**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA**

**MARIBOR**

# SNOVANJE, KONSTRUIRANJE IN IZDELAVA ZAHTEVNEJŠEGA ORODJA ZA HLADNO PREOBLIKOVANJE PLOČEVINE

Kandidat: Danijel Lesjak

Vrsta študija: Študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: mag. Jože Ravničan, univ. dipl. inž. str.

Mentor v podjetju: Darko Bavdaž, inž. str.

Lektor: Irena Žunko, prof. slov.

Maribor, 2019

# IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Danijel Lesjak sem avtor diplomskega dela z naslovom Snovanje, konstruiranje in izdelava zahtevnejšega orodja za hladno preoblikovanje pločevine, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Jožeta Ravničana univ. dipl. inž. str.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

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

Maribor, april 2019 Podpis študenta:

# ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju

mag. Jožetu Ravničanu, univ. dipl. inž. str.,

za strokovno pomoč pri sestavi diplomskega dela.

Zahvaljujem pa se tudi

podjetju ter celotni ekipi podjetja Tehnior, s. p.,

kjer sem zaposlen, predvsem pa direktorju oziroma

mentorju v podjetju Darku Bavdažu, inž. str., za pridobljene izkušnje

ter znanje o preoblikovanju orodja za hladno preoblikovanje pločevine.

# POVZETEK

Konstruiranje orodja za hladno preoblikovanje zahteva veliko znanja o materialih, tehnologiji izdelave ter o postopkih izdelave. Predvsem se pri konstruiranju uporablja znanje tridimenzionalne tehnologije, ki ga izpopolnjujemo z lastnimi izkušnjami ter z obsežno ekipo ljudi, da lahko razrešimo problematiko. V orodjarnah izdelujejo vse od manjših nezahtevnih orodij do velikih ter prototipnih orodij.

V diplomskem delu bomo predstavili celoten projekt od pridobljenega načrta ponudnika do izdelave metode, izbire traka, upoštevanja toleranc, izbire pravilnega materiala za orodje, konstrukcije ter posamezne operacije izdelave orodja od surovca do končne sestave orodja s preizkušanjem in meritvami končnega izdelka. Od ponudnika smo dobili podatke, kot so: končni zahtevani izdelek, potrebna količina izdelkov, zahtevane tolerance, vrsta materiala in stiskalnice, ki jo imamo na razpolago. Na osnovi podanih podatkov naročnika se projekt dela na osnovi snovanja lahko začne z izdelavo metode. Ko izdelamo metodo, se poda metoda v pregled naročniku za morebitne spremembe ter izražanje njegovih potreb po razviti metodi. Vsako snovanje orodja mora biti pregledano s strani naročnika, na tak način sprostimo delo za konstrukcijo orodja.

Predstavili bomo tudi več vrst orodja, kot so: progresivno orodje, prototipno orodje, posamično orodje in transfer orodja. Vsaka konstrukcija zahteva svoj čas, ki se ne more ovrednotiti. Po končani konstrukciji moramo podati vse izdelane risbe za proizvodnjo. Prikaz modeliranja v 3D-obliki nam olajša vsako delo, ker lahko natančno opravimo pregled posameznih elementov, zato vam bomo predstavili posamezne elemente progresivnega orodja z upoštevanjem, da se preračunajo vse potrebne sile, kot so: sila upogibanja, sila rezanja, sila snemanja in preračun potrebne sile stiskalnice.

V diplomskem delu predstavljamo tudi mehansko izdelavo s pomočjo različnih strojev. Pomembna je tudi pravilna izbira materiala za izdelavo orodja in predpisane termične obdelave. Prikazali bomo programiranje rezkalnega stroja CNC v programu CATIA V5R19, s katerim lahko za vsak posamezni obdelovalni program naredimo simulacijo, da zmanjšamo možnost loma obdelovalnih orodij, če zajamemo vse tolerančna območja. Prikazali bomo tudi vse vrste obdelav od surovca do končnega izdelka, kakšne obdelave so potrebne za izdelavo progresivnega orodja. Opisani bodo vsi sestavni deli, ki se obdelujejo, ter njihov namen v orodju.

Predstavili bomo vse potrebne zračnosti, ki so potrebne za rezanje traku oz. pločevine. Brez upoštevanja zračnosti v izdelavi orodja ni možno izvesti ter realizirati. Prikazali bomo vnos potrebnih standardnih elementov in obdelavo na žični eroziji in seveda končno sestavo s preizkusom progresivnega orodja.

***Ključne besede***: snovanje, konstruiranje, progresivno orodje, preoblikovanje pločevine, postopki izdelave

# ZUSAMMENFASSUNG

## DESIGNING, CONSTRUCTING AND PRODUCING A MORE DEMANDING TOOL FOR COLD SHEET METAL FORMING

Der Aufbau des Kaltumformwerkzeuges erfordert viel Wissen über Werkstoffe, Fertigungstechnik und Fertigungsprozesse. Vor allem das Design nutzt das Wissen der dreidimensionalen Technologie, das durch seine eigene Erfahrung und mit einem großen Team von Menschen perfektioniert wird, damit wir das Problem lösen können. Die Werkzeugmacher haben Anforderungen von kleinen, nicht anspruchsvollen Werkzeugen bis hin zu großen und Prototypen.

In der Diplomarbeit werden wir das gesamte Projekt aus dem erworbenen Plan des Lieferanten zur Herstellung des Verfahrens, der Auswahl des Bandes, der Betrachtung von Toleranzen, der Wahl des richtigen Materials für das Werkzeug, der Konstruktionen und der einzelnen Vorgänge, um das Werkzeug vom Rohmaterial bis zur endgültigen Zusammensetzung des Werkzeuges mit Prüfung und Messung des fertigen Produktes zu machen, vorstellen. Wir erhielten Informationen vom Anbieter, wie zum Beispiel: das erforderliche Endprodukt, die erforderliche Menge an Produkten, die erforderliche Toleranz, die Art des Materials und die Presse, die wir zur Verfügung haben. Auf der Grundlage der vom Auftraggeber vorgelegten Daten kann das auf dem Entwurf basierende Arbeitsprojekt mit der Herstellung der Methode beginnen. Wenn wir die Methode machen, wird die Methode in der Überprüfung an den Kunden für mögliche Änderungen und die Ausdruck ihrer Bedürfnisse für die entwickelte Methode gegeben. Jedes Werkzeugdesign muss vom Kunden geprüft werden, so dass die Arbeit für den Werkzeugbau freigegeben wird. Wir werden auch verschiedene Arten von Werkzeugen vorstellen: fortschrittliche Werkzeuge, Prototypenwerkzeuge, individuelle Werkzeuge und Werkzeuge übertragen. Jede Konstruktion erfordert eine Zeit, die nicht ausgewertet werden kann. Nach Fertigstellung müssen alle Zeichnungen für die Produktion angegeben werden. Die 3D-Modellierung simuliert jede Arbeit, weil wir jedes Element genau untersuchen können, so dass wir einzelne Elemente des progressiven Werkzeugs vorstellen werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass alle notwendigen Kräfte berechnet werden: Biegekraft, Schneidkraft, Aufzeichnungskraft und Berechnung der erforderlichen Kraft der Presse. In der Diplomarbeit präsentieren wir auch Maschinenbau mit Hilfe verschiedener Maschinen. Es ist auch wichtig, das richtige Material für den Werkzeugbau und die vorgeschriebene thermische Behandlung zu wählen.

Displayprogrammierung der CNC-Fräsmaschine im Programm CATIA V5R19, mit der jedes einzelne Bearbeitungsprogramm simuliert werden kann, um die Möglichkeit des Bruchs von Bearbeitungswerkzeugen zu minimieren und alle Toleranzbereiche zu decken. Wir zeigen auch alle Arten von Bearbeitungen vom Rohling bis zum fertigen Produkt, welche Art von Verarbeitung benötigt wird, um ein progressives Werkzeug zu produzieren. Beschreibung aller verarbeiteten Komponenten und deren Zweck im Werkzeug. Wir werden alle notwendigen Ausläufe vorstellen, die zum Schneiden des Bandes notwendig sind Blech Ohne Berücksichtigung der Spielbarkeit des Werkzeuges ist es nicht möglich, es durchzuführen und zu realisieren. Eingabe der notwendigen Standard-Elemente und Verarbeitung auf Drahterosion und natürlich die endgültige Komposition mit dem Test eines progressiven Werkzeugs.

***Stichwort:*** entwerfen, konstruktion, progressivwerkzeuge, blechumformung, fertigungsprozesse

# KAZALO VSEBINE


**1 UVOD ..... 9**

1.1 Opredelitev problema ..... 12
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve ..... 12
1.3 Predpostavke in omejitve ..... 13
1.4 Uporabljene raziskovalne metode ..... 13

**2 PREDSTAVITEV PODJETJA TEHNIOR, DARKO BAVDAŽ S. P. ..... 14**

2.1 Nabava materiala ..... 14
2.2 Orodjarna podjetja Tehnior ..... 15
2.3 Proizvodnja hladnega preoblikovanja ..... 16
2.4 Proizvodnja CNC-struženja ..... 17
2.5 Robotsko varjenje ..... 17
2.6 Logistika Podjetja ..... 18
2.7 Splošno o orodjarstvu v Sloveniji ..... 18

**3 RAZVRSTITEV ORODIJ ZA PREOBLIKOVANJE ..... 22**

3.1 Prototipna orodja ..... 22
3.2 Posamično orodje ..... 23
3.3 Transfer (stopenjsko) orodje ..... 23
3.4 Progresivno orodje ..... 24

**4 POSTOPKI PREOBLIKOVANJA ..... 25**

4.1 Upogibanje ..... 25
4.1.1 Sila pri upogibanju v matrici ..... 27
4.1.2 Postopki upogibanja pločevine ..... 28
4.2 Izračuni potrebnih sil ..... 30
4.2.1 Preračun rezalne sile ..... 30
4.2.2 Preračun upogibne sile ..... 31
4.2.3 Preračun snemalne sile ..... 31
4.2.4 Preračun sile stiskalnice ..... 32
4.3 Zračnost med rezilno ploščo in rezilnimi noži ..... 32
4.3.1 Strig z rezili ..... 32
4.3.2 Izračun strižne sile ..... 33
4.4 Postopki obdelave na progresivnih orodjih ..... 34

**5 IZDELAVA METODE DELA PROGRESIVNEGA ORODJA ..... 36**

5.1 Načrt naročnika v 3D-obliki ..... 36
5.2 Izdelava metode progresivnega orodja, izbira traku ..... 36
5.3 Konstrukcija orodja – 3D-modeliranje ..... 38

5.3.1 Osnovna spodnja plošča ..... 39
5.3.2 Zgornji del orodja ..... 40
5.3.3 Snemalni del orodja ..... 41
5.3.4 Končna konstrukcijska sestava orodja ..... 42
**6 IZBOR VIJAKOV ..... 45**
**7 STROJNA OBDELAVA ORODJA ..... 46**
7.1 ZAČETNA FAZA ..... 46
7.2 CNC-OBDELAVA ..... 47
7.3 OBDELAVA Z ŽIČNO EROZIJO ..... 50
**8 KONČNA SESTAVA ORODJA ..... 54**
**9 POMEN IZDELAVE ORODJA ..... 55**
**10 SKLEP ..... 57**
**11 VIRI, LITERATURA ..... 59**
**12 PRILOGE ..... 60**

# KAZALO SLIK

Slika 1: Izdelki in progresivno orodje podjetja Tehnior, Darko Bavdaž, s. p. ..... 21
Slika 2: Prototipno orodje ..... 22
Slika 3: Posamično orodje ..... 23
Slika 4: Transfer (stopenjsko) orodje ..... 24
Slika 5: Progresivno orodje ..... 24
Slika 6: Elastične in trajne deformacije ..... 26
Slika 7: Deformacije in nevtralna os pri upogibanju ..... 26
Slika 8: Kot zravnavanja ..... 27
Slika 9: Upogib v matrici ..... 28
Slika 10: Upogibanje ob letvi ..... 28
Slika 11: Upogibanje v matrici ..... 29
Slika 12: Okrogljenje pločevine, cevi in profilov ..... 29

Slika 13: Ravnanje z valji ..... 30
Slika 14: Profilno valjanje ..... 30
Slika 15: Pestič, matrica in pločevina ..... 32
Slika 16: Faze strižnega procesa ..... 33
Slika 17: Oblika pestičev in matric ..... 34
Slika 18: Kos v 3D-obliki ..... 36
Slika 19: Prikaz vgradnje kosa ..... 36
Slika 20: Izdelana metoda, noži in koraki ..... 38
Slika 21: 3D-prikaz mize vpenjanja na stiskalnici ..... 38
Slika 22: Osnovni spodnji del orodja ..... 40
Slika 23: Zgornji del orodja ..... 41
Slika 24: Snemalni del orodja ..... 42
Slika 25: Končna konstrukcijska sestava orodja ..... 44
Slika 26: Surovec za obdelavo ..... 46
Slika 27: Surovec po obdelavi na rezkalnem stroju ..... 46
Slika 28: Brušena ploskev ..... 47
Slika 29: NC-program ..... 48
Slika 30: Simulacija programa na 3D-modelu ..... 49
Slika 31: CNC-obdelava ..... 50
Slika 32: Simulacija za žično erozijo ..... 51
Slika 33: Obdelovanec za žično erozijo ..... 52
Slika 34: Izrez nožev na EDM-stroju ..... 52
Slika 35: EDM-obdelovalni stroj ..... 53
Slika 36: Trak po prvem preizkusu ..... 54

# KAZALO TABEL

Tabela 1: Upogibni faktor CU ..... 27

Tabela 2: Tabela za vijake ..... 45

Tabela 3: Izbor vijakov ..... 45

## *Uporabljene kratice:*

2D – Dvodimenzionalno

3D – Tridimenzionalno

NC – Numerical Control

CNC – Computer Numerical Control

CAD – Computer Aided Design

EDM – Electrical Discharge Machining

HRc – Trdota po Rockwellu

# 1 UVOD

## *1.1 Opredelitev problema*

V diplomski nalogi bomo predstavili, kako se lotiti izdelave orodja za hladno preoblikovanje pločevine. V sami sestavi orodja se srečujemo z različnimi problemi, kot je na primer: kako izbrati pravilno rešitev pri izdelavi metode, traka pločevine za izrezovanje lukenj ter za upogibanje s pestiči. Takšno orodje se imenuje progresivno orodje. Pri izdelavi metode traku obdelovanca si določimo širino traku ter izračunamo potrebne sile, ki nastopijo pri izsekovanju in upogibanju. Upoštevati moramo naročnikove pogoje, ki jih ponudnik poda. Upoštevati je treba tolerance, količine izdelanih kosov, velikost stiskalnice in dimenzije ter katere interne standarde ali predpise moramo upoštevati. Vsako izdelano orodje s podanimi dvodimenzionalnimi načrti spremenimo v tridimenzionalno obliko ter tako razvijemo pločevino ter določimo konstrukcijo orodja. S programi za konstrukcijo, kot je CATIA, si pomagamo pri preoblikovanju, v nalogi pa bomo predvsem prikazali, kako lahko s programom izdelamo razne CNC-programe in naredimo simulacijo obdelave na strojih CNC. Pri izboljšavi samega obstoječega orodja, kot je v tem primeru, se orodje preoblikuje iz dveh posameznih orodij v eno skupno. To pomeni, da lahko s samo enim orodjem za hladno preoblikovanje pločevine naredimo dva posamična izdelka z eno operacijo. S takšnim namenom izdelave orodja za hladno preoblikovanje pločevine se povečajo produktivnost, čas izdelave ter nastavitve orodja in ekonomsko boljši izkupiček pri preoblikovanju s progresivnim orodjem.

## *1.2 Namen, cilji in osnovne trditve*

Namen diplomskega dela je predstaviti, kako se posvetimo konstruiranju in prikazati potek, kako pravilno začnemo z izbiro pravilne metode preoblikovanja. Pri povpraševanju ponudnika ali podjetja s podano risbo kosa podamo grobo metodo ali načrt konstrukcije, ki zajema širino traku, število potrebnih korakov, velikost orodja in porabo materiala, nato pa moramo vnesti zahteve, ki jih poda ponudnik. Namen konstruiranja je, da upoštevamo navedene predpise ponudnika, ki jih poda sam, ter da upoštevamo standardne elemente za vgradnjo v orodje, podane maksimalne, minimalne širine, dolžine ter višine orodja pri podani stiskalnici za izdelavo serijskega izdelka. Pri vsakem konstruiranju je pomembna življenjska doba orodja. Glede na serijo izdelanih izdelkov pa moramo upoštevati pravilno izbiro materiala orodja in

standardnih elementov. V diplomski nalogi bomo prikazali, kako se lotiti dela po konstrukcijskem delu, ko izdelamo risbe za proizvodno delo. Prikazan bo tudi potek dela v orodjarni z vsemi postopki obdelave, kot so rezkanje, struženje, vrtanje, brušenje, žična erozija in končna sestava orodja. Cilji orodjarne so, da uspešno izdela pridobljeni projekt od konstrukcije do končnega izdelka s pomočjo sodelavcev ter dobro sodeluje s celotno ekipo. Če ni ekipnega dela in sodelovanja s posameznimi zaposlenimi, ki si delijo izkušnje, ni dobrega končnega izdelka. Pri vsakem končnem izdelku se mora rezultat postopka dela obrestovati, da je določeno orodje za hladno preoblikovanje pločevine doprineslo podjetju lažje rokovanje s samim orodjem. Namen izdelave novega orodja je, da s tem dosežemo zastavljen cilj o novem izdelku. Pri obnovi ali izboljšavi orodja za hladno preoblikovanje pločevine pa se skuša doseči namen, da z orodjem pospešimo proizvodnjo samega izdelka kot tudi samo produktivnost in seveda znižanje stroškov izdelave določenih izdelkov.

## *1.3 Predpostavke in omejitve*

Podatke za diplomsko delo smo pridobili v podjetju, kjer sem zaposlen, tako da smo imeli razne predpostavke, ki jih zahteva podjetje Tehnior. Upoštevali smo vse njihove predpise o varovanju podatkov, ki se ne navajajo v javni namen. Vsa samostojno narejena orodja za hladno preoblikovanje za proizvodnjo STIHL Gmnh so v njihovi lasti do opustitve samega izdelka s trga.

## *1.4 Uporabljene raziskovalne metode*

Predvsem smo uporabili lastne raziskovalne metode iz podjetja Tehnior. Vse podane slike so narejene osebno, vsa programska oprema je last podjetja. Progresivno orodje smo razvijali in modelirali sami, prav tako tudi strojno obdelavo s predstavljenimi programi, ki jih uporablja podjetje za obdelavo na strojih CNC. V pomoč pa nam je bil tudi strojniški priročnik in določene knjige ter elektronski viri. Za veliko standardnih elementov se uporabljajo katalogi določenih proizvajalcev z njihovimi standardi oziroma predpisi o kakovosti izdelkov, naročenih iz ponudbe.

