

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

SPREMEMBA VPENJALNEGA SISTEMA NA CNC STROJU

Kandidat: Boris Pungartnik

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič

Mentor v podjetju: Mitja Kovač, dipl. inž. str.

Lektor: Tina Esih, prof. slj. in zgo.

Maribor, 2018

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Boris Pungartnik sem avtor diplomskega dela z naslovom Sprememba vpenjalnega sistema na CNC stroju, ki sem ga napisal pod mentorstvom Mitje Kovača, dipl. inž. str.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo 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 Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Vitanje, september 2018

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvala mentorju, dr. Darkotu Friščiću, in somentorju, Darku Dajčmanu, za pomoč pri opravljanju diplomskega dela. Prav tako vsem profesorjem in celotnemu kolektivu VSS Academia Maribor.

Zahvala mentroju v podjetju, Mitju Kovaču, in podjetju GKN Driveline Zreče za vso podporo v času šolanja.

Posebna zahvala mojemu očetu, ki mi je bil ves čas v trdno oporo, in prav tako zahvala moji družini.

POVZETEK

V diplomskem delu je predstavljena nadgradnja vpenjalnega sistema CNC stroja za izdelavo tripode AAR. Cilj diplomskega dela je, da osvojimo tip tripode AAR in s tem dvignemo konkurenčno prednost. Torej, da osvojimo novi tip izdelka, moramo izdelati vzorce, ki jih nato pošljemo na testiranje.

Prav tako v tem času pripravimo dokumentacijo, ki je potrebna za serijsko proizvodnjo. Izdelamo FMEA, slikovne plane in plane nadzora ter pripravimo konstrukcijske risbe za novi tip izdelka.

Za izdelavo tipa AAR potrebujemo novo vpenjalno orodje, da ga implementiramo na obstoječo delovno glavo. Izdelamo merilne priprave, s katerimi bomo izvajali meritve izdelkov na predpisanih kontrolnih točkah. Pri izdelavi je zelo pomemben cikel čas stroja in za tip tripode AAR smo planirali čas obdelave izdelka v 45 s. S spremljanjem ciklus in optimiranjem stroja s programskimi nastavitvami bomo poskušali zagotoviti planiran čas. Z implementacijo nove delovne glave s posebno prilagojeno vpenjalno pripravo bomo dosegli planiran cikel čas ter dvignili produktivnost stroja.

Podatke bomo spremljali preko dnevnih poročil proizvodne enote. Stabilnost procesa bomo nadzorovali z avtomatskim zajemom podatkov, ki preko merilne ure v računalnik beležijo določene karakteristike. Preko poročil proizvodnje bomo spremljali število izdelanih kosov in število slabih kosov. Zmanjšanje izmeta bomo zagotovili s posebno prilagojenim vpenjalnim sistemom.

Z lastno proizvodnjo tipa AAR dosežemo ekonomski prihranek, saj izdelek izdelujemo v svojem podjetju, prav tako dvignemo prodajno ceno izdelka. Pri diplomskem delu sem uporabil analize, ki smo jih izvajali skozi celoten proces izdelave tipa tripode AAR.

Z analizami smo odpravljali težave na stroju, izdelali varovanja, ki so preprečevala poškodbe orodja ali samega stroja. Izboljšali konstrukcijo orodja, da smo zagotovili bolj togo vpetje ter zmanjšali napake, ki so povzročale nestabilen proces. Prav tako smo predpisali standardizirano menjavo in s tem zagotovili hitre in kvalitetne menjave.

Ključne besede: AAR – pod kotom nastavljen valjček, NC – numerično krmiljenje, FMEA – metoda analize možnih napak in posledic, CNC – računalniško numerično krmiljenje, PLC – programljivi logični kontroler

ABSTRACT

CHANGE OF THE CLAMPING SYSTEM ON CNC MACHINE

Diploma thesis introduce upgrade of clamping system for CNC machine to be able machined tripodes for new AAR project. Goal of diploma thesis is to integrate AAR machining process and get with this higher competitive advantage.

First step to integrate new product we need to make initial samples and send it on trials. In the mean time we prepare all required documentation which are needed for serial production. First step of documentation is FMEA, from FMEA we develop control planes and picture planes connected to control plans with control points all based on standards and product construction drawings. For machining we need required tooling therefore we develop tooling and made construction drawings for it. Tooling needs to be fitted to clamping head which is available for other similar products. We develop measuring devices connected to the each control point which we have to check during process. We make construction drawings for devices and based on it we order devices. By machining we have to achieve best possible cycle time, based on samples and optimization. Planned cycle time was 45 s. Following cycle time and machine optimization we try to achieve planned cycle time. With implementation of new clamping head which is made just for AAR type of tripodes we will achieve planned cycle time and ramp up productivity. All data's we will follow by daily production reports. Stability of process we will follow with automatic data capture by measuring device connected to computer. With production reports we will follow number of machined pieces and amount of NOT OK pieces. With special design clamping system we will reduce number of NOT OK pieces. With own AAR tripod type production we have economic savings compare with cost if we have to buy it from suppliers. In diploma thesis are used analysis which we use during product implementation in to serial production and analysis from serial production thru whole process. Based on analysis we eliminated all failures on machine, made protection based on CNC and PLC programing to prevent tool or machine breakdowns. We improve tooling that we can achieve rigid clamping and eliminate failures which cause unstable process. We standardize change-over to prevent fast and quality change-over.

Keywords: AAR- angular adjusted roller, NC- numerical control, FMEA- failure mode and effects analysis, CNC- computer numerical control, PLC- programmable logic controller

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	11
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	12
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	12
2	ANALIZA MOŽNOSTI NADGRADNJE CNC STROJA	13
2.1	PREUČEVANJE DOKUMENTACIJE STROJA.....	13
2.2	STROJ EMAG VSC 25O.....	14
2.2.1	<i>Tripoda</i>	<i>15</i>
2.2.2	<i>Vpenjalna glava stroja</i>	<i>16</i>
2.3	KONSTRUIRANJE VPENJALNEGA SISTEMA	17
2.3.1	<i>Izdelava delavniških risb in modela tipa AAR 2300.....</i>	<i>18</i>
2.3.2	<i>Izdelava dokumentacije</i>	<i>19</i>
2.4	NAROČILO VPENJALNIH DELOV IN STRUŽNEGA ORODJA	20
2.4.1	<i>Izbira stružnega orodja</i>	<i>20</i>
2.5	KONSTRUIRANJE PALETNEGA SISTEMA	21
3	PRIPRAVA STROJA ZA TEST NOVEGA ORODJA	22
3.1	MONTAŽA VPENJALNEGA ORODJA V STROJ	22
3.2	MONTAŽA STRUŽNEGA ORODJA IN SESTAVA PALETNEGA SISTEMA.....	23
3.3	IZDELAVA NC PROGRAMA IN POSTAVITEV GEOMETRIJE ORODJA.....	24
3.4	KONSTRUIRANJE MERILNIH PRIPRAV	25
4	IZDELAVA KOSOV TIPa TRIPODE AAR 2300	26
4.1	IZDELAVA ZAČETNIH VZORCEV.....	26
4.1.1	<i>Meritve vzorcev na 3D merilnem stroju</i>	<i>26</i>
4.1.2	<i>Meritev kosov na merilnih pripravah</i>	<i>27</i>
4.1.3	<i>Potrditev vzorcev in serijska proizvodnja</i>	<i>28</i>
4.1.4	<i>Serijska proizvodnja tipa AAR 2300.....</i>	<i>28</i>
4.1.5	<i>Izdelava vzorce in serijska proizvodnja tipov AAR 2000, 2600, 3300, 3700</i>	<i>30</i>
4.2	KAZALNIKI PROCESA IZDELAVE.....	30
4.2.1	<i>Produktivnost stroja</i>	<i>31</i>

4.2.2	<i>Število izmetnih kosov</i>	32
4.2.3	<i>Čas menjave tipa izdelka</i>	32
4.2.4	<i>Ekonomski prihranek</i>	33
5	PROJEKT POVEČANJE KAPACITET ZA TIP AAR	34
6	NADGRADNJA S POSEBNO VPENJALNO PRIPRAVO	35
6.1	PREGLED DOKUMENTACIJE STROJA	35
6.2	NAROČILO NOVE DELOVNE GLAVE IN RAZDELILNIKA HIDRAVLICNEGA SISTEMA.....	36
6.3	NAROČILO NOVEGA VPENJALNEGA ORODJA	36
6.4	MONTAŽA NOVE DELOVNE GLAVE PROIZVAJALCA BLESSING	36
6.4.1	<i>Zamenjava hidravličnega razdelilnika</i>	38
6.4.2	<i>Namestitev senzorjev na razdelilnik</i>	38
6.4.3	<i>Prevezava hidravličnih cevi in električnega vezja</i>	40
6.5	SPREMEMBA PLC (PROGRAMIRLJIVI LOGIČNI KRMILNIK)	41
7	ZAGON STROJA IN IZDELAVA KOSOV TIPA TRIPODE AAR 3700	42
7.1	ZAGON STROJA Z NOVO GLAVO BLESSING	42
7.2	REZULTATI IZDELAVE KOSOV TIPA AAR 3700	42
7.3	MENJAVA TIPA TRIPODE NA AAR 2300	43
7.3.1	<i>Prikaz rezultata stroja EMAG 1 OEE</i>	44
7.3.2	<i>Rezultat kakovosti EMAG 1</i>	44
7.3.3	<i>Čas menjave tipa izdelka</i>	45
7.3.4	<i>Ekonomski prihranek</i>	45
8	SKLEP	46
9	VIRI, LITERATURA	48

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SHEMA OBSTOJEČE DELOVNE GLAVE.	13
SLIKA 2: EMAG VSC 250.....	14
SLIKA 3: SKLOP TRIPODE.	15
SLIKA 4: SHEMA DELOVNE GLAVE.	16
SLIKA 5: MODEL VPENJALNEGA ORODJA AAR 2300.	17
SLIKA 6: PLAN NADZORA OPERACIJE STRUŽENJE.	19
SLIKA 7: STRUŽNI NOŽ S PRIPADAJOČO REZALNO PLOŠČICO.	20
SLIKA 8:MODEL PALETE AAR 2300.....	21
SLIKA 9: VPENJALNO ORODJE V DELOVNI GLAVI.	22
SLIKA 10: SKLOP STRUŽNEGA ORODJA.	23
SLIKA 11: SKLOP PALETE TIP AAR 2300.	24
SLIKA 12: MENI ZA IZDELAVO NC PROGRAMA.	25
SLIKA 13: MERILNE PRIPRAVE ZA MERJENJE TIPA AAR 2300.....	27
SLIKA 14: DIGITALNA MERILNA URA.	28
SLIKA 15: TRIPODA AAR 2300.	29
SLIKA 16: SHEMA PRIMERJAVE RAZDELILNIKA STROJA.	35
SLIKA 17: NOVO VPENJALNO ORODJE AAR 3700.....	36
SLIKA 18: NOVA DELOVNA GLAVA BLESSING.	37
SLIKA 19: RAZDELILNIK PROIZVAJALCA BLESSING.	38
SLIKA 20: SHEMA OLJNEGA RAZDELILNIKA.	39
SLIKA 21: NOSILEC IN NAMEŠČENI SENZORJI.	39
SLIKA 22: SHEMA VEZAVE OBSTOJEČEGA SISTEMA.	40
SLIKA 23: SHEMA VEZAVE NOVE DELOVNE GLAVE.....	40

KAZALO TABEL

TABELA 1: TABELA POROČILA IZMETNIH KOSOV	32
TABELA 2: PLAN AKTIVNOSTI PROJEKTA AAR.....	34
TABELA 3: TABELA POROČILA IZMETNIH KOSOV	44

KAZALO GRAFIKONOV

GRAF 1: IZKORIŠČENOST STROJNE OPREME 1.....	31
GRAF 2: IZKORIŠČENOST STROJNE OPREME 2.....	44

SEZNAM KRATIC

- PLC – programljivi logočni kontroler
- NC – numerično krmiljenje
- CNC – računalniško numerično krmiljenje
- AAR – pod kotom nastavljiv valjček
- FMEA – metoda analize možnih napak in posledic

