



Agencija za
strukovno obrazovanje
i obrazovanje odraslih



Projekt je sponzorirala Evropska unija iz Europskog socijalnog fonda.

OBRAZOVNI MATERIJAL ZA STRUČNO USAVRŠAVANJE NASTAVNIKA STRUKOVNIH PREDMETA

**Modul: Usavršavanje u području struke: nova dostignuća i
prácenje promjena u obrazovnom sektoru Strojarstvo,
brodogradnja i metalurgija**

„Osнове CAD/CAM programiranja - glodanje“

Autor: Marijan Horvat



Opis modula

MODUL: MT6 (S2)		
Naziv modula	Usavršavanje u području struke: nova dostignuća i praćenje promjena	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	Kreditni bodovi	1
	Broj sati vođene edukacije (uživo)	12
	Broj sati osobnih aktivnosti polaznika	16
CILJ MODULA		
Cilj modula je ojačati strukovne kompetencije nastavnika strukovnih predmeta.		
OPIS MODULA		
Modul je generički namijenjen za predstavljanje novih dostignuća i promjena u struci te srodnim područjima i aspektima (npr. zakonska regulativa i sl.) nastavnicima koji bi ih trebali implementirati u vlastitoj praksi i nastavi.		
Preporučeni sadržaj/struktura modula:		
<ul style="list-style-type: none">izazovi i iskustva u vlastitoj strukovnoj/stručnoj praksinova znanja, tehnologije i dobre prakse u struciprimjeri svladavanja izazova u strukovnoj/stručnoj praksi (rješavanje problema) uz pomoć novih znanja, tehnologije i dobre prakse u struciimplementacija novih znanja, tehnologija i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksuvrednovanje primjene novih znanja, tehnologija i dobre prakse u struciprijenos novih znanja, tehnologija i dobre prakse na učenike i suradnike.		
ISHODI UČENJA ZA MODUL		
Nakon uspješno završenog modula polaznik će moći:		
<ul style="list-style-type: none">objasniti inovacije/novine i unapređenja u struciintegrirati nova znanja, tehnologije i dobre prakse u vlastitu strukovnu/stručnu i nastavnu praksu te rješavanje problemavrednovati korisnost i učinkovitost primjene novih znanja, tehnologija i dobre prakse u struciosmisliti prijenos novih znanja, tehnologija i dobre prakse na učenike i suradnike.		
NAČIN VREDNOVANJA		
Elementi praćenja i provjeravanja	Opterećenje u kreditnim bodovima	
Vođena edukacija	0,4	
Samostalne aktivnosti polaznika	0,6	



Završno vrednovanje	0
Ukupno	1
KADROVSKI UVJETI	
Modul trebaju realizirati stručnjaci iz pojedinih obrazovnih sektora zaposleni na visokoškolskim institucijama (npr. za prijenos novih znanja, tehnologija), u realnom sektoru (npr. za prijenos tehnologija i dobre prakse) ili pak srodnim strukovnim školama (npr. primjeri dobre prakse implementacije novih dostignuća).	

Napomena: opis modula sastavni je dio Koncepta novog modela stručnog usavršavanja nastavnika strukovnih predmeta kojega je Agencija razvila u okviru ESF-ovog projekta



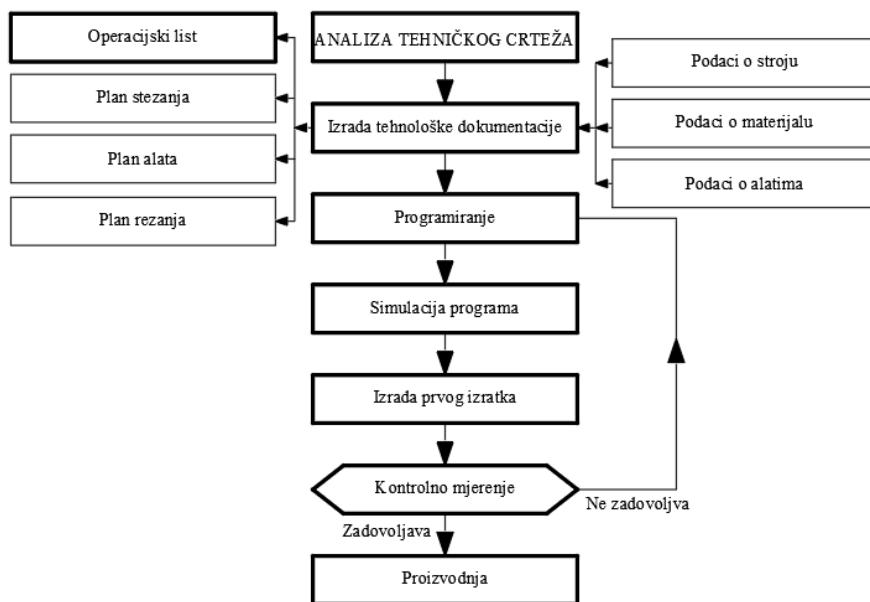
Sadržaj modula: Izazovi i iskustva u strukovnoj praksi te nova znanja i tehnologije

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Analizirati mogućnosti implementacije CAD/CAM tehnologije.
2. Interpretirati metodologiju programiranja CNC strojeva.
3. Interpretirati prednosti i nedostatke CAD/CAM programiranja.

Opis obrazovnog sadržaja

Obrada skidanjem strugotina još uvijek predstavlja dominantan način preoblikovanja metalnih obradaka u željeni izradak. Geometrija izradaka sve je složenija te zahtijeva kompleksan način vođenja putanje alata koji služi za obradu. Računalom upravljeni strojevi, tzv. CNC strojevi (engl. *Computer Numerical Control*) omogućavaju realizaciju navedenih složenih geometrija. Obrada skidanjem strugotine u dijelu glodanja uglavnom se realizira kao 2.5D glodanje te višeosno glodanje. Programiranje glodanja često zahtijeva upotrebu specijaliziranih CAD/CAM programa (CAD - (engl.*Computer-aided Design*) - dizajn potpomognut računalom, CAM - (*Computer-aided Manufacturing*) - korištenje računalnog programa za upravljanje alatnih strojeva i srodnih strojeva u proizvodnji izradaka, može se odnositi i na korištenje računala kako bi pripomogli svim operacijama proizvodnog ciklusa, uključujući planiranje, upravljanje, prijevoz i skladištenje). Integracija CAD i CAM sustava rezultira generiranjem CNC programa koji se izravno unosi u upravljačku jedinicu CNC stroja. Kvalitetne simulacije te analize koje su sastavni dio CAD/CAM programa sprečavaju greške. Važno je ovdje napomenuti da implementacija CAD/CAM sustava zahtijeva viši stupanj kompetencija. U zadnje vrijeme razvijaju se i sustavi programiranja CNC strojeva temeljeni na umjetnoj inteligenciji. Izradak izrađen u nekom 3D CAD programu predstavlja temeljni ulazni parametar ovakvih sustava. Točnost programa veoma je važna jer greške uzrokuju ne samo greške izratka nego i moguće havarije samog CNC stroja. Na tržištu postoji čitav niz CAD/CAM programa. Tvrte koje implementiraju CAD/CAM tehnologiju često koriste različite proizvođače CAD/CAM programa. Programiranje CNC strojeva je proces koji zahtijeva mnogo informacija i kompetencija. Slika 1 prikazuje pojednostavljenu shemu izrade proizvoda na CNC stroju.



