

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,

MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

**IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE ZA PROCES
ODREZOVANJA**

Kandidat: Matjaž Voljč

Študent izrednega študija

Številka indeksa: 11190040055

Program: strojništvo

Mentorica: dr. Marija Kisin

Maribor, november 2013

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Matjaž Voljč, z vpisno št. 11190040055, sem avtor diplomskega dela z naslovom:
IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE ZA PROCES ODREZOVANJA.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oziroma misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL, št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZAPS dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, november 2013

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri pisanju diplomskega dela se zahvaljujem dr. Mariji Kisin. Prav tako se zahvaljujem podjetju MEGA METAL d. o. o. za posredovane podatke in pomoč pri pisanju diplomskega dela.

Hvala tudi ženi za pomoč in spodbudo pri študiju ter vsem ostalim, ki ste me spodbujali in mi kakor koli pomagali.

POVZETEK

V prvem delu diplomskega dela na kratko predstavim podjetje in osnove postopka rezkanja. Rezkanje je postopek odrezovanja z večrezilnim orodjem, ki se imenuje rezkalo. Postopek mehanske obdelave se lahko začne po vpetju obdelovanca na obdelovalni stroj. Zato morajo vpenjalne priprave, glede na zahteve obdelovancev omogočiti sorazmerno enostavno, stabilno in hitro vpetje obdelovanca.

V drugem delu diplomskega dela obravnavam izdelavo izboljšane – namenske vpenjalne priprave za obdelovanec. S pridobljenimi izkušnjami med postopkom mehanske obdelave, kot virom povratnih informacij, sem prišel do ideje, da bi s spremenjenim načinom vpenjanja lahko skrajšali čas vpetja obdelovanca. Na osnovi praktičnih izkušenj na področju obdelave, kakor tudi s spremljanjem oz. z opazovanjem postopka sem ugotovil, da bi se lahko določeni obdelovanci na CNC rezkalnem stroju obdelali hitreje, če bi bilo spremenjeno vpetje. V ta namen sem predlagal konstrukcijo nove namenske vpenjalne priprave za obdelavo drsnih obročev.

V diplomskem delu je predstavljen prvotni, daljši način vpenjanja in izdelava sestavnih komponent ter uporaba oz. prednosti nove izboljšane vpenjalne priprave, s katero se je skrajšal čas vpetja obdelovanca. Na ta način smo dosegli časovni prihranek, povečali smo produktivnost in zmanjšali stroški obdelave.

Ključne besede: vpenjalna priprava, snovanje, rezkanje, vrtane, optimiziranje, CNC rezkalni stroj.

ABSTRACT

In the first part of my diploma I briefly introduce the company and the basics of milling process. Milling is the process of cutting with multiple tip tool, called the milling cutter. The process of the mechanical treatment can start by clamping the workpiece on the assembly machine. Therefore, the clamping devices have to enable relatively simple, quick and stable mounting of the workpiece, regarding to the requirements of workpieces.

In the second part of my diploma I deal with production of the improved - dedicated fixture for the workpiece. With the experience gained during the process of machining, as a source of feedback, I came up with the idea that the modified method of clamping we could reduce the time of workpiece clamping. Based on practical experience in the field of processing, monitoring and observing the process, I found out that certain workpieces on CNC milling machine could be processed faster if mounting would be modified. So I have suggested the construction of the new dedicated device for the processing of sliding rings.

This thesis presents the original, long way clamping and the production of the integral components and the use and advantages of the new improved clamping device, which has reduced the time of the workpiece clamping. In this way we have achieved time savings, increased the productivity and reduced the costs of working treatment.

Keywords: fixture, scheming, milling, drilling, optimization, CNC milling machine.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	8
1.1	OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE.....	8
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE DIPLOMSKEGA DELA.....	9
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	9
1.4	PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA	9
2	PREDSTAVITEV PODJETJA.....	11
2.1	PREDSTAVITEV OBRATA MEHANSKE OBDELAVE.....	13
3	PROCES ODREZOVANJA	14
3.4	IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE	20
3.4.1	Opredelitev problema	20
3.4.2	Snovanje vpenjalne priprave	23
3.4.3	Izdelava vpenjalne priprave	27
3.4.4	Izbira rezalnega orodja	32
3.5	EKONOMSKI UČINKI REŠITVE PROBLEMA	34
4	ZAKLJUČEK	36
5	LITERATURA IN VIRI.....	37
5.4	LITERATURA.....	37
5.2	INTERNETNI VIRI.....	37
6	PRILOGE	38

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PODJETJA MEGA METAL 2.....	11
SLIKA 2: VETRNICI	12
SLIKA 3: OBLIKE REZKAL	14
SLIKA 4: PROTISMERNO REZKANJE	15
SLIKA 5: ISTOSMERNO REZKANJE	16
SLIKA 6: ČELNO REZKANJE.....	17
SLIKA 7: ČELNO REZKANJE.....	18
SLIKA 8: SILE PRI ISTOSMERNEM REZKANJU	19
SLIKA 9: SILE PRI ČELNEM PROTISMERNEM REZKANJU	20
SLIKA 10: PRIPRAVA ZA 1. VPETJE	21
SLIKA 11: PRIPRAVA ZA 2. VPETJE	22
SLIKA 12: OSNOVNA PLOŠČA VPENJALNE PRIPRAVE	24
SLIKA 13: PRIPRAVA, NAMEŠČENA NA SREDINO MIZE OBDELOVALNEGA STROJA S POMOČJO ZATIČEV.....	25
SLIKA 14: PODPORNİ STEBRI IN DVE LUKNJI ZA VPENJANJE OBDELOVANCA	26
SLIKA 15: PODPORNE STRANICE	27
SLIKA 16: OBDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE V 1. VPETJU S SPREDNJE STRANI.....	28
SLIKA 17: OBDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE V 1. VPETJU Z ZADNJE STRANI.....	29
SLIKA 18: IZDELAVA NAVOJNIH LUKENJ V STRANSKI PLOŠČI.....	30
SLIKA 19: T VPENJALO	31
SLIKA 20: U VPENJALO	31
SLIKA 21: STRANSKO VPENJALO.....	32

KAZALO TABEL

TABELA 1: RAZLIKA V URAH MED STARO IN NOVO OBDELAVO	34
GRAF 1: RAZLIKA V URAH MED STARO IN NOVO OBDELAVO	35

1 UVOD

1.1 *Opredelitev obravnavane zadeve*

Sodobni, visoko produktivni obdelovalni stroji in rezalna orodja raznovrstnim oblikam obdelovancev omogočajo hitro obdelavo. Ker se postopek mehanske obdelave lahko začne po vpetju obdelovanca na obdelovalni stroj, je pomemben pogoj za kakovostno obdelavo med drugim tudi vpenjanje obdelovanca. Na splošno velja, da vpenjalna priprava glede na zahteve obdelovancev mora omogočiti sorazmerno enostavno, stabilno, hitro vpetje in v procesu obdelave ne sme poslabšati dimenzijsko natančnost oz. kakovost izdelka.

Ker se v tehnološki praksi pojavljajo raznovrstne oblike obdelovancev, se lahko zgodi, da uporabljena vpenjalna priprava ni najbolj ustrezna za določeno obliko obdelovanca.

V diplomskem delu obravnavam izdelavo izboljšane namenske vpenjalne priprave in optimiziranje na njej. S pridobljenimi izkušnjami med postopkom obdelave, kot virom povratnih informacij, sem prišel do ideje, da bi s spremenjenim načinom vpenjanja lahko skrajšali čas vpetja obdelovanca. Tako sem na osnovi praktičnih izkušenj na področju obdelave, kakor tudi s spremljanjem oz. z opazovanjem postopka ugotovil, da bi se lahko določeni obdelovanci na CNC rezkalnem stroju obdelali hitreje, če bi bilo spremenjeno vpetje. V ta namen sem predlagal novo, obdelovancu prilagojeno vpenjalno pripravo.

V diplomskem delu je predstavljen prvotni, daljši način vpenjanja in izdelava sestavnih komponent ter uporaba oz. prednosti nove namenske vpenjalne priprave, s katero se je skrajšal čas vpetja obdelovanca. Na ta način smo v podjetju dosegli časovni prihranek, povečali produktivnost in zmanjšali stroške obdelave.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomskega dela je predstaviti izdelavo namenske vpenjalne priprave in njeno uporabo v primerjavi s prvotnim načinom vpenjanja s ciljem skrajšati čas vpetja oz. optimizacija procesa obdelave drsnega obroča s kapsulo.

Dokazati želim, da lahko s premišljenim vpetjem določenega obdelovanca skrajšamo čas obdelave.

1.3 Predpostavke in omejitve

Nekatere predpostavke:

- razpoložljivost domače in tuje literature;
- razpoložljivost podatkov;
- razpoložljivost in točnost podatkov v podjetju.

Nekatere omejitve:

- zaupnost podatkov;
- zmožnost stroja;
- zmožnost rezalnega orodja;
- zahteve obdelovanca;
- zaradi obsežnega področja tematike so nekatera področja omejeno predstavljena.

1.4 Predvidene metode raziskovanja

V diplomski nalogi bom uporabljal naslednje metode:

- metodo opazovanja;
- metodo povzemanja;
- metodo spoznanja;

- stališča in sklepe drugih avtorjev ter lastnih spoznanj in njihovo združevanje;
- metodo zbiranja podatkov iz strojnih virov;
- metodo zapisov;
- metodo pridobivanja dobrih praks;
- metodo primerjanja.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA

Podjetje je bilo ustanovljeno v Rušah leta 1994 kot MEGA METAL. Ustanovil ga je podjetnik gospod Osmanović Mustafa.