# 2 PREDSTAVITEV PODJETJA TEHNIOR, Darko Bavdaž s. p.

Podjetje TEHNIOR, s. p., je na trgu že od leta 1995, zato ima že veliko pridobljenega znanja o izdelavi ter preoblikovanju orodij za hladno preoblikovanje. V podjetju se ukvarjajo z zelo velikim spektrom obdelave ter izdelave posameznih orodij. Podjetje TEHNIOR ima lastno proizvodnjo in orodjarno. Proizvodnja je razdeljena na proizvodnjo s progresivnimi orodji na stiskalnicah, proizvodnjo s CNC-struženjem, robotskim varjenjem ter inženiring orodij z lastno orodjarno. Izdelujejo predvsem progresivna orodja ter prototipna orodja. V podjetju najdemo zelo širok spekter znanja pri izdelavi orodij in pomoč pri reševanju problemov z drugimi proizvajalci. Izdelujejo predvsem orodja za avtomobilsko industrijo (MAGNA, STS, ALKO), za vrtno industrijo (STIHL, VIKING), novost pa so orodja za viličarje (STILL). Glavi kupci podjetja Tehnior so predvsem velika podjetja iz tujine, ki zelo cenijo kakovost in zanesljivost dobave pol izdelkov kot tudi končnih izdelkov. Podjetje Tehnior, Darko Bavdaž s. p. ima tudi certifikat kakovosti ISO 9001:2008, kar za kupce predstavlja veliko skupnih interesov za poslovanje. Vsak pridobljeni standard pomeni za podjetje njegovo dobro urejenost in seveda, da je na visoki ravni kakovosti vodenja sistema proizvodnje ter da zagotavlja samo kakovost izdelave. Največja prednost podjetja je lasten razvoj orodij za hladno preoblikovanje pločevine kot todi razne cevi za avtomobilsko industrijo. Razvoj orodij se uporablja za lastne potrebe kot tudi za tuje naročnike. Da bi bili ob razvoju orodij čim bolj odzivni in fleksibilni, se podjetje odraža z lastno orodjarno, da se lahko čim bolj približa zahtevam na trgu. Vse to pomeni, da lahko podjetje zagotavlja visoko kakovost, hitro odzivnost, fleksibilnost oz. prilagodljivost potrebam, zanesljivo dobavo in točnost glede dogovorjenih rokov dobave. Podrobnejše informacije so predstavljene na podani povezavi, prikazujejo pa zgodovino podjetja, kakšne obdelave izvajajo, na ogled pa je tudi ponujena video vizitka za boljšo predstavo delovanja podjetja Tehnior, Darko Bavdaž s. p. (http://tehnior.si/)

## *2.1 Nabava materiala*

V našem podjetju se vse začne z nabavo materiala pri različnih proizvajalcih. Material nabavljamo iz Italije, Nemčije, Slovaške in seveda z domačega trga Slovenije. Zaradi dolgih dobavnih rokov moramo vsak material pravočasno naročiti (nekateri dobavitelji imajo rok za dobavo materiala do 3 mesecev). Predvsem je problem v materialu, ki ga je treba narediti po

naročilu ter po točno določenih specifikacijah. Za proizvodnjo uporabljamo materiale, navedene v nadaljevanju:

- Ploščati material v kolutih

Ta material se uporablja za hladno preoblikovanje pločevine. Material naročimo točno po določenih dimenzijah, to pomeni, da moramo podati širino traku, debelino traku, težo koluta in predvsem vrsto materiala za obdelavo. Npr. (69 x 2,5 in S235 ter teža 1200 kg). S tem podamo proizvajalcu materiala potrebne podatke za izdelavo svojih potreb. S235 je vrsta materiala, težo pa potrebujemo zaradi količine izdelanih kosov, ki jo izračunamo sami. Dobavitelj materiala nam izda potrdilo o kakovosti materiala ter potrdilo, da so upoštevane vse tolerance glede debeline, širine in vrste materiala.

- Palice materiala za struženje

Ta material se uporablja za postopek struženja na obdelovalnih avtomatih CNC za pol izdelke. Problem dobave materiala za potrebe v podjetju je dolga čakalna doba za izdelavo materiala, ker moramo skoraj 80 % materiala narediti točno po dimenzijah svojih potreb. Material ni standardnih dimenzij Veliki poudarek na stružnih pol izdelkih je izdelava osi za podjetje STIHL, ki ima toleranco 11,90 +–0,03 ali tudi druge dimenzije. Vsako izdelano os še hladno preoblikujemo, da dobi svojo končno obliko. Material dostavimo z ustreznimi specifikacijami, da lahko zagotovimo kakovost izdelave.

- Cevi materiala za struženje

Ta material se potrebuje za izdelavo raznih pol in končnih izdelkov za avto industrijo. Veliko se uporablja material iz nerjavečega jekla.

- Vse splošni material za orodjarstvo

Ta material naročimo po dimenzijah iz orodja, predhodno konstruiranega, ki ga dajemo v izdelavo. Pri teh materialih prejmemo vedno druge zahteve glede kakovosti in dimenzij. Vsak material prejmemo v surovem stanju ter ga nato naknadno obdelamo na obdelovalnih centrih za rezkanje.

## *2.2 Orodjarna podjetja Tehnior*

Orodjarna v podjetjih je zelo pomemben faktor, ker vse izhaja iz izdelave in popravil orodij do vzdrževalnih del na orodjih. V orodjarni je zaposlenih pet ljudi, ki se ukvarjajo z izdelavo novih projektov za lastne potrebe in potrebe drugih naročnikov. Od tega je eden zaposlen v

konstrukciji, trije v izdelavi orodij ter eden v vzdrževanju in sestavi orodij za hladno preoblikovanje pločevine. Orodjarna je velikega pomena za podjetje, saj omogoča fleksibilnost, lastno vzdrževanje, popravila in razni lomi se lahko odpravijo na zelo hiter in kakovosten način brez prevelikega zastoja proizvodnje. Kot rečeno, je orodjarna steber proizvodnih del, in sicer tako za serijsko proizvodnjo kot tudi za varjenje in struženje, da lahko naredimo razne merilne kalibre in priprave za kontrolo. Orodjarna v podjetju pomeni veliko pozitivnih stvari za podjetje samo kot tudi za naročnika. Če ima podjetje lastno orodjarno, je to za naročnika velika prednost, podjetje pa ni rizično ocenjeno glede same proizvodnje, ker se vsa vzdrževanja, razni lomi orodij ali poškodbe lahko odpravijo v sklopu podjetja in ne potrebujemo zunanjih izvajalcev. V podjetju Tehnior dajejo naročniki velik poudarek sami orodjarni zaradi novih projektov, da se lahko rešujejo stvari in izvajajo po dogovoru kakšni prototipni vzorci z naročnikom. Če je v podjetju lastna orodjarna, lažje poteka tudi proizvodnja, ker lahko napake hitro odpravimo ali izboljšamo. Vsa velika naročila se v prvi fazi navezujejo na orodjarno, v naslednjih fazah pa, ko orodja vzdržujemo, je tudi pri naročnikih zahteva, da je vse pravočasno izvedeno, brez zastoja terminov ali proizvodnih linij. To so tudi zahteve podjetja STIHL.

## *2.3 Proizvodnja hladnega preoblikovanja*

Proizvodnja v podjetju Tehnior poteka v enoizmenskem delovniku s šestimi zaposlenimi, ki se ukvarjajo s hladnim preoblikovanjem pločevine. Vsako preoblikovanje poteka na stiskalnicah in orodjih za hladno preoblikovanje pločevine. V proizvodnji se uporabljajo stiskalnice od 25 pa do 250 ton sile stiskanja. Vsak izdelek, ki se preoblikuje na stiskalnici, potrebuje svoje orodje in vrsto materiala. Orodje, ki se potrebuje za določene izdelke, ima svojo orodno karto, da se podajo določeni podatki za nastavitev stiskalnice, kot so: vrsta stiskalnice, kateri izdelek se preoblikuje, hod stiskalnice, hitrost stiskalnice, teža orodja in podajanje traku. Trak oziroma kolut, ki se preoblikuje, se v stiskalnico vodi s pomočjo odvijalne, ravnalne in podajalne naprave. Pri nastavitvi orodja na stiskalnico se vedno preverijo prvi izdelani izdelki, če mersko ustrezajo po kontrolni karti določenega izdelka. Ko se proizvodnja sprosti, pa pride do kontrole na določeno število izdelanih komadov. Po končanem ciklu preoblikovanja je treba orodje ter zadnji izdelani izdelek pregledati in določiti, ali je potrebno vzdrževanje ali pa se lahko hrani za naslednje obdelave, kar je treba vpisati v spremni list orodja. V proizvodnji skrbijo za pol izdelke za končno sestavo, ki se izvede na robotskem varjenju in tudi za končne izdelke naročnikov.

## *2.4 Proizvodnja CNC-struženja*

V proizvodnji CNC-struženja je ekipa treh zaposlenih, dva sta operaterja CNC-strojev, eden pa je programer. Skupno imajo štiri CNC obdelovalne stružne avtomate. Delo s stružnimi obdelovalnimi centri poteka v dveh izmenah, v katerih predvsem skrbijo za izdelavo osi, ki je predvsem šibka točka na struženju. Po obdelavi na stružnih centrih so osi predane v proizvodnjo preoblikovanja, da se jim poda končna oblika in priprava za varjenje vseh elementov. Struženje ima zelo veliko funkcijo v podjetju, ker se izdeluje velika količina pol izdelkov, ki se zvarijo v sklop raznih osi, ki se uporabljajo v kosilnicah STIHL. Pri struženju se zahtevajo velike tolerance izdelkov, in sicer od navojev do toleranc za nameščene ležaje. Za merjenje se uporabljajo razna merilna orodja, kot so osnovno digitalno pomično merilo, digitalni mikrometer, višinska merila, razni umerjeni kalibri, za navoje pa kalibri raznih toleranc, kar pa je odvisno od zahtev kupca. Vsak zaposleni na stružnici CNC mora imeti pravilen cikel pogostosti merjenja proizvedenih komadov, saj so možnosti loma orodja oz. rezalnih ploščič velike in da s tem prepreči prevelik izmet v proizvodnji. Zaposleni uporabljajo kontrolne karte, v katere vpisujejo izmerjene mere po določenih intervalih izdelanih komadov, s tem pa se izvaja avto kontrola zaposlenega na delovnem mestu.

## *2.5 Robotsko varjenje*

Robotsko varjenje služi, da se vsem pol izdelkom poda končna oblika in funkcija izdelka. V ekipi varjenja so štirje zaposleni, dva, ki delata kot operaterja na robotskem varjenju v dveh izmenah, eden je zaposlen kot programer na premontaži varilnih priprav, kontroli varjenja in pri poteku proizvodnje, eden pa kot pomočnik pri varjenju, pakiranju ter čiščenju komadov zaradi varjenja. Varjenje poteka po postopku CO2, to je varjenje po postopku MIG, MAG, z dodajnim materialom, to sta žica in plinska mešanica. Vsak izdelek, ki se zavari v sklop, mora izpolniti vsa tolerančna območja, vizualno kontrolo vara, funkcijsko pa mora ustrezati kontrolni pripravi. Robotsko se v podjetju vari pet različnih osi v sklop, ki so namenjene za vrtno kosilnico raznih tipov (ali je kosilnica pogonska ali brez pogona ter tudi za akumulatorske različice kosilnic). Na varjenju izdelujemo razne elemente v sklop, ki jih naročijo na laserskem razrezu, kot so izdelki, ki se vgrajujejo v viličarje STILL, za avto industrijo pa razne cevi za vodenje žice. Večino izdelkov je treba pregledati, da ni komad nepopolno zvarjen, ter jih očistiti, če je to potrebno zaradi varjenja. Kontrola komadov mora potekati na veliki ravni, saj so to končni izdelki, ki jih samo še površinsko zaščitimo s

cinkanjem. Varjenje je postopek, kjer moramo upoštevati veliko faktorjev, da lahko zagotovimo kakovostne izdelke. Sam postopek je vrsta toplotnega vnosa v material, pri tem pa pride do možnosti pregretja materiala, s čimer ga oslabimo. Težava pa je tudi zagotoviti tolerančna področja, saj se zaradi pregrevanja sam komad deformira. Pri programiranju robotov za varjenje se morajo točno določiti parametri za varjenje, da se sklopni izdelek ne deformira in s tem vseeno zagotovi nosilnost varov. Vsak dobri varjeni sklop je še površinsko zaščiten, ker lahko pri varu hitro pride do korozije.

V podjetju se uporabljajo različne zahteve površinskih zaščit, kar pa je odvisno od naročnikov in njihovih zahtev. Površinska zaščita služi proti koroziji izdelkov in mu poda tudi lep vizualni videz. Cinkanje so postopki zaščite, ki so seveda razvrščeni po kategorijah obstojnosti glede na korozijo. Za produkte kosilnic STIHL uporabljamo predvsem navaden svetel cink ali z barvilom v rumeni barvi. Za avto industrijo se uporablja predvsem cinkanje s postopkom cink nikelj, ki je bistveno bolj obstojen kot navaden cink. Testiranje kakovosti površinske zaščite se izvaja v solni kopeli, koliko ur je obstojen, da ne pride do površinske korozije. Produkti za viličarje STILL pa se cinkajo z barvilom črne barve. Ti postopki cinkanja morajo predvsem zadostovati vsem naročnikovim zahtevam in predpisom glede nanosa na površino, ki se predpisuje v mikronih debeline cinka. Nekaterih izdelkov pa ne cinkamo, ampak gredo na prašno barvanje. Nekaterih izdelkov za tuje naročnike sploh ne zaščitimo, ker so to pol izdelki za naknadno obdelavo ali sestavo v njihovi proizvodnji.

## *2.6 Logistika Podjetja*

Logistika je končni faktor podjetja, kjer izdelke iz podjetja dostavimo na površinsko zaščito cinkanja ter nazaj v podjetje in v skladišče, kjer izdelke še končno vizualno ter funkcijsko preverimo. Predvsem je treba preveriti razne navoje ter položaje, kjer se sestavlja ležaj. Zaradi logistike oz. transporta izdelkov je vedno možno, da pride do težav v zvezi s termini do naročnika in seveda, da izdelki po cinkanju v naši kontroli ustrezajo kriterijem površinske zaščite izdelkov. V zaključku predstave podjetja Tehnior je razvidno, da podjetje izvaja širok spekter različnih del in da je treba vse uskladiti glede na končne izdelke, ki jih proizvajamo predvsem za avstrijski trg.

## *2.7 Splošno o orodjarstvu v Sloveniji*

Na slovenskem trgu orodjarstva so velika povpraševanja za različna orodja vseh vrst izdelave materiala. Splošni pojem orodjarstvo je zelo velik spekter, ki se uporablja v vseh panogah, ne

samo v strojni industriji. Za vsak določen izdelek je treba imeti izdelano orodje, da lahko z njim izdelujemo enake kose velikih količin. Orodjarstvo v strojništvu se uporablja predvsem za preoblikovanje pločevine, kot so razna upogibna orodja, razna vlečna orodja, luknjalna orodja, rezilna orodja ter še veliko drugih oblik in postopkov preoblikovanja pločevine. Orodja izdelujemo tudi za vroče preoblikovanje, ki se uporablja pri kovaštvu na kladivih in stiskalnicah ter pri valjanju in vlečenju materiala. S takšnim vročim preoblikovanjem se ukvarjajo predvsem proizvodnje podjetij Unior in Ravne. Zadnje čase je predvsem velik trend v izdelavi plastičnih izdelkov. V preoblikovanju plastičnih izdelkov se uporabljajo orodja kalupi za brizganje plastike s pomočjo velikih stiskalnikov in stisnjenega zraka. Plastika je velik trend tako v Sloveniji kot tudi po vsem svetu, čeprav je tudi velik onesnaževalec okolja, ker je njena razgradnja zelo počasen postopek. Veliko se tudi uporabljajo odlitki raznih materialov, saj so tudi za izdelavo potrebna orodja in izdelani kalupi za odlitke, ki se uporabljajo predvsem za avtomobile, stroje vseh vrst, tudi obdelovalne stroje in tudi za izdelavo velikih orodij za preoblikovanje pločevine, kjer služijo odlitki kot spodnji ali zgornji del orodja. Odlitki se uporabljajo kot vgradni elementi v avtomobilih in v raznih strojih. Ker se veliko uporablja aluminij, je potreba po orodjarstvu zelo velika. Aluminij je predvsem praktičen zaradi svojih lastnosti, je dovolj trd, ampak zelo lahek, teža pa je velik faktor izdelave. Trenutno je v Sloveniji po proizvodnji, predvsem strojne industrije, veliko povpraševanje, dela je veliko tako za domači kot tudi za tuji trg, saj je industrija v vzponu ne glede na izdelek, kot so avtomobili, razni delovni stroji ter tudi za izdelavo vedno bolj avtomatiziranega proizvodnega sistema. V primerjavi s prejšnjimi leti se trg in proizvodnja večata predvsem z novimi trendi, kot so baterijski ter električni izdelki. Tudi v avto industriji je vedno večji poudarek na električnih avtomobilih, posledično pa se večata tudi trg in proizvodnja. Danes je veliko povpraševanja po novem delu, seveda pa moramo biti konkurenčni glede na ostale proizvajalce. Proizvajalcev je veliko, ampak za uspeh je potrebna dobra ekipa ljudi, dober strojni park ter kakovost proizvodnje, ki se navezuje tudi na terminsko usklajenost z naročnikom. Razlika med današnjim in preteklim časom je samo v tem, da je danes proizvodnja opremljena s kvalitetnimi stroji in zelo avtomatizirana. Pomembno pa je, da se ustvari dobra ekipa ljudi, ki ima znanje ter delovne izkušnje z izdelavo izdelkov in uporabo strojnega parka, ki je danes zasnovana predvsem na CNC-delovanju. Tudi po strojnem kadru je veliko povpraševanja, ker so vse različne proizvodnje vedno bolj opremljene z različnimi roboti, sama izdelava produktov pa je vse bolj avtomatizirana s pomočjo krmilnih strojev, ki so računalniško krmiljeni. Tako v strojni ali v kateri drugi tehnični panogi potrebujemo strojnike, ki znajo uporabljati stroje in naprave. Tudi v podjetju

Tehnior vsako leto izpopolnjujejo strojni park: novi stroji CNC so hitrejši in zmogljivejši od starih, dodeljujejo orodja za hladno preoblikovanje, da bolj samostojno delujejo z raznimi krmilji in senzorji za nadzor. Proizvodnja je trenutno v vzponu tudi v podjetju Tehnior, saj potrebe po izdelavi vrtnih kosilnic in kultivatorjev naraščajo iz leta v leto, prav tako pa se podjetje STIHL širi na svetovni trg. Trg za viličarje STILL narašča z leti, ker se povečuje tudi logistični del. Trend je v električnih viličarjih, ki so zamenjali stare dizelske viličarje, ki niso primerni za proizvodnjo ter skladiščne hale zaradi onesnaževanja prostorov in boljše klime za same delavce. Konkurenca za proizvodnjo izdelkov za STIHL in STILL je velika, saj je velika tudi ponudba na trgu. Če želimo dobro poslovati, mora biti kvaliteta izdelkov na prvem mestu, pomembna sta tudi natančnost in dobavni roki. Samo poslovanje z naročniki je zahtevno, ker se lahko za vsak napačno izdelan komad poda reklamacija izdelka. Pomembna je tudi točnost pri terminskih naročilih izdelkov. Podjetje vodi analize in točkovanje, da se lahko uvršča med visoko ocenjene dobavitelje. Za dobro podjetje je seveda pogoj ISO standard, s katerim podjetje izpolni vse določene in vodene pogoje. Dandanes naročniki vse bolj poudarjajo dobro urejeno podjetje s sistemom za vodenje proizvodnje na računalniško podprti tehnologiji, pomemben pa je tudi pregled od nabave materiala do celotne proizvodnje s skladiščem izdelkov. Podjetje se mora prilagoditi naročniku in njihovim zahtevam za poslovanje, da je lahko konkurenčno drugim proizvajalcem. Primer iz podjetja Tehnior: naročnik je za pogoj za povečanje proizvodnje sklopnih varjenih izdelkov podal zahtevo po novem robotu za varjenje sklopa osi. Če se podjetje ne bi odzvalo, bi se število proizvedenih sklopov prepolovilo, saj samo z enim robotom za varjenje podjetje zanje ni konkurenčno. V primeru zastoja robota za varjenje lahko pride do zastoja njihove proizvodnje. Vsak naročnik ima še kakšno drugo možnost dobave enakih izdelkov, da ni vezan samo na eno podjetje v primeru, da se v podjetju pripetijo zastoji ali kakšna druga šepanja. Tudi podjetje, kot je Tehnior, se ne sme vezati samo na enega naročnika, ampak se mora porazdeliti na več podjetij, s katerimi posluje, da se zagotovi normalno delovanje podjetja, če izgubi ali preneha izdelovati kakšen proizvod. Če se podjetje preveč veže samo na enega naročnika, lahko s tem zelo šepa celotno podjetje v primeru padca trga na tržišču. Bolj kot se podjetje razvija, vse bolj fleksibilna je konkurenca za ostale proizvajalce na trgu dela. Seveda pa je pomembno tudi, da mora biti vsak naročnik zadovoljen s podjetjem, s katerim posluje, in sicer tako s kakovostjo kot tudi s ceno. Cene na trgu pa se nižajo zaradi tujih trgov (Kitajska). Edina prednost izdelave v Evropi je boljša kvaliteta izdelkov, hitrejši pa je tudi logistični čas.