Slika 1: Pojednostavljena shema programiranja CNC strojeva.

Implementacija CAD/CAM sustava u tvrtke omogućava izradu kompleksnijih proizvoda koji imaju višu dodanu vrijednost. Prije uvođenja CAD/CAM sustava potrebno je izvršiti cijelokupnu analizu mogućnosti implementacije. Implementacija zahtijeva kvalificiranu radnu snagu koja posjeduje kompetencije u radu sa CAD/CAM programima.

Prednosti CAD/CAM programiranja:

- mogućnost izrade visoko složenih oblika;
- veća dodana vrijednost proizvoda;
- smanjenje grešaka programa;
- integracija sa čitavim sustavom proizvodnje (CAE sustavi).

Nedostaci CAD/CAM programiranja:

- visoki troškovi ulaganja;
- kvalificirana radna snaga;
- proces integracije zahtijeva dugo vrijeme prilagodbe.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrijednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u

samostalnom radu.

Sadržaj modula: Osnovne informacije o CAD/CAM programu FUSION360®

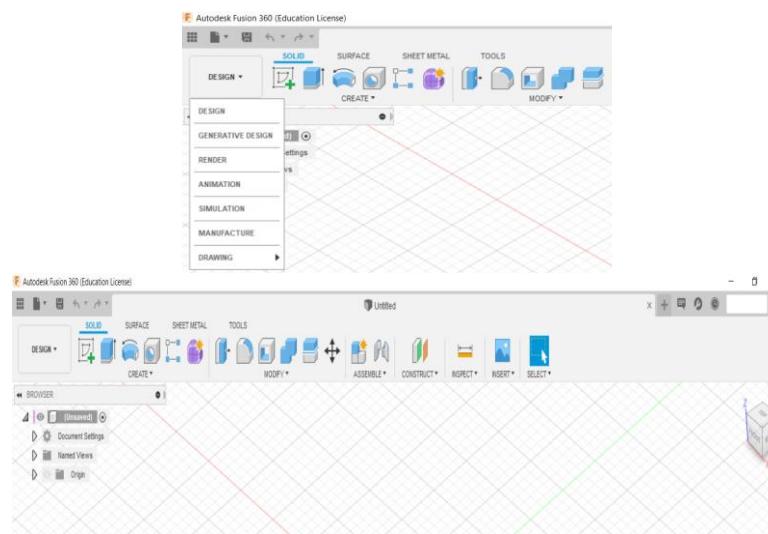
Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Analizirati implementaciju CAD/CAM programa u strukovnom obrazovanju Republike Hrvatske.
2. Identificirati sučelje programa FUSION360®.
3. Prilagoditi osnovne postavke programa FUSION360®.

Opis obrazovnog sadržaja

U strukovnom obrazovanju Republike Hrvatske u sektoru Strojarstvo, brodogradnja i metalurgija implementiraju se različiti CAD/CAM programi. Problem se javlja kod legalizacije korištenja CAD/CAM programa i mogućnosti instaliranja na računala učenika.

Kompanija Autodesk® zadnjih godina dozvoljava korištenje svojih proizvoda u obrazovne svrhe. Nadalje, njezini programi učestalo se koriste i na svjetskim učeničkim natjecanjima kao što je npr. *WorldSkills*. Proizvode mogu koristiti nastavnici i učenici sukladno licencnim pravilima. Program Autodesk Fusion360® predstavlja alat koji obuhvaća područja 3D modeliranja, izradu tehničke dokumentacije, vizualizaciju, simulaciju i CAD/CAM programiranje. Integracija svih modula u jednom programu, jednostavnost korištenja kao i dobra podrška s obrazovnim materijalima, predstavljaju potencijal za njegovu primjenu u obrazovanju. Program radi djelomično u *oblak* okruženju te je potrebna internetska veza tijekom pokretanja programa. Nakon prijave i registracije kroz službeni portal, potrebno je umetnuti dokument iz kojeg je jednoznačno moguće dokazati nastavnički odnosno učenički status u srednjoj školi Republike Hrvatske. Povratna informacija dobiva se obično nakon 48 sati u obliku poruke koja u sebi sadrži putanju prema preuzimanju željenog alata. Prijava se vrši putem skole.hr domene. Nakon instaliranja programa moguće je povezivanje sudionika u grupe, što može biti zanimljivo prilikom izrade učeničkih projekata. Program sadrži respektabilne baze strojnih dijelova koji mogu poslužiti kao dodatni materijali tijekom izvođenja nastavnog procesa. Učenici se u školi prijavljuju u program sa svojim *skole.hr* identitetom, izrađuju zadatak te ga spremaju u *oblak*. Kod kuće mogu nastaviti sa radom nakon prijave na svoje računalo. Ovakav jednostavan način rada omogućava olakšanu izradu i provjeru radova te realizaciju složenih projekata.

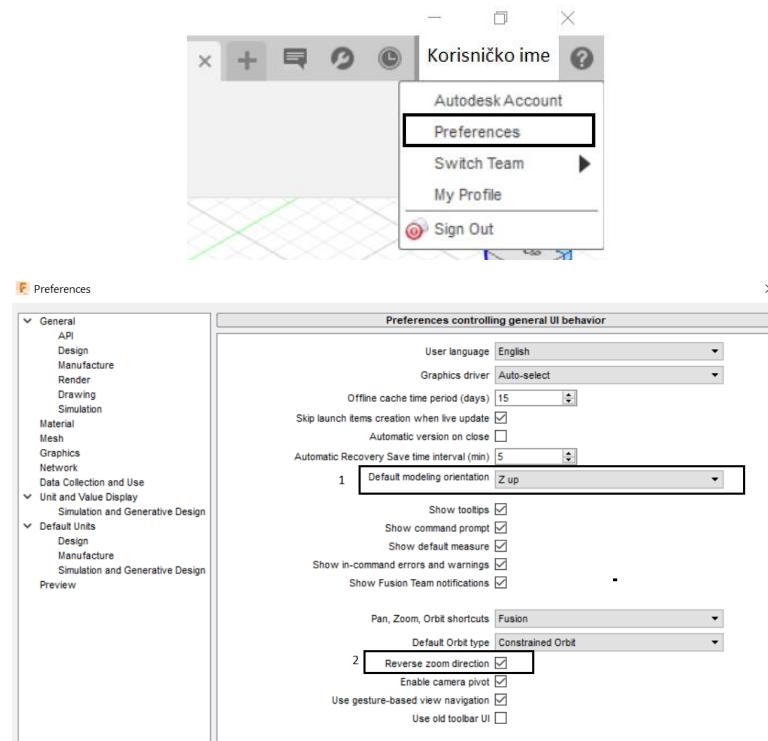


Slika 2. Sučelje programa Fusion360®
„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

Slika 2. prikazuje sučelje programa Fusion360®.

