

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

NAČRTOVANJE STROJA ZA PREOBLIKOVANJE CEVI

Kandidat: Boris Vidovič

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič

Mentor v podjetju: Leon Vidovič, inž. str.

Lektorica: Nina Ahec, mag. prof. slov. jezika in knjiž. ter zgod.

Maribor, 2019

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Boris Vidovič, sem avtor diplomskega dela z naslovom Načrtovanje stroja za preoblikovanje cevi, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića in Leona Vidoviča.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi analogi, 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.

Ptuj, april 2019

Podpis študenta:

ZAHVALA

Hvala mojima mentorjema dr. Darku Friščiću in mojemu starejšemu bratu Leonu Vidoviču. Hvala družini, ker me prenaša in spodbuja, Eli pa tudi za pomoč pri prevodu. Nenazadnje pa hvala mojemu očetu Alojzu, ki še najbolj verjame vame.

POVZETEK

Za znanega kupca smo v našem podjetju pripravili in izvedli novo tehnologijo, ki je zmanjšala porabo materiala in energije ter hkrati povečala kakovost izdelkov. Iztisnjena aluminijasta cev je surovec, iz katerega se izdelujejo prednje vilice za vzdržljivostne motorje. Naša naloga je bila razviti tehnologijo, ki bo hitro in kakovostno preoblikovala aluminijaste cevi, tako da bo na enem robu približno 500 mm dolge cevi nastala razširitev zunanjega premera iz $\varnothing$ 59 mm na premer $\varnothing$ 66 mm. Debelino stene smo lahko iz dobrih 6 mm zmanjšali za največ 0,5 mm. Ker smo na VSŠ Academia Maribor spoznali simuliranje preoblikovanja po metodi končnih elementov, je bila to prva izbira pri določanju tehnologije. Po pridobitvi ponudb za izdelavo študije hladnega vtiskovanja, pa smo se kmalu odločili, da bomo ostali pri praktičnem preizkušanju, ki je bilo v tem primeru občutno cenejša in hitrejša rešitev. Za preizkušanje je bilo namreč treba samo izdelati nekaj vtiskovalnih trnov in kmalu smo ugotovili, da je pot prava. Preizkuse smo lahko opravili na univerzalni hidravlični stiskalnici in tako določili osnovne parametre. Prvo hipotezo: »Metoda vtiskovanja je ustrezna za preoblikovanje cevi v želenem obsegu.«, smo tako dokazali že pri prvih preizkusih. Za dokaz druge hipoteze: »S to metodo ne zmanjšamo trdnosti materiala.«, smo morali počakati na preizkušanje pri kupcu. Tretjo hipotezo: »Z vtiskovanjem bomo privarčevali, čas in porabo energije.« pa smo lahko dokazali šele, ko smo razvili in zagnali napravo, ki je predmet obravnave v tem diplomskem delu. V tem delu predstavljam predvsem tiste dele procesa izdelave naprave, ki so bili razviti ali izvedeni v našem podjetju, in manj tiste, ki smo jih naročili pri zunanjih sodelavcih in dobaviteljih. Ko smo imeli definirane osnovne parametre, smo se lotili razvoja in izdelave stiskalnice. S pomočjo zunanjih sodelavcev smo z viharjenjem možganov kmalu določili, kako se bomo lotili projekta, da bo rezultat čim boljši. Takoj je bilo določeno, da bomo izdelali hidravlično stiskalnico. Izvedba nam bo omogočala spreminjanje hitrosti delovnih pomikov. Krmilje bo omogočalo polavtomatsko in ročno upravljanje. Naprava bo v navpični izvedbi. Po preizkušanju surovcev, smo se lotili konstruiranja naprave. Najprej smo določili primerno hidravlično črpalko in cilinder, ki bosta skupaj zagotavljala želene sile in hitrosti. Najprej smo se lotili konstruiranja cilindra. Obliko smo prilagajali tehnologiji, ki jo imamo v delavnici. V kratkem času smo izdelali in sestavili napravo, potem pa dokazali vse tri hipoteze tega diplomskega dela.

Ključne besede: aluminijasta cev, preoblikovanje, izdelava stroja, surovec, izdelek

ABSTRACT

DESIGNING A MACHINE FOR TRANSFIGURATION OF ALUMINUM PIPES

For a well-known customer of my company we set out to develop a new technology, that would significantly decrease the material use as well as improve the quality of the product. The extruded aluminum tube is an intermediate product used in construction of off-road motorcycles. The manufacturer of which is a world-renowned authority in this field. Our mission was to develop a technology capable of making a 7mm extension to the outside diameter of the pipe without compromising the integrity of the material. We begin with a 500 mm long tube with an outside diameter of Ø 59 mm and the inside diameter of Ø 47 mm. The product must have an extended outside diameter of Ø 66 mm and the inside diameter no smaller than Ø 55 mm on one side. This posed a challenge for the company, as such a task would normally be completed by using a thicker-walled pipe and removing the excess material.

The initial idea for determining which technology to use, was to employ the method of finite elements to stimulate phase transformations. However, as the process described in this thesis simple process of trial and error would be the most cost-effective method for determining the technology to use. Whereas the trial efforts would be carefully selected based on knowledge, experience and intuition. As the tests were being conducted on a hydraulic press, it quickly became apparent that this was the correct method to use.