Slika 1: Izdelki in progresivno orodje podjetja Tehnior, Darko Bavdaž, s. p.

Vir: (http://tehnior.si/kdo.htm)

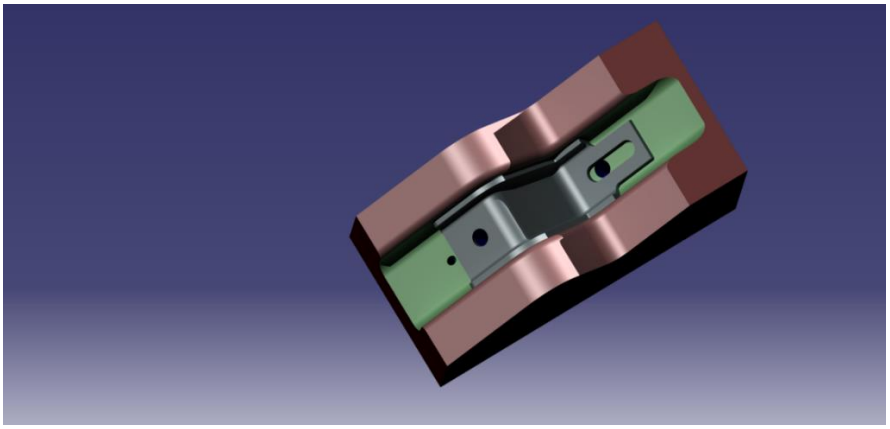
# 3 RAZVRSTITEV ORODIJ ZA PREOBLIKOVANJE

Pri preoblikovanju pločevine poznamo štiri večje skupine orodij za hladno preoblikovanje. Ta orodja so razdeljena glede na uporabnost različnih izdelkov, odvisna pa so tudi od namena in količine proizvedenih izdelkov. Izbiro orodja poda v večini primerov naročnik sam, običajno pa se predhodno dogovori s podjetjem, ki ga bo izdelovalo. Orodja lahko razdelimo na:

- prototipna orodja,
- posamična orodja,
- transfer (stopenjska) orodja,
- progresivna orodja.

## *3.1 Prototipna orodja*

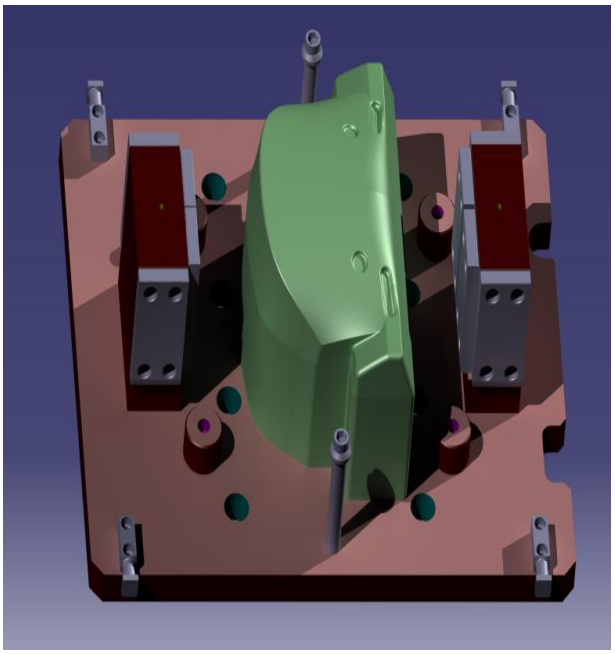
Prototipna orodja so namenjena za izdelavo izdelkov pred prehodom v orodje za serijski proizvod. V prototipnem orodju izdelamo izdelek, ki ga po potrebi prilagodimo samemu namenu, da lahko določimo končni kos. Prototipno orodje izdelujemo, da lahko preverimo šibke točke materiala, če je sploh možno izdelati izdelek s takimi pogoji, kot so zahtevani. Pri sami izdelavi prototipnih orodij moramo večkrat improvizirati, da dobimo izdelek, njihova tolerančna območja pa niso visoko zahtevana. Orodja so namenjena hitri izdelavi ter cenovno ugodna.



Slika 2: Prototipno orodje
Vir: (Lastna raziskava, 2017)

## *3.2 Posamično orodje*

Posamična orodja služijo za manjše serije proizvodov, kadar je potrebna samo ena operacija rezanja ali upogibanja pločevine. Orodje mora biti izdelano po predpisih, zajemati pa mora vsa tolerančna območja.

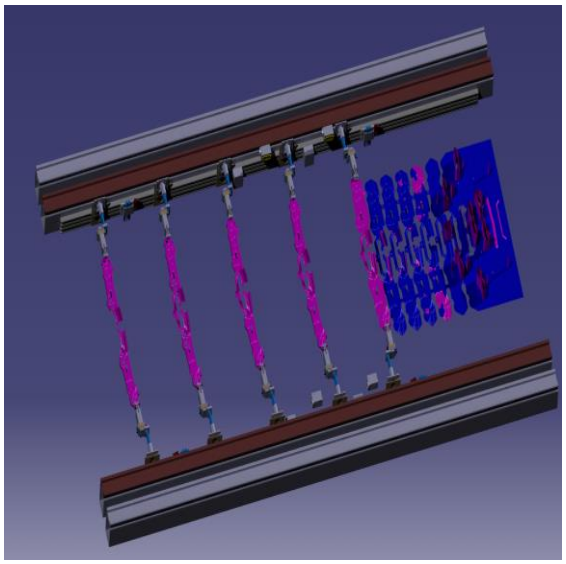


Slika 3: Posamično orodje

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

## *3.3 Transfer (stopenjsko) orodje*

Transfer orodja so namenjena za izdelavo velikih serijskih proizvodov. V transfer oz. stopenjskem orodju imamo skupno podnožje ter zgornji del, ki predstavlja večino odlitka. Določimo jo glede na potrebe in velikosti stiskalnice, na odlitku pa so nameščene posamezne stopnje ali (enote) orodja, ki služijo za posamezno operacijo izdelka. Do prenosa izdelka po posameznih enotah orodij pa pride s prijemali ali transferjem.

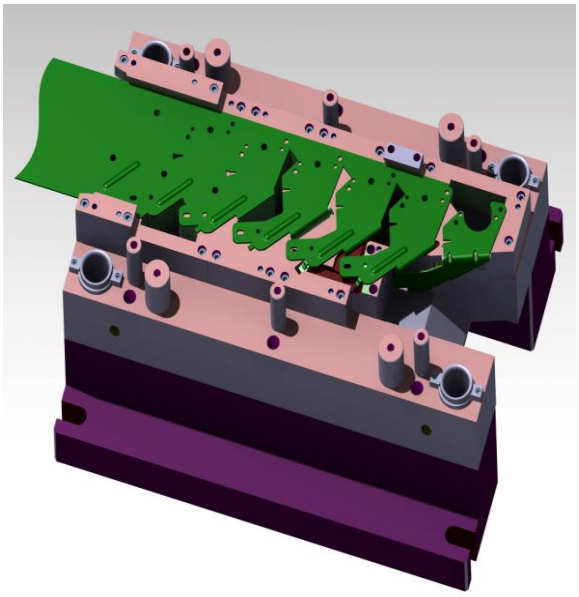


Slika 4: Transfer (stopenjsko) orodje

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

## *3.4 Progresivno orodje*

V progresivnem orodju je samo eno orodje z vstavljenimi posameznimi koraki delovanja. V orodje napeljemo pločevino oz. trak, ki je na kolobarju zvit na odvijalni napravi, pri prehodu v ravno stanje pa mora skozi valje, da se pregnete. Progresivno orodje ima za vsak korak določeno funkcijo v orodju. Takšen način delovanja s podajalcem in ravnanjem nam omogoča pomikanje pločevine v orodju vse do ločevanja materiala.



Slika 5: Progresivno orodje

Vir: (Lastna raziskava, 2017)

# 4 POSTOPKI PREOBLIKOVANJA

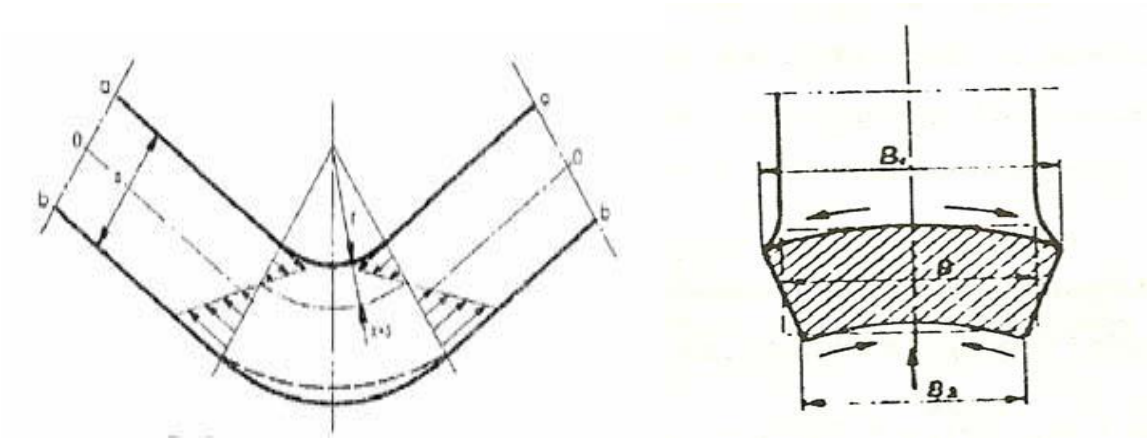
Poznamo več vrst postopkov preoblikovanja: z navadnimi pestiči izvedemo razne upogibe, rezanje z upogibanjem, izsekovanje materiala, luknjanje, vlek ali globoki vlek … Preoblikovanje pomeni spreminjanje oblike ter dimenzij s pomočjo izdelanega orodja in stroja. Material se pri postopku preoblikovanja deformira, prav tako pa se tudi spremenijo dimenzija ter lastnosti. Če spremenimo obliko, se praviloma mehanske lastnosti materiala spremenijo ter izboljšajo. Poznamo masivno preoblikovanje ter preoblikovanje pločevine. Pri masivnem preoblikovanju se material preoblikuje v vse tri smeri, pri preoblikovanju pločevine pa se znatno spreminja samo v eno smer, ne pa tudi v ostali dve smeri. Pri toplem ali hladnem preoblikovanju materiala vedno spremenimo tudi njegovo strukturo. (Musafia, 1973)

## *4.1 Upogibanje*

Upogibanje je mehanska obdelava s pomočjo orodja in stroja. Poznamo različne stroje za upogibanje materiala:

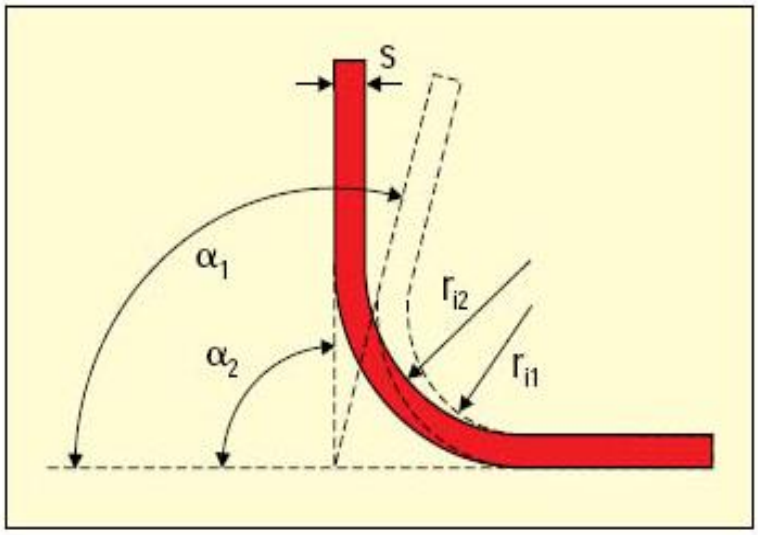
- stiskalnice za orodja (ekscentrične, hidravlične, ročne),
- upogibanje s krožnim gibanjem orodij,
- posebne naprave za upogibanje za posebno izdelana orodja.

Upogibamo lahko več vrst materiala. Zraven pločevine lahko upogibamo tudi razne profile, okrogle in kvadratne palice, žice, trakove z različnimi oblikami. Upogibanje ima zelo veliko vlogo pri izdelavi konstrukcij za lažja in težka tovorna vozila, delovne stroje, traktorje … Preoblikovanje in upogibanje imata pomembno vlogo v vseh orodjarnah, saj so zahteve vedno večje, končni izdelki pa so lahko poljubnih oblik. Poznamo tudi postopek preoblikovanja, kjer imamo elastične in trajne deformacije. Notranja vlakna se nakrčijo, pravokotno na to smer se širijo, zunanja vlakna se raztezajo in hkrati ožijo. (Musafia, 1973)



Slika 6: Elastične in trajne deformacije

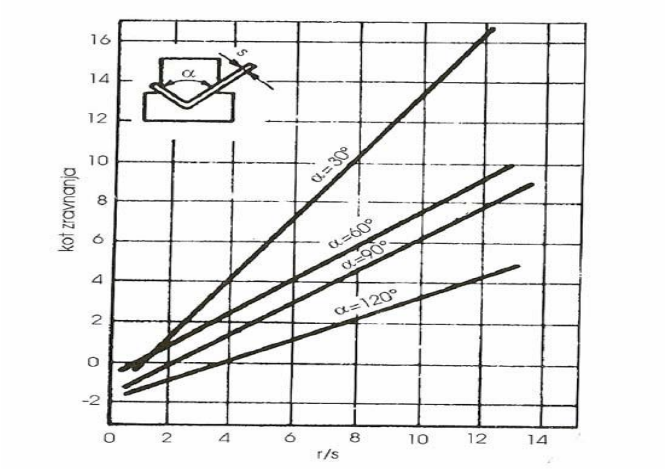
Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_upogibanja.html)




Slika 7**:** Deformacije in nevtralna os pri upogibanju

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_upogibanja.html)

Po končanem preoblikovanju, upogibanju se zaradi prisotnosti elastičnih deformacij delno zravna in pločevina se lahko vstavi. Večja je meja plastičnosti in r/s razmerje in manjša je debelina materiala, večje je zravnavanje. (Jereb, 1997)




Slika 8: Kot zravnavanja

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_upogibanja.html)

Upogibni polmer pri upogibanju pločevine je najvažnejši faktor (notranji polmer krivljenja r). Če je polmer premajhen, lahko privede do razpok zunanjih vlaken pri upogibanju. (Jereb, 1997)

Tabela 1: Upogibni faktor Cu

| Material | $c$ |
|---|---|
| baker | 0,25 |
| med – mehak | 0,30 |
| med – trdi | 0,40 |
| jeklo | 0,50 – 1,50 |
| Al 99 – mehak | 0,70 |
| Al 99 – trdi | 1,40 |

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_upogibanja.html)

Najmanjši dopustni upogibni polmer je odvisen od mehanskih lastnosti in debeline materiala. (Čretnik, 2003)

$r_{min} = c_u \cdot s$ $c_u$ ... upogibni faktor (tabela)

s ... debelina pločevine

### *4.1.1 Sila pri upogibanju v matrici*

$$F = \frac{C \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_m}{w}$$

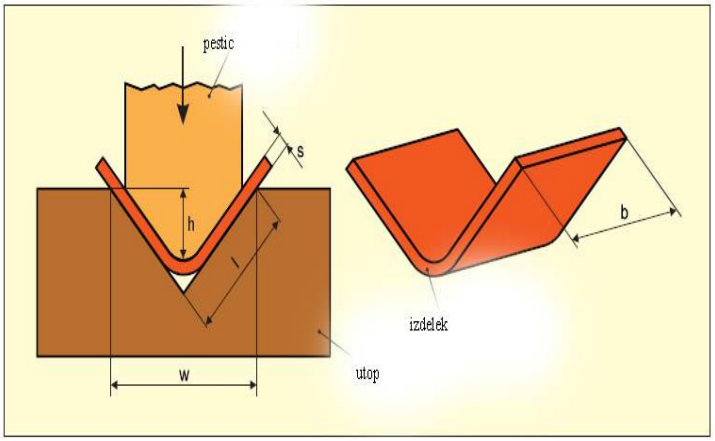
W ... širina izreza matrice

S ... debelina pločevine

B ... širina pločevine

$б_m$ ... trdnost materiala

C ~1,2 ... C=1+ (4 x s/w)



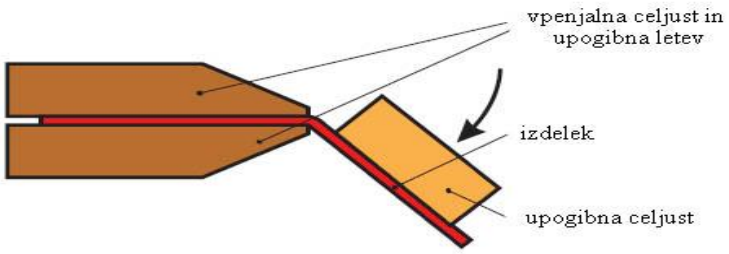

Slika 9: Upogib v matrici

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_upogibanja.html)

### *4.1.2 Postopki upogibanja pločevine*

#### 4.1.2.1 Upogibanje ob letvi

Ta upogib se uporablja predvsem v krovstvu, in sicer za daljše dolžine upogibanja do 12 m. Pločevino na mizo pritisne upogibna letev, upogibna čeljust pa z rotacijo pločevine zakrivi do kota ob upogibni letvi, ki smo ga želeli doseči. Z upogibanjem ob letvi se lahko upogibajo pločevine do 10 mm.



