

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

IZDELAVA VPENJALNE PRIPRAVE ZA GRAVIRANJE

Kandidatka: Nataša Naveršnik

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič

Mentor v podjetju: Boris Jesenek, dip. inž. elektrotehnike

Lektor: Andreja Motaln, prof. slovenščine in sociologije

Maribor, februar 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Nataša Naveršnik sem avtorica diplomskega dela z naslovom Izdelava vpenjalne priprave za graviranje, ki sem ga napisala pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, 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 (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); 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.

Maribor, februar 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se Višji strokovni šoli Academia, ki mi je financirala izredni študij. Zahvala gre tudi mojemu mentorju v podjetju Borisu Jeseneku, dip. inž. elek., ki me je usmerjal pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se predavatelju dr. Darku Friščiću za mentorstvo in svetovanje.

POVZETEK

V diplomskem delu so predstavljeni razlogi za izdelavo nove vpenjalne priprave in njen razvoj. Izdelovali bomo aluminijaste ročaje za hladilnik. Izkazalo se je, da star način vpenjanja ne dosega več zastavljenih ciljev. Zaradi povečanih letnih naročil in prevelike količine izmeta oz. popravil zaradi odtisov in poškodb med izdelavo, smo bili primorani spremeniti tehnologijo vpenjanja in izdelave obdelovancev. Pri snovanju vpenjalne priprave smo se odločili, da združimo dve operaciji, in sicer obdelavo ter graviranje na CNC obdelovalnem centru. Za združitev dveh operacij smo se odločili zaradi slabše gravure, ki smo jo izvajali na gravirnem stroju, ker so bili obdelovanci mastni, gravura pa neenakomerna, smo težje dosegali tolerance. Problem nam predstavlja tudi okvara gravirnega stroja, za kar nimamo alternative.

Z novo vpenjalno pripravo smo pridobili stabilnejši, zanesljivejši in natančnejši proces. Pri tem smo prihranili na času, ki je namenjen nastavljanju priprave na stroj, strošek izmeta in popravil se je zmanjšal, poškodbe obdelovancev so manjše. Obdeluje se pet kosov hkrati (prej trije), kar iz ergonomskega vidika predstavlja manj napora za delavca.

V diplomskem delu smo opisali potek izdelave vpenjalne priprave, od same ideje do analize stroškov, snovanja priprave, izdelave do prevzema na redno proizvodnjo, ko je dokumentacija urejena.

Pri samem razvoju vpenjalne priprave smo prišli do zaključka, da za stabilni proces ni dovolj samo odlično zasnovana in konstruirana priprava. Kvaliteta je odvisna od odgovornosti in natančnosti operaterja, kvalitete orodja, kvalitete materiala, načina odlaganja obdelovancev do naslednje faze in odgovornosti do obdelovancev vseh zaposlenih, ki rokujejo z njimi v vseh fazah obdelave.

Ključne besede: strojništvo, snovanje, konstruiranje, vpenjalna priprava, graviranje, stabilni proces

ABSTRACT

Production of clamping device for engraving

This diploma thesis presents the reasons for the production and development of a new clamping device. We will produce aluminium handles for refrigerators. It has been noticed that the old way of clamping no longer achieves the set goals. Due to the increased annual orders, large amounts of scrap, imprint repairs and damage that occurred during the production, we were obliged to change the clamping technology and workpiece production. When designing the clamping device, we decided to combine two operations – treatment and engraving on a CNC machining centre. This decision was taken because of the poorer engraving that was performed on the engraving machine. The workpieces were greasy and the engraving uneven, which made it harder to achieve tolerances. Having no alternative in the event of the engraving machine failure, presents yet another problem.

With a new clamping device, we achieved a more stable, reliable and precise process. We saved time, that was intended for the adjustment of the machine, reduced scrap costs and repairs, while also lowered the damage on workpieces. Five pieces are processed at the same time (previously only three), which presents less effort for the worker from the ergonomic aspect.

In this diploma thesis we described the production of a clamping device, from idea to the cost analysis, design of the appliance and preparation as well as integration into the regular production, after documentation is finished.

During the development of the clamping device, we concluded that a an excellently designed and constructed appliance is not enough for a stable process. Quality depends on the responsibility and precision of the operator, the tool and material quality, the way the workpieces are placed until the following stage, as well as also every worker's responsibility to workpieces that they come in contact within various process stages.

Key words: mechanical engineering, design, construction, clamping device, engraving, stable process

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	11
1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	12
2. KONSTRUIRANJE IN SIMULACIJA VPENJALNE PRIPRAVE	13
2.1 TRENUTNI NAČIN IZDELAVE ROČAJEV ORA ITA	13
2.1.1 Razrez ročajev	13
2.1.2 Krivljenje ročajev	14
2.1.3 CNC obdelava ročajev	15
2.1.4 Obdelava logotipa na gravirnem stroju	17
2.1.5 Peskanje	18
2.1.6 Površinska obdelava, sestavljanje, pakiranje	19
2.2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	20
2.3 SNOVANJE VPENJALNIH PRIPRAV	22
2.3.1 Zahteve obdelovanca	23
2.3.2 Definirati nalogo vpenjalne priprave	23
2.3.3 Definirati tehnologijo vpenjalne priprave	23
2.3.4 Definirati komponente vpenjalne priprave	24
2.3.5 Vrednotiti varianto	26
2.3.6 Izbira variante	28
2.4 KONSTRUIRANJE VPENJALNE PRIPRAVE	29
2.4.1 Proizvodna filozofija Poka Yoke	32
2.4.2 SMED metoda	33
2.4.3 Računalniško podprto konstruiranje – CAD	40
2.4.4 Programski paket MasterCam	41
3. IZDELAVA IN ZAGON VPENJALNE PRIPRAVE	43

3.1	PROGRAMIRANJE CNC STROJEV ZA IZDELAVO VPENJALNE PRIPRAVE IN OBDELOVANCA	43
3.2	IZDELAVA KOMPONENT ZA VPENJALNO PRIPRAVO	45
3.3	SESTAVA VPENJALNE PRIPRAVE	52
3.4	PREIZKUŠANJE IN NASTAVLJANJE VPENJALNE PRIPRAVE	53
3.5	ZAGON TESTNE IZDELAVE VZORČNEGA KOSA	57
3.6	POTRDITEV PROCESA Z NOVO VPENJALNO PRIPRAVO.....	59
3.7	REDNA PROIZVODNJA	61
3.8	ANALIZA IZDELAVE ROČAJEV	62
3.8.1	Stari način	62
3.8.2	Novi način	63
3.8.3	Ekonomska analiza	64
4.	SKLEP	66
5.	VIRI, LITERATURA.....	68

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	KROŽNA ŽAGA ELUMATIC	13
SLIKA 2:	RAZREZAN KOS ROČAJA V NAMENSKEM STIROPORU	14
SLIKA 3:	HIDRAVLICNA STISKALNICA	14
SLIKA 4:	UKRIVLJEN OBDELOVANEC	15
SLIKA 5:	VPENJANJE Z JEKLENIMI PRIJEMALI	16
SLIKA 6:	OBDELAN ROČAJ HLADILNIKA	16
SLIKA 7:	GRAVIRNI STROJ	17
SLIKA 8:	PESKALNA KOMORA	18
SLIKA 9:	ROBOT MOTOMAN ZA MOKRO BRUŠENJE	19
SLIKA 10:	KONČNI IZDELEK ROČAJA	20
SLIKA 11:	CIKEL REŠEVANJA PROBLEMA	21
SLIKA 12:	DELITEV VPENJALNE PRIPRAVE	25
SLIKA 13:	STANDARDNI VPENJALNI ELEMENTI	25
SLIKA 14:	POMOŽNI VPENJALNI ELEMENTI	26
SLIKA 15:	NAČRT ROČAJA	30
SLIKA 16:	KONSTRUKCIJA PRVEGA DELA VPENJALNE PRIPRAVE	31
SLIKA 17:	ČEPI PROTI NEPRAVILNEM OBRAČANJU PO POKA YOKA SISTEMU	33

SLIKA 18: ŠTIRI FAZE METODE SMED	34
SLIKA 19: FAZA 0 METODE SMED	35
SLIKA 20: FAZA 1 METODE SMED	36
SLIKA 21: FAZA 2 METODE SMED	37
SLIKA 22: FAZA 3 METODE SMED	37
SLIKA 23: TRANSPORTNI VOZIČEK ZA VPENJALNE ELEMENTE IN ORODJE	38
SLIKA 24: SPREMNI LIST VPENJALA	39
SLIKA 25: NAPRAVA ZA MERJENJE ORODIJ	39
SLIKA 26: KONSTRUKCIJA IZDELANA V SOLIDWOKSU	40
SLIKA 27: IZDELAVA PROGRAMA V MASTERCAMP	41
SLIKA 28: IZDELAVA GNEZD ZA OBDELOVANCE	47
SLIKA 29: IZDELAVA LUKENJ ZA PRITRDILNE LETVE	48
SLIKA 30: VPENJALNA LETEV	50
SLIKA 31: PRITRJEN NASLON NA PRVI DEL PRIPRAVE	50
SLIKA 32: SESTAVA VPENJALNE PRIPRAVE	52
SLIKA 33: SIMULACIJA V PROGRAMSKEM PAKETU SOLIDWORKS	53
SLIKA 34: MONTAŽA VRETENA	56
SLIKA 35: VPENJALNA PRIPRAVA PRVI ZAGON	57
SLIKA 36: KOTIRANA RAZDALJA MED ČRKAMI	57
SLIKA 37: KONTROLNI LIST IZVEDENIH AKTIVNOSTI	59
SLIKA 38: KOREKCIJA VPENJALNE PRIPRAVE Z POSNETJEM	60
SLIKA 39: NORMATIV IN DEJANSKO PORABLJENE URE	63
SLIKA 40: VSOTA NORMATIVNIH UR NA STROJU HASS4	64

KAZALO TABEL

TABELA 1: STROŠKI INVESTICIJE	31
TABELA 2: OVREDNOTENJE VARIANTE	36
TABELA 3: ORODJA ZA IZDELAVO VPENJALNE PRIPRAVE	53
TABELA 4: KEMIČNA SESTAVA IN LASTNOSTI AL. ZLITINE	54
TABELA 5: ORODJA ZA IZDELAVO OBDELOVANCA	63
TABELA 6: PODATEK IZDELANIH KOSOV IN ČAS	70
TABELA 7: ČAS MENJAVE S STARO VPENJALNO PRIPRAVO	71
TABELA 8: KOLIČINA IZDELANIH KOSOV IN ČAS NA NOVI VPENJALNI PRIPRAVI	71
TABELA 9: ČAS MENJAVE Z NOVO VPENJALNO PRIPRAVO	72

1. UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Diplomsko delo je nastalo v okviru podjetja Aluminium Kety Emmi, d. o. o. Slov. Bistrica, ki je leta 2016 prišlo v 100% lastništvo poljskega podjetja Aluform Spolka, z. o. o. iz skupine Grupa Kety S. A. V podjetju izdelujemo najrazličnejše aluminijaste komponente ter ponujamo celovite tehnološke rešitve. Z razvojem je podjetje doseglo, da so poleg mehanske obdelave dodali še sestavljanje aluminijaskih delov z drugimi materiali, kot so les, steklo, plastične mase, tekstil, izvedbo površinske obdelave ter pakiranje za končnega potrošnika.

Z željo, da ostanemo oziroma postanemo konkurenčni, je podjetje prisiljeno investirati v strojni park, opremo, avtomatizacijo in izboljševanje delovnih pogojev ter znanje zaposlenih. Vse aktivnosti na investicijah neposredno vplivajo na učinkovitost delovnih procesov in direktno vplivajo na poslovanje podjetja. To pa nam omogoča, da sledimo viziji podjetja, ki se glasi »Postati evropski center odličnosti za celovite tehnološke rešitve aluminijastih komponent«.

(Emmi, 2020)

V obratu mehanske obdelave smo trenutno osredotočeni na to, kako narediti kakovostni izdelek v najhitrejšem možnem času z manj napora za delavca.

Trenutni način dela za ročaj hladilnika se je izkazal za neprimerne, saj ne zadošča več zahtevam naročnika, stroški izmeta pa so preveliki. K temu pripomore tudi večkratno rokovanje s polizdelkom, saj se je pri vsaki fazi izdelave kakšen kos poškodoval (otiski, risi, udarci, mersko odstopanje). Predvsem pa je ozko grlo nastalo pri graviranju zaradi okvare gravirnega stroja, za kar pa nimamo nadomestnega stroja, lomile so se gravirne igle, gravura je odstopala od zahtevanih mer zaradi obrabe igel in tudi zaradi načina vpenjanja kosa.

Zaradi vse večje konkurence in krajšanju dobavnih rokov je pomembni faktor vpenjalne priprave hitro vpenjanje in izpenjanje obdelovancev. Obdelovalni centri imajo naprej določane karakteristike, hitrost pomikov, vrtiljajev, moč motorja, na katere ne moremo vplivati. Vplivamo pa lahko na hitrost vpenjanja. Med vpenjanjem in izpenjanjem obdelovanca obdelovalni center ne obratuje, kar ne prinaša nobenega dobička. Zato je pomembno, da ta čas skrajšamo na minimum. Pri izdelavi vpenjalnih priprav uporabljamo standardne elemente, ki jih nabavimo od proizvajalcev in je tudi najcenejše. Vendar vedno ne gre tako. Včasih je potrebno izdelati lastne namenske elemente.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je preučiti tehnologijo dela, ločiti trenutni način dela tako, da morebitna okvara gravirnega stroja ne bi vplivala na sam proces izdelave izdelka. Pogoste okvare gravirnega stroja, dodatna popravila in posledično večje število izmeta predstavlja ozko grlo v proizvodnji. Z novo namensko vpenjalno pripravo si želimo ustvariti stabilnejši proces, ki omogoča hitrejšo izdelavo izdelkov, s čim manj rokovanja. Koncept prijemala želimo izenačiti s podobnimi serijskimi proizvodi (hitro vpenjanje, hitre menjave), ki so se v preteklosti pokazala kot dobra praksa. Z avtomatskim vpenjanjem bi dosegli hitrejšo in enakomernejšo vpenjanje obdelovancev ter hitrejšo menjavo iz izdelka na izdelek. S tem bi zmanjšali možnost poškodb in posledično bi bilo manj popravil in izmeta.

Cilji diplomskega dela:

- Ustvariti stabilni proces graviranja
- Hitrejša izdelava
- Analizirati aktualno stanje
- Izboljšati konkurenčnost

Hipoteze diplomskega dela:

- H1. Z novo vpenjalno pripravo bomo zmanjšali možnost poškodb
- H2. Z novo vpenjalno pripravo bomo dosegli hitrejšo izdelavo in stabilnejši proces
- H3. Z novim načinom dela bomo zmanjšali zastoje zaradi nepredvidljivih okvar

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavljam, da bomo z novo vpenjalno pripravo dosegli vse hipoteze diplomskega dela, ki sem jih navedla ter zmanjšali stroške izdelave, skrajšali čas izdelave in olajšali delo zaposlenim. Omejeni smo na stroje, ki jih trenutno imamo v podjetju in na njihovo razpoložljivost, material, način vpenjanja, vrste orodja in stroške izdelave.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Razlogi za izbor teme:

Temo diplomskega dela sem izbrala, ker predstavlja delo, ki ga opravljam. Skozi razvoj in izdelavo vpenjalne priprave pa želim dopolniti in nadgraditi svoje znanje na tem področju. Z izdelavo vpenjalne priprave želim doseči večjo kakovost, večjo količino izdelanih kosov ter olajšati delo zaposlenim.

2. KONSTRUIRANJE IN SIMULACIJA VPENJALNE PRIPRAVE

2.1 *Trenutni način izdelave ročajev ORA ITA*

Spodaj bo opisan trenutni način izdelave ročajev po posameznih operacijah in stroji, na katerih se operacije izvajajo. Po mehanski obdelavi sledi površinska obdelava (brušenje, eloksiranje), sestavljanje ročajev s prirobnico, 100% očasna kontrola in pakiranje, ki se izvaja v obratu eloksiranja, kjer površinsko obdelan aluminij zaščitimo z elektrokemičnim procesom. Z eloksiranjem zaščitimo aluminij pred oksidacijo, površina pa je kompaktna in zelo trdna.