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

S pridobitvijo novega kupca smo pričeli z vgrajevanjem tripoda tipa AAR v polgredi, ki smo jih montirali na montažnih celicah. Pri tem nam je tripode AAR izdeloval dobavitelj, kar je pomenilo odkup tipa tripode AAR. S seboj je prineslo logistične stroške, naročanje večje količine na zalogo in otežen nadzor na kvaliteto kosov. Z lastno proizvodnjo tipa tripode AAR bi pridobili na konkurenčni prednosti. Izdelava tripode AAR v podjetju zmanjša logistične stroške, pri tem pa dosežemo večjo prodajno ceno izdelka. Z lastno industrijo imamo tudi boljši nadzor nad kvaliteto izdelkov. Izdelovali bi kose glede na naročilo, ki jih prejmejo montažne linije polgredi. Z osvojitvijo tipa te tripode se odpre možnost za izdelavo več velikosti tripode AAR in posledično pridobitev novih kupcev. S tem pa odpremo nova delovna mesta in širimo podjetje in znanje na področjih novih izdelkov. V podjetje vpeljemo nove tehnologije in postopke izdelave. Za izdelavo pa potrebujemo nov vpenjalni sistem, ki ga nadgradimo na obstoječo strojno opremo. V diplomskem delu je predstavljena nadgradnja vpenjalnega sistema CNC stroja za izdelavo tripode AAR. V začetku smo naredili pregled obstoječega stanja stroja, nato pa pričeli s konstruiranjem vpenjalnih delov, izdelavo programov in logike stroja. Za obratovanje stroja smo izdelali nov paletni sistem, s katerimi smo posluževali CNC stroj. Izdelali smo merilno opremo, s katero smo izvajali meritve določenih karakteristik. Pripravili smo dokumentacijo za potrebne procese, kot so: fmea, slikovni plani, plani nadzora, navodila za delo. Na podlagi obstoječe vpenjalne glave smo naredili nadgradnjo z novim konceptom vpenjalnega orodja. Pričeli smo s izdelavo začetnih vzorcev tipa tripode AAR 2300. Stroj smo optimirali na predviden cikel čas. S tem smo pričeli lastno proizvodnjo kosov z ekonomskim prihrankom. Izdelava kosov v proizvodnji je pomenila konkurenčno prednost ter natančno planiranje proizvodnje in nadzor nad kvaliteto. Nato smo zaradi povečanja naročil in različnih velikosti tipov tripode AAR dodatno nadgradili stroj z novo vpenjalno namensko glavo. Pri nadgradnji nove glave smo morali dodati novi razdelilni sistem za dovod hidravličnega olja v vpenjalno glavo. Naredili smo prevezavo hidravličnih ventilov in regulatorjev tlaka. Izdelali smo novi PLC stroja, pri katerem smo upoštevali proizvajalčeve predpise: čas, potreben za rotacijo kosa, predpisani tlak vpenjalne glave, največje število vrtljajev vpenjalne glave, nadzor pravilne pozicije

rotiranja kosa. Za vpenjalno glavo smo potrebovali nov koncept orodja, zato smo pričeli z izdelavo konstrukcijskih risb za tipe tripode AAR 2000, 2300, 2600 in 3300. Izhajali smo iz orodja, ki je bilo izdelano skupaj z namensko vpenjalno glavo. Z novo vpenjalno glavo smo zmanjšali število slabih kosov in stabilizirali proces. S togim vpetjem smo zmanjšali cikel čas stroja s povečanjem delovnih gibov in zmanjšali cikel čas stroja (na 20 s za kos) in število rezov. Namestitev novega sistema brez izkušenj o delovanju je bila za nas velik izziv. Ustanovili smo tim strokovnjakov z vseh pordočij in pričeli z analizami sistema. Ker ni bilo možnost, da sistem namesti proizvajalec stroja, smo zadevo vzeli kot prioritetno. Z obstoječim sistemom smo imeli povečan izmet, stroški orodja so naraščali, prav tako so se pojavljale težave z zastoji in menjavami izven zastavljenih ciljev. Tako smo pričeli projekt in zastavili glavne aktivnosti ter določili korake izvedbe za implementacijo nove delovne glave. Z osvojitvijo tipa AAR tripode bomo postali konkurenčni in z lastno proizvodnjo ustvarili ekonomske prihranke.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je prikazati potek osvojitve novega tipa tripode, imenovanega AAR. Z lastno proizvodnjo tipa AAR tripode želimo doseči konkurenčno prednost podjetja, torej lastno izdelavo tripode in oskrbo montažnih celic polgredi. S tem pa imamo svoj proces, ki ga stabiliziramo in ga nadzorujemo. Tako zagotovimo najboljšo kvaliteto za kupca in pravočasne dobave. Izdelava novega tipa tripode pomeni dvig produktivnosti, saj s postopkom struženja zagotovimo krajši cikel čas.

Konkurenčna prednost podjetja se tako dvigne, saj smo z lastno proizvodnjo in oskrbo končnega sklopa izdelka zanimivi za možne nove kupce. Imamo boljši nadzor nad izdelki in smo fleksibilni za kupčeva naročila. Za podjetje to pomeni dvig prodajne cene izdelka, predvsem pa zmanjšanje logističnih stroškov.

Za izdelavo tipa tripode AAR potrebujemo nadgradnjo CNC stroja v smeri spremembe vpenjalnega sistema. Z izdelavo nove konstrukcije orodja smo pričeli osvajati in tudi osvojili prvi tip izdelka tripode AAR. Zaradi pridobitve novih kupcev in s tem novih velikosti tipa tripode AAR smo morali vpenjalni sistem dodatno nadgraditi. Z nadgradnjo s posebno prilagojeno vpenjalno pripravo smo zmanjšali cikel čas.

Orodje je dopuščalo hitrejše delovne pomike, saj je bilo vpetje kosa togo, pri tem pa je preprečevalo vibracije. S tem smo dvignili število izdelanih kosov in produktivnost stroja.

S togim vpetjem kosa smo preprečili vibracije in s pravilno rotiranim kosom zagotovili kvalitetno obdelavo, ki se je pokazala z zmanjšanjem števila izmetnih kosov.

Cilj diplomsekega dela:

1. Omogočiti izdelavo tripode AAR.
2. Zgotoviti stabilen proces.
3. Povečati produktivnost.
4. Povečati konkurenčno prednost.

1.3 Predpostavke in omejitve

Postopek pisanja diplomskega dela je prikaz trenutnega stanja CNC stroja. Primerjava obstoječega stanja s sistemom, ki bo implementiran na stroj. Pri tem bomo prikazali potek projekta od začetka do konca potrditve in sprostitev procesa.

Omejitev pri pisanju diplomskega dela je poslovna skrivnost podjetja. Rezlutati bodo prikazani procentualno ali v drugi obliki, pri tem pa ne bo uporabljene denarne vrednosti.

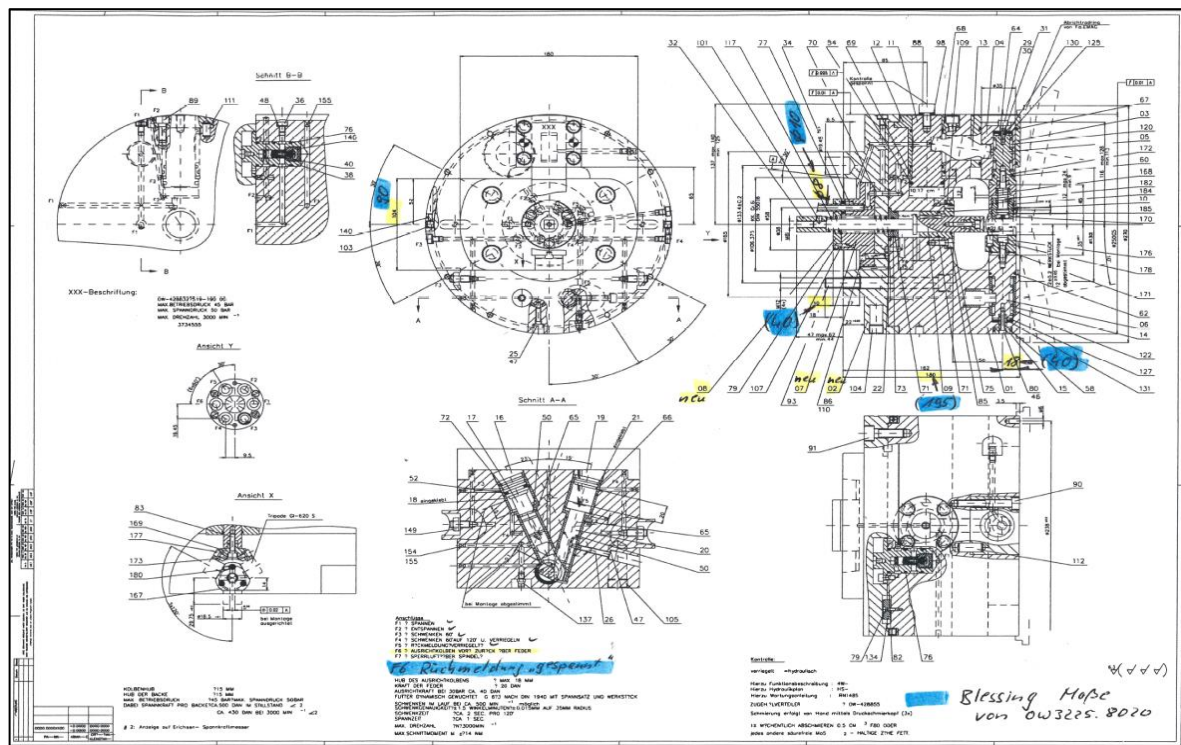
1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za raziskovalne metode smo uporabili znanje podjetij, ki je imlementiralo izdelavo tripode tipa AAR. Informacije o procesu in okvirno dokumentacijo o slednjem smo pridobili preko elektronske pošte. Uporabili smo interno dokumentacijo podjetja, kot so: načrti stroja, vpenjalni deli in delavniške risbe obstoječega orodja. Pri spremljanu kazalnikov stroja smo uporabili zapiske proizvodnega oddelka. Spremljali smo podatke proizvedenih dobrih in slabih kosov, produktivnost stroja, čas menjav in okvare na stroju.

2 ANALIZA MOŽNOSTI NADGRADNJE CNC STROJA

2.1 Preučevanje dokumentacije stroja

Glede na novi projekt izdelave tripode smo najprej preučili možnost nadgradnje CNC obdelovalnega stroja. Za obdelavo smo izbrali stroja proizvajalca EMAG. To je stroj z dvema osema, x in z osjo, ki ima v obdelovalnem območju nameščeno brusno vretno in dve poziciji stružnega orodja. Transport kosov poteka po traku, ki ima isti vhod surovca kot izhod. Najprej smo preverili možnost nadgradnje delovne glave, ki je bila obstoječa in v uporabi za izdelavo tripode GI za proces brušenja. Z uporabo obstoječe delovne glave ni potrebe po spreminjanju električne ali hidravlične vezave. Enak je tudi transport kosov kot pri obstoječem sistemu. Glede na preučeno dokumentacijo in idejno zasnovo izdelave vpenjalnega orodja in transportnega sistema, smo pričeli s konstruiranjem potrebnih komponent.



Slika 1: Shema obstoječe delovne glave

Vir: (EMAG GmbH & Co. KG, 2004)

2.2 Stroj EMAG VSC 250

Stroj EMAG je namenski CNC stroj za izdelavo tripode. Stroj ima robustno konstrukcijo, saj gre za brusilni stroj, kjer je potrebna velika natančnost pri obdelavi. Stroj je kombinacija brusilnega in stružnega sistema. V delovnem območju stroja je nameščeno brusno vreteno s pripadajočim orodjem, prav tako stružna držala, namenjena struženju. Stroj ima dve osi, x in z os, kar pomeni dvoosni stroj. Glavni del stroja je blok, na katerem je nameščena vpenjalna glava, s katero vpenjamo kose in jih nato obdelujemo na delovnem območju stroja. Posluževanje stroja poteka s transportnim trakom, na katerega namestimo palete. Palete se po transportnem traku pomikajo v stroj, pnevmatske zapore pa jih ustavljajo na določenih pozicijah. Vpetje kosa na pozicijo izvede dvižni sistem preko dveh zatičev, nato pa se delovna glava pomakne na mesto vpetja in izvrši ukaze, ki so zapisani kot NC program. Pomiki na stružno orodje se izvedejo preko serv motorjev po koordinatah x in z osi. Stroj ima vgrajena dva merilna sistema, ki nadzorujeta pozicije osi. Prvi merilni sistem je merilna letev, ki je nameščena na ohišje stroja. V tem primeru sta nameščeni dve merilni letvi, in sicer ena za x os in druga za gibanje z osi. Drugi merilni sistem je nameščen v servo motorjih. V primeru, da pride do razhajanja vrednosti med enim in drugim merilnim sistemom, se stroj ustavi in opozori na napako. (EMAG GmbH & Co. KG, 2004)



Slika 2: EMAG VSC 250

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

2.2.1 Tripoda

Tripoda je del, ki je v sklopu polgredi vgrajen v vozila. Izdelek je nato vgrajen v menjalnik in prenaša vrtilni moment na pogonska kolesa. Tripoda je telo, na katerem so trije kraki, razporejeni z zamikom 120° . Postopek izdelave telesa tripode se začne s kovanjem izdelka v orodje pod kovaškim kladivom. V proizvodnjo dobimo odkovek, ki je pripravljen za nadaljnjo operacijo. Prva operacija je posnemanje ozobja v tripodo, ki jo izvedemo s strojem, v katerem so nameščene igle za posnetje ozobja. Število zob je odvisno od velikosti tipa, temu primerno pa je izdelana tudi igla za posnetje ozobja. Kontrola ozobja se izvaja s koničnim kalibrom, na katerem je označena toleranca, ki je definirana na slikovnem planu. (GKN Driveline Zreče d. o. o., 2016)

Naslednja operacija je struženje krakov na stružnicah, kjer se izvede struženje premera krakov, postružijo pa se tudi utori v same krake. Dodatno se naredi izvrtina v krake, ki je potrebna za nadaljnjo obdelavo. Ker je tipov več, se tudi operacije razlikujejo, zato pri določenih izdelkih ne potrebujemo izvrtine ali pa moramo dodatno izvesti čelno poravnavo krakov. Naslednja operacija je termična obdelava, kjer kose kalimo v pečeh. Postopek kaljenja je odvisen od materiala izdelka, pri tem pa izvajamo postopek cementiranja ali karbonitriranja. Po termični obdelavi so kosi pripravljeni za operacijo brušenja krakov na brusilnih strojih. Na teh strojih zagotovimo končno mero izdelka s predpisano površino brušenja. Kose nato še operemo, da odstranimo nečistoče na obdelani površini. Zadnja operacija je montaža krakov na montažnih strojih. Na krake se montirajo komponente, ki na koncu tvorijo ležaj. Na krake se z namenskim montažnim stroji sestavi iglice, varovalne obroče, varovalne ploščice in valjček. Stroj se istočasno korozijsko zaščiti, saj jih avtomatsko potopijo preko naprave v olje. Nato sledi pakiranje in transport kosov v skladišče ali na montažne linije polgredi v podjetju. (GKN Driveline Zreče d. o. o., 2016)

