VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,

MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

IZDELAVA ELEMENTOV ZA KOMPONENTE ŽERJAVA

Kandidat: Munda Boštjan

Študent: študent izrednega študija

Številka indeksa: 11190040057

Program: Strojništvo

Mentorica: dr. Marija Kisin

Mentor v podjetju: Danilo Slana univ. dipl. ing., IWE

Maribor, april 2014

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Boštjan Munda, številka indeksa 11190040057, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: Izdelava elementov za komponente žerjava, katero sem izdelal in dopolnil pod mentorstvom dr. Marije Kisin in mentorjem v podjetju Palfinger d.o.o., Danilu Slana univ. dipl. ing., IWE.

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 oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, za moje lastne, kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (UL št. 16/2007, v nadaljevanju ZASP), prekršek, podleže pa tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, april 2014 Podpis študenta

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici dr. Mariji Kisin za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako se za vse nasvete in pomoč pri ustvarjanju naloge zahvaljujem mentorju v podjetju Palfinger d.o.o., Danilu Slana univ. dipl. ing., IWE.

Zahvaljujem se tudi podjetju Palfinger d.o.o., ki mi je s finančno pomočjo omogočilo študij.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi stali ob strani, me spodbujali in mi pomagali pri študiju.

POVZETEK

V prvem delu diplomske naloge bo na kratko predstavljeno podjetje Palfinger. Obravnavana bo tehnologija odrezovanja, CAD-CAM programi ter programiranje CNC obdelovalnih strojev na osnovi krmilnikov, kot so npr. Fanuc, Siemens, Heidenhain.

V drugem, praktičnem delu diplomske naloge bo predstavljena izdelava ležajnih sedežev na sestavnih komponentah za žerjave s poudarkom na problematiki umerjanja medosja za določanje izhodiščnih točk na CNC obdelovalnih strojih.

Pri obdelavi na CNC obdelovalnih strojih sta med drugim pomembna nastavitveni čas in natančnost izdelkov, zato smo stroje opremili z namenskim orodjem in potrebno opremo znamke Renishaw. Namena te avtomatizacije sta povečanje učinkovitosti in natančnosti ter skrajšanje časa izdelave komponent na CNC obdelovalnih strojih.

Ključne besede:

struženje, rezkanje, CNC stroj, orodje, ročno umerjanje, avtomatsko umerjanje, merilna ura.

ABSTRACT

MANUFACTURING ELEMENTS FOR COMPONENTS OF CRANES

In the first part of the thesis, the company Palfinger will be briefly presented, including the technology of cutting, CAD-CAM programs and CNC programming, machine tools based controllers, such as Fanuc, Siemens, Heidenhain.

In the second, that is practical part of the thesis, the production of bearing seats for the assembly components of cranes will be presented, with emphasis on the problem of calibrating the wheelbase and the definition of zero points for CNC machine tools.

For the production on CNC centers are important between other also setup time and in overall accuracy. That is the reason that machine centers are equipped with dedicated tools from producer Renishaw. The purpose of this automation is to increase efficiency and accuracy and shorten the time of manufacture components for CNC machine tools.

Keywords:

turning, milling, CNC machine, tools, manual calibration, automatic calibration, dial gauges.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 10

1.1 OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE 10

1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE DIPLOMSKEGA DELA 10

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE 11

1.4 PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA 11

2 PREDSTAVITEV PODJETJA PALFINGER D.O.O. 12

2.1 VIZIJA IN POSLANSTVO 12

3 TEHNOLOGIJA ODREZAVANJA 13

3.1 STRUŽENJE 14

3.2 REZKANJE 14

3.3 POSTOPKI ZA OBDELAVO IZVRTIN 15

3.4 CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) OBDELOVALNI STROJI 17

3.4.1 Programiranje CNC strojev 18

3.4.2 Struktura in vsebina CNC programa 19

3.4.3 Pomen posameznih oznak v programskem stavku 20

3.5 ORODJA PRI CNC STROJIH 21

3.5.1 Držalo orodja 21

3.5.2 Rezilni del orodja 22

3.6 CAD-CAM SISTEMI 23

3.6.1 CAD – računalniško konstruiranje, izdelave risb in koncipiranje izdelka 23

3.6.2 CAM – računalniško podprta proizvodnja 24

4 AVTOMATIZACIJA OBDELOVALNEGA STROJA IN TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA 25

4.1 ROČNO UMERJANJE MEDOSNE RAZDALJE Z MERILNO URO 26

4.2 ROČNO UMERJANJE MEDOSNE RAZDALJE Z MERILNO GLAVO S TIPALOM PMG-20 31

4.3 AVTOMATSKO UMERJANJE MEDOSNE RAZDALJE IN NASTAVLJANJE IZHODIŠČNIH TOČK Z ORODJEM RENISHAW RMP 60 35

4.4 PRIMERJAVA MED SISTEMI IN PRIHRANKI 40

4.4.1 Ročno umerjanje medosne razdalje z merilno uro 40

4.4.2 Ročno umerjanje z merilno glavo s tipalom PMG 20 41

4.4.3 Avtomatsko umerjanje z namenskim orodjem Renishaw RMP60 42

5 ZAKLJUČEK 43

6 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI 44

6.1 LITERATURA 44

6.2 INTERNETNI VIRI 44

KAZALO SLIK

SLIKA 1: STRUŽENJE 14
SLIKA 2: REZKANJE 15
SLIKA 3: VRTANJE 16
SLIKA 4: CNC STROJ DOOSAN PUMA 2100SY 17
SLIKA 5: ORODJE ZA CNC STROJE 21
SLIKA 6: REZILNE PLOŠČICE 22
SLIKA 7: KRMILJE CNC OBDELOVALNEGA STROJA 25
SLIKA 8: PALFINGER PK 16000 26
SLIKA 9: NAČRT ŽERJAVA PK 16000 27
SLIKA 10: NAČRT ŽERJAVA PK 16000 VODILNA CEV 27
SLIKA 11: NAČRT ŽERJAVA PK 16000 LEŽAJNI SEDEŽI 28
SLIKA 12: MERILNA URA 28
SLIKA 13: ROČNO UMERJANJE LEŽAJNEGA SEDEŽA Z MERILNO URO 29
SLIKA 14: ROČNO UMERJANJE VODILNE CEVI Z MERILNO URO 30
SLIKA 15: PRIPOMOČEK ZA UMERJANJE 31
SLIKA 16: NAMENSKO ORODJE BIG POINT MASTER PMG-20 32
SLIKA 17: ROČNO NAMEŠČEN PRIPOMOČEK »SRCE« 33
SLIKA 18: UMERJANJE Z NAMENSKIM ORODJEM BIG POINT MASTER PMG-20 34
SLIKA 19: MERILNO ORODJE RENISHAW RMP 60 35
SLIKA 20: NAMENSKO ORODJE RENISHAW RMP 60 37
SLIKA 21: VMESNIK/SPREJEMNIK RMI 37
SLIKA 22: MAKRO PROGRAM 38
SLIKA 23: DELOVANJE S PROŽENJEM NA DOTIK PO X IN Y OSI 39
SLIKA 24: DELOVANJE S PROŽENJEM NA DOTIK PO Z OSI 39

KAZALO TABEL

TABELA 1: POMEN OZNAK V PROGRAMSKEM STAVKU 20
TABELA 2: ČAS OBDELAVE IN ČAS MERJENJA PRI ROČNEM UMERJANJU Z MERILNO URO 40
TABELA 3: ČAS OBDELAVE IN ČAS MERJENJA PRI ROČNEM UMERJANJU Z MERILNO GLAVO S TIPALOM PMG 20 41
TABELA 4: ČAS OBDELAVE IN MERJENJA PRI AVTOMATSKEM UMERJANJU 42

1 UVOD

1.1 Opredelitev obravnavane zadeve

V prvem delu diplomske naloge bo na kratko predstavljeno podjetje Palfinger. Obravnavana bo tehnologija odrezovanja, CAD-CAM programi ter programiranje CNC obdelovalnih strojev na osnovi krmilnikov, kot so npr. Fanuc, Siemens, Heidenhain.

V drugem, praktičnem delu diplomske naloge bo predstavljena izdelava ležajnih sedežev na sestavnih komponentah za žerjave s poudarkom na problematiki umerjanja medosja za določanje izhodiščnih točk na CNC obdelovalnih centrih. Ležajni sedeži morajo biti med seboj soosni s toleranco od 0 do +0,2 mm.

Prvotno smo obdelovance umerjali ročno z merilnimi urami. Pri obdelavi na CNC obdelovalnih strojih sta med drugim pomembna nastavitveni čas in natančnost izdelkov, zato smo stroje opremili z namenskim orodjem in potrebno opremo znamke Renishaw. Namena te avtomatizacije sta povečati učinkovitost in skrajšati čas izdelave komponent na CNC obdelovalnih strojih.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomske naloge

Predstaviti avtomatizacijo obdelovalnih strojev in tehnoloških postopkov iz prakse.

Cilj diplomske naloge

Natančna in hitra nastavitev in izmera medosne razdalje na obdelovancih. Na primeru iz tehnološke prakse raziskati in primerjati prvotni postopek z avtomatiziranim postopkom umerjanja s poudarkom na doseženi kakovosti izdelkov.

Osnovne trditve

S to avtomatizacijo tehnološkega postopka smo skrajšali čas strojne izdelave in kakovost izdelanih komponent.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavke: dobra razpoložljivost domače in tuje strokovne literature in znanje iz prakse.

Omejitve: nekatera področja bodo zaradi prevelike obsežnosti tematike strojništva omejeno predstavljena. Določeni podatki zaradi varovanja poslovnih skrivnosti podjetja Palfinger ne bodo vnešeni v nalogo.

