

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR**

**DOLOČITEV TEHNOLOGIJE IZDELAVE
IZDELKA ZA MOTORNO INDUSTRIJO,
IZDELANEGA V PODJETJU X**

Kandidat Rok Kos

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: Dragan Gogić, mag. inž. metal. in mater.

Mentor v podjetju: Bogomir Mesarič dipl. ing. str.

Lektor: Anja Lipovšek, prof. slov.

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Rok Kos sem avtor diplomskega dela z naslovom določitev tehnologije izdelave izdelka za motorno industrijo, izdelanega v podjetju X, ki sem ga napisal pod mentorstvom Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

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 (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, april 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju, g. Draganu Gogiću, mag. inž. metalurgije in materialov, za strokovno vodenje, konstruktivne nasvete ter nenehno podporo in usmeritve pri pripravi mojega diplomskega dela. Njegovo znanje, izkušnje ter pripravljenost pomagati so pomembno prispevali h kakovosti in uspešni izvedbi celotnega projekta.

Prav tako izrekam posebno zahvalo mentorski podpori v podjetju, g. Bogomirju Mesariću, dipl. inž. strojništva, za strokovno pomoč, razumevanje in vse tehnične usmeritve, ki so bile ključnega pomena pri aplikativnem delu diplomskega dela. Njegova razpoložljivost in pripravljenost za sodelovanje sta mi močno olajšali delo na praktičnem delu naloge.

Zahvaljujem se tudi direktorju podjetja RIEDL PRECISION d. o. o., Tomažu Riedlu, za izkazano zaupanje, omogočen dostop do strokovne dokumentacije ter vso podporo, ki mi je bila v času priprave diplomskega dela na voljo. Brez njegove podpore bi bilo delo bistveno težje izvedljivo.

Velika zahvala gre tudi vsem sodelavcem Višje strokovne šole Academia, ki so mi tekom študija nudili pomembne informacije, spodbudne besede ter operativno podporo. Njihova pomoč je bila izjemno dragocena in je pomembno prispevala k mojemu uspešnemu študijskemu procesu.

Na koncu pa gre posebna, iskrena zahvala moji partnerici, ki mi je v celotnem obdobju študija stala ob strani, me spodbujala in mi nudila čustveno ter moralno podporo. Hvaležen sem tudi vsem članom moje družine, ki so me ves čas spodbujali in verjeli v moj uspeh.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava celovit proces načrtovanja in vpeljave tehnološkega postopka za izdelavo novega izdelka – prestavnega bobna, namenjenega moto industriji. Glavni cilj naloge je poudariti pomen premišljene izbire tehnološkega postopka v serijski proizvodnji, saj ta bistveno vpliva na kakovost, stroške in produktivnost.

V teoretičnem delu so predstavljeni ključni proizvodni procesi, s poudarkom na razvoju CNC tehnologije – od NCstrojev do sodobnih CNC sistemov. Opisane so glavne vrste CNC strojev (stružnice in rezkalni stroji), njihove značilnosti, prednosti ter področja uporabe. Sledijo faze priprave proizvodnje: sprejem in kontrola materiala, razrez, priprava na obdelavo ter brušenje kot zaključna operacija po toplotni obdelavi. Opisani so postopki, materiali, stroji ter kriteriji za izbiro tehnologije. Poseben poudarek je na programiranju CNC strojev; prikazani so osnovni principi, uporabljeni programski paketi ter pogoste napake. Obravnavana je tudi izbira ustreznih rezalnih materialov in orodij glede na vrsto obdelave.

Zaključno poglavje teoretičnega dela obravnava pomen kontrole kakovosti in vlogo kakovostnega oddelka pri zagotavljanju skladnosti izdelkov s tehnično dokumentacijo in zahtevami kupcev.

Osrednji del naloge predstavlja študijo primera v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o., kjer je razvit tehnološki postopek izdelave prestavnega bobna. Podani so značilnosti kosa, tolerance, zahteve po termični obdelavi, izračuni stroškov in analiza učinkovitosti postopka.

Predstavljen je dejanski del programa za CNC stroj, ki se uporablja pri proizvodnji samih kosov in skozi katerega lahko spoznamo, kako kompleksno je programiranje določenih kosov za proizvodnjo. Prav tako nam ta del predstavlja tudi velik del prostora za vse mogoče optimizacije proizvodnega časa, saj s potekom proizvodnje spoznavamo, kje v samem programu bi še bilo mogoče kaj pospešiti oziroma z majhnimi ukrepi zagotoviti boljšo obstojnost orodja. Zato se na ta del orientiramo tudi, ko proizvodnja že poteka.

V zaključku je predstavljen izračun smotrnosti serijske proizvodnje in obravnavani sta aktualni temi – trajnostni razvoj in digitalizacija proizvodnje. Poudarjena je njuna vloga pri prehodu na industrijo 4.0 in dolgoročni konkurenčnosti podjetij.

Ključne besede: *CNC stroj, CNC stružnica, CNC rezkalni stroj, izdelava tehnološkega postopka, produktivnost*

ABSTRACT

DETERMINATION OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR A MOTORCYCLE INDUSTRY COMPONENT PRODUCED AT COMPANY X

The thesis addresses the comprehensive process of planning and implementing a technological procedure for the production of a new product – a gear drum intended for the motorcycle industry. The main goal of the thesis is to highlight the importance of a well-considered selection of the technological process in serial production, as it significantly affects quality, cost, and productivity.

The theoretical part presents key manufacturing processes, with a focus on the development of CNC technology – from NC machines to modern CNC systems. The main types of CNC machines (lathes and milling machines) are described, including their characteristics, advantages, and areas of application. The following are the stages of production preparation: material reception and inspection, cutting, preparation for machining, and grinding as the final operation after heat treatment. The procedures, materials, machines, and criteria for technology selection are explained.

Special emphasis is placed on CNC machine programming – basic principles, commonly used software packages, and frequent errors are presented. The selection of appropriate cutting materials and tools based on the type of machining is also discussed.

The final chapter of the theoretical part addresses the importance of quality control and the role of the quality department in ensuring product compliance with technical documentation and customer requirements.

The core of the thesis is a case study at the company RIEDL PRECISION d.o.o., where a technological process for manufacturing the gear drum was developed. The characteristics of the part, tolerances, thermal treatment requirements, cost calculation, and efficiency analysis of the process are provided.

In conclusion, the feasibility of serial production is calculated, and current topics are addressed – sustainable development and production digitalization. Their role in the transition to Industry 4.0 and the long-term competitiveness of companies is emphasized.

Keywords: *CNC machine, CNC lathe, CNC milling machine, technological process development, productivity.*

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	9
1.1. Opredelitev problema	9
1.2. Namen in cilj diplomskega dela.....	11
1.3. Osnovne trditve diplomskega dela so:	11
1.3. Osnovne trditve diplomskega dela so:	11
1.4. Predpostavke in omejitve.....	12
1.5. Uporabljene raziskovalne metode	12
2. PREGLED STANJA	13
2.1. Predstavitev podjetja RIEDL PRECISION d. o. o.....	13
2.2. Glavni delovni procesi (oddelki) podjetja RIEDL PRECISION pri izdelavi izdelkov.....	15
2.2.1. Sprejem ter razrez materiala.....	15
2.2.2. Mehanska obdelava kosov	16
2.2.3. CNC obdelovalni stroji	18
2.2.4. BRUSILNI STROJI	21
2.2.5. REZALNO ORODJE ZA CNC OBDELOVALNE STROJE	21
2.2.6. Vrste rezalnega orodja	23
2.2.7. Programiranje CNC obdelovalnih strojev	24
2.2.8. Kontrola produktov v proizvodnji.....	28
3. POSTAVITEV TEHNOLOGIJE MEHANSKE OBDELAVE KOSOV ZA MOTO INDUSTRIJO	32
3.1. PREDSTAVITEV IZDELKA TER ZAHTEVE KUPCA.....	33
3.2. PREGLED MOŽNOSTI IZDELAVE POVPRÁŠEVANEGA KOSA	35
3.3. DOLOČITEV TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA IZDELAVE KOSA	37
3.4. RAČUNSKA KALKULACIJA CENE IZDELAVE 1 KOSA	40
3.5. PROGRAMIRANJE KOSA TER NAROČILO NAMENSKEGA ORODJA.....	44
3.6. NASTAVITEV STROJA ZA PROIZVODNJO IN IZDELAVA VZORČNEGA KOSA.....	55
3.7. ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI PRODUKTA	58

3.8.	BRUŠENJE TER KONČNO STRUŽENJE KOSA	59
4.	PREVERJANJE IZBRANIH POSTOPKOV	59
4.1.	Napake pri izbiri tehnoloških postopkov ter posledice.....	61
5.	IMPLEMENTACIJA VIDIKOV TRAJNOSTI ZNOTRAJ PODJETJA	64
6.	DIGITALIZACIJA V PROIZVODNJI.....	66
7.	SKLEP.....	70
7.1.	Potrditev hipotez.....	71
8.	VIRI.....	73

KAZALO SLIK

Slika 1: RIEDL PRECISION, d. o. o	13
Slika 2: Proizvodi za aerospace industrijo.....	14
Slika 3: Tračna žaga DoALL.....	16
Slika 4: NC stroj	17
Slika 5: Sodobni CNC rezkalni stroj	19
Slika 6: Sodobna CNC stružnica	20
Slika 7: Sodobno rezilno orodje	22
Slika 8: Program, izdelan v Mastercam.....	25
Slika 9: 5-osna obdelava.....	27
Slika 10: Merilni laboratorij	29
Slika 11: Merilni stroj Zeiss Accura.....	31
Slika 12: Izdelek, za katerega se izdelata tehnološki postopek	34
Slika 13: Načrt kosa.....	36
Slika 14: CBN rezalno orodje.....	39
Slika 15: Vrtanje lukenj	46
Slika 16: Rezkanje prestavnih utorov – grobo	49
Slika 17: Rezkanje prestavnih utorov – fino	52
Slika 18: CNC rezkalno-stružni stroj Index G220	55
Slika 19: Mesto, kjer se vpišejo izmere orodja na stroju.....	57
Slika 20: Program GSoft za spremljanje proizvodnje	67
Slika 21: Spremljanje proizvodnje v programu	68

1. UVOD

1.1. *Opredelitev problema*

V okviru diplomske naloge se bom osredotočil na iskanje optimalnega pristopa za pravilno določitev in izbiro tehnologije pri vpeljavi novega izdelka v serijsko proizvodnjo v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. Gre za izredno pomemben izziv v vsakem proizvodnem podjetju, saj pravilna izbira tehnološkega postopka neposredno vpliva na kakovost končnega izdelka, stroške proizvodnje ter celotno učinkovitost in rentabilnost proizvodnega procesa.

Predmet obravnave bo konkretni izdelek – prestavni boben, ki ga bomo v podjetju začeli izdelovati za priznanega naročnika, mednarodnega proizvajalca motorjev. V diplomski nalogi se bom celovito posvetil vprašanju, kako načrtovati in implementirati tehnološki postopek, ki bo omogočal izdelavo izdelka znotraj vseh zahtevanih toleranc in kakovostnih standardov, kot jih določa tehnična dokumentacija naročnika, hkrati pa zagotoviti, da bo proizvodnja ekonomsko upravičena in izvedena v okviru predvidenega proračuna.

Naloga bo celostno zajemala vse faze tehnološkega snovanja, ki so ključne za uspešno realizacijo novega izdelka – od začetne idejne zasnove, ekonomske in tehnične presoje izvedljivosti, do končnega vrednotenja izdelka. Najprej bom predstavil postopek izvedbe začetne kalkulacije, s katero se pred potrditvijo naročila preveri, ali je izdelava posameznega kosa za podjetje smiselna z vidika stroškovne učinkovitosti. Temu bo sledila analiza različnih možnih tehnoloških pristopov za izdelavo kosa, kjer bom pretehtal prednosti in slabosti posameznih rešitev ter utemeljil končno odločitev za izbrano tehnologijo.

V nadaljevanju bom podrobno razčlenil izdelavo tehnološkega načrta za posamezne faze obdelave, vključno z izbiro optimalnega zaporedja postopkov, tako v okviru lastne proizvodnje kot tudi v sodelovanju z zunanjimi kooperanti. Posebna pozornost bo namenjena določitvi potrebnih dodatkov za nadaljnje obdelave, kot so termične obdelave, brušenje ipd., in analizi, kako nepravilna ali nepopolna priprava tehnološkega postopka lahko negativno vpliva na končno kakovost izdelka ter povzroči dodatne stroške in zamude.

Osrednji del naloge bo namenjen podrobni predstavitvi konkretnega primera izdelave prestavnega bobna na stružno-rezkalnem centru INDEX G220, ki je v podjetju opremljen s sodobnim samodejnim sistemom za nalaganje in zamenjavo palic. Natančno bom opisal postopke priprave stroja, izdelave obdelovalnega programa, izbiro in nastavitve rezalnih orodij ter vse tehnične izzive, s katerimi smo se soočali tekom uvajanja novega izdelka v

produkcijo. Med drugim bom izpostavil težave pri doseganju zahtevane natančnosti, obrabo orodja, termične deformacije in potrebe po korekcijah obdelovalnih poti.

Na koncu bo naloga vsebovala tudi merilni protokol z rezultati dimenzijskih preverjanj, s katerimi bomo potrdili skladnost izdelka s specifikacijami naročnika. Prav tako bom predstavil končno naknadno kalkulacijo izdelave kosa, s katero bom ocenil dejansko porabo časa, orodij in sredstev ter primerjal začetne kalkulacije z dejanskimi rezultati proizvodnje. Ta analiza bo podlaga za presojo, ali je bila izbrana tehnologija ustrezna tako z vidika kakovosti kot tudi z ekonomskega stališča.

Glavni cilj diplomske naloge je torej določiti optimalen tehnološki postopek za nov izdelek, ki bo omogočal stabilno, ponovljivo in stroškovno učinkovito proizvodnjo, ob upoštevanju vseh tehničnih zahtev in poslovnih ciljev podjetja. S tem bom prispeval k razumevanju pomena sistematične priprave tehnologije kot ključnega dejavnika uspeha v sodobnem proizvodnem okolju.

V diplomski nalogi se bom lotil reševanja problema; kako pravilno določiti ter pravilno izbrati tehnologijo za vpeljavo novega izdelka, ki ga bomo proizvajali v podjetju. Osredotočil se bom na izdelek; gre se za prestavni boben, ki ga bomo izdelovali za priznanega izdelovalca motorjev. Predvsem se bom osredotočil, kako pravilno izbrati tehnologije, da je izdelek izdelan skladno s tolerancami, podanimi na naročnikovem načrtu, hkrati pa mora biti zagotovljeno, da ostane izdelava znotraj predvidenega proračuna, da je proizvodnja izdelka za podjetje tudi ekonomsko upravičena.

Diplomsko delo bo zajemalo vse stopnje zasnove tehnologije, od same kalkulacije pred samo potrditvijo naročila, s katero preverimo, ali je izdelava določenega kosa smotrna, do izbire pravilne tehnologije z razčlenjanjem možnih tehnologij izdelave, izdelave tehnološkega načrta za posamezno fazo do izbire pravilnega zaporedja tehnološkega postopka z vsemi kooperacijami ter na koncu tudi meritev kosa, če ustreza zahtevam, ter naknadno kalkulacijo izdelave kosa.

Posebej bom predstavil izdelavo kosa, na stružno rezkalnem centru INDEX G220 s samodejnim sistemom za nalaganje in zamenjavo palic, izdelavo programa, izbiro rezalnega orodja ter vse izzive, ki smo jih morali rešiti, da je izdelek izdelan skladno s pogoji.

1.2. Namen in cilj diplomskega dela

Namen diplomske naloge je predstaviti, kako pravilno izbrati pravilen tehnološki postopek izdelave določenega kosa, da je sama proizvodnja najbolj racionalna ter izdelek izdelan skladno z zahtevami.

Med cilje diplomske naloge spadajo:

- Želimo pokazati, kako pravilna izbira pravilnega tehnološkega postopka vpliva na samo proizvodnjo.
- Želimo prikazati, kako lahko s pravilno izbiro tehnološkega postopka znižamo stroške ter skrajšamo čas izdelave kosa.
- Želimo pokazati, kako potekata izbor in določitev postopkov izdelave kosa na CNC stroju.
- Pokazati, kako poteka sama izdelava kosa na stroju in s kakšnimi izzivi se spopadamo.
- Želimo pokazati, do katerih težav lahko pride, če ne izberemo pravilnega postopka že v načrtovanju same tehnologije.

1.3. Osnovne trditve diplomskega dela so:

- H1: Pravilna izbira tehnološkega postopka bistveno pospeši postopek izdelave kosa.
- H2: Pravilna izbira tehnološkega postopka poceni postopek izdelave kosa.
- H3: Izbira pravilnih postopkov na CNC strojih naredi samo proizvodnjo stabilnejšo.
- H4: Vpeljevanje digitalizacije v proizvodnjo nam omogoča lažjo sledljivost kosa, boljše preglednost nad samimi tehnološkimi postopki, ter časi izdelave določenega kosa.

1.3. Osnovne trditve diplomskega dela so:

- H1: Pravilna izbira tehnološkega postopka bistveno pospeši postopek izdelave kosa.
- H2: Pravilna izbira tehnološkega postopka poceni postopek izdelave kosa.
- H3: Izbira pravilnih postopkov na CNC strojih naredi samo proizvodnjo stabilnejšo.
- H4: Vpeljevanje digitalizacije v proizvodnjo nam omogoča lažjo sledljivost kosa, boljše preglednost nad samimi tehnološkimi postopki ter časi izdelave določenega kosa.

1.4. Predpostavke in omejitve

Ker so nekateri podatki zaupne narave ter naročnikova poslovna skrivnost, bom pri nekaterih podatkih prikazal približke. Prav tako tudi ne bom navajal podatkov o samem naročniku, za katerega se sam del izdeluje. Zaradi preprečevanja razkrivanja podatkov o sami tehnologiji in parametri ne morem razkriti vseh natančnih tehnoloških podatkov, lahko pa podam delne nepopolne podatke ter nakažem nekakšne njihove okvirje.

1.5. Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu bom uporabil naslednje raziskovalne metode:

- Metodo deskripcije (opisovanje določenih pojmov, dejstev in pojavov).
- Metodo kompilacije (uporaba izpiskov, citatov, navedb drugih avtorjev).
- Primerjalno metodo (primerjava enakih ali podobnih dejstev, ugotavljanje podobnosti in razlike med njimi).
- Metodo dedukcije (logično sklepanje na temelju splošnih zaznav).
- Metodo sinteze (oblikovanje zaključkov na snovi lastnih spoznanj).