Leta 1994 so začeli z izdelovanjem zvarjencev za nemške naročnike. Leta 2002 se je podjetje MEGA METAL razdelilo na dva dela – na MEGA METAL in na MOR (mehanska obdelava Ruše). V MEGA METAL-u so nadaljevali z izdelavo in varjenjem zvarjencev. V MOR-u pa se je začela mehanska obdelava.



Slika 1: Podjetja Mega Metal 2

Vir:

https://www.google.si/search?q=mega+metal+ru%C5%A1e&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=mz95UpSRicHf4QTF7IHYCQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1920&bih=908, dne 8. 8. 2013

V podjetju MEGA METAL je bilo na začetku zaposlenih 20 ljudi. Danes nas je zaposlenih že preko 250. Delamo v dveh obratih. V obratu MEGA METAL se izrezujejo, sestavljajo in

varijo obdelovanci; ter v obratu MOR, kjer se obdelovanci mehansko obdelajo (opravi se merilni protokol in obdelovanci se pripravijo za transport).

Danes v MEGA METAL-u izdelujemo: generatorje za vetrnice, osi za generatorje vetrnic, ohišja elektromotorjev, stroje za linijsko proizvodnjo, stroje za avtomobilsko industrijo, določene komponente za vetrnice ...



Slika 2: Vetrnica

Vir:

https://www.google.si/search?q=vetrnica&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=1D55UpuXGOG44ASo5ID4Bg&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1920&bih=908, dne 8. 8 2013

Trudimo se, da bi bili s svojimi izdelki konkurenčni na svetovnem trgu ter da bi bili v svetu vedno bolj prepoznavni. Osebnost me zelo veseli, da z našimi izdelki pripomoremo k zmanjšanju onesnaževanja okolja.

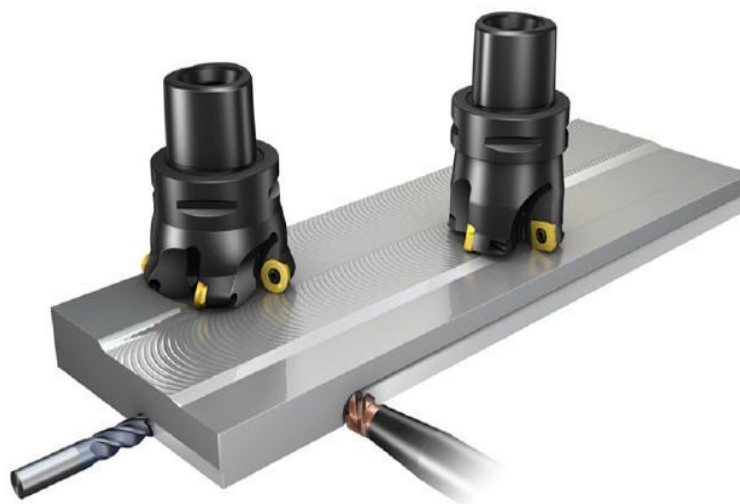
2.1 *Predstavitev obrata mehanske obdelave*

Kot sem že zgoraj zapisal, se je obrat mehanske obdelave ustanovil leta 2002 pod imenom Mehanska obdelava Ruše (MOR). V obratu mehanske obdelave je zaposlenih okoli 50 ljudi.

V mehanski obdelavi imamo stružnice, vertikalne stružnice (karusele) in rezkalne stroje, kjer se vsi izdelki, ki jih dobimo iz MEGA METALA, mehansko obdelajo. Imamo tudi oddelek za merjenje izdelkov, kjer se izdelki premerijo, če zadostujejo zahtevam naročnikov. Nato se izdelki dostavijo do naročnikov.

3 PROCES ODREZOVANJA

Rezkanje je postopek odrezovanja, pri katerem opravlja večrezilno orodje (rezkalo) rotacijsko glavno gibanje, podajalna gibanja pa so lahko premočrtna ali rotacijska. Po navadi opravlja podajalna gibanja obdelovanec. Pri večini obdelovalnih postopkov (struženju, vrtanju ...) je smer podajanja pravokotna na smer rezanja. Pri rezkanju pa se, če zasledujemo posamezen zob rezkala, lega smeri rezanja proti podajalni smeri neprestano spreminja. Rezkanje največ uporabljamo za obdelavo ravnih površin. S posebnimi oblikami rezkal lahko obdelujemo tudi ukrivljene površine – s kopirnim rezkanjem lahko oblikujemo poljubno oblikovane površine; če uporabljamo profilna rezkala, dobimo tudi v prerezu oblikovane površine.



Slika 3: Oblike rezkal

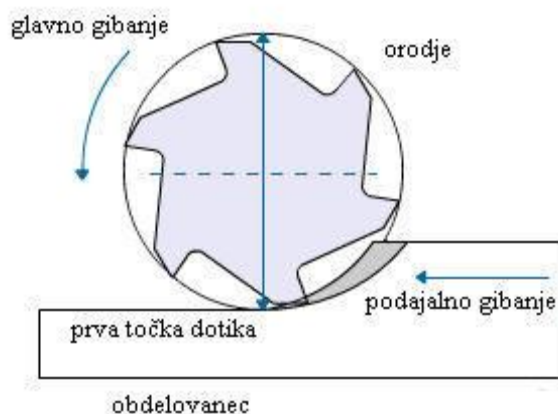
Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/projekt2/r1.htm>, dne 6. 8. 2013

Glede na to, kako se orodje dotika obdelovanca, ločimo valjasto in čelno rezkanje.

Valjasto ali obodno rezkanje je rezkanje z zobmi na obodu – rezkalo se obdelovanca dotika s svojim obodom. Prerez odrezka se med delom spreminja, zato obremenitev rezkala ni

enakomerna. Glede na podajanje razlikujemo: rezkanje v nasprotni smeri glede na podajanje – proti smerno rezkanje, in rezkanje v smeri podajanja – istosmerno rezkanje.

Pri **protismernem rezkanju** zob rezkala odreže odrezek na obdelovancu od vrednosti nič do največje vrednosti tik preden neha rezati.



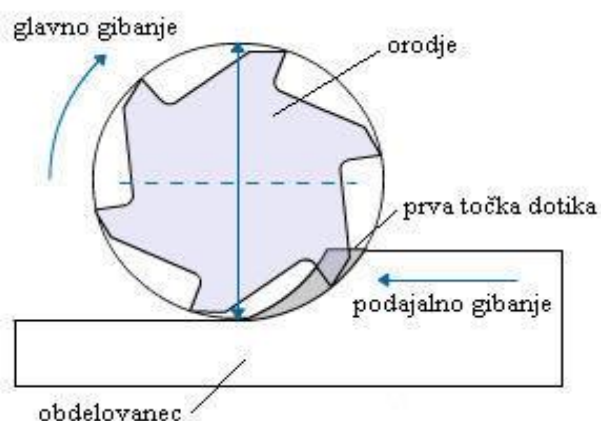
Slika 4: Protismerno rezkanje

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

Ker pa rezalni rob ni vedno idealno oster, rezilo nikoli ne začne rezati od vrednosti nič, temveč na začetku nekaj časa drsi po že obdelani ploskvi, nato pa naenkrat zareže v relativno precejšno globino. Zaradi tega dobimo neenakomerno površino. Protismerno rezkanje pa uporabljamo na starejših strojih.

Pri **istosmernem rezkanju** odreže zob rezkala odrezek od predvidene debeline, zato začne rezkalo rezati takoj, brez odrivanja.



Slika 5: Istosmerno rezkanje

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

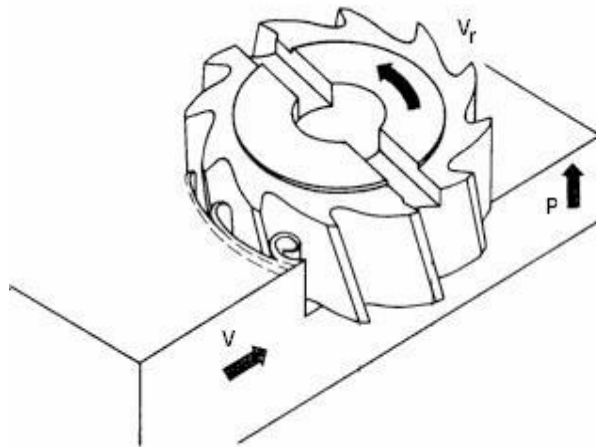
Površina obdelovanca je pri tem načinu rezkanja kvalitetnejša. Ker je odrezek vedno tanjši in je na koncu izteka rezkarja njegova debelina nič, se tudi sile rezkanja zmanjšujejo. Zaradi tega so manjše vibracije in orodja so obstojnejša.

Kljub temu, da dobimo pri protismernem rezkanju nekoliko slabšo površino, je le-to v praksi bolj uveljavljeno. Pri istosmernem rezkanju deluje namreč podajalna sila v isti smeri kakor podajalno gibanje in ga zato lahko dodatno pospeši v obliki sunka. Posledica je vedno lom orodja ali obdelovanca. Istosmerno rezkanje zato zahteva posebno konstruirane rezkalne stroje (predvsem za ozobja), na navadnih strojih pa istosmerno rezkanje ni mogoče.