1.4 Predvidene metode raziskovanja

Prvi del diplomske naloge bo teoretičnega značaja, drugi del pa bo konkretni primer avtomatizacije iz podjetja Palfinger d.o.o.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA PALFINGER D.O.O.

Podjetje Palfinger d.o.o. se ukvarja s proizvodnjo dvigalnih in transportnih naprav. Družba Palfinger je bila ustanovljena leta 1932 kot mehanična in ključavničarska delavnica. Leta 1959 je izdelala prvi žerjav. V letu 1964 je bila izvedena specifikacija za hidravlične žerjave. V letu 1989 je izvozni delež prvič presegel 90 % (danes se izvaža čez 95 % produktov, in to v več kot 130 držav po svetu). Leta 1999 je podjetje prvič kotiralo na borzi. V letih 2000–2004 sta potekala diverzifikacija proizvodnega programa in nadaljnji razvoj mednarodne strategije. Sedež družbe je v Salzburgu v Avstriji, proizvodnja in montaža pa sta v Evropi, Severni in Južni Ameriki ter Aziji. Ima več kot 4500 prodajaln in servisnih centrov v več kot 130 državah na petih celinah, zaposlenih pa ima približno 6500 ljudi.

In še zgodovina podjetja Palfinger v Mariboru:

10. junij 1993 – ustanovitev podjetja v Mariboru,

marec 1997 – certifikat ISO 9001,

februar 2001 – nakup obrata 2 v Mariboru,

junij 2002 – izgradnja lakirnice in pričetek predmontaže,

julij 2002 – certifikat EN-729,

december 2006 – pričetek delovanja centra za izgradnjo velikih komponent,

2007–2014 – razširitev obrata in obstoječih kapacitet.

2.1 Vizija in poslanstvo

Vizija podjetja Palfinger je: »V svetovnem merilu biti med najbolj inovativnimi, zanesljivimi in stroškovno ugodnimi rešitvami za dvigovanje in nakladanje težkih bremen na kopnem in v pomorstvu« (www.palfinger.com z dne 9. 3. 2014).

Poslanstvo podjetja Palfinger je: »Podjetje Palfinger proizvaja dvižne, nakladalne in operativne sisteme na stičiščih transportne verige« (www.palfinger.com z dne 9. 3. 2014).

3 TEHNOLOGIJA ODREZAVANJA

»Odrezavanje je način obdelave, pri katerem od surovca odrežemo ali na kak drug način odstranimo posamezne delce z namenom, da dobimo želeno obliko posameznih izdelkov. Bistvena značilnost postopkov odrezovanja je v tem, da je končni izdelek lažji od surovca.

Odrezujemo lahko z orodjem v obliki klina, pri čemer z obdelovanca odrezujemo posamezne delce. Rezilna orodja se med seboj razlikujejo predvsem po geometrijski obliki in po vrsti materiala, iz katerega so izdelana. Pri postopkih odnašanja pa odstranjujemo posamezne delce s surovca tako, da nanj neposredno vplivamo z določeno energijo (mehansko, toplotno, kemično, električno). Material, ki ga želimo odstraniti, se deloma stali, deloma upari, proces pa pospeši delovanje mehanskih, elektromagnetnih in drugih sil.

Glede na to, da lahko posamezni izdelek izdelamo z različnimi postopki odrezovanja, moramo pri izbiri najustreznejšega postopka upoštevati predvsem naslednje pogoje:

- zahtevana geometrijska oblika obdelovanca,
- natančnost obdelave,
- zahtevana kakovost obdelane površine,
- vrsta materiala obdelovanca,
- mehanske lastnosti materiala obdelovanca,
- ekonomičnost obdelave.

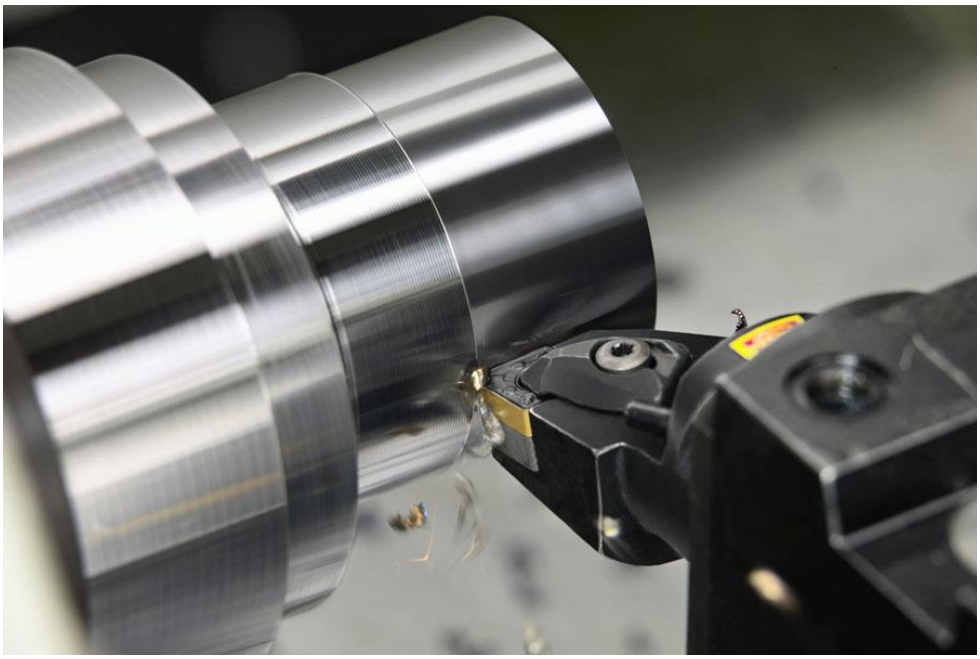
Navedeni pogoji vplivajo tudi na izbiro obdelovalnega stroja, vrsto in geometrijo rezalnega orodja ter pogoje obdelave« (Jakopič & Plazar, 2003, 1).

»Surovec, osnovni material, ki ga želimo spremeniti v uporabni izdelek, oziroma njegovo geometrijo prilagoditi uporabnikovim zahtevam, lahko obdelamo na več načinov. Prihodnost odrezovalnih postopkov bo še vedno v strojegradnji, kosovni in maloserijski proizvodnji, v orodjarstvu in povsod tam, kjer je zahtevana velika natančnost izdelave.

Teorija odrezovanja proučuje dejavnike, ki vplivajo na obdelavo z odvzemanjem materiala. Vsa v praksi uporabljena znanja so plod velikega števila preizkusov in praktičnih izkušenj. To pripomore k boljšemu izkoriščanju orodja in stroja, hitrejšemu izdelovanju ob manjši porabi energije, večji natančnosti in večji trajnosti orodij« (Jakopič & Plazar, 2003, 10).

3.1 Struženje

»Struženje je najbolj razširjen in uporabljen postopek obdelave, predvsem za okrogle obdelovance, lahko pa stružimo tudi druge, neokrogle oblike. Pri struženju se obdelovanec vrti in opravlja glavno gibanje, medtem ko podajalno gibanje opravlja rezalno orodje. Relativno gibanje med obdelovancem in rezalnim orodjem, ki je pogoj za nastanek odrezka, zagotavlja obdelovalni stroj. Glede na zahtevano obliko in kakovost izdelka razlikujemo med notranjim in zunanjim struženjem, vzdolžnim ter prečnim, neokroglim, profilnim, vrtilnim, stružimo pa lahko tudi navoje« (Kisin, 2011, 81).



Slika 1: Struženje

Vir: Internetni vir št. 8 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

3.2 Rezkanje

»Rezkanje je postopek odrezavanja, pri katerem opravlja orodje glavno gibanje, ki je vrtilno, podajalna gibanja pa so zelo različna in so odvisna od izbranega načina rezkanja. Orodje ima več rezil, najmanj dve, večinoma pa šest in več« (Čuš, 2009, 159).

»V tehnološki proizvodnji je rezkanje poleg struženja najbolj uporabljeni postopek odrezovanja« (Kisin, 2011, 83).

»Glavno gibanje je vrtilno in ga vedno opravlja orodje, ki se imenuje rezkalo. Podajalna gibanja so lahko različna in so odvisna od izbranega načina rezkanja. Podajalno gibanje je mogoče izbrati v treh koordinatnih smereh. Največkrat je premočrtno, lahko pa je tudi vrtilno in ga običajno opravlja obdelovanec, pri nekaterih rezkalnih strojih pa opravlja podajalno gibanje tudi orodje. Lahko sta vključeni tudi dve podajalni gibanji hkrati in je potem eno od gibanj vrtilno« (Kisin, 2011, 83).

»Ker lahko izbiramo med različnimi načini rezkanja in številnimi standardiziranimi orodji, lahko z rezkanjem izdelujemo tudi zapletene oblike obdelovancev. Na splošno so standardizirana orodja nekoliko cenejša od posebnih orodij« (Kisin, 2011, 84).



Slika 2: Rezkanje

Vir: Internetni vir št. 9 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

3.3 Postopki za obdelavo izvrtin

»Med postopke odrezavanja za izdelavo in nadaljnjo obdelavo izvrtin štejemo: vrtanje, središčenje, grezenje, povrtavanje in rezanje navojev.

- Vrtanje je verjetno od vseh postopkov odrezavanja najstarejši postopek. Vrtanje je postopek, s katerim izdelamo izvrtino v polni material. Obdelovanec miruje, orodje pa

opravlja glavno gibanje, ki je vrtilno, obenem pa tudi podajalno gibanje, ko se pomika premočrtno v smeri svoje osi.