2. PREGLED STANJA

2.1. Predstavitev podjetja RIEDL PRECISION d. o. o

Diplomsko delo bo izdelano na primeru v podjetju RIEDL PRECISION, d. o. o. Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1994 na lokaciji Ob Železnici v Mariboru. Prvi CNC stroj je podjetje kupilo leta 1997. Prvo naročilo iz tujine (Avstrija) je podjetje prejelo leta 1996. Podjetje je začelo skozi leta razvoja in rasti začelo iskati nove poslovne prostore ter se leta 2011 preselilo v prostore nekdanjega TVT Boris Kidrič na Studencih.

Slika 1 prikazuje proizvodne ter poslovne prostore podjetja RIEDL PRECISION d. o. o.



Slika 1: RIEDL PRECISION, d. o. o

Vir : (RIEDL PRECISION d.o.o, 2024)

Trenutno število zaposlenih je 75, vendar se sama številka spreminja glede na potrebe po zaposlenih.

Podjetje je leta 2008 uspešno pridobilo certifikata ISO 9001 in ISO 14001. Skozi čas se je zaradi vedno večjega povpraševanja po vključevanju v zgodnejše procese naših naročnikov, kot sta razvoj in konstrukcija, leta 2018 razvil oddelek razvoja in konstrukcije (R&D). Istega leta je bilo zaradi začetka izdelave izdelkov za letalsko in vesoljsko tehnologijo ustanovljeno podjetje Riedl Aerospace d. o. o., med drugim je bilo v našem podjetju izdelano ohišje za prvi satelit, ki ga je Slovenija poslala v vesolje (RIEDL PRECISION d.o.o, 2024).

98 % izdelkov, izdelanih v podjetju RIEDL PRECISION, je izdelanih za naročnike iz drugih držav, med katerimi prevladujejo Avstrija, Nemčija, Švica in Kanada.

Na spodnji sliki (Sliki 2) vidimo visoko zahtevne komponente za vesoljsko industrijo. Večino teh komponent se končno obdelava v čisti sobi.



Slika 2: Proizvodi za aerospace industrijo

Vir: (RIEDL PRECISION d.o.o, 2024)

Glavni naročniki podjetja RIEDL PRECISION d. o. o. so podjetja KTM, KNORR-BREMSE, IFE , ATLAS-COPCO, HORBIGER, MV AVGUSTA, FACC, JUNGERRICH, LUMENTUM .

Podjetje Riedl Precision d. o. o. je opremljeno z najsodobnejšo opremo za proizvodnjo izdelkov.

V strojnem parku podjetja najdemo najsodobnejše CNC stružnice, CNC Rezkalne centre, podjetje ima tako tudi sodobno opremljen merilni laboratorij. Kose, pri katerih je potrebna naknadna obdelava površine, po obdelavi na CNC strojih obdelamo v vibracijskih bobnih, s katerimi dosežemo odpravo manjših nepravilnosti na površini kosa ter odstranimo manjše kose zarobka. Kose lahko tudi po obdelavi pošljemo tudi na termične ali površinske obdelave. Med te obdelave sodijo različne oblike kaljenja, eloksiranje, pasiviranje, barvanje, cinkanje, bruniranje in še nekatere druge obdelave kosa, odvisno od naročila naročnika.

Na koncu se kosi, če je potrebno, operejo ter ustrezno zapakirajo ter počakajo na naročilo naročnika v vertikalnem skladiščnem sistemu podjetja KARDEX.

2.2. Glavni delovni procesi (oddelki) podjetja RIEDL PRECISION pri izdelavi izdelkov

2.2.1. Sprejem ter razrez materiala

Sprejem ter razrez vhodnega materiala se izvaja v oddelku razreza materiala. V tem oddelku sprejmejo vhodni material. Glavne surovine, iz katerih se izdelujejo izdelki v podjetju RIEDL PRECISION, so:

- Aluminij EN-AW 6082 (AlSi1MgMn)
- Aluminij EN-AW 7075 (AlZn5,5MgCu)
- Aluminij EN- AW-2024(AlCu4Mg)
- Jeklo 1.7227 (42CrMoS4)
- Jeklo 1.7218 (25CrMo4)
- Nerjavno jeklo 1.4301 (X5CrNi18-10)
- Nerjavno jeklo 1.4305 (X8CrNiS18-9)

Poleg navedenih zgoraj je seveda še obilo drugih vrst materialov, kot so različna jekla, bakrene zlitine, plastika in nerjaveča jekla.

Ko se v oddelku sprejme material, se preverita ustreznost spremne dokumentacije in količinska ustreznost dobavljene količine materiala. Material, ki je dobavljen, je v okrogli ali ploščati obliki.

Po sprejemu materiala in preverjanju ustreznosti se material glede na vrsto obdelave odreže na določeno mero, ki je zapisana na delovnem nalogu izdelka. Material se reže na žagah za rezanje kovine. Imamo krožne ter tračne žage za razrez materiala.

Na naslednji sliki (Slika 3) je tračna žaga DoALL z avtomatskim podajanjem materiala.



Slika 3: Tračna žaga DoALL
Vir: (directmachines.com, 2025)

Po odrezu se material shrani v za to primerno paletu ter odloži na za to določeno mesto. Vsak material se tudi označi z listom, ki nam pove indikacijsko številko materiala ter njegovo vrsto in količino.

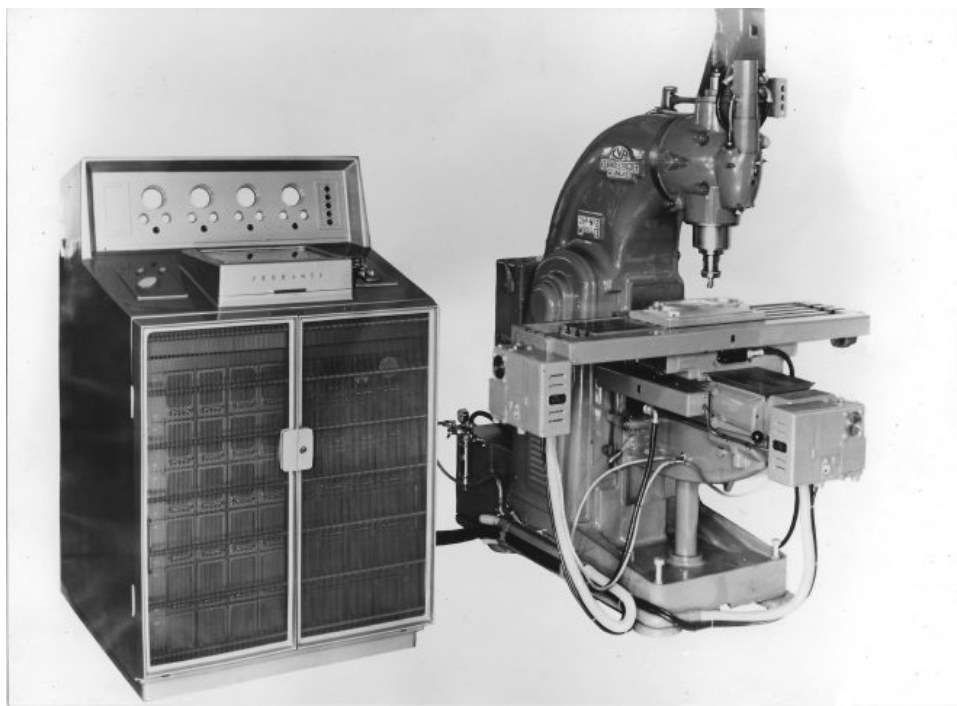
2.2.2. *Mehanska obdelava kosov*

Proces mehanske obdelave kosa poteka na različne načine odrezovanja, pri kateri se surov vstopni material preoblikuje v izdelek. Mehansko se lahko obdelujejo različni materiali, kot so kovine ter nerjaveče kovine, aluminij, plastika, les, steklo, zlitine idr.

Skozi zgodovino so se oblike strojev za mehansko obdelavo spreminjale. Medtem ko so v preteklosti pod mehansko obdelavo štela predvsem obdelava lesa in kovin z enostavnimi orodji, kot sta dletom in pilo (Balič, 2001).

Kasneje, v prvi polovici 19. stoletja, se je z razvojem strojev in orodja povečala zahteva po bolj kompleksni obdelavi kovin ter drugih materialov. Stroji za obdelavo so postali natančnejši, kompleksnejši, omogočali so obdelavo zahtevnejših toleranc ter različnega spektra materialov. Razvili so se sodobnejši postopki obdelave, kot so rezkanje, struženje, vrtanje, brušenje, rezanje, pehanje in vrezovanje.

Slika 4 prikazuje prve primere NC strojev, predhodnika sodobnih CNC strojev.



Slika 4: NC stroj

Vir: (<https://www.mybrightonandhove.org.uk/topics/technology/inventions/technology>, 2025)

Prvi NC stroji so se pojavili v prvi polovici petdesetih let v ZDA. Glavna vodila za razvoj prvih NC-strojov so bila:

- povečati produktivnost
- izboljšati kakovost in natančnost izdelkov
- zmanjšati proizvodne stroške
- izdelava zahtevnejših izdelkov, ki jih z drugimi metodami ne bi mogli izdelati

NC stroji za svoje gibanje uporabljajo fiksne logične funkcije. NC za nadzor gibanja uporablja funkcije določene kot zaporedje števil. NC poganja elektronski krmilni sistem. Za podajanje funkcij se uporabljajo mediji, kot so papirni trak ali magnetni trak. Popravki v samem programu so zelo zahtevni, saj moramo fizično popraviti trak, na katerem je zapisan program, ter ga ponovno vnesti v stroj.

CNC stroji nastanejo kasneje, ko se krmilniki NC združijo z računalniško tehnologijo in nastanejo CNC stroji (računalniško krmiljeni numerični stroji). CNC stroj je v glavnem podoben kot NC stroj, razlika je v tem, da s pomočjo računalnika podajamo funkcije krmilnemu sistemu. Stroj nam omogoča, da opravimo več različnih mehanskih obdelav na enem stroju, odvisno je seveda od vrste stroja. Popravki v programu so enostavni in hitri, saj nam stroj

omogoča tudi shranjevanje programov na samem stroju ter večkratno obdelavo z obstoječim programom glede na potrebe v proizvodnji (OTTO, 2025).

2.2.3. CNC obdelovalni stroji

CNC stroji ki se uporabljajo v proizvodnjah, so lahko različnih oblik in različnih namenov uporabe. CNC stroji se uporabljajo predvsem, ker se z njihovo pomočjo proizvodnja pohitri, obenem pa lahko izdelujemo kose zelo zahtevnih toleranc.

Poznamo dve glavni vrsti CNC strojev, to sta CNC rezkalni stroj in CNC stružnica, zraven tega pa poznamo še CNC vodene varilne stroje, CNC vodene brusilne stroje in seveda še obilo drugih strojev.

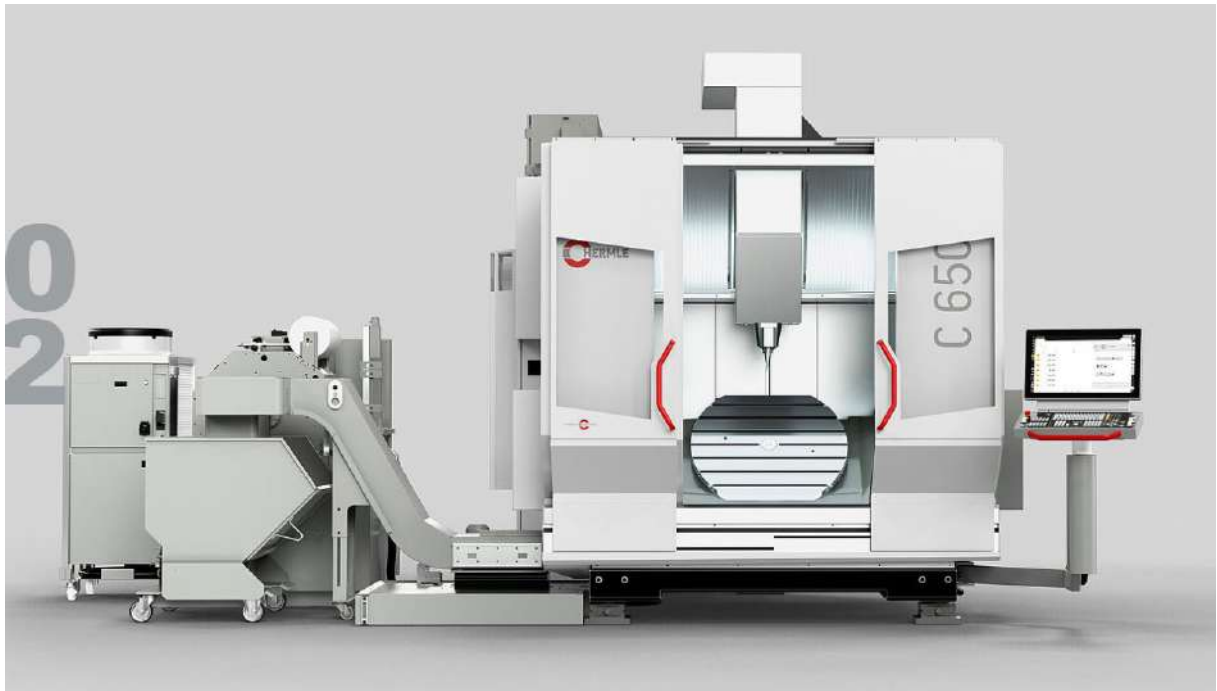
CNC stroj je voden s pomočjo motorjev, kako se giblje, pa mu pove program, ki ga vnesemo v stroj. CNC stroji lahko imajo krmilnike različnih proizvajalcev (Siemens, Fanuc)

(Pahole, 2003).

Sam se bom podrobneje lotil opisa samo dveh glavnih predstavnikov, in sicer CNC rezkalnega stroja in CNC stružnice. Te dva stroja predstavljata tudi največji delež od CNC strojev v proizvodnji podjetja RIEDL PRECISION.

CNC rezkalni stroji se v glavnem delijo na dve glavni skupini, in sicer na triosne obdelovalne CNC stroje in petosne obdelovalne CNC stroje. Njihova postavitve je lahko horizontalna ali vertikalna glede na to, kakšna je lega mize, na katero je pričvrščen obdelovanec. Prav tako pa je s tem določeno, kje se obdelovalno vreteno nahaja. Pri CNC rezkalnem stroju je rezalno orodje (rezkarji, svedri, povrtala ...) vpeto v obdelovalno vreteno. Obdelovalno vreteno lahko ima različne tipe vpetja ter različno število vrtljajev. Obdelovalno vreteno poganja motor; kaj lahko obdelujemo in s kakšnimi obdelovalnimi parametri, pa je odvisno od moči motorja.

Na spodnji sliki, na sliki 5, je prikazan sodoben precizni petosni rezkalni center z vpetjem hsk-63:



Slika 5: Sodobni CNC rezkalni stroj

VIR: (*hermle, 2025*)

Pri triosnem obdelovalnem CNC stroju je gibanje možno samo v treh smereh; to so Z, Y in X. Pri petosnem obdelovalnem CNC stroju še stroj poleg teh treh poti gibanja omogoča gibanje po A osi, kar pomeni, da se obdelovalna miza giba za določen kot ter C osi, kar pomeni, da se obdelovalna miza lahko zavrti okrog osi.

Vsak stroj ima tudi zalogovnik za orodja z različnim številom vpenjalnih mest, glede na vrsto obdelave in velikosti stroja.

Novejši CNC obdelovalni rezkalni stroji so v večini opremljeni z avtomatskim preverjanjem loma orodja, prav tako pa tudi z avtomatskim vnašanjem dolžin rezkalnega orodja. Prav tako pa tudi imajo novejši CNC rezkalni stroji možnost tudi avtonomnega delovanja z dokupom robotskih celic, ki samostojno menjujejo kose v stroju ter s tem omogočajo delovanje stroja tudi v času, ko posluževalci strojev niso prisotni pri stroju (ponoči, med vikendom).

Na obdelovalno mizo CNC rezkalnega stroja se obdelovalni kos lahko pritrdi s pomočjo različnih vpenjalnih elementov. Lahko se uporabljajo primeži, lahko pa se kos pričvrsti z uporabo določenih vpenjalnih elementov, kot so vpenjalne letve, vijaki, prečke in podobno.

Obdelovalni kosi pri obdelavi na CNC rezkalnem so lahko različnih oblik. Uporabljamo lahko surovce različnih oblik. Obdelujejo se lahko tudi kosi, ki so pred tem izdelani s kakšno drugo tehnologijo, kot so litje, stiskanje in izrezovanje.

CNC stružni stroji so pa stroji, pri katerih se obdelovalni material vrti s pomočjo vretena. Poznamo različne vrste CNC stružnic, od eno- do večvretenskih ter tako tudi od CNC stružnic z enim revolverjem ter stružnic z več revolverji in stružnic z rezkalnimi glavami. Obdelovalno orodje se s pomočjo držal vpne na revolver. Med obdelovalnim orodjem poznamo rezalno orodje za zunanje struženje in notranje struženje, vrtalno orodje, orodje za pehanje. Prav tako se lahko s pomočjo gnanega orodja na revolversko glavo vpne rezkalno orodje, vrtalno orodje in orodje za izdelovanje navojev.

Na naslednji sliki (Slika 6) je visoko produktivna CNC opremljen z enim ali dvema revolverskima nosilcema orodja in dvema vretenoma.



Slika 6: Sodobna CNC stružnica

Vir: (Teximp, 2025)

Material, ki se obdeluje, je lahko v obliki palic različnih oblik (kvadratne, okrogle, posebne oblike), lahko pa tudi v obliki različnih surovcev, ki se vpnejo v vpenjalne klešče na stroju.

Če imamo material v obliki palic, lahko za avtonomno delovanje stroja uporabljamo podajalec palic, ki nam sam dovaja material za obdelavo, prav tako nam, ko se material porabi, avtomatsko menja z novim.

Nekatere CNC stružnice so opremljene tudi z roko, ki nam končan kos odstrani iz stroja. Lahko pa se za to uporabi tudi robot.

Naš izdelek bomo izdelovali na CNC stružnici z dvema vretenoma, enim revolverjem, enim rezkalnim delom. Stroj lahko obdeluje material do premera 65 mm, če se uporablja podajalnik palic oziroma do 230 mm, če se kos vpne v vpenjalno glavo. Ker so naši kosi manjšega premera, bomo uporabljali vpenjalne klešče, za menjavo kosa pa podajalnik palic. Stroj je tudi opremljen z roko, ki nam omogoča iznos končanega kosa, kar pa pomeni, da bo stroj deloval avtonomno.

Kos bomo obdelovali na prvem vretenu ter na drugem hkrati. To je mogoče, ker ima stroj en revolver in eno stružno-rezkalno enoto. Stružno-rezkalno enoto bomo uporabljali predvsem za glavne operacije rezkanja, medtem ko bomo večino ostalih operacij opravljali s pomočjo revolverja (Stephenson, 2016).