Program se sastoji od sljedećih osnovnih modula:

- a) Design,
- b) Generative design,
- c) Render,
- d) Animation,
- e) Manufacture,
- f) Drawing.



Slika 3. Osnovne postavke programa Fusion360®
„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“



Slika 3. prikazuje osnovne postavke programa. Opcija *Preferences* omogućava većinu postavki i personalizaciju programa. Opcija *Default modeling orientation* u opciji Z up definira smjer osi z prema gore u donosu na XY ravninu. Također, opcija *Reverse zoom direction* omogućava „zumiranje“ mišem na istovjetan način kao i u programu AutoCAD®.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrjednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u samostalnom radu.

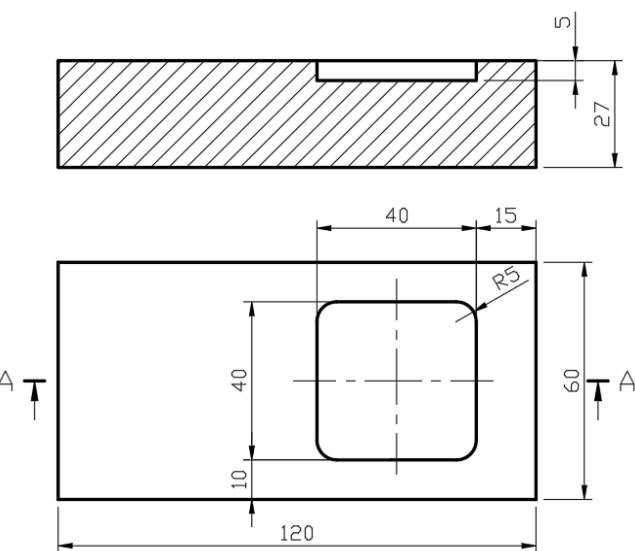
Sadržaj modula: 3D modeliranje jednostavnog prizmatičnog predmeta

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Analizirati osnovne naredbe 3D modeliranja.
2. Preispitati korelaciju osnovnih naredbi 3D modeliranja sa drugim računalnim sustavima.
3. Primijeniti osnovne naredbe 3D modeliranja.

Opis obrazovnog sadržaja

Pri radu sa CAD/CAM sustavima potrebno je poznавање основних naredbi за 3D modeliranje kako bi se 3D model prilagodio tehnološkim mogućnostima tvrtke. Slika 4. prikazuje jednostavni prizmatični predmet za koji je potrebno izraditi 3D model.



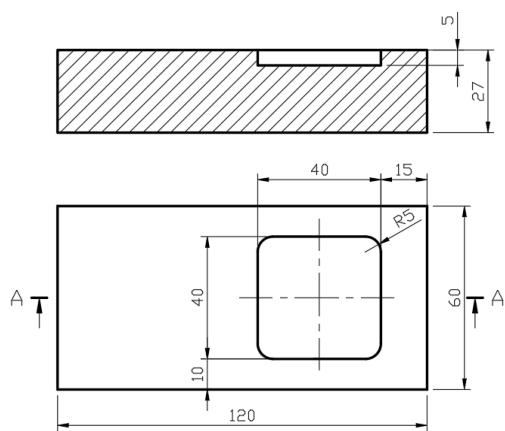
Slika 4. Jednostavni prizmatični predmet

3D modeliranje u programu Fusion360® vrši se u modulu *Design*. Većina naredbi identična je programu AutoCAD®. Naredbe su parametarski koncipirane te sadrže kratke upute koje se aktiviraju tokom rada. U nastavku slijede osnovni koraci u izradi 3D modela. Baza će biti ravnina XY sa ishodištem koordinatnog sustava desno od crteža. Ishodište koordinatnog sustava 3D modela je u kontekstu sa ishodištem koordinatnog sustava vezanog uz CNC programiranje. U nastavku su prikazani osnovni koraci u 3D modeliranju. Korištene su naredbe *Rectangle*, *Fillet* i *Extrude*.

1. Korak

Radionički crtež

- dimenzije obratka 120x60x30 mm
- dimenzije izratka 120x60x27 mm





2. Korak – 3D modeliranje izratka

XY ravnina

1. Naredba 2 POINT RECTANGLE – 120 x 60 mm

2. Naredba EXTRUDE – visina 27 mm

3. Izrada skice na gornjoj plohi

- naredba RECTANGLE – 40 x 40 mm

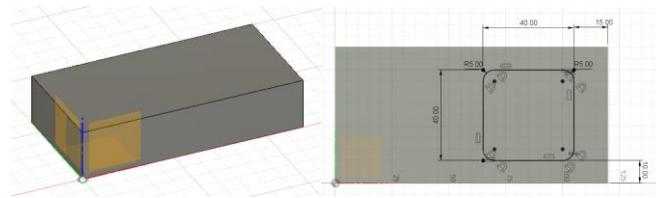
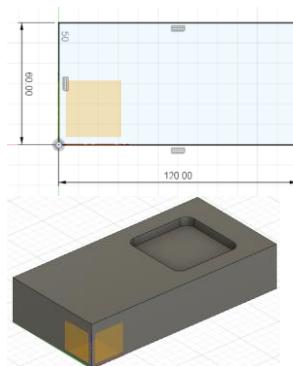
- naredba FILLET – R=5mm

- naredba SKETCH DIMENSION – dimenzionirati sve parametre



4. Izrada džepa 40x40x5 mm

- naredba EXTRUDE - -5mm



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrjednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u samostalnom radu.

Sadržaj modula: Izrada jednostavne tehnološke dokumentacije

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Preispitati opseg tehnološke dokumentacije kod CAD/CAM programiranja.
 2. Proračunati režime rada.
 3. Analizirati vrste Operacijskih listova.