Zaradi spremenljive debeline odrezka pri valjastem rezkanju prihaja do vsiljenih nihanj. Zaradi tega morajo biti stroji čim bolj togi, da dobimo čim boljšo površino obdelovanca.

Čelno rezkanje je rezkanje z zobmi na čelu – rezkalo se obdelovanca dotika s svojim čelom. Odrezek ima enakomeren prerez.

Pri čelnem rezkanju je os orodja pravokotna na obdelovalno površino. Orodje ali obdelovanec se lahko pomika vzdolž (V) obdelovane površine ali pravokotno (P) nanjo.



Slika 6: Čelno rezkanje

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

V primerjavi z obodnim rezkanjem je pri čelnem rezkanju debelina odrezka ves čas enaka, zato so tudi obremenitve enakomernejše.

Uporabljamo ga za obdelavo večjih ravnih površin; pri katerih zahtevamo kar najboljšo površino.

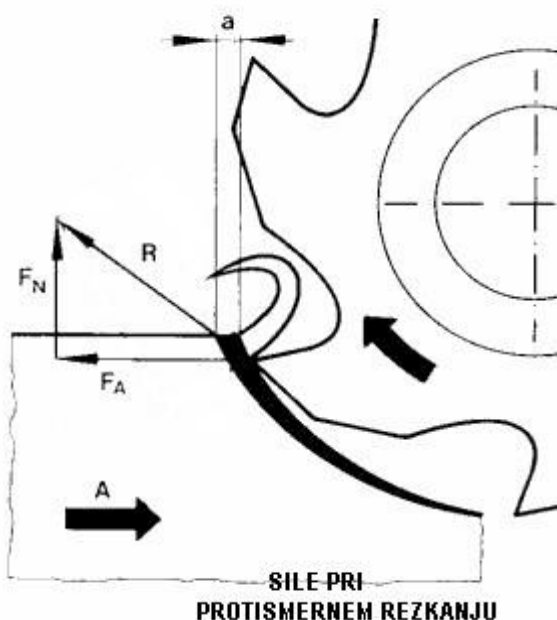
Pri čelnem rezkanju je možno tudi simetrično in nesimetrično rezkanje. V praksi je primernejše čelno rezkanje z manjšo nesimetričnostjo osi rezkala, tako da je delo protismerno.

Rezalne sile pri rezkanju

Obodno rezkanje

» Ker se debelina odrezka med delom neprestano spreminja, se spreminja tudi velikost sil. Poleg tega je pri rezkanju neprestano več zob v ubiranju, zato ima rezalna sila v nekem izbranem trenutku na vsakem zobu, ki reže, drugo velikost in drugo smer. Posledica tega je neenakomerno delo.

Pri protismernem rezkanju je navpična sila v prvi točki dotika usmerjena navzdol; ko pa zob rezkala opravi določeno pot, se le-ta usmeri navzgor in poskuša obdelovanec dvigniti (F_N). Podajalna sila (F_A) pa poskuša obdelovanec odriniti.



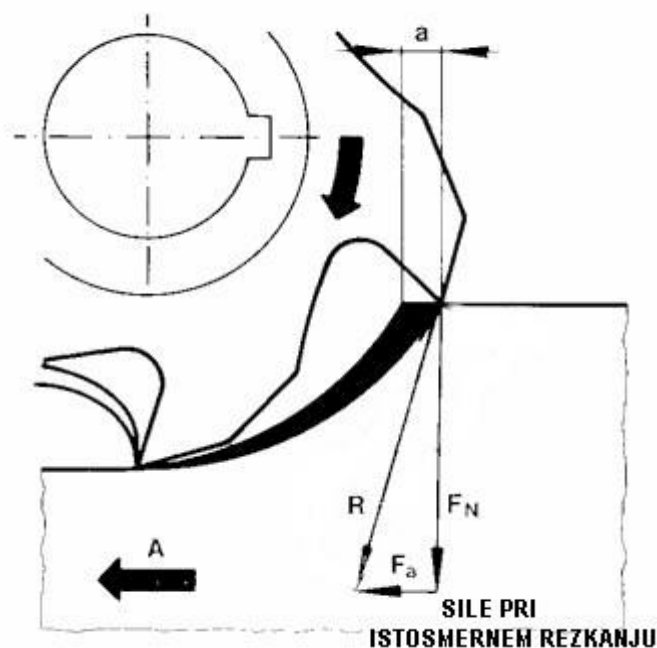
Slika 7: Čelno rezkanje

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

Podajalna sila (F_A) je pri protismernem rezkanju usmerjena v nasprotni smeri podajalnega gibanja in jo mora podajalni mehanizem premagovati, pri istosmernem rezkanju pa je usmerjena v smer podajalnega gibanja. Če je ohlapnost med vretenom in matico podajalnega mehanizma prevelika, se lahko zgodi, da podajalna sila pospeši podajalno gibanje v obliki sunka in posledica je lom orodja ali obdelovanca. Zato je istosmerno rezkanje mogoče samo na obdelovalnih strojih, ki so v vodilih brez zračnosti in v podajalnem mehanizmu nimajo nobene ohlapnosti, obdelovanec pa mora biti pravilno vpet. «

(<http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r9.htm> 6. 8. 2013)



Slika 8: Sile pri istosmernem rezkanju

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

Čelno rezkanje

» V koordinatnem sistemu rezkala delujejo na orodje enake sile kot v primeru obodnega rezkanja, razlike so le v koordinatnem sistemu obdelovanca in še tukaj gre le za drugačno poimenovanje.

V smeri podajalnega gibanja deluje podajalna sila F_s , za katero velja, da le izjemoma deluje tako, da poskuša pospešiti podajalno gibanje.

V smeri prečnega nastavitvenega gibanja imamo prečno silo F_p . Sile ne povzročajo nobenega dviganja obdelovanca. Vpenjanje je sicer bolj preprosto, vseeno pa moramo biti pozorni na ustrezno vpenjalno silo. Premajhna vpenjalna sila lahko povzroči premik obdelovanca, prevelika pa deformacijo. « (<http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r9.htm> 6. 8. 2013)



Slika 9: Sile pri čelnem protismernem rezkanju

Vir:

<http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013

3.4 Izdelava vpenjalne priprave

3.4.1 Opredelitev problema

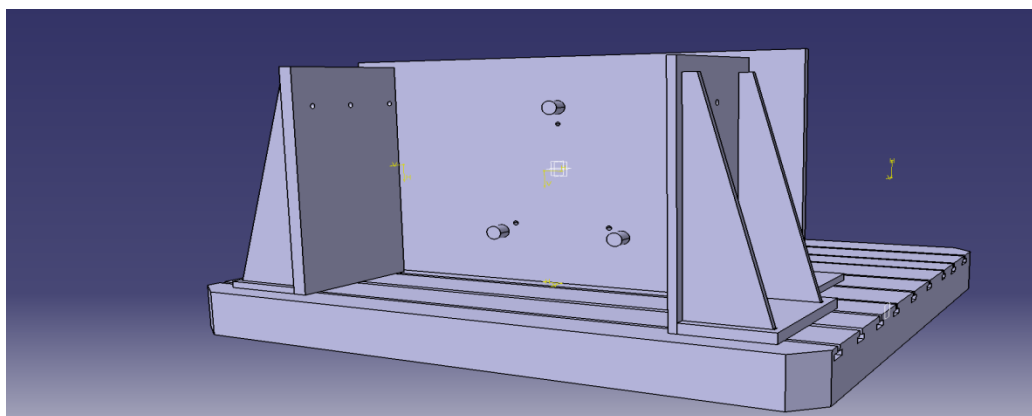
Proizvajalci, ki danes želijo ostati konkurenčni in prisotni na tržišču, se morajo neprestano prilagajati trgu. Slediti morajo zahtevam trga, novim tehnologijam in znanju. Podjetje mora proizvodnjo načrtovati tako, da bo imelo: maksimalno izkoriščene stroje, minimalne zaloge, vitko proizvodnjo, izpolnjevati mora dobavne roke do naročnikov in čim hitreje ter učinkovito reagirati na tržne priložnosti. Da bi podjetje doseglo te cilje, mora poskrbeti, da proizvode izdela in obdela v najkrajšem možnem času. Pri tem si lahko pomagamo s pripravami, ki nam skrajšajo čas vpenjanja, in z optimiziranjem obdelave. Eno od takšnih podjetij je tudi naše podjetje, ki s svojim znanjem in s pomočjo novih tehnologij ter s produktivnostjo poskuša slediti vse večjim zahtevam današnjega trga.

V nadaljevanju bom predstavil izdelavo vpenjalne priprave in optimiziranje na njej ter nekatere prednosti v primerjavi s prvotnim načinom vpenjanja obdelovancev. Skrajšali smo čas nameščanja same vpenjalne priprave na obdelovalne stroje, čas vpenjanja obdelovanca in čas obdelave obdelovanca.

Po prvotnem načinu vpenjanja obdelovanca sta bili potrebni **dve vpetji**, ker mora biti obdelovanec obdelan z dveh strani. (Zaradi zaupnosti podatkov ne prilagam skice obdelovanca).

To sta dva obroča, vzporedna drug na drugega; eden je debeline 15 mm z notranjim premerom 700 mm in zunanjim premerom 780 mm. Drugi pa je debeline 10 mm, z notranjim premerom 650 mm in zunanjim premerom 750 mm. Obroča sta povezana z okvirjem, debeline 5 mm, in oddaljena drug od drugega 500 mm. Okvir ima v notranjosti odprtine. Te odprtine mu zmanjšujejo togost in ga je težko obdelovati. Zaradi tega obdelovanec potrebuje ustrezno vpetje, da mu povečamo togost in možnost obdelave. Veliko časa smo porabili že za priprave pred samim postopkom obdelave.