2.2.4. BRUSILNI STROJI

Operacije brušenja komadov uporabljamo takrat, ko so predpisane tolerance takšne, da jih s klasičnimi operacijami na CNC strojih ne moremo zagotoviti. Lahko pa jih uporabimo tudi zaradi zagotavljanja predpisane tolerance površine.

Poznamo stroje za brušenje okroglih kosov ter stroje za ploskovno brušenje.

Prav tako poznamo CNC vodene brusilne stroje ali klasične mehansko vodene brusilne stroje.

Brusilni stroji svojo nalogo brušenja kosa opravljajo s pomočjo brusnega sredstva. Brusno sredstvo je lahko iz različnih zmesi, odvisno, kakšen material obdelujemo. Pogosto so izdelani iz aluminijevega oksida (Al_2O_3) ali kubičnega borovega nitrida (CBN).

2.2.5. REZALNO ORODJE ZA CNC OBDELOVALNE STROJE

Za obdelavo kosov na CNC strojih (CNC stružni stroji, CNC rezkalni stroji) uporabljamo različne vrste rezalnega orodja.

Glavne skupine orodij za CNC stroje so:

- ploščice za stružne nože (notranje, zunanje struženje, navojne)
- ploščice za rezkalne glave
- rezkarji (kolutni, navojni, sodčkasti)

- svedri
- povrtala
- specialna orodja (orodja, narejena po meri)

Na naslednji sliki (Slika 7) je prikazan širok spekter serijskega rezilnega orodja.



Slika 7: Sodobno rezilno orodje

Vir: (hsc-schmidt, 2025)

Ker so lahko materiali, ki jih obdelujemo, različni, je rezalno orodje narejeno iz različnih materialov. Največkrat so v novejšem času izdelana iz karbidne trdnine, rezalne keramike, hitroreznih jekel (HSS) ali polikristalnih rezalnih materialov (Sandvik Coromant - E learning).

Katero vrsto materiala orodja izberemo, se odločimo glede na material, ki ga obdelujemo. Nekakšne osnovne zakonitosti pri izbiri so:

- trdota samega orodja mora biti višja od trdote obdelovanca, ki ga bomo obdelovali;
- orodje mora biti čim bolj žilavo;
- čim višja temperaturna obstojnost orodja (odvisna od materiala, ki ga obdelujemo) in
- čim bolj odporna na obrabo.

Vendar pa orodja, ki bi pokrivalo vse lastnosti, ni. Zato po navadi povečanje ene od lastnosti zmanjša drugo.

V sodobnem času si lahko pri izbiri orodja pomagamo z različnimi spletnimi stranmi proizvajalcev orodij, ki nam, če podamo vrsto materiala, tip operacije in lastnosti stroja, sam priporoči najboljše orodje za naše obdelave.

Pri izbiri orodij sta zelo pomembni tudi cena orodja ter razmerje med ceno in obstojnostjo orodja.

Pravilna izbira rezalnega orodja se kaže v večji konkurenčnosti, kar pomeni večjo produktivnost, boljšo kvaliteto izdelanih kosov ter manjših stroškov proizvodnje ter s tem konkurenčnost na trgu.

2.2.6. Vrste rezalnega orodja

Glede na materiale, ki jih bomo obdelovali, poznamo različne vrste rezalnega orodja. Orodje je glede na vrsto ločeno z oznako ter barvo.

Ločimo:

- P - Modro – jeklo
- M - Rumeno – nerjaveče jeklo
- K - Rdečo – lito železo
- N - Zeleno – aluminij
- S - Oranžna – toplotno odporna jekla
- H - Sive – termično obdelana jekla

Rezne ploščice za zunanjo ter notranjo obdelavo in rezalne glave so lahko različnih oblik. Ploščice za grobo obdelavo so takšne oblike, da so rezalni robovi čim močnejše konstrukcije. Prav tako pa tudi radij ploščice mora biti večji. Med tem ko so ploščice za fine obdelave bolj koničaste oblike, rezalni rob ima manjši radij, da je površina po končani operaciji čim manj hrapava.

Z izbiro pravilne oblike rezalne ploščice lahko pohitrimo proizvodnjo ter zmanjšamo zastoje v proizvodnji zaradi loma orodja (Peter Glažar, 2025).

Medtem ko na CNC stružnicah večino operacij opravimo z rezalnimi ploščicami, pa na CNC rezkalnih centrih to poteka z rezkarji ali rezkalnimi glavami.

Rezkarji so lahko iz karbidne trdnine ali hitroreznih materialov. V sodobni proizvodnji je večina rezkarjev narejenih iz karbidnih trdnin, saj nam omogočajo dosego višjih hitrosti obdelave, prav tako pa tudi večjih odjemov materiala. Eden izmed glavnih faktorjev izbire vrste rezkarjev je

poleg materiala, ki ga obdelujemo, višina, do katere želimo obdelovati z rezkarjem. Z uporabo programov za programiranje CNC strojev lahko s tako imenovanim dinamičnim rezkanjem, pri katerem nam program izračuna pot orodja, da je rezkar ves čas v objemu z materialom z enako površino, zelo dolgo dobro uporabnosti orodja, obenem pa je zaradi malega objema zelo hiter.

Eden izmed večjih sklopov so tudi orodja za vrtanje. Orodja poznamo različnih oblik. Od navadnih spiralnih svedrov do tako imenovanih topovskih svedrov, ki nam poleg vrtanja lukenj velikih premerov omogočajo tudi struženje v različne smeri. Poznamo tudi svedre za globoke luknje, ki lahko izvrtajo luknje zelo velikih globin.

Orodje za izdelovanje navojev, kamor uvrščamo navojne ploščice za zunanje in notranje navoje, navojne svedre in navojne rezkarje. Katero vrsto navojnega orodja bomo izbrali, vpliva, kje na kosu se navoj nahaja. Če je navoj v luknji, lahko uporabimo navojni rezkar ali sveder. Če je kos, ki ga obdelujemo, okrogle oblike, lahko za zunanji in notranji navoj uporabimo navojne ploščice. Navoje lahko tudi vtiskujemo. Pomembno pri izbiri orodja je tudi, kakšen navoj želimo izdelati, torej kakšen standard in tip navoja sta podana.

2.2.7. *Programiranje CNC obdelovalnih strojev*

Med operacije programiranja CNC stroja štejemo operacije izdelave programa za obdelavo kosov, izdelavo spremne dokumentacije (nastavni list, list orodja), naročilo orodja in drugih potrebnih komponent za izdelavo kosa.

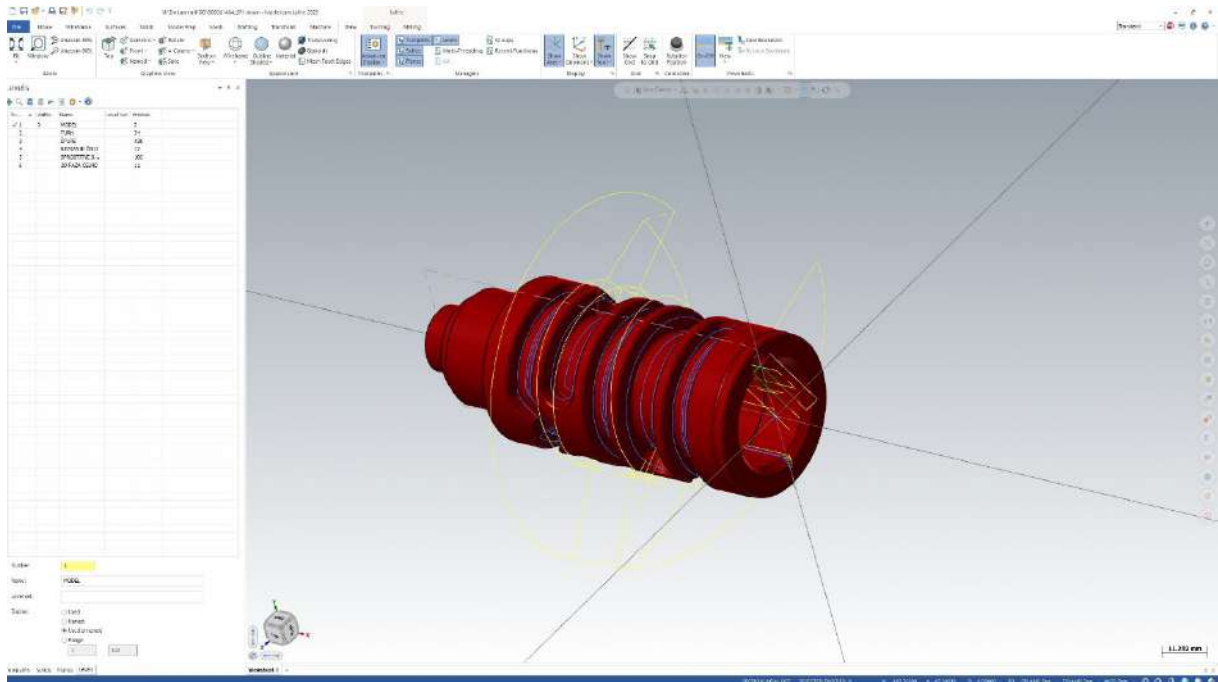
Medtem ko se je v preteklosti večino programov za CNC stroje napisalo neposredno na stroju z uporabo G-kode ali ciklov, ki nam jih stroj omogoča, se sedaj za programiranje CNC strojev v večini uporabljajo računalniški programi.

Ker programiranje oz. priprava dela predstavlja veliki del izdelave kosa, hočemo ta čas čim bolj skrajšati in preprečiti daljše zastoje stroja. Prav tako pa je potrebno pri pripravi dela zagotoviti, da ne prihaja do kolizij pri nastavljanju stroja med strojnimi komponentami oz. med strojnimi komponentami in obdelovalcem, saj nam vsaka kolizija oz. trk predstavlja daljši izpad stroja iz proizvodnje, prav tako pa tudi s tem povezanim stroškom s servisom.

Programsko okolje nam omogoča, da samo izdelavo kosa čim bolj optimiziramo ter skrajšamo vse nepotrebne hode ter proste gibe stroja.

Pri programiranju stroja v računalniškem programu uporabljamo model izdelanega kosa, ki nam ga lahko zagotovi naročnik ali pa si ga narišemo sami. Da prihaja do čim manj napak, mora bit kos narisan natančno.

Na spodnji sliki (Slika 8) lahko vidimo obdelovanca, program v programskem orodju Mastercam.



Slika 8: Program, izdelan v Mastercam

Vir: (Lastni vir, 2025)

V program moramo vnesti orodje , ki ga bomo pri obdelavi uporabili ali ga poiskali v obstoječi bazi orodja. Orodje zaradi kontrole trkov med orodjem in obdelovancem ter strojem mora biti v programu izdelano in nastavljeno tako, kot bi bilo realno v stroju.

Dodeliti pa mu moramo tudi pravilne obdelovalne režime, kot so globina reza, ki nam ga orodje omogoča, hitrost podajanja in vrtiljaje, ki jih CNC stroj dosega.

Ko določimo orodje in vnesemo kos, ki ga želimo obdelovati, v program vnesemo tudi karakteristiko materiala, iz katerega bomo kos izdelali in po možnosti tudi, kako bo surovec vpet v stroju.

V programu določimo zaporedje obdelav kosa. Na stružnicah je vedno najprej naslon, na katerega podajalec palic omeji potiskanje novega surovca. Za tem izdelamo operacije vrtnja, sledijo jim obdelave zunanosti in notranosti. Naslednjo bi izbrali rezkanje, na koncu pa preprijem ter odrez kosa. Preprijem pomeni, da stroj z dvema vretenoma preprime kos z drugim,

torej nasprotnim vretenom, kos na prvi strani ter ga odnese ter pripravi za obdelavo na drugi strani. Preden pa lahko kos odnese na drugo stran, ga stroj na primerno dolžino tudi odreže. Vse te operacije določimo in sprogramiramo s pomočjo računalniškega programa Vrstni red pa je za vsak kos drugačen. Večinoma je odvisen od znanja ter izkušenj programerjev.

Računalniško programiranje pa nam omogoča tudi izdelavo programov za bolj zahtevne in kompleksnejše oblike. Tako lahko s pomočjo računalnika in ustrezne operacije znotraj programa izdelamo tudi najrazličnejše 3D-oblike. Ročno programiranje takšne oblike je skoraj nemogoče, saj nam program predstavlja na tisoče točk, po kateri orodje potuje. Določimo pa lahko tudi glede na to, kakšno površino na tej 3D-obliki hočemo, kolikšno je prekrivanje teh poti orodja.

Program pa nam omogoča tudi obdelavo 3D-kontur in ostalih oblik, tudi iz različnih ravnin. To v programerskem jeziku pomeni 5 osnih obdelav. Petosne obdelave v večini poznamo pri rezkalnih ali stružno rezkalnih CNC strojih. Pomeni pa, da sem med obdelavo premikata tako surovec kot orodje in nam omogoča obdelavo tudi iz drugih strani ter drugačnih povezanih poti orodja, ki jih s 3-osnim premikanjem orodja ne bi dosegli. Seveda pa mora te obdelave omogočati stroj.

Petosne obdelave v našem podjetju največ uporabljamo pri posnemanju robov in odstranjevanje zarobka na obdelovancu. 3D-obdelave pa uporabljamo v večini pri kosih za letalsko in vesoljsko industrijo, kjer morajo zaradi tega, ker so površine vidne, biti očesno brez napak in prehodov orodja. Prav tako pa se uporablja tam, kjer z navadnim orodjem in orodjem izdelanim po meri izdelava ni mogoča, bodisi zaradi oblike bodisi zaradi prostora.

Spodnja slika, Slika 9, prikazuje kos pri obdelavi s petosnimi obdelavami. Z njimi lahko izdelamo najzahtevnejše oblike.



Slika 9: 5-osna obdelava

Vir: (<https://www.longshengmfg.com/5-axis-cnc-machining-services/>)

Da je program iz računalnika primeren za uporabo na našem stroju, skrbi postprocesor. Postprocesor prevede računalniški program v pravilno obliko za naš krmilnik ter ga spremeni v programski jezik za CNC stroje. Izdelajo ga pri dobavitelju programa, je pa za vsak stroj izdelan po želji naročnika. Določene funkcije, ki jih želimo vključiti, se lahko namreč dodajo pri obdelavi in so odvisne od tipa stroja, ki nam jih dopušča.

Osnovni programski jezik je G-koda, ki je standardiziran. Se pa določeni ukazi, ki opravljajo določene funkcije, ki niso standardni, razlikujejo se pa od stroja do stroja.

Osnovne funkcije G-kode:

X – pomik v smeri X osi

Y – pomik v smeri Y osi

Z – pomik v smeri Z osi

U – absolutni pomik v smeri X osi

V – absolutni pomik v smeri Y osi

W – absolutni pomik v smeri Z osi

A, B – pomožne osi, npr. sekundarno vreteno, orodni revolver, vpenjalna miza (4. in 5. os)

C – stopinje orientacije vretena

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

F – podajalna hitrost v mm/min oziroma mm/vrtljaj

S – programirano število obratov stroja

T – oznaka oziroma koda orodja (ang. tool)

G – oznaka programske funkcije

M – oznaka pomožne programske funkcije.

Vsaki črkovni oznaki pa sledi številčna vrednost v pozitivni ali negativni smeri in nam pove, za koliko se bo v tej smeri koordinatnega sistema stroj premaknil. Pri vsakem orodju moramo

tudi določiti vrtilno hitrost vretena, hitrost podajanja, rezalno hitrost, orodje, s katerim bomo obdelovali.

Da preprečimo različne nepravilnosti pri programiranju ter da dobimo sliko ter čas, kako bo kos izdelan, uporabljamo programe za simuliranje stroja. To pomeni, da dejansko še pred samo obdelavo na stroju lahko program testiramo v programskem jeziku stroja ter z vsem vpetim orodjem in surovci v stroju. Te simulacije nam omogočajo tudi lažjo določitev cen za določen izdelek, saj dobimo realnejše čase obdelave kosa, saj so vključene tudi menjave orodja ter ostale vrednosti, ki v program za programiranje niso vštete oziroma jih ne moremo nastaviti tako natančno.

Najbolj znani in razširjeni programi za programiranje CNC strojev:

- Mastercam
- SolidCam
- Siemens NX
- 360 Fusion

Programi za simuliranje programa po G-kodi:

- Vericut
- Cimco simulacija
- Virtuale Machine za stroje Index

2.2.8. *Kontrola produktov v proizvodnji*

V podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. dajemo izjemen pomen zagotavljanju kakovosti izdelkov, saj se zavedamo, da je kakovost eden izmed temeljnih dejavnikov za doseganje konkurenčnosti, zadovoljstva kupcev ter dolgoročne stabilnosti poslovanja. Sistem kakovosti je integriran v vse faze delovanja podjetja – od začetka proizvodnje do končnega pakiranja in odpiranja izdelkov in je usklajen z najvišjimi industrijskimi standardi. Ključno vlogo pri tem ima služba za zagotavljanje kakovosti (QS – Qualitäts-Sicherung), ki v podjetju deluje kot neodvisni kontrolni organ, pristojen za spremljanje in preverjanje skladnosti izdelkov ter podporo pri kakovostnem upravljanju procesov.

Služba za zagotavljanje kakovosti opravlja nadzor ne le znotraj lastne proizvodnje, temveč tudi v vseh povezanih sektorjih, kot so kooperacijski postopki (npr. cinkanje, termične obdelave, eloksiranje), pakiranje in končno pranje izdelkov. Njihovo delovanje temelji na sistematičnem pristopu in strokovnem znanju, podkrepljenem z uporabo sodobne merilne opreme in metod.

Med osnovne naloge oddelka QS sodijo:

- Sprostitev vzorcev v proizvodnji, torej prva odobritev za začetek serijske izdelave po opravljeni meritvi začetnega vzorca.
- Obodna kontrola kosov, ki so trenutno v fazi proizvodnje – nadzor v realnem času z namenom preprečevanja izmeta.
- Pregled naključnega vzorca izdelkov iz preteklih izmen, s čimer se zagotavlja konsistentnost kakovosti v celotnem delovnem ciklu.
- Kontrola kosov iz kooperacij, torej pregled vhodne kakovosti izdelkov, ki so bili predhodno obdelani zunaj podjetja (npr. termična obdelava, površinska zaščita).
- Sodelovanje s kupci pri reševanju reklamacij, pri katerih QS oddelek zagotavlja strokovno podporo pri analizi neskladnosti, iskanju vzrokov in določanju korektivnih ukrepov.
- Vključevanje v razvoj novih projektov, kjer že v zgodnjih fazah sodelujejo pri zasnovi kakovosti izdelkov v skladu z zahtevami kupca.
- Priprava dokumentacije za sprostitve vzorcev (PPAP, ISIR, FAI ipd.), ki se predložijo kupcu kot dokaz skladnosti z zahtevami.
- Na naslednji sliki (Slika 10) je fotografija merilnega laboratorija v podjetju.