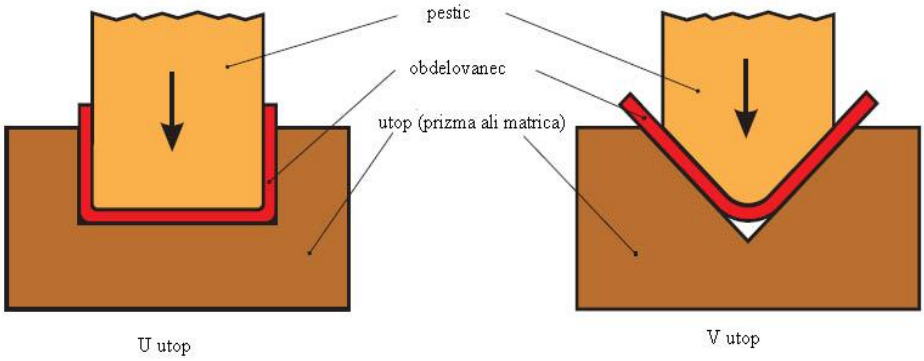

Slika 10: Upogibanje ob letvi

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/postopki_upogibanja_ploevine.html)

#### 4.1.2.2 Upogibanje v matrici

Upogibanje v matrici se uporablja predvsem na ekscentričnih, hidravličnih ali univerzalnih stiskalnicah. Zgornji del orodja (upogibni pestič) pritisne pločevino na spodnji del orodja,

tako imenovano matrico. Če hočemo natančni upogib profila, potrebujemo v matrici kalibracijo, s tem pa povečamo pritisk, ker pločevina nasede na bočne stene matrice in pestiča.

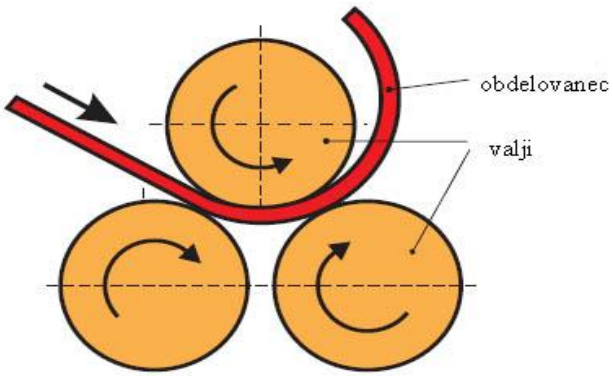



Slika 11: Upogibanje v matrici

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/postopki_upogibanja_ploevine.html)

#### 4.1.2.3 Okrogljenje pločevine, cevi in profilov

Pri tem postopku gre za upogibanje večjih polmerov krivin. Postopek se izvaja z valji, ki so običajno trije ali štirje. Konca ostaneta ravna, lahko pa ju predhodno zakrivimo na stiskalnici.

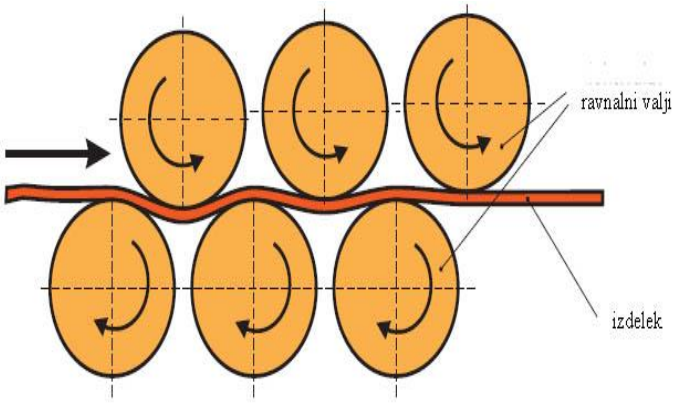



Slika 12: Okrogljenje pločevine, cevi in profilov

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/postopki_upogibanja_ploevine.html)

#### 4.1.2.4 Ravnanje

Pločevino, žico in profile ravnamo z valji, ki so določeni s sedmimi pa vse do z enaindvajsetimi valji. Spodnji valji so običajno gnani, zgornji pa so nastavljivi. Če so valji manjši, je proces obdelave boljši.

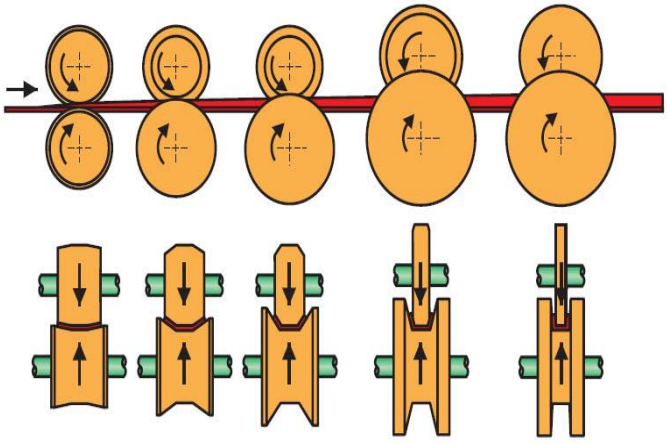



Slika 13: Ravnanje z valji

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/postopki_upogibanja_ploevine.html)

#### 4.1.2.5 Profilno valjanje

Profilno valjanje je postopek valjanja pločevinastega traku ob prehodu skozi vrsto profilnih valjev, ki pločevino oblikujejo postopoma.



Slika 14: Profilno valjanje

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/postopki_upogibanja_ploevine.html)

## *4.2 Izračuni potrebnih sil*

### *4.2.1 Preračun rezalne sile*

S preračunom rezalnih sil upoštevamo različne faktorje, kot so: debelina pločevine, mehanske lastnosti pločevine, zračnost med matrico in nožem ter obseg reza. (Kampuš, Osnove tehnologije preoblikovanja kovin, 2003)

Enačba za preračun rezalne sile:

$F_r = l \cdot s \cdot \tau_m$ $\qquad$ Fr= 512×3×400 = $\mathbf{614.400}[\mathrm{N/mm^2}]$

$F_r$ [N] – rezalna sila

l [mm] – dolžina rezalnega roba

s [mm] – debelina materiala

$\tau_m$ [N/mm²] – strižna trdnost materiala

### *4.2.2 Preračun upogibne sile*

Natančno moramo izračunati tudi upogibno silo, če so v orodju razni upogibi. Vključeno je več faktorjev, kot so: velikost izdelka, njegova oblika in lastnosti pločevine. (Kampuš, Osnove tehnologije preoblikovanja kovin, 2003)

Enačba za preračun upogibne sile:

$F_u = l \cdot s \cdot \sigma_m$ $\quad F_u = 78 \times 3 \times 345 = \mathbf{161.460} [\mathrm{N/mm^2}]$

$F_u$ [N] – sila upogiba

l [mm] – dolžina upogiba

s [mm] – debelina materiala

$\sigma_m$ [N/mm²] – natezna trdnost materiala

### *4.2.3 Preračun snemalne sile*

Snemalno silo moramo upoštevati, ker nastanejo med odrezovanjem ali preoblikovanjem napetosti, med rezilnim nožem in izdelkom ali pa vhodnim trakom pločevine pa je treba določiti snemalno silo, ki sprosti pločevino od rezilnega noža ter snemalne plošče z lovilci. (Kampuš, Osnove tehnologije preoblikovanja kovin, 2011)

Enačba za preračun snemalne sile:

$F_s = 0{,}1(F_r + F_u)$ $\quad F_s = 0{,}1(614400 + 161460) = \mathbf{77.586} [\mathrm{N}]$

$F_s$ [N] – snemalna sila

0,1 – faktor

$F_r$ [N] – rezalna sila

$F_u$ [N] – sila upogiba

### *4.2.4 Preračun sile stiskalnice*

Sila stiskalnice mora biti 30 % večja, kot pa je skupna velikost sile rezanja ter sile preoblikovanja. (Kampuš, Osnove tehnologije preoblikovanja kovin, 2011)

Enačba za preračun sile stiskalnice:

$F_{st} = F_r + F_u + 30\ \%$ $\quad$ $Fst = 614400 + 161460 + 30\% = \mathbf{1.008.618}[N]$

$F_{st}$ [N] – sila stiskalnice $\quad$ $= \text{cca } \mathbf{100} \text{ ton sila stiskanja}$

$F_r$ [N] – rezalna sila $\quad$ izbira stiskalnice + 20 %

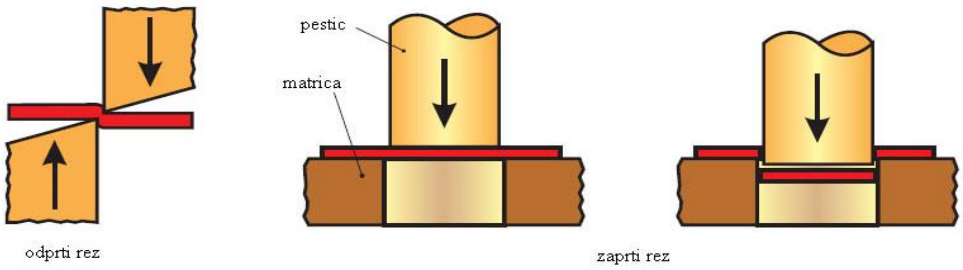
$F_u$ [N] – sila upogiba

## *4.3 Zračnost med rezilno ploščo in rezilnimi noži*

Zračnost je zelo pomemben faktor v progresivnih orodjih, ker brez zračnosti med ploščami ter rezilnimi elementi orodje ne bi bilo funkcionalno. Pri premajhni zračnosti med rezilnim nožem ter rezilno ploščo pride do trenja med materiali, orodje se pregreva, pride do lepljenja materiala na rezilni nož, posledica pa sta lom orodja ter porušitev tolerančnih območij. (Pahole, 2015)

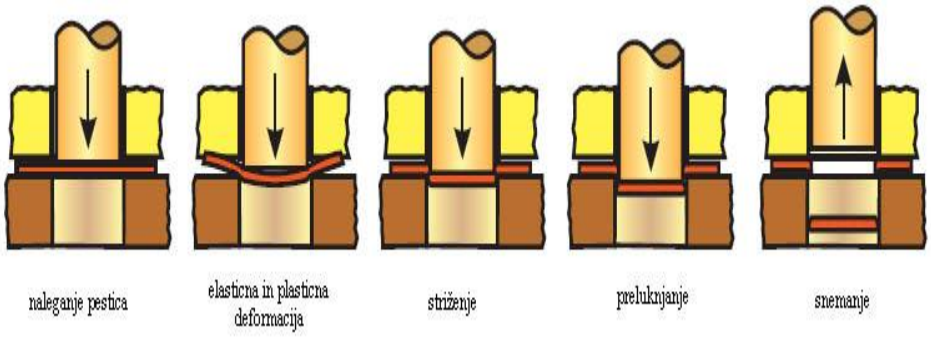
### *4.3.1 Strig z rezili*

Poznamo več vrst rezanja z rezilnim nožem (pestič) ter rezilno ploščo (matrico). Na (sliki 15) je lepo prikazan celoten postopek, kako pride do naleganja pestiča, elastične in plastične deformacije, striženja, preluknjanja in snemanja materiala. (Pahole, 2015)




Slika 15: Pestič, matrica in pločevina

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_strienja_in_rezalna_sila.html)




Slika 16: Faze strižnega procesa

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_strienja_in_rezalna_sila.html)

### *4.3.2 Izračun strižne sile*

Strižne sile zelo vplivajo na delovanje progresivnih orodij, nasploh v orodju z več rezili hkrati, zato so potrebni izračuni, kakšne sile so v orodju. Z raznimi oblikami rezilnih pestičev lahko zmanjšamo ter izboljšamo sam rez, predvsem pa zelo podaljšamo življenjsko dobo rezilnega pestiča, rezilne plošče ter celotnega orodja, ker vzmeti, ki so podane v orodju, manj trpijo. Strižna sila je odvisna od trdnosti materiala in velikosti prerezane površine. (Kampuš, Osnove tehnologije preoblikovanja kovin, 2003)

Enačba za strižno silo:

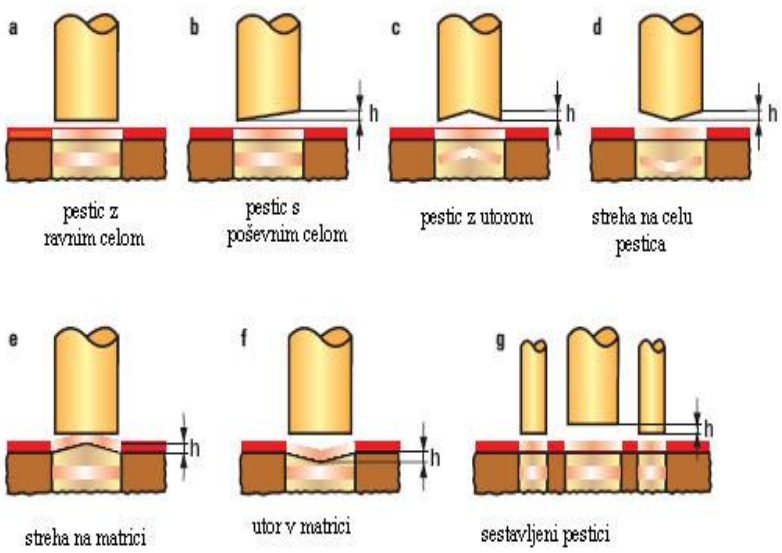
$$F = \tau_s \cdot A$$

$$F = 0.8 \times 500 = \mathbf{400}\ [N]$$

F [N] – strižna sila

$\tau_s$ [N/mm²] – pri jeklu $\tau_s = 0{,}8\ \sigma_m$, pri mehkejših materialih $\tau_s = \sigma_m$.

**A** [mm²] – površina




Slika 17: Oblika pestičev in matric

Vir: (http://egradivo.ecnm.si/PREO/proces_strienja_in_rezalna_sila.html)

## *4.4 Postopki obdelave na progresivnih orodjih*

– *LUKNJANJE*

S pomočjo rezilne plošče ter rezilnega noža lahko iz pločevine ali traku izsekujemo oziroma luknjamo različne oblike platin ali rondelic. (Čretnik, 2003)

– *REZANJE*

Poznamo več vrst rezanja materiala. Rezila so lahko ravno naostrena, kjer gre za popolno nasedanje na pločevino rezanja. Znan je predvsem škarjast rez materiala, kjer je nož v obliki škarij, poznamo pa tudi oblikovni rez po obliki. (Čretnik, 2003)

– *VLEČENJE*

Vlečenje oz. vlek materiala je zelo zahteven postopek. Razvrščamo ga v dve vrsti vleka: globoki vlek in vlek. Pri gnetenju ali vlečenju materiala moramo upoštevati kritične točke, kjer lahko material poči. Orodje moramo izdelati zelo natančno, da je med pestičem ter matrico vlečenje materiala z vseh strani enakomerno, drugače se material enostransko guba, razpoka ali pa zelo tanjša. (Čretnik, 2003)

– *KALIBRACIJA*

Kalibracija je postopek zagotavljanja tolerančnih območij s končno operacijo, da se izdelek zelo približa dimenzijsko dovoljenemu odstopanju. Kalibracija se lahko izvede v progresivnem orodju kot končni korak oz. stopnja, da se vse mere uravnovesijo. Kalibracijsko

orodje lahko služi kot posamezno orodje za zagotavljanje zahtevanih toleranc zaradi drugih sklopnih sestav, kjer je to potrebno. Kalibracije sklopov so potrebne po varjenih kosih in kot sestave med stružnim elementom ter platino. (Čretnik, 2003)

- *UPOGIBANJE*

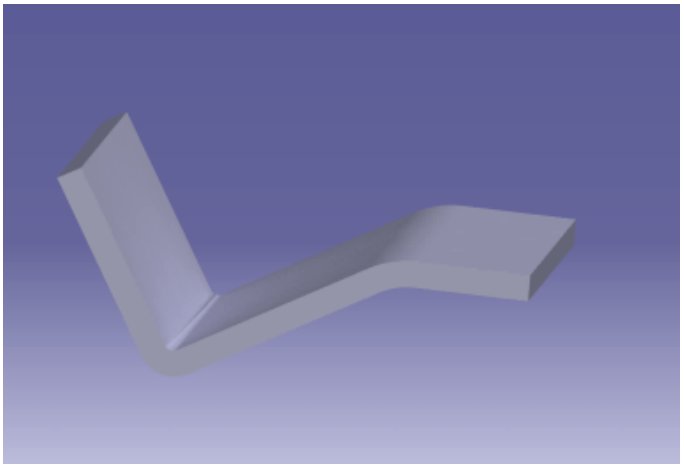
Upogibanje je sprememba oblike s pomočjo orodja in stroja. Nastane s progresivnim orodjem ali z navadnimi pestiči in upogibno ploščo oz. matrico. (Čretnik, 2003)

- *VTISKOVANJE*

Za vtiskovanje so namenjeni predvsem trni za označevanje raznih številk ali imen, drugače imenovani žigi. (Pahole, 2015)