Opis obrazovnog sadržaja

Tehničko-tehnološku dokumentaciju čini: tehnički crtež, operacijski list, plan stezanja, plan alata, plan rezanja i programski list. Tehnički crtež uglavnom je realiziran kao radionički crtež i izrađuje se u raznim CAD programima. Radionički crtež sadrži informacije o geometriji, materijalu, kvaliteti površine, zahtjevima vezanim uz tolerancije i posebne napomene te upute za izradu izratka (npr. informacije o toplinskim obradama). Detaljna analiza radioničkog crteža prethodi izradi ostalih dokumenata tehničko-tehnološke dokumentacije, a posebno operacijskom listu. Tablica 1. prikazuje operacijski list - tip 1 s osnovnim informacijama potrebnim za izradu CNC programa. Tablica 2. prikazuje operacijski list - tip 2 s dodatnim informacijama, koji je zanimljiviji u kontekstu CAD/CAM programiranja jer u jednom dokumentu sadrži informacije plana stezanja i plana rezanja.

Tablica 1. Operacijski list – tip 1



Napomena: režimi rada odabrani su za proizvodni stroj.

Tablica 2. Operacijski list – tip 2 (prvi dio)

JEDNOSTAVNI OPERACIJSKI LIST (CAD/CAM)		Broj operacijskog lista:	AI - legura	120x60x30		
			Materijal:	Dimenzije obratka:	Izradio:	
			Broj radioničkog crteža:	Naziv dijela/pozicije:	Pregledao/odobrio:	List:
Br. operacije /zahvata	Naziv operacije, zahvata	STROJNA GRUPA, ALATI	SKICA NAKON OBRADE			T _{PZ} t ₁
10	PRIPREMA RADNOG MJESTA	CNC stroj 001				20
10/10	Zagrijavanje stroja	CNC stroj 001				
10/20	Priprema i mjerjenje alata na stroju	1. Čeono glodalo Ø40 2. Prstasto glodalo Ø8 Etalon za mjerjenje korekcije alata				
10/30	Stezanje obradka i mjerjenje nul točke	Strojni škripac 3D taster				
20	ČEONO GLODANJE					1
20/10	Čeono glodanje plohe 120x60x27	Čeono glodalo Ø40				
V (m/min)	200					
f _Z (mm/zub)	0,1					
S (min ⁻¹)	1591					
F (mm/min)	471					

Napomena: režimi rada odabrani su za proizvodni stroj.

Tablica 2. Operacijski list – tip 2 (nastavak)

JEDNOSTAVNI OPERACIJSKI LIST (CAD/CAM)		Broj operacijskog lista:	AI	120x60x30		
			Materijal:	Dimenzije obratka:	Izradio:	
			Broj radioničkog crteža:	Naziv dijela/pozicije:	Pregledao/odobrio:	List:
Br. operacije /zahvata	Naziv operacije, zahvata	STROJNA GRUPA, ALATI	SKICA NAKON OBRADE			T _{PZ} t ₁
30	IZRADA ĐŽEPA					4,3
30/10	Izrada pravokutnog đžepa 40x40x5mm	Prstasto glodalo Ø8				
V (m/min)	32					
f _Z (mm/zub)	0,05					
S (min ⁻¹)	1273					
F (mm/min)	255					
40	KONTROLA DIMENZIJA	Kontrolna mjerila				5

Napomena: režimi rada odabrani su za proizvodni stroj.

Također, operacijski list sadrži informacije vezane uz režime rada i vremena potrebna za pripremu T_{PZ} (min) i izradu izratka t₁ (min). Brzina rezanja V (m/min), posmična brzina F (mm/min) i broj okreta vretena S (okr/min) definirani su izrazima:

a) za glodanje

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot S}{1000} \text{ (m/min)}$$

$$F = f_z \cdot n \cdot Z \text{ (mm/min)}$$

$$S = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (okr/min)}$$



pri čemu je:

D (mm) promjer alata

S (okr/min) broj okretaja
vretena u minuti

F (mm/min) posmična
brzina

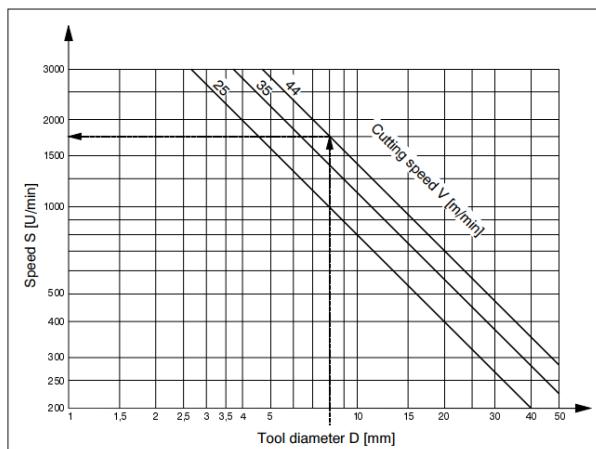
fz (mm/zub) posmak po
zubu (oštici) alata

S (okr/min) broj okretaja
vretena u minuti

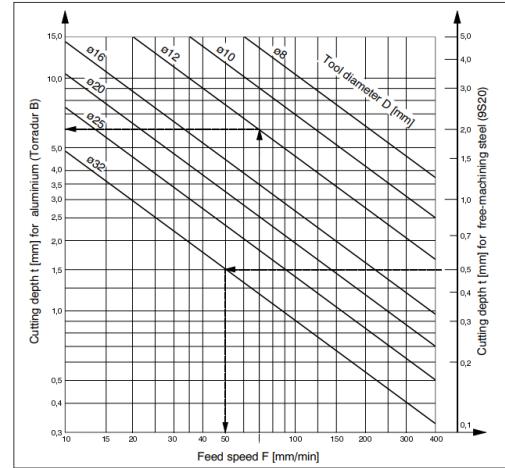
Z broj zubi (oštrica) alata

Broj prolaza i te dubina rezanja a_p određuju se uzimajući u obzir željenu kvalitetu površine, alat, materijal i snagu stroja. Kod školskih CNC strojeva, koji su namijenjeni za obuku, izbor režima rada vrši se temeljem dijagrama i proračuna za materijal „*Automat aluminum*“. Preporučljivo je da se operacijski list izrađuje bez obzira na samu organizaciju proizvodnog procesa. Ovaj dokument također može poslužiti u procesu izrade ponude za izradu proizvoda i kao temeljni dokument za planiranje organizacije u proizvodnji. Iz svega navedenog, jasno je da je potrebno pažljivo pristupiti izradi operacijskog lista.

Dijagram 1. Režimi rada školske glodalice EMCO-Mill55



Determination of the speed



Milling - determination of the cutting depth t and the feed speed F

Izvor: EMCO

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrjednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u samostalnom radu.