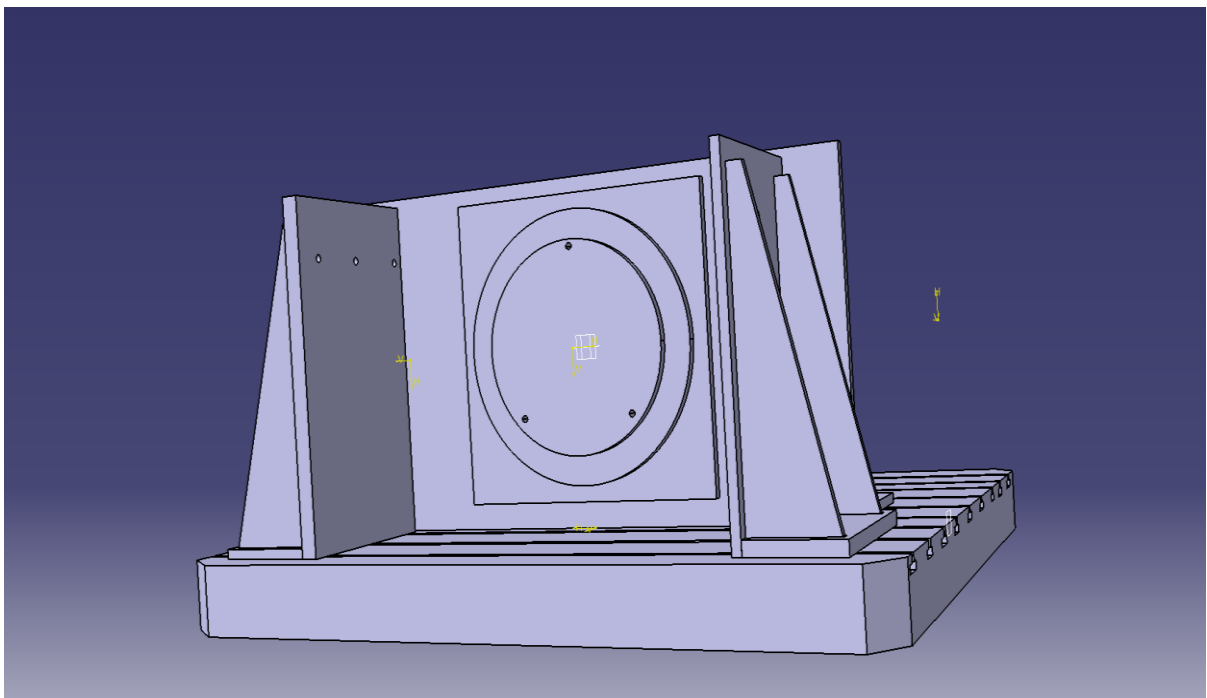
Za prvo vpetje smo na delovno mizo obdelovalnega stroja morali priviti kotnik, dimenzije 1600 mm x 1200 mm, ki je bil na nasprotni strani obdelovalne površine. Na kotnik smo nato privili tri podporne čepe, na katere smo nato namestili obdelovanec in ga preko vpenjal privili nanje. V tem položaju bi lahko začeli z obdelavo, vendar zaradi netogosti obdelovanca in vibracij, ki jih povzroča obdelovalno orodje, še to ni bilo mogoče. Obdelovanec smo morali »umiriti«. Zato smo levo in desno od obdelovanca na mizo stroja namestili še dva kotnika, dimenzije 1000 mm x 500 mm. Preko podpornih vijakov, ki so zagotavljali oporo, in navadnih ploščatih vpenjal smo z vijaki pritrdili obdelovanec.



Slika 10: Priprava za 1. vpetje

Vir: Lasten

Po končani obdelavi prvega vpetja je bilo potrebno obdelovanec obdelati še z druge strani. Za drugo vpetje je bilo potrebno najprej odstraniti vse podporne vijake, vijake in vpenjala. Prav tako smo morali odstraniti kotnika z leve in desne strani. Na veliki kotnik smo nato namestili ploščo, ki je imela izdelan krog s premerom 700 mm, na katerega se je prilegal premer, ki smo ga izdelali na obdelovancu s prednje strani. Okrog kroga je bila ploskev, na katero smo privili obdelovanec. To ploščo je bilo potrebno poravnati in določiti "x" ter "y" izhodišče. S tem smo zagotovili vzporednost med ploščama in soosnost med krogoma na njima. Nato smo levo in desno od obdelovanca na mizo obdelovalnega stroja zopet namestili dva kotnika, vsakega na eni strani. Na ta dva kotnika smo namestili podporne vijake in vpenjala, da smo obdelovanec fiksirali ter ga tako pripravili za obdelavo. Tako je bil obdelovanec pripravljen za drugo vpetje. Po končani obdelavi je bilo potrebno z vseh kotnikov odstraniti vse podporne vijake, vsa vpenjala in ploščo, saj smo te kotnike potrebovali za obdelovanje drugih izdelkov.



Slika 11: Priprava za 2. vpetje

Vir: Lasten

3.4.2 Snovanje vpenjalne priprave

Zgoraj opisano vpetje obdelovanca z uporabo kotnikov je bilo dolgotrajno in je podaljševalo čas obdelave. Zato smo razmišljali, kako bi skrajšali čas priprave in vpenjanje obdelovanca. Analize in razmišljanja so nas pripeljala do spoznanja, da izdelamo vpenjalno pripravo, ki nam bo skrajšala čas priprave in vpenjanja. Pri opazovanju dosedanje obdelave se nam je porodila ideja, da bi lahko obdelovanec obdelali z obeh strani samo z enim vpetjem. Vrtljiva miza na stroju nam to omogoča. Strojna oprema pa nam omogoča, da na obdelovancu določimo ničelno izhodišče samo enkrat. Prav tako je obdelovanec potrebno samo enkrat poravnati in tako lahko obe strani obdelamo hkrati. Začeli smo s snovanjem priprave. Za snovanje smo uporabili računalniško podporo. Uporabili smo program za risanje CATIA. To programsko orodje nam je omogočilo 3D modeliranje, vpoglede v način vpenjanja obdelovanca in izris posameznih sestavnih komponent ter celotne vpenjalne priprave. Osnovni elementi nove vpenjalne priprave so:

- osnovna plošča z zatiči in vijaki;
- podporni stebri;
- podporni vijaki;
- podporne stranice;
- T vpenjalo;
- U vpenjalo;
- stransko vpenjalo;
- navadna ploščata vpenjala;
- vijaki in matice za pritrdjevanje.

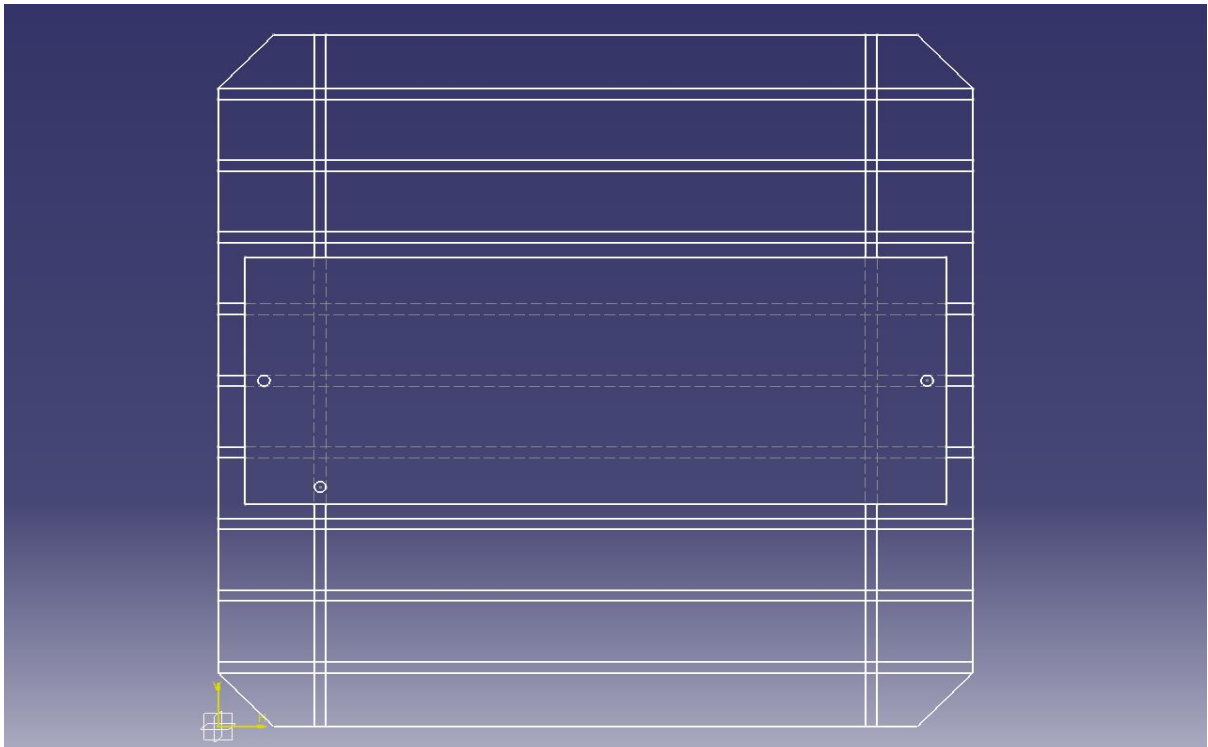
Snovaje vpenjalne priprave smo začeli pri osnovni plošči, ki se namesti na mizo obdelovalnega stroja. Na osnovni plošči smo predvideli centrirne izvrtine, skozi katere vstavimo zatiče za vpenjalne utore na mizi obdelovalnega stroja. S temi zatiči namestimo vpenjalno pripravo v sredino delovne mize stroja. Dve luknji sta vzporedni, tretja pa je

pravokotna na ostali dve. Služijo nam za to, da vpenjalno pripravo namestimo v sredino mize in jo tako pozicioniramo na želeno mesto. Z vijaki in navadnimi ploščatimi vpenjali osnovno ploščo nato še pritrdimo na mizo, da nam med obdelavo ostane na mestu.