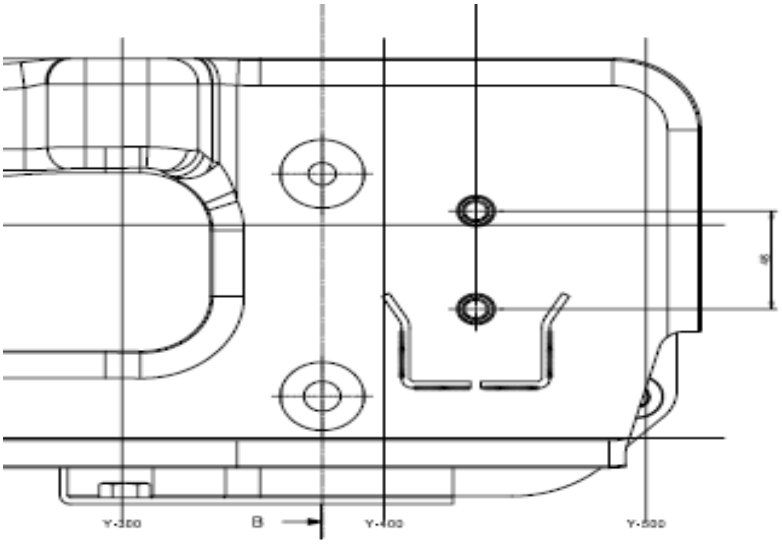
# 5 IZDELAVA METODE DELA PROGRESIVNEGA ORODJA

## *5.1 Načrt naročnika v 3D-obliki*



Slika 18: Kos v 3D-obliki

Vir: (Lastna raziskava)



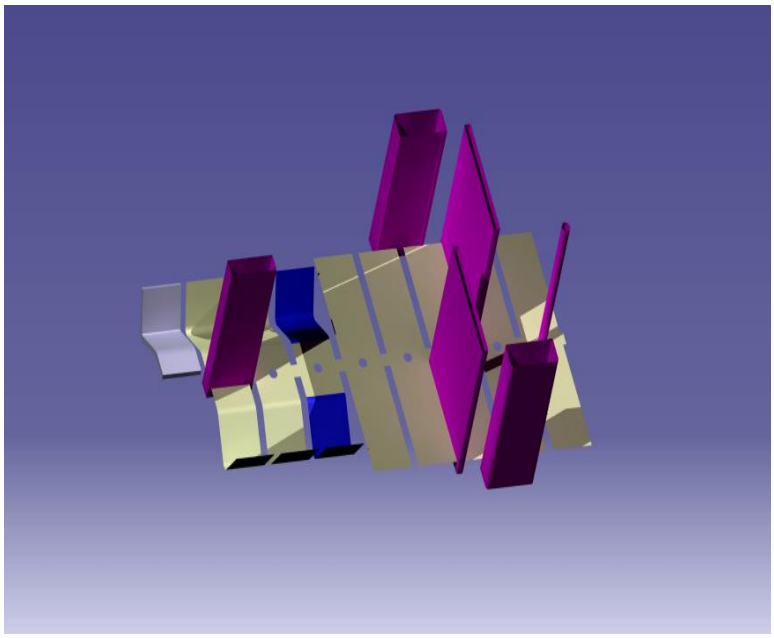
Slika 19: Prikaz vgradnje kosa

Vir: (Lastna raziskava)

## *5.2 Izdelava metode progresivnega orodja, izbira traku*

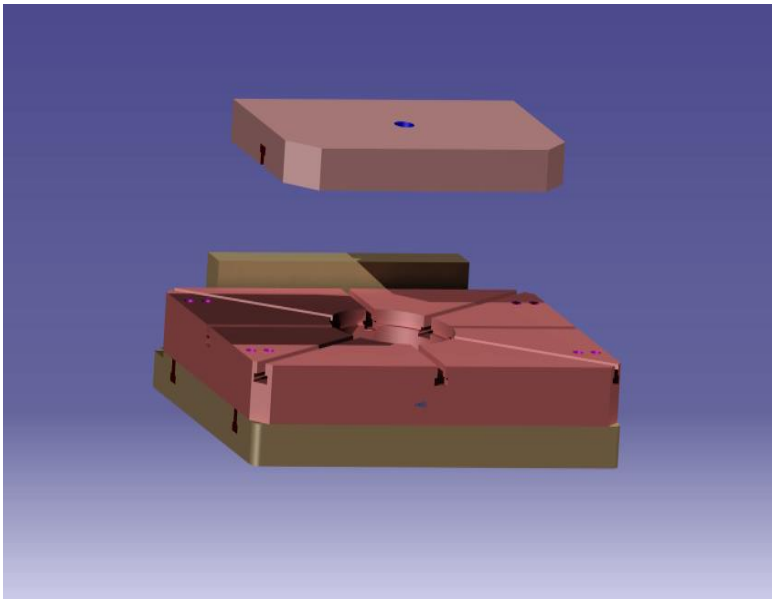
S pomočjo podane risbe naročnika izdelamo metodo, da lahko podamo okvirne dimenzije orodja, določimo širino traku ter na podlagi tega naredimo kalkulacijo za izdelavo orodja. Metodo izdelamo s pomočjo 3D-oblikovanja, da razvijemo pločevino v ravnino in dobimo širino traku, nato določimo število korakov oz. stopenj v orodju ter vstavimo rezilne nože (slika 19). Izdelano metodo pošljemo naročniku v pregled za morebitne popravke. Naročnik

nam poda svoje zahteve, kot so dimenzije stiskalnice, v 3D-obliki nam poda tudi spodnji in zgornji del stiskalnice, ki nam služita, da lahko postavimo orodje tako, da se lahko vpne in s tem dobimo maksimalno dolžino, višino, širino za orodje, ki ga lahko vpnemo na stiskalnico (slika 20). Posreduje nam tudi podatek, kakšno silo ter hod ima stiskalnica. Posamezni naročniki imajo svoje interne zahteve o posamezni konstrukciji izdelave, kot so: katere standardne elemente uporabljati, določene dimenzije orodij, svoje predpisane zračnosti med pestiči in rezilnimi ploščami, zračnosti med pestiči in snemalnimi ploščami, kakšno vzmetenje mora imeti orodje (vijačne, gumijaste ali plinske vzmeti). Določi nam tudi barvo orodja ter predpis, koliko opravljenih ciklov mora orodje vzdržati do prvega brušenja in tudi garancijo na število izdelanih kosov. Ko naročnik odobri metodo dela in se strinja z vsemi podanimi koraki v orodju ter s kalkulacijo stroškov izdelave, lahko začnemo izdelovati konstrukcijo. Konstrukcija poteka v tridimenzionalni podprti tehnologiji CATIA, da lahko naredimo tudi določene simulacije delovanja orodja. Po potrditvi metode načrta lahko začnemo konstrukcijo orodja s procesom 3D-modeliranja, da dobimo osnovne plošče, ki jih nadgradimo z manjšimi ploščami, na katere moramo podati število vijakov ter zatičev z upoštevanjem vseh tolerančnih območij. Pri modeliranju moramo napraviti vse potrebne izračune sil, kot so: rezalne, upogibne, snemalne ter silo obremenitve stiskalnice. Pozorni moramo biti, da se vsi elementi med seboj ujemajo brez kakšnih prekrivanj plošč in pestičev. V vsako orodje tudi vnesemo standardne elemente, ki so določeni po standardih. Vsaka posamezna plošča mora biti označena z imenom ter številko in iz kakšnega materiala je sestavljena, v kosovnico materiala in na risbo za izdelavo pa moramo vnesti tudi vse termične obdelave. Po končani konstrukciji orodja podamo konstrukcijo vnovič na pregled naročniku za morebitne popravke v sami konstrukciji oz. v sami zasnovi orodja. Naročnik preveri, ali smo upoštevali vse njihove predpise o vgradnji na določeno stiskalnico, vpetje in izmet odpadnega materiala ter dimenzijske mere o vgradnji na stroj. Preveriti je treba tudi vse zračnosti in razna prekrivanja reza med noži, da ne pride do ostrih robov, ter kakšne standardne elemente smo vnesli. Pregledati je treba tudi kosovnico za material ter vse navedene termične obdelave. Ko naročnik potrdi izdelavo orodja, lahko začnemo z izdelavo risb za proizvodnjo ter z naročanjem materiala po kosovnici. Vsaka risba mora biti označena pa številki kosa in imenu ter kakšen material bomo naročili, vključno s termično obdelavo. Ko izdelujemo metodo (v tem primeru imamo levi in desni kos), lahko uporabimo en kos pločevine oz. traku, da dobimo oba kosa hkrati, seveda je to odvisno od velikosti serije pa tudi, če nam to dovoljuje sila stiskalnice za izsek kosov. (Schuler, 1998)



Slika 20: Izdelana metoda, noži in koraki

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 21: 3D-prikaz mize vpenjanja na stiskalnici

Vir: (Lastna raziskava)

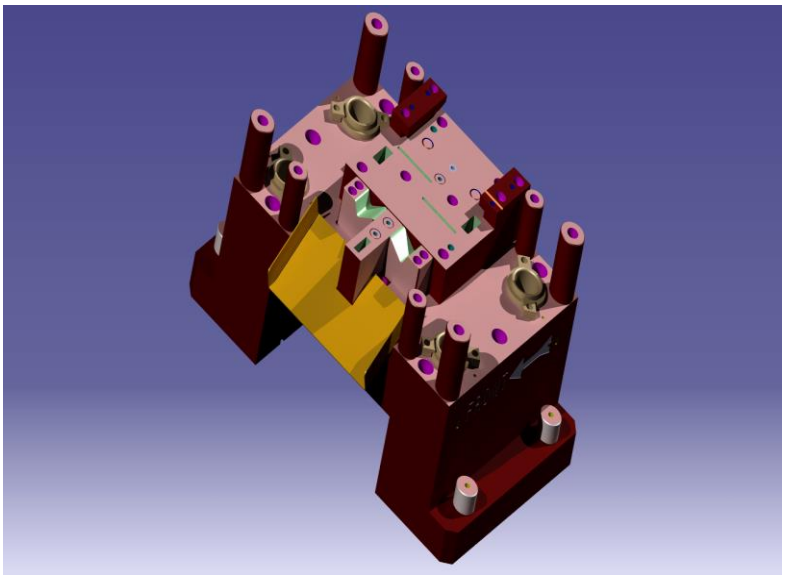
## *5.3 Konstrukcija orodja – 3D-modeliranje*

Po izdelani metodi ter s strani naročnika potrjeni zasnovi orodja nastopi konstrukcija. Vsa progresivna orodja so sestavljena iz treh glavnih plošč, kot so: osnovna spodnja plošča, snemalna plošča in zgornja osnovna plošča. Vse tri plošče so vedno vodene z vodilnimi stebri in vodilno pušo, njihova izdelava pa mora biti zelo kakovostna, da ne pride do trenja med pušami in stebri. Plošče oz. tako imenovane snemalne plošče se delijo tudi na drug pomen –

odvisno od uporabe lahko plošča služi kot pritisna, vodilna ali snemalna. V tem podanem izdelku se na (sliki 19) razvidno vidi, kako je zasnovana metoda z levim in desnim kosom hkrati. Pri veliko serijski izdelavi je veliki poudarek na kakovostni izdelavi, kar pomeni čim večje število kosov ter malo odpadnega materiala. (Schuler, 1998)

### *5.3.1 Osnovna spodnja plošča*

Pri osnovni plošči imamo osnovo že podano z metodo, kjer so vstavljeni rezilni noži, te pa prenesemo na spodnje rezilne plošče, ki jih pritrdimo na osnovno ploščo s predpisanimi vijaki in tolerančnimi zatiči. Osnovne plošče pritrdimo tudi na spodnje letve, da se orodje dvigne zaradi izmeta odpadnega materiala. Odpadni material speljemo v sredino ali na zadnjo stran stiskalnice ali pa vstavimo samo separatorje za izmet. Te podatke nam poda naročnik, po kakšnem sistemu deluje stiskalnica. Odpad usmerjamo na želeno stran s pomočjo izdelanih vodilnih kanalov. V spodnjem delu še sestavimo vhodne letve, ki služijo za vodenje traku. Trak se mora v orodju tudi dvigovati z narejenimi dvigovalci v rezilni plošči, ki so vzmeteni. Rezilne plošče morajo biti termično obdelane na trdoto od 60–65 HRc, vse plošče je treba predhodno zbrusiti na ploskovnem brusilnem stroju, da je površina gladka. Seveda moramo pustiti dodatek za kasnejše brušenje, ker lahko po termični obdelavi pride do zvitja plošče. Po termični obdelavi je treba plošče ponovno brusiti na določeno toleranco ter jih poravnati in naostriti. Rezilne plošče izrežemo za rezila in zatiče po termični obdelavi z žično erozijo. Na rezilnih ploščah, ko odnašamo material z žično erozijo in izrezujemo oblikovne rezilne nože, režemo najprej konus, nato pa med 6–8 mm cilindra, ker je konus pomemben za izmet odpadnega materiala. Za standardna okrogla ali manjša oblikovna rezila pa vstavimo v rezilno ploščo standardne puše, ki že imajo narejeno sprostitev za izmet odpadnega materiala. Pri rezilnih ploščah moramo upoštevati zračnost med ploščo in rezilnim nožem, ki je predpisana po normativih samega naročnika ali pa splošne norme glede na vrsto in trdota materiala. Vse plošče, ki so namenjene za izdelavo, moramo predhodno obdelati na CNC-rezkalnem centru, da lahko vse luknje in oblike natančno koordinatno prenesemo iz 3D-modela na dejanske plošče. Na osnovno ploščo pa je treba pritrditi tudi distance celotnega orodja in distance snemalne plošče. Namen distanc je varovanje orodja v primeru celotnega naseda stiskalnice, da ne poškodujemo rezilnih plošč ali rezilnih nožev, temveč orodje nasede samo na distance.

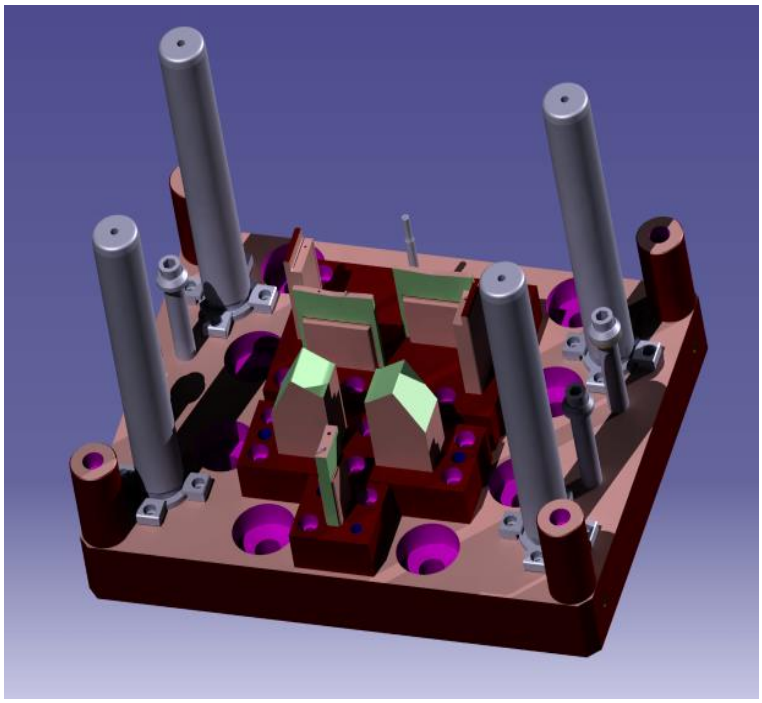


Slika 22: Osnovni spodnji del orodja

Vir: (Lastna raziskava)

### *5.3.2 Zgornji del orodja*

V zgornjem delu orodja imamo sestavo osnovne plošče in rezilnih nožev, ki so termično obdelani na trdoto 60–65 HRc ter z držajnimi ploščami. Vse plošče obdelamo na CNC-rezkalnem centru in ploskovno zbrusimo. Vse oblikovne rezilne nože ali pa tudi upogibne vložke obdelamo z žično erozijo, da zagotovimo tolerančna območja. Držajne plošče so narejene iz navadnega materiala ter niso termično obdelane, vendar pa luknje za zatiče in rezilne nože obdelujemo na žični eroziji, tako da lahko z zračnostjo med ploščo in rezilnim nožem ali zatičem dobimo tesen ujem. Rezilne nože po potrebi zaradi rezalnih sil tudi brusimo ali z žično erozijo odrežemo na poševni ali škarjast rez noža. Med držajno in osnovno ploščo pa dodamo še podložno ploščo, ki je termično obdelana in iz materiala 1.2842 (merilo) ter služi kot podloga za rezilne nože (Kraut, 2001). Če ne bi imeli podložne plošče, bi se nam rezilni noži počasi in zaradi sil rezanja vtiskovali v osnovno ploščo. V zgornjem delu orodja so enako nameščeni tudi distančniki za varovanje orodja.



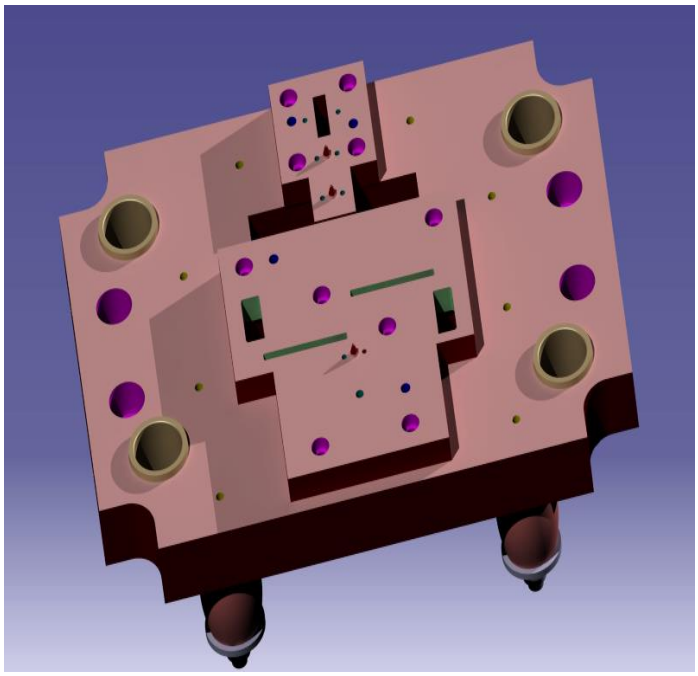
Slika 23: Zgornji del orodja

Vir: (Lastna raziskava)

### *5.3.3 Snemalni del orodja*

Snemalni del orodja je sestavljen iz osnovne plošče, ki služi kot vodilo in so vgrajene vodilne puše, na njej pa so manjše snemalne plošče, ki so termično obdelane na 52–58 HRc in iz materiala 1.2842 (merilo) (Kraut, 2001). Vse plošče so predhodno obdelane na CNC-obdelovalnem stroju. Manjše snemalne plošče je treba obdelati ter zbrusiti s tolerančnim območjem za ponovno brušenje po termični obdelavi, ker je možnost zvitja ali povesa plošče velika, zato jih je treba po termični obdelavi ponovno brusiti na točno določeno toleranco. Plošče so po brušenju obdelane na žični eroziji, da jim vnesemo določeno obliko za rezilne nože, ki potujejo skoznje, ter koordinatno izrežemo položajne zatiče. Vstavljeni so tudi zatiči za snemanje materiala, ki so vzmeteni z vijačnimi vzmetmi preko osnovne snemalne plošče, vstavljeni pa so tudi zatiči v obliki konusa za lovljenje reznega traku, da dosežemo zahtevano toleranco med posameznimi koraki. Srednja oz. tako imenovana snemalna plošča pa lahko služi tudi kot vodilna plošča ali pa tudi kot pritisna plošča, odvisno od tega, kakšno sestavo orodja imamo. Vodilna plošča služi za vodenje nožev na točno določeno mesto na spodnji del orodja v rezilno ploščo, noži pa so prosto vpeti v zgornji držajni plošči brez zatičev. Vodilno ploščo za vodenje nožev vgrajujemo tudi pri enostavnih nezahtevnih orodjih, kjer niso tako pomembne tolerance na izdelkih. Pritisna plošča pa služi namenu, če v trak, ki ga vodimo skozi orodje, vtiskujemo določeno obliko ali pa manjše upogibe, žige ali številke. Takrat

moramo vstaviti tudi distančnike med zgornjo in pritisno ploščo, da dobimo trden naslon orodja, potrebnega za vtisek ali upogib v pločevinast trak.