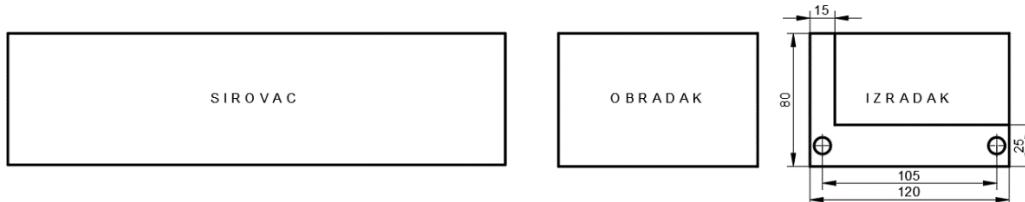
Sadržaj modula: Izrada CNC programa korištenjem CAD/CAM programa

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Opisati osnovne točke CNC stroja.
2. Komentirati poziciju postavljanja nul-točke izratka W.
3. Koristiti CAD/CAM program u izradi jednostavnog CNC programa.
4. Preispitati G-cod generiran pomoću CAD/CAM programa.

Opis obrazovnog sadržaja

CAD programi, koji služe za dizajniranje na računalu, mogu se integrirati sa CAM sustavima u takozvane CAD/CAM sustave. Trodimenzionalni crtež uvozi se u CAD/CAM program te se kroz određene procedure vrši simulirana obrada u željenoj tehnologiji. Rezultat predstavlja CNC program koji je najčešće izrađen u *G-codu*. Program Fusion360® omogućava jednostavnu integraciju CAD modula sa CAD/CAM modulom programa.



Slika 5. Objasnjenje terminologije

Slika 5. prikazuje objašnjenje terminologije sirovac, obradak, izradak.

Prilikom programiranja potrebno je poznavati osnovne točke CNC stroja:

a) M - nul-točka stroja (*Machine Zero Point*)

- pozicija ove točke određena je od strane proizvođača CNC stroja i ne može se mijenjati. Ona je ishodište koordinatnog sustava stroja.

b) W - nul-točka obratka/izratka (*Workpiece Zero Point*)

- točka vezana za obradak/izradak. Slobodno se mijenja prema potrebama konstrukcije ili izrade. Jedan obradak/izradak može imati više nul-točaka. Uobičajeno je da se ova točka postavlja na izradak.

c) N - referentna točka alata (*Tool Mount Reference Point*)

- početna točka od koje se mjeri svi alati. Leži na osi držača alata, određena je od strane proizvođača i ne može se mijenjati. Pozicija ove točke prati se senzorima stroja u odnosu na točku M .

d) R - referentna točka (*Reference Point*)

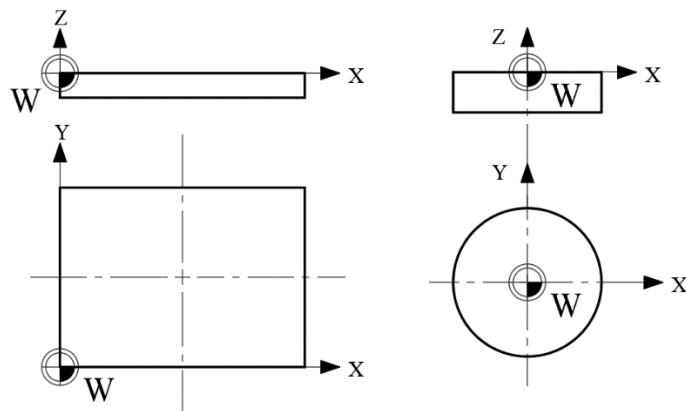


- točka u radnom području stroja koja je određena krajnjim prekidačima.



Slika 6. Oznake referentnih točaka CNC stroja

U nastavku se podrazumijeva da se točka W postavlja na izradak. Nul točka izratka W može se postaviti na različite pozicije koje pak ovise o tehnologiji izrade. Slika 7 prikazuje moguće pozicije nul-točke.



Slika 7. Pozicije postavljanja nul-točke izratka W

U nastavku slijede osnovni koraci u izradi jednostavnog CAD/CAM programa na primjeru programskega paketa Fusion360®.

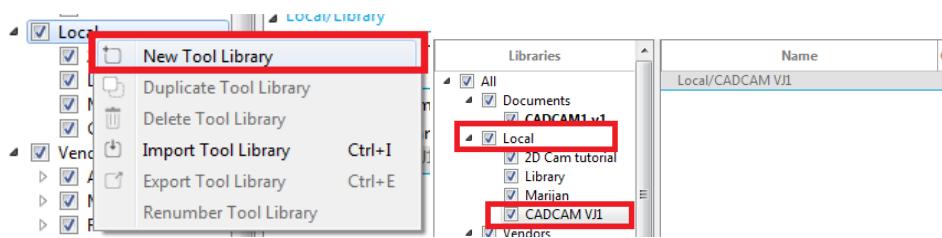
1. Korak – MANUFACTURE (Fusion360)

1. Kreiranje alata TOOL LIBRARY



Kreiranje NEW TOOL LIBRARY

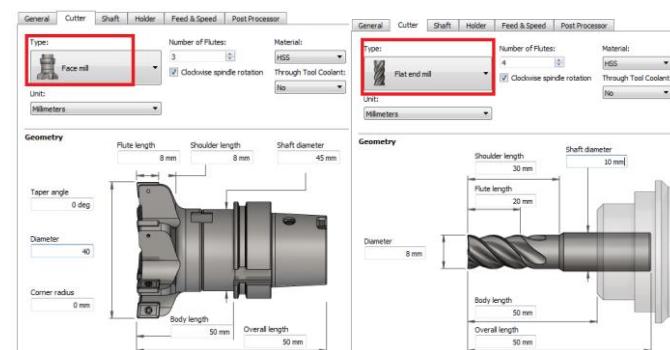
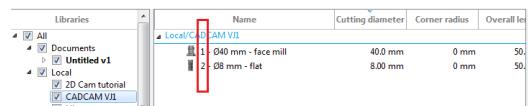
- Kliknuti na Local
- Desni klik - New Tool Library
- Formiranje CADCAM VJ1



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

Formiranje alata u Tool Library

- New Mill Tool
- definirati čeonu glodalo Face Mill (opcija Type)
- definirati geometriju Geometry i režime rada Feed&Speed
- definirati prstasto glodalo Flat end mill
- definirati geometriju Geometry i režime rada Feed&Speed



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

2. Definiranje dimenzije obratka i nul točke Setup

- definiranje dimenzija obratka – STOCK
- definirati relativno na izradak – Mode – Relative size box
- definiranje dodataka na izradak – Stock Offset Mode
- definiranje dimenzija obratka - u opciji Add stock to sides.