2.1.1 *Razrez ročajev*

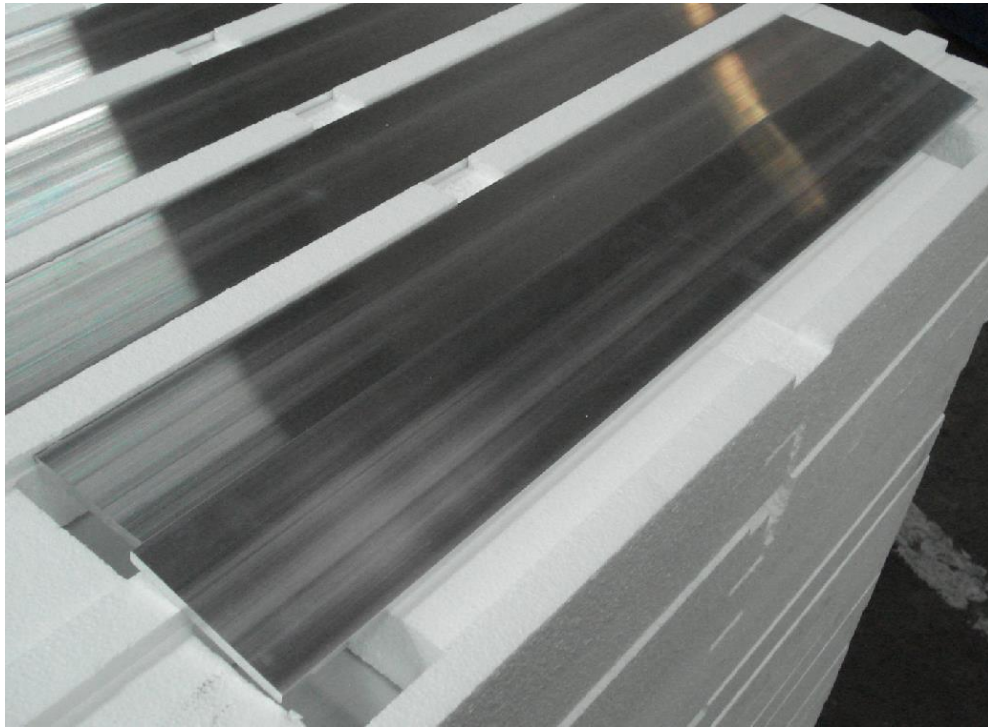
Profili dolgi 3 m se režejo na dvojni krožni žagi Elumatec MGS-72, na dolžino $630 + 0/- 1\text{mm}$ tolerance. Nad mero ne smemo rezati zaradi nadaljnjega tehnološkega procesa (krivljenje).



Slika 1: Krožna žaga Elumatic

Vir: (CPD Machinery Sales, 2017)

Razrezan kos ročaja odlagamo v namenski stiropor, da zaščitimo material pred poškodbami.

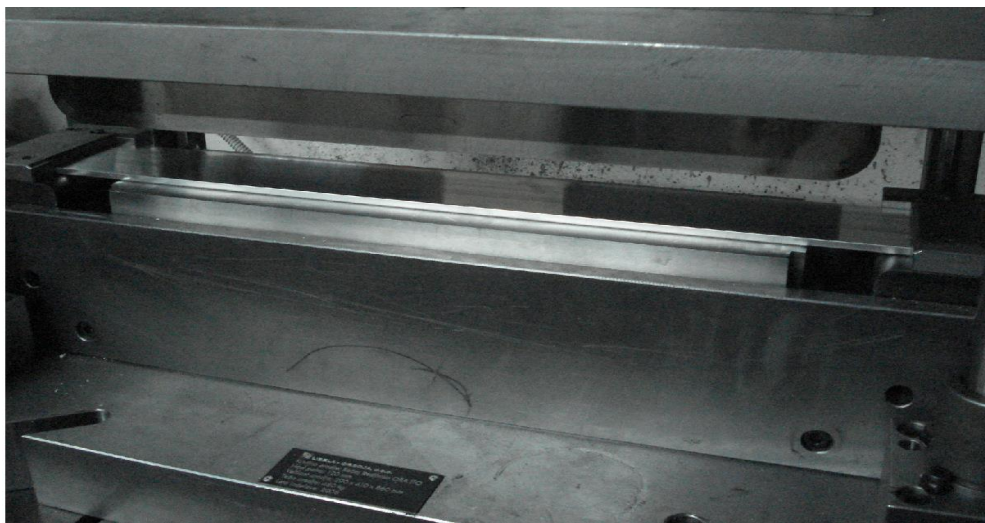


Slika 2: Razrezan kos ročaja v namenskem stiroporu

Vir: (Leskovar, 2007)

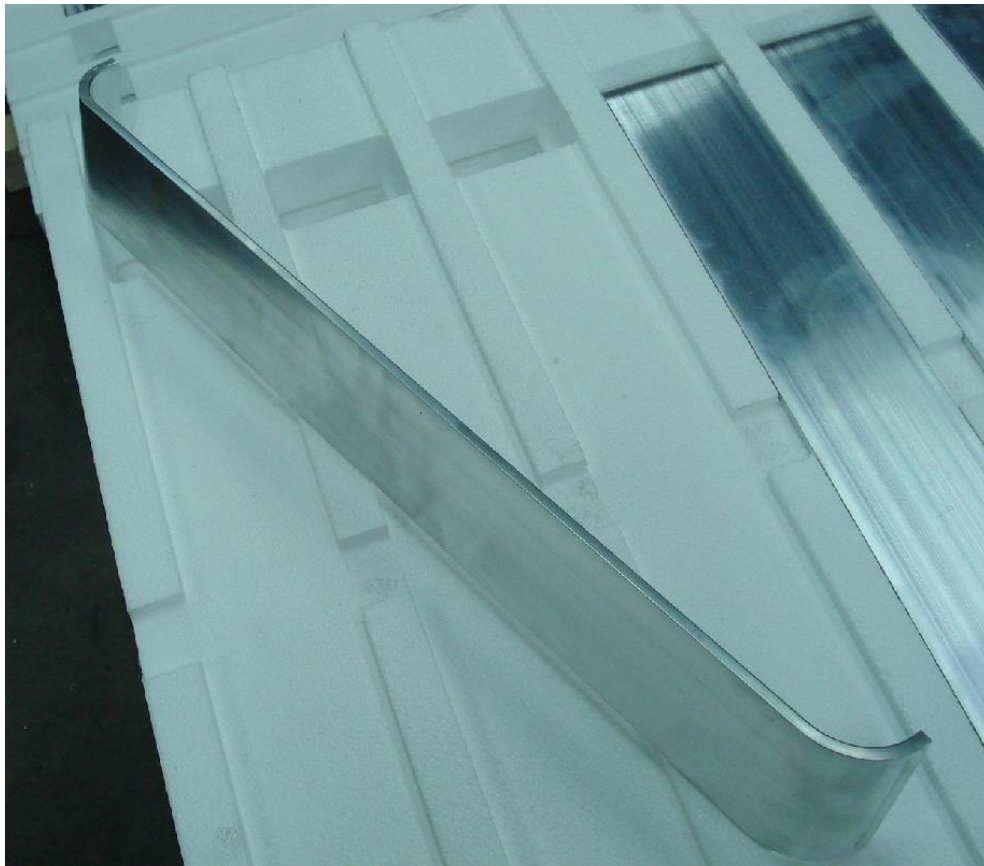
2.1.2 Krivljenje ročajev

Krivljenje izvajamo na hidravlični stiskalnici na namenskem orodju. Namensko orodje nam je izdelal kooperant Libela orodja (slika 3). Predhodno razrezane profile je potrebno kriviti na obeh straneh z opaznim radijem na pravi kot (slika 4).



Slika 3: Hidravlična stiskalnica

Vir: (Leskovar, 2007)



Slika 4: Ukrivljen obdelovanec

Vir: (Leskovar, 2007)

2.1.3 CNC obdelava ročajev

Mehanska obdelava ročaja se izvaja na tri osmem obdelovalnem centru Hass 4. Obdelovanci se vpnejo s pomočjo jeklenih prijemal, ki so pritrjeni na osnovno ploščo obdelovalnega centra. Celotna vpenjalna priprava je sestavljena iz osmih jeklenih prijemal. Demontaža, montaža in fino nastavljanje vzame operaterju dve do tri ure dela. Pri sami obdelavi pa mora biti zelo pazljiv, da ne pride do poškodb obdelovanca. Jeklena prijemala so izdelana iz jekla, zato hitro pride do poškodbe obdelovanca in otiskov zaradi opilkov, ki kljub izpihovanju lahko ostanejo na robu jeklenih prijemal. Obdelovance vpenjamo ročno s pomočjo imbus ključa, kot prikazuje slika 5. Slabost takšnega vpenjanja je, da je sila vpetja neenakomerna in odvisna od moči operaterja. S preveliko močjo vpet obdelovanec privede do poškodbe stranic profila, premalo vpet obdelovanec pa se lahko med obdelavo izpne iz jeklenih prijemal ter poškoduje in zlomi orodje. Takšno menjavanje izdelkov je zamudno in zahteva od delavca neprimerno držo.



Slika 5: Vpenjanje z jeklenimi prijemali

Vir: (Lastni vir)

Na predhodno ukrivljenim obdelovancu se izvede poravnava na višino 38,5 mm zaradi neenakomernega krivljenja in grobega videza, ki nastane pri razrezu profila (sledi žage). Naslednja faza je vrtanje lukenj za navoj M5, ki je namenjen za pritrditev prirobnice na ročaj. Na vpetje se obdelujejo trije kosi. Mehansko izdelan ročaj prikazuje slika 6.



Slika 6: Obdelan ročaj hladilnika

Vir: (Lastni vir)

2.1.4 Obdelava logotipa na gravirnem stroju

Na gravirnem stroju, kot ga prikazuje slika 7, sta vpeta dva obdelovanca. Pred graviranjem je potrebno na mesto gravure nanesti olje. S tem podaljšamo življenjsko dobo gravirne igle in izboljšamo vizualno kvaliteto napisa. Slaba stran tega pa je, da so obdelovanci zaradi olja mastni. Odvečno olje najprej izpihamo s kompresorskim zrakom in obrišemo s čistim alkoholom. Izpostavljanje hlapom olja in alkohola predstavlja negativen učinek za zaposlenega iz vidika varstva in zdravja pri delu. Pri graviranju je prihajalo do napak, ker smo obdelovanec narobe obrnili. Posledica tega je bil narobe obrnjen napis glede na luknje za montažo. Takšen obdelovanec ni več možno popraviti, zato ga je potrebno izločiti. Velikokrat se je dal takšen obdelovanec naprej v nadaljnjo obdelavo in se je napaka opazila šele pri končni kontroli, tik pred pakiranjem. To pomeni, da je bila vsa nadaljnja obdelava izguba časa in denarja za obdelovanec, ki je neprimeren za prodajo.



Slika 7: Gravirni stroj

Vir: (Lastni vir)

2.1.5 Peskanje

Gravuro nato suho peskamo v peskani komori Blast2 Softline (slika 8). Suho peskanje je postopek površinske obdelave s pomočjo stisnjenega zraka in abrazivnega medija. Preko namenskih šob s pritiskom nanašamo abrazivne medije s tokom zraka na željeni del površine. Kot abrazivni medij uporabljamo steklene kroglice, ki nam omogočajo neagresivno peskanje, s katerim dosežemo mat vizualni učinek in primerno gladkost (polirana površina). Steklene kroglice uporabljamo, ker nam omogočijo lahko in fino raziglevanje notranjosti konture, kroglice pa se le redko zagozdijo. Trdota keramičnih kroglic je 6 MOHS, granulacija pa od 90–150 mikrometrov.

Namen peskanja je:

- Očistimo površino
- Odstranimo srh od graviranja ter sledi gravirne igle
- Dobimo primerno hrapavost
- Površina je pripravljena za nadaljnjo mokro brušenje



Slika 8: Peskalna komora

Vir: (FerroECOBlast, 2019)

2.1.6 Površinska obdelava, sestavljanje, pakiranje

Mokro brušenje površine se izvaja na robotu MOTOMAN (slika 9). Postopek brušenja se izvaja s pomočjo prijemala na robotski roki, ki vakuumsko pobira obdelovance iz dveh izmenljivih palet, kamor delavec polaga po štiri kose ročajev.



Slika 9: Robot Motoman za mokro brušenje

Vir: (Leskovar, 2007)

Brušene obdelovance se nalaga na obešala, eloksira in nato razloži nazaj na namenske stiropore. Eloksirane obdelovance se pripelje na linijo za sestavljanje in pakiranje, kjer se privije prirobnica za pritrditev ročajev na štedilnik, izvede se stoddstotna kontrola in zapakira izdelek v predpisano kartonsko embalažo. Končni izdelek z montiranimi prirobnicami prikazuje slika 10. (Kozinc, 2009)



Slika 10: Končni izdelek ročaja

Vir: (Leskovar, 2007)

2.2 Analiza obstoječega stanja

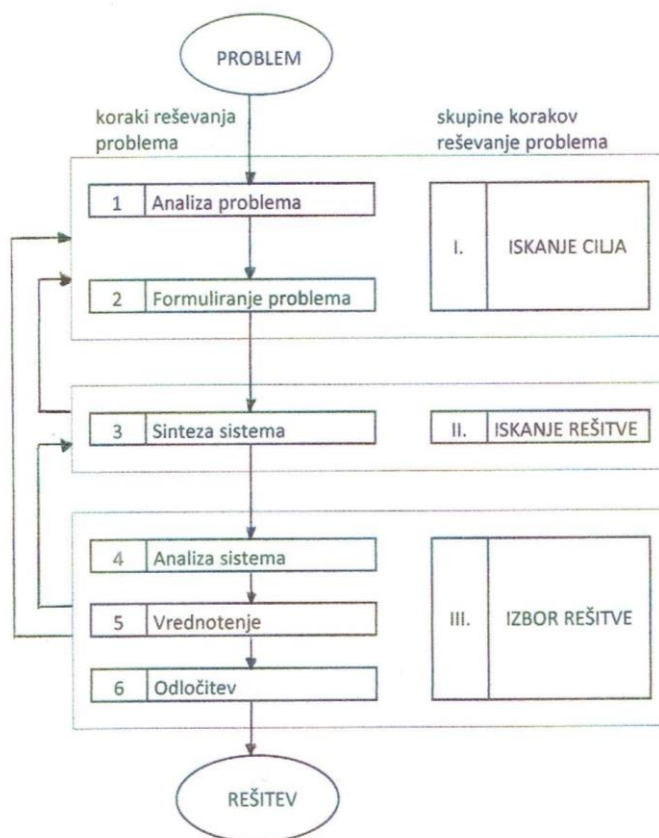
Z analizo obstoječega stanja smo ugotovili, da je potrebno spremeniti način dela.

Glavni razlogi za spremembo načina dela so:

- Povečane letne napovedi količin
- Količina in zahtevnost potrebnih obdelav
- Tolerančno območje mer
- Vizualna podoba končnega izdelka
- Olajšanje dela za zaposlenega
- Zmanjšanje izmeta

Znotraj podjetja smo sestavili skupino ljudi, ki sodelujejo v diskusiji. Reševanje problema smo se lotili po ciklu, kot prikazuje slika 11. Za timsko delo smo se odločili zaradi različnih znanj, sposobnosti, različnih idej. S tem pa smo dosegli tudi skupno kritiko, ocenjevanje in reševanje težav, ki so nastala pri samem reševanju delovnih nalog. Odločitev je bila, da se izdelava namenske vpenjalne naprave, kjer bi se istočasno izvajalo rezkanje, vrtanje, izdelava navoja ter

graviranje na enem obdelovalnem stroju. Naloge smo razdelili med člane tima, ki so prevzeli posamezne odgovornosti za nastanek nove vpenjalne priprave.



Slika 11: Cikel reševanja problema

Vir: (Kuzman, 2010)

Predvideni stroški investicije vpenjalne priprave prikazuje tabela 1.