- Grezenje je širjenje že obstoječe izvrtine, ki je bila izdelana z vrtanjem ali litjem.
- Povrtanje je zelo fino grezenje, ki po natančnosti oblike in po kakovosti površine že sega v področje fine obdelave. Povrtamo lahko različne izvrtine valjastih ali stožčastih oblik.
- Rezanje navojev v matice ali ohišja je posebna vrsta povrtanja. Orodja za vrtanje so navojni svedri« (Čuš, 2009, 121).

Postopek vrezovanja je v bistvu profilno povrtavanje, ki se od povrtanja razlikuje po tem, da sta globina rezanja in podajanje nespremenljiva in določena s profilom navoja in njegovim korakom.



Slika 3: Vrtanje

Vir: Internetni vir št. 10 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

»Pri novejših vrtalno-frezalnih CNC strojih podajanje opravlja tudi obdelovanec. Znani so še koordinatni vrtalni stroji, pri katerih je mogoče natančno nastavitveno gibanje obdelovanca, na katerih lahko izdelujemo izvrtine z natančno medosno razdaljo, na primer v orodjarstvu. Te stroje so v veliki meri izpodrinili sodobni orodjarski vrtalno-frezalni CNC stroji« (Kosmač, 2010, 90).

3.4 CNC (Computer Numerical Control) obdelovalni stroji

Uporaba CNC strojev je postala nujna za doseganje konkurenčnosti na sodobnem trgu. Prvotni sistem ročnega pisanja programov G-koda je še v uporabi, ampak je počasnejši, prav tako pa smo z njim omejeni na določene oblike izdelkov. Izredno sposobni in sodobni so pet osni obdelovalni stroji. Proizvajalci CAM programske opreme ponujajo hitro in kakovostno izdelavo NC programov. Z uvajanjem avtomatizacije na področje programiranja se rešimo rutinskih in ponavljajočih se napak.



Slika 4: CNC stroj DOOSAN PUMA 2100SY

Vir: Internetni vir št. 11 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

»CNC stroj je sestavljen iz dveh glavnih delov: stroja, na katerem se izvaja obdelava delov, in CNC krmilnika, ki to obdelavo krmili. CNC program, ki vsebuje natančen popis poteka obdelave na stroju, predstavlja vhodne informacije, ki jih CNC krmilnik potrebuje za krmiljenje obdelave.

CNC stroj je neke vrste avtomat, ki ga lahko prosto programiramo. Njegova glavna značilnost je fleksibilnost, to je možnost hitre preureditve stroja z ene na drugo obdelavo, in sicer z

zamenjavo programa in eventualno z manjšimi hitrimi preureditvami stroja. Zato je še posebej primeren za avtomatizacijo maloserijske in srednjeserijske proizvodnje.

Računalniško vodeni obdelovalni stroji so torej sestavljeni iz mehanskega dela, ki se po izgledu bistveno ne razlikuje od klasičnega, ter iz krmilnega dela, v katerem je vgrajen računalnik, ki vodi in krmili ves proces obdelave izdelka« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

»Nekaj osnovnih prednosti CNC obdelovalnih strojev pred klasičnimi stroji je:

- program vnesemo v stroj in ga shranimo,
- enostavno popravljanje že shranjenega programa,
- večja produktivnost strojev,
- velika kvaliteta in natančnost izdelave izdelka,
- večja izkoriščenost stroja,
- visoka prilagodljivost pri obdelavi« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

3.4.1 Programiranje CNC strojev

»Je zaporedje programskih ukazov, ki nekemu CNC stroju določa postopek izvajanja delovnih operacij za izdelavo določenega izdelka.

Postopek obdelave na CNC stroju je v CNC programu opisan s krmilnimi ukazi, in sicer geometrijskimi, ki določajo relativni položaj med orodjem in obdelovancem, tehnološkimi, kot so določitev podajalne in rezalne hitrosti, definicije orodij, in pomožnimi funkcijami, ki določajo vklop/izklop vretena, smer vrtenja, hlajenje itd.

Celoten postopek izvajanja operacij izdelave na stroju tako poteka povsem avtomatično.

Programiranje je torej postopek izdelave opisanega zaporedja ukazov na podlagi delavniške risbe obdelovanca« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

3.4.2 Struktura in vsebina CNC programa

»CNC program zaporedje programskih ukazov, ki nekemu CNC stroju določa postopek izvajanja delovnih operacij za izdelavo določenega izdelka.

Potek obdelave v programu je opisan s funkcijskimi, geometrijskimi in tehnološkimi ukazi, definicijami orodij ter pomožnimi funkcijami.

Program je sestavljen iz posameznih programskih stavkov, ki opisujejo določeno operacijo ali gibanje na stroju. Programski stavki so sestavljeni iz določenih informacij, ki so opisane z besedami. Besede sestavljajo naslov in pripadajoče številke z ustreznim predznakom (vrednost).

Naslov so črke, ki predstavljajo določeno funkcijo in se vedno nahajajo na začetku besede. Vrstni red besed v programskem stavku je običajno tudi predpisan« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

»Vsak program, ki ga včitamo ali uvozimo preko različnih medijev, mora vsebovati sledeče sklope:

- Znak za začetek (%),
- Zaporedje stavkov z ukazi in podatki,
- Znak za konec programa« (Balažic, 2005, 14).

3.4.3 Pomen posameznih oznak v programskem stavku

Oznaka	Format besede	Pomen
N	3	označuje skupaj s številko zaporedno številko programskega stavka
G	2	označuje glavne programske funkcije, ki določajo vrsto in način gibanja orodja oz. obdelovanca
X	+,–5	oznake X osi v koordinatnem sistemu; določa pomik v X smeri (+, –)
Y	+,–5	oznake Y osi v koordinatnem sistemu; določa pomik v Y smeri (+, –)
Z	+,–4	oznake Z osi v koordinatnem sistemu; določa pomik v Z smeri (+, –)
I, J, K	5	označujejo osi pomožnega koordinatnega sistema pri krožni interpolaciji
F	3	označuje podajalno hitrost, in sicer v mm/min ali pa v mm/vrtljaj
S	4	programirano število vrtljajev glavnega vretena__
T	2	oznaka ali koda orodja
M	2	oznaka za pomožne programske funkcije

Tabela 1: Pomen oznak v programskem stavku

Vir: http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/prgvsebi.htm, dne 9. 3. 2014

»Predznak pri oznakah koordinatnih osi je zelo pomemben, saj opredeljuje smer gibanja orodja oz. mize.

Zapis, oblika besede za X +,–5.3 pomeni, da lahko pod koordinato X vpišemo +,–5 celih mest in 3 decimalke.

Skupaj s številko in predznakom določajo smer in dolžino gibanja orodja. Če zapišemo številko s predznakom "–", je smer gibanja negativna. Če zapišemo številko brez predznaka, je smer gibanja pozitivna« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

3.5 Orodja pri CNC strojih

»Orodja, ki jih uporabljamo pri sodobnih CNC strojih, so običajno sestavljena iz dveh delov, in sicer iz držala ter rezilnega dela« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).



Slika 5: Orodje za CNC stroje

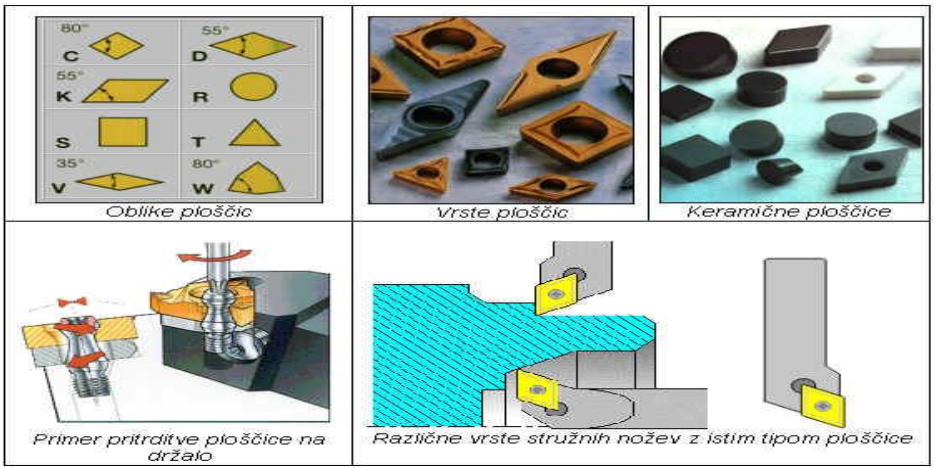
Vir: Internetni vir št. 12 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

3.5.1 Držalo orodja

»Držalo orodja mora ustrezati revolverski glavi ali glavi vretena, kamor se vpenja. Oblika vpenjalnega dela držala je standardizirana« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).

3.5.2 Rezilni del orodja

»Ploščice so standardnih oblik z več rezilnimi robovi, kar omogoča večjo izkoriščenost le-teh. Ploščic se ne ostri. Ko je rezilni rob obrabljen, se ploščico obrne. Po obrabi rezalnih ploščic se le-te enostavno in hitro zamenjajo z novimi. Pritrjevanje rezalnih ploščic je lahko izvedeno na več načinov« (www2.sts.si z dne 9. 3. 2014).



Slika 6: Rezilne ploščice

Vir: http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/orodje.htm, dne 9. 3. 2014

»Praviloma nastajajo pri obdelavi žilavih in mehkejših materialov tekoči odrezki, medtem ko so odrezki pri obdelavi krhkih materialov nalomljeni in raztrgani. Tekoči odrezki nastajajo, če material lahko doseže neko najmanjšo stopnjo deformacije« (Kraut, 2011,711).