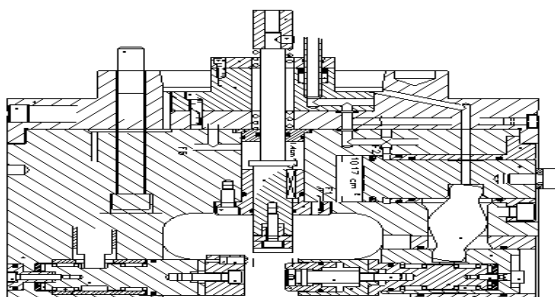


Slika 3: Sklop tripode

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

2.2.2 Vpenjalna glava stroja

Vpenjalna glava je sistem, ki izvede gibe vpetja na transportnem traku. Vpetje kosa se izvede s pomikom vpenjalnega dela, ki kos pritisne na naslon in ga drži v pravilni poziciji. Kos je vpet pod visokim tlakom 50 bar in tako pripravljen na obdelavo. Vpenjalna glava opravlja vrtenje kosa z vrtljaji, ki so zapisani v programu NC. Vrtljaji so odvisni od velikosti tipa obdelovanca in od globine reza materiala. V vpenjalni glavi sta nameščeni dve osi, ki opravljata funkciji vpetja kosa in rotacijo kosa. Vpenjalna os s pripadajočim orodjem kos vpenja, nasprotno leži obračalna os, ki pa izvaja obračanje obdelovanca za 60° in 120°. Obračanje in vpetje kosa se izvede preko dveh batov, nameščenih v vpenjalni glavi. Premikanje batov izvede hidravlični sistem, ki je preko dovodnih cevi na razdelilnik stroja povezan z gibljivimi cevmi na hidravlične ventile. Razdelilnik je komponenta, ki z različnimi dovodnimi odprtinami omogoča dotok in odtok olja v vpenjalno glavo, ki nato izvaja želene funkcije. Skozi razdelilnik je voden drog, ki izvaja gibanje naprej in nazaj in na katerega je nameščeno poravnalo. Naloga poravnala je, da vpet obdelovanec poravnava v pravilno pozicijo, ki je potrebna za obdelavo. Poravnalo se premika naprej s pomočjo hidravlike, v izhodiščno pozicijo navzgor pa ga vrne vzmet. Poravnavanje se izvaja v sami glavi, saj je drog povezan z mehanizmom v glavi. Na vrhu razdelilnika so nameščeni trije senzorji, ki zaznavajo pozicijo droga in položaj obdelovanca v delovni glavi. Ko je drog v zgornjem položaju, je vklopljen prvi senzor in to je tudi pogoj za delovanje stroja. Naslednja pozicija droga je vmesni položaj, ki se zgodi, ko je kos vpet in poravnalo udari s tlakom 20 bar po krakoma tripode. Tako se izvede poravnava kosa, kjer je krak pravokotno glede na vpenjalno orodje v glavi. Po končani poravnavi se drog vrne v zgornji položaj in prične se obdelava obdelovanca. V primeru, če kos ni prisoten v glavi, drog doseže najnižjo pozicijo in pri tem javi napako prisotnosti kosa. (EMAG GmbH & Co. KG, 2004)

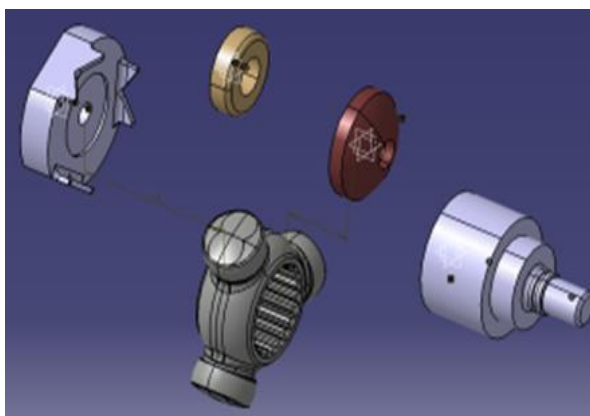


Slika 4: Shema delovne glave

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

2.3 Konstruiranje vpenjalnega sistema

Pričeli smo s konstruiranjem vpenjalnega sistema za obstoječo delovno glavo. Na podlagi risbe izdelka smo pričeli z izdelavo naslonskega orodja. Ker smo se odločili za postopek struženja, smo predvideli največjo dovoljeno mero orodja, ki dopušča razdaljo med stružnim orodjem in vpenjalnimi deli. Prvi tip orodja smo izdelali AAR 2300, saj smo prejeli dokumentacijo tega tipa in nalog za izdelavo začetnih vzorcev. Za vpenjalni sistem smo potrebovali tako imenovani naslon, orodje, v katerega se med obdelavo vpne obdelovanec. To orodje je pritrjeno na obračalno os v vpenjalni glavi. Za vpetje kosa pa smo izdelali vpenjalo, ki obdelovanec vpne na naslonski del in ga trdno drži v poziciji, pripravljeni za obdelavo. Vpenjalni del je sestavljen iz dveh elementov, in sicer samega vpenjala in premične skledice. Prilagajanje vpenjala je pri stisku obdelovanca zelo pomembno, saj s prilagajanjem dosežemo najboljši oprijem naslonske površine s tremi ujemi. Prav tako je zelo pomembna višina ujema, saj mora obdelovanec biti vpet samo v ujemih in ne sme prihajati do stika s samim naslonom. V primeru, da se to zgodi, nimamo zagotovljene enake baze obdelovanca in s tem porušimo geometrijo vpetega kosa ter dobimo nestabilno vpet obdelovanec. Vpenjalo pritisne obdelovanec v naslon in ga drži v pravilni poziciji, nato pa pri rotiranju oz. obračanju kosa s kosem rotira. Rotacija je omogočena, saj je vpenjalo z vijakom pritrjeno v os, ki je z dvema ležajema vstavljena v delovno glavo. Če rotacija vpenjala ni zagotovljena, ker je prišlo do okvare ležajev ali prisotnost nečistoče, se zgodi napaka obračanja. Zato je rotacija dodatno omogočena s pomočjo skledice, ki je nameščena v vpenjali, in ta dodatno zagotavlja pravilno delovanje obračalnega sistema. (Stanislav, 2005)



Slika 5: Model vpenjalnega orodja AAR 2300

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

2.3.1 Izdelava delavniških risb in modela tipa AAR 2300

Izdelali smo delavniško risbo za vpenjalni in naslonski del tripode AAR 2300. Upoštevali smo prvotne konstrukcijske risbe obstoječega orodja. Obstoječe orodje je na strani naslona imelo pritrditev preko treh zatičev in vijachen na sredini naslona v obračalno os. Tako smo uporabili enak koncept pritrditve. Vpenjalni del je pritrjen z vijakom v obračalno os, ki je ležajena v delovni glavi. V modelu smo spojili risbo vpenjalnega naslona z obdelovancem in primerjali ujemanje v točkah oprijema. S pomočjo programa za modeliranje smo tako s simulacijo preprečili, da bi prišlo do nepravilne izdelave orodja. Model smo tako pregledali in potrdili pred samo izdelavo, saj bi lahko drugače prišlo do nepotrebnih stroškov v primeru napake pri konstruiranju. Kot sama napaka pri konstruiranju pa je bil pomemben čas, saj je bil projekt za izdelavo začetnih vzorcev terminsko opredeljen. Vse aktivnosti so si sledile po logičnih korakih, zato si napak nismo smeli dopustiti. Ker je je ujemanje bilo pravilno, smo izdelali dokumentacijo za izdelavo in pridobili ponudbe izdelovalcev orodja. Orodje smo oddali v izdelavo, vzporedno pa smo pričeli z izdelavo FMEA, slikovnih planov, planov nadzora, ki smo jih označili z nazivom začetni vzorci.

2.3.2 Izdelava dokumentacije

Pri izdelavi novega tipa tripode smo najprej izdelali FMEA, v katerem smo predvideli potencialne nevarnosti, ki se lahko pojavijo pri procesu struženja. Določili smo karakteristike, ki so predpisane na risbi izdelka. Prav tako smo določili, s katero merilno metodo in pripravo bomo izvajali meritve v procesu. Izdelali smo slikovni plan in plan nadzora za izdelavo tipa tripode AAR 2300, z napisom začetni vzorci. Sestavljen je bil plan nadzora na osnovi izvedbe FMEA. Tako smo določili kontrolne točke, pri čemer je za meritev kosa potrebno izvesti devet kontrolnih točk na treh krakih tripode. Vse meritve se izvajajo s samokontrolo, torej operater sam preveri vse meritve in ustrezno ukrepa v primeru odstopanja. Posamezne točke spremlja operater na določeno frekvenco meritve. Na planu nadzora je prav tako podana merilna naprava, s katero delavec izmeri vrednosti obdelovanja.

GKN Driveline		PLAN NADZORA									
☐ Prototip ☐ Pred serijski ☒ Serijski											
St. plana nadzora: 004 24 21		Tel. kontaktne osebe:				Datum (Orig.): 23.2.2016		Datum (Prejeda): 18.5.2016			
St. dela/ zadnja sprememba: Rev.B		Ime: M. Kovač, B. Koren, J. Podlesnik, B. Pungartnik, G. Pisanec				Tehnična odobritev kupca/ Datum (če zahteva):					
Ime proizvoda/ opis: TRIPODA AAR		Dobavitelj/ tovarna odobritev/ Datum:				Kakovostna odobritev kupca/ Datum (če zahteva):					
Dobavitelj/ tovarna:		Dobavitelj/ koda:				Ostale odobritve/ Datum (če zahteva):					
DEL. OPERACIJA ST.	IME POSTOPKA / OPIS OPERACIJE	STRUŽ. NAPRAVA, ORODJE ZA PROZ.	KARAKTERISTIKA		ROSEBN. KARAKT.	SPECIF. PROCESA/ PROIZVODA/ TOLERANCE	DOLOČANJE VREDNOSTI / MERILNE NAPRAVE	VZOREC		METODA PREVERJANJA	NAČIN UKREPANJA
			ST.	PROIZVODA				PROCESA	VELIKOST		
24	Trdo struženje krakov	EMAG	1	Premier kraka	☐	Slikovni plan	Merilna priprava (Pasometer)	1	10	Samokontrola	PR02_J63_029
			2	Napaka oblike radija		Slikovni plan	Merilna priprava Nastavni kos	4	izmeno	Samokontrola	PR02_J63_029
			3	Radji kraka		Slikovni plan	Merilna priprava Nastavni kos	4	izmeno	Samokontrola	PR02_J63_029
			4	Deleži krakov 3x120°		Slikovni plan	Profil projektor	1	izmeno	Samokontrola	PR02_J63_029
			5	Hrapavost		Slikovni plan	Perthometer	1	izmeno	Samokontrola	PR02_J63_029
			6	Položajnost krakov		Slikovni plan	Merilna priprava Nastavni kos	1	uro	Samokontrola	PR02_J63_029
			7	Premier na katerem leži krogla kraka		Slikovni plan	Merilna priprava Nastavni kos	1	uro	Samokontrola	PR02_J63_029
			8	Vilina kraka		Slikovni plan	Merilna priprava Nastavni kos	1	uro	Samokontrola	PR02_J63_029
			9	Kontrola ovalnosti kraka	☐	Slikovni plan	Merilna priprava (Pasometer)	1	10	Samokontrola	PR02_J63_029
	Vse mere		slikovni plan	Merilni otok / Inomerilnica	Prvi kos		Samokontrola	PR02_J63_029			
Izdela: M. Kovač		Prejeda: David Kobale		Odobri: Matej Veršec							
Datum: 18.5.2016		Datum: 18.5.2016		Datum: 18.5.2016							

Slika 6: Plan nadzora operacije struženje

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

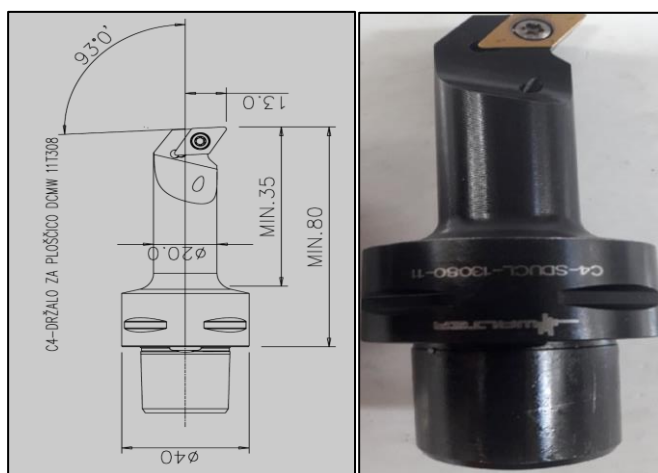
S pomočjo slikovnega plana odčita nazivno mero in tolerančno območje. Točke, ki so potrebne za meritev, so poimenovane in v primeru, da gre za posebno karakteristiko, je ta točka označena v predvidenem polju s šesterokotnikom. Če prihaja na izdelku do odstopanja meritev, se delavec poslužuje načina ukrepanja, ki je predpisan z ustreznim obrazcem. Na slikovnem planu je merilna priprava definirana s pripadajočo številko, prav tako nastavni kosi in nastavne kladice za umerjanje merilnih ur. Prav tako na merilnem orodju zamenjamo nastavke glede na tip, ki ga bomo izdelovali. (GKN Driveline Zreče d. o. o., 2016)

2.4 Naročilo vpenjalnih delov in stružnega orodja

Po ponovnem pregledu in simulaciji samega orodja smo izvedli naročilo. Pri struženju smo se odločili za uporabo stružnega držala z 93° kotom rezalne ploščice, saj smo preko simulacije videli, koliko prostora imamo za odmike med vpenjalnim orodjem in stružnim nožem glede na obdelovanec. Glede na izkušnje smo naročili rezalne ploščice CBN, saj bomo pri postopku odrezovanja uporabili termično obdelane kose. Za prvi test orodja smo naročili po dva kompleta orodja, saj smo predvideli riziko pri samem testiranju orodja. Pri začetnih serijah je zelo veliko tveganje, da se zgodijo naleti na orodje oziroma poškodbe orodja.