Tabela 1: Stroški investicije

(Lasten vir, 2020)

Vrsta stroškov	količina	stroški v €
Material aluminij	4·10 kg	150
Vpenjalne letve – jeklo	4·0,9 kg	100
Kompenzacijska plastika (HPU)	4·0,15 kg	80
Ostali material (vpenjalni čepi, vijaki)	Komplet	50
Delo konstruiranja	4 ure	160
CNC obdelava	6 ur	210
Delo sestava prijemala 1. zagon	2 uri	36
Zračna turbina	1 kos	15 000
Skupaj		15 786

2.3 Snovanje vpenjalnih priprav

Namen vpenjalne priprave je, da enega ali več obdelovancev zadrži v določeni poziciji v obdelovalnem prostoru, ko na obdelovanec delujejo obrezovalne sile. Med procesom obdelave se obdelovanec ne sme premikati. Zagotoviti mora stabilni proces, ponovljivost vpenjanja, mersko natančnost.

Prednosti vpenjalnih priprav:

- Zagotovljena kvaliteta (natančni izdelek neodvisno od delavca, zagotovljena stalna kvaliteta)
- Prihranek (krajši izdelovalni čas, manj delovnih operacij, manjši stroški izdelave in manjši stroški stroja)
- Boljši delovni pogoji (boljša ergonomičnost, manj naporov, preprečevanje delovnih nesreč)

Vpenjalne priprave ločimo glede na namen uporabe:

- Namenske vpenjalne priprave
- Univerzalne vpenjalne priprave
- Sestavljene vpenjalne priprave
- Modularne vpenjalne priprave
- Pomožne vpenjalne priprave

Pri snovanju vpenjalne priprave je potrebno upoštevati:

- Hitra nastavljalnost pri menjavi na drugi izdelek
- Primerno vpenjanje
- Hitro in enostavno vpenjanje in izpenjanje obdelovancev
- Zagotavljanje ponovljivosti
- Način pritrditve priprave na mizo obdelovalnega stroja

(Strniša, 2016)

2.3.1 *Zahteve obdelovanca*

Pri obdelavi prihaja do predvidljive netočnosti, zato jo netočnost zajeta v tolerancah, ki so navadno podane na risbi obdelovanca. Bolj kot zmanjšujemo toleranco, bolj se nam večja strošek izdelave. Zato velja načelo, da naj ima obdelovanec le take tolerance, da zagotavljajo njegovo normalno uporabo.

2.3.2 *Definirati nalogo vpenjalne priprave*

Izhajamo iz definicije, ki pravi, da je osnovna naloga vpenjalne priprave vzdrževanje definirane lege obdelovanca v delovnem sistemu obdelovalnega stroja. Naloga vpenjalne priprave je podpiranje, nastavljanje in vpenjanje obdelovanca.

2.3.3 *Definirati tehnologijo vpenjalne priprave*

Za vpenjanje obdelovanca imamo različne vpenjalne tehnike. Ločimo:

- Mehansko vpenjanje (modularni mehanski sistemi, ročne sponke itd.)
- Pnevmatško vpenjanje (nihajna vpenjala, vzvodna in vpenjala, pnevmatski cilindri)
- Hidravlično vpenjanje (hidravlični cilindri, pozicijsko fleksibilna vpenjala)
- Elektromagnetno vpenjanje (vakuumsko vpenjanje, magnetno vpenjanje)

(Halder, 2020)

Način vpenjanja izberemo glede na lastnosti obdelovanca, lastnosti stroja in tudi glede na same stroške izdelave. Najpomembnejši parametri, na katere moramo biti pozorni, ko izbiramo način vpenjanja in razvijamo novo vpenjalno napravo:

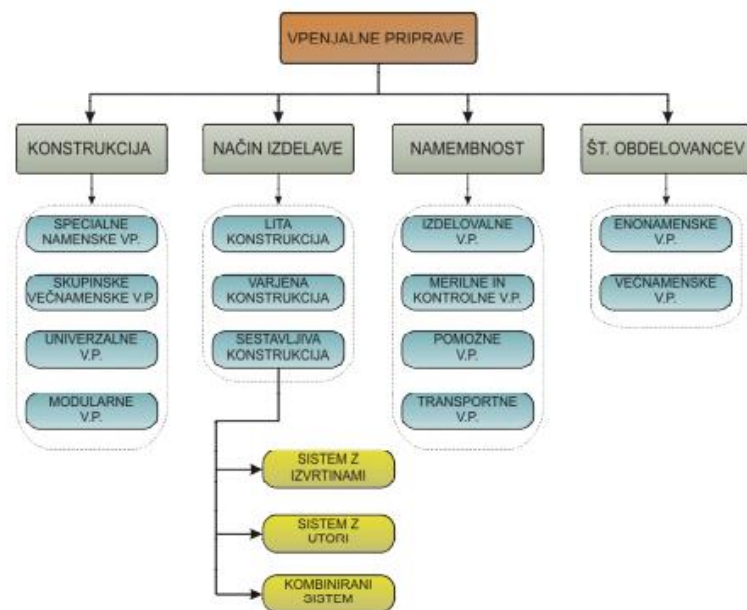
- Material obdelovanca
- Oblika obdelovanca
- Kakovost obdelave
- Tolerance na obdelovancu
- Velikost serije
- Predvideno število izdelanih dobrih kosov v osmih urah, ki so zahtevane iz strani komercialne

V proizvodnji, kjer poudarek dajemo na avtomatizacijo, uporabljamo predvsem hidravlično in pnevmatsko vpenjanje, kar nam omogoči hitrejšo vpenjanje in izpenjanje obdelovancev. Vpenjalne elemente pa določimo glede na velikost vpenjalne sile, ki ne sme biti manjša ali enaka od delujoče rezalne sile.

Način vpenjanja smo določili tako, da se izdelava vpenjalni blok s pnevmatskimi cilindri.

2.3.4 Definirati komponente vpenjalne priprave

Naslednja faza je določiti komponente, iz katerih bo vpenjalna priprava sestavljena, ki pa je odvisna od konstrukcije, načina izdelave, uporabe in števila vpetih kosov (slika 12).



Slika 12: Delitev vpenjalne priprave

Vir: (Kozinc, 2009)

Pri definiranju komponent lahko izberemo med standardnimi vpenjalnimi elementi, ki so standardizirane (npr.: ISO, SIST, EN). Načeloma je to najcenejša izbira. Prednost standardizacije pa je, da lahko komponento uporabimo pri različnih vpenjalnih napravah. Primer standardnih vpenjalnih elementov prikazuje slika 13.



Slika 13: Standardni vpenjalni elementi

Vir: (Halder, 2020)

Namenski vpenjalni elementi so izdelani za točno določeno pripravo in za točno določen izdelek. Izdelava takšnega vpenjalnega elementa nam vzame več časa, stroški pa so večji. Na odločitev za izdelave namenskega vpenjalnega elementa vpliva predvsem življenjska doba izdelka ter predvidevana količina letnega naročila. Za manjše in kratkotrajnejše serije se odločimo za izdelavo izdelka na standardnih elementih, kot je na primer jekleno prijemalo.

Kot pomožne vpenjalne elemente pa štejemo vse elemente, ki jih potrebujemo, da lahko vpenjalno pripravo sestavimo v celoto. To so vijaki, cevi, zatiči, matice, spojke (slika 14).



Slika 14: Pomožni vpenjalni elementi

Vir: (Metal oprema, 2020)

2.3.5 Vrednotiti varianto

Izbira variante temelji na iskanju rešitev glede na konstrukcijske zahteve. Vsaka varianta ima svoje dobre in slabe lastnosti. Možno je najti več postopkov rešitve problema, ki podobno ali enako ustrezajo zahtevam. Vse rešitve okarakteriziramo s prednostmi in slabostmi in sestavimo najugodnejšo varianto, ki je najbližje idealni rešitvi. Pri izbiri optimalne variante moramo upoštevati posamezne kriterije. (Ferk, 2018)

- Kriterij funkcij – sem spadajo natančnost, zanesljivost, togost, število istočasnih vpenjanj, čas zamenjave obdelovancev, poraba moči in avtomatizacija ...
- Kriterij izdelave – stroški investicije in amortizacije, število standardnih in gotovih delov, teža celotne vpenjalne priprave, stroški montaže, izdelava posameznih delov po naročilu ...
- Kriterij uporabe – vzdrževanje in oskrba, popravljanje in servisiranje, čas menjave in odstranjevanje odrezkov, poraba moči, varnost pri delu, zanesljivost, čas obratovanja ...

Kriterije nato ovrednotimo s točkami od 0 – nezadovoljivo do 4 – zelo dobro ter določimo faktor pomembnosti od 0 – brez vpliva do 5 – zelo velik vpliv. V tabeli 2 so zapisani nekateri kriteriji, na katere smo bili najbolj pozorni, ko smo izbirali varianto.

Tabela 2: Ovrednotenje variante

IZBIRA VARIANTE		Vpenjalna priprava		Način graviranja	
		Graviranje	Graviranje in mehanska obdelava	Prek vretena	Zračna turbina
	POMEMBNOST	VREDNOSTNI FAKTOR			
Kriterij funkcij					
Natančnost	5	5	5	3	5
Zanesljivost	5	5	5	4	5
Število istočasno vpetih kosov	5	3	5	5	5
Čas zamenjave obdelovancev	5	5	4	5	5
Avtomatizacija	5	5	5	5	5
SKUPAJ	25	23	24	22	25
Kriterij izdelave					
Stroki investicije	5	5	5	5	3
Teža vpenjalne priprave	5	5	4	5	5
Stroški montaže	5	3	5	5	5
Stroški amortizacije	5	5	5	3	5
SKUPAJ	20	18	19	18	18
Kriterij uporabe					
Varnost pri delu	5	5	5	5	5
Čas obratovanja	5	3	5	3	5
Čas menjave	5	3	4	4	4
Popravljanje	5	5	5	3	5
SKUPAJ	20	16	19	15	19

Vir: (Lastni vir)

OCENA	VREDNOSTNI FAKTOR
Zelo dobro	5
Dobro	4
Zadostno	3
Še sprejemljivo	2
Nezadovoljivo	1
OCENA	FAKTOR POMEMBNOSTI
Zelo velik vpliv	5
Velik vpliv	4
Vpliv	3
Majhen vpliv	2
Zelo majhen vpliv	1
Brez vpliva	0

Vir: (Lastni vir)

2.3.6 Izbira variante

Glede na izračune izberemo najboljšo varianto. Včasih pa varianto izberemo glede na pretekle izkušnje iz prakse.

Osnovna miza na obdelovalnem centru Hass 4, ki meri $d1700\text{ mm} \times \text{š}457\text{ mm}$ nam omogoča, da združimo dve operaciji (mehansko obdelavo in graviranje) v en delovni cikel.

Prednost takšne obdelave je:

- Podaljšamo delovni cikel
- Povečamo izkoristek stroja zaradi manj potrebnih menjav
- Povečamo razpoložljivost strojev

- Operater lahko posluži dva stroja naenkrat
- Povečamo število istočasno vpetih kosov
- Manj časa namenjenega za transport
- Zmanjšamo možnost poškodb zaradi rokovanja s kosi

Kot način graviranja smo izbrali graviranje s pomočjo zračne turbine. Slaba stran zračne turbine je visoka investicija. Predvidevamo, da bo investicija v roku enega leta povrnjena, če računamo, da bi imeli velike stroške z amortizacijo in popravili, če bi se odločili za graviranje s pomočjo vrtena.

Obdelovance bomo vpenjali s pomočjo pnevmatskega bloka, ki se je pokazal kot dobra praksa že v preteklosti. Prednosti pnevmatskega bloka:

- Predstavlja osnovo za namenska vpenjala in se montira samo prvič
- Hitrejša montaža in demontaža vpenjal
- Enostavno in hitro vpenjanje
- Večja varnost

2.4 Konstruiranje vpenjalne priprave

Pred konstruiranjem smo torej dobili podatke o tolerancah in zahtevah obdelovanca, zahtevana področja obdelave, določitev vidnih in nevidnih (A B C) površin, določili smo mesto in način vpenjanja, vrsto materiala, velikost vpenjalne priprave, določili število vpetih obdelovancev, vrste stroja itd. Zahteve obdelovanca so prikazane na sliki 15.

	1	2	3	4																																																								
A																																																												
B																																																												
C																																																												
D																																																												
E																																																												
1	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Spr. Sprememba:</td> <td>Datum</td> <td>Ime</td> </tr> <tr> <td>Presek mm²</td> <td>Masa kg/tm (kg/kos)</td> <td>Obseg mm</td> <td>Površina mm²</td> <td>Tol.odprtih mer</td> <td>Material:</td> <td>Merilo:</td> </tr> <tr> <td>/</td> <td>0.98</td> <td>/</td> <td>/</td> <td>DIN ISO 2768 m</td> <td>Material <not specified></td> <td>1:5</td> </tr> <tr> <td colspan="5"> Načrt je lasti Aluminium Kety Emmi-jn, vsake storitve tega načrta, razen če je drugače določeno, ne sme biti uporabljena v drugačne namene kot je bilo dogovorjeno je prepovedano. </td> <td>Šifra:</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vse navedene mere se nanašajo na CAD model. Veljajo le CAD spremembe.</td> <td>Risal</td> <td>1.12.2020</td> <td>leskovar_n</td> <td colspan="2">Naziv: vlagalno G54 I</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Datum nastanka dokumenta: 1. 12. 2020</td> <td>Pregledal</td> <td>1.12.2020</td> <td>/</td> <td colspan="2">Št. risbe: /</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Kolodvorska 37a 2310 Slovenska Bistrica http://www.emmi.si/</td> <td colspan="2">aluminium kety</td> <td colspan="2">Format</td> <td>Stran</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ime datoteke: NATASA_DIPLOMSKA</td> <td colspan="2">Nadomešča jo: /</td> <td colspan="2">A4</td> <td>3/4</td> </tr> </table>				Spr. Sprememba:					Datum	Ime	Presek mm ²	Masa kg/tm (kg/kos)	Obseg mm	Površina mm ²	Tol.odprtih mer	Material:	Merilo:	/	0.98	/	/	DIN ISO 2768 m	Material <not specified>	1:5	Načrt je lasti Aluminium Kety Emmi-jn, vsake storitve tega načrta, razen če je drugače določeno, ne sme biti uporabljena v drugačne namene kot je bilo dogovorjeno je prepovedano.					Šifra:	/	Vse navedene mere se nanašajo na CAD model. Veljajo le CAD spremembe.		Risal	1.12.2020	leskovar_n	Naziv: vlagalno G54 I		Datum nastanka dokumenta: 1. 12. 2020		Pregledal	1.12.2020	/	Št. risbe: /		Kolodvorska 37a 2310 Slovenska Bistrica http://www.emmi.si/		aluminium kety		Format		Stran	Ime datoteke: NATASA_DIPLOMSKA		Nadomešča jo: /		A4		3/4
Spr. Sprememba:					Datum	Ime																																																						
Presek mm ²	Masa kg/tm (kg/kos)	Obseg mm	Površina mm ²	Tol.odprtih mer	Material:	Merilo:																																																						
/	0.98	/	/	DIN ISO 2768 m	Material <not specified>	1:5																																																						
Načrt je lasti Aluminium Kety Emmi-jn, vsake storitve tega načrta, razen če je drugače določeno, ne sme biti uporabljena v drugačne namene kot je bilo dogovorjeno je prepovedano.					Šifra:	/																																																						
Vse navedene mere se nanašajo na CAD model. Veljajo le CAD spremembe.		Risal	1.12.2020	leskovar_n	Naziv: vlagalno G54 I																																																							
Datum nastanka dokumenta: 1. 12. 2020		Pregledal	1.12.2020	/	Št. risbe: /																																																							
Kolodvorska 37a 2310 Slovenska Bistrica http://www.emmi.si/		aluminium kety		Format		Stran																																																						
Ime datoteke: NATASA_DIPLOMSKA		Nadomešča jo: /		A4		3/4																																																						

Slika 16: Konstrukcija prvega dela vpenjalne priprave

Vir: (Lastni vir)

Celotna vpenjalna priprava je konstruirana po metodi Poka Yoke s ciljem, izboljšati kvaliteto proizvoda in minimalizirati napake v proizvodnji.

Upoštevali smo smernice SMED metode pri menjavi priprav.