Slika 12: Osnovna plošča vpenjalne priprave

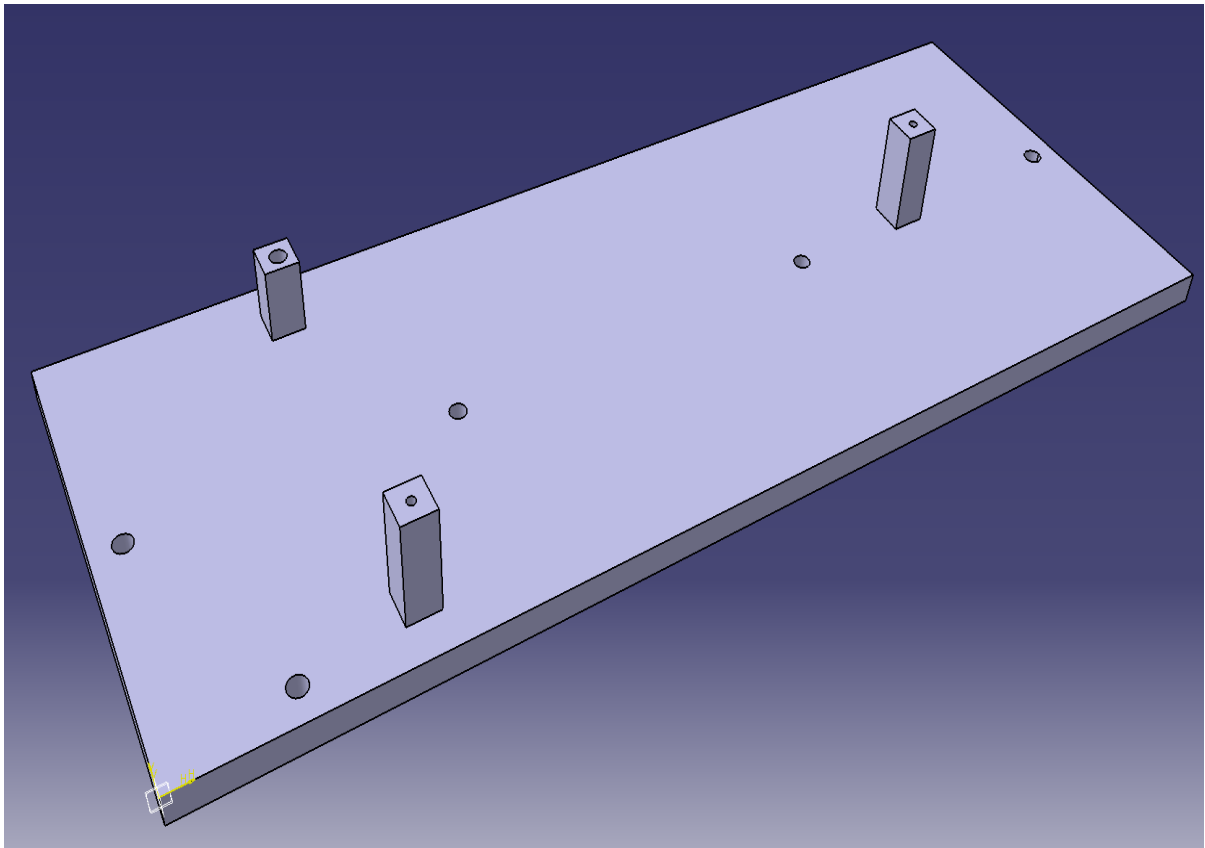
Vir: Lasten



Slika 13: Priprava, nameščena na sredino mize obdelovalnega stroja s pomočjo zatičev

Vir: Lasten

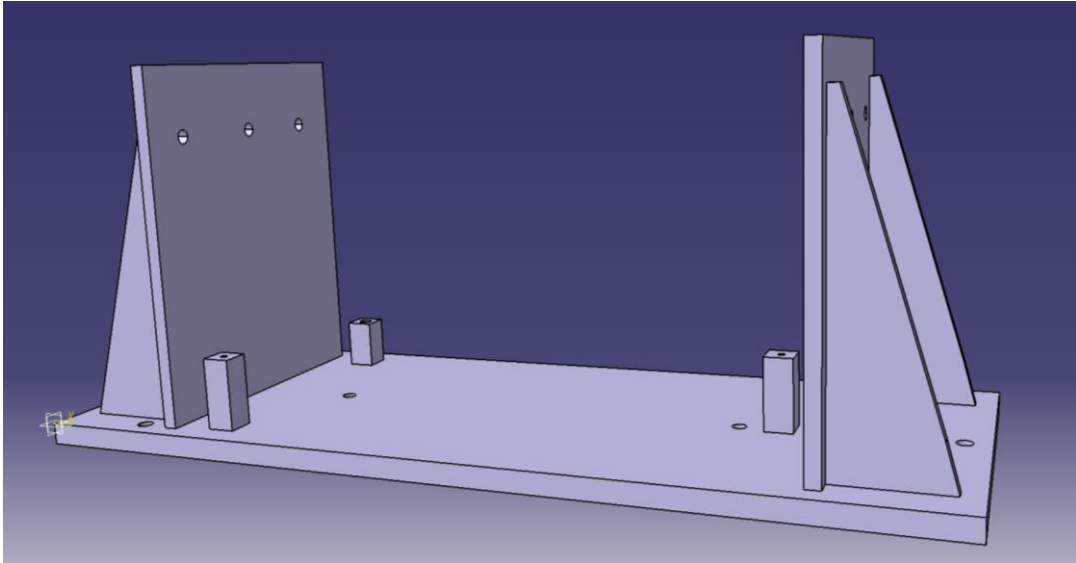
Na osnovni plošči imamo nameščene tri podporne stebre, na katere se namesti obdelovanec. Podporni stebri so na osnovno ploskev pravokotni. Dva podporna stebra sta fiksna, eden pa je po višini nastavlјiv, da lahko z njim poravnamo obdelovanec za obdelavo. V osnovno ploskev smo nato predvideli dve navojni luknji, dimenzije M 20. V ti dve navojni luknji privijemo vijačne palice, dimenzije M 20, in preko T in U vpenjala z maticami, dimenzije M 20, pričvrstimo obdelovanec na pripravo. Podporni stebri imajo na vrhu (tam, kjer se stikajo z obdelovancem) polokroglo obliko. Prav tako imajo vpenjala polokroglo obliko tam, kjer se stikajo z obdelovancem. Polokroglo obliko smo konstruirali zato, da pri vpenjanju dobimo točkovno obremenitev, ki bo manj deformirala obdelovanec. Skonstruirali in izdelali smo tudi namenska vpenjala (T vpenjalo, U vpenjalo in stransko vpenjalo), ki nam omogočajo hitro vpenjanje obdelovanca.



Slika 14: Podporni stebri in dve luknji za vpenjanje obdelovanca

Vir: Lasten

Nato smo morali zagotoviti še stabilnost obdelovanca, da nam med obdelavo ne vibrira, kar lahko vodi do dimenzijsko netočne oziroma nekakovostne obdelave. To smo storili z dvema ploščama, ki smo ju namestili levo in desno od obdelovanca. Ti dve plošči imata na zunanji strani še vsaka po dve rebri, ki pripomoreta k ojačitvi plošč. V vsako ploščo smo nato predvideli izdelavo treh navojnih lukenj, dimenzije M 20. V dve luknji na stranici smo namestili prilagodljive čepe, v preostalo pa vijak, ki privije namensko izdelano vpenjalo. S tem »umirimo« obdelovanec oz. sila vpenjanja prepreči premik obdelovanca in ga pripravimo za obdelavo.