Slika 10: Merilni laboratorij

Vir: (Riedl Precision d.o.o, 2025)

Postopek kontrole vzorcev v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. poteka po jasno določenem vrstnem redu, ki zagotavlja natančnost, sledljivost in ponovljivost rezultatov. Na osnovi tehnične risbe kupca ali notranje tehnološke risbe služba QS pripravi merilni protokol oziroma seznam karakteristik, ki jih je potrebno izmeriti. V primeru kompleksnejših geometrij in zahtevnih toleranc pripravi tudi program za 3D-koordinatni merilni stroj (CMM) ali 3D-optični čitalnik, odvisno od vrste izdelka in zahtev merjenja.

Po pripravi programa nastavljaavec stroja v proizvodnji pripravi vzorec, ki je namenjen merjenju. Preden ga preda v pregled QS-oddelku, sam opravi osnovne meritve, pri čemer izmeri tiste karakteristike, za katere so na voljo standardna merilna sredstva (npr. čeljustniki, mikrometri, globinomeri). Rezultate teh meritev zabeleži neposredno na tehnično risbo.

Nato se vzorec skupaj z dokumentacijo preda strokovnjaku v oddelku QS, ki izvede celovit pregled. Ta vključuje:

- preverjanje že izmerjenih dimenzij in primerjavo z zapisanimi vrednostmi,
- izvajanje meritev kompleksnejših geometrijskih značilnosti, ki jih nastavljaavec ni mogel izmeriti,
- dodatne kontrole, kot so geometrijske tolerance, koncentričnost, pravokotnost, hrapavost površin ipd.

Meritve se izvajajo s pomočjo napredne merilne opreme, pri čemer so ključni elementi merilni laboratorij in 3D-koordinatni merilni stroji. V podjetju imamo v uporabi tri sodobne CMM naprave, ki omogočajo visoko natančnost, avtomatizacijo meritev ter povezavo z digitalno dokumentacijo.

Vse izmerjene vrednosti se beležijo v uradne kontrolne zapise. Tolerančno skladne meritve se označijo z zeleno barvo, medtem ko se vse meritve, ki odstopajo od predpisanih toleranc, zapišejo z rdečo barvo. V primeru popolne skladnosti vseh merilnih značilnosti tehnični načrt potrdi pristojna oseba v QS-oddelku z žigom in podpisom.

Na naslednji sliki, sliki 11, je merilni stroj Zeiss Accura, kot ga imamo sami v podjetju.



Slika 11: Merilni stroj Zeiss Accura

Vir: (Zeiss, 2025)

Vsa spremljajoča dokumentacija se nato elektronsko shrani v informacijski sistem podjetja ter se poveže z identifikacijsko oznako izdelka ali serije, kar omogoča popolno sledljivost v celotni dobi uporabnosti izdelka. V primeru naknadne reklamacije ali potrebe po dodatni analizi je tako možen takojšen vpogled v zgodovino meritev, postopkov kontrole in potrjevanja.

Z integracijo natančnih kontrolnih postopkov, sodobne merilne opreme in usposobljenega kadra na področju kakovosti podjetje RIEDL PRECISION d. o. o., zagotavlja, da vsak izdelek, ki zapusti proizvodnjo, ustreza vsem tehničnim in kakovostnim zahtevam. S tem ne zagotavljamo le skladnosti in varnosti izdelkov, temveč tudi zaupanje kupcev, ki temelji na dosledni kakovosti in zanesljivosti procesov.

3. POSTAVITEV TEHNOLOGIJE MEHANSKE OBDELAVE KOSOV ZA MOTO INDUSTRIJO

Pričetek novih projektov v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. praviloma izhaja iz prejetega povpraševanja s strani obstoječih ali potencialnih novih poslovnih partnerjev. Gre za standardiziran postopek, v katerem se na podlagi specifikacij, tehnične dokumentacije ter poslovnih zahtev kupca preveri možnost izvedbe, nato pa se pristopi k razvoju tehnološke rešitve za izdelavo želenega izdelka.

V konkretnem primeru obravnavanega projekta gre za izdelek, naročen s strani že obstoječega strateškega partnerja podjetja, s katerim podjetje RIEDL PRECISION sodeluje že dalj časa. Naročnik sodi med vodilna svetovna podjetja na področju razvoja in proizvodnje motornih koles, znan pa je predvsem po svojih inovacijah, kakovostnih produktih ter izjemni prisotnosti v svetu motošporta.

Njihova osnovna ponudba že tradicionalno vključuje motorna kolesa za vožnjo po brezpotjih, ki sodijo med najbolj uveljavljene proizvajalce v tem segmentu. V zadnjih letih pa podjetje vse več pozornosti namenja tudi razvoju cestnih motornih koles, s čimer dopolnjuje svojo ponudbo in se uveljavlja tudi na področju dirkalnih motociklov. Poseben poudarek dajejo tekmovalnemu segmentu, predvsem udeležbi v tekmovanju MOTO GP, kjer se redno uvrščajo med najboljše ekipe ter beležijo številne uspehe. Poleg tega so večkratni zmagovalci mednarodnega vzdržljivostnega relija, kar potrjujeta kakovost in zanesljivost njihovih produktov, tudi v najzahtevnejših pogojih.

Za podjetje RIEDL PRECISION d. o. o. ta naročnik predstavlja enega izmed ključnih poslovnih partnerjev, saj približno 40 % celotne proizvodnje podjetja predstavljajo izdelki, namenjeni prav temu kupcu. Obseg sodelovanja je obsežen in tehnično raznolik, kar zahteva izjemno visoko raven kakovosti, natančnosti ter zanesljivosti v vseh fazah proizvodnega procesa.

Med glavnimi izdelki, ki jih podjetje RIEDL PRECISION proizvaja za tega naročnika, so predvsem osi za sprednje in zadnje kolo, srednje osi motorja ter drugi precizni mehanski deli. Poleg teh osnovnih komponent pa podjetje proizvaja tudi menjalne (prestavne) bobne, ki so sestavni del menjalnega sistema motorja ter različne vijake, nosilce in druge kompleksne sestavne dele, ki se vgrajujejo v notranjost motorja ali šasijskega okvira.

Ti izdelki zahtevajo visoko stopnjo mehanske obdelave, tesno toleranco, obvladovanje zahtevnih materialov in površinskih obdelav ter natančno sledljivost skozi celoten proizvodni proces. Prav zato podjetje pri tovrstnih projektih posebno pozornost namenja načrtovanju optimalne tehnologije, saj morajo biti izdelki izdelani v skladu z zahtevami tehnične dokumentacije, obenem pa morata biti zagotovljeni ekonomska učinkovitost in stabilnost proizvodnje.

V okviru diplomskega dela se bom tako osredotočil na konkreten primer izdelave menjalnega bobna, pri čemer bom podrobno analiziral postopek vpeljave izdelka v proizvodnjo, od začetne komunikacije z naročnikom, preko načrtovanja tehnologije in obdelovalnih postopkov do končnega vrednotenja izdelka. Namen te analize je prikazati, kako se v podjetju RIEDL PRECISION pristopa k tehnološkemu razvoju v sodelovanju z najzahtevnejšimi partnerji in kako se zagotavlja najvišja raven kakovosti ob hkratni optimizaciji stroškov in časa izdelave.

3.1.PREDSTAVITEV IZDELKA TER ZAHTEVE KUPCA

Izdelek, za katerega bosta v okviru tega projekta izvedeni zasnova in vpeljava nove tehnologije izdelave, predstavlja sestavni del pogonskega sklopa motornega kolesa. Gre za menjalni valj (imenovan tudi prestavni boben), ki ima ključno vlogo pri delovanju menjalnika. Njegova osnovna naloga je, da preko rotacijskega gibanja in natančno oblikovanih kanalov ter vodil zagotavlja pravilno nameščanje zobnikov v menjalniku glede na izbrano prestavo. Ob vsakem premiku menjalnega vzvoda mora valj premakniti prestavne vilice v točno določen položaj, s čimer se doseže želena prestavna razmerja. Zaradi tega je njegova geometrija izredno pomembna za delovanje celotnega pogonskega sistema, kar posledično zahteva visoko natančnost pri izdelavi.

Na osnovi tehnične dokumentacije in konstrukcijskega načrta je razvidno, da bo izdelek izdelan iz jekla 11SMn, ki je znano po svoji dobri obdelovalnosti, vendar obenem zahteva natančno obvladovanje rezalnih parametrov in pogojev, saj gre za material, ki kljub dobri strojni obdelavi zahteva premišljeno izbiro tehnologije. Po končani mehanski obdelavi bo teža posameznega kosa znašala približno 0,431 grama, kar pomeni, da gre za manjši kos z visoko zahtevnostjo glede natančnosti in površinske kakovosti.

V tehnološkem procesu je predvideno, da bo izdelek po osnovni obdelavi podvržen termični obdelavi (najverjetneje kaljenju), s čimer se izboljšajo njegove mehanske lastnosti, kot so trdota, odpornost proti obrabi ter trajnost v pogojih dinamičnih obremenitev. Po termični obdelavi sledijo še končne mehanske obdelave, ki morajo upoštevati vse dimenzijske in geometrijske zahteve, ob tem pa tudi morebitne deformacije, ki lahko nastopijo kot posledica kaljenja. Po zaključeni obdelavi in končni kontroli kakovosti se izdelek pred odpremo naolji, kar služi kot zaščita pred korozijo med transportom in skladiščenjem.

Spodnja slika , Slika 12, prikazuje kos v končnem stanju, torej po izvedenih vseh mehanskih in termičnih obdelavah ter pripravi za končno pakiranje.



Slika 12: Izdelek, za katerega se izdelava tehnološki postopek

Vir: (Lastni vir, 2025)

Ob natančnem pregledu tehnične risbe je razvidno, da so na izdelku podane zelo ozke tolerance, ki zahtevajo visoko stopnjo natančnosti pri obdelavi. Zaradi zahtevnosti nekaterih dimenzij in zahtevanih geometrijskih toleranc (kot so pravokotnost, vzporednost, koncentričnost ipd.) je jasno, da klasična merilna sredstva (kot so mikrometri, merilne ure ali čeljusti) ne zadostujejo za celovito in zanesljivo preverjanje ustreznosti izdelka.

Zaradi tega se v ocenjevanje merilnih postopkov in potrjevanje ustreznosti vključuje tudi oddelek za kontrolo kakovosti, ki na podlagi tehnične dokumentacije in kompleksnosti kosa izvede analizo merilnih zahtev ter predlaga najprimernejše metode merjenja za posamezne karakteristike. V tem primeru so za določene mere in geometrijske lastnosti predvidene meritve z uporabo 3D-merilnega stroja (koordinatnega merilnega stroja – CMM), ki omogoča izredno natančno tridimenzionalno merjenje kompleksnih površin in geometrijskih razmerij.

Uporaba sodobne merilne opreme je nujna, saj omogoča natančno spremljanje kakovosti, primerjavo z zahtevami iz načrta ter dokumentiranje rezultatov, kar je ključno tako za notranji nadzor kakovosti kot tudi za poročanje naročniku. Poleg tega meritve, opravljene s 3D-strojem, služijo tudi kot osnova za morebitne korekcije obdelovalnih poti in optimizacijo postopkov v primeru odstopanj.

S tem pristopom podjetje zagotavlja, da so vsi izdelki skladni s tehničnimi zahtevami in standardi kakovosti, ki jih postavlja naročnik, ter da so že v fazi razvoja tehnologije predvideni vsi potrebni koraki za doseganje stabilne in ponovljive proizvodnje.

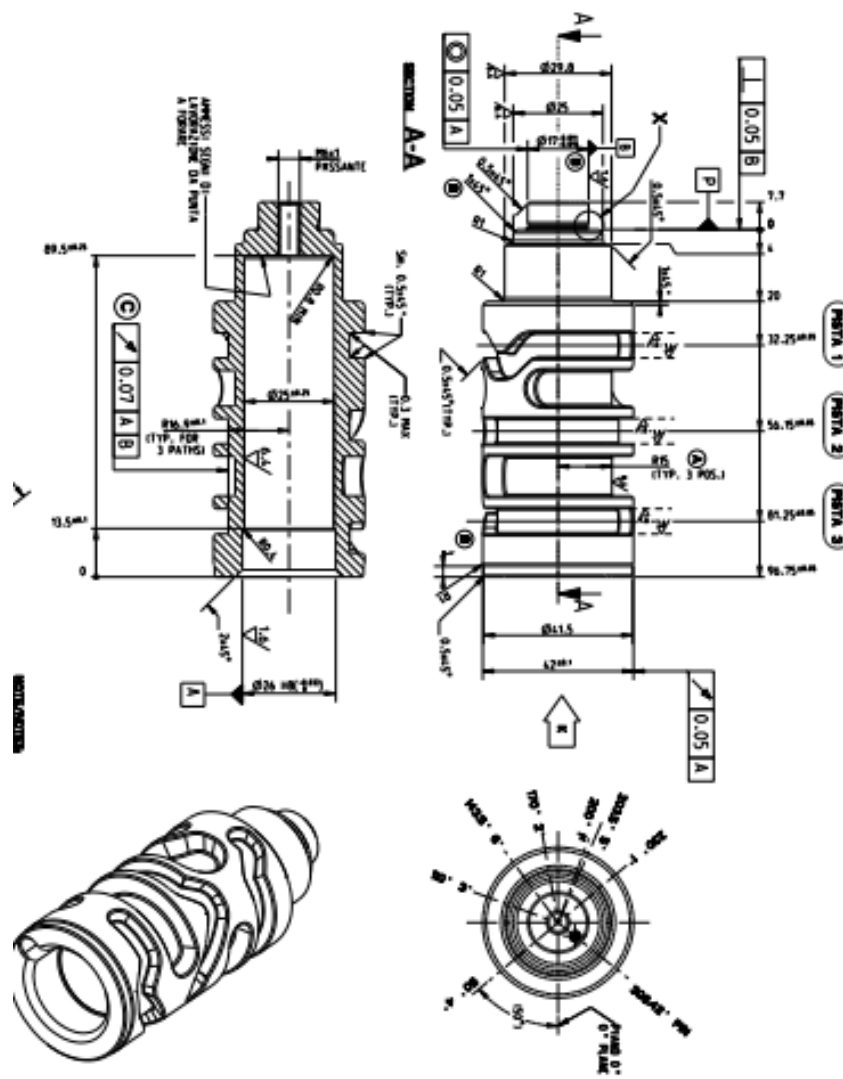
3.2.PREGLED MOŽNOSTI IZDELAVE POVPRASHEVANEGA KOSA

Ob prejemu povpraševanja za nov izdelek s strani naročnika se v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. najprej izvede temeljita analiza tehnične dokumentacije, ki jo posreduje kupec. V začetni fazi ocenjevanja je ključnega pomena natančen pregled tehničnega načrta, vključno z vsemi dimenzijskimi zahtevami, tolerancami, površinskimi obdelavami, materialnimi specifikacijami ter morebitnimi dodatnimi tehničnimi pogoji. S tem pridobimo celosten vpogled v kompleksnost izdelka ter opredelimo osnovne tehnične in tehnološke izzive, ki jih bo potrebno obvladati v procesu proizvodnje.

V primeru obravnavanega izdelka, torej menjalnega valja, je bila že ob prvem pregledu tehnične risbe ugotovljena pomembna posebnost – zahtevana je zelo ozka toleranca zunanjega premera, in sicer $42 \pm 0,1$ mm. Takšna toleranca pomeni, da je potrebno zagotoviti izjemno

natančno mehansko obdelavo, kar izključuje možnost, da bi bil zunanji premer izdelka že ustrezno definiran z uporabo standardno dobavljivega surovca. Zaradi ovalnosti in dimenzijskih odstopanj pri valjanju ali vleki standardnih palic iz osnovnega materiala je namreč nemogoče zanesljivo zagotoviti skladnost s to toleranco brez dodatne mehanske obdelave.

Na naslednji sliki (Slika 13) je načrt, ki smo ga prejeli od naročnika.



Slika 13: Načrt kosa

Vir: (Lastni vir, 2025)

Na podlagi te ugotovitve je bila sprejeta odločitev, da se za izdelavo izbere material s presekom premera 42,3 mm, ki omogoča zadostno zalogo materiala za mehansko obdelavo ter s tem zagotavlja, da se lahko končna dimenzija ustrezno definira z obdelovalnim postopkom. S tem se prepreči tveganje, da bi izdelki zaradi odstopanj osnovnega surovca že v začetku izpadli z dimenzijskega območja predpisane tolerance.

Zaradi konstrukcijskih značilnosti kosa, ki poleg struženih površin vključuje tudi utorne elemente in druge kompleksnejše geometrijske značilnosti, je bila kot najprimernejša izbrana izdelava kosa na CNC stružno-rezkalnem centru. Ta vrsta stroja omogoča kombinacijo več obdelovalnih postopkov v enem samem vpenjanju, kar pomeni večjo natančnost, ponovljivost in krajši čas obdelave. Na ta način je mogoče doseči tako visoko natančnost krožnih obdelav kot tudi kakovostno izvedbo ravninskih in utornih elementov, brez potrebe po dodatnih vpenjanjih ali premeščanju kosa med stroji, kar bi lahko vplivalo na natančnost in produktivnost.

V konkretnem primeru bo izbrani izdelek izdelan na sodobnem CNC stružno-rezkalnem centru INDEX G220, ki je v podjetju že preizkušen pri podobnih izdelkih. Na podlagi predhodnih izkušenj s primerljivimi kosi v serijski proizvodnji lahko z gotovostjo trdimo, da stroj v celoti izpolnjuje tehnične zahteve izdelka. Dodatna prednost uporabe tega stroja je tudi visoka stopnja avtomatizacije, saj je stroj integriran z avtomatskim podajalnikom palic, ki omogoča neprekinjeno oskrbo s surovci, kar bistveno pripomore k nemotenemu poteku proizvodnje in zmanjševanju časovnih izgub.

Poleg podajalnika palic je stroj opremljen tudi z manipulativno roko za iznos končnih izdelkov, ki avtomatizirano odstrani izdelan kos iz stroja in ga transportira do naslednje faze obdelave ali skladiščenja. Takšna zasnova proizvodne celice omogoča visoko produktivnost, zmanjšuje potrebo po ročnem delu in prispeva k večji ponovljivosti kakovosti, saj se celoten proces odvija pod nadzorovanimi pogoji.

Izbira stroja in dodatne opreme tako ni bila zgolj tehnična odločitev, temveč tudi strateška izbira, ki podpira cilje podjetja na področju avtomatizacije, kakovosti ter stroškovne učinkovitosti proizvodnje.