2.4.1 *Proizvodna filozofija Poka Yoke*

Proizvodno filozofijo in pravila je razvil Japonec Shigeo Shingo, kot sistem za preprečevanje napak v proizvodnem procesu. Temelji na nenehnem izboljševanju poslovanja in proizvodnje, racionalizaciji proizvodnje, proizvodnji brez napak, brez zalog. Napake, ki vplivajo na kvaliteto proizvoda, so nenamerne napake, kot so pozabljivost, nenatančnost, zamenjava, napačno razumevanje naloge, pomanjkljivo znanje delavcev. Cilj Poka Yoka metode je, odpraviti negativni vpliv ali pa poudariti napako, ki jo povzroča človeški faktor, da se ne prenese na naslednjo operacijo.

Metoda je sestavljena iz treh komponent:

1. Analiza vzroka

Cilj je raziskati in odkriti vzroke napak, ne posledice. Na ta način je mogoče preprečiti napake, preden se pojavijo, in odstraniti negativen rezultat napak iz procesa proizvodnje. Na ta način je možno izničiti napake v celoti.

2. Popolna kontrola

S pomočjo Poka Yoka metodo je mogoče preprečiti napake v procesu, in sicer v istem koraku, v katerem so nastali.

3. Pravočasna korekcija

Zmanjša se odkrivanje napak. Z določenimi korektivnimi metodami hitreje odstranimo napake.

Pravilno postavljeni koraki sistema Poka Yoke s ciljem – preprečiti potencialne napake:

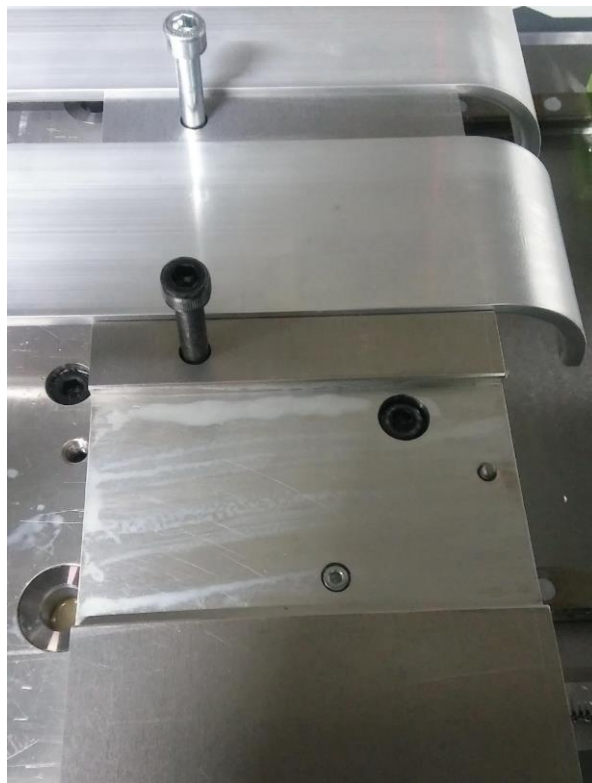
- Definirati potencialne napake
- Identificirati izvor napak
- Razvoj načina za preprečevanja napak
- Razvoj načina za odkrivanje napak
- Izbor in testiranje rešitev
- Implementiranje rešitev

Že pri samem snovanju smo definirali in zapisali vse potencialne napake, do katerih lahko pride v samem procesu izdelave. Definirali smo glavne vzroke za nastajanje napak po metodi 5 Zakaj. Na podlagi podatkov, ki smo jih pridobili, določimo tehnične rešitve za preprečevanje nastanka

teh napak. Da bi popolnoma preprečili napake, bi bilo potrebno vgraditi kontrolne in opozorilne senzorje, ki pa smo jih iz stroškovnega vidika izpustili. Senzorji bi nas opozorili na napačno položitev obdelovanca v gnezdo, na nepravilno naslanjanje, opozorilo v primeru, ko zaposleni pozabi obdelovanec vpet, kadar pride do loma orodja itd.

Po Poka Yoka sistemu za preprečitev napak smo upoštevali, pri sestavljanju priprave, simetrijo in asimetrijo lukenj. S pomočjo čepov smo onemogočili nepravilno obračanje obdelovancev v vpenjalno napravo. S čepi pa smo dosegli, da kontroliramo razdaljo med luknjami M5, ki mora biti $500 \pm 0,3\text{mm}$. Kontrolne čepe po sistemu Poka Yoka prikazuje slika 17.

(CadCam, 2017)



Slika 17: Čepi proti nepravilnemu obračanju po Poka Yoka sistemu

Vir: (Lastni vir)

2.4.2 SMED metoda

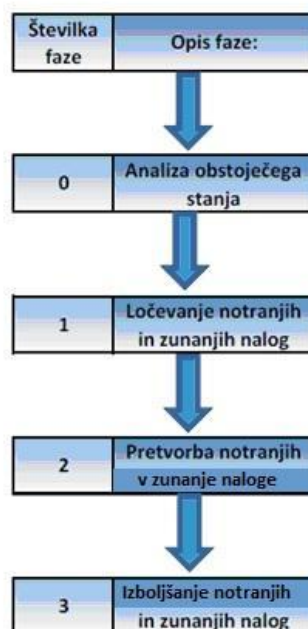
SMED metoda je organizacijska metoda, ki nam omogoča hitri in učinkoviti prehod iz enega izdelka na drugi izdelek. Krajši časi menjav pa so pomemben vidik za fleksibilno in cenovno ugodno proizvodnjo ter večjo skupno učinkovitost.

Z uporabo metode dosežemo:

- Učinkovit način menjave orodja

- Krajšanje časa priprave opreme in zaustavitev strojev
- Zmanjšanje postopka menjave orodja in fine nastavitve na deset minut
- Skrajšanje časa od sprejema in potrditve naročila do dobave izdelka kupcu
- Odpravljanje ozkih grl v procesu proizvodnje
- Obogatitev delovnih mest, ker lahko delavci sami menjajo orodje
- Dosežemo večjo razpoložljivost strojev in naprav

Metoda SMED se izvaja v štirih fazah (slika 18).

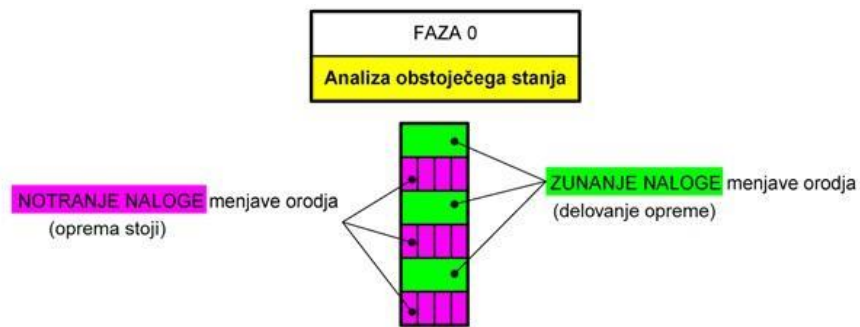


Slika 18: Štiri faze metode SMED

Vir: (Jug, 2018)

0. Faza: Analiza obstoječega stanja

Pri uvedbi SMED metode moramo najprej analizirati obstoječi način poteka menjave, jo posneti, se pogovoriti z delavci ter določiti mejo med zunanjimi in notranjimi nalogami. Zunanje naloge so takrat, ko stroj še obratuje, notranje naloge pa takrat, ko stroj stoji in se začne izvajati menjava (slika 19).



Slika 19: Faza 0 metode SMED

Vir: (Jus, 2018)

Pri analizi smo ugotovili vrste napak, kot so:

- Material se pripelje do obdelovalnega centra šele takrat, ko je bila prejšnja serija končana. V času transporta stroj stoji.
- Vpenjalni elementi so dostavljeni šele takrat, ko se je notranja naloga že pričela.
- Opazi se neustrezen del vpenjalnega elementa pri montaži ali pa pri prvem zagonu.
- Predhodne dele vpenjalne priprave se transportira v skladišče, ko stroj ne obratuje.
- Iskanje novega vijaka, ker je stari vijak poškodovan.
- Iskanje orodja za obdelavo, vpenjalnih glav ter puš.
- Razna popravila, ki niso zaključena, ko stroj še deluje.

1. Faza: Ločevanje notranjih in zunanjih nalog

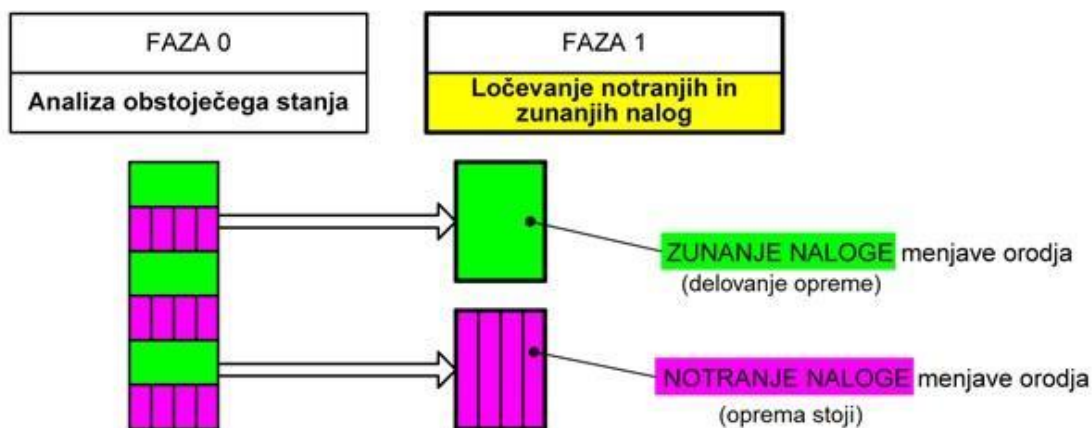
Nalogi ločujemo s pomočjo dveh pravil.

- Če je mogoče, opraviti nalogo menjave orodja kot zunanjo nalogo, jo izvedemo kot zunanjo nalogo.
- Če je notranja naloga neizogibna, jo izvedemo kot notranjo nalogo.

Ob pripravi zunanje naloge mora delavec orodje, vijake in ostale dele razvrstiti po vrstnem redu, kot si sledijo pri menjavi orodja. Pri tem pa je potrebno izdelati spisek za preverjanje, kontrolne liste za funkcionalno preverjanje in izboljšati transport orodja in delov pred menjavo

in po menjavi, zagotoviti morebitno vzdrževanje, ko stroj še deluje. Za transport se lahko določi drugega delavca oziroma operater dele samo premakne, medtem ko stroj deluje.

Notranja naloga je samo menjava orodja, demontaža stare ter montaža nove vpenjalne priprave.

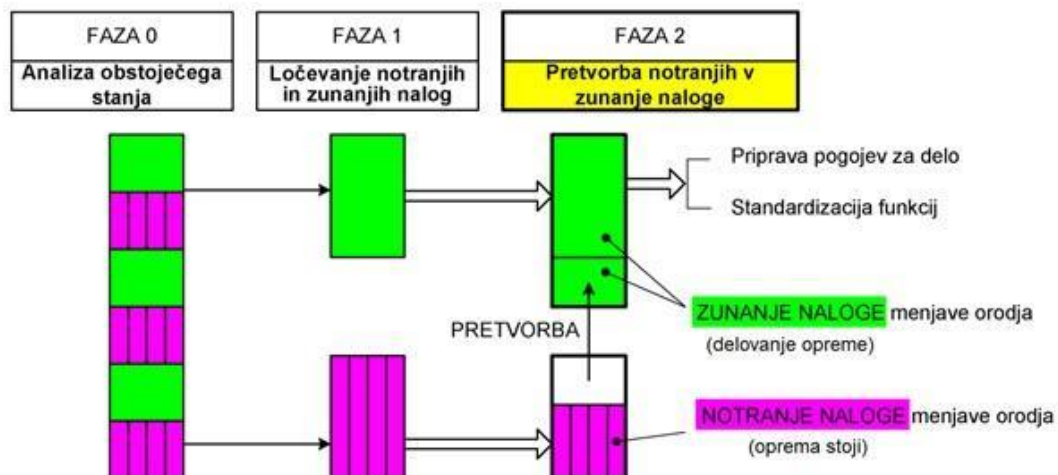


Slika 20: Faza 1 metode SMED

Vir: (Jus, 2018)

2. Faza: Pretvorba notranjih nalog v zunanje naloge

S podrobnim analiziranjem notranjih nalog ugotovimo, katere naloge lahko spremenimo v zunanje naloge. Npr. orodje, ki ga sestavljamo, ko stroj stoji, je notranja naloga in jo lahko spremenimo v zunanjo nalogo tako, da orodje predhodno sestavimo in samo namestimo na stroj ter vpnemo. V naprej pripravimo delovne pogoje, kot so material, tlak, temperatura itd. Centriranje in vpenjanje obdelovancev je notranja naloga, ki smo jo časovno zmanjšali z namensko vpenjalno pripravo ter s pnevmatskim vpenjanjem. Pnevmatški blok se centrira in montira samo prvič. V vsaki nadaljnji menjavi se montira samo zgornji del vpenjala. Z združevanjem dveh operacij smo zmanjšali čas transporta iz enega delovnega stroja na drugega.



Slika 21: Faza 2 metode SMED

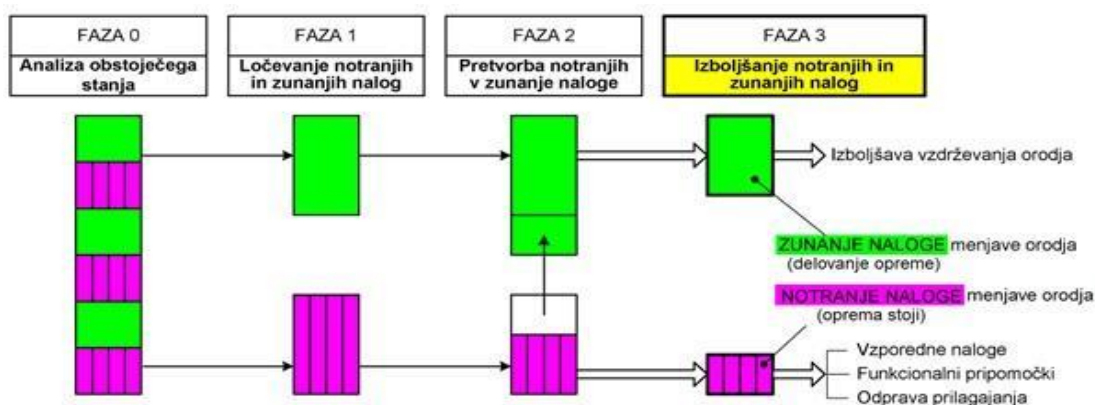
Vir: (Jus, 2018)

3. Faza: Izboljšanje notranjih nalog in zunanjih nalog

Za izboljšanje zunanjih nalog je potrebno organizirano skladišče in hiter transport orodja in delov k ustreznemu stroju.

Notranje naloge lahko izboljšamo z uporabo vzporednih nalog (dva delavca delata menjavo vzporedno vsak na svoji strani), zmanjšamo čas vpenjanja (zamenjamo izvrtine z utori, zmanjšamo dolžine vijakov, poskrbimo za označbe pozicij na orodjih in opremi ...), odprava nastavitev opreme (standardizacija višine orodja, sistem hitrega priklopa in odklopa vodov ...), uporaba hidravličnih ali pnevmatskih vpetij.

(Jus, 2018)



Slika 22: Faza 3 metode SMED

Vir: (Jug, 2018)

Po analizi obstoječega stanja smo ločili zunanje in notranje naloge. Zunanje naloge so priprava vseh sestavnih delov vpenjalne priprave. To zavzema osnovne plošče, naslon, vijake, orodje z vpenjalnim delom. Dele vpenjalne priprave, ki so shranjeni v plastičnih zabojih, položimo na voziček za lažji transport (slika 23) do delovnega mesta, kjer se bo izvajala menjava.



Slika 23: Transportni voziček za vpenjalne elemente in orodje

Vir: (Lastni vir)

Zaboj mora vsebovati dokumentacijo, ki zajema vse podatke o vpenjalni pripravi. Na voziček je potrebno položiti še en prazni zaboj s spremno dokumentacijo za pripravo, ki je trenutno še v obratovanju. Spremna dokumentacija vsebuje podatke: kdaj je bila izvedena zadnja menjava, kdo jo je izvedel, morebitne pomanjkljivosti, okvare. Na podlagi teh podatkov lahko odgovorni tehnolog odpravi vse pomanjkljivosti do naslednje menjave – na ta isti izdelek (menjava poškodovanih vijakov, menjava izrabljene zaščitne plastike, kontrola orodja itd.). Spremni list vpenjalne priprave prikazuje slika 24. Na spodnji del namestimo orodja, ki so že vpeta v vpenjalni del. Tako pripravljen voziček se pripelje do stroja, ko stroj še obreduje.