Rezalne ploščice različnih oblik so iz karbidnih trdin ali kovinske keramike z različnimi prevlekami, ki zagotavljajo čim večjo obstojnost orodja, veliko trdoto tudi pri visokih temperaturah, povečano odpornost proti obrabi in slabo toplotno prevodnost v rezalni coni.

Nekoč se je za prevleke rezalnih ploščic uporabljal samo en material. Najpogosteje sta bila to titanov nitrid ali titanov karbid. Danes pa se uporablja večje število zelo tankih prevlek iz nitridov, karbidov in oksidov. Rezalne ploščice imajo tudi do 10 tankih prevlek debeline 0.2 µm.

Za izdelavo ležajnih sedežev uporabljamo rezalne ploščice iz karbidne trdine različnih proizvajalcev. Sandvik: CCMT09T304-WF, DNMG150612-QM, Walter: SPMT120408-D51, Sumitomo: SEMT13T3AGSN-G, Widia: TN6525, Atorn: CCMT09T302-FPHC6620 in še veliko drugih.

3.6 CAD-CAM sistemi

»Povezava CAD in CAM sistemov je izpeljana z njunim povezovanjem z EXAPT sistemi, ki jih uporabljamo pri CNC postrojenjih. Pri tem gre za uporabo podatkov o geometriji izdelka in njihovo dopolnjevanje s tehnološkimi podatki. Oboje je osnova za izdelavo tehnološkega redosleda izdelave oziroma delovnega načrta oziroma CNC programa, po katerem CNC stroj obdela surovec do končne oblike izdelka« (Jakopič & Plazar, 2003, 133).

3.6.1 CAD – računalniško konstruiranje, izdelave risb in koncipiranje izdelka

»Sistem omogoča risanje od najenostavnejšega koncipiranja oblik in funkcij do klasičnega konstrukterskega detajliranja tako v statičnem kot v dinamičnem smislu. S CAD lahko slike, načrte in modele dograjujemo in spreminjamo glede na potrebe in želene funkcije zelo hitro ter učinkovito.

Prednosti CAD konstruiranja glede na klasično konstruiranje so:

- direktna povezanost konstrukcijskega mesta s procesom izdelave,
- konstruiranje in izdelava orodij,
- zamenjava podatkov z eksternimi dobavitelji in kompatibilnost med njimi.

Posebne lastnosti CAD sistemov so tudi velike možnosti korektur, koriščenja standardnih baz podatkov, simulacij gibanja elementov v prostoru in njihovo prilagajanje že obstoječim rešitvam.

CAD se lahko navezuje na CAM sistem in je njegovo izhodišče ter tako predstavlja bazne CAM podatke. Poleg opisanih lastnosti ima CAD še nekatere prednosti:

- skrajševanje razvojnega časa za izdelavo izdelka,
- večje zmanjšanje konstrukcijskih napak kot pri klasični konstrukciji,

- hitrejše reagiranje na tržne zahteve,
- skrajševanje pretočnega časa izdelka v proizvodnji,
- visoko kvaliteto izdelave izdelka« (Jakopič & Plazar, 2003, 132).

3.6.2 CAM – računalniško podprta proizvodnja

»Predstavlja stekališče informacijskih in materialnih tokov v proizvodnem sistemu. Ti predstavljajo proces v delavnici na proizvodnem traku, na obdelovalnem stroju, delavce na strojih, ki po načrtih in tehnološki dokumentaciji fizično uresničijo načrtovane ideje po zagotovljeni tehnologiji.

Proizvodnja lahko glede na vrsto in način izdelave poteka na sledeče načine: posamično, serijsko, maloserijsko, skupinsko in množinsko ali velikoserijsko.

Ko je izdelek oziroma obdelovanec v proizvodnem procesu, je potrebno poskrbeti za vse vidike izdelave.

Tako moramo poskrbeti predvsem za naslednje vidike:

- potek izdelave na obdelovalnih ali drugih strojih,
- pravilnost redosleda izdelave in upoštevanja tehnoloških zahtev,
- sistem montaže, pravilno sestavo elementov in podsklopov pri montaži,
- vzdrževanje strojev in naprav,
- zagotavljanje pravočasne in kvalitetne preskrbe z orodjem,
- sprotno določanje stroškov glede na čas izdelave ter količine porabljenega materiala.

Podatke, ki jih dobivamo iz proizvodnega procesa, moramo stalno preverjati, ali so usklajeni z delovnim načrtom, ali je kvaliteta izdelave na zahtevanem nivoju, in glede na vrednosti, ki jih dobimo, izvajamo korekcije plana. V proizvodnji zaposlujemo dodatne delavce, uvajamo dodatne kapacitete. S kratkoročnimi ukrepi, prerazporejanjem delovnih nalogov in usklajevanjem strojnih kapacitet znotraj tovarne in izven s kooperanti zagotovimo nemoten potek izdelave velikega števila naročil in tako doseganje zahtevanih končnih terminov izdelave« (Jakopič & Plazar, 2003, 136).

4 AVTOMATIZACIJA OBDELOVALNEGA STROJA IN TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA

Podjetja, ki želijo ohraniti konkurenčnost, morajo slediti celovitim rešitvam od CNC obdelovalnih strojev do ustrezne izbire rezalnega orodja, optimalne tehnologije postopka obdelave, vključno z dodatnimi programskimi orodji, ki avtomatizirajo določene merilne operacije.



Slika 7: Krmilje CNC obdelovalnega stroja

Vir: Lasten

Računalniško podprti CNC obdelovalni stroji so gospodarni, avtomatizirani, visoko zmogljivi in hitro prilagodljivi. Zato so še posebej primerni za avtomatizacijo maloserijske in srednje serijske proizvodnje. Možna je hitra preureditev stroja z ene na drugo vrsto obdelave, to storimo enostavno z zamenjavo programa in rezalnega orodja. Obdelava izdelkov zapletenih

geometrijskih oblik poteka v najkrajših možnih časih, seveda ob predpogoju, da so tudi časi priprave obdelovancev, kot so npr. vpetje, nastavitev in umerjanje, optimalni. Pri tem moramo upoštevati, da če obdelava na CNC obdelovalnem stroju poteka avtomatizirano, moramo poskrbeti tudi za uporabo sodobnih, avtomatiziranih merilnih pripomočkov. Zato bo v nadaljevanju predstavljeno, kako smo se z omenjenim problemom soočali v našem podjetju Palfinger. Rešitev problema je zahtevala, da smo pri izdelavi ležajnih sedežev prešli iz ročnega umerjanja medosne razdalje na obdelovancu na popolnoma avtomatizirano umerjanje.

Umerjanje bo predstavljeno pri izdelavi žerjava tipa Palfinger PK 16000 (slika 8).

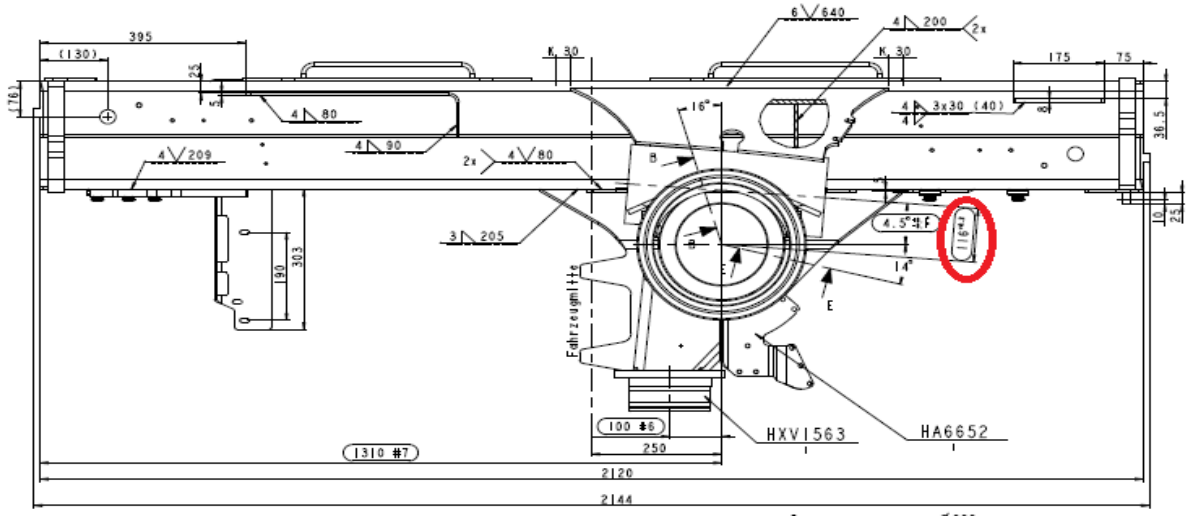


Slika 8: Palfinger PK 16000

Vir: Internetni vir št. 13 glej poglavje 6.2, dne 20. 3. 2014

4.1 Ročno umerjanje medosne razdalje z merilno uro

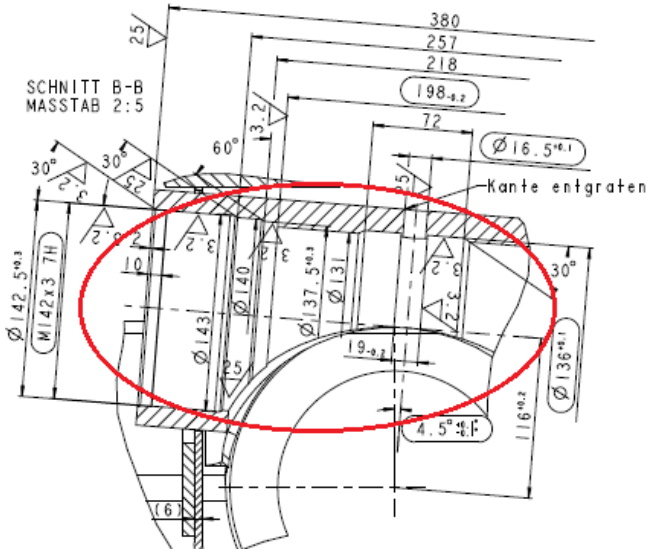
Prvotno umerjanje medosne razdalje pred obdelavo je bilo ročno, z merilno uro. Zaradi natančnega ujema zobnikov na obeh oseh smo morali glede na načrt obdelovanca zagotoviti razdaljo med dvema osema 116 +0,2 mm po načrtu (slika 9).