2.4.1 Izbira stružnega orodja

Stružni nož in rezalno ploščico smo izbrali s pomočjo priročnika proizvajalca stružnega orodja. Rezalna ploščica je bila izbrana glede na vrsto hlajenja pri obdelavi kosa in materiala obdelovanca. Ker smo se odločili, da uporabimo obstoječi sistem hlajenja, smo tega upoštevali pri sami izbiri. Hlajenje obdelovanca bo potekalo z emulzijo, da zagotovimo optimalne pogoje pri odrezovanju. Glede na priporočilo konstruktorja smo uporabili ploščico z dimenzijo radia rezalne roba 0.8 mm. Stružni nož je od obstoječega orodja daljši, kar je pomenilo novo postavitev geometrije orodja v meniju stroja. Držalo ima dovod hlajenja preko izvrtine, ki je povezana s hladilnim sistemom stroja. Hlajenje tako poteka direktno na mestu, kjer je kontakt med obdelovancem in rezalno ploščico. (GmbH, Walter Deutschland, 2018)

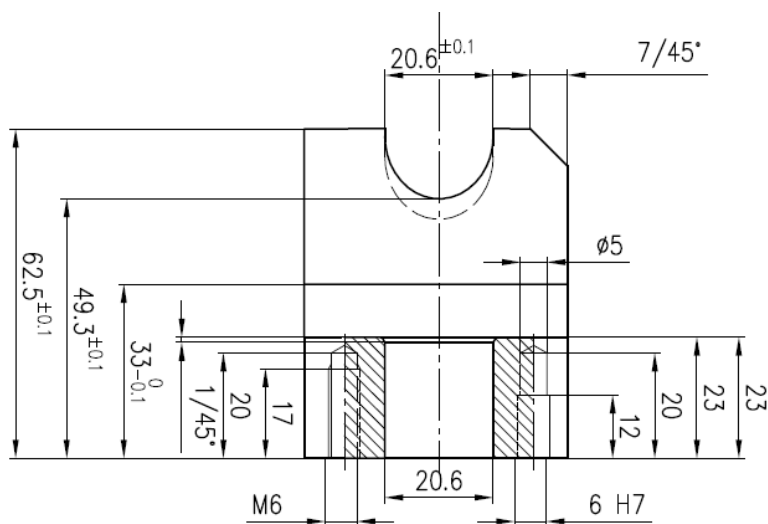


Slika 7: Stružni nož s pripadajočo rezalno ploščico

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

2.5 Konstruiranje paletnega sistema

Ker je vpenjalno orodje bilo konstruirano, smo lahko naredili paletni sistem. Paletni sistem je transport kosa od mesta nalaganja, ki ga operater položi na ujem palete, do mesta, kjer ga dvižni sistem dvigne in pripravi za vpetje vpenjalnega sistema stroja. Paletni sistem smo morali izdelati v upoštevanju že konstruiranega vpenjalnega orodja. Tako smo izdelali začetne vzorce palet. Material, ki smo ga uporabili za izdelavo je bila plastika, ki prepreči poškodbe že obdelanega kosa nazaj na samo paleto ujema. Paleta je bila konstruirana z minimalno zračnostjo vstavljenega obdelovanca. Večja zračnost med obdelovancem in paleto povzroči težavo nepravilnega vpetja kosa, kar posledično prinese poškodbe orodij. Paleta je sestavljena iz sklopa. Podnožje je standardni del, ki smo ga kupili od proizvajalca, sami pa smo nato pritrdili paleto na osnovni del. Paletni sistem je na novejših CNC strojih zastarel oziroma velja, da se proizvajalci poslužujejo nalagalnikov s servo motorji ali robotom. Za dobro delovanje transportnega tlaka z nameščenimi paletami so potrebni redni letni servisi. Na transportnih trakovih zato preverimo celotno pnevmatiko, torej cevi, razdelilniki, pripravnice grupe ali ventili, in te dele po potrebi zamenjamo. Prav tako zamenjamo električno napeljavo s pripadajočimi senzorji. Ohišje traka pregledamo in po potrebi zamenjamo obrabljene dele. Poleg tega preverimo tudi palete in zamenjamo dele, ki so poškodovani ali obrabljeni. Z rednimi preventivnimi pregledi in s planiranjem posegov ohranjamo stroj in njegove dele v optimalnem delovanju. (Ravničan, 2010)



Slika 8: Model palete AAR 2300

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

3 PRIPRAVA STROJA ZA TEST NOVEGA ORODJA

3.1 *Montaža vpenjalnega orodja v stroj*

V obdelovalno glavo stroja smo montirali naslon in vpenjalni del. Nato smo kos vpeli med vpenjalno orodje in nastavili center obdelovanca s pomočjo podložnih ploščic. S pomočjo merilne ure smo izmerili razliko po obodu kraka. Nastavili smo oplet glede na razliko meritve na poziciji 0° in 180°. Meritve smo izvedli z merilno uro z razdelkom 0,01 mm in nastavili razliko med pozicijami na 0,05 mm. Tako smo zagotovili pravilno pozicijo kraka glede na pozicijo vpenjalnega sistema. Nepravilna nastavitve pomeni odstopanje od predpisanih mer in takšen obdelovanec je po koncu obdelave izmetni kos. Preverili smo delovanje vpetega kosa in v meniju za ukaze vpenjalne glave izvedli vpetje ter izpetje, pri tem pa nadzirali obračanje vpetega kosa. Preverili smo, ali kos dejansko sedi v sedežih, kjer je obdelovanec orientiran pravokotno na vpenjalno orodje.



Slika 9: Vpenjalno orodje v delovni glavi

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

3.2 Montaža stružnega orodja in sestava paletnega sistema

Stružni nož smo vstavili v držalo z vstavljenjo ploščico za struženje trdih materialov ter ga postavili na prvo pozicijo obstoječega stružnega orodja. Orodje je hitro zamenljivo, saj je sistem pritrditve na konično bazo s pomočjo vpenjalne puše.

Za sam vnos kosov smo sestavili transportne palete, ki imajo podložno osnovo z zamenljivim ujemalnim delom. Sestavili smo pet kosov palet in naredili preizkus vpenjanja kosa iz palete v vpenjalni sistem stroja. Za nastavitev natančnega vpenjanja smo izvajali korekcije v NC programu, dokler nismo zagotovili optimalnega prijema kosov. Natančno vpetje obdelovanca je zelo pomembno, saj s tem zagotovimo pravilno pozicijo kosa, ki je pripravljen na obdelavo. Nepravilno vpet obdelovanec pomeni poškodbo dvignega sistema pri vpetju v vpenjalno glavo. Pri nadaljnji obdelavi pa povzroči nalet na stružno orodje in poškodbe vpenjalnega in stružnega orodja ali lome orodja.



Slika 10: Sklop stružnega orodja

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

Paleta je sklop, ki je sestavljen iz standardnega transportnega dela in ujema palete, ki pa je odvisen od tipa izdelka. Ohišje palete je iz aluminija, pod njim pa sta nameščena podstavka, ki sta iz plastike, in drsni del iz jeklenih ploščic. Na stroj namestimo število palet glede na čas obdelave stroja. V primeru, da je cikel čas stroja manjši, je potrebnih več palet, drugače ustvarimo mikro zastoje, saj nalaganje, razlaganje in spuščanje palet vrši operater. Zelo pomembno je, da palete niso poškodovane in da je višina vpetja enaka. V primeru, da tega ne zagotovimo, povzročimo slabo vpet kos, nato pa zaradi napačne orientacije kosa poškodbo

same palete, dvižnega sistema in na koncu poškodbo ali lom orodja. Zelo pomembno je, kako operater vstavi kos v paletu, orientacija kosa je namreč zelo pomembna. Napačno vstavljen kos povzroči enake posledice kot neenaka višina palete. Višino kosa v paleti kontroliramo s posebno pripravo, kjer paletu vstavimo v pripravljeno ohišje, nato pa z mehanizmi nastavimo takšen center vpetja, kot je nato v stroju. Enak postopek izvedemo še na ostalih paletah, ki jih bomo uporabili, in potrdimo ustreznost. Palete naložimo na trak, nato pa preizkusimo delovanje po celotnem traku, in sicer preverimo, ali zaznavamo prisotnost palete oziroma premike vseh senzorjev. Pozorni moramo biti na to, da se vse palete premikajo brez zatikanja ob zavore in ograje traka. (Flexlink, 2018)



Slika 11: Sklop palete tip AAR 2300

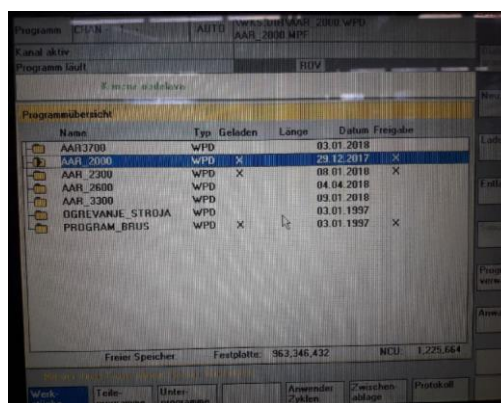
Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

3.3 Izdelava NC programa in postavitve geometrije orodja

S pomočjo CAD programa smo izdelali program za struženje krakov tripode. Določili smo delovno območje in začetno točko obdelave. S pomočjo programa smo odčitali koordinate x in z osi. Uporabili smo točke, ki so definirale interpolacijo osi, saj je krak tripode stružen v obliki predpisanega radija po konstrukcijski risbi proizvoda. Za avtomatiko stroja smo uporabili prvotni program in s kombinacijo ostalih ukazov izdelali celoten program za obdelavo. Za nalaganje kosa z dvižne naprave je bilo potrebno program spremeniti. Ker je vpenjalno orodje izdelano v obliki treh izbočenih prijemalnih površin, je potrebno pri vpetju

pomakniti vpenjalno orodje v samo območje treh krakov. Zato smo programirali sistem nalaganja s premikom x-osi v smer naslonske površine in zagotovili natančno vpetje kosa pri samem vpenjanju. Ko smo program izdelali, smo v meniju naredili simulacijo struženja, ki jo je izvedel stroj na ekranu. Pri tem smo lahko videli, če je pri programiranju prišlo do kakšne napake in s tem preprečili nalet orodja pri samem zagonu stroja oziramo pri začetku testa izdelave kosa.

Nato smo v meniju za določitev geometrije orodja določili vrednosti, ki definirajo pozicijo stružnega orodja. Glede na referenčno točko orodja smo s pomočjo risbe stružnega noža določili pozicijo po x in z osi. V tem primeru smo naredili grobo nastavitve geometrije, ki jo nato pri sami izdelavi optimiramo. Delovne pomike smo nastavili glede na predpis proizvajalca rezalnih ploščic in glede na velikost tipa obdelovanca. (Đorovic, 2017)



Slika 12: Meni za izdelavo NC programa

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

3.4 Konstruiranje merilnih priprav

Po končni risbi izdelka je bilo potrebno konstruirati merilne naprave oziroma metodo merjenja. Konstruirali smo šest merilnih priprav za merjenje določenih karakteristik. Merilne priprave smo konstruirali in določili baze, ki jih je potrebno upoštevati, da dobimo pravilne rezultate meritev. Glede na tolerančna območja in vrednosti predpisanih mer smo predpisali merilne ure, ki smo jih namestili na konstrukcijo merilnega orodja. Ker z novim tipom izdelka nismo imeli izkušenj, smo pridobili informacije o merilnih napravah, ki jih uporabljajo druga podjetja GKN. Primerjali smo konstrukcije merilnih naprav in ugotovili, da so merilne priprave primerne za meritve kosov tipa AAR. Izdelali smo delavniške risbe, pridobili ponudbe od orodjarjev in izvedli naročilo orodja. (Puhar, 1994)

4 IZDELAVA KOSOV TIPA TRIPODE AAR 2300

4.1 *Izdelava začetnih vzorcev*

Pričeli smo z izdelavo začetnih vzorcev, kose smo naložili na paletni sistem ter pričeli z zagonom izdelanega NC programa za tip tripode AAR 2300. Pri stroju smo uporabljali funkcijo korak za korakom, ki omogoča izvajanje programa po korakih. V tem primeru izvedemo samo en delovni gib stroja in spremljamo odrezovanje na izdelku. Ko smo prišli do konca prvega struženega kraka, smo preverili mere na izdelku. Prve meritve smo izvedli na 3D merilnem stroju. Po večkratnih meritvah in optimizaciji stroja smo dosegli 100 % dober kos. Pri izdelavi kosov smo se soočali s težavo pozicije kraka pravokotno na stružno orodje. Prav tako smo imeli težave pri samem struženju s tresljaji, ki so povzročali hrapavo površino ter ovalnost kraka, posledica tega pa je bila težava z zagotavljanjem premera krakov. Zato smo spreminjali hitrost vrtenje obdelovanca, rezalno hitrost in globino reza kosa. Ker s temi parametri nismo dosegli stabilnega premera, smo izdelali program z dvema rezoma pri struženju. Za meritve na merilnih urah smo pripravili tudi nastavni kos, na katerem so se nato merile kontrolne točke, in kos potrdili kot 100 % dober kos. Izda se dokument certifikat, na katerem so zapisane dejanske mere meritev in veljavnost meritev.