KARTICA PRIJEMALA

SIFRA IZDELKA 511139Z IME NAZIV / izdelka ORALTO KAZ SURCV INV. ŠT. / prijemala _____

DATUM /demontaže	IME PRIIMEK /operaterja	STATUS/ prijemala		STATUS/prijemala komentar	POMANKLJIVOST ODPRAVIL/ podpis
		OK	NI OK		
24.7.2020	Matko M.		X	dobro otise ni lokirano	
4.8.2020	Vabio. P.	X			

Slika 24: Spremni list vpenjala

Vir: (Lastni vir)

Notranja naloga je torej samo demontaža stare in montaža nove priprave ter sprememba programa. Merjenje orodja smo iz notranje naloge pretvorili v zunanjo nalogo tako, da smo predhodno dolžino orodja zmerili na merilnem stroju ter meritev zapisali na vpenjalni del (slika 25).



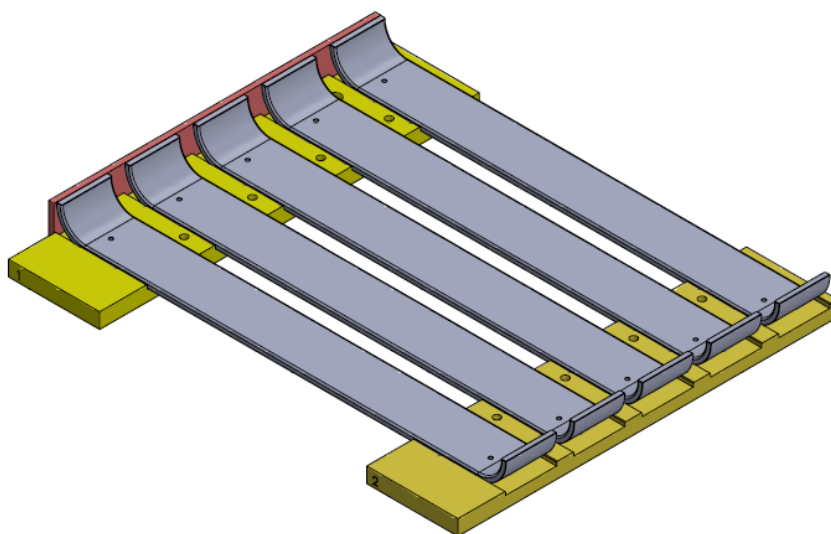
Slika 25: Naprava za merjenje orodij

Vir: (Lastni vir)

Operater vstavi orodje v vreteno in zapiše meritve v program. Ko je bilo merjenje dolžine orodja notranja naloga, se je merjenje izvajalo na stroju, kar je vzelo kar nekaj časa. S pomočjo SMED metode smo čas menjave priprave zmanjšali na minimum, izboljšali kvaliteto, zaradi enostavnejših nastavitev je potreba po visoko kvalificiranih delavcev manjša ter samo delo varnejše.

2.4.3 Računalniško podprto konstruiranje – CAD

V podjetju konstruiramo s pomočjo programskega paketa SolidWorks. Prednosti SolidWorksa so: enostavna uporaba, hitrejše načrtovanje, hitrejše posodabljanje delov, lažje reševanje konstrukcijskih problemov, prihaja do manj napak, kar pa se pozna tudi iz vidika stroškov. Programski paket SolidWorks predstavlja osnovo za izdelavo komponent in osnovo za izdelavo obdelovalnega CNC programa.



Slika 26: Konstrukcija izdelana v SolidWoksu

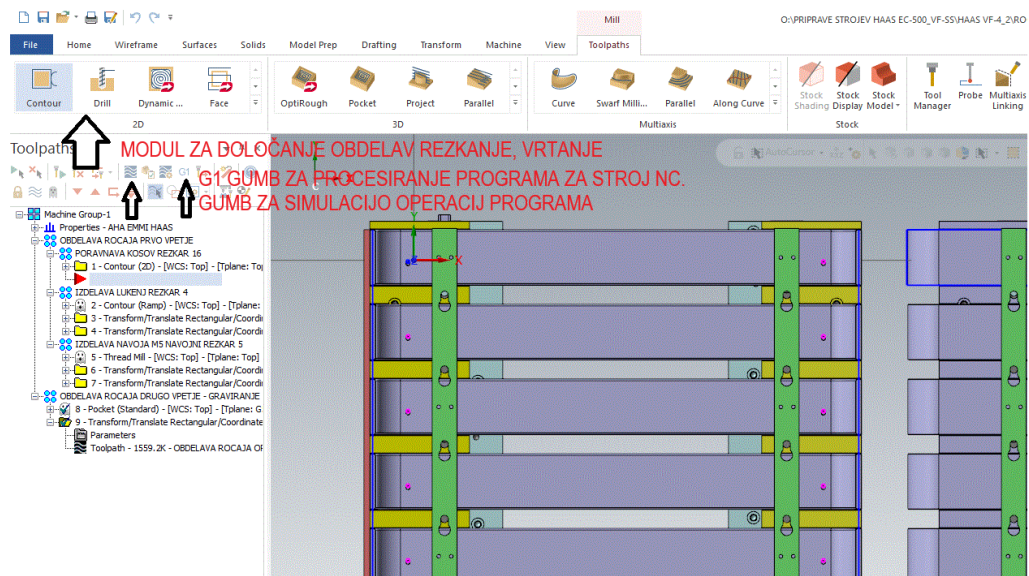
Vir: (Lastni vir)

2.4.4 Programski paket MasterCam

Za programiranje v podjetju uporabljamo MasterCam 2020. V SolidWorksu, kjer imamo konstruirano pripravo, spremenimo datoteko v step file ali parasolit file, ker jo programski paket MasterCam podpira.

Postopek programiranja v MasterCam:

- Odprem MasterCam in prenesem datoteko
- Sliko postavim v izhodiščno točko koordinatnega sistema
- Izberem vrsto stroja, konturo, označim kot rezkanja, vrsto orodja za obdelavo, število obratov, pomike
- Določim smer strani (npr. center), določim razdaljo, koliko pred kosom se orodje ustavi, višino, koliko naj po rezka, določim ravnino, mazanje
- Tipka G1 – podprocesiranje programa – shranim na ključek in prenesem program na izbrani stroj



Slika 27: Izdelava programa v MasterCamp

Vir: (Lastni vir)

3. IZDELAVA IN ZAGON VPENJALNE PRIPRAVE

3.1 Programiranje CNC strojev za izdelavo vpenjalne priprave in obdelovanja

Tako kot stroji se je tudi način programiranja z leti spreminjal in razvijal. Namen razvoja programiranja je olajšati delo programerju in zmanjšati čas izdelave programa. Z razvojem pa se je povečala tudi zanesljivost programa s pomočjo CAD/CAM sistema.

Programiranje ločimo na :

- Ročno programiranje

Pomeni izdelovanje in sestavljanje NC-programov. Usposobljeni tehnologi oziroma programerji na stroju napišejo program glede na delavniško risbo. Programer mora sam izračunati izračune in potrebne podatke s pomočjo strojnih in orodnih kartonov, tabel, standardnih navodil ter napisati program. Takšen način programiranja je zelo dolgotrajen in se v praksi skoraj ne uporablja več.

- Ročno programiranje direktno na stroju

Sodobni CNC stroji vsebujejo krmilnik, ki vsebujejo menije in opcije za programiranje strojev. Vsebujejo kontrolo vhodnih podatkov, da ne pride do programskih napak, ter možnost simulacije poti orodja.

- Programiranje s pomočjo računalnika

Računalniško podprto programiranje CAD/CAM obsega računalniško podprte programe za proizvodnjo dokumentacijo (risanje kosovnic, delovnih načrtov) in NC krmilnih podatkov (preračuni).

CAD (Computer Aided Design) je računalniško podprto konstruiranje za snovanje in konstruiranje izdelkov s pomočjo računalniških in programskih sistemov, ki bo ustrezal specifikacijam in zahtevam kupca.

CAM (Computer Aided Manufacturing) je računalniško podprt sistem za nadzor proizvodnega procesa, kot so nadzor strojev, orodij, robotov.

Programer s pomočjo CAD/CAM sistema vnese v računalnik risbo ter tehnološke podatke in izdela NC-program. Program v obliki G-kod shranimo na USB ključek in s pomočjo ključa prenesemo na stroj. Program nam vedno ponuja optimalne tehnološke parametre, izračuna in analizira čas obdelave.

- Avtomatsko programiranje

Obstaja okoli 200 sistemov za avtomatsko programiranje. Nekateri sistemi rešujejo geometrijo, drugi geometrijo in delno tehnologijo, tretji pa v celoti geometrijo in tehnologijo. V osnovi pa se vsi sistemi delijo na štiri podsisteme, in sicer:

- Podsystem za oblikovanje vhodnih informacij izdelka oziroma surovca
- Banka podatkov celotnega procesa
- Procesor
- Prilagajanje izhodnih informacij in oblikovanje dokumentacija

NC-Program

NC-program smo izdelali v programskem paketu MasterCam, ki omogoča računalniško podprto CNC programiranje. Je enostaven za uporabo in omogoča NC programiranje tako enostavnih kot tudi zahtevnejših programov.

NC-program si sledi po zaporedju programskih ukazov, ki stroju določajo postopek izvajanja delovnih operacij. Program je sestavljen iz stavkov, ki določajo neko informacijo oziroma opis in jih lahko zapišemo z besedami. Sledijo stavki ki so označeni s črkami in številkami po zaporedju, v katerih so opisana stanja (G-kode, M-kode, koordinate, vrtljaji, hitrost pomikov). Vsak stavek ima svojo vrstico in se začne z N, sledi številka vrstice. Pri programiranju je smiselno stavke vrstic številčiti po 10, da lahko v primeru popravljanja programa vrinemo dodaten stavek. Pri nas se je ta način številčenja pokazal kot dobra praksa, kar je razvidno iz spodaj opisanega primera. (Mitja, 2010)

Najpogostejše oznake v NC-programu:

N – zaporedna številka programskega stavka

G – programske, pripravljalne funkcije določajo način in vrsto gibanja

X – linearno gibanje po X osi

Y – linearno gibanje po Y osi

Z – linearno gibanje po Z osi

I, J, K – pomožni koordinatni sistem za krožne podatke

F – podajalna hitrost (mm/min, mm/ vrtljaj)

S – programirano število obratov stroja

T – oznaka orodja (tool)

M – pomožne programske funkcije

O – ime programa

Q – opsijski podatki zaključenih ciklusov

R – ciklusi in krožni opsijski podatki

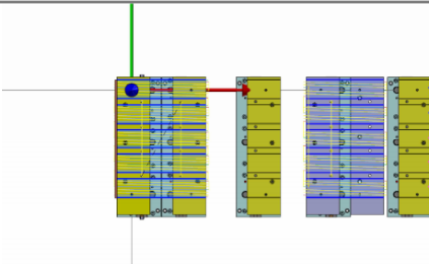
V diplomskem delu sem priložila samo del programa. Celoten program obsega okoli tisoč vrstic.

Po istem principu, kot se je izdelal program za namensko vpenjalno pripravo, se izdelava tudi program za mehanski izdelavo ročaja hladilnika.

3.2 Izdelava komponent za vpenjalno pripravo

Vpenjalna priprava je sestavljena iz šestih komponent. Za izdelavo priprave potrebujemo orodja, ki so navedena v tabeli 3.

Tabela 3 Orodja za izdelavo vpenjalne priprave

a CAM		TABELA OPERACIJ	STRAN 1
Datum izdelave programa: 14. 09. 2020		Pot do MCX datoteke:	engine by: A-CAM 6.0.0
O:\PRIPRAVE STROJEV HAAS EC-500_VF-SS\HAAS VF-4_2\ROCAJ ORA-ITO KA\SESTAV PRIJE MALO DROG CNC VF 455-2-VF455-1.MCX		Pot do NC programa: C:\USERS\TURNER_M\DESKTOP\OBDELAVA PRIPRAV.NC	
Stroj: NONE			
			
T01	D01	REZKAR 16 3F (4782405)	
Premier orodja: F1 16.			
Minimalni Z orodja: 15			
Izpetje orodja: 75			
T02	D02	SVEDER NAVADNI 9 (4770090)	
Premier orodja: F1 9.			
Minimalni Z orodja: -3.704			
Izpetje orodja: 50			
T06	D06	GREZILO 10 3F (4771100)	
Premier orodja: F1 10.			
Minimalni Z orodja: 18			
Izpetje orodja: 50			
T03	D03	SREDISCNI SVEDER 3.15 (4771120)	
Premier orodja: F1 3.15			
Minimalni Z orodja: 10.054			
Izpetje orodja: 25			
T04	D04	SVEDER NAVADNI 5.2 (4770052)	
Premier orodja: F1 5.2			
Minimalni Z orodja: 0.438			
Izpetje orodja: 41.6			
T05	D05	NAVOJNI SVEDER M6X1 (4772064)	
Premier orodja: F1 6.			
Minimalni Z orodja: 2.197			
Izpetje orodja: 48			

Vir: (Lastni vir)

1. Osnovna plošča

Osnovna plošča je izdelana iz aluminija 6082. To je zlitina srednje trdosti, odporen je proti koroziji, ima visoko trdoto. Za aluminij smo se odločili, ker je lahek, cenovno sprejemljiv ter primeren za obdelavo in eloksažo. Močnejšo zlitino pridobijo z veliko količino dodajanja mangana, s čimer nadzorujejo strukturo zrn. Kemična sestava in lastnosti aluminija 6082 so prikazane v tabeli 4.

Tabela 4: Kemična sestava in lastnosti Al. Zlitine

KEMIČNA SESTAVA	
Zlitina 6082	Specifikacija: BS EN 573-3:2019
Kemični elementi	% Prisoten
Mangan (Mn)	0,40–1,00
Železo (Fe)	0,0–0,50
Magnezij (Mg)	0,60–1,20
Silicij (Si)	0,70–1,30
Baker (Cu)	0,0–0,10
Cink (Zn)	0,0–0,20
Titan (Ti)	0,0–0,10
Krom (Cr)	0,0–0,25
Drugo	0,0–0,15
Aluminij (Al)	Ravnovesje

LASTNOSTI	
Fizične lastnosti	Vrednosti

Gostota	2,70 g/cm ³
Tališče	555°C
Toplotno raztezanje	24*10 ⁻⁶ /K
Modul elastičnosti	70GPa
Toplotna prevodnost	180 W/mK
Električna upornost	0,038*10 ⁻⁶ Ω.m

Mehanske lastnosti	Vrednosti
debelina 100,00mm–150,00mm	
Stres	240 min Mpa
Natezna trdnost	275 Min Mpa
Trdota Brinell	84HB

Vir: (Miandi group, 2019)

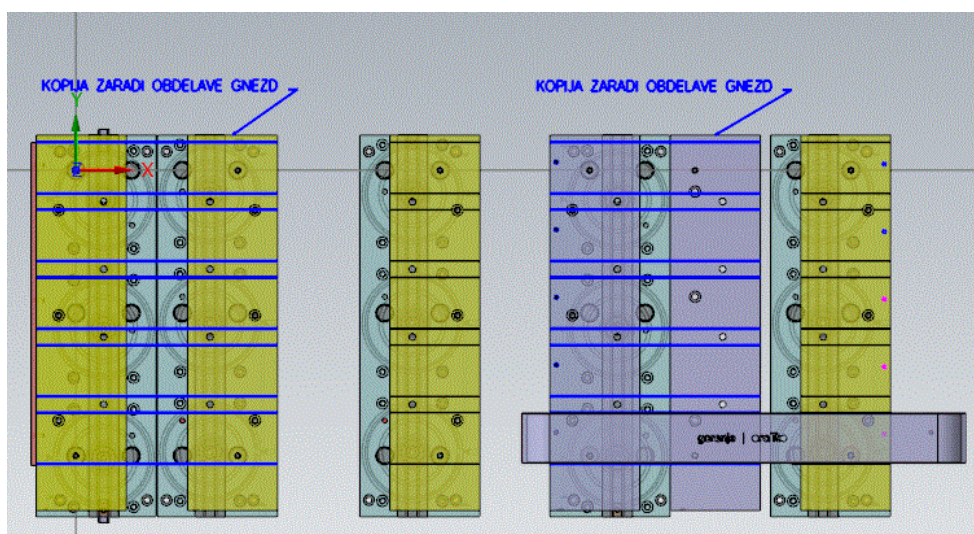
Slabost aluminija je predvsem njegova trdost, zato smo se odločili, da površino spoliramo in nato eloksiramo v podjetju. Z eloksiranjem povečamo življenjsko dobo priprave. Pripravo eloksiramo po preizkušanju in ko so odpravljene morebitne korekcije. Dimenzije osnovne aluminijaste plošče so: dolžina 500 mm, širina 120 mm, višina 20 mm. Za izdelavo priprave potrebujemo štiri osnovne plošče, ki se med seboj razlikujejo le v detajlih. Pripravo izdelujemo na CNC obdelovalnem centru Hass 3. Osnovno ploščo vpnemo s pomočjo jeklenih prijemal s hrbtno stranjo navzgor, da poravnamo ploščo na strani, ki bo pritrjena na pnevmatski blok z rezkalno glavo $\varnothing 80$ mm 7F s podajalno hitrostjo 1225.0 mm/min in vrtljajev 3500 vrt/min. S središčnim svedrom $\varnothing 3,15$ mm označimo sredino za vse predvidene luknje s podajalno hitrostjo 302.52 mm/min in vrtljaji 2521 vrt/min. Nato izdelamo luknje za pritrditev priprave na cilindre in centrirne izvrtine, kamor kasneje vstavimo pozicionirane čepe, ki sedijo v izvrtine v cilindrih. S tem dosežemo lažje in hitrejše nameščanje priprave.