Slika 9: Načrt žerjava PK 16000

Vir: Interni vir podjetja Palfinger

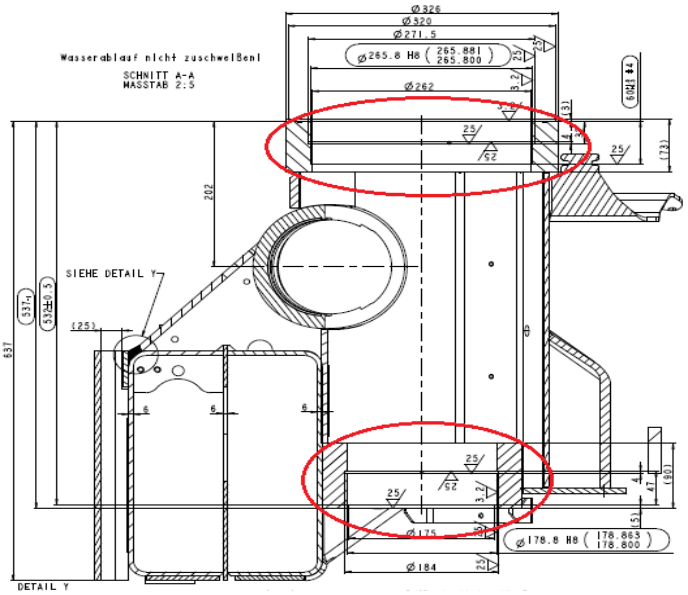
Zaradi potrebnega dvojnega vpetja smo obdelali vodilno cev na enem in ležajne sedeže na drugem stroju. Obdelavo vodilne cevi prikazuje slika 10.



Slika 10: Načrt žerjava PK 16000 vodilna cev

Vir: Interni vir podjetja Palfinger

Obdelavo ležajnih sedežev prikazuje slika 11.



Slika 11: Načrt žerjava PK 16000 ležajni sedeži

Vir: Interni vir podjetja Palfinger

Za ročno umerjanje medosne razdalje smo uporabljali merilno uro (slika 12).



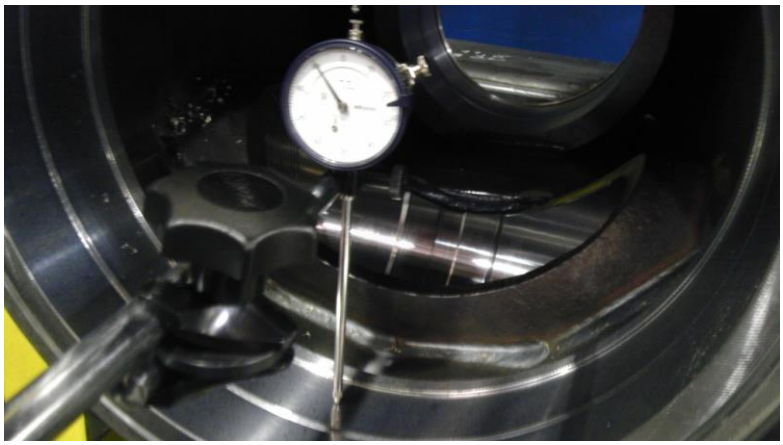
Slika 12: Merilna ura

Vir: Internetni vir št. 14 glej poglavje 6.2, dne 19. 3. 2014

To smo storili tako, da smo najprej na obdelovalnem stroju s postopki struženja, rezkanja in vrtanja izdelali na končne mere vodilno cev. Nato smo obdelovanec prenesli in ponovno vpeli na drugem obdelovalnem stroju, kjer smo izdelali še ležajni sedež, vendar v določenem razmerju medosne razdalje.

Postopek umerjanja medosne razdalje je potekal tako, da smo s prvim obdelovalnim orodjem za ležajni sedež naredili rez, ki je bil nastavljen na manjši premer od končnega zaradi možnosti poznejšega finega nastavljanja izhodiščnih točk na stroju. Nato pa smo ročno izmerili in izračunali medosno razmerje.

Za umerjanje smo uporabili merilno uro in namensko držalo za merilno uro, katero smo z magnetom pritrdili na vreteno stroja. Nato smo vreteno obdelovalnega stroja premikali tako, da smo merilno uro postavili v območje ležajnega sedeža in se z merilno palico na merilni uri dotaknili obdelovanca (slika 13).



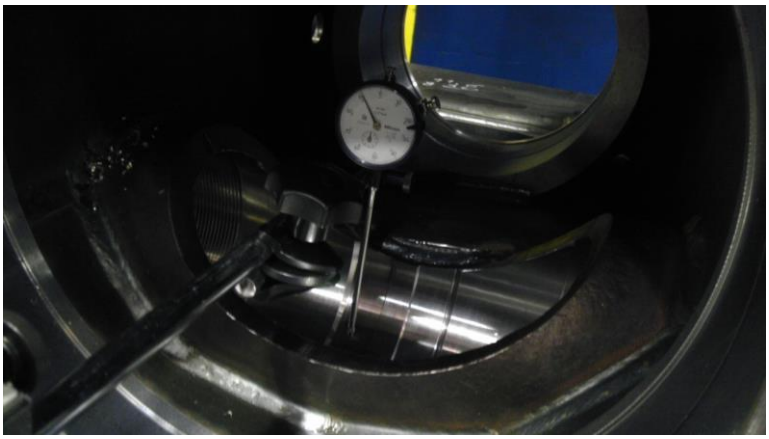
Slika 13: Ročno umerjanje ležajnega sedeža z merilno uro

Vir: Lasten

Nato smo s strojem poiskali po X osi najnižjo točko prvega reza in po Y osi nastavili merilno uro v položaj, da nam je veliki kazalec kazal na nulo. Paziti smo morali tudi na majhen kazalec, ki kaže vrtljaje, da smo ga imeli pri umerjanju ležajnega sedeža in vodilne cevi na enaki vrednosti.

Nato smo odčitali dejansko pozicijo stroja po Y osi in si jo zapisali.

Na sliki 14 je prikazan ročni merilni postopek umerjanja vodilne cevi.



Slika 14: Ročno umerjanje vodilne cevi z merilno uro

Vir: Lasten

Edina razlika med umerjanjem ležajnega sedeža in vodilne cevi je ta, da smo pri umerjanju vodilne cevi s strojem iskali najnižjo točko sedeža po Z osi, ker sta sedeža usmerjena drug proti drugemu za 90 stopinj.

Tudi tokrat smo odčitali dejansko pozicijo stroja po Y osi in si jo zapisali. Na podlagi teh dveh odčitanih vrednosti smo dobili podatek o izmerjeni razliki med najnižjima točkama obeh sedežev. Le-to smo uporabili pri ročnem izračunu za medosno razdaljo sedežev. Pri izračunu smo rabili še točen premer prvega reza za ležajni sedež in premer vodilne cevi.

Primer ročnega umerjanja in računanja medosne razdalje:

1. Poiščemo najnižjo točko ležajnega sedeža (slika 13) in prepišemo iz CNC krmilnika na list papirja trenutno pozicijo vretena po Y osi (na primer: 1118,880).
2. Poiščemo najnižjo točko vodilne cevi (slika 14) in prepišemo iz CNC krmilnika na list papirja trenutno pozicijo vretena po Y osi (na primer: 1062,750).
3. Od 1118,880 odštejemo 1062,750 in dobimo razliko med najnižjima točkama, ki v našem primeru znaša 56,130 mm.

4. »Vzamemo« polmer prvega reza, v našem primeru je to 130 mm. Prištejemo razliko med najnižjima točkama (56,130) in dobimo vrednost 186,130 mm. To je razdalja od centra ležajnega sedeža do najnižje točke vodilne cevi.
5. Iz načrta odčitamo polmer vodilne cevi, v našem primeru je to 68,05 mm. Od 186,130 odštejemo 68,05 in dobimo 118,080 mm. To je trenutna medosna razdalja med sedežema.
6. Po načrtu je zahtevana medosna razdalja 116 +0,2 mm. Zato moramo prestaviti izhodiščno točko po Y osi na stroju v minus za 1,98 mm. 118,080 – 1,98 = 116,1. Tako dobimo medosno razdaljo v sredino tolerance.

Za tako umerjanje medosne razdalje smo porabili približno 10 minut.

Prednost tega umerjanja je relativno mala investicija v merilno opremo.

Slabosti tega umerjanja pa so izguba časa, možnost napačnega umerjanja in možnost napačnega izračuna zaradi nenatančnosti operaterja na stroju.

4.2 Ročno umerjanje medosne razdalje z merilno glavo s tipalom PMG-20

Za lažji in hitrejši postopek umerjanja medosne razdalje smo izdelali namenski pripomoček, ki ga v žargonu imenujemo »srce« (slika 15).