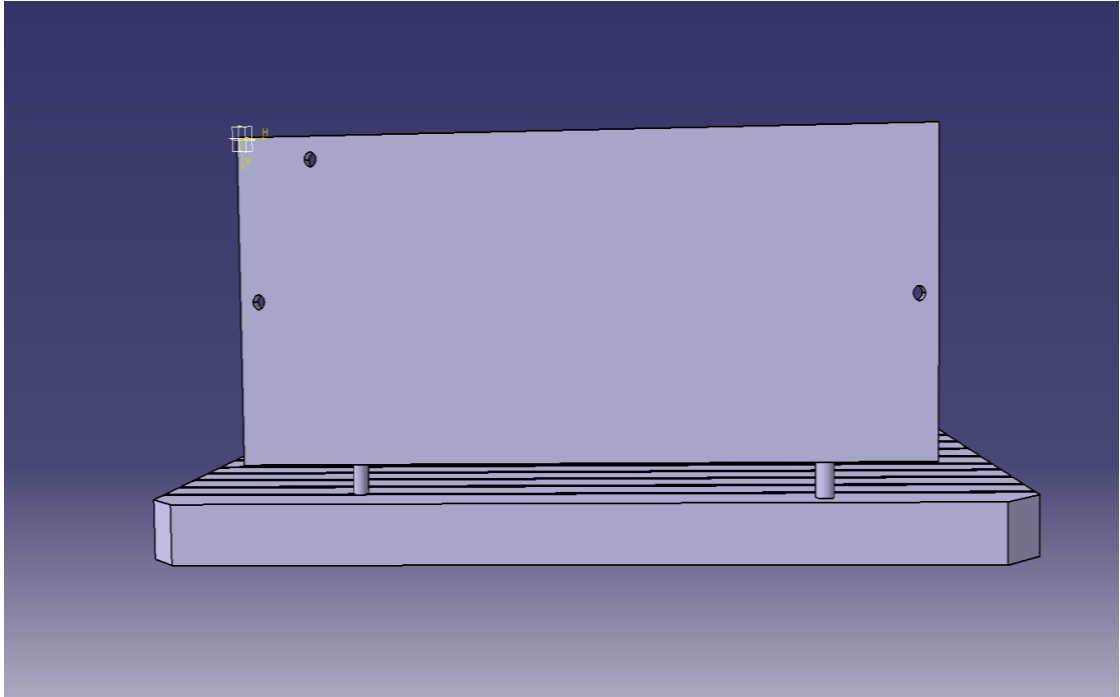
Slika 15: Podporne stranice

Vir: Lasten

3.4.3 Izdelava vpenjalne priprave

Po končanem snovanju smo začeli z izdelavo vpenjalne priprave. Za material smo izbrali navadno konstrukcijsko jeklo. Pozicije smo nato izrezali na plamenskem rezalniku. Nato smo pozicije očistili in jih tako pripravili za varjenje. Na osnovno ploščo vpenjalne priprave smo privarili podporne stebre, stranske plošče in rebra. Sestavljeno pripravo smo očistili s peskanjem in proti koroziji zaščitili z nanosom barve. Tako je bila priprava pripravljena za mehansko obdelavo na obdelovalnem stroju. Najprej smo spodnjo osnovno ploskev vpenjalne priprave poravnali z rezkanjem. Na ta način smo dobili ravno ploskev za vpenjanje na mizo obdelovalnega stroja.

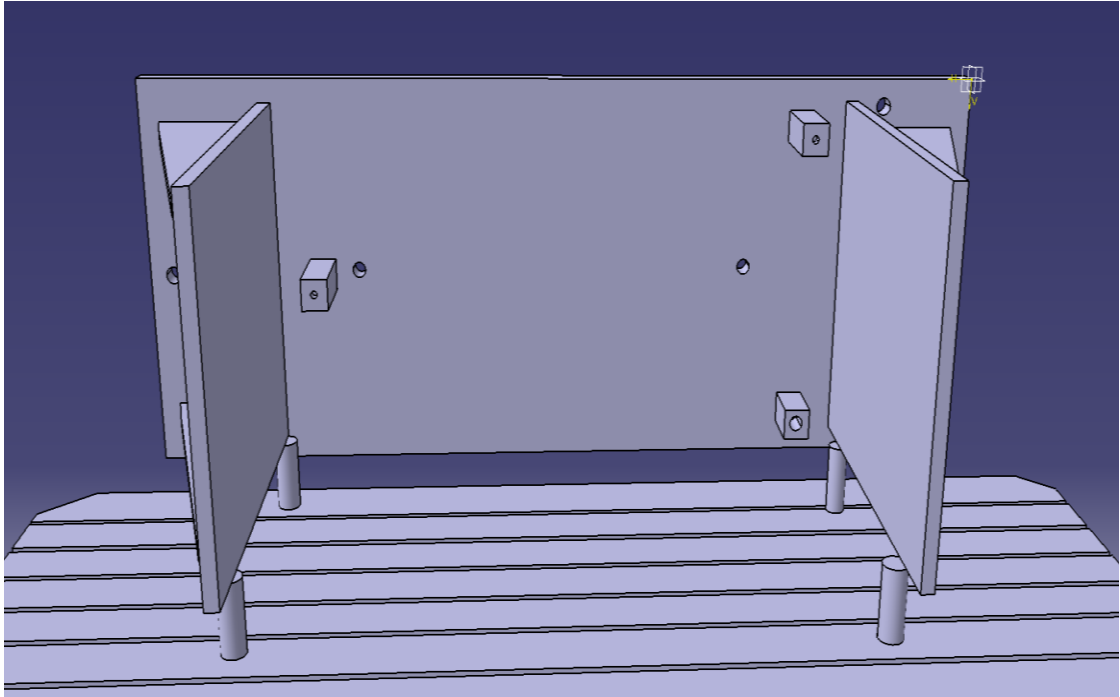
Za obdelavo sta bili potrebni dve vpetji oz. dva položaja. Na osnovni ploskvi smo z vrtnjem in povrtavanjem izdelali centrirne luknje. Luknje imajo enaki premer kot utori na mizi. Izdelali smo tri centrirne luknje.



Slika 16: Obdelava vpenjalne priprave v 1. vpetju s sprednje strani

Vir: Lasten

Nato smo obrnili mizo in pripravo obdelali še z zgornje strani. Najprej smo z rezkanjem poravnali podporne stebre. Na isto višino smo poravnali dva stebra. V sredino teh stebrov smo izvrtali luknje, v katere bomo pozneje vstavili polokrogle čepe. Tretji steber smo rezkali 50 mm nižje od ostalih dveh ter vanj izdelali navojno luknjo, v katero smo kasneje vstavili podporni vijak. S tem vijakom poravnamo obdelovanec pred obdelavo. Nato smo v osnovno ploščo izdelali še dve navojni luknji za pritrjevanje obdelovanca na vpenjalno pripravo.

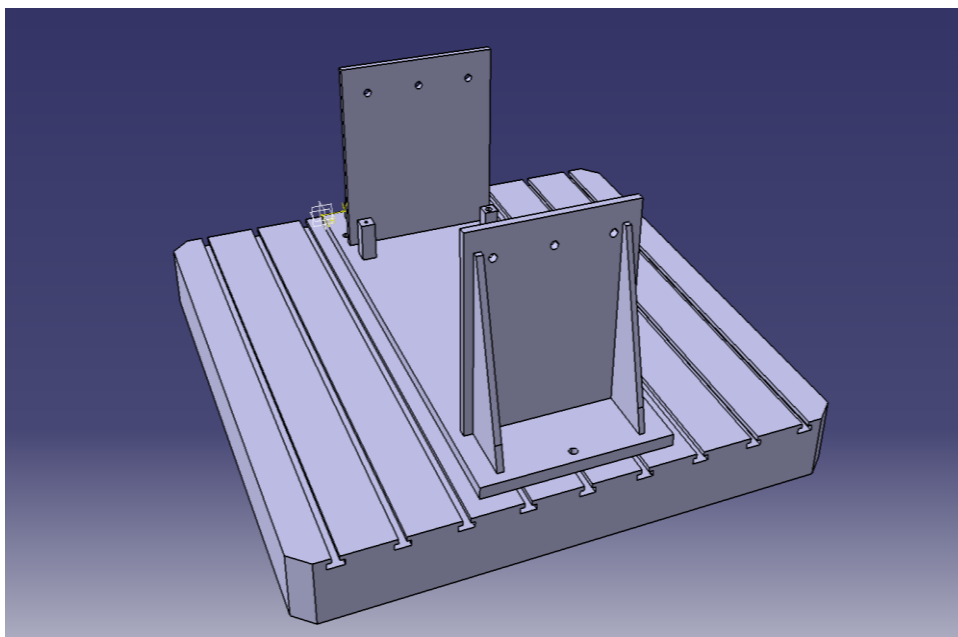


Slika 17: Obdelava vpenjalne priprave v 1. vpetju z zadnje strani

Vir: Lasten

Vpenjalno pripravo smo odstranili z obdelovalne mize stroja in jo nato ponovno namestili tako, da smo lahko obdelali še stranski plošči; to sta plošči, ki sta levo in desno od obdelovanca med obdelavo. V ti dve plošči smo na vsaki strani izdelali po tri navojne luknje. Te luknje nam koristijo za fiksiranje obdelovanca med obdelavo, in sicer tako, da v dve navojni luknji vstavimo podporna vijaka, tretjo pa potrebujemo za vpenjanje obdelovanca preko stranskega vpenjala.