Luknje smo vrtali z navadnim svedrom $\varnothing 9$ mm s podajalno hitrostjo 336 mm/min in hitrostjo 2400 vrt/min ter izvrtino za glavo vijaka $\varnothing 15$ mm.

Izvrtno za centrirne čepe izdelamo z grobim rezkarjem $\phi 8$ mm 4F s hitrostjo 960 mm/min in 6000 vrt/min pisan na geometrijo orodja ($r=4$ mm) globine 9 mm. Luknje so izdelane v tolerančnem polju H7.

Ploščo nato izpnemo in jo obrnemo na zgornjo stran navzgor, ponovno vpneemo in izdelamo izvrtine za glavo navojnega vijaka.

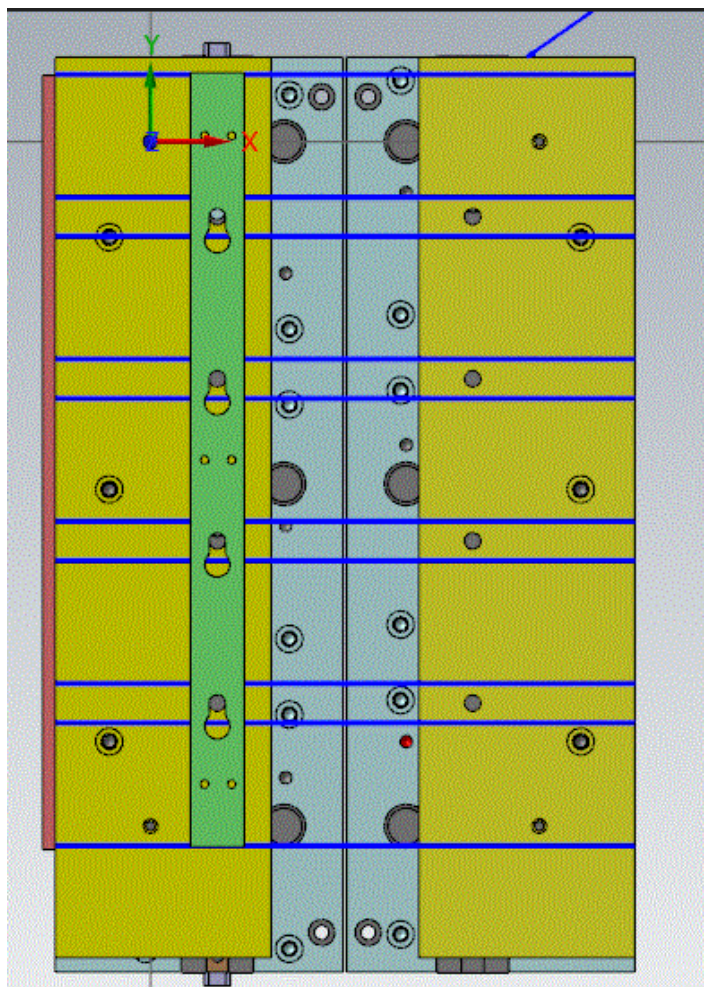
Sledi izdelava gnezd za obdelovance. Globina gnezda je 5mm in širina 67.2 mm. 0.2 mm je toleranca zaradi odstopanja profila. Rezkamo z rezkarjem $\phi 16$ mm s hitrostjo F1200 in obrati S6000. Globina gnezda 5 mm se rezka v celoti za širino rezkarja $\phi 16$ mm iz leve strani proti desni in nazaj. Izdelava se pet gnezd na vseh štirih delih, priprave so enake (slika 28).



Slika 28: Izdelava gnezd za obdelovance

Vir: (Lastni vir)

Sledi izdelava lukenj za namestitev vijakov inbus po ISO standardu 4762 M8 mm in dolžine 65 mm za namestitev pritrdilne letve, ki služi, da obdelovanec med obdelavo ostane na določenem mestu. Vijaki so nameščeni v standardne režne trne po ISO 299, ki je nameščen v T-reže med pnevmatskim blokom in vpenjalno pripravo in služijo kot povezovalni element med pnevmatskim blokom in vpenjalno letvijo (slika 29).



Slika 29: Izdelava lukenj za pritrdilne letve

Vir: (Lastni vir)

2. Cilindri

S podjetjem Tesnila Bogadi, d. o. o., ki izdeluje tesnila, proizvaja in servisira hidravlične in pnevmatske cilindre, smo skupaj preučili, predlagali in podali zahteve za izdelavo namenskih pnevmatskih blokov, ki jih ni možno kupiti na trgu in so hkrati naša osnova za vpenjanje namenskih priprav na CNC obdelovalnih centrih.

Zahteve, ki smo jih podali proizvajalcu so:

- Maksimalna dimenzija pnevmatskega bloka so d 508 mm, ·š 160 mm, · v 125 mm
- Utor na letev mora biti na vsaki strani prijemala za 60 mm daljša
- Vsebovati mora tri cilindrične izvrtine z razmakom 172 mm od središča posamezne izvrtine
- Izdelati letev s T utorom

- Hod bata mora biti 20 mm
- Posamezni vpenjalni blok mora proizvesti 1,5 t moči

Pnevmatski blok je sestavljen iz:

- Spodnjega dela dimenzije 508 mm × 160 mm × 65 mm s tremi cilindričnimi izvrtinami
- Zgornjega dela dimenzij 508 mm × 160 mm × 60 mm
- Bat: izdelan iz okrogle palice jekla C45 premera 110 mm, z luknjo v sredini premera 12 mm
- Batnica izdelana iz jekla C45 premera 20 mm
- Letev s T utorom dolžine 628 mm, ki je pritrjena na vse tri batnice (standardni T utor po utornem kamnu DIN 508)
- Vodilna puša
- Posnemalec, ki služi kot tesnilo batnice in preprečuje uhajanje umazanije v notranjost batnice
- Distančnik za preprečitev prevelikega hoda bata
- Distančnik, čepi in pomožni vpenjalni elementi namenjeni sestavi bloka v celoto

(Ferk, 2018)

3. Vpenjalne letve

Vpenjalne letve so izdelane iz ploščatega svetlo vlečenega jekla po standardu EN ISO 10277. Iz 6 m palic razrežemo letvo na dolžino 430 mm + 1 mm nad mero zaradi nadaljnje obdelave (poravnava). Letve vpnemo v jeklena prijemala in izdelamo poravnavo z grobim rezkarjem $\varnothing 8$ mm 4F s podajalno hitrostjo 960 mm/min in 6000 vrt/min. Dimenzija letve je $d430 \text{ mm} \times \text{š}30 \text{ mm} \times v10 \text{ mm}$. V jeklo se zvrta navoj M4 za pritrditev zaščitne plastike Novilon na osnovno letev. Namen te plastike je zaščititi obdelovanca pred otiski, risi in poškodbami. V plastiko zvrta samo luknje brez navojev za lažje združevanje obeh delov. Jekleni del ter plastiko nato združimo in izdelamo luknje za sprostitevni del z rezkarjem $\varnothing 9$ mm. Sledi izdelava sprostitevnega dela z grobim rezkarjem $\varnothing 8$ mm s pobiranjem jekla 1,5 mm v obliko, kot je prikazano na sliki 30. Zaradi sprostitevnega dela je nameščanje letve na vijake enostavnejše.



Slika 30: Vpenjalna letev

Vir: (Lastni vir)

4. Naslon

Naslon je izdelan iz aluminija in je fiksni. Dimenzije naslona so $d500 \text{ mm} \times v100 \text{ mm} \times š6 \text{ mm}$. Izdelajo se tri luknje z rezkarjem $\phi 9 \text{ mm}$ za pritrditev naslona na prvi del priprave (slika 31). Na spodnjem delu naslona, ki je pritrjen na pripravo, se izvede poravnava z rezkarjem $\phi 16 \text{ mm}$ zaradi boljšega nasedanja na osnovno pripravo.



Slika 31: Pritrjen naslon na prvi del priprave

Vir: (Lastni vir)

5. Ostali material (vpenjalni čepi, vijaki itd.) so standardizirani.
6. Izbira orodja za izdelovanje obdelovanca.

Za izdelavo obdelovanca potrebujemo:

- Rezkar 16 3F X-power (tro-rezilec). Lastnosti: visoka trdota, odlična toplotna in kemična stabilnost, prevlečen z PVD premazom
- Rezkar 4,3 2F
- Navojni rezkar – 3.8 za M5 (navoji so močnejši od navojev izdelanih s svedrom, proizvedejo manjše odrezke, izdelava navoja do dna luknje, večja zanesljivost navoja, istočasno posname robove)
- Gravirna igla 0.35

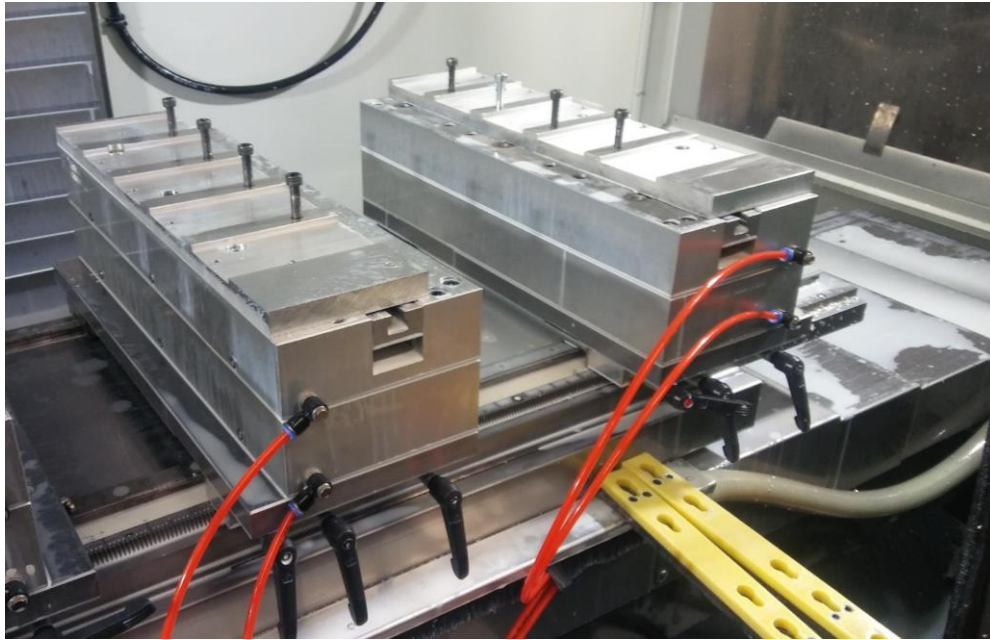
Za graviranje smo izbrali specialno glavo, ki jo poganja zrak. S tem smo dosegli, da gravirna glava doseže hitrost do 30 000 vrtljajev na minuto. Pri takšni hitrosti je gravura lepša in enakomernejša. S tem pa smo preprečili preobremenitev vrtena, podaljšali življenjsko dobo gravirne igle ter zmanjšali stroške vzdrževanja.

Vpenjalna priprava je sestavljena iz minimalnih sestavnih delov, s čimer smo poenostavili proces. Montaža priprave na stroj je hitrejša, povečali smo razpoložljivost in zanesljivost procesa, zmanjšali možnost napak in zastojev ter lažje skladiščenje same priprave.

3.3 Sestava vpenjalne priprave

Montaža vpenjalne naprave se izvaja ročno, zato smo pripravo izdelali tako, da jo je možno sestaviti samo na en način. To smo dosegli s simetrijo in z asimetrijo lukenj za povezovanje in s centrirnimi čepi. Na delovno mizo pritrdimo pnevmatske bloke na razdalji, kot smo jih predvidevali pri samem konstruiranju. Pnevmske bloke povežemo s cevjo, ki nam omogočijo dovod in odvod zraka s pomočjo gumbov. S čepi in vijaki vzporedno pritrdimo na pnevmatske bloke osnovne plošče namenske vpenjalne priprave. Nova vpenjalna priprava je sestavljena iz štirih kosov. Na prvi pnevmatski blok (prvi iz leve proti desni) pritrdimo prvi del priprave in privijemo naslon, ki je fiksni. Drugi del priprave privijemo na razdaljo, ki odgovarja dolžini kosa. Prvi in drugi del priprave služita za vpenjanje kosov, kjer izdelamo poravnavo, izvrtino za navoj in navoj M5. Sledita pritrditev tretjega in četrtega dela vpenjalne priprave, ki služita

kot vpenjalo za graviranje. Dela imata izdelan čep, ki služita za hitro centriranje kosov v vpenjalno pripravo. Čep sede v izvrtino za navoj, hkrati pa nam je to pokazatelj, da so navoji v tolerančnem območju, ter tudi ročaj, pravilno obrnjeni glede na navoj, kamor kasneje pritrdimo prirobnico, ki služi za namestitev ročaja na hladilnik (slika 32).

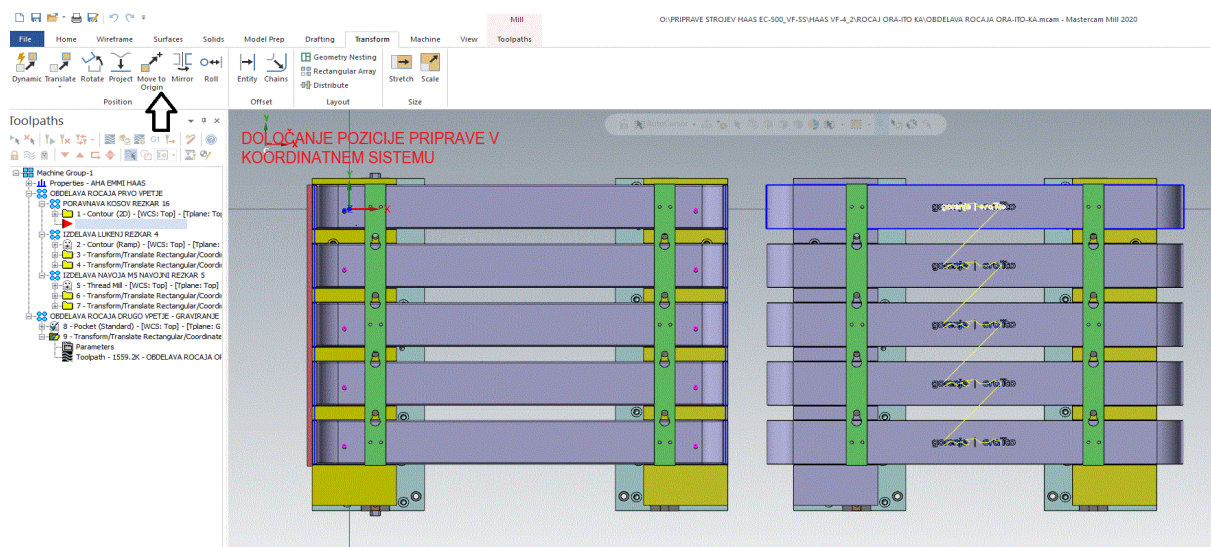


Slika 32: Sestava vpenjalne priprave

Vir: (Lastni vir)

3.4 Preizkušanje in nastavljanje vpenjalne priprave

V programu SolidWorks smo izvedli simulacijo, da smo preverili pravilnost delovanja programa (slika 33). Določili smo pozicijo priprave v koordinatnem sistemu, vrsto orodja za izdelavo, določili hitrost vrtljajev in pomikov. 2D sliko smo prenesli v program MasterCam.