Vzorčni kosi se izdelujejo po protokolu, ki ga predpisuje podjetje. Dokumentacija protokola vključuje merski in slikovni plan ter tehnologijo obdelave v posamezni operaciji. (GKN Driveline Zreče d. o. o., 2016)

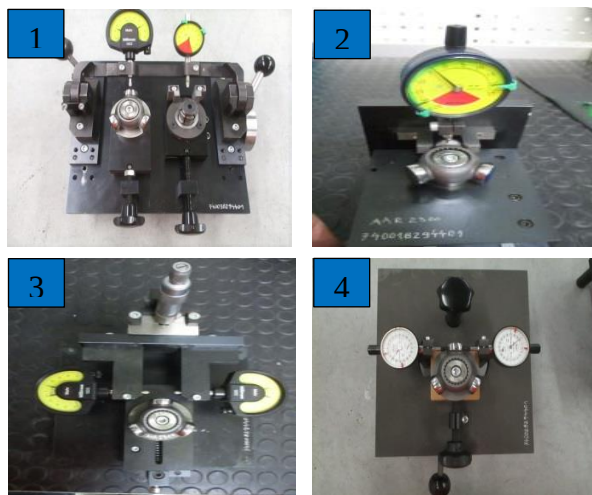
4.1.1 Meritve vzorcev na 3D merilnem stroju

Za meritve kosa tipa tripode AAR smo izdelali program na 3D merilnem stroju. Program je nato izvedel meritve predpisanih karakteristik. Z izpisom meritev smo nato izvajali korekcije na CNC stroju, dokler nismo zagotovili vseh predpisanih mer. Izpisane rezultate smo hranili v arhiv projekta in vsako spremembo zabeležili. Izpisane podatke smo preučili, s tem pa smo razumeli, katere meritve lahko nadzorujemo programsko ali s korekcijami stroja in katere moramo nastaviti preko orodja. Naleteli smo na prvo težavo, ki je bila vidna kot odstopanje krivulje na predpisanih meritvah. Glede na izkušnje smo se odločili, da gre za mehansko težavo delovne x osi, zato smo kroglično vreteno x osi zamenjali. Nato smo izvedli ponovne

meritve na 3D stroju in potrdili pravilno diagnozo ter ustreznost meritev. Na 3D merilnem stroju smo izmerili nastavni kos, izdelali spremni dokument kosa ter kos označili s številko, ki se je ujemala s številko na slikovnem planu.

4.1.2 Meritev kosov na merilnih pripravah

Podatke, pridobljene na merilnem 3D stroju, smo nato primerjali s podatki, ki smo jih odčitali na merilnih pripravah. Po primerjavi smo ugotovili, da so rezultati primerljivi glede na dobljene vrednosti. Na merilnih urah smo odčitavali mere, ki smo jih nato s korekcijami v NC programu nastavili in zagotovili v nazivnem območju po slikovnem planu. Na merilnih urah smo izmerili vse potrebne meritve, ki so zagotavljale kakovosten izdelek. Na prvi sliki smo izmerili premer, na katerem leži krogla kraka. Druga slika prikazuje merjenje višine kraka od baze tripode do vrha krogle. Tretja slika prikazuje merjenje pozicije kraka oziroma položaj krakov in zadnja četrt slika zaznava napako oblike radia kraka. Uporabljene so merilne ure z razdelki oziroma natančnostjo meritve 0,0005 um–0,01 mm.



Slika 13: Merilne priprave za merjenje tipa AAR 2300

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

Za meritev premera kraka uporabimo digitalno merilno uro. Digitalne merilna ura je povezana z računalnikom, ki sprejema meritve in nato s programom poda stabilnost stroja. Meritve kosa izvajamo na poziciji 0° in 90° in tako vidimo razliko, ki se lahko pojavi zaradi težav pri

struženju. Merilna ura je nameščena na poseben nosilec v višini, ki ustreza operaterju, in prav tako na poziciji kjer se ustavi paleta z obdelanim kosom. (GKN Driveline Zreče d. o. o., 2016)



Slika 14: Digitalna merilna ura

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

4.1.3 Potrditev vzorcev in serijska proizvodnja

Izdelali smo predpisano število vzorčnih kosov, ki smo jih potrdili z meritvami v podjetju. Meritve so bile izvedene na vseh točkah kosa po konstrukcijski risbi izdelka. Na kosih so se izvedle 100 % meritve s strani službe fino merilnice in laboratorija. Kose smo nato pakirali v primerno embalažo in jih odposlali v podjetje, ki testira in spremlja lastnosti testirancev. Po potrditvi kosov smo pričeli s pred serijsko proizvodnjo tipa tripode AAR 2300. Izdelali smo tisoč kosov, spremljali delovanje stroja, stabilnost procesa ter sam stroj optimizirali. Tako smo osvojili nov izdelek v podjetju, na kar smo bili zelo ponosni.

4.1.4 Serijska proizvodnja tipa AAR 2300

Stroj smo optimizirali in cikel časa stroja je znašal 65 s na kos, medtem ko je planiran cikel časa stroja glede na izkušnje drugih podjetij bil 48s. Tako smo se soočili s slabo produktivnostjo stroja, ki je bila vzrok predolgega cikla obdelave kosa. Daljši čas obdelave je bila posledica korekcije NC programa, kjer smo namesto enega reza pri obdelavi uporabili dva reza. To je bilo potrebno zaradi težav, ki so se pojavljale pri struženju. Te težave so bile vidne na površini struženega kraka kot hrapava površina. Prav tako smo imeli elipsno obliko

kraka, ki je povzročala težavo, da ni bilo mogoče zagotoviti stabilnega premera kraka. Dodatne težave so se pojavile tudi s pozicijo kraka, kjer smo zaradi odstopanja kraka glede na vpenjalno orodje imeli težavo črnih površin oz. pravilno orientacijo kraka glede na središče obdelovanca. Zadevo smo poizkušali reševati s spremembo smeri glede na delilni krog vpenjalnega orodja, vendar pa je bilo pri menjavi z novim orodjem potrebno ponovno prilagoditi naslonske površine. Pri tem smo izgubljali veliko časa in s tem izkoriščenost strojene opreme. Čas menjave je bil bistveno predolg (planirani čas za menjavo je znašal 30 minut), saj smo zaradi težav, ki so nastajale, porabili tudi osem ur, da smo lahko sprostili serijsko proizvodnjo. Dodatni stroški so nastajali tudi zaradi lomov rezalnih ploščic. Stružne ploščice so imele tudi do 50 % manjšo vzdržnost. Pri struženju smo imeli skozi celoten cikel vklopljeno hlajenje, vendar so rezultati bili zelo slabi. Nato smo v NC programu vstavili dodatne funkcije, tako da je hlajenje delovalo samo na koncu zadnjega reza. Vzdržnost rezalne ploščice se je izboljšala za 10 %, prav tako se je stabilizirala mera struženih krakov. Kljub temu nismo dosegli predvidene vzdržnosti rezalne ploščice. Poizkušali smo tudi z zamenjavo proizvajalca ploščic in s prilagajanjem pomikov in vrtljajev delovne glave. Imeli smo možnost, da preizkusimo struženje na drugem stroju in tako preverimo, ali je zadeva lahko stabilnejša, vendar smo naleteli na enake težave. Zato smo sklepali, da je glavni vzrok delovna glava, ki ni bila konstruirana za namen operacije struženja. Čeprav smo imeli težave, smo zagotavljali potrebne količine kosov tipa AAR tripode za montažni stroj in dalje za montažne celice polgredi. Pri tem smo seveda proces strogo nadzorovali in iskali dodatne možnosti za izboljšanje.



Slika 15: Tripoda AAR 2300

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

4.1.5 Izdelava vzorce in serijska proizvodnja tipov AAR 2000, 2600, 3300, 3700

Po izdelavi tipa izdelka tripode AAR 2300 smo prejeli naročila od novih kupcev za izdelavo ostalih tipov tripode AAR. Postopek izvedbe izdelave vzorcev je bil enak: torej konstruirali smo vpenjalno orodje, paletni sistem in izdelali NC programe za posamezno velikost izdelka.

Pripravili smo vso potrebno dokumentacijo, nato pa izdelali vzorčne kose, ki smo jih ponovno izmerili v podjetju in jih z meritvami tudi potrdili. Nato smo kose poslali na teste in po pozitivnih rezultatih slednjih pričeli s serijsko proizvodnjo petih tipov tripode AAR.

Ponovno smo se soočili s težavami, ki so se pojavile že pri predhodni izdelavi tipa tripode AAR 2300. Te težave so bile še izrazitejše na tipu AAR 3700, kjer smo imeli cikel čas stroja kar 70 s, prav tako smo uporabili struženje krakov z dvema rezoma, povečal pa se je tudi izmet. Izmet na tipih, ki smo jih izdelovali, je bil 0,5 % glede na število dobrih kosov. Napake, ki so se pojavile pri obdelavi, so bili tresljaji pri struženju. Te smo ponovno poizkušali odpravljati z menjavo orodja in korekcijami NC programa. Prav tako smo imeli težave z vzdržnostjo orodja, saj je večkrat prišlo do loma rezalne ploščice in ponovno do dodatnega izmeta.

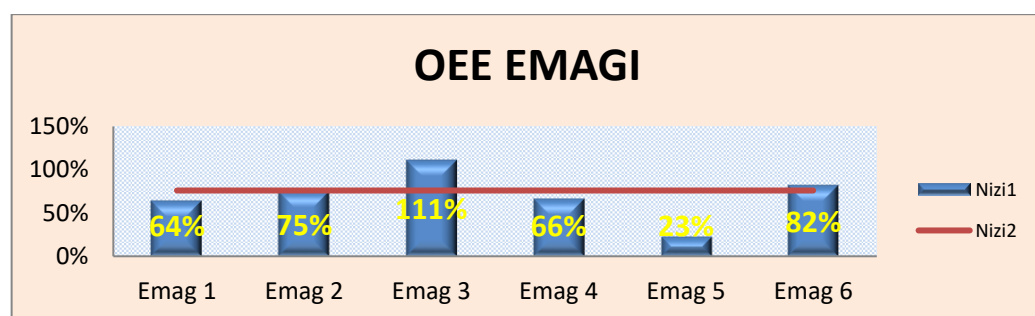
4.2 Kazalniki procesa izdelave

Kazalniki, ki smo jih spremljali, so bili cikel čas stroja, pri katerem smo zaznali povečan čas obdelave kosa. Posledica tega je bila slaba produktivnost stroja (izmensko smo izgubljali 25 % izdelanih kosov). Kapaciteta je tako znašala 25 % manj, kar pa je na povečanje naročil drugih velikosti tipa AAR veliko težavo. Izmet, ki je bil posledica napak pri obdelavi, je narasel in na tem stroju znašal 0,5 % od proizvedene količine kosov. Večje težave z izmetom smo zaznali na večji velikosti tipa tripode AAR 3300 in AAR 3700. Povečala se je tudi poraba rezalnih ploščic, ki zaradi tresljajev in zamikov kosa niso zdržale predpisane življenjske dobe. Takšne težave so povzročile zelo nestabilen proces in na stroj smo morali uvesti 100 % kontrolo izdelkov. Pri tem smo dodatno obremenili operaterje, vendar pa je ukrep bil nujno potreben, saj bi v nasprotnem primeru tvegali reklamacije kupca. S tem smo poosttrili nadzor nad kvaliteto izdelkov in kljub težavam dobavljali kvalitetne in varne proizvode. Zaradi težav smo seveda iskali rešitve, z danimi orodji in obstoječim sistemom pa smo se nagibali k nakupu posebno prilagojene delovne glave. Zaradi serijske proizvodnje smo proces morali stabilizirati, da smo pokrivali naročila. Tako smo dodatno izvedli pregled

dokumentacije delovne glave in iskali, kje je vzrok težav. Odkrili smo, da pozicijo, ki jo zagotavljata pomična bata, nista dovolj natančno izdelana glede na natančnost delitve krakov obdelovanca. Seveda to pri izdelavi obstoječih kosov ni bilo potrebno, ker smo obdelovali odkovek. Odkovek je imel večji dodatek na krakih tripodi pri tipu generacije GI. Odkovek za izdelavo tripode AAR pa veliko manjši dodatek za struženje oziroma je odkovek zelo precizen. Zato se pri obdelavi tipa AAR zahteva natančno orientiran kos. Tako smo naredili popravek kota na batu, ki določa orientacijo obdelovanca. Sestavili smo komponente glave in ponovno preizkusili delovanje. Zadeva se je izboljšala, vendar smo pri menjavi tipa ponovno naleteli na težave. Prav tako smo izdelali dodatno orodje, z možnostjo premikanja obdelovanca v smeri ali nasprotni smeri urinega kazalca. Nastavitev je bila zelo zahtevna in na koncu ni prinesla želenih rezultatov. Ker nismo stabilizirali procesa, smo izgubljali predvidene kose, pri tem pa povzročali tudi izmet. Povečan izmet je pomenil dodatno naročilo obdelovancev in tako dodaten strošek podjetja.

4.2.1 Produktivnost stroja

Zaradi dvojnega reza pri obdelavi kosa smo imeli povečan ciklus čas glede na predvidenega. S tem se je pojavila zelo slaba izkoriščenost strojne opreme. Pojavljali so se zastoji, ki so nastali zaradi prilagajanja orodja in nastavitve stroja. Podaljšali so se tudi časi menjav, pri katerih je bila glavna težava prilagajanje orodja. Večkrat smo imeli manjše zastoje, ki so nastali zaradi menjave variabilnega orodja, saj rezalno orodje ni doseglo pričakovane vzdržnosti. Produktivnost stroja je tako znašala samo 64 %, kar pa je glede na planirano odstopalo za 10 %. Zaradi nedoseganja izkoriščenosti strojne opreme in zagotavljanja planiranih kosov je bilo potrebno organizirati delo v več izmenah in ob dodatnih delovnih dnevih. (GKN Driveline Zreče, 2017)



Graf 1: Izkoriščenost strojne opreme 1

4.2.2 Število izmetnih kosov

Število izmetnih kosov je znašalo 323 kosov, pri katerih smo imeli težave s slabo površino zaradi tresljajev pri struženju. Prav tako kosi, ki niso bili pravilno orientirani na pozicijo 0° in 90° so zaradi neenakomerne postružene površine bili izven predpisanih specifikacij. Z novim tipom tripode, ki smo jo izdelovali, še nismo imeli dovolj izkušenj, zato smo poizkušali čim bolj razumeti in zagotoviti natančno obdelavo. Seveda smo pri večjih odmikih izmeta takoj ukrepali z ustavitvijo stroja. Izmet smo razvrstili po napakah in tako določili, katera napaka je najpogostejša. Nato smo sklicali tim in se dogovorili, kako naprej in kaj bomo poskušali spremeniti. Izmet smo spremljali preko tabel, ki smo jih izpolnjevali dnevno po izmenah.