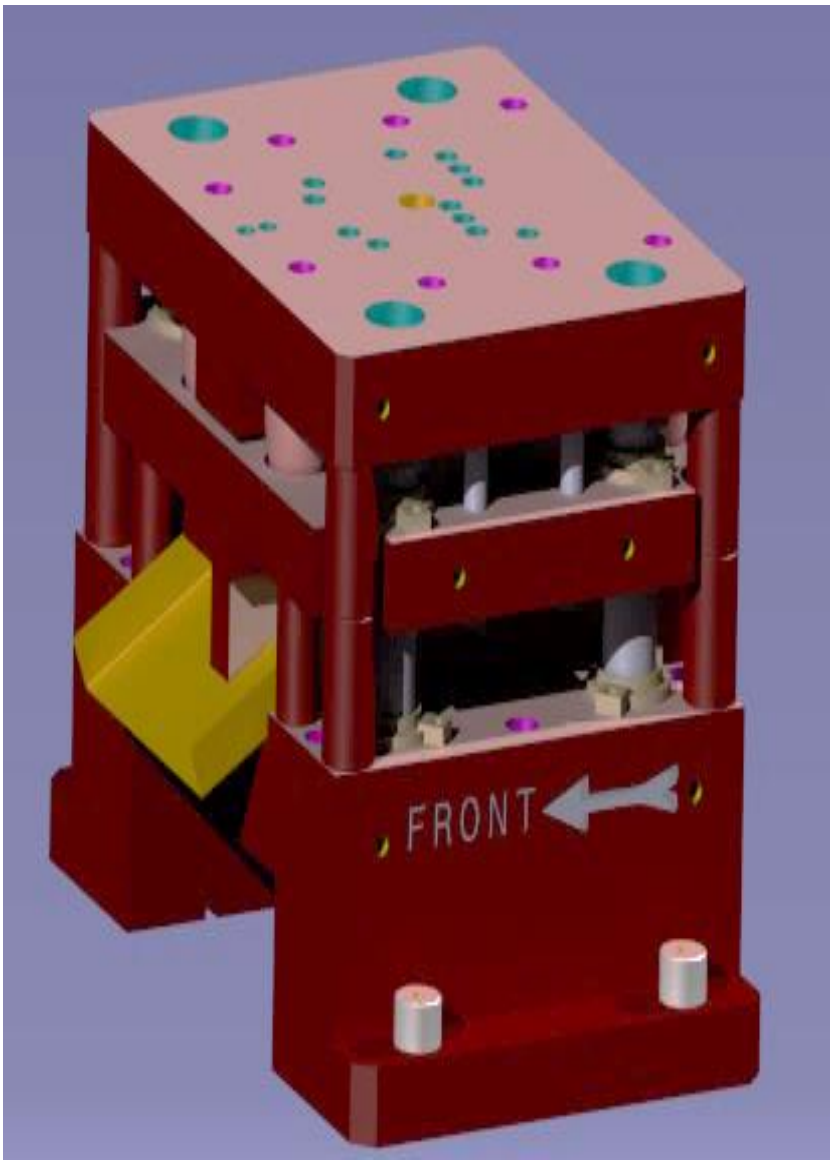
Slika 24: Snemalni del orodja

Vir: (Lastna raziskava)

### *5.3.4 Končna konstrukcijska sestava orodja*

Pri končni konstrukcijski sestavi progresivnega orodja orodje shematsko sestavimo v celotno obliko, vstavimo tudi metodo reznega traku in s pomočjo simulacije preverimo delovanje orodja. Vstavimo še potrebne standardne elemente, kot so: vijaki, zatiči, razne vzmeti, plinske vzmeti, standardni rezilni noži za luknjanje, standardne rezilne puše … Preverimo vse potrebne zračnosti med rezilnimi noži in rezilnimi ploščami ter med snemalno ploščo in noži. Zračnosti med rezalnimi ali upogibnimi noži so določene s strani naročnika orodja, in sicer po njihovih normah. Tudi vse luknje, ki so izrezane, je treba preveriti, če so skladne s tolerančnimi območji. Preveriti moramo tudi oblikovne reze nožev, če imajo pravilno prekrivanje med posameznimi rezi. Preverimo vse potrebne višine, širine in dolžine zasnovanega orodja, da je primerno zasnovano s strani velikosti stiskalnice, ki jo bomo izdelovali. Obvezen je tudi pregled izmeta odpadnega materiala, da se pravilno vodi v določene odprtine. Po konstrukcijskem pregledu orodja s strani konstrukterja oddamo orodje v pregled naročniku za njegovo končno potrditev, da lahko preidemo v realizacijo. Ko se naročnik strinja z zastavljeno konstrukcijo, lahko izdelamo delavniške risbe ter izvedemo

naročilo materiala po izdani kosovnici (priloga 1). V kosovnico orodja vstavimo vse zasnovane elemente, vključno s standardnimi elementi. V kosovnico je treba vnesti vsak sestavni del orodja, ki je označen s številko in imenom, ter vse vpisane dimenzije po vseh končnih izdelavah, predpisan mora biti tudi material posameznega elementa in tudi termična obdelava. Za standardne elemente predpišemo po šifrah proizvajalca oz. kataloško številko in proizvajalca. Kosovnica služi namenu, da ima vsak kos, ki ga izdelamo, svojo številko. Iz nje je tudi razvidno, iz kakšnega materiala je izdelek ter kakšne so dimenzije, ki so potrebne za nadomestni kos v primeru loma v orodju ali izrabljenosti. Potrebne izdelane delavniške risbe so podane za celotno orodje po elementih, da so vidne vse predpisane dimenzije za obdelavo po različnih postopkih. Vsaka delavniška risba je izdelana dvodimenzionalno v tlorisu in prerezu (priloga 3). Vsebovati mora vse podane dimenzije s tolerančnim območjem, podan mora biti material, termična obdelava in ime s številko pozicije. Pri zasnovanem orodju je treba s strani naročnika podati tako imenovan terminski plan dela, in sicer od konstrukcije do končne izdelave orodja (priloga 2). Ko vse potrebne risbe in kosovnico predamo v orodjarno, lahko začnemo z realizacijo orodja, ki je razdeljena na grobo začetno obdelavo materiala in programiranje za podane plošče za obdelavo na CNC-obdelovalnih strojih. Vsak končni izdelek mora vsebovati tudi nekakšen vizualni pogled na končano orodje (slika 24).




Slika 25: Končna konstrukcijska sestava orodja

Vir: (Lastna raziskava)

# 6 IZBOR VIJAKOV

V podjetju Tehnior smo sami izdelali interno tabelo v programu Excel za določevanje potrebnega števila vijakov na podlagi snemalne sile. (Tehnior s. p., Darko Bavdaž s. p.)

Tabela 2: Tabela za vijake

| | Izbira in število pritrdilnih vijakov | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Snemalna sila | 23520 | N | Izpolni polje | | | | | |
| | | 2352 | kg | | | | | | |
| | | Min. št. Vijakov | | Vzamem | | Pritrdilna sila | | Presežek sile | |
| M6 (0-230 kg) | Vijak M6 | 10,2 | kom | 11 | kom | 2530 | kg | 178 | kg |
| M8 (0-450 kg) | Vijak M8 | 5,2 | kom | 6 | kom | 2700 | kg | 348 | kg |
| M10 (0-720 kg) | Vijak M10 | 3,3 | kom | 4 | kom | 2880 | kg | 528 | kg |
| M12 (0-1050 kg) | Vijak M12 | 2,2 | kom | 3 | kom | 3150 | kg | 798 | kg |
| M14 (0-1450 kg) | Vijak M14 | 1,6 | kom | 2 | kom | 2900 | kg | 548 | kg |
| M16 (0-2000 kg) | Vijak M16 | 1,2 | kom | 2 | kom | 4000 | kg | 1648 | kg |
| M20 (0-2400 kg) | Vijak M20 | 1,0 | kom | 1 | kom | 2400 | kg | 48 | kg |

Vir: (Lastna raziskava)

Tabela 3: Izbor vijakov

| Moja izbira | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Št.vijakov | | Pritrdilna sila | | Presežek | |
| | 1 | kom | 230 | kg | -2122 | kg |
| | 1 | kom | 450 | kg | -1902 | kg |
| | 4 | kom | 2880 | kg | 528 | kg |
| | 3 | kom | 3150 | kg | 798 | kg |
| | 1 | kom | 1450 | kg | -902 | kg |
| | 1 | kom | 2000 | kg | -352 | kg |
| | 1 | kom | 2400 | kg | 48 | kg |

Vir: (Lastna raziskava)

# 7 STROJNA OBDELAVA ORODJA

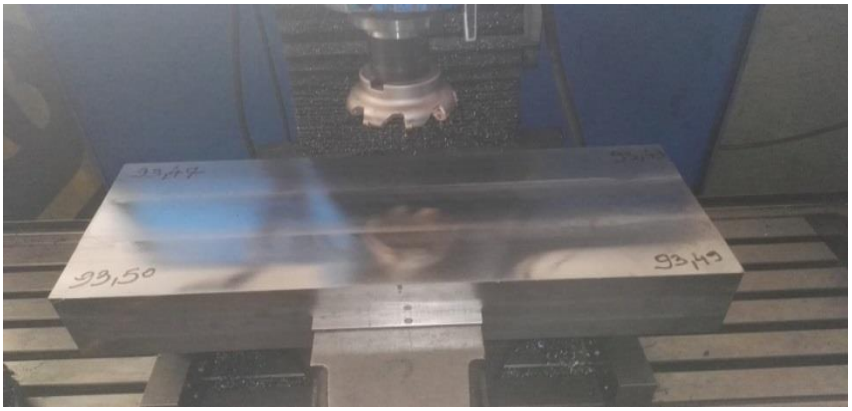
## *7.1 Začetna faza*

Za vsako strojno obdelavo potrebujemo obdelovalni stroj, obdelovalno orodje in predvsem material za obdelavo. Material, ki prispe v orodjarno, najprej grobo obdelamo na rezkalnem stroju ali stružnici, da je določen kos, ki ga obdelujemo, narejen na podano mero v tolerančnem območju. Če gre za navaden material, ki ga ne obdelujemo termično, ga obdelamo na minimalni dodatek od tolerančnih dimenzij za kasnejše ploskovno ali okroglo brušenje. Če ploskovno brusimo material, dobimo boljšo površino in bolj natančne tolerance obdelovanca. Ko pa obdelujemo material, ki bo termično obdelan, pa so dodatki za brušenje veliko večji, ker se brusijo ploskovno pred in po termični obdelavi. Pri termični obdelavi pride do deformacij dimenzij ali zvitja ploskve zaradi velikih temperaturnih šokov. V prikazani sliki (slika 25, 26) je razviden surovec pred in po obdelavi na rezkalnem stroju, končan za ploskovno brušenje.



Slika 26: Surovec za obdelavo

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 27: Surovec po obdelavi na rezkalnem stroju

Vir: (Lastna raziskava)

Po končani grobi obdelavi na rezkalnem stroju ali stružnici sledi še brušenje obdelovanca, ker brez brušenja ne dosežemo potrebnih finih površin, prav tako pa ne zahtevanih toleranc in kotnosti. Brusimo lahko vse kovine, ne glede na njihovo strukturo ali trdoto, imeti moramo ustrezno ploščo za brušenje. S postopkom brušenja pridobimo zahtevano hrapavost, ki pa je pomembna predvsem pri rezilnih nožih in rezilnih ploščah, ki morajo biti ostre.



Slika 28: Brušena ploskev
Vir: (Lastna raziskava)

## *7.2 CNC-obdelava*

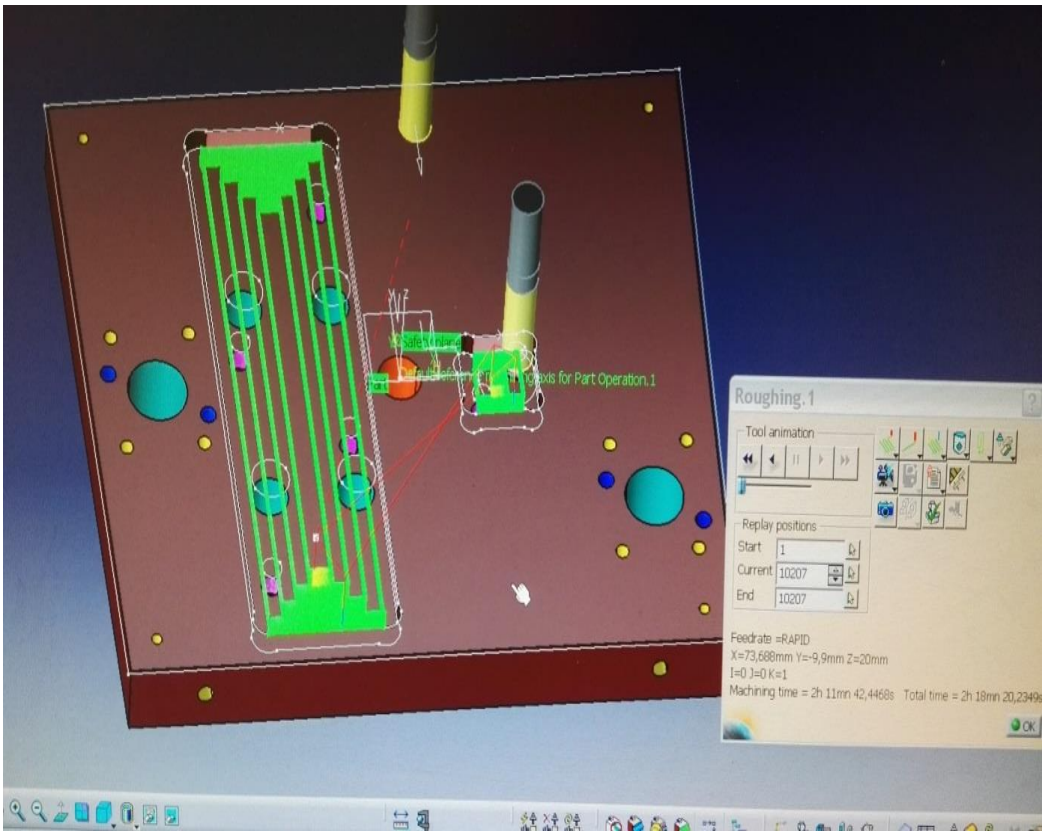
Za obdelavo CNC je potrebno predhodno znanje o naprednem krmilju s stroji CNC. Stroj se lahko programira s pomočjo računalniškega programa, možno pa je tudi ročno vstavljanje podatkov direktno na shrambo stroja. Vsak CNC podprti stroj zahteva učno znanje, kako lahko prenašamo narejene programe na stroj in kako ravnati s samim strojem. Na stroju je obvezen strojni koordinatni sistem, da lahko deluje po sistemu osnovnega krmilja glede na strojne točke. (Balažič, 2005) Obdelane plošče na rezkalnem stroju, ploskovno zbrušene in stružne elemente, ki so namenjeni za termično obdelavo ali pa tudi ne, je treba pripraviti, da lahko preidejo v obdelavo na CNC-obdelovalne stroje. Danes je zelo težko brez CNC-tehnologije, ki nam omogoča kakovostne obdelave in koordinatno vrtanje s pomočjo programov. Za vsako ploščo, ki jo hočemo obdelati na CNC-stroju, moramo pripraviti program. Program lahko za enostavne plošče pripravimo kar na stroju samem, če pa se pojavijo razne oblike ter zapletene konstrukcijske zahteve, pa program pripravimo po 3D-modelu. V podjetju Tehnior vso CNC-obdelavo izvajajo s pomočjo 3D-modelov plošč, da lahko predhodno programirajo vsak obdelovanec posebej s pomočjo programa CATIA. Program, kot je CATIA, nam ne omogoča samo konstruiranja orodja, ampak tudi programiranje za razne obdelave, kot sta struženje in rezkanje. Za vsako ploščo posebej

naredimo program za luknje, ki so vrtane, navoje ali razne površine, ki so rezkane ali po obliki obdelane. Tako programiranje se imenuje NC code, ki stroju omogoča obdelavo po treh koordinatah, kot so X, Y, Z. Za bolj zahtevne oblike pa so na voljo še bolj natančni stroji, ki imajo še četrto in peto koordinatno os. Na sliki, ki je podana, lahko vidimo primer NC code za obdelovalni stroj (slika 28). Vsak narejeni program lahko simuliramo preko računalnika, da lahko vidimo celotno obdelavo. Ko izdelujemo program, moramo vnesti določene podatke, kot so: koordinatni sistem, višino obdelovanca, varnostno ravnino za začetek obdelave in seveda obdelovalni stroj, na katerem bo do obdelave prišlo. Nastavljene morajo biti glave NC code, ki so pomembne za obdelavo. V glavi NC code so navedeni: številka programa, katero orodje bomo uporabljali, označena orodja po višinah, umerjenih na obdelovalnem stroju, podamo število obratov, pomikov, vklop hlajenja, z G-kodami pa izrazimo, kakšno obdelavo želimo. Simulacija programa na 3D-modelu je zelo priročna, da lahko razberemo, če se nam vse obdelave izidejo, da ne pride do loma orodja ali tolerančnega odstopanja. Vsi narejeni programi se prenašajo na CNC-obdelovalni stroj preko neposredne povezave s kablom, preko spominskih kartic ali preko USB-ključev. V predstavljeni sliki (slika 29) je razvidna simulacija, kjer zeleno polje označuje, kako potuje rezkar po 3D-modelu in izvede določeno gibanje.

```
%
O1000
(sveder sredilni)
G28 Z0
T1 M6
G90 G17 G40 G54
G0 X0. Y0.
G43 H1 Z50.
S2000 M3
M08
F1000.
N7G81G90X-25.Y-36.5R5.Z-4.F100
N8X0.Y-27.5
N9X25.Y-36.5
N10X20.Y0.5
N11X37.5
N12X30.Y22.5
N13X25.Y37.5
N14X-25.
N15X-30.Y22.5
N16X-20.Y0.5
N17G80
N18M30
%
```

Slika 29: NC-program

Vir: (Lastna raziskava)




Slika 30: Simulacija programa na 3D-modelu

Vir: (Lastna raziskava)

S pomočjo programov si lahko zagotovimo kakovostno obdelavo ter koordinatno razporeditev po ploščah. Točnost koordinat je pomembna predvsem pri končni sestavi orodja, da se ujemajo z drugimi sestavnimi elementi in da ne pride do tolerančnih razlik med obdelanimi ploščami. Za vsako CNC-obdelavo so pomembna orodja, s katerimi obdelujemo površine ter orodja za vrtanje in rezanje navojev. Na osnovnih ploščah pa se na luknjah za postavitev vodilnih stebrov in vodilnih puš izvaja izstruževanje, da dosežemo tolerančno območje stebrov in puš, s tem pa dobimo tesen ujem brez zračnosti.