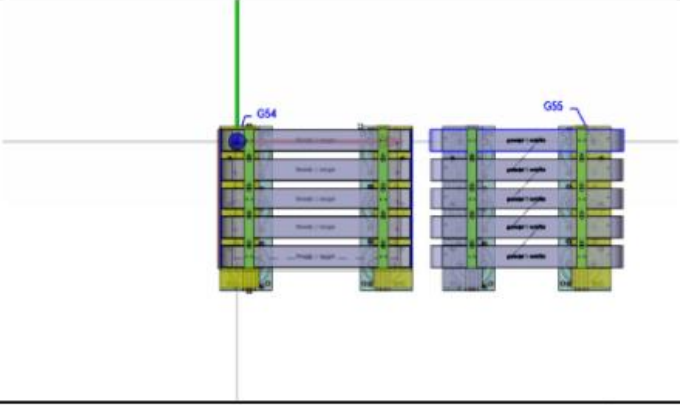


Slika 33: Simulacija v programskem paketu SolidWorks

Vir: (Lastni vir)

Program, ki smo ga pridobili s pomočjo programa MasterCam, prenesemo na ključek in iz ključa na stroj. Na stroju označimo pod katero številko se nahaja program in vpišemo ročaj hladilnika KA izdelava in graviranje. Določimo delovni tlak za silo vpenjanja. Pritisk vpetja smo določili 5 barov, kar je dovolj, da drži obdelovance v določeni legi. Med obdelavo se pozicija obdelovanca ne spreminja in ne dela vtiskov na površini. V vretena na stroju smo vstavili orodja, s katerimi bomo obdelovali obdelovanec. Paziti moramo, da so orodja po vrstnem redu, tako kot je zapisano v programu (tool). Dolžino orodja smo izmerili na stroju in pridobljene podatke vstavili v program Offset. Prav tako smo morali določiti izhodiščni položaj priprave po X, Y in Z osi ter podatke vnesti v stroj. Predhodno obdelane obdelovance (razrez, krivljenje) naložene v namenskih stiroporih pripeljemo do obdelovalnega centra. Pet kosov položimo drug zraven drugega v vpenjalno pripravo z A površino navzdol. Obdelovance stisnemo levo proti naslonu. Na vijake položimo vpenjalne letve in s pomočjo pnevmatike vpnemo obdelovance.

Tabela 5: Orodja za izdelavo obdelovanca

a CAM		TABELA OPERACIJ	STRAN 1 engine by: A-CAM d.o.o.
Datum izdelave programa: 09. 06. 2020			
Pot do MCX datoteke:			
R:\NACRTI\MASTERCAM\HAAS VF-4 SS_2\ROCAJ ORA-ITO-KA\OBDELAVA ROCAJA ORA-ITO-KA. MCX			
Pot do NC programa: C:\USERS\ZAVRSKI_M\DESKTOP\BSH AL PROFIL\AL PROFIL 6114252 L=408,7.NC			
Stroj: NONE			
			
T01	D01	REZKAR 16 3F 4782405	
Premer orodja: FI 16.			
Minimalni Z orodja: 53.4			
Izpetje orodja: 75			
T02	D02	REZKAR 4 2F (4781040)	
Premer orodja: FI 4.			
Minimalni Z orodja: 16.5			
Izpetje orodja: 75			
T03	D03	NAVOJNI REZKAR - 3.8 ZA M5	
Premer orodja: FI 3.8			
Minimalni Z orodja: 18			
Izpetje orodja: 56			
T20	D20	GRAVIRNA IGLA 0.35	
Premer orodja: FI 0.35			
Minimalni Z orodja: 21.75			
Izpetje orodja: 75			

Vir: (Lastni vir)

Prva faza je poravnava ukrivljenega ročaja na višino 38.5 mm z rezkarjem $\phi 16$ mm, sledi vrtanje navojne luknje z rezkarjem 4 mm, nato izdelava navoja s pomočjo karbidnega navojnega rezkarja $\phi 3,8$ mm za navoj M5 in s pomočjo spiralne interpolacije, kar pomeni, da se med rezkanjem navoja stroj premika krožno vzdolž osi X in Y ter linearno po Z osi. Na eno vpetje se hkrati obdeluje pet kosov. Za navojni rezkar smo se odločili zato, da ne prihaja do izboklin na A površini. Zaradi dolžine navoja ostane zelo malo neobdelane površine, zato je potrebno paziti, da dolžina navoja ne presega maksimalne tolerance. Sledi kontrolna meritev in korekcija programa. Korekcijo je bilo potrebno narediti predvsem pri posnetju robov po Z osi, ker so bili premalo posneti na dolžini navoja.

Druga faza je graviranje. Obdelane obdelovance iz prve faze preložimo na drugo vpenjalno pripravo. Vpenjalni pripravi za prvo in drugo fazo ležita zaporedno druga zraven druge. Obdelovance obrnemo z A površino navzgor. Pozicijo obdelovanca določimo s pomočjo čepov, ki morajo sesti v luknjo za navoj. Ker so čepi za malenkost manjši, smo se dogovorili, da obdelovance stisnemo na levo stran tako, kot pri obdelavi v prvi fazi. Pri preizkušanju smo gravirali s pomočjo gravirne igle, ki je bila vpeta v vreteno. Toleranca gravure je bila sicer dosežena, vendar smo ugotovili, da je vreteno preobremenjeno. Gravirali smo na 15 000 obratov na minuto, kar je maksimalna dovoljena hitrost vretena. Da bi preprečili preobremenitev vretena, smo se odločili za nabavo specialne glave (zračna turbina), ki jo poganja zrak ter doseže hitrost od 30 000 do 50 000 obratov na minuto. Tako bi bila glava pri enakih obratih obremenjena za polovico manj. Pri tem pa predvidevamo, da bo prihajalo do manj okvar stroja, s čimer bomo zmanjšali stroške vzdrževanja. Napeljali smo dovod zraka in zmontirali držalo za specialno glavo. Nastavili smo avtomatski režim za menjavo zračne turbine in preprečitev obratov vrtena pri obdelavi z zračno turbino. Za nabavo nove zračne turbine smo se odločili, ker predvidevamo, da se bodo na tem stroju izdelovali vsi večji izdelki, ki imajo tehnologijo graviranja. Na gravirnem stroju bodo ostali samo izdelki manjših velikosti. Pred vsako menjavo je potrebno pripravo dobro izpihati, da ne pridejo ostanki aluminija med pripravo in obdelovancem.

Karakteristike zračne turbine

Uporabljamo zračno turbino 625XDIN40, ki pod obremenitvijo zagotavlja konstantno hitrost od 30 000 do 50000 vrt/min. S takšno hitrostjo vrtljajev smo zmanjšali cikel čas graviranja. Deluje s pomočjo zraka, kar nam omogoča neobremenjenost vretena. V času delovanja zračne turbine se vreteno avtomatsko izklopi. (Air Turbine Tools, 2019)

Montaža vretena je prikazana na sliki 34.



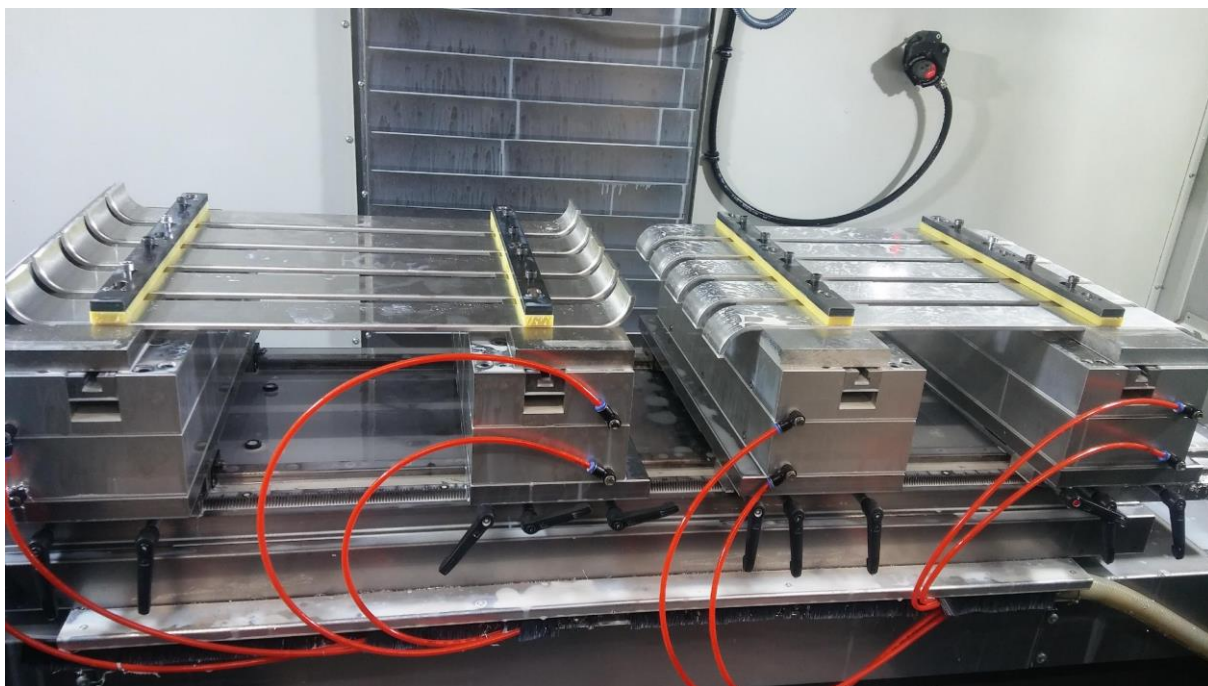
Slika 34: Montaža vretena

(Lasten vir, 2020)

3.5 Zagon testne izdelave vzorčnega kosa

Po izdelavi smo obdelovance odnesli v kontrolo, kjer se izdela merski protokol. Če vzorci mersko in površinsko ustrezajo vzorcu in določenim tolerancam, se lahko tehnologija preda v redno proizvodnjo. Določili smo končne režime, določili izdelovalni cikel, določili število kosov na minuto. Podatke smo dokumentirali in izdelali delovni list. Na delovnem listu so zapisana navodila tehnologije, navodila kontrole, pomembne mere, ki jih je potrebno meriti vsako uro kot samokontrola, pričakovana količina obdelanih kosov na izmeno, številka naloga, količina naročenih kosov. Upoštevan mora biti izhodiščni čas izdelave na kos ter strošek izdelave, ki ga je predpisal komercialist.

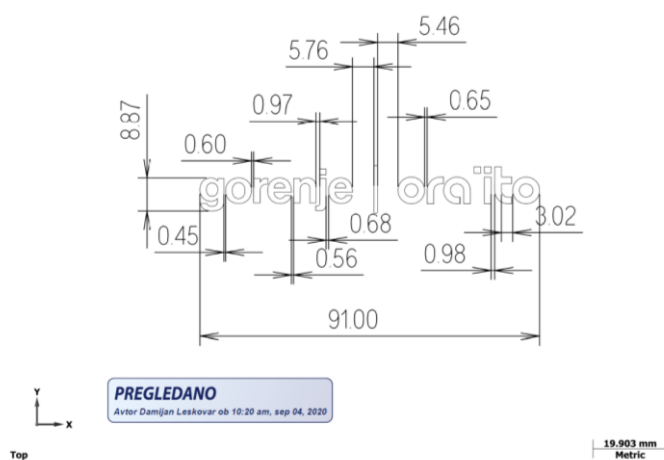
Izdelek je na oddelku tehnologije tako dolgo, dokler niso izpolnjeni vsi zgoraj naštetimi pogoji.



Slika 35: Vpenjalna priprava prvi zagon

Vir: (Lastni vir)

Pri izdelavi gravure smo naleteli na težavo. Na načrtu je bila kotirana višina, dolžina in globina črk gravure. Potrebovali smo še podatek razdalje med posameznimi črkami zaradi vizualnega izgleda. Izdelal se je dodatni načrt, kot prikazuje slika 36.



Slika 36: Kotirana razdalja med črkami

Vir: (Lastni vir)

3.6 Potrditev procesa z novo vpenjalno pripravo

Pred prevzemom na redno proizvodnjo mora biti izpolnjen kontrolni list vseh izvedenih aktivnosti na obstoječem izdelku. Kontrolni list izvedenih aktivnosti prikazuje slika 37.

emmi		KONTROLNI LIST IZVEDENIH AKTIVNOSTI	
		B) OB SPREMEMBI NA OBSTOJEČEM IZDELKU IN POSLEDIČNO NA NOVEGA IZDELKA	
		(vsaka sprememba na izdelku zahteva novo šifro končnega izdelka)	
		Odgovorna oseba:	
		- samostojni inženir: <u>IVAN KORENT</u>	
		- predstavnik proizvodnje: <u>VOJKO PODLESNI</u>	
B) Nov izdelek, skupina izdelkov		Kupec:	
<u>ROEAJ ORA ITO 2 HZA</u>			
Šifra izdelka:			
<u>611388</u>		<u>611422</u>	
<u>611389</u>		<u>611423</u>	
		<u>GORE</u>	
1. Definirana in s strani kupca potrjena cena izdelka (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno in s strani kupca potrjeno_dne/ samo. komercialista: <u>PETRA ŠTEF</u> <u>11.4.18</u>	
2. Odprta šifra izdelka s celotno kosovnico izdelka (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: <u>UROŠ</u> <u>29.6.20</u>	
3. Opremljenost šifre s komerci. podatki (cena, TS, min. in varnostna zaloga, partner, koda in naziv pri partnerju, ME, tarifna številka) (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis samo. komercialist: <u>PETRA ŠTEF</u> <u>11.4.18</u>	
4. Opremljenost šifre z vsemi tehničnimi podatki (ustrezen naziv s ključno dimenzijo, ME, bruto, neto teža, kg/ME, kos/PE, kos/paleta, mm2 površine, tip eloksaže, program, skupina, SM) (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: <u>UROŠ ŠK</u> <u>29.6</u>	
5) Opremljenost šifre izdelka, polizdelka, surovine s potrjenim tehničnim načrtom, ki je nedvoumen za operaterja oz. izvajalca (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: <u>UROŠ</u> <u>29.6.20</u>	
6) Opremljenost šifre izdelka z ustreznimi časovnimi normativi in razpoložljivost zahtevane tehnologije (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: <u>UROŠ</u> <u>29.6.20</u>	
7) Izdelana jasna navodila za pakiranje vključno s pakirnim materialom, postopki izvedbe, pravila etiketiranja, dimenzijske in količinske omejitve, eventualne posebnosti in oprema šifre izdelka s temi navodili (obkroži):	NE ☒ DA	Izdelano_dne/podpis tehnologa: <u>UROŠ</u> <u>29.6.</u>	
8) Opremljenost šifre izdelka s kontrolnim planom, predpisana merilna sredstva in potrditev razpoložljivosti slednjih (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis predstavnika SK: <u>JOŽE K</u> <u>29.6.1</u>	

Obr. 0155 / 01.03.2016/02
Kontrolni list izvedenih aktivnosti ob spremembi na izdelku