SPREMLJANJE IZMEČKA / BRUŠENJE KRAKOV TRIPODE																																
Datum:	IZM	1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	skupaj
Emag 1	I		2			3	10	17	38			31	22																			129
	II		3				15		11			37	24																	10		120
	III	2				2			2			25	39																	3		74

Tabela 1: Tabela poročila izmetnih kosov

4.2.3 Čas menjave tipa izdelka

Pri menjavi smo porabili ogromno časa za nastavitve stroja. Glede na težave smo poizkušali s predelavo orodja in korekcijami programa. Vendar pa smo za sprostitev procesa porabili preveč časa. Poizkušali smo tudi z menjavo delovnih glav, saj smo te imeli na zalogi, vendar pa je vsaka menjava glave zahtevala dodatnih 120 min. Po menjavi smo ponovno vršili nastavitve stroja. Menjava orodja na delovni glavi ni bila zahtevna, saj smo hitro zamenjali vpenjalni in naslonski del. Pripravljeni smo imeli tudi palete za posamezne tipe in prav tako merilne priprave. Menjave so tako bile, glede na planiran čas, izven zastavljenega cilja. Posledično je bilo potrebno ponovno planirati proizvodnjo in uskladiti delo na stroju, to pa je pomenilo dodatne delovne dneve in posledično dodatne stroške (poleg dodatnih delovnih dni še poraba električne energije in poraba orodja), saj bi ob normalnih pogojih izpolnjevali naročila.

4.2.4 Ekonomski prihranek

Ekonomski prihranek podjetja je seveda osvojitve tipa AAR. Ker smo pričeli z lastno proizvodnjo izdelka, smo zmanjšali logistične stroške in stroške nakupne cene izdelka. Tip AAR smo morali kupovati, da smo oskrbovali montažne celice polgredi v našem podjetju. Tako so bili stroški večji in v podjetju je bilo potrebno planirati minimalne zaloge, kar pa je pomenilo dodaten strošek pri letnih inventurah materiala. Z lastno proizvodnjo in osvojitvijo tudi drugih velikosti tipa AAR smo pridobili nove kupce. Pri tem je bila dodana vrednost na izdelku, ki smo ga sedaj sami izdelovali in v sklopu polgredi prodali na tržišče. Podjetje je s tem postalo konkurenčno in prepoznavno za možne potencialne kupce. Za večjo dodano vrednost pa smo seveda iskali rešitve, pri katerih bi bila možnost za dvig kapacitet, produktivnosti ter zmanjšanje izmeta. Težave, ki so kazale na preciznosti delovne glave, so bile podlaga za to, da poiščemo novi tip delovne glave, ki zagotavlja natančnost, katero potrebujemo.

5 PROJEKT POVEČANJE KAPACITET ZA TIP AAR

Po izvedbi vseh testiranj in osvojitve izdelka petih tipov tripode AAR smo se odločili, da nadgradimo proces izdelave tega tipa tripode. Ker smo zaznali omejitve glede kapacitet, smo iskali rešitev, da izboljšamo produktivnost stroja, dvignemo kapaciteto in obdržimo raven kvalitete oziroma jo še izboljšamo. Rešitev je bilo potrebno poiskati hitro, kajti naročila so se povečevala in s tem bi lahko ogrožali kupce. Odločili smo se, da poiščemo že poznane koncepte znotraj GKN podjetij. Na podlagi poznanega vpenjalnega sistema smo se povezali s proizvajalcem stroja EMAG in se posvetovali glede implementacije vpenjalne glave. Po dogovarjanjih smo ugotovili, da je rok izvedbe s strani proizvajalca stroja predolg, zato smo se odločili, da zadevo sami implementiramo na stroj v podjetju. Pričeli smo s projektom, pri katerem smo ustanovili tim, ki bo delal na različnih področjih. Povezali smo vse potrebne službe, kot so tehnologija, vzdrževanje, logistika, nabava in proizvodnja. Naredili smo plan aktivnosti in seznam katere aktivnosti je potrebno izvesti za implementacijo novega sistema na stroj EMAG. Napredke projekta smo spremljali na sestankih tima enkrat mesečno. V primeru odstopanj smo takoj sprejemali nadaljnje odločitve. Po prejemu naročenih delov smo pričeli z implementacijo nove delovne glave na stroj. Sledili smo korakom in izvajali aktivnosti glede na zastavljeni plan.

PLAN AKTIVNOSTI IMPLEMENTACIJA VPENJALNE GLAVE BLESSING						
Aktivnost	Mikro	Kdo?	Kdaj?	Status		
Naročilo servisa Emag po ponudbi (Offer number:163661)	Pridobitev ponudbe za pregled stroja (kaj je potrebno od hardware)opreme (Emagu poslane risbe obstoječega in novega sistema za primerjavo)-ponudbe ne morejo izdelati.	M.Kovač	KT35			
	Dogovor da rešijo zadevo glede na poslane risbe in stanje stroja, ki je zadnje znano stanje Emagu	M.Kovač	KT35			
	PLC in NC modifikacija stroja Emag 3 single	S.Korošec, D.Padežnik	KT 36			
Priprava proizvodnje za zagotovitev zadostnih količin kosov v času izpada stroja Emag 3	Pregled naročil do KT 45	V.Vahter	KT 35			
	Plan priprave zaloge za čas izpada stroja v KT43	V.Vahter	KT 35			
	Naročiti zadostno količino odkovkov, da bo mogoče pripraviti zalogo.	V.Vahter S.Poklič	KT 35			
Priprava strojnih delov potrebnih za namestitev vpenjalne glave	a) Obdržati obstoječi oljni razdelilnik (naročiti adapter droga za obračanje in adapter za montažo vpenjalne glave) Tveganje : daljši zastojni čas zaradi tanjših cevi iz razdelilnika, posledično daljši cikel čas.	J.Obad	KT 41			
	b) zamenjava razdelilnika iz stroja Emag 5 M2 na stroj Emag 3 Tveganje : izgubljen čas na obeh strojih v času menjave	J.Obad	KT 42			
	c) Namestitev novega razdelilnika Blessing (rok dobave 20 tednov)	D.Padežnik J.Obad	02 KT			
Priprava stroja Emag 3, da bodo izpolnjeni pogoji za modifikacijo PLC in NC.	Demontaža obstoječe glave in montaža nove glave	J. Obad	20.10.2017			
Modifikacija PLC in NC	Kaj je potrebno za izvedbo z naše strani	Emag	KT 43			
	Dodaten strošek varovanje pred napačno vstavljenimi kosi v paletni sistem. Mehansko pripravimo sami	Emag M.Kovač	KT 43			
	Zagon proizvodnje		26.10.2017			
Priprava vpenjalnih delov za vse reference (zraven glave naročeno vpenjalno orodje za AAR3700i)	Naročilo na osnovi risb iz MOS	M.Kovač	KT 42			

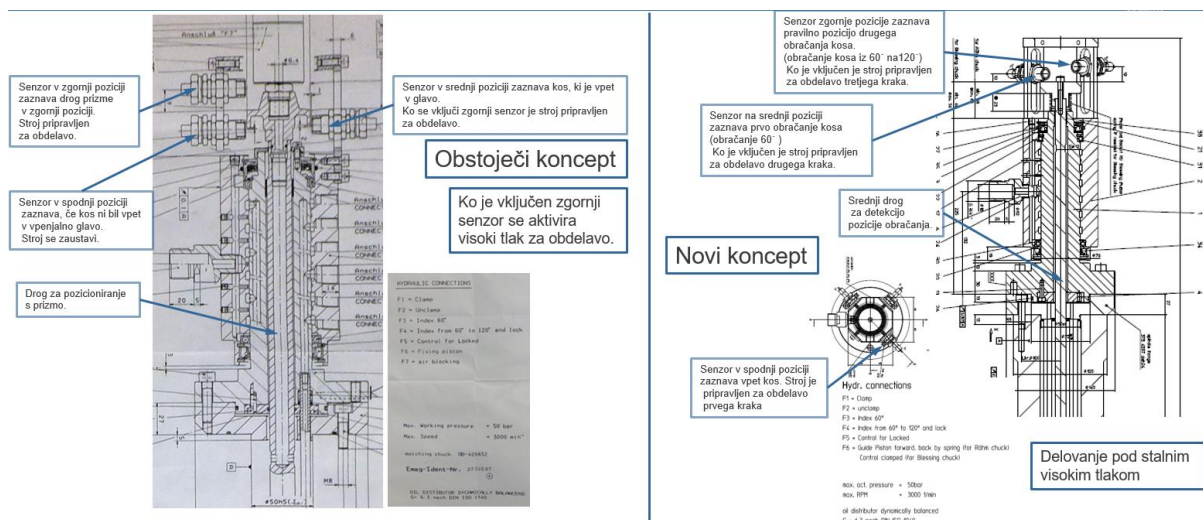
Tabela 2: Plan aktivnosti projekta AAR.

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6 NADGRADNJA S POSEBNO VPENJALNO PRIPRAVO

6.1 Pregled dokumentacije stroja

Glede na novi vpenjalni sistem delovne glave s posebej prilagojeno vpenjalno pripravo smo primerjali dokumentacijo stroja v podjetju in pridobljeno dokumentacijo proizvajalca vpenjalne priprave. Pri tem smo zaznali kar nekaj razlik, katere bomo morali uskladiti pri sami implementaciji na stroj. Po pregledu dimenzij nove delovne glave z novim načinom vpenjalnega sistema smo ugotovili razliko med razdelilnikom, ki je nameščen na vrhu stroja in povezuje delovno glavo stroja s hidravličnim sistemom. Razlika je bila v drogu, katerega naloga je, da preko mehanizma v glavi prenaša gibanje, pri tem pa z nameščenim obročem na vrhu stroja oddaja signal na nameščene senzorje. Prav tako smo zaznali razliko med povezavo razdelilnika in ohišjem stroja ter hidravličnim in električnim vezjem. Dodatna razlika se je pokazala v PLC programu, kjer je sistem ukazov na delovanje delovne glave bil bistveno drugačen.



Slika 16: Shema primerjave razdelilnika stroja

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6.2 Naročilo nove delovne glave in razdelilnika hidravličnega sistema

Izvedli smo naročilo nove delovne glave, ki je vsebovala prilagojeno vpenjalno pripravo za izdelavo tipa tripode AAR. Poleg naročila nove delovne glave smo dodatno naročili tudi tip vpenjalnega orodja AAR 3700, pri katerem smo imeli največ težav pri serijski proizvodnji na obstoječi nadgradnji delovne glave. Prav tako smo izvedli naročilo razdelilnika, ki je potreben za implementacijo novega sistema na stroj.

6.3 Naročilo novega vpenjalnega orodja

Zaradi novega koncepta delovne glave smo takoj pričeli z izdelavo delavniških risb. Pred implementacijo je bilo na zalogi potrebno imeti nov koncept vpenjalnega orodja. Z novo delovno glavo smo dobili tudi orodje za tip tripode AAR 3700, zato smo naročili orodje za ostale štiri tipe AAR 2000, 2300, 2600 in 3300. Razlika med obstoječim orodjem in orodjem namenske delovne glave je predvsem bolj kompaktna oblika orodja. Orodje je veliko močnejše in sam naslon omogoča nastavitev orientacije kraka, ki zagotavlja pozicijo kraka 120°. V primerjavi s prvotnimi orodjem, ki smo ga sami izdelali, takšna nastavitvev ni bila mogoča.



Slika 17: Novo vpenjalno orodje AAR 3700

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6.4 Montaža nove delovne glave proizvajalca Blessing

Pri implementaciji smo pričeli s posegom menjave delovne glave na stroju. S posebnimi pripravami smo obstoječo delovno glavo demontirali iz stroja ter vanj namestili novo delovno glavo. Delovna glava je pritrjena s štirimi vijaki in se v ohišje stroja privije na konično obliko.

Pri menjavi smo bili zelo previdni, saj je teža glave 50 kg in je varnost na prvem mestu. V delovni glavi so nameščena tesnila hidravličnega olja, zato smo morali pri montaži biti skrajno previdni, da ni prišlo do poškodb. Nato smo pognali hidravlični agregat in preverili spoje hidravličnih priključkov, da ne bi prišlo do spuščanja olja. Pregledali smo tudi dokumentacijo proizvajalca, v kateri je bilo zapisano vzdrževanje delovne glave. Proizvajalec je predpisal pregled, čiščenje vpenjalnih delov in enkrat tedensko mazanje gibajočih delov. Delovno glavo je na obdobje enega leta potrebno tudi demontirati in pregledati stanje gibajočih delov. Predvsem gre za zamenjavo proti prašnih tesnil, ki preprečujejo vstop nečistoče v mehanizem. Zamenjati je potrebno tesnila hidravličnih spojev in preveriti stanje rotirajočih delov, pri tem pa izmeriti obrabo teh delov. Vpenjalni in obračalni deli so ležajeni, zato je prav tako potrebno preveriti stanje ležajev in jih zamenjati. Gibajoči deli se nato preko ustreznih mazalk podmažejo in delovna glava je pripravljena za montažo in nadaljnje obratovanje. Delovna glava za struženje tripode AAR je namenska delovna glava, zato smo pri namestitvi tega sistema zmanjšali fleksibilnost stroja. Delovna glava je dopuščala obdelavo samo tega tipa izdelka. Če bomo v prihodnosti potrebovali dodaten stroj za izdelavo GI generacije tripode, bomo morali narediti ponovno prevezavo sistemov in naložiti prvotne programe NC in PLC stroja. (Wilhelm Blessing GmbH&Co.KG , 2017)



Slika 18: Nova delovna glava Blessing

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6.4.1 Zamenjava hidravličnega razdelilnika

Odstranili smo obstoječi razdelilnik na vrhu stroja ter zamenjali drog, ki je namenjen za nadzor obračanja kosa v sami glavi. Za pritrditev razdelilnika smo izdelali tudi prirobnico, da so ustrezale povezave cevi med delovno glavo in razdelilnikom. Na razdelilniku so nameščeni hidravlični priključki, ki povezujejo razdelilnik in hidravlično krmilje (ventili) preko gibljivih cevi. Razdelilnik je ležajen in se med vrtenjem delovne glave tudi sam vrti, v notranjosti pa je os, preko katere so vodeni kanali do delovne glave. Zunanji del ohišja hidravličnega razdelilnika je pritrjen z nosilcem.