3.3. DOLOČITEV TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA IZDELAVE KOSA

Za vsak nov izdelek, ki se v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. vpeljuje v proizvodni proces, je ključnega pomena skrbna in natančna priprava tehnologije. Postopek se prične s

pregledom tehnične dokumentacije, ki jo posreduje naročnik, pri čemer tehnološki oddelek v sodelovanju z oddelkom konstrukcije, kakovosti in proizvodnje analizira vse zahteve iz tehničnega načrta. To vključuje določitev materiala, dimenzijskih toleranc, geometrijskih zahtev, zahtev glede površinske obdelave ter morebitne dodatne postopke, kot so termične obdelave in zaščite površin.

Na podlagi analize vseh zahtev se izdelata tehnološka risba in pripravi tehnologija izdelave, ki podrobno določa zaporedje obdelovalnih operacij, potrebna orodja, vpenjalne pripomočke, stroje in kontrolne postopke. V primeru izdelka – menjalnega valja – smo glede na njegovo konstrukcijsko obliko in zahtevane tolerance določili, da se bo celoten kos izdelal na CNC stružno-rezkalnem centru. To nam omogoča, da celotno obdelavo izvedemo v eni sami operaciji, kar bistveno pripomore k boljši natančnosti, večji stabilnosti procesa ter zmanjšanju možnosti napak zaradi večkratnega vpenjanja. V nasprotnem primeru bi bilo potrebno kos obdelati z več operacijami, pri čemer bi za vsako stran kosa določili ločeno vpenjanje, kar poveča tveganje za odstopanja.

Po zaključeni mehanski obdelavi na CNC stroju sledi termična obdelava, in sicer kaljenje, kot je predpisano v tehnični dokumentaciji. Kaljenje je postopek, pri katerem z nadzorovanim segrevanjem in ohlajanjem materiala dosežemo spremembo mikrostrukture, kar posledično izboljša mehanske lastnosti materiala, predvsem povečanje trdote, odpornost proti obrabi in utrujenosti materiala. Pri tem je pomembno poudariti, da se kemična sestava osnovnega materiala s tem postopkom ne spremeni. Segrevanje se običajno izvaja v elektropečeh, plinskih pečeh, solnih kopelih ali v vakuumskih pečeh, pri čemer je treba natančno nadzorovati čas in temperaturo obdelave. Ohlajanje kosa po segrevanju poteka v različnih medijih, kot so olje, voda, solna ali kovinska kopel, v nekaterih primerih pa tudi z zrakom. Napačna izbira ali nadzor medija za ohlajanje lahko povzroči prekomerne deformacije ali razpoke.

Zaradi dejstva, da ima kos zelo ozke tolerance in da lahko pri termični obdelavi pride do neželene deformacije, smo v nadaljevanju tehnološkega postopka predvideli dodatne zaključne operacije, s katerimi bomo zagotovili ustreznost končnih dimenzij. Tako je po kaljenju predvideno, da se bo zunanji obod kosa natančno zbrusil, s čimer se bo ustvarila natančna referenčna baza za nadaljnje operacije. Na tej osnovi bo nato izvedena natančna mehanska obdelava dveh kritičnih premerov: $\phi 26$ v toleranci H8 ter $\phi 17$ z zahtevano toleranco $-0,011 / -0,018$ mm, ki bo izvedena na CNC stružnici. Pomembno je, da se kos pri

tej operaciji vpne na že brušeno referenčno površino, kar omogoča dosego krožnega teka v zahtevani toleranci in preprečuje napake zaradi ekscentričnosti.

Za končno mehansko obdelavo po kaljenju se uporablja CBN (kubični borov nitrid); rezalno orodje, ki je posebej primerno za obdelavo zelo trdih materialov, kot so kaljeni jekleni kosi. Orodje omogoča visoko natančnost, odlično kakovost površine ter dolgo dobo uporabnosti, kar je ključnega pomena pri ponovljivem serijskem obdelovanju kaljenih delov.

Spodnja slika (Slika 14) prikazuje obračalno ploščico s CBN prevleko za obdelavo trdih materialov.



Slika 14: CBN rezalno orodje

Vir: (Strojništvo.com, 2025)

Po zaključku mehanske obdelave se izvede še posnetje robov. Robove, ki jih med osnovno obdelavo na CNC stroju zaradi geometrijskih omejitev ni mogoče posneti, obdelamo v posebnem postopku t. i. vibracijske drsne obdelave, v katerem se kosi pod vplivom vibracij premikajo znotraj bobna, napolnjenega z brusnim medijem, kar omogoča mehansko zaobljenje robov ter izboljšanje površinske kakovosti.

Ko je mehanska obdelava zaključena, sledi faza čiščenja izdelkov v industrijskih pralnih strojih, ki so namenjeni odstranjevanju ostankov olj, ostružkov, abrazivov in drugih tujih delcev. V tem postopku se uporabljajo specializirana čistilna sredstva, ki poleg čiščenja služijo tudi kot zaščita pred korozijo, saj tvorijo na površini zaščitni film, ki preprečuje oksidacijo. Po pranju je izdelek

dodatno naoljen z zaščitnim oljem, kar zagotavlja dolgoročno stabilnost pri skladiščenju in transportu.

Ko je kos vizualno in funkcionalno potrjen kot ustrezen, se izvedeta končna zaščita in pakiranje izdelkov, ki se nato pripravijo za odpošiljanje kupcu ob naročilu ustrezne količine.

Celoten tehnološki postopek je zabeležen v delovnem nalogu izdelka, ki je povezan z ERP-sistemom podjetja (sistem za načrtovanje virov poslovne organizacije). Prek tega sistema je omogočeno sprotno sledenje posameznemu izdelku v vseh fazah proizvodnje, spremljanje stanja zalog, potreb po surovini, števila izdelanih kosov in evidentiranje vseh izvedenih postopkov, kar prispeva k popolni sledljivosti in učinkovitosti celotnega proizvodnega procesa.

3.4. RAČUNSKA KALKULACIJA CENE IZDELAVE 1 KOSA

Po dokončno določeni tehnologiji obdelave izdelka in potrditvi vseh ključnih parametrov se v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o., pristopi k izvedbi računske kalkulacije stroškov izdelave posameznega kosa. Namen te kalkulacije je določiti načrtovano ceno izdelka ob upoštevanju vseh dejanskih in predvidenih stroškov, ki nastajajo v okviru celotnega proizvodnega procesa.

Izračun teže in cene surovine

Prvi korak v kalkulaciji predstavlja izračun potrebne količine surovine za izdelavo enega kosa. Teža potrebne surovine se določi na podlagi dolžine obdelovanca, pri čemer se upoštevata tudi dodatek za obdelavo na obeh straneh ter dolžina, potrebna za odrezovanje z rezilnim nožem.

Izračun teže materiala (W) poteka po naslednji enačbi:

$$W = F \times L \times \rho \times 1/1000$$

W = teža v kg

F = Presek v mm²

L = dolžina 1 kos v m

P = specifična gostota materiala v g/cm³

Na podlagi dobljene teže se nato izračuna strošek surovine za en kos glede na trenutno tržno ceno materiala.

Izračun časa obdelave na osnovi programskih podatkov

Za izračun načrtovanega časa obdelave kosa se v oddelku CNC programiranja pripravi ustrezen program za obdelavo izdelka. Ta program je zasnovan tako, da ga je mogoče neposredno uporabiti v proizvodnem procesu. Vendar pa so v fazi nastavljanja stroja pogosto potrebni manjši popravki in optimizacije, ki temeljijo na dejanskih obratovalnih razmerah.

Za izdelavo CNC programa se uporabijo rezalni parametri, ki jih določimo na osnovi znanih fizikalnih enačb, v kombinaciji s priporočili proizvajalcev orodij. Ključne enačbe za izračun vključujejo:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

Kjer je:

V_c (m/min) – rezalna hitrost

D (mm) – premer orodja/obdelovanca

n (O/min) – vrtljaji vretena

Potrebno število vrtljajev pri operaciji izračunamo z naslednjo enačbo:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D}$$

Kjer je:

n (O/min) – vrtljaji vretena

V_c (m/min) – rezalna hitrost

D (mm) – premer orodja/obdelovanca

Za izračun pomika pa bomo uporabili naslednjo enačbo:

$$V_f = n \times f_z \times Z$$

Kjer je:

V_f (mm/min) – pomik

f_z (mm/zob) – pomik na zob orodja

Z – število zob

Na podlagi teh izračunov se v CAM programu pripravi simulacija procesa obdelave, ki se preveri v ustrezni simulacijski programski opremi (npr. Virtual Machine). Ker simulacija poteka z realnimi podatki stroja in orodij, se lahko določi natančen čas posamezne operacije, ki ga nato vključimo v kalkulacijo.

Ko je znan skupni čas obdelave enega kosa, izračunamo število kosov, ki jih je mogoče izdelati v eni delovni izmeni. V podjetju predpostavljamo, da stroj v eni izmeni dejansko obratuje 7,5 ure (27.000 sekund), kar že vključuje čas za menjavo orodij, kontrole kakovosti in druge kratkotrajne prekinitve. Zaradi avtonomnega delovanja CNC strojev med odmori ni izvzet ta čas.

Izračun števila kosov v eni izmeni $M_{(kos)}$ izvedemo po naslednji enačbi:

$$M_{(kos)} = \text{čas trajanja izmene (s)} \div \text{čas izdelave enega kosa (s)}$$

Izračun stroškov strojne ure

Na podlagi števila izdelanih kosov v eni izmeni in znane načrtovane cene izdelave enega kosa lahko določimo strošek strojne ure, ki ga primerjamo z vnaprej določeno minimalno rentabilno strojno uro, ki je opredeljena v internih dokumentih podjetja. Enačba je naslednja:

Enačba za izračun strojne ure $M_{(stroj. ura)}$ je:

$$M_{(stroj\ ura)} = \text{Št. izdelanih kos v eni izmeni} \times \text{cena za 1. kos}$$

Dodatni stroški in končna cena kosa

Za celovito kalkulacijo moramo vključiti tudi dodatne stroške, ki nastajajo izven osnovne mehanske obdelave.

Ti vključujejo:

Strošek posnetja robov $S_{(pos)}$ izračunamo iz:

$$S_{(pos)} = \frac{\text{Planirana strojna ura}}{\text{Število kos v eni uri}}$$

Strošek termične obdelave $M_{(term.\ obd.)}$ za celotno serijo dobimo iz:

$$M_{(term.obd.)} = \text{dogovorjena cena 1. kos} \times \text{št. kosov}$$

Poleg zgoraj navedenih stroškov se v končni ceni kosa upoštevajo še stroški brušenja, kontrolnih postopkov, čiščenja, zaščite izdelka, embalaže, logistike in administracije. Vrednosti posameznih postavk se razlikujejo glede na vrsto proizvodnje – pri enkratnih maloserijskih naročilih so ti stroški višji na enoto, medtem ko so pri večkratnih velikoserijskih proizvodnjah stroški porazdeljeni in optimizirani.

Končna kalkulacija cene izdelave enega kosa temelji na natančnem sistematičnem pristopu, kjer so upoštevani vsi relevantni dejavniki, od osnovnih surovinskih stroškov do najkompleksnejših obdelovalnih operacij. Le s takšnim pristopom je mogoče zagotoviti kakovostno in konkurenčno proizvodnjo, ki temelji na realnih podatkih ter omogoča pravočasno prilagajanje tržnim razmeram in notranji organizaciji podjetja.

3.5. PROGRAMIRANJE KOSA TER NAROČILO NAMENSKEGA ORODJA

Na podlagi načrta kosa, ki smo ga prejeli s strani naročnika in modela, lahko programer izdela program za izdelavo kosa. Program je izdelan v programu Mastercam. V programu se izdelajo operacije struženja in rezkanja. Ko je program v programskem okolju Mastercam zaključen, se s pomočjo postprocesorja generira v G-kodo. Program v G-kodi se uredi v programu Cimco, kjer se uredijo tudi sinhronne točke. Te točke potrebujemo, saj ima stroj dve vreteni in en revolver za orodje ter stružno/rezkalno enoto. Med zagonom stroja brez sinhronizacijskih točk bi prišlo do trka med strojem in obdelovalcem ali med deli stroja. Prav tako se v programu Cimco dodajo tudi druge funkcije, kot je iznos kosa iz stroja, seznam orodja, ki ga stroj uporablja, ničelne točke stroja. Ničelne točke so orientacijske točke kosa, s pomočjo katerih stroj iz strojnih parametrov izračuna naše vrednosti poti orodja.

Pri programiranju obdelovanca pa mora programer predvideti tudi rezilno orodje, ki se bo med uporabo uporabljalo. Pri tem kosu se bo programer odločil za standardno rezilno orodje, kot je topovski sveder na rezalne ploščice, odrezilni nož za grobo in fino obdelavo zunaj, odrezilni nož za fino obdelavo znotraj, navojni sveder, rezkar, odrezilni nož. Za rezkanje prestavnih utorov ter vrtanje luknje za navoj pa se bo izdelalo namensko orodje. To orodje je izdelano tako, da z njim lahko izdelamo več operacij ter s tem skrajšamo čas izdelave kosa. Ker je izdelava namenskega orodja dražja kot nakup serijskega od rezilnega orodja, mora za upravičeno uporabo tega orodja biti serija izdelanih kosov večja.

Pregled dela CNC kode in njena obrazložitev; kodo bom predstavil samo v delni obliki, saj je sam program zaradi kompleksnosti kosa dolg in obširen.

Program je narejen v dveh sklopih. Prvi sklop je narejen za kanal 1, drugi za kanal 2. Kanal 1 je program za rezkalno/stružno enoto, kanal 2 je revolver z orodjem. Vsak kanal se programira samostojno.

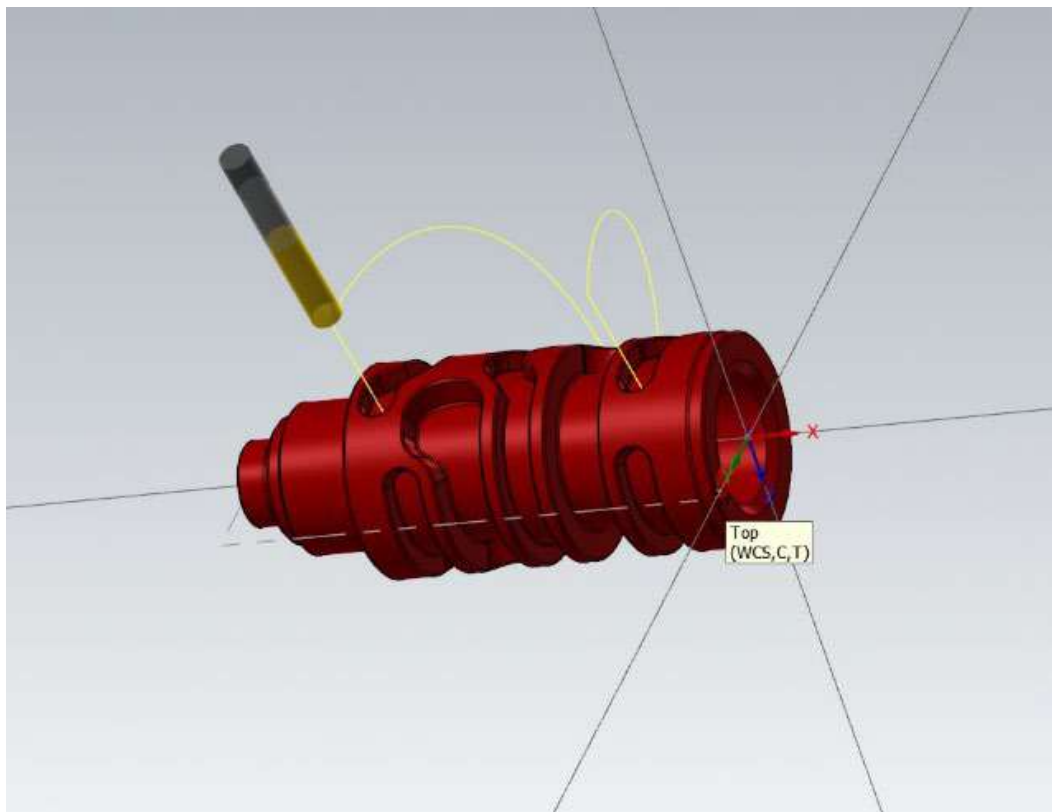
Primer in izseki delov programa za kanal 1 – stružno rezkalno enoto ter njegova razlaga.

KANAL1	
CNC G-KODA	Razlaga kode:
***** ; INDEX G220 - Kanal 1	

<pre> ;----- ; KUPEC = xxx ; IME NACRTA = FORK SHAFT ; ST. NACRTA = 8000xxxxxx ; IDENT = 006xxxx ; CAS 1 KOMADA = xxx ; MATERIAL FI = 42.3 (11SMnPb37) ; TLAK SP1 = 70 BAR ; TLAK SP2 = 30 BAR ; KLESCE SP1 SK65 = 42 GROBE ; KLESCE SP2 SK65 = 42 FINE ;----- - ;***** N10 M42=9 ;Programmvorspann N20 L100 N30 M1=28 H70 ; TLAK SP1 N40 M3=28 H30 ; TLAK SP2 N50 G0X650 N60 GZ73 Y0 N70 G92=3000 N80 M5=80 N90 WAITM(10,1,2) </pre>	Začetek programa. Vsak program vsebuje podatke o stroju, na katerem stroju se konkretni program uporablja, kdo je kupec izdelka, ime načrta ter indikacijska številka kosa. V glavi programa imamo tudi druge podatke za lažjo nastavitve stroja, kot so premer materiala, tlak v vpenjalnih kleščah ter velikost in vrsta vpenjalnih klešč. V tem delu programa je začetek programa, M = 28H70 in M3 = 28 H30 stroju povedo, s kolikšno silo naj pritiskajo na surovec zaprte vpenjalne klešče. G92=3000 je, koliko je največje dovoljeno število obratov vretena stroja. WAIT(10,1,2) je sinhrona točka stroja. Ko je na drugem kanalu klicana enaka točka, se
---	---

N100 L184(10,0,90,650,500,,0)	program nadaljuje, medtem pa stroj s tem orodjem
N110 M13=9	
N120 M14=9	
;-----	

Naslednja slika, Slika 15, prikazuje vrtanje lukenj.