STOCK SIDE OFFSET =0, TOP SIDE OFFSET =3

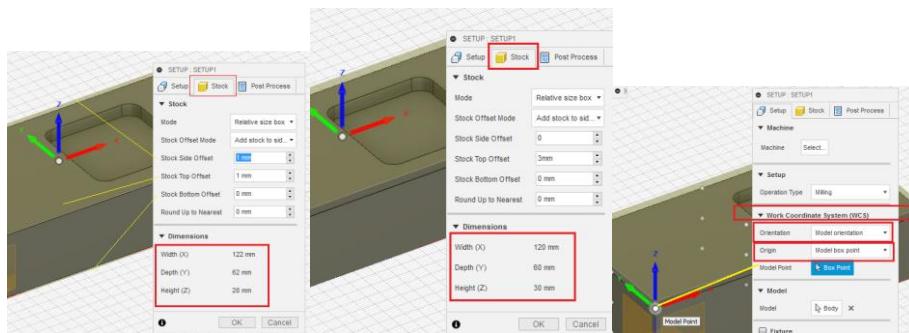
- definiranje nul točke WCS – Setup – Work Coordinate System
- definiranje nul točke obzirom na izradak

Orientation – Model orientation

- pozicija nul točke (kliknuti na točku modela-izratka)



Origin – Model box orientation

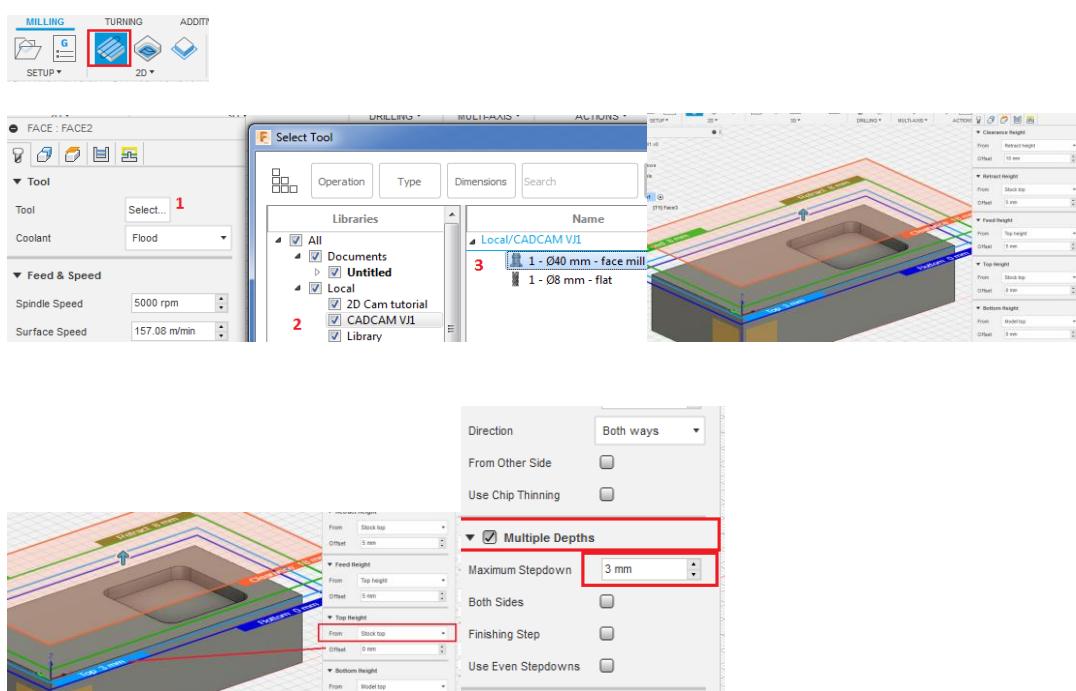


„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

Definiranje obratka moguće je i „uvozom“ 3D modela obratka, dok je definiranje nul točke moguće i pozicioniranjem točke naredbom *Point* u modulu *Design* na željenoj poziciji.

3. Definiranje operacije čeonog glodanja – FACE

- definiranje alata Tool – CADCAM VJ1 – 1 – face mill
- analiza visina u toku obrade – Heights
(visina obrade definirana je obzirom na obradak -Stock top i iznosi 3mm iznad nul točke - Top 3mm)
- definiranje maximalne dubine po prolazu – Passes – Multiple Depths



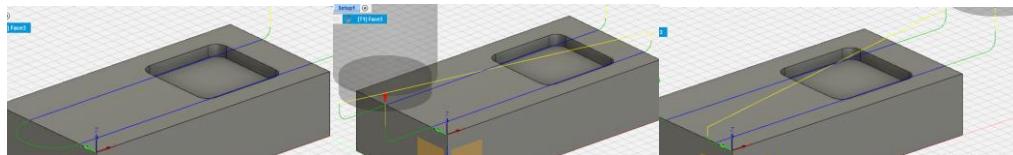
„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

- definiranje načina obrade – Passes - Direction

Both ways

Conventional

Climbp



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

- definiranje vertikalnog spuštanja Vertical Lead-In Radius=0

(nema vertikalnog radijusa u ravnini G18 prilikom prilaza čeonog glodala što olakšava postprocesiranje)



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

4. Generiranje G-codea i ubacivanje u WinNC

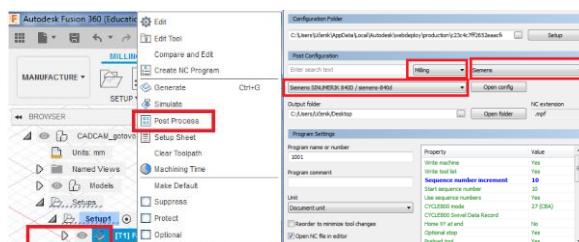
- generiranje G-codea za operaciju Face

- desni klik na operaciju – Post Process – Output

- generirani G-code posjeduje ekstenziju .mpf

- prilagodba generiranog G-codea

- ubacivanje G-codea u željenu upravljačku napravu (npr WinNC-Emco)



