sečenje	Testera BMSO-320	1	1
20/1		Struganje	CNC strug HAAS ST-20	25	2,5
20/2		Struganje		0,5	0,2
30/1		Merenje i kontrola	Kontr. sto	1	0,5
				1	60

Slika 13 - Generisani sadržaj tehnološkog procesa izrade klipnjače

Naziv dela	Broj crteža	HC-01-03.01		Veličina serije [kom]	Kod operacije
Klipnjača				8	20
Oznaka materijala	Vrsta i dimenzija priprema	Šipka Ø35x573		Vreme [min]	
Ck45				Tipz	tg
Pogon	Naziv i oznaka mašine	CNC strug - HAAS ST-20		tp	tk
Hala 1				25	2,5
Vrsta obrade	Sredstvo za hlađenje	Emulzija		0,3	2,8
Struganje				Kom/8h	
Zahvat (faza)	Opis operacije		Režimi obrade		Pribori, alati, merila
	L	D	n [o/min]	s [mm/v]	δ
- Stezanje komada i pozicioniranje, izvlačenje na dužinu:	90	Ø35			Samocentrirajući stezač - meke palke Pomoćno merilo
- Poravnati čelo			500	0,2	MWLN 2525M - WNMG080408
- Zabušivanje	8,5			0,07	Zabušivač Ø4 A4/10 HSS
- Grubo struganje	80	Ø28 (+0,4)	1450	0,25	MWLN 2525M - WNMG080408
- Izrada konusa 2/15°, detalj A			1450	0,25	MWLN 2525M - WNMG080408
- Grubo struganje	32	Ø26 (+0,2)	1540	0,25	MWLN 2525M - WNMG080408
- Obranje ivice na čelu zavisi od koraka navoja	1,5	sa prečnika Ø26 na prečnik Ø23	1300	0,25	MWLN 2525M - WNMG080408
- Fino struganje	80	Ø28 f7	1450	0,15	PDJNR 2525M 11 - DNMG 11 04 04
- Fino struganje	32	Ø26	1540	0,15	PDJNR 2525M 11 - DNMG 11 04 04
- Izrada spoljašnjeg navoja	32	M26 x 1,5	2000	1,5	266RG-16MM01A250M 1125
- Usecanje žleba	3,1 (+0,2)	Ø24,2 h9	500	0,12	N123G2-0300-0004-TM 4325
- Obranje ivica 0,5/45°, detalj B			500	0,12	N123G2-0300-0004-TM 4325
				Pomoćno merilo, mikrometar	
				Oznake dimenzija	
				HC1dKL1	
				HC1KL2	
				HC1dKL2	
				HC1KL3	
				HC1dKL3	
				HC1MKL1	
				HC1KL4	
				HC1KL5	
				Korak navoja:	
				1,5	
				Datum	
				10.10.2017	
				Izradio	
				S. Koledin	
				Kontrolisao	
				D. Lukić	
				Odobrio	
				D. Lukić	
				Listova	
				1	
				List broj	
				1	

Slika 14 - Karta operacije za obradu struganjem klipnjače hidrauličnog cilindra

Slika 15 - Tehnološki proces montaže hidrauličnog cilindra

Slika 16 - Proizvedene komponente hidrocilindra

4. ZAKLJUČAK

U cilju racionalizacije i unapređenja tehničke pripreme proizvodnje hidrauličnih cilindara, postavljen je model i razvijeno programsko rešenje/sistem za automatizovano projektovanje hidrauličnih cilindara. Ovo programsko rešenje je namenjeno za efikasnije projektovanje hidrauličnih cilindara i tehnoloških procesa njihove izrade i montaže.

Za realizaciju programskog rešenja primenjeni su programski sistemi opšte namene koji zadovoljavaju sve potrebne uslove za primenu u uslovima posmatranog proizvodnog sistema.