Slika 15: Vrtanje lukenj

Vir: (Lastni vir, 2025)

N130 START_:	Funkcija G59 X=XMW_1
N140 G59 X=XMW_1 Y=YMW_1 Z=ZMW_1	Y=YMW_1 Z=ZMW_1
C=CMW_1	C=CMW_1 stroju pove, katere se vpisane ničelne točke

<pre> N150 GOTOF "STEP_"<<I_STEP N160 STEP_0: N170 I_PRUN(45) ;=====ZACETEK ===== N180 WAITM(14,1,2) GROUP_BEGIN(0,"VRTANJE SPURE",1,0) STEP_1: I_PRUN(4,1,2,XMW_1,YMW_1,ZMW_1,CMW_1,120 00) ;***** N155 L131 N156 DIAMON N157 L171("SVEDER_D6.5") N158 L172(0) N159 L171("REZKAR_D6_203052") L184(10,0,90,650,130,,0) GROUP_END(0,2) STEP_2: N180 WAITM(15,1,2) STEP_3: WAITM(16,1,2) GROUP_BEGIN(0,"VRTANJE D6.5 SPURE",1,0) STEP_4: </pre>	obdelovanca, iz njih pa si stroj potem izračuna, kje se bo gibal. Začetek programa obdelave. Funkciji L171 in L172 uporabljamo pri menjavi orodja stružno-rezkalnega vretena. Orodje, ki bo uporabljeno, se izbere s funkcijo L171 po imenu (npr. SVEDER D6.5). L172(0) pomeni, na kak način bo menjava potekala. Drugo klicanje L171 pa stroju pove, katero orodje naj se pripravi v zalogovniku. V zalogovniku je lahko 100 orodij. Prva operacija stružno-rezkalne enote je vrtanje lukenj za vhode rezkarja, ki bo izdelal menjalne utore na kosu. Zaradi hitrejšega vstopa rezkarja se vnaprej
---	---

I_PRUN(4,4,5,XMW_1,YMW_1,ZMW_1,CMW_1,12000) .;***** N856 L131 N857 DIAMON N861 L140(0,4,0) N862 SETMS(1) N863 DIAMON N864 G97 S1=5876 M1=3 F352.6 L184(10,0,90,650,130,,0) N866 M1=3 N867 D1 N14 G0 C=DC(286.589) N15 G0 G19 Y0 Z-15.5 N16 G0 X92 N17 G94 F352.56 N18 M13=8 M10=150 H50=80 N19 MCALL CYCLE81(92,42,4,34,,0,0,3,12) N20 G0 Y0 Z-15.5 C=DC(286.589) N21 G0 Y0 Z-40.6 C=DC(142.21) N22 G0 Y0 Z-70.2 C=DC(286.62) N23 MCALL MSG("VRTANJE D6.5 SPROSTITVE") N24 Z-55.55 C=DC(297.989) N25 MCALL CYCLE81(92,42,4,30.2,,0,0,3,12)	izdelajo odprtine. Uporabil se bo sveder premera 6.5, rezalna hitrost F bo 352.6 m, orodje se bo vrtelo s 5876 obrati na minuto. M13 =8 , M10=150 in H50=80 stroju določi, da se vklopi ventil za hladilno sredstvo na stružno-rezkalni enoti, ki bo dovajano s črpalko za visok pritisk z 80 bar. Pri operaciji vrtanja je postprocesor programa Mastercam uporabil vrtalni cikel CYCLE81(92,42,4,30.2,,0,0,3,12), v tem ciklu določimo globine vrtanja, prekinitve vrtanja zaradi lomljenja odrezka, če je potrebno rezalne režime in ostale nastavitve na začetku vrtanja zmanjšati V naslednjih vrsticah pa samo podamo kot, za koliko kos obrnemo okrog C-osi in na kateri dolžini vrta.
--	--

N26 G0 Y0 Z-55.55 C=DC(297.989)

N27 G0 Y0 Z-52.55 C=DC(140.489)

N28 G0 Y0 Z-28.05 C=DC(120.198)

N883 MCALL

N884 M13=9

N885 M10=151 H50=80

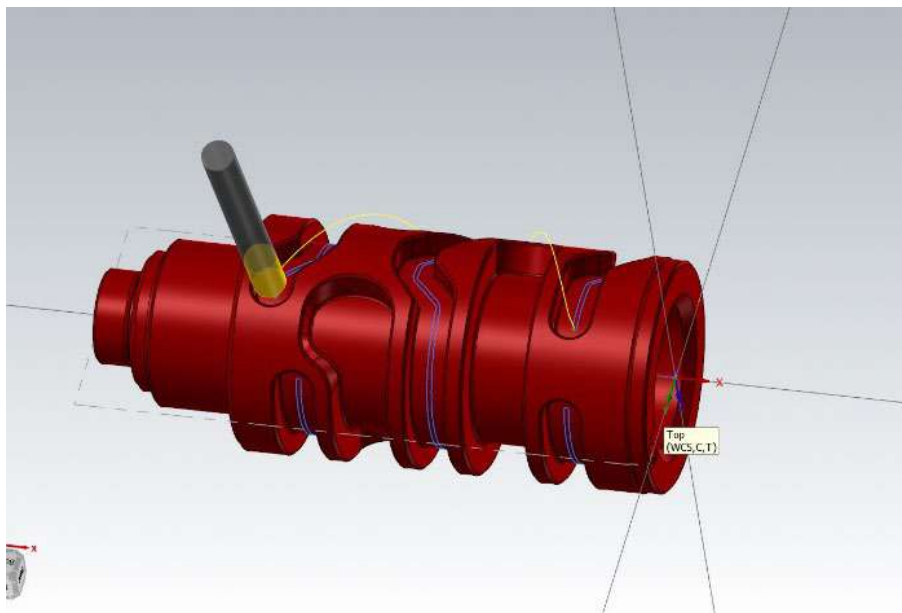
N886 M1=5

N887 GX73

N888 G0 Y0

.*****
;

Na naslednji sliki (Slika 16) je prikazano grobo rezkanje utorov v programu Mastercam.



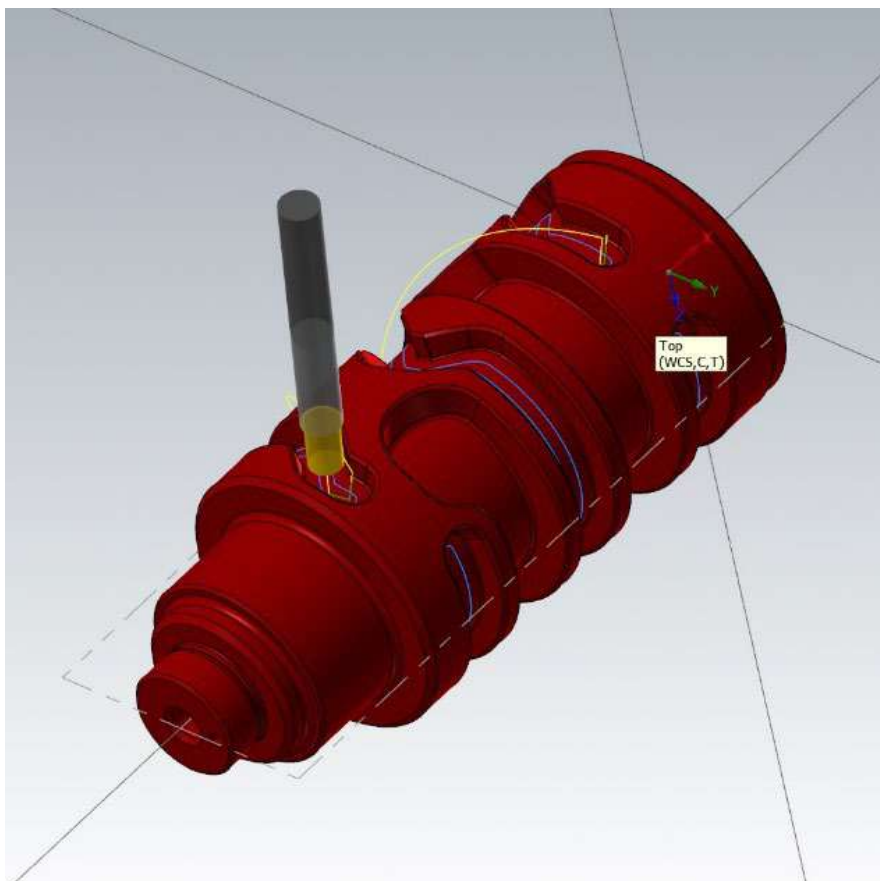
Slika 16: Rezkanje prestavnih utorov – grobo

(Lastni vir, 2025)

GROUP_END(0,1) GROUP_BEGIN(0,"GROBO SPURE",1,0) STEP_5: I_PRUN(4,5,6,XMW_1,YMW_1,ZMW_1,CMW_1,12000) ;***** N889 L131 N890 DIAMON MSG("GROBO SPURE") N891 L171("REZKAR_D6_203052") N892 L172(0) N893 L171("REZKAR_D5_202297") N894 L140(0,4,0) N895 SETMS(1) N896 DIAMON N897 G97 S1=9500 M1=3 L184(10,0,90,650,130,,0) N899 M1=3 N900 D1 N901 G18 N48 G0 C=DC(105.04) N49 G0 Y0 N50 L136(0,42,0) N51 G0 Z-15.5 N52 G0 X46 N53 M14=8 M13=8 M10=150 H50=80	CNC koda za izdelavo rezkanih prestavnih utorov na plašču kosa. Operacija je v programu Mastercam programirana z operacijo, v kateri stroj obdeluje kos po štirih oseh. To pomeni, da se med samo obdelavo gibajo osi X in Z in Y, po katerih potuje stružno rezkalna enota ter C os, kar je gibanje vretena. Program sprogramira to gibanje tako, da ga opravi na ravnini, funkcija L136 pa to gibanje prenese na plašč obdelovanca v premeru 42 mm. Operacija je groba obdelava utorov, pri kateri se pusti dodatek za kasnejšo fino obdelavo kosa. Orodje se bo vrtelo z 9500 obr/min, hitrost obdelave bo 500 mm/min.
--	--

N54 G0 Y105.04	
N55 X42	
N56 G94 G1 X39 F3000	
N910 G1 X33.9 F800.	
N57 Z-15.48 F1500.	
N65 G1 Y63.098 Z-20.88	
N66 G2 X33.9 Y60.685 Z-21.635 CR=4.232	
N67 X33.9 Y60.655 CR=4.232	
N68 G1 Y57.795	
N69 G2 X33.9 Y57.76 CR=4.234	
N70 X33.9 Y55.007 Z-20.618 CR=4.234	
.***** ,	

Na spodnji sliki (Slika 17) je prikazana simulacija orodja za grobo obdelovanje utorov.



Slika 17: Rezkanje prestavnih utorov – fino

Vir: (Lastni vir, 2025)

```
GROUP_END(0,1)
GROUP_BEGIN(0,"FINO SPURE",1,0)
STEP_6:
I_PRUN(4,6,7,XMW_1,YMW_1,ZMW_1,CMW_1,12000)
;*****
N1146 L131
N1147 DIAMON
MSG("FINO SPURE")
N1148 L171("REZKAR_D5_202297")
```

Fina obdelava prestavnih utorov poteka na enak način kot groba obdelava, edina razlika je, da pri tej operaciji vključimo tudi kompenzacijo orodja, s katerim lahko s tem, da spremenimo premer orodja, povečamo širino utorov. Za to operacijo bomo uporabili rezkar premera 5 mm. Orodje se bo vrtelo s 11000 obrati in pomikalo pri

N1149 L172(0)	obdelavi s hitrostjo 600 mm/min
N1150 L171("REZKAR_D5_203054")	
N1151 L140(0,4,0)	
N8 SETMS(1)	
N9 DIAMON	
N10 G97 S1=11000 M1=3	
L184(10,0,90,650,130,,0)	
N12 M1=3	
N13 D1	
N14 G18	
N273 G0 C=DC(105.04)	
N274 G0 Y0	
N275 L136(0,42,0)	
N276 G0 Z-15.5	
N277 G0 X46	
N278 M14=8 M10=150 H50=80	
N279 G0 Y105.04	
N280 X42	
N281 G94 G1 X35 F3000	
N1167 G1 X33.8 F600.	
N282 Y105.14 Z-16.365 F1500.	
N193 G2 X38 Y92.209 CR=5.572	
N199 G1 Y101.576	
N200 G2 X38 Y100.883 Z-71.85 CR=0.8	
N201 G1 Y100.483 Z-71.157	
N202 G0 X46	

<pre> N1535 L135 N1536 M14=9 N1537 M10=151 H50=80 N1538 M1=5 N1539 GX73 N1540 G0 Y0 ;***** GROUP_END(0,1) STEP_14: WAITM(80,1,2) STEP_180: N10640 L184(10,0,90,650,70,,0) N10650 WAITM(85,1,2) N10660 L184(10,0,90,650,70,,0) N10670 WAITM(90,1,2) N10680 I_M392 N10690 M30 ;=====KONEC ===== ===== </pre>	Konec programa za kanal 1, stružno-rezkalno enoto. Na koncu se orodje prestavi na osnovno pozicijo.
---	--

3.6. NASTAVITEV STROJA ZA PROIZVODNJO IN IZDELAVA VZORČNEGA KOSA

Preden začnemo stroj nastavljati in pripravljati za operacijo, pripravimo orodje in vse potrebno, ko stroj še obratuje in se delajo kosi. S tem zmanjšamo zastoje na stroju.

Seznam orodja izdelamo s pomočjo programa, v katerem smo programirali. V našem podjetju stroj nastavlja tisti delavec, ki je izdelal sam program, saj tako ne pride do težav pri komunikaciji.

Orodje, ki je potrebno za izdelavo kosa in se ne nahaja v zalogovniku stroja, ker smo ga že uporabljali pri katerih drugih izdelkih, vpnemo v za to primerna držala. Na strojih so različni tipi držal za vpetje orodja. Na stroju, na katerem bomo izdelovali te kose, se nahaja na revolverju vpetje VDI-40, na stružno rezkalni enoti pa HSK-63 .

Naslednja slika (Slika 18) prikazuje stroj pri pripravi na delo. Vpelnjalna elementa sta že pričvrščena, potrebno je še vgraditi vse orodje na revolverski nosilec orodja.



Slika 18: CNC rezkalno-stružni stroj Index G220

Vir: (Lastni vir, 2025)

Vse orodje je potrebno vpeti v držalo orodja, ki se privijači ali pripne v stroj na prej podano vpetje. Pri stružno-rezkalni enoti za vpetje v večini uporabljamo nakrčevalno-vpenjalna držala. Nakrčevalna vpenjalna držala so držala, v katera se orodje vpne s pomočjo gretja držala. V posebno enoto vpnemo držalo ter ga z grelnikom na tej enoti segrejemo. S tem se vpenjalno orodje razteza. Ko je segreto na pravilno vrednost, se gretje izključi in takrat lahko vstavimo rezilno orodje. Ko je orodje vstavljeno na pravilno dolžino, za kar lahko uporabljamo vgrajene vijake, orodje s pomočjo hladilnega elementa ohladimo. S tem smo dosegli, da bo orodje pri obdelavi kosa delovalo kot celota. Preprečujemo vibracije, do katerih bi lahko zaradi vpetja prišlo. Prav tako takšno vpetje poskrbi, da je orodje nameščeno natančno v sredino vrtenja. Takšno vpetje je eno izmed najbolj zanesljivih vpetij orodja na stroju.

Za vpetje orodja na revolver stroja pa uporabljamo različne elemente. Za vpetje stružnih nožev uporabljamo držala za vpetje stružnih nožev, ki stružni nož pričvrsti v pravilno pozicijo na stroju. Pomembno je, da se orodje nahaja natančno v sredini obdelovanca. Če orodje ni locirano točno v sredini obdelave, lahko pride do večje obrabe rezilnega orodja ali celo do loma orodja.

Za vpetje izstružnih nožev ter topovskih svedrov uporabljamo drugačna držala. Držalo je takšne oblike, da lahko izstružni nož ali topovski sveder lociramo na pravilno višino in mesto, ter da je rezilni rob v pravilni postavitvi. Vpetje v držalo mora biti čim bolj togo, da ne prihaja do vibracij. Poskrbimo tudi, da je pretok hladilnega sredstva ustrezen. Hladilno sredstvo poskrbi za to, da ne prihaja do previsokih temperatur na robu odrezilnega orodja. Prav tako pa tudi nam odmika odrezke v stran od kosa.

Na revolversko enoto v stroju lahko vpnemo tudi gnano orodje. Gnano orodje je držalo orodja s prenosom za prenos vrtilnega momenta iz motorja v revolverju na orodje. S tem orodjem lahko izvajamo tudi določene operacije rezkanja ter vrtenja, vendar sama moč orodja ni takšna, kot je to na vretenu stroja ali stružno-rezkalni enoti, zato s tem orodjem izvajamo operacije krajšega časa.

Za gnano orodje zaradi njegove šibkejše izdelave in nezmožnosti hlajenja velja pravilo s strani proizvajalcev, da naj orodje deluje eno tretjino obdelovalnega časa, ostali čas pa se mora hladiti. Če se orodja med samo obdelavo ne ohladijo dovolj in prihaja do povečanja temperature, to lahko vodi v okvaro enote.

Pri vsem orodju moramo izmeriti višino in dolžino od centra orodja do rezalnega roba. To dolžino vnesemo v stroj v za to predvideno tabelo. Iz teh podatkov nato stroj izračuna, skupaj z ničelnimi točki, ki jih stroju podamo, po kateri poti se mora stroj gibati, da izdela točno to

dolžino in premer, ki smo mu ju v programu podali. Za izmero orodja v našem podjetju uporabljamo merilec višine orodja Zoller. Stroj je zelo natančen, omogoča pa nam tudi pregled ter kontrolo samega orodja ter izmero rezilnih robov.

Na spodnji sliki (Slika 19) je prikazan vnos izmerjenih podatkov orodja.



Slika 19: Mesto, kjer se vpišejo izmere orodja na stroju

Vir: (Lastni vir, 2025)

Ko imamo orodje ter program pripravljena, pa se fizično na stroju menjajo tudi vpenjalno sredstvo ter vodila za material. Ker se uporablja na stroju podajalec palic, mora biti premer vodil ustrezen, ne sme biti prevelik, saj bi v tem primeru prišlo do tresenja palic, kar pa bi vodilo v prehitro uničenje rezalnih robov orodja, lom orodja ali pa bi težko zagotovili zahtevano tolerančno polje na kosu.

Vpenjalno sredstvo bomo za te kose uporabljali od podjetja Hainbuch. Njihov sistem z vpenjalnimi kleščami nam omogoča hitro menjavo vpenjalnega elementa, saj so za to potrebni samo za to predvideni klešče ter vpenjalni vložek ustreznega premera. Te klešče nam zagotavljajo tudi ustrezno toleranco teka kosa. Prav tako pa nam vložek, ker je iz kaljene površine, preprečuje, da bi nanj vplivale manjše poškodbe. Če se namreč pojavijo poškodbe vpenjalnega elementa, se ta poškodba, ko se kos vpne, prenese na obdelovanec.

Preden lahko začnemo z izdelovanjem vzorčnega kosa na stroj, pa moramo še vgraditi ustrezno prijemalno sredstvo za iznos končanih kosov. Pri njem je pomembno, da pri prijemu kosa to ne povzroča poškodbe obdelovanca ter da je prijem kosa v pravilni legi. Prav tako pa je pomembno

tudi, kakšno je odlagalno mesto kosa. To je pomembno sploh pri kosih, pri katerih je potrebna posebna pozornost.