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

5. Definiranje operacije izrade džepa – 2D Pocket

- definiranje alata Tool – Select – CADCAM VJ1 – 2 – Flat

- definiranje geometrije džepa Geometry – Pocket Selection

- maksimalna dubina po prolazu grube obrade

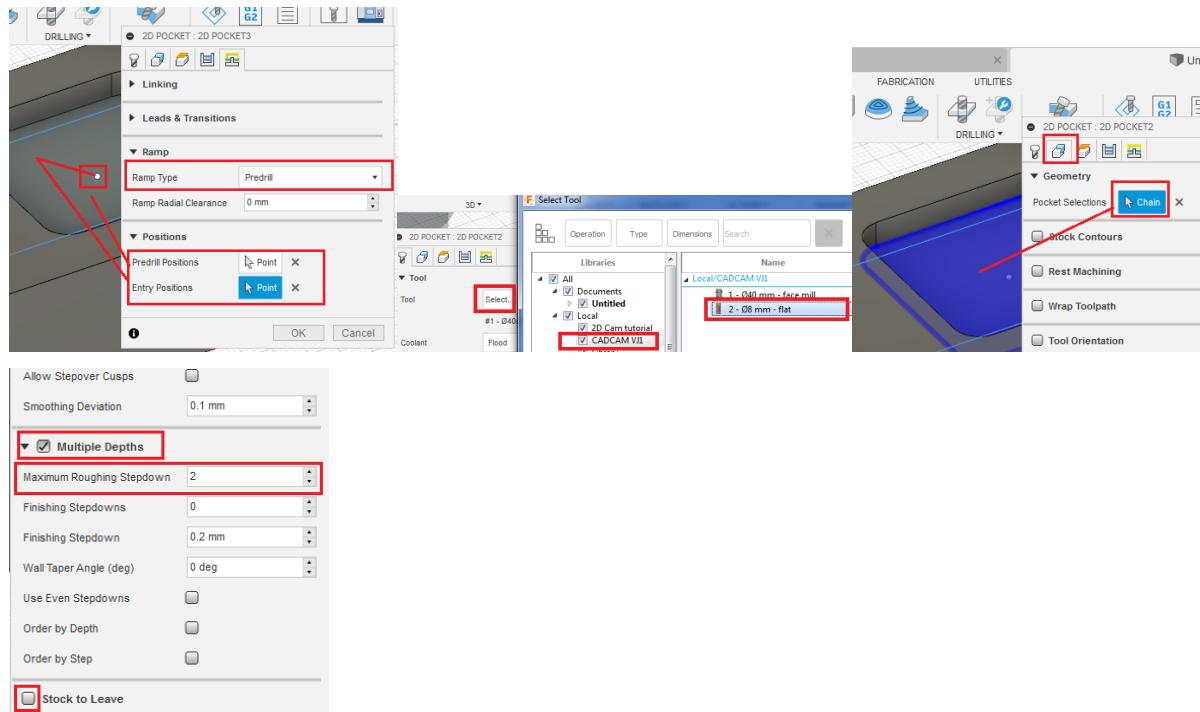
Passes – Maximum Rough Step. – 2mm

- dodatak za daljnju obradu mjerjen od obratka (Stock)



Passes - Stock to Leave - nije potreban

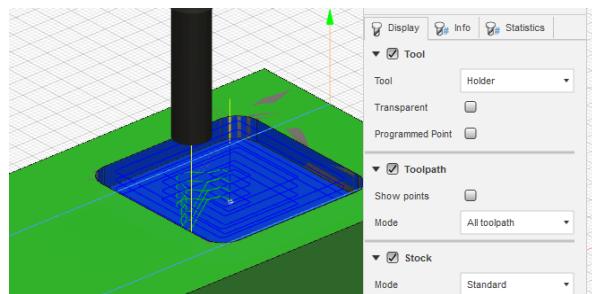
- definiranje prilaza alata Linking - Ramp prilaz je definiran ravno (Predrill), a točka spuštanja je unaprijed definirana naredbom Point u džepu.



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

6. Definiranje simulacije - Simulate

- ukoliko se želi vidjeti obrada od obratka do izradka – Stock



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

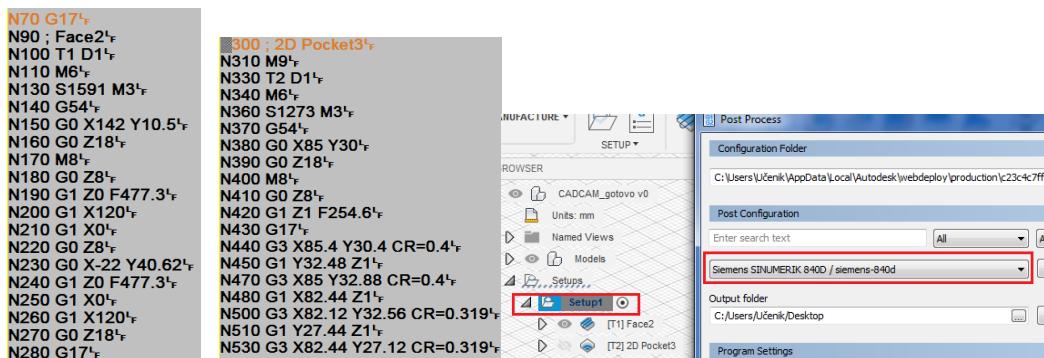
U simulacijskom procesu moguća je analiza svih točaka putanje alata. U programskom stablu za pojedinu operaciju moguć je uvid u koordinate svih točaka putanje alata.

7. Generiranje G-codea i ubacivanje u WinNC

- generiranje G-codea za sve operacije Setup1
- desni klik na operaciju – Post Process – Output
- generirani G-code posjeduje ekstenziju .mpf



- prilagodba generiranog G-codea
- ubacivanje G-codea u željenu upravljačku napravu (npr WinNC-Emco)



„Autodesk screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.“

Rezultat postprocesiranja često zahtijeva manje intervencije u G-codeu sukladno karakteristikama upravljačke jedinice CNC stroja. U nastavku slijede osnovne naredbe G-codea sukladno ISO 6983 ili DIN 66025.

G0 Brzi hod.

G1 Radni hod.

G2 Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu.

G3 Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu.

G4 Vrijeme zastoja.

G9 Kružna interpolacija kroz točku.

G17 Izbor radne ravnine – XY.

G18 Izbor radne ravnine – XZ.

G19 Izbor radne ravnine – YZ.

G25 Minimalno programirani radni prostor/broj okretaja radnog vretena.

G26 Maksimalno programirani radni prostor/ broj okretaja rad. vretena.

G33 Narezivanje navoja sa konstantnim korakom.

G331 Urezivanje navoja.

G332 Urezivanje navoja – povratno gibanje.

G40 Isključenje kompenzacije radijusa alata.

G41 Ljeva kompenzacija radijusa alata.

G42 Desna kompenzacija radijusa alata.

G53 Isključenje pomaka nul-točke.



G54-G59 Postavljanje –nul-točke obratka.

G63 Urezivanje navoja bez sinkronizacije.

G64 Način izrade konture.

G70 Mjerni sustav u inčima.

G71 Mjerni sustav u milimetrima.

G90 Apsolutni mjerni sustav.

G91 Inkrementalni mjerni sustav.