Programsko rešenje je korisnički orijentisano, a neke od osnovnih karakteristika su:

- Univerzalnost i fleksibilnost primene - za projektovanje i proizvodnju hidrocilindara prema specifičnim zahtevima kupaca, za projektovanje i izradu komponenti pri reparaciji hidrocilindara, kao i za tehničku pripremu proizvodnje hidrauličnih cilindara pri ugradnji u sopstvene proizvode,
- Jednostavno korišćenje – program mogu koristiti projektanti koji nemaju iskustvo u projektovanju hidrocilindara, odnosno može poslužiti za njihovu obuku, kao i iskusni inženjeri za efikasnije projektovanje,
- Sve neophodne informacije za projektovanje se nalaze na jednom mestu (kataloške dimenzije zaptivnih komponenti, standardne dimenzije cevi, šipki i dr.) što olakšava proračun i proces projektovanja,
- Neuporedivo brže se dobijaju 3D modeli i 2D crteži, odnosno tehnološki procesi izrade i montaže koji su spremni za proizvodnju,
- Pri modeliranju i projektovanju koriste se principi standardizacije i grupne tehnologije, na osnovu čega se ostvaruju značajni efekti unapređenja u projektovanju i proizvodnji.
- U kratkom roku naručilac može dobiti informacije o potrebnim komponentama (3D modeli i 2D crteži), vremenu izrade i ceni kompletnog hidrauličnog cilindra,
- Programsko rešenje se može povezati i funkcionisati jednako dobro i sa drugim CAX programskim sistemima, i dr.

Osnovni pravci daljeg istraživanja se odnose na proširenje asortimana-tipova hidrauličnih cilindara, kao i samog programskog rešenja, što će dovesti do povećanja obima proizvodnje i konkurentnosti preduzeća. Isto tako, nakon nabavke licenciranog CAM softvera i odgovarajućih postprocesora, koji predstavljaju neophodan resurs za unapređenje tehnološke pripreme proizvodnje u smilu automatizacije generisanja upravljačkih programa za obradu na odgovarajućim CNC mašinama, stvoriće se preduslovi za proširenje postojećeg programskog rešenja, odnosno razvoj integrisanog CAD/CAPP/CAM sistema.

5. ZAHVALNICA

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu ev. broj 142-451-3556/2016-01 koji je finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine i na projektu ev. broj TR 35025 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Chryssolouris G, *Manufacturing Systems: Theory and Practice*, Springer Science and Business Media, Inc., New York, 2006.
- [2] Chang K. H, *Product Cost Estimating*, In: *Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/-CAE*, Academic Press, Boston, pp. 237-294, 2013.
- [3] Xu X. W, He Q, Striving for Total Integration CAD, CAPP, CAM and CNC, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 20, No. 2, pp. 101-109, 2004.
- [4] Shivanand H. K, Benal M. M, Koti V, *Flexible Manufacturing System*, New age International (P) Limited, New Delhi, 2006.
- [5] Feng S. C, Song E. Y, A manufacturing process information model for design and process planning integration, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-15, 2003.
- [6] Lukić D, Milošević M, Antić A, Borojević S, Ficko M, Multi-criteria selection of manufacturing processes in the conceptual process planning, *Advances in Production Engineering and Management*, Vol. 12, No. 2, pp. 151-162, 2017.
- [7] Safaieh M, Nassehi A, Newman S. T, A novel methodology for cross-technology interoperability in CNC machining, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 29, No. 3, pp. 79-87, 2013.
- [8] Milosević M, Lukić D, Antić A, Lalić B, Ficko M, Šimunović G, e-CAPP: A distributed collaborative

- system for Internet-based process planning, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 42, No. 1, pp. 210-223, 2017.
- [9] Jovanović M, *Automatizacija procesa rada – osnove hidrauličnog upravljanja*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [10] Hu Y, Shen Y, *Hydraulic Cylinder CAD Design System Based on Product Disposition* In: *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management*. IFIP, Vol 207. Springer, Boston, pp. 658-663, 2006.
- [11] Mandić J, *Otpornost materijala*, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [12] Arndt K. D, Ihme J, Turk H, *Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre für Wirtschaftsingenieure*, Springer, 2016.

SUMMARY

AUTOMATION DESIGN OF THE HYDRAULIC CYLINDERS AND THEIR MANUFACTURING PROCESSES

Within the production program of the observed company, production and repair of hydraulic cylinders that are intended for installation on agricultural and other machines and devices is very significant. A specific problem within production process is the design of hydraulic cylinders and the generation appropriate technical and technological documentation.

In order to improve the technical preparation of production in the observed company, a software system has been developed. The basic task of this software is the automation design of hydraulic cylinders and their manufacturing processes. The application of this software significantly reduces the time from the order of hydraulic cylinders or certain components to the generation of technical and technological documentation, production and delivery to the customer.

Key words: *hydraulic cylinder, technical preparation of production, product design, manufacturing process planning, automation, software system*