Ko je stroj pripravljen, lahko pričnemo s preizkušanjem programa na stroju. To vedno poteka ob prisotnosti programerja, ki prepreči, da bi prišlo do nezaželenih gibov stroja. Preizkušanje vedno poteka ob zmanjšanih hitrostih stroja, s sprotnim preverjanjem programa in orodja. Ko smo program preverili, lahko začnemo izdelavo vzorca za sprostitev proizvodnje.

3.7.ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI PRODUKTA

Za zagotavljanje kakovosti produkta na mehanski obdelavi skrbi služba za zagotavljanje kakovosti. Na podlagi izdelanih tehnoloških risb ter končne risbe kupca služba predvidi merilne postopke, s katerimi bomo izmerili določene tolerančne vrednosti na kosu. Za zagotavljanje tolerančno ustreznih kosov v proizvodnji pa se predvidita tudi meritev za določene intervale ter statistični pregled stanja proizvodnje.

Pri tem kosu so za merjenje predvideni naslednji merilni postopki:

- merjenje s pomičnim merilom
- merjenje z mikrometri
- merjenje s 3D merilnim strojem Zeiss
- merjenje z merilnimi trni
- merjenje z navojnimi trni

Na naslednji skici bom prikazal, katere merilne postopke uporabljamo za glavne kupčeve mere.

Prav tako se predvidi, katere merilne veličine se bodo merile neposredno pri sami proizvodnji, torej pri stroju, na katerem se bo kos izdeloval, ter katere v merilnici.

Čim večji vzorec merjenja je smiseln, ker se s tem že zelo zgodaj ugotovi, ali je kakšno orodje potrebno za menjavo. S tem se prepreči večja količina izmeta.

Služba zagotavljanja kakovosti bo kos pregledala tudi po končani termični obdelavi. V fazi izdelave tehnološke risbe se je na podlagi podatkov iz testnega kosa predvidelo, koliko se bodo določene mere spremenile pri kaljenju, saj zaradi izpostavljenosti toploti pride do raznih deformacij na kosu.

3.8. BRUŠENJE TER KONČNO STRUŽENJE KOSA

Po operaciji termične obdelave bomo kos še enkrat obdelali. Obdelati ga moramo zato, da zagotovimo ustreznost mer na delih kosa, na katerih ne moremo dovolj natančno predvideti deformacije kosa po izpostavljenosti toploti.

Kos najprej zbrusimo. Brusimo ga na brezkončnem brusilnem stroju KOENIG-BAUER. Kos brusimo predvsem, da dobimo primerno bazo za kasnejšo obdelavo toleriranih sedežev na CNC stružnici.

Po operaciji brušenja kos na CNC stružnici SPINNER na obeh označenih sedežih postružimo na toleranco. Pri obdelavi kosa po kaljenju uporabljamo ploščice za struženje v trdo. To so rezalne ploščice iz sintrane borovega nitrída (CBN). Pri obdelavi z tem rezilnim orodjem ne smemo uporabljati hladilnega sredstva, saj bi ob prisotnosti hladnega medija prišlo do loma rezilnega roba.

4. PREVERJANJE IZBRANIH POSTOPKOV

Ko je proizvodni proces za določen izdelek v podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. v celoti vzpostavljen in utečen, pristopimo k izvedbi naknadne kalkulacije, s katero preverimo dejansko stroškovno učinkovitost in rentabilnost proizvodnje. Namen naknadne kalkulacije je primerjava dejansko doseženih podatkov iz proizvodnje s predhodno določenimi oziroma načrtovanimi vrednostmi, ki so bile določene med fazo priprave tehnologije in začetne ekonomske ocene projekta.

Takšna analiza nam omogoča oceno smotrnosti proizvodnje, opredelitev morebitnih odstopanj ter sprejemanje odločitev o nadaljnjih optimizacijskih ukrepih. Ključen parameter v tej fazi je normiran čas izdelave, ki predstavlja načrtovani časovni okvir, v katerem bi moral biti posamezen kos izdelan ob upoštevanju predvidene produktivnosti.

Izračun normiranega časa izdelave

Normirani čas izdelave se izračuna na podlagi predvidene letne količine izdelkov ter načrtovane urne kapacitete stroja oziroma delovnega mesta. Formula za izračun normiranega časa izdelave je naslednja:

$$\text{Normiran čas} = \frac{\text{predvidena letna količina kos.}}{\text{Predvidena količina kos na uro}}$$

S tem izračunom dobimo okvirno vrednost, ki predstavlja ciljni čas, v katerem bi morali ob načrtovani hitrosti in učinkovitosti izdelati predvideno letno količino kosov.

Izračun dejanskega časa obdelave

Po določenem obdobju serijske proizvodnje (npr. ob koncu proizvodnega cikla ali ob zaključku naročila) iz sistema pridobimo dejanske podatke iz proizvodnje. V podjetju uporabljamo sodobni proizvodni informacijski sistem GoSoft, ki omogoča natančno beleženje vseh aktivnosti v proizvodnji. Sistem evidentira število izdelanih kosov na posameznem stroju, za vsakega zaposlenega ter za vsako posamezno operacijo, pri čemer so podatki ločeno zabeleženi za:

- število dobro izdelanih kosov,
- število kosov za popravilo in
- količino izmeta.

Na podlagi teh podatkov izračunamo dejanski čas obdelave, ki prikazuje, koliko časa smo v praksi porabili za izdelavo določenega števila kosov. Enačba za izračun dejanskega časa obdelave je naslednja:

$$\text{Dejanski čas obdelave} = \frac{\text{dejansko izdelana letna količina kosov}}{\text{dejansko izdelana količina kosov na uro}}$$

S tem izračunom pridobimo vpogled v dejansko učinkovitost proizvodnega procesa v primerjavi s predvideno oziroma načrtovano vrednostjo.

Primerjalna analiza in ocena proizvodnega stanja

Za oceno uspešnosti proizvodnje ter odkrivanje morebitnih odstopanj med načrtovanim in dejanskim stanjem uporabimo razmerje med obema izračunanima časoma. Rezultat dobljenega razmerja ponazarja stanje proizvodnje in nam omogoča kvantitativno oceno razlike med pričakovano in dejansko produktivnostjo.

Formula za izračun proizvodnega razmerja je naslednja:

$$\text{Stanje proizvodnje} = \frac{\text{normiran čas izdelave}}{\text{dejanski čas izdelave}}$$

Interpretacija rezultata je naslednja:

- Če je rezultat večji od 1, pomeni, da je proizvodnja učinkovitejša od pričakovane, saj dejanska poraba časa za izdelavo enote izdelka presega načrtovano produktivnost.
- Če je rezultat enak 1, proizvodnja poteka v skladu s pričakovanji, kar pomeni, da so načrtovane in dejanske vrednosti poravnane.
- Če je rezultat manjši od 1, pomeni, da je proizvodnja manj učinkovita, kar nakazuje na potrebo po dodatni analizi vzrokov za odstopanja, kot so npr. slabša izkoriščenost strojev, večje število izmeta, nestabilnost procesov ali neustrezna organizacija dela.

S pomočjo te primerjalne analize lahko sprejemamo odločitve o nadaljnji optimizaciji proizvodnega procesa, izboljšanju tehnoloških postopkov, posodobitvi opreme, spremembi režimov obdelave ali ponovni oceni začetnih kalkulacij, s ciljem povečanja produktivnosti, znižanja stroškov in doseganja večje konkurenčnosti podjetja na trgu.

4.1. Napake pri izbiri tehnoloških postopkov ter posledice

Kljub temu da so v začetni fazi projekta opravljene vse potrebne kalkulacije, izbrana najprimernejša orodja, določeni rezalni parametri ter izdelan program za CNC obdelavo, to še ne zagotavlja, da bo proizvodni proces v nadaljevanju tudi dejansko ekonomsko upravičen oziroma rentabilen. V realnih pogojih proizvodnje sta potrebna nenehna analiza in spremljanje ključnih kazalnikov proizvodne uspešnosti, saj se številni dejavniki, kot so tržne cene materialov, obraba orodij ali spremembe v tehnologiji, lahko spremenijo tudi po začetku serijske izdelave.

Zato sta sproten nadzor in optimizacija proizvodnega procesa ključnega pomena za zagotavljanje dolgoročne učinkovitosti in konkurenčnosti. V podjetju tako skozi celoten cikel

izdelave posameznega kosa spremljamo več pomembnih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši:

- stroški in obraba rezalnega orodja,
- poraba osnovnega materiala,
- učinkovitost obdelovalnega programa,
- čas obdelave posameznega kosa,
- razmerje med kakovostnimi izdelki in izmetom ter
- možnosti za optimizacijo posameznih faz obdelave.

Eden izmed najučinkovitejših načinov za izboljšanje proizvodnega procesa je optimizacija rezalnih časov, kar pomeni iskanje možnosti za skrajšanje časa obdelave brez vpliva na kakovost končnega izdelka. To lahko dosežemo z uvedbo novih tehnologij, izboljšanimi rezalnimi strategijami ali z uporabo naprednejših rezalnih orodij. Pomembno vlogo pri tem imajo tudi programi za CAM programiranje, ki z vsako novo različico ponujajo širši nabor funkcionalnosti in optimizacijskih orodij, ki lahko bistveno vplivajo na učinkovitost obdelave.

Poleg napredka v programski opremi se proizvodni proces lahko izboljša tudi z izbiro kakovostnejšega ali bolj primernega rezalnega orodja, optimizacijo režimov rezanja (npr. hitrost, podajanje, globina reza), spremembo vrstnega reda operacij ali prilagoditvijo samega vpetja obdelovanca. Vse te spremembe zahtevajo tesno sodelovanje med tehnologom, operaterjem in oddelkom za kakovost, saj lahko že manjša prilagoditev privede do občutnih izboljšav v stroškovni učinkovitosti.

Napake, ki izhajajo iz neustrezno izbrane tehnologije ali pomanjkljivo pripravljene proizvodne dokumentacije, se pogosto ne pokažejo takoj, temveč šele v fazi serijske proizvodnje. Med najpogostejše znake neustrezne tehnološke zasnove sodijo:

- prekomeren izmet, kar pomeni, da je delež neskladnih kosov previsok, kar neposredno povečuje stroške materiala, časa in energije,
- nestabilna proizvodnja, ki se kaže v neponovljivosti procesa, težavah pri doseganju dimenzijskih toleranc ter v potrebi po pogostih korekcijah,
- pogosti zlomi orodij, ki so lahko posledica nepravilno izbranih rezalnih parametrov, neustreznega orodja ali napačne zaporednosti operacij,
- prekomerna poraba surovine, ki pogosto izhaja iz napačne zasnove osnovne dimenzije obdelovanca ali neučinkovite izrabe materiala.

Poleg navedenih tveganj lahko k neučinkovitemu procesu prispevajo tudi napake, povezane z neustrezno izbrano termično obdelavo. Nepravilna izbira postopka (npr. kaljenje, cementiranje, nitriranje) ali napačno določeni parametri toplotne obdelave (čas, temperatura, način ohlajanja) lahko povzročijo deformacije kosa, razpoke ali neustrezne mehanske lastnosti, kar lahko privede do potrebe po dodatnih korekcijah ali celo zavrnitvi celotne serije.

Dodatno lahko k težavam pripomore tudi nepopolna ali neustrezna proizvodna dokumentacija, v kateri manjkajo ključni podatki, kot so dodatki za obdelavo, zaporedje operacij ali merilne točke. Na koncu pa lahko na proizvodnjo negativno vpliva tudi neustrezno skladiščenje polizdelkov ali končnih kosov, kar lahko privede do poškodb, korozije ali zamenjave med posameznimi serijami.

Zaradi navedenih razlogov je bistvenega pomena, da tehnološki postopek ne obsega le začetne priprave, temveč tudi nadaljnje spremljanje, analizo in prilagajanje procesa. Le s celovitim pristopom, ki vključuje podatkovno podprto odločanje, sprotno optimizacijo in sodelovanje med oddelki, je mogoče zagotoviti, da bo proizvodnja ne le tehnično ustrezna, temveč tudi stroškovno učinkovita, stabilna in ponovljiva.

5. IMPLEMENTACIJA VIDIKOV TRAJNOSTI ZNOTRAJ PODJETJA

V podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. smo v celoti zavezani k uresničevanju trajnostnih načel ter zmanjševanju negativnih vplivov proizvodnih procesov na okolje. S svojim delovanjem si prizadevamo za čim manjši okoljski odtis, hkrati pa stremimo k vzpostavitvi delovnega okolja, ki ne samo da je varno in učinkovito, temveč tudi okolju prijazno in družbeno odgovorno.

Eden izmed ključnih ukrepov, ki smo jih sprejeli v okviru okoljske odgovornosti, je prehod na uporabo materialov, ki ne vsebujejo svinca. Uporaba svinca v kovinskih zlitinah lahko med obdelovalnimi procesi povzroči sproščanje nevarnih plinov in delcev, ki predstavljajo tveganje tako za zdravje zaposlenih kot tudi za širše okolje. Ker se zavedamo dolgoročnih posledic takšnih emisij, smo v sodelovanju z našimi dobavitelji in partnerji vpeljali stroga merila glede izbire vhodnih materialov ter postopno izločili svinčeve zlitine iz naše proizvodnje.

Poleg tega v proizvodnih procesih uporabljamo izključno okolju prijazna hladilno-mazalna sredstva, ki ne vsebujejo nevarnih primesi ali dodatkov, ki bi ob morebitnem razlitju lahko onesnažili tla, vodo ali zrak. Pri izbiri teh sredstev smo pozorni tudi na varnost delavcev, saj lahko stiki z določenimi kemičnimi spojinami povzročijo alergijske reakcije, draženje kože ali dihal, kar dolgoročno vpliva na zdravstveno stanje zaposlenih. S tem ko smo prešli na manj agresivne, biorazgradljive in varne rešitve, skrbimo tako za varstvo okolja kot za dobrobit naših zaposlenih.

Zaradi narave obdelave kovin je uporaba določenih maziv in olj v določenih primerih še vedno neizogibna. V teh primerih smo v podjetju vzpostavili napreden sistem zbiranja in varnega shranjevanja teh snovi. Po celotni proizvodnji so nameščene lovilne enote, ki preprečujejo iztekanje ali pronicanje nevarnih snovi v okolje. Vse nevarne tekočine, odpadna olja in maziva so varno shranjena v posebej urejenih prostorih in označenih zbirnih mestih. Od tam jih v nadaljevanju prevzemajo za to pooblaščen podjetja, ki s pomočjo specializirane opreme tekočine prečrpajo v transportne enote in jih nato odpeljejo v centre za reciklažo ali okoljsko ustrezno predelavo.

Tudi vsi kovinski ostanki, ki nastanejo kot rezultat obdelovalnih postopkov, se dosledno zbirajo, sortirajo in pošiljajo v nadaljnjo reciklažo. Na ta način ne le zmanjšujemo količine odpadkov, temveč omogočamo ponovno uporabo surovin in s tem prispevamo k bolj krožnemu gospodarstvu.

Eden izmed ključnih korakov, ki smo jih sprejeli na poti k energetske neodvisnosti in okoljski trajnosti, je tudi prehod na obnovljive vire energije. V zadnjih letih smo v podjetju namenili pomembna investicijska sredstva za lastno proizvodnjo električne energije iz trajnostnih virov. Za ogrevanje poslovnih prostorov uporabljamo visoko učinkovite peči, ki poleg ogrevanja omogočajo tudi sočasno proizvodnjo električne energije (t. i. kogeneracija). Poleg tega smo v letu 2023 zaključili razširitev obstoječe sončne elektrarne, nameščene na strehi proizvodnega objekta. S to nadgradnjo smo bistveno povečali energetske samozadostnost podjetja, saj sedaj v večini delovnega dne proizvajamo lastno električno energijo, kar zmanjšuje odvisnost od klasičnih, okoljsko bolj obremenjujočih virov.

Zavedamo se, da okoljska odgovornost vključuje tudi optimizacijo internih procesov, zato smo pomemben del digitalizacije proizvodnje usmerili v zmanjševanje porabe papirja. V ta namen smo v proizvodne hale namestili računalniške terminale, preko katerih lahko zaposleni neposredno dostopajo do tehnične dokumentacije, delovnih nalogov in drugih potrebnih informacij. Tako ni več potrebe po tiskanju obsežnih dokumentov, kar bistveno zmanjša porabo papirja in prispeva k učinkovitejšemu upravljanju podatkov.

Pomemben del trajnostnega pristopa pa je tudi skrb za zaposlene, saj menimo, da imata zdravje in dobro počutje zaposlenih neposreden vpliv na dolgoročno trajnost podjetja. S tem namenom smo uvedli različne ukrepe, ki spodbujajo zdravo in aktivno življenjsko okolje za naše sodelavce. Med drugim podjetje zagotavlja brezplačno sveže sadje za vse zaposlene, s čimer spodbujamo zdrav način prehranjevanja na delovnem mestu. Prav tako podpiramo športno udejstvovanje zaposlenih, sodelovanje na rekreativnih dogodkih ter aktivnosti, ki pripomorejo k boljšemu počutju in zmanjševanju stresa.

Naš trajnostni pristop tako ni usmerjen le v zmanjševanje vpliva na naravno okolje, temveč zajema celostno odgovornost do vseh deležnikov podjetja – od skrbi za okolje, energetske učinkovitosti, varnosti proizvodnje, do zagotavljanja kakovostnih pogojev za zaposlene.

6. DIGITALIZACIJA V PROIZVODNJI

V podjetju RIEDL PRECISION d. o. o. se v zadnjih letih aktivno usmerjamo v celovito digitalno transformacijo tako proizvodnih procesov kot tudi ostalih podpornih in administrativnih dejavnosti znotraj podjetja. Skladno s sodobnimi trendi v industriji, predvsem v okviru koncepta Industrije 4.0, si prizadevamo za vzpostavitev povezanega, avtomatiziranega in podatkovno podprtega delovnega okolja, ki omogoča večjo učinkovitost, transparentnost in nadzor nad vsemi ključnimi vidiki poslovanja.

Eden ključnih vidikov digitalizacije se nanaša na področje proizvodnje, kjer uvedba digitalnih rešitev prinaša številne prednosti. Digitalno podprta proizvodnja nam omogoča:

- večjo preglednost nad potekom proizvodnje,
- natančno sledljivost uporabljenega materiala,
- spremljanje stanja obdelave posameznih kosov na različnih operacijah,
- realnočasovni vpogled v zaloge izdelkov in surovin ter
- možnost napovedovanja in optimizacije proizvodnih kapacitet.