G94 Posmak u mm/min (inch/min).

G95 Posmak u mm/o (inch/o).

G96 Konstantna brzina rezanja.

G97 Stalan broj okretaja isključen.

G110 Polarna koordinata – inkrementalno.

G111 Polarna koordinata – apsolutno.

TRANS Translacija koordinatnog sustava (obično se naredba upisuje iza naredbe za postavljanje nul-točke, G54,G55...).

ATRANS Translacija koordinatnog sustava inkrementalno

SUPA – ima isti efekt kao i naredba **G53**

M0 Programirano zaustavljanje/stop.

M1 Uvjetni stop.

M2 Kraj programa.

M3 Rotacija vretena udesno (u smislu kazaljke na satu).

M4 Rotacija vretena u lijevo (u smislu suprotno kazaljci na satu).

M5 Zaustavljanje vretena.

M6 Izmjena alata.

M8 Uključenje rashladnog sredstva.

M9 Isključenje rashladnog sredstva.

M10 Uključenje diobene glave.

M11 Isključenje diobene glave.

M17 Kraj potprograma.

M25 Otvaranje čeljusti škripca.

M26 Zatvaranje čeljusti škripca.

M27 Zakretanje diobene glave.

M30 Kraj programa.

M70 Pozicioniranje glavnog vretena.

M71 Automatsko zatvaranje vrata.

M72 Automatsko otvaranje vrata.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrijednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u samostalnom radu.



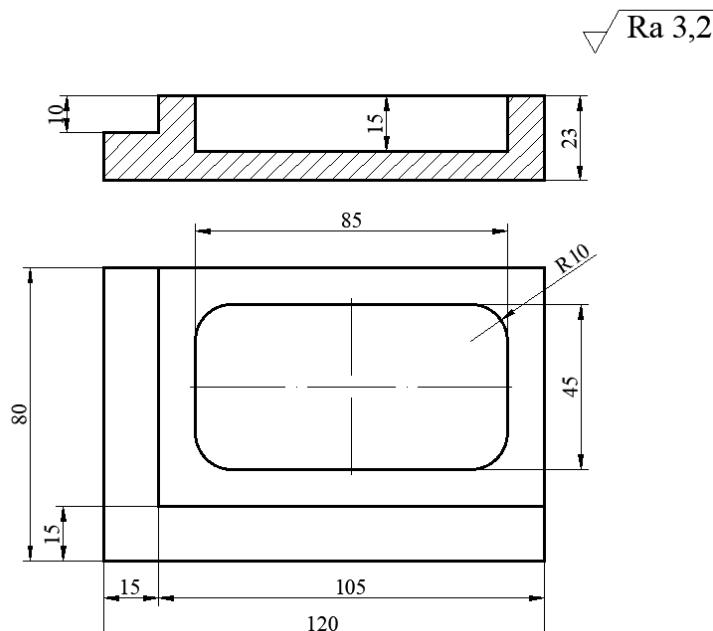
Sadržaj modula: Samostalni rad

Ishod/i učenja koji se ostvaruju kroz sadržaj:

1. Izraditi 3D model predmeta.
2. Izraditi Operacijski list.
3. Izraditi CNC program korištenjem CAD/CAM programa.
4. Preispitati G-cod generiran pomoću CAD/CAM programa.
5. Preispitati korištenje naredbi 2D Adaptive Clearing.

Opis obrazovnog sadržaja

Potrebno je izraditi 3D model, operacijski list i CAD/CAM program za predmet prikazan slikom 8.



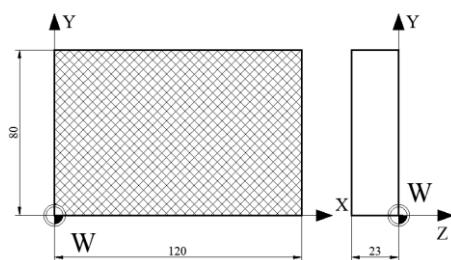
Slika 8. Samostalni rad

Uputa:

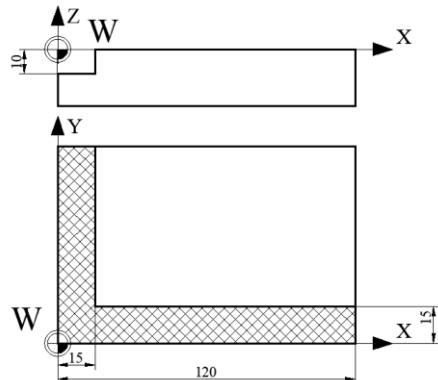
1. Izraditi 3D crtež predmeta na slici 8, koristeći prethodno opisane korake. Izrađeni 3D model snimiti kao *prezime_3Dmodel*.
2. Izraditi operacijski list.
3. Izraditi CNC program koristeći korake i alate opisane u prethodnom tekstu.

Preporučuje se primjena sljedećih operacija:

- A) Face – čeono glodanje plohe, alatom čeono glodalo Ø40mm



B) 2D Pocket za izradu stepenice, alatom prstasto glodalo Ø8mm



C) 2D Pocket za izradu džepa alatom prstasto glodalo Ø8mm

Dimenziije obratka su 120x80x25 mm, a materijal je aluminij Al99,5.

Napomena: potrebno je analizirati izradu stepenice sa operacijom 2D Pocket i predložiti optimalniju operaciju.

Predloženi načini vrednovanja/ ostvarivanja ishoda obrazovnog sadržaja:

- Upitnici samoprocjene.
- Radne liste.
- Odabir primjera u praksi.
- Rješavanje problema.
- Upitnik samovrjednovanja.
- Praćenje komunikacije s učenicima u nastavnom procesu i analiza istog.
- Izlaganje pred sudionicima o uspješnosti realizacije predviđenih zadataka u samostalnom radu.



Literatura

1. Bošnjaković, M. Numerički upravljeni alatni strojevi. Zagreb, 2009.
2. Balič, J. CAD/CAM Postopki. Univerza v Mariboru, 2002.
3. Botak; Ćurković Bogunović. Automatsko programiranje CNC strojeva. Varaždin, 2009.
4. <https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview?sorting=featured&page=1> (01.02.2021.).
5. <https://www.emco-world.com/en/products/industrial-training/machines/milling/cat/26/d/2/p/1000006%2C26/pr/concept-mill-55.html> (02.02.2021.).
6. Horvat, M. Analiza implementacije CAD sustava u obrazovnom procesu. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu. Čakovec, 2011.
7. https://www.heidenhain.com/en_US/products/cnc-controls/ (01.03.2019.).
8. Horvat, M. Konverzacijsko programiranje CNC strojeva korištenjem računalom izrađenog crteža. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu. Čakovec, 2014.