Slika 15: Pripomoček za umerjanje

Vir: Lasten

Pripomoček za umerjanje smo izdelali s postopkom struženja in poliranja, in sicer tako, da je spodnji del obdelan na končno mero premera vodilne cevi, zgornji del merilnega pripomočka pa na dejansko mero medosne razdalje po načrtu med obema sedežema. To pomeni, da najvišja točka zgornjega dela pripomočka za umerjanje predstavlja center ležajnega sedeža.

Za tako umerjanje medosne razdalje smo seveda morali kupiti tudi namensko merilno orodje s tipalom znamke BIG POINT MASTER, model PMG-20 (slika 16).



Slika 16: Namensko orodje BIG POINT MASTER PMG-20

Vir: Internetni vir št. 15 glej poglavje 6.2, dne 20. 3. 2014

Orodje smo vstavili v skladišče orodja na stroju. Pred umerjanjem orodje prikličemo preko programa na krmilniku CNC obdelovalnega stroja, in le to to se avtomatsko vstavi v vreteno na stroju.

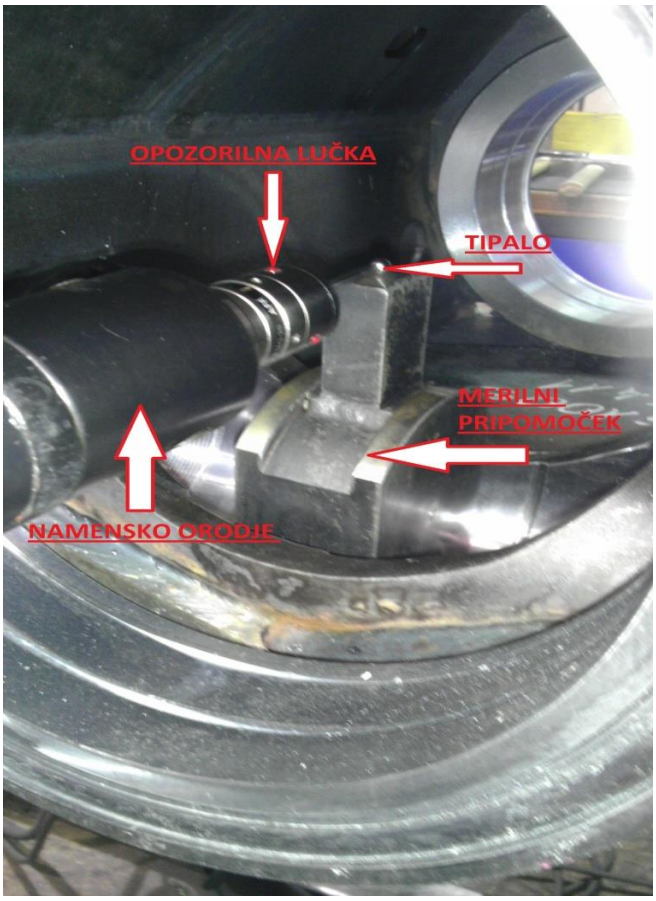
Slika 17 prikazuje ročno vstavljen merilni pripomoček »srce« v vodilni cevi.



Slika 17: Ročno nameščen pripomoček »srce«

Vir: Lasten

Nato smo ročno premikali vreteno stroja tako, da smo namensko orodje s tipalom postavili v najvišji položaj, kjer se tipalo še dotika zgornjega dela merilnega pripomočka »srce«. Ob dotiku na namenskem orodju s tipalom zasveti rdeča opozorilna lučka (slika 18).



Slika 18: Umerjanje z namenskim orodjem BIG POINT MASTER PMG-20

Vir: Lasten

Ko imamo stroj ročno postavljen v tak položaj, odčitamo na krmilniku CNC obdelovalnega stroja dejansko vrednost po Y osi, tej vrednosti prištejemo še toleranco po načrtu in dobimo izhodiščno točko oz. center ležajnega sedeža.

Za tako umerjanje medosne razdalje smo porabili približno 6 minut.

Prednosti tega umerjanja so: za približno štiri minute skrajšani merilni čas, enostavnejše umerjanje brez potrebnega preračunavanj medosne razdalje. Izhodiščno točko oziroma center ležajnega sedeža enostavno odčitamo s pozicijo obdelovalnega stroja po Y osi.

Glavna slabost opisanega postopka je v tem, da izdelani merilni pripomoček »srce« lahko uporabimo samo za določeno vrsto obdelovanca. To pomeni, da smo zaradi različnih premerov vodilnih cevi in različnih medosnih razdalj, morali posebej izdelati tudi ustrezne merilne pripomočke.

4.3 Avtomatsko umerjanje medosne razdalje in nastavljanje izhodiščnih točk z orodjem Renishaw RMP 60

Postopek umerjanja medosne razdalje sedežev smo občutno skrajšali šele z nakupom popolnoma avtomatizirane merilne opreme Renishaw.

Merilna glava Renishaw RMP 60 s proženjem na dotik in radijskim prenosom podatkov v krmilnik CNC obdelovalnega stroja je namenjena nastavljanju ali kontroli komponent na obdelovalnih centrih.



Slika 19: Merilno orodje Renishaw RMP 60

Vir: Internetni vir št. 16 glej poglavje 6.2, dne 20. 3. 2014

»Merilna glava RMP60 sodi v novo generacijo merilnih sistemov z radijskim prenosom signala, ki so idealni za velike obdelovalne centre oz. za stroje, kjer ni mogoče zagotoviti, da je merilna glava vedno v vidnem polju sprejemnika.

RMP60 ima integriran merilni modul, ki je izredno robusten in ima velik podaljšan hod.

RMP60 izpolnjuje zahteve FCC in deluje v frekvenčnem območju 2,4 GHz. Prenos signala je brez interferenčnih motenj po zaslugi tehnologije FHSS (razširjen spekter s frekvenčnim skakanjem). V isti strojni delavnici lahko tako deluje več sistemov brez tveganja presluha.

Komunikaciji med merilno glavo RMP60 in krmilnikom stroja je namenjen integrirani vmesnik/sprejemnik RMI.

Merilna glava se aktivira z radio frekvenčnim signalom, ki se sproži s kodo M, vrtenjem ali stikalom na steblu« (www.renishaw.si z dne 20. 3. 2014).

Z uporabo merilnih glav Renishaw RMP60 smo odpravili ročno umerjanje medosne razdalje z merilnimi urami ter ročno preračunavanje in vnašanje izhodiščnih točk v krmilnik CNC obdelovalnega stroja.

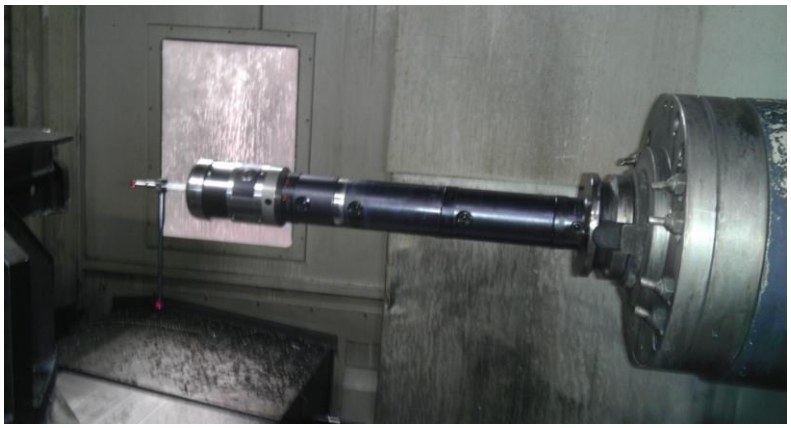
Prednosti uporabe so naslednje:

- skrajšan čas nedelovanja stroja,
- avtomatska poravnava vpenjal in obdelovancev ter nastavitev rotacijskih osi,
- odpravljene napake ročne nastavitve,
- manj izmeta,
- izboljšana produktivnost in prilagodljiva velikost serij.

Merilne glave smo montirali na vpenjalne trne s podaljški in jih vstavili v skladišče orodja na obdelovalnih centrih. Tako se orodje avtomatsko–samodejno vpenja in izpenja v vreteno stroja.

Naša merilna oprema vsebuje:

- namensko orodje z merilno glavo Renishaw RMP 60, vpeto v vreteno stroja (slika 20),



Slika 20: Namensko orodje Renishaw RMP 60

Vir: Lasten

- vmesnik/sprejemnik RMI (slika 21),



Slika 21: Vmesnik/sprejemnik RMI

Vir: Lasten

- makro programe.

Slika 22 prikazuje primer makro programa, s katerim namensko orodje Renishaw RMP 60 avtomatsko izmeri medosno razdaljo na obdelovancu, izračuna izhodiščne točke za ležajni sedež in preko senzorja radijsko prenese podatke v krmilnik CNC obdelovalnega stroja.

```
O8034(MERJENJE/ABST.S106-SAX-G56.G57)
G80G90G0
M19
M74

G10L2P6X1190Y511Z-41
G59X0.Y120
G43H199Z100.
G65P9810Z10.F3000
G65P9811Z0.S6
G65P9810X0.Y0.
G65P9810Z-10.
G65P9814D250.S148
#2503=#7941(X V G56)
#2506=#7941(X V G59)
#2606=#7942(Y V G59)
G65P9810X-20.Y50.
G43H200Z0.
G65P9810Z-160.
G65P9810Y12
#2706=#2706-220.(PREMIK NULE NA DRUGO STENO LUKNJE)
G65P9811Z0S148
#600=#7943
#2706=#2706+220.(VRNITEV NULE)
G65P9810Z-160.
#2706=#2706-100.(PREMIK NULE NA PRVO STENO LUKNJE)
G65P9811Z0S148
#2706=#2706+100.(VRNITEV NULE)
#601=#7943
#602=#601-[[#601-#600]/2]
#603=#602+154.+0
#2703=#603(Z V G56)
#2706=#602
G65P9810Z0.
G65P9810Y-20.
#2606=#2606-60.
G65P9811Y0.S148
#2606=#2606+60.
#604=#7942
#605=#604-130.465+3+102.1+52.8
#2603=#605(Y V G56)
G65P9810Y50.
G65P9810Z400.
#2504=2099.37-#2503(X PRERACUN ZA G57)
#2604=#2603(Y ISTI ZA G57)
#2704=-49.7-#2703(Z PRERACUN ZA G57)
G0G91G28Z100.T32
G90
M73


M99
```

Slika 22: Makro program

Vir: Interni vir podjetja Palfinger

Namensko orodje Renishaw deluje s proženjem na dotik po X, Y in Z osi (slika 23 in 24).