Slika 31: CNC-obdelava

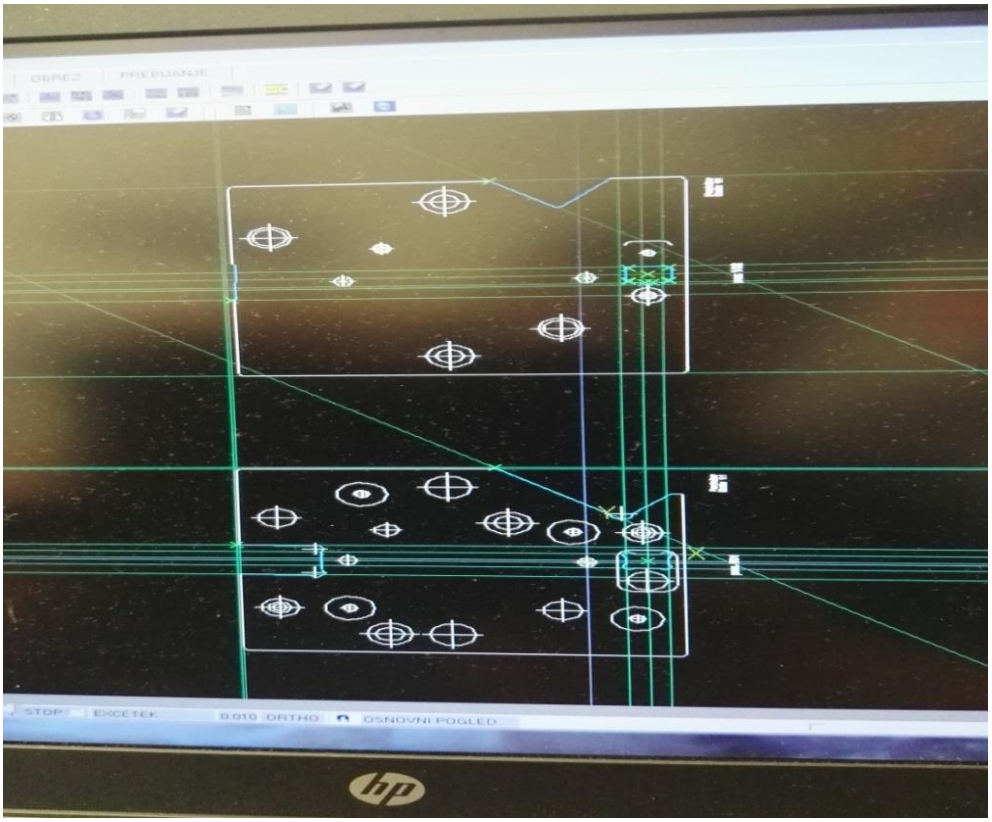
Vir: (Lastna raziskava)

Po zaključenih fazah obdelave gredo določeni elementi na termično obdelavo, osnovne plošče pa so končno obdelane za sestavo, prav tako pa so tudi držajne plošče za rezilne nože pripravljene za obdelavo na žični eroziji. Za obdelavo na žični eroziji je treba na obdelani plošči koordinatno izvrtati še manjše izvrtine za vdevanje žice.

## *7.3 Obdelava z žično erozijo*

Žična erozija je postopek odnašanja materiala s kontaktno elektrodo in natančno vodeno žico za rezanje, ki prevaja električni tok, vse skupaj pa je potopljeno v vodi, ki ima tudi spiranje skozi spodnjo in zgornjo glavo, da se rezna špranja ne maši. Z žično erozijo lahko režemo oz. odnašamo ves material, ki je prevoden z električnim tokom. Prav tako je to postopek velikih natančnosti toleranc, in sicer na vsaj en mikrometer natančnosti. Postopek je zelo počasen in cenovno ni ugoden, v orodjarstvu pa je zelo pomemben za izdelavo natančnih progresivnih ali katerih drugih vrst orodij zaradi natančnosti. Tako imenovani EDM-stroj deluje s programsko podprtim operacijskim sistemom QAPT. Z EDM-strojem lahko režemo vertikalno, na konus ali štiriosno. Pri vpetju obdelovanca se zahteva velika natančnost, ki se prakticira z merilno uro. Vsak izdelani program se prenese na stroj, kjer se predhodno naredi simulacija reza. Pri rezanju moramo upoštevati višino kosa, s kolikimi rezi se odreže luknja ali nož ali kot odprti rez, upoštevati je treba tudi določene zračnosti ter jih vnesti in seveda tudi material, ki ga

obdelujemo. Obdelovance, ki so termično obdelani, je treba predhodno ploskovno zbrusiti, da so zagotovljena tolerančna območja. Treba jih je še razmagnetiti in tako so pripravljeni za obdelavo na žični eroziji ali pa tudi na CNC-obdelovalnem stroju, ki rezka v trdo površino. Za žično erozijo si naredimo profile rezanja, ki jih obdelujemo, določimo potrebne zračnosti ter naredimo program in ga predhodno simuliramo na računalniku. Simulacija nam pokaže, katere luknje izrežemo in število zaporednih rezov (slika 31), prikaže nam tudi določene profile za rezanje na žični eroziji. Profili linij ali lukenj so označeni z drugo barvo, v tem primeru z modro.



Slika 32: Simulacija za žično erozijo

Vir: (Lastna raziskava)

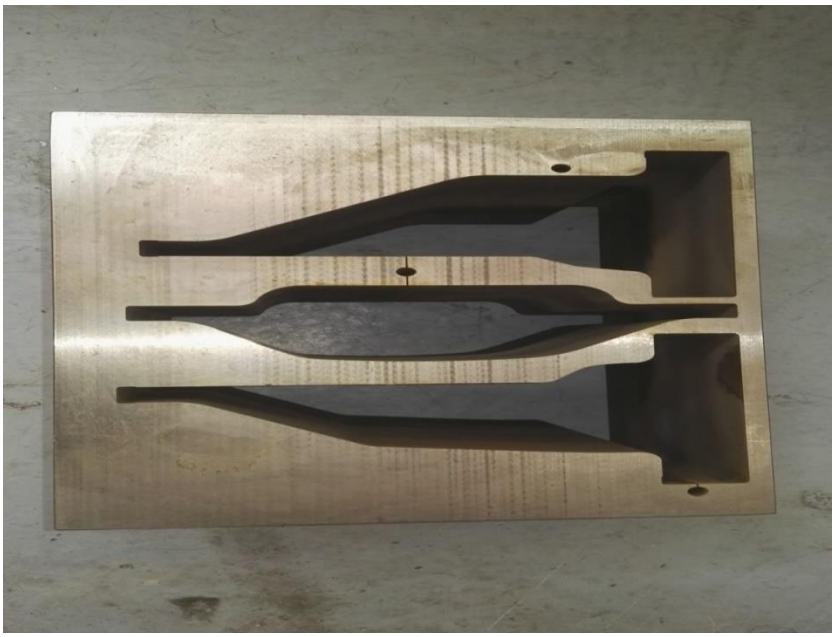
Slika 33 prikazuje pripravljen obdelovanec za žično erozijo, ki je predhodno obdelan na CNC-obdelavi, termično obdelan na 62 HRc. Prikazane so tudi ploskovno brušene ploskve za natančno vpetje. Tako obdelan in zasnovan obdelovanec je pripravljen za rezilne nože.



Slika 33: Obdelovanec za žično erozijo

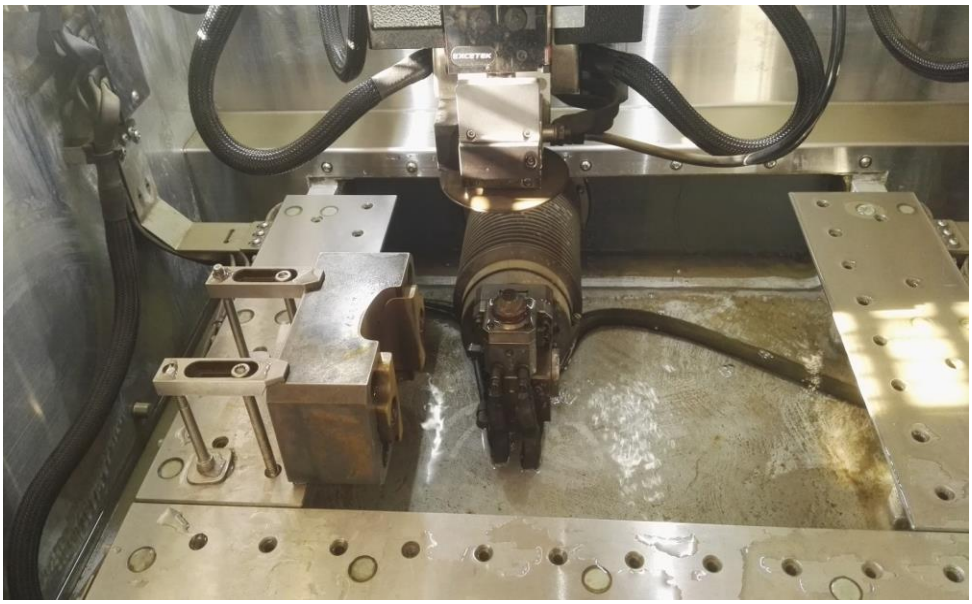
Vir: (Lastna raziskava)

Končan obdelovanec na žični eroziji – na sliki (slika 33) je primer izrezanih rezilnih nožev s tremi zaporednimi rezi. Več zaporednih rezov izvedemo, boljšo površino hrapavosti dobimo.



Slika 34: Izrez nožev na EDM-stroju

Vir: (Lastna raziskava)



Slika 35: EDM-obdelovalni stroj

Vir: (Lastna raziskava)

# 8 KONČNA SESTAVA ORODJA

Po zaključenih vseh fazah izdelave in obdelave še sledi končna sestava vseh obdelanih sklopov v realizacijo, kar se izvede z ročno sestavo orodjarja. Naloga orodjarja je vse obdelane elemente sestaviti, priviti, vstaviti standardne elemente, zatiče ter po potrebi prilagoditi razne sprostitve, ki so potrebne po kakšni obdelavi. Orodje je treba pri sestavi namazati, da pri prvem testiranju ne pride do trenja med gibanjem orodja. Orodje se mora gibati brez kakšnega zatikanja ter trenja med vodili ali med rezilnimi noži in reznimi ploščami. Po končanem delu orodjarja se odpre delovni nalog za prvo testiranje orodja na stiskalnici, da se ugotovi, kakšen je rezultat celotnega dela od zasnove, konstrukcije in obdelave. Po prvem vzorčnem kosu so razvidne zračnosti med rezili in reznimi ploščami. Prvi kos lahko premerimo, da ugotovimo, ali se ujema s tolerančnim območjem. Delovanje orodja na pločevini oz. traku je razvidno po korakih, kako se material in orodje obnašata na dejansko stanje (slika 35).



Slika 36: Trak po prvem preizkusu

Vir: (Lastna raziskava)

# 9 POMEN IZDELAVE ORODJA

Vsaka izdelava orodja se začne pri naročniku in njegovih zahtevah, ki jih mora upoštevati podjetje, ki prevzame projekt izdelave orodij. Podjetje Tehnior je zanimivo za stranke, s katerimi sodeluje, ker ima širok spekter dela, ki sega od projektiranja orodja do izdelave ter lastne proizvodnje. S takšnim obsegom dela je podjetje lahko konkurenčno na trgu. Podjetje deluje po sistemu, da orodja proizvaja, stranke plačujejo za izdelane komade, orodje pa je last naročnika.

V tem diplomskem delu sem predstavil izdelano orodje za hladno preoblikovanje pločevine za izdelavo sklopa osi, ki je podjetju omogočilo hitrejše delo na stiskalnici s pomočjo odvijalne in podajalne naprave. Orodje funkcionira čisto samostojno s krmiljem podajalne naprave. S tem se delo zelo poenostavi za delavca na stiskalnici, da lahko brez napora samostojno upravlja stiskalnico z orodjem. Zaradi povečanja količine izdelka se je orodje spremenilo iz enojnega komada v sistem dveh komadov hkrati, s tem pa smo pridobili veliko na času izdelave, manj je menjav na stiskalnici, sama izdelava pa se je avtomatizirala s pomočjo podajalne priprave. Celotno orodje smo izdelali v lastni režiji podjetja, tako so tudi stroški nižji, kot da to naredi podizvajalec. Ta izdelek kot posamični komad ima zelo nizko vrednost dobička, zato se je orodje spremenilo iz posameznega komada v skupek dveh. Projekt se nadaljuje s še vsaj petletno pogodbo izdelovanja. Načrt izdelave teh komadov je na letni ravni vsaj 150.000 do 200.000. Ker gre za petletni projekt, se orodje amortizira v krajšem času in z manj stroški. Časovno porazdeljeno na 10.000 izdelanih komadov privarčujemo vsaj polovico časa, ker izdelujemo dva izdelka hkrati. S tem lahko podjetje privarčevan čas nameni iskanju novih izdelkov s trga.

Porabljen čas izdelave orodja z vsemi postopki obdelave je potekal dva polna delovna tedna ter dodatni teden dni za konstrukcijo orodja za hladno preoblikovanje pločevine. Vsak takšen namen izboljšave orodja je pozitiven za podjetje, prav tako pa tudi za zaposlene, ker se s tem poenostavi in zmanjša težavnost dela, seveda pa tudi čas. V sami proizvodnji je treba velik poudarek nameniti prihranku časa, saj lahko v istem časovnem obdobju naredimo enkrat več izdelkov in tako prevzamemo več ponujenega dela, kar pomeni povečano proizvodnjo. S takšno vizijo se lahko podjetje širi, še bolj avtomatizira, nudijo se nova delovna mesta, kar je dobro tudi za zaposlovanje mladih ljudi, posledično pa s takšnimi dejanji izboljšav lahko dosežemo tudi rast osnovnih dohodkov zaposlenih v podjetju. Namen orodjarne je, da išče izboljšave in pridobiva nove projekte za prihodnost. Vsak posamični izdelek ni večen, ima

svoje obdobje izdelave, ki se pač mora zapolniti z drugimi izdelki. V orodjarni je del časa namenjenega za sprotno vzdrževanje orodij in za razne izboljšave na orodju, ki se pokažejo pri samem delu. O tem nas obvesti sam delavec ali delovodja, ki dela na stiskalnici, kjer so največkrat težave, da orodje ne deluje brezhibno oz. je pomanjkljivo.

# 10 SKLEP

Dandanes je na trgu zelo pomembna kakovostna in hitra izdelava orodij, kar se kaže tudi v sami proizvodnji v avto industriji. Zahteve kupca so vedno bolj podane na kakovost izdelave orodja, kakovostno zasnovo orodij, da se poraba materiala ter čas izdelave ekonomično izplačata. V avto industriji je zelo pomemben čas izdelave in dobave raznih izdelkov, prav tako tudi orodij za izdelavo. Tržišče kovinske industrije je zelo veliko, prav tako tudi konkurenca, zato mora biti celotna ekipa orodjarne zelo fleksibilna, v njenih projektih pa mora prevladovati kakovost. Med samim konstruiranjem prihaja večkrat do kakšnih sprememb oblik ali dimenzij končnega izdelka, zaradi česar se je treba naročniku vedno znova prilagoditi. V začetni fazi nam zelo koristijo simulacijski programi, ki nam omogočajo lažjo zasnovo orodja, ki ga obdelamo v preoblikovane pločevine. Simulacije velikokrat pokažejo kritične točke, kot so: upogibanje, vlečenje, krčenje in širjenje ter pri rezanju zahtevnih oblik. Vse te simulacijske podatke lahko uporabimo ter vnesemo v 3D-obliko za lažjo izbiro, kako se lotiti postopka oblikovanja, če pa se izkaže, da so kritične meje prevelike, se lahko posvetujemo z naročnikom o spremembi izdelka. V vsaki orodjarni je pomemben dejavnik, da se izvaja skupinsko sodelovanje med zaposlenimi, da si lahko izmenjujejo razne izkušnje. V diplomskem delu smo prikazali, kako pravilno izbrati delovni postopek dela od same zasnove metode do končne realizacije progresivnega orodja. Prikazan je celoten sklop o izbiri raznih materialov kot tudi vsebina elementov, ki so vgrajeni. Poudarek diplomske naloge je na tem, kako doseči pravilno izbiro materialov ter kako se začne zasnova progresivnega orodja, da naredimo končni naročnikov izdelek. V orodjarnah je velik poudarek na natančnosti in kako zagotoviti kakovosten izdelek, predvsem s tolerančnimi območji. S tem zasnovanim orodjem smo pridobili veliko znanja o 3D-modeliranju, prav tako pa tudi programski del za strojno obdelavo, ker je projekt od začetka do konca prepuščen izključno nam. Cilj diplomskega dela je prikazati celotno izdelavo progresivnega orodja od prvega dela, ki se razvija v pisarnah na 3D-modelih, do končne mehanske obdelave z vsemi različnimi postopki obdelav ter končne sestave progresivnega orodja, ki preide v realizacijo. Predvsem pa je poudarek na tolerančnih območjih ter upoštevanju določenih predpisov, ki jih poda naročnik sam. Po vrstnem redu smo tudi prikazali, kako pridemo do končnega izdelka po nekakšnem zaporedju. Brez orodja in orodjarn danes ni trga, saj vsak izdelek ne glede na material potrebuje svoje orodje za izdelavo. V vseh orodjarnah je danes trend čim boljše kakovosti dela ter časovnega izpolnjevanja terminskega dela. Namen diplomskega dela je predvsem spoznati način dela s progresivnimi orodji in spoznati vse operacije dela, kot so

snovanje izdelka, ki nam ga ponudnik ponudi, ter izvesti vse zahtevane tolerance in dimenzije zastavljenega orodja. Danes je zelo velika konkurenca in kakovost je na prvem mestu. Vsaka izdelava orodja zahteva izobraženost določenih ljudi na področju snovanja in modeliranja, potrebno pa je tudi dobro ekipno delo. Spoznanje vsega tega je, da moramo biti časovno zelo usklajeni zaradi hitre izdelave orodij. Za takšno delo so potrebni kakovostni stroji CNC za hitrejše in kakovostno delo. S stroji, kot so CNC rezkalni centri, stružnice in žične erozije, lahko na orodjih dosegamo visoke tolerance, ki so potrebne za kakovosten izdelek. CNC-stroji so natančni vsaj na stotinko ali več. Delo v orodjarnah ali v pisarnah, kjer poteka snovanje in modeliranje, je zelo zahtevno, hkrati pa tudi zanimivo iz vidika, ker ni izdelka, ki smo ga izdelovali, ki bi bil čisto enak naslednjemu projektu. Prav tako moramo vsako obdelovalno ploščo posebej programirati, ker ni enakih plošč. Vsak novi projekt je nov izziv za vsakogar v ekipi, vsako orodje ima drugo zasnovo in druge probleme, ki jih je treba vedno znova reševati. Ko je orodje izdelano, še ne pomeni, da je funkcionalno dobro zasnovano in bo delovalo brezhibno. Najbolj pomembno je zadnje delo orodjarjev, ki dajo orodju končno podobo in funkcijsko pripravijo orodje na delovanje. Če hočemo dobro izdelano orodje, predvsem za velike serije, moramo orodja tuširati s pasto, ki jo nanesemo na površino, da vidimo, če ima orodje dovolj velike zračnosti ter če se povsem nalega na ploske med posameznimi ploščami. Orodja testiramo tako dolgo, da dobimo izdelek v tolerančnem območju. Vsak izdelek, ki pride iz progresivnega orodja, moramo mersko izmeriti na določenih točkah, da preverimo, ali je izdelek v tolerančnem območju ali pa bo potrebna korekcija orodja. Zato so orodja pomemben faktor ter del našega življenja.