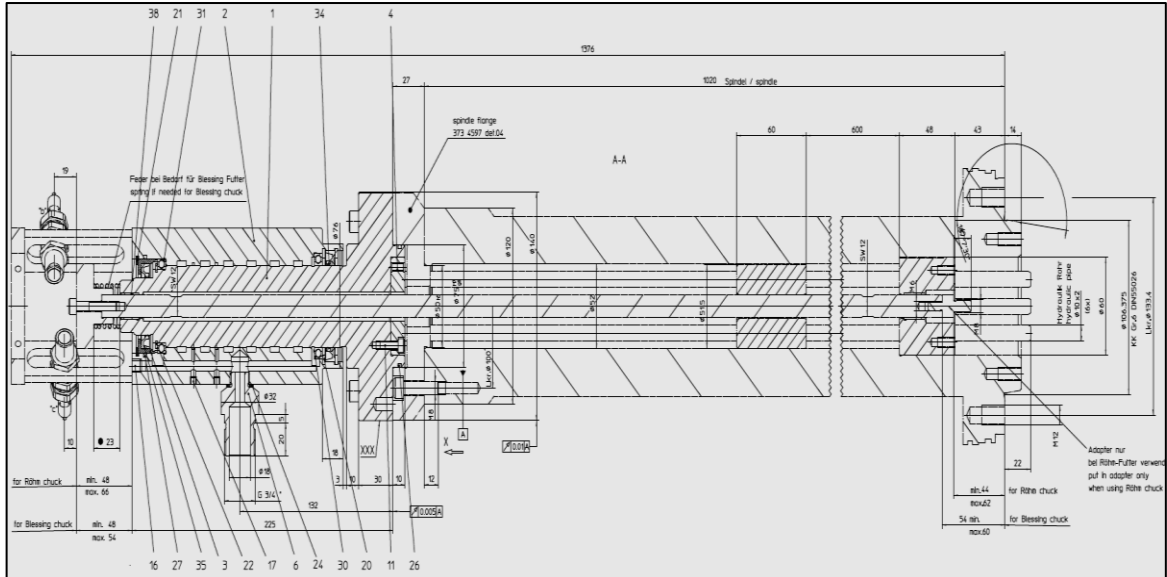
Slika 19: Razdelilnik proizvajalca Blessing

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6.4.2 Namestitev senzorjev na razdelilnik

Na nosilec razdelilnika smo namestili tri senzorje, ki so namenjeni za kontrolo pozicije rotacije kosa. Senzorje smo označili po pozicijah in bodo v nadaljnjem delovanju delovali tako, da bodo sporočali pozicijo rotacije kosa v delovni glavi. Določili smo, da prvi senzor od spodaj navzgor prejme informacijo *kos v poziciji 0°*, drugi senzor poda informacijo *obdelovanec prvič rotiran na 120°*, tretji senzor poda signal *kos v končni obdelavi*. Pozicija zadnjega senzorja definirana 240°. Logiko senzorjev bomo izvedli v PLC programiranju in določili način delovanja oziroma pošiljanja signalov. Sitem varovanja s senzorji je za nas novi koncept, ki pa se je v praksi drugih podjetij zelo dobro pokazal. Preprečuje nalete na stružno orodje, saj v primeru nepravilne pozicije kosa stroj ne gre v obratovanje. S tem smo zmanjšali nalete zaradi nepravilno orientiranega kosa v vpenjalni glavi in zmanjšali stroške, nastale zaradi poškodbe ali loma orodja. Prvotni sistem je za nadzor nad pravilno pozicijo kosa uporabljal tlačne regulatorje. Ti regulatorji so preko tlaka v sistemu zaznavali, ali je izvršeni

gib dejansko pravilen. Težava pri tem je bila, da zaradi neenakomernega tlaka v sistemu varovanje ni bilo 100% učinkovito. Varovanje preko senzorjev, ki je bilo mehansko direktno povezano na obračalni mehanizem kosa, je bila odlična rešitev.



Slika 20: Shema oljnega razdelilnika

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

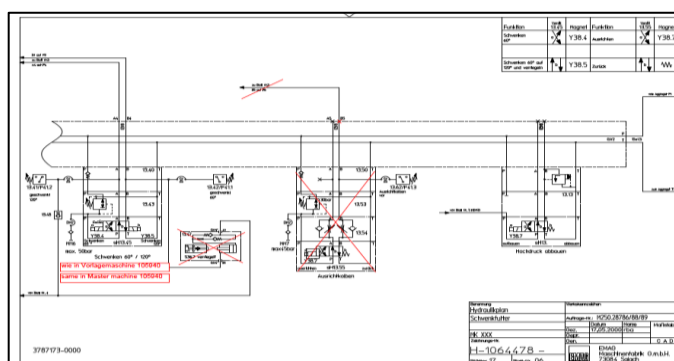


Slika 21: Nosilec in nameščeni senzorji.

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

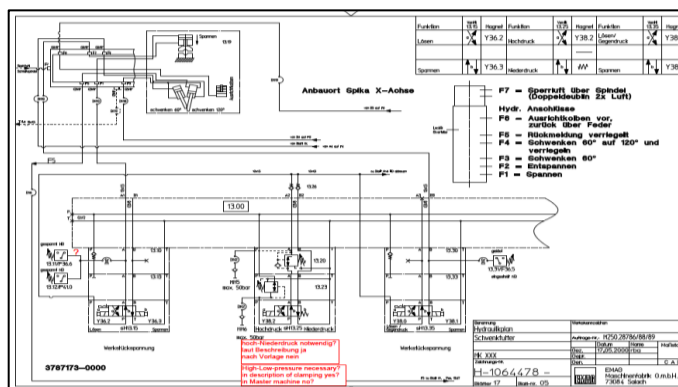
6.4.3 Prevezava hidravličnih cevi in električnega vezja

Na označenih točkah risbe je razvidno, katere prevezave smo naredili, da je sistem deloval pravilno. Prišlo je do zamenjave med elektromagnetnim ventilom za visoki tlak in onemogočenja preklopa na nizki tlak. Visoki tlak je potreben, ko stroj prične z obdelavo kosa. V predhodnem sistemu smo potrebovali nizki tlak, ker je drugače prišlo do težav z obračanjem kosa v delovni glavi. Prav tako je pod nizkim tlakom potekalo tudi vpetje in izpetje kosa. V novem konceptu je delovanje delovne glave pod visokim tlakom, zato bomo pridobili dodaten čas na obdelavi surovca. Za nadzor tlaka v sistemu so nameščeni tlačni regulatorji, ki v primeru izgube tlaka ustavijo stroj in preprečijo poškodbe stroja in njegovih delov. Vendar ta sistem ni bil 100 % učinkovit zaradi neenakomernega tlaka v sistemu, ki pa je bil podvržen mnogim dejavnikom. Nato smo izvedli še prevezavo električne povezave na regulatorjih in določili vhode za tri nameščene senzorje za nadzor rotacije kosa.



Slika 22: Shema vezave obstoječega sistema

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)



Slika 23: Shema vezave nove delovne glave.

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

6.5 Sprememba PLC (*programirljivi logični krmilnik*)

Za pravilno delovanje glave smo s pomočjo programerja v podjetju izvedli programiranje v smislu logike delovanja določenih senzorjev in elektromagnetnih ventilov. Z spremembo električne vezave in hidravličnega sistema smo izvedli spremembo PLC. Programer je preko računalnika naredil simulacije v programu in spremljal delovanje ventilov, senzorjev in tlačnih regulatorjev. Naredili smo logiko, ki je bila predpisana s strani proizvajalca stroja. Novo delovanje je potekalo tako, da je bil pri vpenjanju in izpenjanju kosa v uporabi samo visoki tlak, enak tlak pa je ostal tudi pri rotaciji kosa in njegovi obdelavi. Ko smo izvedli spremembo za krmiljenje hidravličnih ventilov, smo testirali delovanje delovne glave in ostalih funkcij. Vključili smo krmilje stroja in v meniju za podatke delovne glave izbrali gibanje. Tako smo preizkusili vpetje/izpetje kosa, obračanje vpetega kosa in delovanje glave pod visokim tlakom. Visoki tlak je definiran z nastavitvijo regulatorja tlaka, katerega smo nastavili na vrednost, ki jo je predpisal proizvajalec stroja. Nato smo testirali delovanje varovalnega sistema, ki je namenjen za nadzor rotacije obdelovanca v delovni glavi. Kot izhodišče, v katerem ima stroj pogoj za vpetje, smo določili prvi senzor, kjer je drog v najnižji točki. V tem primeru delovna glava kos vpne na dvizni postaji in prične s struženjem prvega kraka tripode. Nato smo izvedli rotacijo obdelovanca in tako definirali struženje drugega kraka tripode. Zadnji senzor, kjer je drog v najvišji točki, je pogoj za obdelavo zadnjega kraka tripode, nato pa se izvede odlaganje kosa v paleto. Med premikom po x osi, horizontalni pomik, se izvede ponovno obračanje kosa, in sicer na pozicijo prvega senzorja. Nato se izvede izpenjanje kosa v paleto. Ko je kos odložen, se delovna glava pomakne po z-osi navzgor in dvizna naprava spusti paleto na izhod. Za paleto, ki je bila spuščena, se na dvizno postajo pripelje nova paleta, ki je dvignjena v pozicijo za vpetje. Tako se nadaljuje avtomatika vse do trenutka, ko stroj ustavimo.

7 ZAGON STROJA IN IZDELAVA KOSOV TIPA TRIPODE AAR 3700

7.1 Zagon stroja z novo glavo *Blessing*

Po končanih programskih in mehanskih posegih smo pričeli z izdelavo novih NC programov. To je bilo potrebno zaradi drugačne dimenzije višine glave. Prav tako smo morali izvesti korekcije programa za nalagani sistem. Po opravljeni simulaciji programa smo vklopili stroj in pričeli z avtomatskim ciklusom. Pri izdelavi smo bili zelo previdni, saj je bil stroj opremljen z novim orodjem, prav tako so se spremenile funkcije in sama logika delovanja krmilja. Po opravljenem struženju krakov smo izvedli meritve kosa. Naredili smo popravke NC programa in korekcije orodja. Po izdelanem kosu, ki je bil na merilnih urah v tolerančnih območjih, smo izvedli meritve kosa na 3D merilnem stroju. Po izpisku meritev smo opazili bistvene razlike, ki so pri predhodnem sistemu povzročale podaljšanje časa obdelave, slabo površino kosa zaradi tresljajev in nepravilno orientiran kos. Po nekaj dneh optimizacije je stroj deloval brez težav in pričeli smo s serijsko proizvodnjo.

7.2 Rezultati izdelave kosov tipa AAR 3700

Pri izdelavi kosa tipa tripode AAR 3700 smo bili nad rezultati navdušeni. Ker so bile meritve premera krakov brez razlik med pozicijo merjenja 0° in 90° , smo spremenili program in naredili samo en rez struženja. Po ponovnih meritvah je dimenzija ostala enaka, cikel čas pa se je pri tem zmanjšal na 48 s (pri izdelavi z obstoječim sistemom je cikel čas znašal 65 s). S tem ciklusom smo povečali produktivnost stroja za 25 %. Prav tako smo opazili, da so kosi dobro orientirani pri vpetju in na samem struženju kasneje ni bilo zaznanih odstopanj struženja. Nova delovna glava je robustne izvedbe, osi vpenjalnega in obračalnega sistema so dimenzijsko močnejše od obstoječe delovne glave, ki smo jo uporabili v začetku izdelave tripode AAR. Pri tem je zagotovljena togost, ki preprečuje premikanje kosa med obdelavo. Ker ni možnosti premika vpetega kosa, ni tresljajev, katerih posledica je slaba površina. Prav tako novo orodje omogoča nastavitve pozicije kraka 120° . Pozicijo nastavimo tako, da z dvema vijakoma rotiramo orodje okoli središčnice v smeri urinega kazalca ali v obratni smeri in nastavimo predpisano pozicijo kraka.

7.3 Menjava tipa tripode na AAR 2300

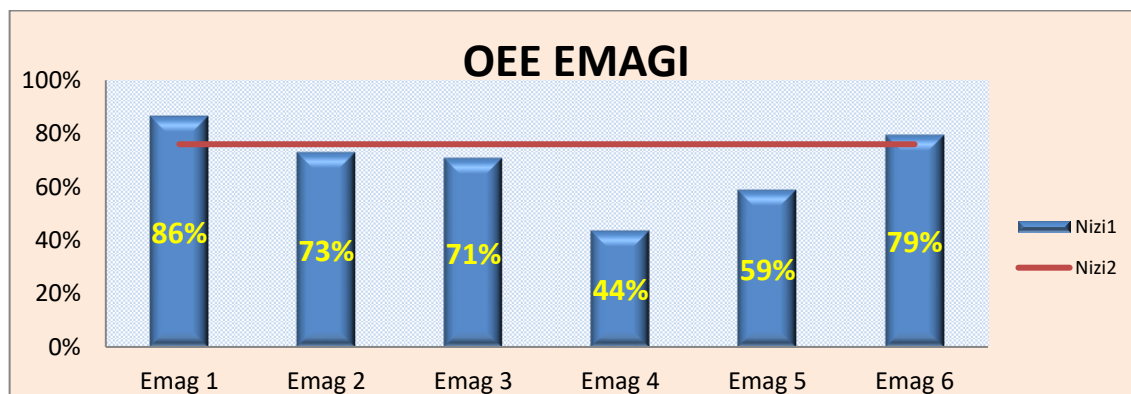
Po prejetju novega orodja, ki smo ga naročili, smo izvedli prvo menjavo, in sicer na tip AAR 2300. Menjava je potekala najprej z demontažo naslona tripode in demontažo vpenjalnega dela. Nato smo montirali naslon s pripadajočo podložno ploščico. Podložna ploščica je namenjena zagotavljanju centra obdelovanca v vpenjalni glavi. Nato smo namestili še vpenjalni del, ki omogoča vpetje kosa in ujem na izobčene zobce, ki se prilagodijo v krake tripode. Z merilno uro smo izmerili razliko pri vrtenju glave na poziciji 0° in 90° . Ker je bila izmerjena vrednost 0.2 mm, smo zamenjali podložno ploščico in ponovno namestili naslon. Po ponovnih meritvah je rezultat na pozicijah znašal 0.05 mm, kar ustreza predpisom proizvajalca delovne glave. Demontaža naslona je zelo enostavna in hitra, saj z odvijanjem enega vijaka takoj snamemo naslon. Namestitev naslona nazaj pa je enak postopek, ker ima naslonska površina zatič, ki natančno orientira naslon. S tem tudi ne more priti do napake pri montaži, ker je naslon možno namestiti samo v določeni poziciji. Enako je z menjavo vpenjalnega dela, ki je pritrjen z enim vijakom in prilagodni zatič omogoča montažo samo v eni poziciji. Po montaži vpenjalnega orodja smo izvedli menjavo programa. Pred začetkom smo ponovno naredili simulacijo programa in preverili potek obdelave. Nato smo pričeli z izdelavo kosa in izvedli korekcije, da smo zagotovili predpisane mere. Kos smo izmerili na 3D merilnem stroju, kjer so se izvedle 100 % meritve. Izmerjen kos je bil po slikovnem planu v tolerančnih območjih. Pričeli smo s serijsko proizvodnjo druge tripode od tipov AAR. Menjava tipa je bila dokončana v 30 min, kar je pomenilo izjemen dosežek. Prav tako po tem ni bilo težav s kvaliteto kosov, saj so vse nazivne mere bile v tolerančnih območjih. Pri tem je bil to drugi pokazatelj kvalitete delovne glave. Stroj je po menjavi obratoval brez težav, kar je pomenilo 25 % večjo kapaciteto stroja od obstoječega sistema.