Slika 23: Delovanje s proženjem na dotik po X in Y osi

Vir: Internetni vir št. 17 glej poglavje 6.2, dne 20. 3. 2014



Slika 24: Delovanje s proženjem na dotik po Z osi

Vir: Internetni vir št. 17 glej poglavje 6.2, dne 20. 3. 2014

Umerjanje medosne razdalje obdelovanca je po zgornjem postopku popolnoma avtomatizirano-samodejno, zelo hitro in natančno. Poraba časa za umerjanje znaša približno 1 minuto.

Avtomatsko izmeri medosno razdaljo na obdelovancu, izračuna izhodiščne točke za ležajni sedež in preko senzorja radijsko prenese podatke v krmilnik CNC – obdelovalnega stroja.

Edina slabost - relativno velika investicija.

4.4 Primerjava med sistemi in prihranki

4.4.1 Ročno umerjanje medosne razdalje z merilno uro

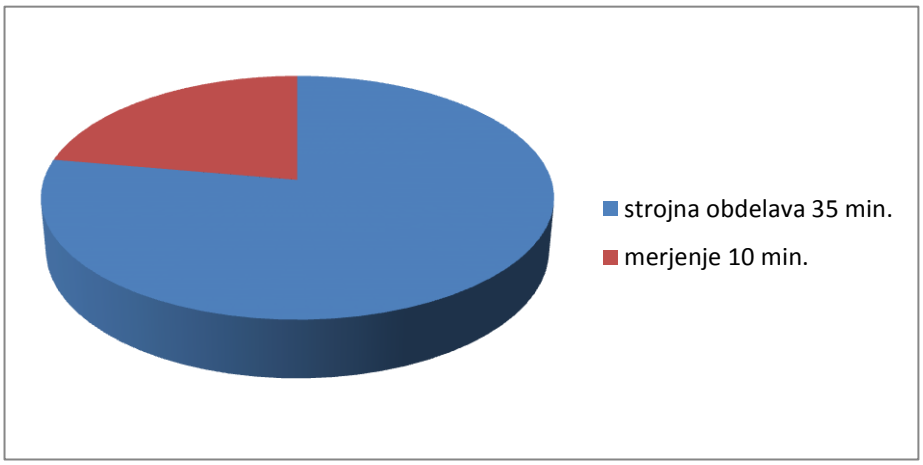


Tabela 2: Čas obdelave in čas merjenja pri ročnem umerjanju z merilno uro

Vir: Lasten

Pri ročnem umerjanju z merilno uro smo porabili za meritev 10 minut, torej za obdelavo enega obdelovanca 45 minut.

Slabosti tega umerjanja so izguba časa, možnost napačnega umerjanja in možnost napačnega izračuna zaradi nenatančnosti operaterja na stroju ter posledično netočna obdelava in slaba kakovost izdelka.

S takim načinom umerjanja smo naredili 10 kosov na izmeno na enem stroju.

4.4.2 Ročno umerjanje z merilno glavo s tipalom PMG 20

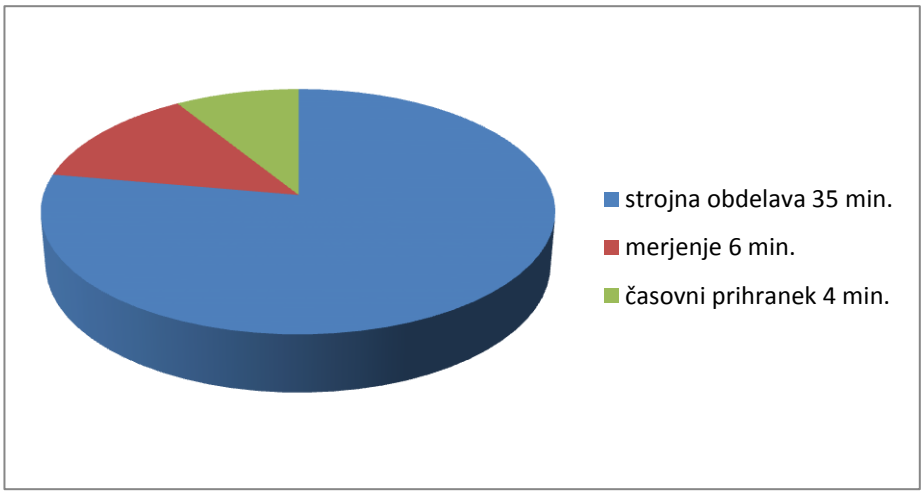


Tabela 3: Čas obdelave in čas merjenja pri ročnem umerjanju z merilno glavo s tipalom PMG 20

Vir: Lasten

Pri ročnem umerjanju z merilno glavo s tipalom PMG 20 smo za merjenje in obdelavo enega kosa porabili 41 minut.

Prednost tega umerjanja je, da smo skrajšali merilni čas. Prihranili smo 4 minute na en kos, ker ne porabljamo dragocenega časa za izračun medosne razdalje, ampak pozicijo obdelovalnega stroja samo odčitamo in odčitane koordinate vnesemo v program. Še vedno pa je možna subjektivna napaka napačne meritve in posledično napaka izdelka.

S takim načinom umerjanja smo naredili 11 kosov na izmeno na enem stroju. Torej 1 kos več na izmeno kot s prejšnjim načinom umerjanja.

4.4.3 Avtomatsko umerjanje z namenskim orodjem Renishaw RMP60

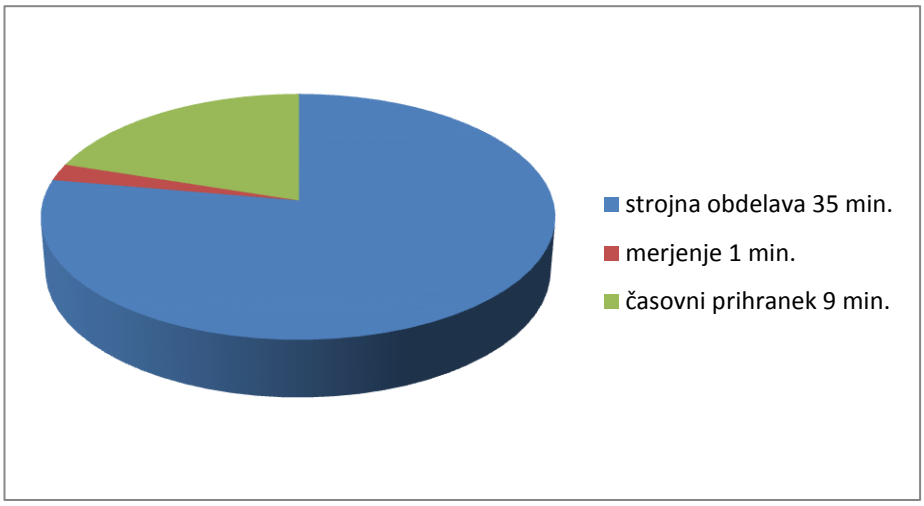


Tabela 4: Čas obdelave in merjenja pri avtomatskem umerjanju

Vir: Lasten

Pri avtomatskem umerjanju z namensko merilno glavo Renishaw RMP60 smo za obdelavo enega kosa porabili 36 minut.

Prednosti tega umerjanja so te, da je popolnoma avtomatizirano, najhitrejše in najbolj natančno. Prihranili smo 9 minut na kos.

S takim načinom umerjanja smo naredili 12,5 kosov na izmeno na enem stroju. Torej še dodatnih 1,5 kosov več na izmeno v primerjavi s prejšnjim načinom umerjanja in 2,5 kosa več na izmeno v primerjavi s prvotnim načinom umerjanja.

Ker imamo serijsko proizvodnjo takšnih in podobnih žerjavov, smo privarčevali na času in zmanjšali stroške obdelave ter izboljšali kakovost. Namensko orodje Renishaw RMP60 namreč uporabljamo na vseh strojih in vseh tipih žerjavov, ki jih proizvajamo serijsko.

5 ZAKLJUČEK

V prvem delu diplomske naloge je bilo predstavljeno podjetje Palfinger d.o.o., obravnavali smo tehnologijo odrezavanja, CAD-CAM programe, ter primer programiranja CNC obdelovalnih strojev na osnovi krmilnikov, kot so Fanuc, Siemens, Heidenhain.

V drugem, praktičnem delu diplomske naloge pa je predstavljeno obdelovanje ležajnih sedežev na sestavnih komponentah za žerjave s poudarkom na problematiki umerjanja medosne razdalje in določanja izhodiščnih točk na CNC obdelovalnih strojih.