# 11 VIRI, LITERATURA


Balažič, R. (2005). *Programiranje CNC strojev.* Murska Sobota: Print Book: Slovenija.

Čretnik, D. (2003). *Tehnologija spajanja in preoblikovanja.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, Dravska tiskarna.

Jereb, J. (1997). *Tehnologija obdelave za oblikovalca kovin.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Kampuš, Z. (2003). *Osnove tehnologije preoblikovanja kovin.* Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Kampuš, Z. (2011). *Osnove tehnologije preoblikovanja kovin.* Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Kraut, B. (2001). *Krautov strojniški priročnik.* Ljubljana: Littera picta.

Musafia, B. (1973). *Primjenjena teorija plastičnosti.* Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu.

Pahole, I. (2015). *Izsekovalna orodja: učbenik.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Schuler. (1998). *Handbuch der Umformtechnik.* Berlin: Springer-Verlag Berlin.

Tehnior s. p., Darko Bavdaž s. p. (brez datuma). Interni standardi in priporočila za konstruiranje. Šentilj.

# 12 PRILOGE

Priloga 1: Kosovnica za material

Priloga 2: Terminski plan dela po tednih

Priloga 3: Sestavna risba orodja

Priloga 4: Risba izdelka za strojno obdelavo

Priloga 5: Koordinatni sistem pri avtomobilu

## *Priloga 1: Kosovnica za material*

| TEHNIOR | Benennung: | | Kunden Zchg.-Nr.: | | Blatt: | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Folgeverbundwerkzeug | | WB5300-3 | | | |
| | Für: | | Teilnummer: | | Datum: | |
| | Rammschutz Z | | A463880 5300-13 | | 30. 8. 2017 | |
| Stückliste | Werkzeug Nr.: | | Auftrags-Nr. : | | Name: | |
| STS | | | | | Danijel L. | |

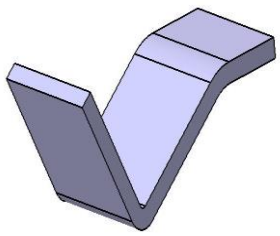
| Pos. Nr. | Stck. | Benennung | Bestelltext / Abmessung (Stärke/Breite/Länge) | DIN Lieferant | Werkstoff | Bemerkung | Bl. | Gewicht (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1 | 1 | Grundplatte | 340 x 450 x 77 | | 1.1730 | | | |
| 1.2 | 4 | Distanze | Ø40 x 75,50 | | 1.1730 | | | |
| 1.4 | 1 | Unterplatte | 340 x 150 x 96 | | 1.1730 | | | |
| 1.5 | 1 | Unterplatte | 340 x 150 x 96 | | 1.1730 | | | |
| 1.6 | 1 | Schneidmatrize | 215 x 210 x 32 | | 1.2379 | H:58-60HRc | | |
| 1.7 | 1 | Druckplatte | 215 x 210 x 12 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 1.8 | 1 | Schneidmatrize | 111 x 70 x 59 | | 1.2379 | H:58-60HRc | | |
| 1.9 | 1 | Biegematrize | 36 x 64 x 59 | | 1.2379 | H:58-60HRc | | |
| 1.10 | 1 | Biegematrize | 36 x 64 x 59 | | 1.2379 | H:58-60HRc | | |
| 1.17 | 1 | Fuehrungsleiste | 100 x 35 x 20 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 1.18 | 1 | Fuehrungsleiste | 88 x 35 x 20 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 1.24 | 3 | Heber | Ø21 x 52 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 1.25 | 2 | Heber | Ø22 x 52 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 1.34 | 4 | Distanzstueck | Ø38 x 66 | | 1.1730 | | | |
| 1.37 | 4 | Entlastungsdistanz | Ø35 x 25 | | Al | | | |
| 1.39 | 1 | Rutsche | 1.5 x 120 x 257 | | 1.4301 | Riffelblech | | |
| | | | | | | | | |
| 2.1 | 1 | Oberplatte | 340 x 450 x 56 | | 1.1730 | | | |
| 2.2 | 4 | Distanze | Ø40 x 75,50 | | 1.1730 | | | |
| 2.3 | 1 | Halteplatte | 140 x 200 x 25 | | 1.1730 | | | |
| 2.4 | 1 | Druckplatte | 140 x 200 x 11 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 2.5 | 1 | Halteplatte | 69 x 200 x 25 | | 1.1730 | | | |
| 2.6 | 1 | Druckplatte | 69 x 200 x 11 | | 1.2842 | H:54-56HRc | | |
| 2.7 | 1 | Biegeeinsatz | 36 x 50 x 107,54 | | 1.2379 | H:58-60HRc | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.8** | **1** | **Biegeeinsatz** | **36 x 50 x 107,54** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.10** | **1** | **Schneidmesser** | **36 x 15,30 x 110** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.11** | **1** | **Schneidmesser** | **15 x 70 x 100** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.12** | **1** | **Schneidmesser** | **36 x 15,30 x 110** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.13** | **1** | **Schneidmesser** | **15 x 70 x 100** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.14** | **1** | **Trennmesser** | **34 x 14 x 100** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| **2.17** | **1** | **Halteplatte** | **64 x 70 x 25** | | **1.1730** | | | |
| **2.18** | **1** | **Druckplatte** | **64 x 70 x 11** | | **1.2842** | **H:54-56HRc** | | |
| | | | | | | | | |
| **3.1** | **1** | **Niederhalterplatte** | **340 x 450 x 45** | | **1.1730** | | | |
| **3.2** | **1** | **Abstreifplatte** | **205 x 200 x 19** | | **1.2842** | **H:54-56HRc** | | |
| **3.3** | **1** | **Abstreifplatte** | **123 x 80 x 19** | | **1.2842** | **H:54-56HRc** | | |
| **3.7** | **3** | **Sucher** | **Ø9 x 28** | | **1.2379** | **H:58-60HRc** | | |
| | | | | | | | | |
| **4.1** | **8** | **Fuehrungsbuchse** | **2082.70.040** | **Fibro** | | | | |
| **4.2** | **16** | **Haltestueck** | **2072.45.10** | **Fibro** | | | | |
| **4.20** | **5** | **Schraubendruckfeder** | **2041..15.13.051** | **Fibro** | | | | |
| **4.23** | **1** | **Schneidbuchse** | **2617.5H4.0658** | **Fibro** | | | | |
| | | | | | | | | |
| **5.1** | **4** | **Fuehrungssaeule** | **2021.29.040.280** | **Fibro** | | | | |
| **5.2** | **16** | **Haltestueck** | **2072.45.10** | **Fibro** | | | | |
| **5.3** | **4** | **Halteschraube** | **244.16.175.080.100** | **Fibro** | | | | |
| **5.4** | **2** | **Daempfungsscheibe** | **2450.5.18.027.04** | **Fibro** | | | | |
| **5.5** | **1** | **Lochstempel** | **2711.5G4.0610** | **Fibro** | | | | |
| **5.6** | **8** | **Auswerferstift** | **237.1.0400.040** | **Fibro** | | **umarbeiten** | | |
| **5.7** | **8** | **Schraubendruckfeder** | **3413.0-8x30** | **Kern** | | | | |
| **5.8** | **8** | **Fibroflex** | **246.7.040.080** | **Fibro** | | | | |
| **5.9** | **8** | **Distanzrohre** | **244.9.13.100** | | | **umarbeiten** | | |
| **5.10** | **8** | **Auflagescheibe** | **244.6.040** | **Fibro** | | | | |
| | | | | | | | | |
| **5.11** | **8** | **Scheibe** | **244.10.085.20.04** | **Fibro** | | | | |
| **5.12** | **8** | **Schraube** | **M8x110** | **DIN 912** | | | | |
| **5.30** | **6** | **Auswerferstift** | **237.1.0200.040** | **Fibro** | | | | |

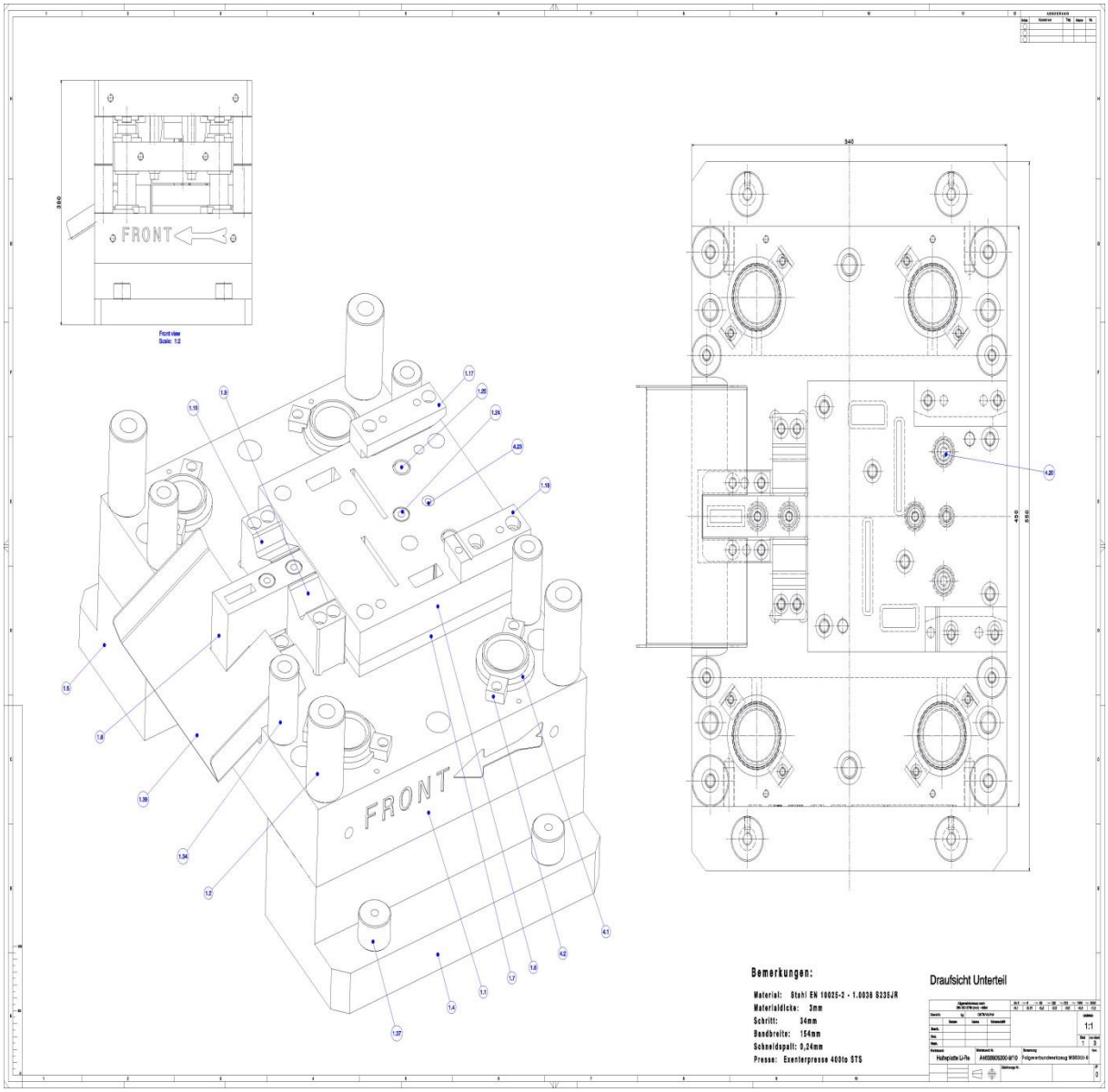
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5.31** | **6** | **Schraubendruckfeder** | **3413.0-4x20** | **Kern** | | | | |
| **5.32** | **6** | **Verschlussschraube** | **3464-M6x8** | **Kern** | | | | |
| **5.36** | **2** | **Auswerferstift** | **237.1.0300.063** | **Fibro** | | | | |
| **5.37** | **2** | **Schraubendruckfeder** | **3413.0-6x20** | **Kern** | | | | |
| **5.38** | **2** | **Verschlussschraube** | **3464-M8x8** | **Kern** | | | | |
| | | | | | | | | |

## *Priloga 2: Terminski plan dela po tednih*

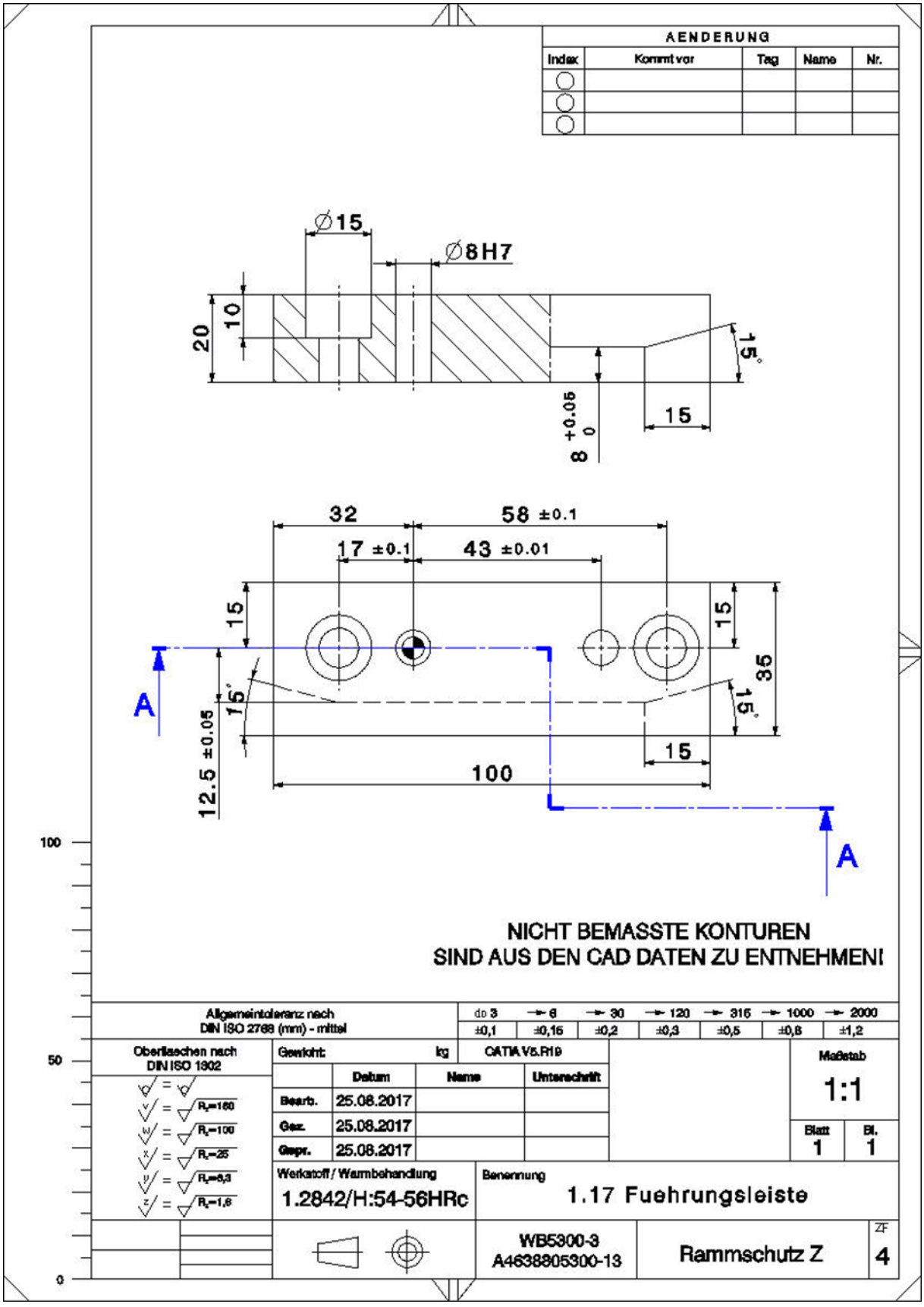
| **TEHNIOR Terminplan Folgeverbundwerkzeug WB5300-3 für Rammschutz Z Abstuetzung A4638805300 Pos.13** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KW | **35.** | **36.** | **37.** | **38.** | **39.** | **40.** | **41.** | **42.** | **43.** | **44.** | **45.** | **46.** | **47.** | **48.** | **49.** | **50.** |
| | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. |
| 1. | Konstruktion | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | |
| 2. | Materialbeschaffung | | | | | | x | x | x | | | | | | | | |
| 3. | Gestellbearbeitung | | | | | | | | x | x | x | | | | | | |
| 4. | Grundbearbeitung Kleinteile | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | |
| 5. | Fräsen Formteile | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | |
| 6. | Härten | | | | | | | | | | | x | x | x | | | |
| 7. | Hartfräsen, Drahterodieren | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | |
| 8. | Montage | | | | | | | | | | | | | x | x | | |
| 9. | Werkzeugerprobung | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| 10. | Musterteile | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| 11. | Werkzeugauslieferung | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| | **Kommentar:** | | | | | | | | | | | | | | | | |



## *Priloga 3: Sestavna risba orodja*



*Priloga 4: Risba izdelka za strojno obdelavo*



***Priloga 5: Koordinatni sistem pri avtomobilu***