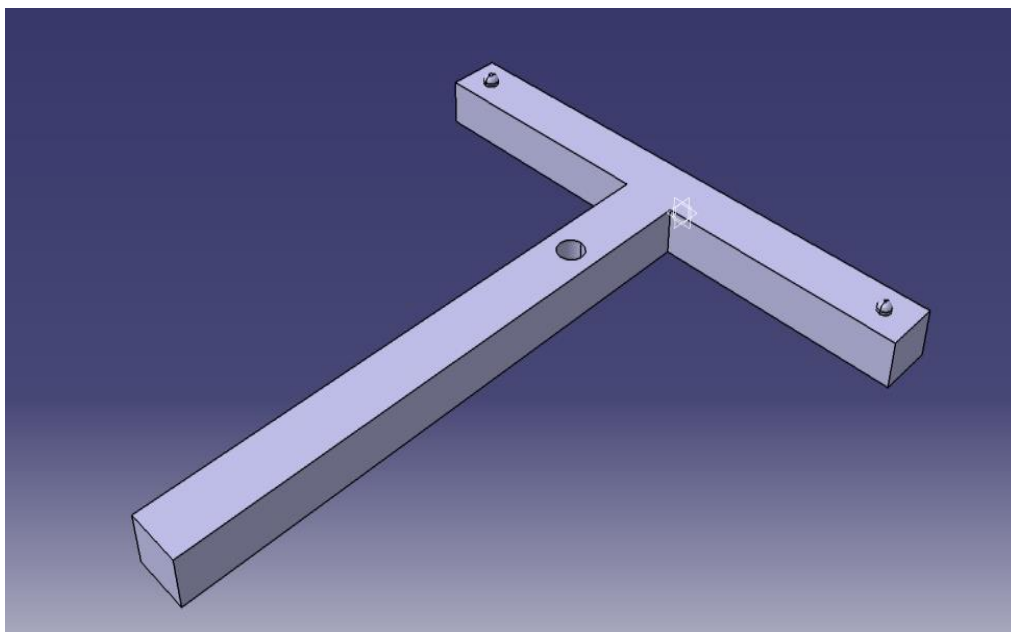
Vpenjalno pripravo smo očistili med obdelavo nastalih srhov in jo pripravili za uporabo.



Slika 18: Izdelava navojnih lukenj v stranski plošči

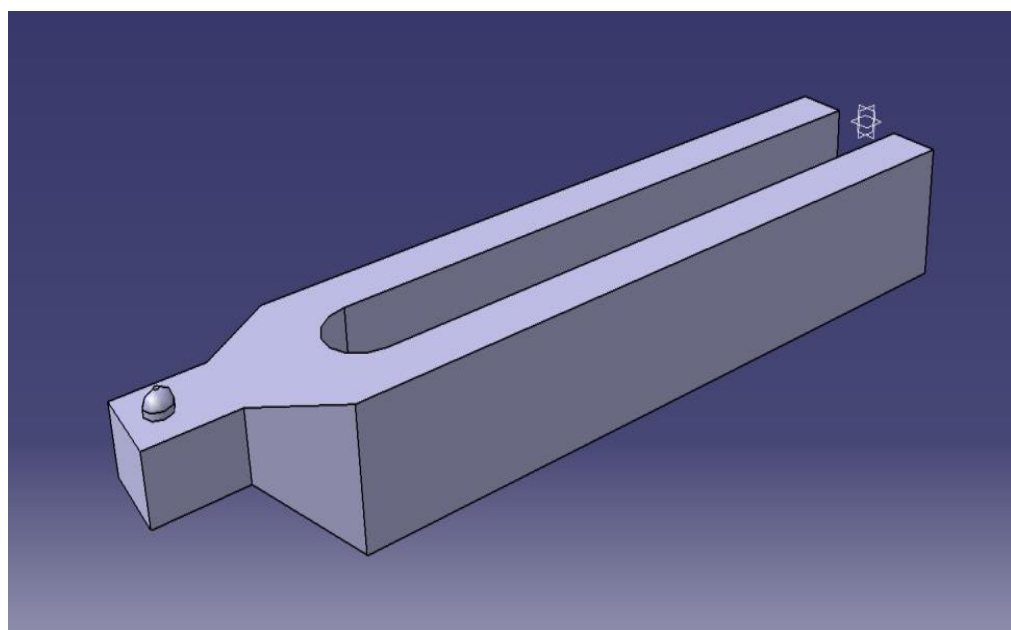
Vir: Lasten

Nato smo izdelali še posamezne dodatne sestavne dele, kot so T, U in stransko vpenjalo, ki nam omogočajo hitro vpenjanje in izpenjanje obdelovanca. Za vpenjanje obdelovanca je potrebno namestiti samo dve vpenjali in priviti samo dve matici. Prav tako je z vpenjanjem obdelovanca na stranicah, kjer je potrebno privita samo dva podporna vijaka in eno matico na vsaki strani.



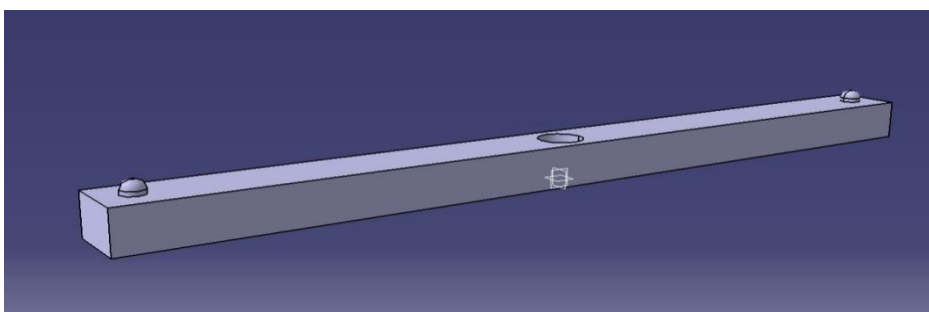
Slika 19: T vpenjalo

Vir: Lasten



Slika 20: U vpenjalo

Vir: Lasten



Slika 21: Stransko vpenjalo

Vir: Lasten

3.4.4 Izbira rezalnega orodja

Z uporabo nove namenske vpenjalne priprave smo občutno skrajšali čas priprave in vpetja obdelovanca. Za učinkovito obdelavo je med drugim pomembna tudi ustrezna izbira rezalnega orodja. Zato smo iskali nadaljnje možnosti skrajšanja časa obdelave in povečanja produktivnosti z optimalno izbiro zmogljivejšega rezalnega orodja, ki so primerna za večje rezalne hitrosti. Po katalogih proizvajalcev smo iskali rezkalne glave, ki so primerne za večje rezalne hitrosti, ker so bolj toge in zato pri večji rezalni hitrosti stabilne. Njihova prednost je tudi v tem, da imajo v primerjavi z ostalimi rezalne ploščice vpete tangencialno na rezkalno glavo. S takšnim vpetjem se poveča naležna površina ploščic na rezkalno glavo. S tem se rezkalni glavi poveča togost in je primerna za večje rezalne hitrosti. Rezalne ploščice so izdelane iz karbidnih in oksidnih trdin, kar prav tako povečuje vzdržljivost orodja pri večji hitrosti obdelave.

Naslednja izbira je bila namenjena svedrom. Prvotno smo vse luknje vrtali s svedri iz hitroreznega jekla (HSS). Da bi povečali hitrost vrtanja, smo potrebovali zmogljivejše svedre iz karbidnih trdin. Ti svedri omogočajo večjo hitrost vrtanja in so zaradi svoje strukture ter trdih površinskih prevlek občutno odpornejši proti obrabi in visokim temperaturam.

Prav tako smo zamenjali vse navojne svedre. Pri rezanju navoja s svedrom nastane odrezek, ki lahko poškoduje navoj ali navojni sveder, zato obdelava poteka pri majhni rezalni hitrosti. Prednost valjanja navoja je v tem, da pri tem postopku ne nastane odrezek in navoj lahko

hitreje izdelamo. Zato smo se odločili, da vse navojne svedre, ki jih uporabljamo pri obdelavi, zamenjamo z navojnimi svedri za valjanje navoja in s tem skrajšamo čas obdelave.

Čas obdelave smo skrajšali tudi na ta način, da smo skrajšali čas menjave rezalnega orodja med obdelavo oziroma smo izkoristili prednosti, ki jih nudijo sodobni obdelovalni stroji. Sodobni obdelovalni stroj ima shranjevalnik orodja, kjer se orodja shranijo. Prav tako ima stroj menjalec orodja, ki zamenja orodje.

Ko se začne menjava orodja, se stroj najprej po Z osi zapelje na Z plus maksimalni. To pomeni, da se miza z obdelovancem odpelje najdlje od stebra stroja, na katerem se izvaja menjava orodja. Nato se stroj po Y osi odpelje na točko, kjer se izvaja menjava orodja. Prav tako se vreteno po W osi pozicionira na točko menjave orodja. Vse te točke ima stroj programsko določene in se ob menjavi orodja same izvedejo. Ko so vse osi v svojih vnaprej določenih točkah, se začne menjava orodja. Orodje, ki ga želimo uporabiti, se v shranjevalniku orodja namesti na mesto menjave v shranjevalniku. Nato ga menjalec orodja vzame iz shrambe in ga pripelje na mesto menjave orodja v vretenu. Menjalec orodja ima dvojne klešče in prve klešče najprej izpnejo orodje iz vretena, nato se zavrtijo in potem druge klešče vpnejo orodje v vreteno. Menjalec orodja se vrne do shrambe orodja in orodje shrani nazaj v shrambo orodja.

Mi smo ta proces menjave orodja »programsko« nekoliko pospešili. Menjalec orodja pripravi naslednje orodje med delom predhodnega orodja. Orodje vzame iz shrambe orodja, ga namesti v klešče menjalca orodja in tam počaka na drugi del menjave orodja. Pridobili smo čas, ki ga je menjalec orodja prej porabil, da je namestil orodje iz shrambe orodja v klešče menjalca orodja.

Prej sem opisal, da se menjava orodja začne takrat, ko je Z os v maksimalnem plusu. To seveda ni potrebno, saj mizo z obdelovancem odstranimo samo toliko od mesta menjave, da menjalec orodja ne zadane v obdelovanec. S tem smo pridobili čas na poti, ki ga je stroj prej opravljal po Z osi.