Prvotno smo za umerjanje medosne razdalje na obdelovancu uporabljali ročni postopek z merilno uro. Postopek je bil časovno neustrezen in možnost napačne meritve sorazmerno velika, kar je posledično prispevalo k netočni obdelavi in občasnemu izmetu.

Zato smo prešli na uporabo merilne glave s tipalom PMG-20, s katero smo sicer dosegli časovni prihranek 4 minute na kos obdelovanca, nismo pa odpravili možnosti napake pri merjenju in posledično verjetnosti kakovostno neustreznih izdelkov.

Pri obdelavi na CNC obdelovalnih strojih sta med drugim pomembna nastavitveni čas in natančnost izdelkov, zato smo tehnologijo obdelave izboljšali še na ta način, da smo obdelovalne stroje »nadgradili« z namenskim merilnim orodjem znamke Renishaw RMP60. Nameni te avtomatizacije so bili racionalizacija postopka, skrajšanje časa, povečanje natančnosti in učinkovitosti obdelave komponent.

Primerjava vseh treh zgornjih postopkov je potrdila pravilnost naše odločitve. Zaključimo lahko, da podjetje, ki želi ohraniti konkurenčnost, mora med drugim slediti celovitim rešitvam avtomatizacije. V našem primeru se je izkazalo, da nam optimalni čas in kakovost obdelave zagotavljajo skupni učinki, kot so ustrezna merilna programskega orodja, ustrezna izbira tehnoloških pogojev obdelave vključno z optimalno izbiro vrste in geometrije rezalnega orodja glede na material ter geometrijo obdelovanca.

6 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

6.1 Literatura

1. Balažic R., *Programiranje CNC-strojev,* Franc-Franc d.o.o., Murska Sobota, 2005.
2. Čuš F., *Postopki odrezavanja,* Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2009.
3. Jakopič F., Plazar S., *Tehnologija odrezovanja kovin*, Zavod Republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana, 2003.
4. Kisin M., *Tehnologija,* Zavod IRC, Ljubljana, 2011.
5. Kosmač J., *Odrezavanje,* Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2010.
6. Kraut B., *Krautov strojniški priročnik,* Littera picta, Ljubljana, 2007.

6.2 Internetni viri

1. https://www.palfinger.com/en/emea, dne 20.3.2014
2. http://www.renishaw.si/sl/rmp60-merilna-glava-s-prozenjem-na-dotik--6100, dne 20.3.2014
3. http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/osnovecnc.htm, dne 20.3.2014
4. http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/prgvsebi.htm, dne 20.3.2014
5. http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/cncstr.htm, dne 20.3.2014
6. http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/cncprog.htm, dne 20.3.2014
7. http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/orodje.htm, dne 20.3.2014
8. https://www.google.si/search?q=stru%C5%BEenje&client=firefoxa&hs=zTK&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=ZL0pU8XrNcqJtAaK1IHgCg&ved=0CCwQsAQ&biw=1920&bih=951&dpr=1#facrc=_&imgdii=_&imgrc=1jYpRk_QKSSYhM%253A%3B_4shUUkHaQ3_0M%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bohinec.si%252FStoritve%252FCNC_in_navadno_struzenje%252Fdrehen.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bohinec.si%252FStoritve%252FCNC_in_navadno_struzenje%252Fstruzenje.html%3B900%3B600, dne 19.3.2014
9. https://www.google.si/search?q=stru%C5%BEenje&client=firefoxa&hs=zTK&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=ZL0pU8XrNcqJtAaK1IHgCg&ved=0CCwQsAQ&biw=1920&bih=951&dpr=1#channel=np&q=rezkanje&rls=org.mozilla:enUS:official&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=XyhgmhQ78EXazM%253A%3BTjbcry1QA

JOWM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.strojnistvo.com%252Fmedia%252Fuploads%252F12735%252Fimages%252FDouble_Octomill_Application_I.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.strojnistvo.com%252Fplano-rezkanje.html%3B1600%3B1066, dne 19.3.2014

10. https://www.google.si/search?q=vrtanje&client=firefoxa&hs=d5z&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=hMEpU7rSE4KKtAbK54D4BQ&ved=0CDkQsAQ&biw=1920&bih=951#channel=np&q=bohren&rls=org.mozilla:enUS:official&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=EHvUf4leoITs3M%253A%3BCA8_cMnCK2vU1M%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.kandziorametall.de%252Fimages%252Fbildbohren.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.kandziorametall.de%252Fkandziorabohrenfraesen.php%3B374%3B343, dne 19.3.2014
11. https://www.google.si/search?q=vrtanje&client=firefoxa&hs=d5z&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=hMEpU7rSE4KKtAbK54D4BQ&ved=0CDkQsAQ&biw=1920&bih=951#q=+cnc+puma&rls=org.mozilla:enUS:official&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=p5cqKECDzEAAfM%253A%3BMa53KhR2bc8FM%3Bhttp%253A%252F%252Fplasticeng.com%252Fwpcontent%252Fuploads%252F2010%252F11%252Fdoosanpuma2100syb%3Bhttp%253A%252F%252Fplasticeng.com%252Fprecisionmachining-capabilities%252Fcnc-machine-shop%3B580%3B374, dne 19.3.2014
12. https://www.google.si/search?q=tools+cnc&client=firefoxa&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=cPYpU_3tIsLStAautoAo&ved=0CD8QsAQ&biw=1920&bih=951#facrc=_&imgdii=_&imgrc=ahvDnQ5i9ohQbM%253A%3Bv26MYncJNLpxvM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.rbhtools.com%252Fimages%252Fbanner01.png%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.rbhtools.com%252F%3B549%3B518, dne 19.3.2014
13. https://www.google.si/search?q=palfinger+pk16000&client=firefoxa&hs=5W1&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=fg0rU5uyHYOytAa_sICAAg&ved=0CEAQsAQ&biw=1920&bih=951#facrc=_&imgdii=_&imgrc=JdWdXjJhNDa_3M%253A%3BlDLbSWa0aXEAM%3Bhttp%253A%252F%252Fstatic.mascus.com%252Fimage%252Fproduct%252Flarge%252Fc8678008%252Fpalfingerpk16000%252C44101b75.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.mascus.com%252Ftransportation%252Fusedloadercranes%252Fpalfingerpk16000%252Ffn9mbf3n.html%3B600%3B543, dne 20.3.2014
14. https://www.google.si/search?q=merilna+ura&client=firefox-a&hs=BAQ&rls=org.mozilla:en-US:official&channel=np&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=gJYhU_6NCsjNtQaGgoG4BQ&ved=0CCwQsAQ&biw=1920&bih=951#facrc=_&imgdii=_&imgrc=BR4JkjB37h3T5M%253A%3BNLPqBJfOdPU8jM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.1meritev.si%252Fuserfiles%252FImage%252FSTROJNISTVO%252FSTANDARDgage%252FMerilne%252520ure%252FMerilna_ura_STANDARD_GAGE_01414010_opis_1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.1meritev.si%252Fart%252FMerilne_ure_STROJNISTVO_Merilna_oprema_za_strojnistvo_POMICNA_MERILA_MIKROMETRI_MERILNE_URE%252Fmerilne_ure_merilna_ura_01414010%3B500%3B501, dne 19.3.2014
15. https://www.google.si/search?q=big+point+master+pmg20&client=firefoxa&hs=AGi&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=aiIrU7iDKY2HswaOv4Fo&ved=0CAkQ_AUoAQ&biw=1920&bih=951#facrc=_&imgrc=CG4Hr9_DQT6QPM%253A%3B83gUeqYYhdfFzM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bigkaiser.com%252Fimages%252Fpoint_master.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bigkaiser.com%252Fpointmaster-compact-sensor.php%3B260%3B286, dne 20.3.2014
16. https://www.google.si/search?q=renishaw+rmp+60&client=firefoxa&hs=PjP&rls=org.mozilla:en-US:official&channel=np&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=hEIrU6HBCcrmswbo_4HoDA&ve

d=0CAkQ_AUoAQ&biw=1920&bih=951#facrc=_&imgdii=_&imgrc=CHcYm7Tyy21ucM%253A%3BVNtrf2BcSZUXbM%3Bhttp%253A%252F%252Fmfgnewsweb.com%252Farchives%252Fquality_control%252Fmar04%252Fpics%252FRenishawRMP60Probe.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fmfgnewsweb.com%252Farchives%252Fquality_control%252Fmar04%252FRenishaw%2525252520RMP60%252520Probe.htm%3B288%3B452, dne 20.3.2014

17. https://www.google.si/search?q=renishaw&client=firefoxa&hs=MiQ&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=R1ErU9XcMMrbtAak1YGAAQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1920&=951#facrc=_&imgdii=_&imgrc=dZA3y05Jcso7M%253A%3BZa6mji4HF737mM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cnc1.com%252Fimages%252Fcustomerimages%252FProbe.pp.Renishaw_Probe_Status_XY.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cnc1.com%252FContent%252FMilling_Inspection_and_Tool_Setting.asp%3B196%3B173, dne 20.3.2014
18. https://www.google.si/search?q=renishaw&client=firefoxa&hs=MiQ&rls=org.mozilla:enUS:official&channel=np&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=R1ErU9XcMMrbtAak1YGAAQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1920&bih=951#channel=np&q=renishaw++direction&rls=org.mozilla:enUS:official&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=Y_5p13OPbnkW3M%253A%3BZa6mji4HF737mM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cnc1.com%252Fimages%252Fcustomerimages%252FProbe.pp.Renishaw_Probe_Status_Z.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.cnc1.com%252FContent%252FMilling_Inspection_and_Tool_Setting.asp%3B196%3B173, dne 20.3.2014