Za podporo digitalnemu vodenju proizvodnje uporabljamo programski sistem GoSoft, ki je bil izbran zaradi svoje funkcionalnosti, fleksibilnosti in prijaznosti do uporabnika. Sistem omogoča centralizirano spremljanje proizvodnih procesov, pri čemer je pri vsakem stroju oziroma sklopu strojev nameščen računalnik, preko katerega zaposleni upravljajo z delovnimi nalogi.

Zaposleni se ob začetku dela prijavijo v sistem z osebno črtno kodo, s čimer se avtomatsko beležijo njihov prihod, začetek operacije in nadaljnji potek dela. Med delom se v sistem sproti vnašajo podatki o izdelanih kosih, vključno s številom kosov za izmet, kosov, potrebnih za popravilo, ter dobro izdelanih kosov. Ob zaključku operacije delavec potrdi zaključek naloge in potrdi dejansko število ustreznih izdelkov.

S tem sistemom pridobimo vrsto pomembnih podatkov, ki so ključni za analizo učinkovitosti, nadzor kakovosti ter naknadno kalkulacijo proizvodnje:

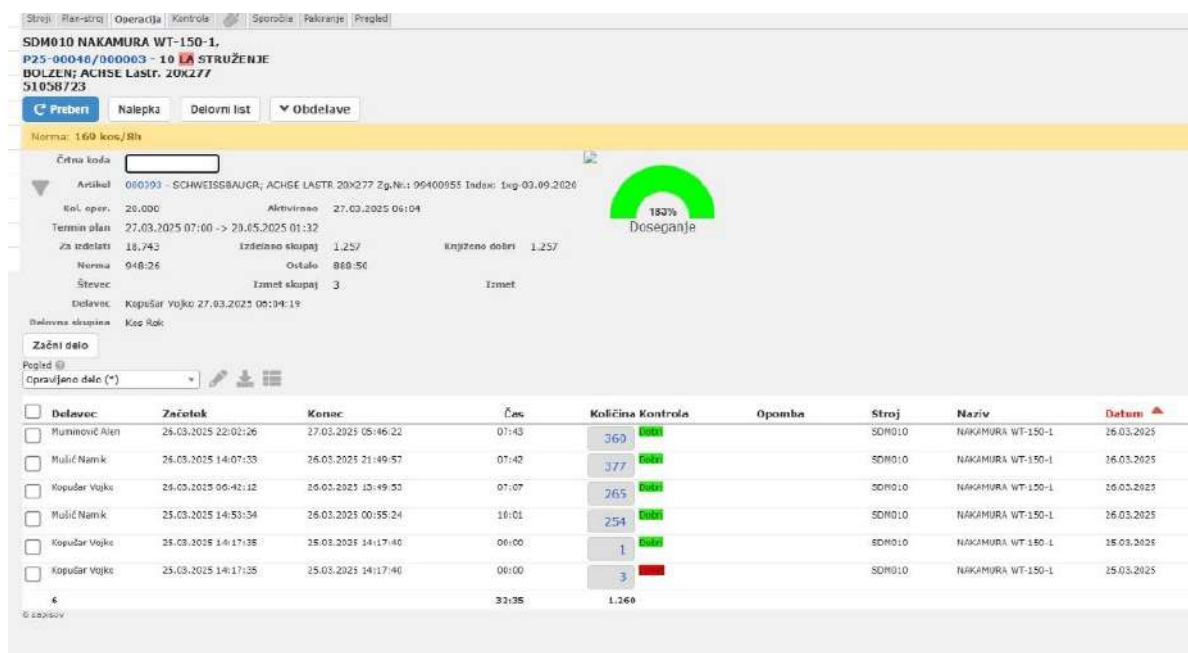
- število izdelanih kosov po posamezni operaciji in stroju,
- število izmetov in popravil po časovnih obdobjih ali projektih,
- podatke o učinkovitosti posameznih zaposlenih ali delovnih ekip,
- časovne normative za posamezne obdelave,
- stanje obdelave v realnem času,

- napoved potreb po materialu glede na terminske plane ter
- sledenje dobavnim rokom pri posameznih kupcih.

Sistem GoSoft omogoča proaktivno upravljanje s proizvodnimi nalogami, saj vnaprej opozori, če za določen delovni nalog ni bil pravočasno sprožen začetek proizvodnje, ter nam na podlagi količine, zahtevane s strani kupca, izračuna optimalni čas začetka proizvodnje, da bi zagotovili pravočasno izdelavo.

Digitalizacija pomembno vpliva tudi na zmanjševanje porabe papirja, saj večina dokumentacije, vključno s tehnološkimi risbami, delovnimi nalogi, navodili za obdelavo ipd. – obstaja zgolj v elektronski obliki in je dostopna neposredno prek računalniških terminalov na delovnem mestu. S tem bistveno zmanjšujemo količino odpadnega papirja, racionaliziramo informacijske tokove in prispevamo k trajnostnemu poslovanju podjetja.

Naslednja slika (Slika 20) prikazuje spremljanje proizvodnje podrobno, kjer vidimo vpisane kose po izmenah.



Slika 20: Program GOsoft za spremljanje proizvodnje

Vir: (Lastni vir, 2025)

Digitalizacija proizvodnje prinaša podjetju številne koristi, saj omogoča povečan nadzor nad viri, procesi in rezultati, kar vodi k večji stabilnosti proizvodnje in boljši odzivnosti na potrebe trga. Z implementacijo sistema smo dosegli, da imajo vsi odgovorni – od tehnologov do vodij

projektov in skrbnikov strank – ves čas vpogled v trenutno stanje proizvodnje, količine izdelanih kosov, stanje zalog ter potek operacij.

Poleg tega digitalni sistem omogoča tudi preprečevanje nepotrebnega kopičenja materialov, saj je poraba surovin natančno spremljana in vezana na dejanske potrebe proizvodnje. Na ta način se zmanjšujejo stroški skladiščenja in tveganje za zastarele zaloge, kar neposredno pozitivno vpliv na finančno učinkovitost poslovanja.

Poleg proizvodnje sistem GoSoft omogoča tudi digitalizacijo drugih ključnih poslovnih funkcij znotraj podjetja. V enotnem informacijskem okolju se vodijo in generirajo:

- delovni nalogi,
- obračuni delovnih ur in plač,
- izstavitev in obdelava naročilnic in dobavnic,
- spremljanje dobavnih rokov,
- obvladovanje projektov ter
- druge funkcije, povezane z upravljanjem kadrov, logistiko in nabavo.

Naslednja slika (Slika 21) prikazuje del programa, kjer se spremlja celotna proizvodnja

Stroj	Material	Del.	Delavci	Operacije	Artikel/delo	Termin	Količina
SOM101	MAKAPULVA MT-100-1	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00048/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM102	MAKAPULVA MT-100-2	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00049/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM103	MAKAPULVA MT-100-3	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00050/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM104	MAKAPULVA MT-100-4	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00051/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM105	MAKAPULVA MT-100-5	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00052/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM106	MAKAPULVA MT-100-6	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00053/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM107	MAKAPULVA MT-100-7	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00054/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM108	MAKAPULVA MT-100-8	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00055/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM109	MAKAPULVA MT-100-9	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00056/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM110	MAKAPULVA MT-100-10	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00057/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM111	MAKAPULVA MT-100-11	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00058/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM112	MAKAPULVA MT-100-12	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00059/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM113	MAKAPULVA MT-100-13	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00060/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM114	MAKAPULVA MT-100-14	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00061/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM115	MAKAPULVA MT-100-15	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00062/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM116	MAKAPULVA MT-100-16	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00063/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM117	MAKAPULVA MT-100-17	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00064/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM118	MAKAPULVA MT-100-18	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00065/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM119	MAKAPULVA MT-100-19	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00066/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM120	MAKAPULVA MT-100-20	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00067/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM121	MAKAPULVA MT-100-21	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00068/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM122	MAKAPULVA MT-100-22	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00069/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM123	MAKAPULVA MT-100-23	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00070/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM124	MAKAPULVA MT-100-24	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00071/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM125	MAKAPULVA MT-100-25	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00072/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM126	MAKAPULVA MT-100-26	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00073/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM127	MAKAPULVA MT-100-27	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00074/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM128	MAKAPULVA MT-100-28	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00075/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM129	MAKAPULVA MT-100-29	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00076/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000
SOM130	MAKAPULVA MT-100-30	Kopulacija	27.05.2025 06:04	P25-00077/000003 10	000303 SC-HYDRESSAUSSE, ACHSE LAGER 20x277	27.05.2025 17:00:00	10.000,000

Slika 21: Spremljanje proizvodnje v programu

Vir: (Lastni vir, 2025)

Zaradi centralizacije podatkovnega sistema je zagotovljena večja integracija med oddelki, kar omogoča hitrejšo in natančnejšo sprejemanje odločitev ter zmanjšuje možnost napak, ki bi lahko nastale zaradi nepopolnih ali zastarelih informacij.

Digitalizacija predstavlja enega ključnih razvojnih usmeritev podjetja RIEDL PRECISION d. o. o. Njena vpeljava ni zgolj tehnična ali organizacijska izboljšava, temveč pomeni pomemben korak k sodobnemu, konkurenčnemu in trajnostnemu poslovanju, ki temelji na podatkovni podpori, transparentnosti in natančnem upravljanju virov. S tem se postavljajo trdni temelji za dolgoročno rast, prilagodljivost in zanesljivost podjetja v hitro spreminjajočem se industrijskem okolju.

7. SKLEP

V uvodnem delu diplomskega dela sem predstavil podjetje RIEDL PRECISION d. o. o., ki ima svoj sedež v Mariboru. Poudarek je bil na predstavitvi glavnih proizvodnih oddelkov podjetja, pri čemer sem se posebej osredotočil na oddelke, ki sodelujejo v procesu proizvodnje kovinskih izdelkov. Znotraj te predstavitve sem namenil posebno pozornost postopkom programiranja in nastavljanja obdelovancev, saj ti predstavljajo ključni del proizvodnega procesa.

Ker so CNC stroji osrednji element v proizvodnem procesu podjetja, sem se v nadaljevanju podrobneje posvetil prav njim. Najprej sem predstavil zgodovinski razvoj teh strojev, pri čemer sem izpostavil njihovo evolucijo iz NC strojev, ki so bili njihovi predhodniki. Omenil sem časovno umestitev prvih NC strojev, njihov pomen za industrijo ter prehod k sodobnim CNC strojem, ki omogočajo bistveno večjo natančnost, avtomatizacijo in fleksibilnost pri proizvodnji. Podrobno sem predstavil sestavne komponente sodobnih CNC strojev, razložil pojem natančnosti ter predstavil ključne razlike med CNC stružnimi in CNC rezkalnimi stroji.

V naslednjem poglavju sem se osredotočil na postopek programiranja CNC strojev. Predstavil sem programska orodja, ki jih uporabljamo za izdelavo obdelovalnih programov ter pomen simulacijskih programov, ki omogočajo preverjanje in optimizacijo obdelave pred začetkom dejanske proizvodnje. Pojasnil sem, zakaj je uporaba teh programov ključna za preprečevanje napak, povečanje učinkovitosti in zagotavljanje kakovosti končnega izdelka.

Sledila je obravnava rezalnih orodij, kjer sem predstavil različne vrste orodij, materiale, iz katerih so izdelana, ter operacije, ki jih je z njimi mogoče izvajati. Pomembni deli tega poglavja so tudi analiza vpliva izbire orodij na kakovost, čas obdelave in stroški proizvodnje.

V zaključku tega sklopa sem predstavil še oddelek kontrole kakovosti, njegove naloge in postopke, ki jih izvajajo za zagotovitev, da končni izdelki ustrezajo zahtevanim specifikacijam. Kontrola kakovosti je ključnega pomena za zagotovitev skladnosti izdelkov s standardi ter za preprečevanje izmeta.

V osrednjem delu diplomskega dela sem se poglobil v postopek vzpostavitve tehnologije za izdelavo novega izdelka v podjetju RIEDL PRECISION. Predstavil sem celoten postopek od začetne ideje do končne implementacije v proizvodnjo, pri čemer sem izpostavil ključne korake in izzive, ki se lahko pojavijo, če tehnološki postopek ni ustrezno načrtovan.

Posebej sem izpostavil, kako napačna določitev tehnološkega postopka lahko privede do različnih težav – od časovnih zamud, povečanja stroškov do tehničnih težav, kot so neustrezne

tolerance po termični obdelavi. Poudaril sem, da je že v fazi načrtovanja potrebno predvideti vse nadaljnje obdelave in temu ustrezno prilagoditi začetni postopek.

V nadaljevanju sem predstavil tudi kalkulacije, ki jih je potrebno izvesti za določitev cene izdelka. Predstavil sem izračun materialnih in časovnih stroškov ter opisal, kako spremljamo in analiziramo ekonomsko upravičenost in rentabilnost izdelave posameznega izdelka med samo proizvodnjo.

Na praktičnem primeru sem prikazal del programskega zapisa za določen izdelek, ki ga pripravi tehnolog programer, ter pojasnil, kako se izračunajo potrebni parametri za obdelavo. Pojasnil sem tudi, kako poteka nastavitev stroja, katere podatke mora poznati operater ter kako se zagotovi, da je proizvodni proces optimalen.

V zaključnem delu sem obravnaval dve pomembni tematiki, katerih pomen se v podjetju vedno bolj prepozna in krepí: trajnostni pristop k proizvodnji ter digitalizacija proizvodnih procesov.

V kontekstu digitalizacije sem pojasnil, kako sodobni digitalni sistemi omogočajo boljšo sledljivost posameznih izdelkov skozi celoten proizvodni proces. Vsi deležniki v procesu lahko v realnem času spremljajo stanje določenega kosa – kje se nahaja, kateri postopki so že bili opravljeni, kateri še sledijo. Poleg tega digitalna orodja omogočajo enostavno izvajanje kalkulacij, analiziranje časa izdelave in obvladovanje izmeta. Digitalizacija torej ne pomeni le boljše preglednosti, temveč tudi višjo učinkovitost, manj napak in hitrejše odzivanje na spremembe.

7.1. Potrditev hipotez

Hipoteza H1: Pravilna izbira tehnološkega postopka bistveno pospeši postopek izdelave kosa.

Hipoteza se je skozi analizo in praktične primere potrdila kot pravilna. Ugotovili smo, da nepravilna izbira postopka vodi do upočasnitve proizvodnje, saj se lahko zgodi, da so režimi obdelave neustrezni, izbrana orodja pa neučinkovita ali neprimerna za določen material. Poleg tega lahko neustrezno zaporedje tehnoloških korakov povzroči dodatne težave, kot na primer neupoštevanje potreb po dodatkih za kasnejše termične obdelave, kar lahko privede do deformacij in neustreznosti izdelka.

Hipoteza H2: Pravilna izbira tehnološkega postopka poceni postopek izdelave kosa.

Tudi ta hipoteza se je izkazala kot pravilna. Pravilna izbira tehnološkega postopka in orodij omogoča hitrejšo in bolj učinkovito izdelavo izdelka, kar pomeni nižje stroške na enoto izdelka. Napačna izbira postopka lahko vodi do nepotrebnih ponovitev, izmeta ali dodatnih stroškov zaradi porabe časa in materiala. Z ustreznimi režimi in kakovostnim orodjem lahko povečamo število izdelanih kosov v določenem časovnem okviru in s tem povečamo izkoristek stroja ter znižamo stroške.

Hipoteza H3: Izbira pravilnih postopkov na CNC strojih naredi samo proizvodnjo stabilnejšo.

Hipoteza je potrjena. Stabilna proizvodnja pomeni manjši delež izmeta, manj popravkov in manj nepričakovanih zastojev. Napačna izbira parametrov ali vrstnega reda postopkov lahko vodi do poškodb orodij, slabe kakovosti izdelkov in nestabilnosti v proizvodnem procesu.

Hipoteza H4: Vpeljevanje digitalizacije v proizvodnjo nam omogoča lažjo sledljivost kosa, boljšo preglednost nad samimi tehnološkimi postopki ter časi izdelave določenega kosa.

V zadnjem delu diplomske naloge sem prikazal, kako digitalizacija omogoča sledenje izdelku skozi celoten proces, beleženje vseh postopkov, analiziranje učinkovitosti ter hitrejše odločanje na osnovi podatkov v realnem času. Poleg sledljivosti se izboljšata tudi kakovostna kontrola ter možnosti za optimizacijo proizvodnje.

8. VIRI

Balič, J. (2001). *Računalniško integrirana proizvodnja*. Fakulteta za strojništvo.

directmachines.com. (2025). Pridobljeno iz *directmachines.com*:

<https://directmachines.com/doall-dc-420nc-continental-seriestm-high-production-horizontal-band-saw.html>

hermle. (2025). Pridobljeno iz <https://www.hermle.de/en/machining-centres-automation/models/machining-centre-c-650-gen2/>

hsc-schmidt. (2025). Pridobljeno iz <https://hsc-schmidt.si/prodajni-program/rezilno-orodje/>
<https://www.longshengmfg.com/5-axis-CNCmachining-services/>. (brez datuma). 2025.

<https://www.mybrightonandhove.org.uk/topics/technology/inventions/technology>. (2025).
Pridobljeno iz
<https://www.mybrightonandhove.org.uk/topics/technology/inventions/technology>

Lastni vir. (2025).

Otto, A. (2025). *PROGRAMIRANJE CNC STROJEV*. Pridobljeno iz
<https://www.scribd.com/doc/64820222/PROGRAMIRANJE-CNCSTROJEV>

OTTO, A. (2025). *yumpu.COM*. Pridobljeno iz RAZVOJ RAČUNALNIŠKO VODENIH
OBDELOVALNIH STROJEV:
<https://www.yumpu.com/xx/document/read/30346708/kako-najhitreje-do-znanja-programiranja-CNCstrojev>

Pahole, I. i. (2003). *Obdelovalni stroji*. Maribor: Fakulteta za Strojništvo.

Peter Glažar, S. C. (2025). Predstavitveni katalog podjetja Sandvik Coromant.

RIEDL PRECISIONd.o.o. (2024). *Katalog podjetja*. Maribor.

RIEDL PRECISIONd.o.o. (2025). *Katalog podjetja*.

Sandvik Coromant - E learning. (brez datuma). *Sandvik coromant - e learning metal cutting*.
Pridobljeno iz <https://www.sandvik.coromant.com/en-us/services/sandvik-coromant-academy/e-learning>

Stephenson, D. A. (2016). *Metal Cutting Theory and Practice*. Boca Raton: CRC Press -
Taylor Francis Group.

Strojništvo.com. (2025). Pridobljeno iz <https://www.strojnistvo.com/cbn-vrhunske-rezilne-ploscice.html>

Teximp. (2025). Pridobljeno iz <https://www.teximp.com/predogled-izdelka/wt-150ii>

Zeiss. (2025). Pridobljeno iz https://shop.metrology.zeiss.com/INTERSHOP/web/WFS/IMT-AT-Site/en_AT/-/EUR/ViewProduct-Start?SKU=600099-2830-056