Po menjavah na ostale tipe smo potrdili ustreznost vpenjalnega orodja in delovanje glave. Izvedli smo naročilo dodatnega orodja, določili minimalno zalogo in uredili prostor za orodje, ki ga potrebujemo na liniji za menjave. Prostor na liniji z orodjem z vso potrebno dokumentacijo in merilno opremo je ena od dobrih praks v podjetju. Ker je vse potrebno za menjavo vključno z nastavljalci merilnega orodja pri stroju, se menjava vrši veliko hitreje.

Prav tako so določene odgovornosti za posamezna področja, ki nadzorujejo zaloge orodja, ustreznost merilne opreme, veljavnost merilne opreme ali preglede merilne opreme.

7.3.1 Prikaz rezultata stroja EMAG 1 OEE

Na grafu lahko vidimo izkoriščenosti strojne opreme, pri čemer smo dosegli odlično produktivnost stroja in dvignili kapaciteto. Z zmanjšanjem ciklusa časa iz 60 s na 45 s na kos smo povečali število izdelanih kosov na izmeno. Prav tako so se zmanjšali mehanski posegi na stroju, saj smo pri obstoječem sistemu večkratno zamenjali delovno glavo in večkrat prilagajali vpenjalno orodje, izvajali nastavitve ter korekcije stroja.



Graf 2: Izkoriščenost strojne opreme 2

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

7.3.2 Rezultat kakovosti EMAG 1

V celomesečnem obdobju smo imeli težave s kvaliteto 80 kosov, ki so bili izven specifikacije. Pri analizi vzroka smo ugotovili, da so ti kosi nastali pri zagonu stroja ali pri lomu rezalne ploščice, do katerega je prišlo zaradi obrabe ploščice. Ker je bil proces stabilen, smo lahko ukinili 100 % kontrolo proizvodov. Kontrola je bila predhodno potrebna zaradi težav, ki so bile posledica neustreznega orodja v sklopu obstoječe delovne glave stroja. Naredili smo ponovno snemanje stroja, torej stabilnost stroja, ko ta izdeluje 50 zaporednih kosov. Rezultat je pokazal stabilen stroj z vrednostjo $C_m = 2.0$.

SPREMLJANJE IZMETNIH / BROSENJE KRAKOV / TRIPLODE																																	
Datum:	I	1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	skupaj	
Emag 1	I						2	2	1					1			2	4	3		5	1			1				8	14	2	44	
	II																2	3	3		2		3	1						1	1	16	
	III			3				1						2		1	2	3			8	1	1									20	
80																																	

Tabela 3: Tabela poročila izmetnih kosov.

Vir: (GKN Driveline Zreče, 2017)

7.3.3 Čas menjave tipa izdelka

S hitro demontažo in montažo vpenjalnega orodja smo menjavo izvedli v 30 min. Čeprav nismo imeli izkušenj, smo kmalu osvojili delovanje nove glave. Po izvedeni menjavi je bil prvi kos že v tolerančnih območjih. Da smo zagotovili tako učinkovito menjavo smo seveda naredili dober NC program, korekcije stroja pa so bile zapisane na list, ki je spremljal orodje. Vso orodje za menjavo smo pripravili na voziček, ki je predhodno skladiščen na sami liniji. Prav tako smo izvedli izobraževanje za operaterje in vodje procesov. Čas menjave je odvisen od spretnosti in znanja operaterja oziroma vodje procesa. Zato v podjetju poskrbimo, da izvajamo izobraževanje zaposlenih, preverjanje in poučevanje na vseh področjih. Zaposleni znajo tako uporabljati metode, ki pripomorejo k pravilnemu delu in doseganju zastavljenih kazalnikov. Postopek menjave zavedemo tudi na uradni obrazec, kjer je slikovno prikazan potek menjave orodja z vsemi potrebnimi koraki. Obrazec nastane tako, da se najprej naredi posnetek menjave, kjer vidimo čas menjave, težave pri menjavi in postopek menjave. Vse težave in nepotrebno dodatno delo se zapiše ter poskuša v čim večji meri odpraviti, nato se naredi ponovni posnetek menjave. Ko je menjava optimalna, se izdelava obrazec za standardizirano menjavo tipa na določenem stroju.

7.3.4 Ekonomski prihranek

S samostojno izvedbo implementacije nove delovne glave na stroj ni bilo potrebno plačevati zunanjih izvajalcev. Izvedli smo vse korake od pregleda dokumentacije, razvoja vpenjalnega orodja, programiranja stroja NC in PLC, mehanske in električne prevezave. Tako je prihranek tudi v izdelavi dokumentacije oziroma lahko zapišemo, da je razvoj vpenjalnega orodja bilo delo, ki smo ga opravili sami. Projekt smo uspešno zaključili, saj smo sestavil tim, v katerem so sodelovali strokovnjaki iz različnih področij. Pri tem smo nadgradili svoja znanja in pridobili izkušnje na novem procesu obdelave. Z lastno proizvodnjo tipov AAR smo prihranili 2,6 % na kos. Dvignili smo prodajno ceno izdelka in zagotovili lastno proizvodnjo, ki je stabilna oziroma pod nadzorom. Prihranek je seveda tudi zmanjšan izmet, saj ni potrebno naročati dodatnih količin, kar je podjetju predhodno prinašalo dodaten strošek. Dosegli smo tudi zmanjšanje porabe orodja s stabilnejšim procesom in zamenjavo dobavitelja rezalne ploščice.

8 SKLEP

Z osvojitvijo tripode AAR tipov smo pridobili konkurenčno prednost. Pričeli smo z lastno proizvodnjo izdelkov in s tem oskrbovali montažne celice v podjetju. Pri osvojitvi smo uspešno uporabili obstoječo strojno opremo. Obstoječo delovno glavo smo nadgradili z novim vpenjalnim orodjem. Zaradi težav, ki smo jih imeli z zmanjšano produktivnostjo, povečanim izmetom ter posledično nestabilnim procesom, smo naročili novo delovno glavo. Z močnejšo konstrukcijsko izvedbo vpenjalne glave smo zagotovili natančno vpetje obdelovanca. Implementacija nove delovne glave je bila uspešno izvedena na stroj s timom, ki je bil sestavljen. Novi vpenjalni sistem je omogočal hitrejšo obdelovalno pomiko, s tem pa smo iz obstoječega sistema dveh rezov prešli na obdelavo z enim rezom pri struženju. Rezultat obdelave samo z enim rezom je bilo zmanjšanje ciklusa časa obdelave za 15 s na kos. Tako smo izdelali večje število kosov in dvignili produktivnost za 25 %. S stabilnim vpetjem smo zmanjšali število izmetnih kosov. Tako zamenjave, prilagajanje orodja ali demontaža in montaža delovnih glav niso bili potrebni. Pri menjavi tipa se nismo soočali s prilagajanjem orodja ali večjimi nastavitvami stroja. Čas menjave smo tako iz obstoječega stanja na novi sistem zmanjšali tudi za 10-kratno vrednost časa menjave. Hitrejši čas menjave smo izvedli zaradi poenostavljene demontaže in montaže vpenjalnega orodja na novem sistemu. Po menjavi orodja prilagajanje in druge korekcije niso bili potrebni, zato je menjava bila hitro izvedena. Menjava se je zmanjšala tudi s pred pripravljenim orodjem in potrebnimi korekcijami stroja. Pri izdelavi se nismo več soočali z nepravilno pozicijo kosa pri struženju, slabo površino in nestabilno mero premera kraka. Ob vsem tem se je izmet na stroju zmanjšal za 0,5 % na število dobro izdelanih kosov. Dodatno smo zmanjšali tudi porabo orodja na novem sistemu, ki je bil rezultat natančnega vpetja kosa in stabilnega držanja pri obdelavi. Pri obstoječem sistemu smo imeli povečano porabo orodja zaradi lomov rezalne ploščice in zamenjavo vpenjalnega orodja zaradi težav pri struženju. Sedaj je držanje kosa stabilno in rezalna ploščica drži predvideno vzdržnost. Nova delovna glava zagotavlja tudi učinkovito kontrolo obračanja kosa. S tem smo zmanjšali nalete na stružno orodje, ki so bili posledica nepravilno orientiranega obdelovanca. Za zagotavljanje pozicije 120° kraka pri obdelavi omogoča novo orodje nastavitvev preko dveh vijakov, s katerima zamikamo krak v želeno pozicijo. Ta rešitev je za težave, s katerimi smo se soočali na obstoječem sistemu,

najučinkovitejša. Glede na izkušnje z obstoječimi delovnimi glavami, smo se soočali s podobnimi težavami. Vendar nadgradnje s takšnim nastavlјivim orodjem na obstoječe sisteme ni dopuščala sama konstrukcija.

V prihodnjih letih se količine kosov tipa AAR povečujejo, zato smo že pripravljeni na implementacijo naslednje delovne glave na naslednji stroj. Edina slaba lastnost delovne glave je, da je to namenska glava samo za izdelavo tipa tripode AAR. V primeru, da je potrebno povečati kapacitete na GI generaciji tripode, moramo narediti zamenjavo delovne glave na obstoječi sistem. Torej količine načrtujemo s planiranjem natančno, zato da so stroji polno zasedeni oziroma izkoristki strojev največji. Nakup nove delovne glave je bila popolnoma pravilna odločitev. Čeprav bi lahko operirali z obstoječo delovno glavo, bi zaradi nestabilnega procesa izdelave tipa AAR povzročili veliko stroškov. Kljub temu smo s predelavo obstoječega sistema delovne glave pridobili alternativo, ki nam lahko koristi. Ker lahko na obstoječem sistemu izdelujemo dva različna tipa izdelkov, je glava tako fleksibilna, da lahko manjše količine izdelujemo na tem orodju.

Naslednji projekt montaže delovne glave za tip AAR bo veliko lažji, saj smo sestavili projektno mapo, v kateri so shranjeni vsi zapisi. Prav tako imamo izdelane arhive programov NC in PLC. Osvojili smo novi tip proizvoda, postali konkurenčni, dvignili produktivnost in kapaciteto stroja. Stroškovno se nabava orodja in nove delovne glave amortizira v letu dni glede na dobiček, ki ga ustvarimo s lastno. Sama implementacija glave na stroj je bila prav tako dodaten prihranek, saj smo projekt izvedli popolnoma sami. Z novo delovno glavo smo stabilizirali proces ter zmanjšali izmet. Dosegli smo vse zastavljene točke projekta in uspešno zaključili naše cilje.

Za uspeh projekta so poleg tehničnega znanja pomembni še naslednji dejavniki: povezanost, usklajenost, organiziranost, poslušnost, volja, motivacija, fleksibilnost in predanost tima za zastavljeni projekt. Vse to je bil del našega tima in naslednji projekt za implementacijo nove delovne glave je vodilo, da uspešno zaključimo projekt na naslednjem stroju.

9 VIRI, LITERATURA

GKN Driveline Zreče. (2017).

Dorovic, A. (april 2017). *Učbenik za CNC tehnologijo*. Pridobljeno iz Programiranje CNC strojev: <http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/programi.htm>.

EMAG GmbH & Co. KG. (2004). *Tehnična mapa stroja*. Salach (prevedeno v Celju): EMAG GmbH & Co. KG.

Flexlink. (september 2018). *Flexlin Online Store*. Pridobljeno iz Flexlink: https://www.flexlink.com/zcms/zpublish/45/uploads/45/tech_lib/14171005665023712870_09XKP.pdf.

GKN Driveline Zreče d. o. o. (2016). Protokoli in delovna navodila za posnemanje, struženje, brušenje, termično obdelavo in meritve tripode.

GmbH, Walter Deutschland. (September 2018). *Walter*. Pridobljeno iz https://www.walter-tools.com/en-gb/tools/standard_products/turning/overview/iso_turning/pages/default.aspx.

Puhar, J. (1994). *Karutov strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Ravničan, m. J. (2010). *Snovanje in konstruiranje orodij*. Maribor.

Stanislav, P. (2005). *Metodika konstruiranja*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Wilhelm Blessing GmbH&Co.KG . (2017). *Navodila za montažo in pritrditev vpenjalne glave* . Ostfildern (prevedeno v Ljubljani): Wilhelm Blessing GmbH&Co.KG.