9) Izdelana FMEA analiza (obkroži):	☒ NE ☐ DA	Izvedeno_dne/podpis predstavnika SK: JOŽ
10) Izdelana in razpoložljiva predvidena orodja, naprave, priprave za serijsko proizvodnjo izdelka (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: UROŠ 29.6.20
11) Izdelani računalniški programi za CNC-obdelovalne centre in receptura za eloksiranje (če je izdelek eloksiran) (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: UROŠ 29.6.20
12) Skonstruirano in izdelano/razpoložljivo obešalo za postopek eloksiranja in predpisane optimalne količine obdelovanca/obešalo (obkroži):	NE ☒ DA	Izvedeno_dne/podpis tehnologa: UROŠ 29.6.20
13) Potrditev prototipa/vzorca s strani kupca (obkroži)	NE ☒ DA	Izvedeno in s strani kupca potrjeno_dne/podpis samo. komercialista: PETRA ŠTEFAN
Podpis in datum odgovornega samostojnega inženirja, s čimer potrjuje ustrezno izvedbo in vsebino vseh zg. navedenih aktivnosti in s tem potrjuje pripravljenost izdelka in njegovo predajo v proizvodnjo Podpis/Datum: IVAN KORENT	Podpis in datum odgovornega predstavnika proizvr da potrjuje izvedenost vseh zg. navedenih aktivnos prevzema izdelek in s tem odgovornost za ta izdele serijsko proizvodnjo Podpis /Datum: VOJKO PODLESNIK	

Slika 37: Kontrolni list izvedenih aktivnosti

Vir: (Lastni vir)

Ko so vzorčni kosi izdelani in vsa dokumentacija preverjena ter tehnologija predpisana, lahko gredo obdelovanci v redno proizvodnjo. Predpisana tehnologija za izdelavo ročajev hladilnika KA:

- Razrez na dvojni krožni žagi na zahtevano toleranco
- Krivljenje na hidravlični stiskalnici z orodjem, ki nam ga je izdelal kooperant
- Obdelava in graviranje na tri-osnem vertikalnem CNC stroju Hass 4
- Površinsko mokro brušenje ročajev na robotu Motoman
- Peskanje gravirnega napisa Gorenje/Oraita
- Nalaganje, eloksiranje in razlaganje ročajev
- Montaža prirobnic na ročaje
- Stoodstotna kontrola površine in pakiranje v namenske kartonske škatle

Predpisalo se je, da se ročaje odlaga v vseh stopnjah obdelave v namenski stiropor, s čimer dodatno zaščitimo ročaje pred poškodbami in risi. Neustrezne in poškodovane kose na vsaki fazi izločimo, tako da gredo v nadaljnjo fazo samo ustrezni kosi. Te kose nato pregleda kontrola in se odloči ali gredo za izmet ali popravilo. Naša želja je, da je teh kosov čim manj. Z analizo popravil in izmeta smo ugotovili, da smo z novo vpenjalno pripravo zmanjšali poškodbe ročajev za 20 %, s čimer smo zelo zadovoljni. Največ napak se je pokazalo, da so odtisi in drobni risi na A površini, kar nam je povzročalo veliko stroškov in časa za popravilo. Z združevanjem tehnologije obdelave in graviranja imamo daljši cikel izdelave, zato lahko manjše nepravilnosti na površini popravi operater sam, med obdelavo z brusilno gobico. Seveda je teh nepravilnosti sedaj veliko manj.

3.7 Redna proizvodnja

V fazi redne proizvodnje se je izkazalo, da ostružki, kljub izpihovanju s kompresorskim zrakom, ostajajo v kotih vpenjalne priprave in povzročajo otiske na robu obdelovanca. Problem smo rešili tako, da smo na levem in desnem robu naredili korekcijo in poglobili pripravo za 5 mm v širino 16 mm, kot prikazuje slika 38. Tako smo pustili prostor za ostruže, ki jih morebiti ne izpihamo. S tem smo zmanjšali naležno površino med vpenjalno pripravo in obdelovancem, kar pa na samo obdelavo ne vpliva.



Slika 38: Korekcija vpenjalne priprave s posnetjem

Vir: (Lastni vir)

Pomanjkljivost, ki se je pokazala v času redne proizvodnje in jo v samem konstruiranju vpenjalne priprave nismo predvideli, so ostružki, ki se naberejo na vpenjalu za zračno turbino,

ko ni nameščena. Zaradi ostružkov na vpenjalu se glava pri avtomatskem vpenjanju ne vpne pravilno in privede do nepravilne gravure, loma gravirne igle ter posledično skrajšamo življenjsko dobo zračne turbine. Problem rešimo z nadgradnjo vretena z zračno šobo, ki bo pred vsakim vpetjem zračne turbine izpihala prostor pri vretenu.

3.8 Analiza izdelave ročajev

Nadzor nad proizvodnjo teče preko informativnega sistema, kjer so vidni podatki za vse artikule, ki jih proizvajamo v podjetju. S pomočjo podatkov lahko planiramo proizvodnjo, ugotavljamo učinkovitost, ugotavljamo, na katerih delovnih mestih prihaja do ozkega grla, število izmeta. S pridobljenimi podatki se izdela analiza časov in izmeta na stari in novi vpenjalni pripravi.

3.8.1 Stari način

Vpenjalna priprava je bila za svoj čas dobro zasnovana, vendar zaradi povečanega števila letnih naročil ni več zadostovala potrebam proizvodnje. Lastnosti, kot so kvaliteta, zanesljivost in nadzor nad obratovanjem, so bile odvisne predvsem od znanja in izkušenj zaposlenega. Čas izdelave, število dobrih in slabih kosov prikazuje tabela 6. V skupni čas je všteta montaža in demontaža vpenjalne priprave, menjava kosov ter transport iz enega delovnega mesta na drugega. Podatki so vzeti iz leta 2019, ko se je izdelek izdeloval na dveh strojih (mehanska obdelava na obdelovalnem centru in graviranje na gravirnem stroju). V eni izmeni se je izdelalo 232 kosov na obdelovalnem centru ter vgraviralo 91 kosov na gravirnem stroju. Iz izračunov je razvidno, da je skupni čas izdelave enega kosa 385,46 sekund. Slabih kosov je bilo 96.

Tabela 6: Podatek izdelanih kosov in čas

Ročaj hladilnika	KM (naziv)	URE	KOLIČINA DOBRI	KOLIČINA SLABI	KOS NA 1 URO	ČAS IZDELAVE 1 KOSA (sek)
	CNC HASS VF- 4 APC	378,91	12.470	95	33	108,5615599
	STROJ GRAVIRNI	280,98	3.652	1	13,00092533	276,9033671
SKUPAJ						385,464927

Vir: (Lastni vir)

Čas za montažo in demontažo vpenjalne priprave znaša tri ure, kar je preveč, glede na to, da so serije majhne in je potrebno menjavo izvesti dva do trikrat na teden. Problem smo reševali z združevanjem serij, ki pa je mogoče samo do neke mere. Izgubljeni čas se je pokazal predvsem

pri centriranju vpenjalne priprave in določanje ničelnih točk, ki so potrebne za obdelavo. Skupni čas menjave prikazuje tabela 7.

Tabela 7: Čas menjave s staro vpenjalno pripravo

Čas (h)	
Montaža	0,5
Nastavitve	1,5
Demontaža	0,75
Čiščenje	0,25
Skupaj	3

Vir: (Lastni vir)

3.8.2 Novi način

Z optimizacijo obdelave na CNC obdelovalnem centru se je povečalo število istočasno vpetih kosov, izboljšala se je ergonomija delovnega mesta, delo pa poteka bolj organizirano. Zmanjšal se je neefektiven čas namenjen transportu, menjava izdelkov in nastavitvah. Čas izdelave z novo vpenjalno pripravo je razviden iz tabele 8. Za izdelavo enega ročaja smo potrebovali 231,9 sekund. Z združitvijo operacij na izmeno izdelamo 110 ročajev. Procentualno smo izmensko proizvodnjo ročajev dvignili za 40 % ter zmanjšali izmet za 25 %. Z združevanjem dveh operacij smo sicer podaljšali cikel izdelave ročaja, vendar posledično povečali efektivni čas stroja, ker je potrebno manj menjav. Takšen način dela omogoča, da delavec opravlja enega ali več strojev hkrati.

Tabela 8: Količina izdelanih kosov in čas na novi vpenjalni pripravi

Ročaj hladilnika	KM (naziv)	URE	KOLIČINA DOBRI	KOLIČINA SLABI	KOS NA 1 URO	ČAS IZDELAVE 1 KOSA (sek)
	CNC HASS VF-4SS+GR	432,05	6.672	35	15,52366624	231,9039809

Vir: (Lastni vir)

Čas namenjen montaži in demontaži smo z uvajanjem SMED metode zmanjšali na trideset minut. Menjava pa je lažja in enostavnejša.

Tabela 9: Čas menjave z novo vpenjalno pripravo

Čas (h)	
Montaža	0.25
Nastavitve	0.1
Demontaža	0.25
Čiščenje	0
Skupaj	0,6

3.8.3 Ekonomska analiza

Iz slike je razvidno, da smo v letu 2020 na CNC obdelovalnem centru izdelali z novo vpenjalno pripravo 6.657 kosov, za kar smo potrebovali 432 ur. Za isto količino izdelanih graviranih kosov smo na stari vpenjalni pripravi z graviranjem na gravirnem stroju potrebovali 718 ur. Kar pomeni, da se z novo vpenjalno pripravo izdelovalni čas zmanjša za 286 ur.

▼ I(N/P) ▼ Ure - N Ure - P Količina - D				Drop Column Fields Here			
KM (naziv)		Proizvod in naziv		Skupaj			
				I(N/P)	Ure - N	Ure - P	Količina - D
▼ CNC HASS VF-4SS III		5111387 - ROČAJ ORA ITO 2 KA SUROV -		1,17	503,45	432,07	6.657,0

Slika 39: Normativ in dejansko porabljene ure

Vir: (Lastni vir)

Prihranek v letu 2021 za 16.000 ročajev zaradi nove vpenjalne priprave:

$385,46 \text{ s/kos} \times 16.000 = 1713 \text{ ur} \times \text{cca. } 35 \text{ eur (gravirna ura je manj kot CNC ura)} = 59.955 \text{ eur}$

$231,90 \text{ s/kos} \times 16.000 = 1031 \times 40 \text{ eur (urana postavka CNC-a)} = 41.227 \text{ eur}$

Z novo vpenjalno pripravo bomo pri 16.000 kos prihranili 18.728 eur, kar pomeni, da se nam investicija povrne v osmih mesecih.

Naložba v pnevmatske bloke je bila 12.000,00 eur. Slika prikazuje vsoto vseh ur, za katere so postavljeni normativi na CNC stroju Hass4.

▼ I(N/P)	▼ Ure - N	Ure - P	Količina - D	Drop Column Fields Here			
KM (naziv) ▲ ▼				Skupaj			
				I(N/P)	Ure - N	Ure - P	Količina - D
CNC HASS VF-4SS III				1,09	2.168,80	1.995,31	72.597,0

Slika 40: Vsota normativnih ur na stroju Hass4

Vir: (Lastni vir)

2.168,00 ur – normativnih (teh, za katere so postavljeni normativi)

1.995,00 ur – porabljenih

Skupaj $173 \text{ ur} \times 40 \text{ eur} = 6.920 \text{ eur}$ prihranka zaradi pnevmatskega načina posluževanja

Torej teh 503 ur (ročaji oraito) predstavlja 25 % od 1.995 porabljenih ur, kar pomeni, da se investicija amortizira 25 % v ročaje oraito ostalo pa v druge izdelke.

Investicija vpenjalnih blokov (12.000 eur) se na obdelovalnem centru Hass4 z letnim prihrankom 6.920,00 eur povrne v 1,73 leta.

4. SKLEP

Zahteve trga so danes drugačne, kot so bile pred desetletji. Včasih so bili glavni parametri proizvodnje kakovost, količina in stroški. Izdelki so se proizvajali v velikih serijah, ki se čez leta niso spreminjale. Življenjska doba izdelkov pa je bila razmeroma dolga.

Danes pa vlada vedno večja individualizacija trga. Na trgu se pojavljajo vedno novi in bolj kompleksni izdelki z večjim številom različic, življenjska doba in dobavni roki izdelka se krajšajo. Posledica tega pa je krajšanje razvojnega časa, kar pomeni, krajši čas porabljen od ideje ali naročila do dobave izdelka naročniku. Zato je uspešnost podjetja odvisna od pravočasnega in pravilnega pristopa na zahteve trga. Odgovor na zahteve je celovito, kontrolirano in preverjeno združevanje med organizacijo, znanjem, tehnologijo in izdelkom ob upoštevanju ustreznega, skladnega razvoja. Zaradi tega je prišlo tudi v našem podjetju do uvajanja novih tehnoloških metod v proizvodni proces. Vlagamo v robotizacijo, avtomatizacijo, linijsko proizvodnjo in v prilagodljive obdelovalne sisteme, ki se nenehno hitro in učinkovito prilagajajo vedno novim zahtevam na trgu.

V diplomskem delu je predstavljen postopek snovanja in konstruiranja namenske vpenjalne priprave ter način zmanjšanja pretočnega časa od surovca pa do izdelka. Za konstruiranje vpenjalne priprave smo uporabili programski paket SolidWorks, kjer smo posamezne komponente zmodelirali in nato sestavili v celoto. S programsko opremo MasterCam smo izdelali program za posamezne elemente, ki smo jih izdelali na CNC obdelovalnih centrih. Posamezne elemente smo nato ročno montirali na pnevmatske vpenjalne bloke s standardnimi pomožnimi elementi.

Pripravo je snovala in konstruirala skupina tehnologov. Subjektivno ocenjevanje posamezne variante je potekalo z izkušnjami tehnologov in vrednost posamezne izbire je vedno bolj točna.

Ideja, ki sem jo predlagala, je način zmanjšanja neefektivnega časa in poenostavitev menjave na stroju, kjer delam. Z znanjem, ki sem ga pridobila v šoli, ter s prebiranjem strokovne literature sem predlagala izboljšavo za hitrejšo in enostavnejšo menjavo s pomočjo SMED metode in način za preprečitev nastajanja napak pri namestitvi obdelovanca v vpenjalno pripravo.

Naša vpenjalna priprava se je izkazala, da je dobro zasnovana in natančno izdelana ter da izpolnjuje vsa pričakovanja, ki smo si jih zastavili. S pnevmatskim vpenjanjem pa smo avtomatizirali proizvodni proces ter olajšali delo zaposlenemu. Iz analize je razvidno, da smo

z novo vpenjalno pripravo zmanjšali možnost poškodb. Z rednim vzdrževanjem pa bomo preprečili, da ne bo prihajalo do nepredvidljivih okvar in s tem zmanjšali zastoje.

5. VIRI, LITERATURA

- Air turbine tools.* (2019). Pridobljeno iz Air Turbine Tools: <http://www.airturbinetools.com/spindles/specs/625xdin40.html>
- CadCam.* (2017). Pridobljeno iz CADCAM GROUP: <https://www.cadcam-group.eu/>
- Emmi.* (julij 2020). Pridobljeno iz Emmi: www.emmi.si
- Ferk, R. (avgust 2018). *Zasnova in izdelava namenskega pnevmatičnega prijemala (Diplomsko delo, Univerza v Mariboru)*. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=127513>
- Halder. (november 2020). *Metal oprema*. Pridobljeno iz <https://halder.si/>
- Jus, G. (4. julij 2018). *Hitra menjava orodij*. Pridobljeno iz <http://ecg.si/clanki/hitra-menjava-orodij-smed-1-del/>
- Kozinc, U. (november 2009). *Računalniško snovanje in konstruiranje vpenjalne priprave (Diplomsko delo, Univerza v Mariboru)*. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=12424>
- Leskovar, D. (2. april 2007). *Razvoj tehnologije izdelave aluminjastih ročajev družine hladilnikov in štedilnikov Ora Ito (Diplomsko delo, Šolski center Celje) Celje*.
- Mitja, M. (september 2010). *Programiranje CNC-strojev (Diplomsko delo, Univerza v Mariboru)*. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=18465>
- Strniša, G. (2016). *Konstruiranje univerzalne priprave za vpenjanje obdelovancev v CNC rezkalnem stroju (Diplomsko delo, Univerza v Mariboru)*. Pridobljeno iz <https://core.ac.uk/download/pdf/67607898.pdf>