S programsko vodenim gibanjem in z menjavo orodja, ki se izvede po določenem zaporedju, smo pri posamezni menjavi orodja pridobili 10 sekund, to je pri celotni obdelavi 5 minut.

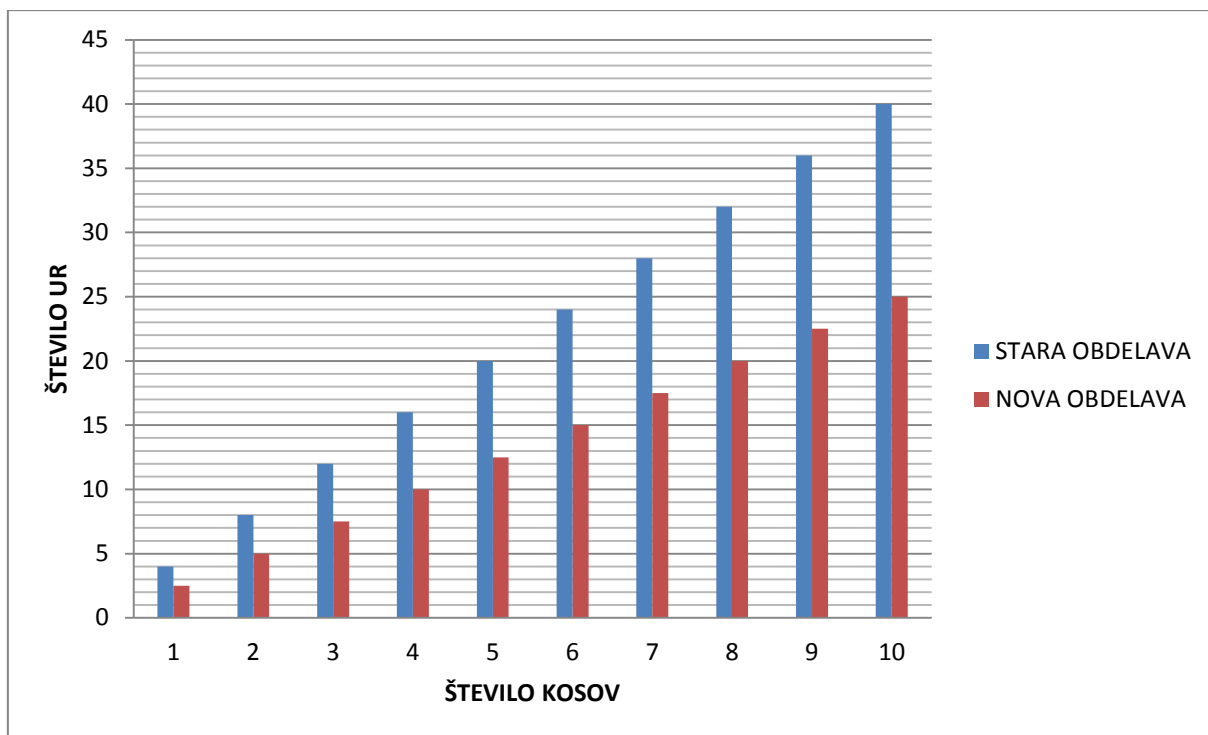
3.5 *Ekonomski učinki rešitve problema*

»Zaradi dinamičnosti sodobne proizvodnje je učinkovito usklajevanje (t.j. optimiranje) materialnih, energetskih in informacijskih tokov mnogo težje kot je bilo v preteklosti. Sodobna proizvodnja zahteva nenehno posodabljanje in vključevanje najnovejših tehnologij v tehnološke procese. Raziskave in razvoj izdelovalnih postopkov se v zadnjem obdobju nagibajo k rešitvam, ki na eni strani povečujejo hitrost obdelave, večjo prilagodljivost, točnost in kakovost; na drugi strani pa skrajšujejo razvojni cikel izdelka. Zato se v izdelovalne sisteme vse pogosteje vključujejo različne oblike optimizacijskih postopkov.« (Brezovnik, 2011, 1).

ŠTEVILO KOSOV	STARA OBDELAVA	NOVA OBDELAVA	STROJNA URA	RAZLIKA V URAH	PRIHRANEK V EVRIH
1	4	2,5	70,00 €	1,5	105,00 €
2	8	5	140,00 €	3	210,00 €
3	12	7,5	210,00 €	4,5	315,00 €
4	16	10	280,00 €	6	420,00 €
5	20	12,5	350,00 €	7,5	525,00 €
6	24	15	420,00 €	9	630,00 €
7	28	17,5	490,00 €	10,5	735,00 €
8	32	20	560,00 €	12	840,00 €
9	36	22,5	630,00 €	13,5	945,00 €
10	40	25	700,00 €	15	1.050,00 €
25	100	62,5	1.750,00 €	37,5	2.625,00 €
50	200	125	3.500,00 €	75	5.250,00 €
75	300	187,5	5.250,00 €	112,5	7.875,00 €
100	400	250	7.000,00 €	150	10.500,00 €
200	800	500	14.000,00 €	300	21.000,00 €
300	1200	750	21.000,00 €	450	31.500,00 €
400	1600	1000	28.000,00 €	600	42.000,00 €
500	2000	1250	35.000,00 €	750	52.500,00 €

Tabela 1: Razlika v urah med staro in novo obdelavo

Vir: Lasten



Graf 1: Razlika v urah med staro in novo obdelavo

Vir: Lasten

V našem primeru smo skrajšali čas vpetja in s tem vplivali na krajši čas obdelave na ta način, da smo na osnovi 3D modela izdelali izboljšano in obdelovancu prikrojeno vpenjalno pripravo. Prav tako smo za postopek obdelave izbrali optimalno vrsto rezalnega orodja in rezalno hitrost glede na zahteve obdelovanca. V Tabeli 1 so predstavljeni časi obdelave v urah pri vpenjanju s prvotno pripravo (stara obdelava) in porabljeni čas obdelave pri uporabi nove vpenjalne priprave, vključno s prihrankom v evrih, glede na vrednost strojne ure in število obdelovancev.

Pri izračunu privarčevanega zneska smo upoštevali strojno uro obdelovalnega stroja. Iz zgoraj navedenih podatkov je razvidno, da smo z uporabo vpenjalne priprave pri vpenjanju, s prihrankom časa pri menjavi orodja in z novimi rezalnimi orodji zmanjšali čas obdelave za približno 35 %.

4 ZAKLJUČEK

Vpenjalna priprava obdelovancu omogoča pravilno lego med obdelavo, zato se obdelava lahko začne takrat, ko je obdelovanec pravilno vpet na obdelovalni stroj. Glede na zahteve obdelovanca mora vpenjalna priprava omogočiti sorazmerno enostavno, stabilno in hitro vpetje obdelovanca. Ker je v našem primeru obdelovanec moral biti obdelan z dveh strani, sta bila po prvotnem načinu vpenjanja potrebni dve vpetji. Glede na značilnost obdelovanca (podatki so zaupne narave) in zahtevnega vpetja, ki je podaljšalo čas obdelave, je bilo potrebno postopek optimizirati.

V diplomski nalogi sem predstavil zaporedje izdelave izboljšane namenske vpenjalne priprave in primerjal potek vpenjanja po prvotnem načinu (»stara obdelava«) ter vpetje z novo vpenjalno pripravo, pri kateri zadostuje samo eno vpetje obdelovanca.

Poleg skrajšanega časa vpetja obdelovanca smo čas obdelave skrajšali tudi z izbiro ustreznega rezalnega orodja, ki dovoljuje večje rezalne hitrosti, in s pomočjo CNC obdelovalnih strojev, ki opravljajo več operacij hkrati.

Iz diplomske naloge je razvidno, da smo z dobro premišljeno in izdelano pripravo skrajšali čas vpetja obdelovanca, kar je vplivalo na krajši čas obdelave. Zaradi povečane produktivnosti so se znižali tudi stroški izdelave izdelka, kar je potrdilo tudi ekonomsko upravičenost izdelave nove vpenjalne priprave.

Zaključimo lahko, da nas današnji čas usmerja k temu, da razmišljamo in pravočasno ukrepamo, kako bi izdelke naredili hitreje in kvalitetneje. Pri tem je potrebno teoretično in praktično znanje, v pomoč pa so nam dobre priprave, nova orodja in nove tehnologije.

5 LITERATURA IN VIRI

5.4 Literatura

1. Brezovnik S., *Optimizacija delovanja izdelovalnih strojev in sistemov za uporabo skupinske inteligence*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2011.
2. Čus F., *Vpenjalne priprave za procese odrezavanja*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2004.

5.2 Internetni viri

1. <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/projekt2/r1.htm>, dne 6. 8. 2013
2. ftp://ftp.scv.si/vss/klemensek_joze/Gradiva_TPR/Odrezavanje/3.7.1.2_Rezkanje_MEHATRONIKA.pdf, dne 6. 8. 2013
3. http://student.academia.si/file.php/89/6_P.L.pdf, dne 6. 8. 2013
4. <http://www.google.si/search?q=rezkanje&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nDIBUunkIMOG4AT78oHYDg&ved=0CC4QsAQ&biw=1920&bih=934>, dne 6. 8. 2013
5. <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/projekt2/r9.htm>, dne 6. 8. 2013

6 PRILOGE

Priloga 1: Priprava

Priloga 2: Vpenjala