Our work was based on three hypotheses stating that: “the method of using a hydraulic press would satisfy the stated parameters and constraints of this case”, “using this method will not negatively affect the material strength” as well as: “by utilizing this method, we will be able to save both time and the energy used”. We were able to prove the first hypothesis in the beginning stages of testing. The second one was proven to be true by the customer and the third was proven after successfully completing the construction on the device, that is the subject of these theses.

In this work I describe all parts of the construction process that were conducted either by my company or by my direct suppliers and external associates. Because I assumed the role of project coordinator on my own, the sequence of project activities had to be appropriately adjusted.

Keywords: Aluminium Pipe, Transformation, Machine design, Stock, Product

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	9
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	9
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	9
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	10
2	TEORETIČNA DEFINICIJA PROBLEMA Z VIDIKA MATERIALA, FUNKCIONALNOSTI TER IZGLEDA KONČNEGA IZDELKA.....	9
2.1	METODE UGOTAVLJANJA DEJSTEV IN PREDPOSTAVK (MERITVE IN IZRAČUNI)	9
2.2	MATERIAL, SESTAVA, LASTNOSTI, TERMIČNA OBDELAVA, STARANJE	10
2.3	VROČE IZTISKANJE	10
2.4	OBREMENTIVE IZDELKA	11
2.5	ZAHTEVE IZGLEDA	12
2.6	ALTERNATIVE	12
3	IZRAČUNI OBREMENTEV IN DOLOČANJE IZHODIŠČ	13
3.1	KONSTRUKCIJA PREOBLIKOVALNEGA ORODJA	13
3.2	DOLOČITEV SILE PREOBLIKOVANJA	14
3.3	KONSTRUKCIJA HIDRAVLICNEGA CILINDRA ZA PREOBLIKOVANJE	15
3.4	DEFINICIJA VRSTE HIDRAVLICNE ČRPALKE IN MOČI ELEKTROMOTORJA	16
3.5	IZBIRA NAČINA KRMILJENJA	16
3.6	KONSTRUKCIJA OGRODJA STISKALNICE	17
4	OCENA STROŠKOV IN SMOTRNOSTI INVESTICIJE	18
4.1	OCENA STROŠKOV DELA	18
4.2	OCENA STROŠKOV IZDELAVE NAPRAVE	19
5	CAD PODPRTO KONSTRUIRANJE	21
5.1	IZDELAVA HIDRAVLICNEGA CILINDRA GLEDE NA POTREBNO SILO IN IZBRANO HIDRAVLICNO ČRPALKO IN S TEM TLAK V HIDRAVLICNEM SISTEMU	21
5.1.1	<i>Tesnila na batu</i>	<i>22</i>
5.1.2	<i>Tesnila v glavi cilindra in pokrovu.....</i>	<i>23</i>
5.2	IZRAČUN OBREMENTEV OGRODJA STISKALNICE IN IZBIRA KONSTRUKCIJE	25
5.3	NAČRTOVANJE KRMILNE OMARE	27
5.4	KONSTRUIRANJE VPENJALNE NAPRAVE	30
6	ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI NAPRAVE	32
6.1	NAČELA	32
6.2	POSTOPEK DAJANJA STROJA NA TRG	34

6.2.1	<i>Pravilnik o varnosti strojev</i>	34
6.2.2	<i>Uporaba pravilnika o varnosti strojev</i>	35
6.2.3	<i>Harmonizirani standardi</i>	36
6.3	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA ZA STROJE	37
6.3.1	<i>Konstruktivska dokumentacija</i>	38
6.4	NAVODILA ZA UPORABO	38
7	IZDELAVA NAPRAVE	40
7.1	CILINDER	40
7.2	IZBIRA HIDRAVLICNEGA AGREGATA	42
7.3	OHIŠJE STISKALNICE	44
7.4	KRMILNA OMARA	46
7.5	ZAGON	47
8	SKLEP	49
9	BIBLIOGRAFIJA	51
10	PRILOGE	53

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	NA LEVI JE STARI SUROVEC, NA DESNI PREDVIDEN NOVI	9
SLIKA 2:	STISKANJE ALUMINIJA	11
SLIKA 3:	CAD MODEL ZA ANALIZO PO METODI KONČNIH ELEMENTOV	13
SLIKA 4:	TESNILO NA BATU	22
SLIKA 5:	KONSTRUKCIJA BATA IN BATNICE	22
SLIKA 6:	TESNILO BATNICE MA24	23
SLIKA 7:	POSNEMALO PO4	24
SLIKA 8:	POKROV CILINDRA S TESNILI	24
SLIKA 9:	NOSILEC	26
SLIKA 10:	NOTRANJE OBREMENITVE, POLJE Z LEVE	26
SLIKA 11:	NOTRANJE OBREMENITVE, POLJE Z DESNE	27
SLIKA 12:	SHEMA KRMILJENJA	28
SLIKA 13:	RAZPOREDITEV V KRMILNI OMARICI IN NA NJEJ	29
SLIKA 14:	PLASTIČNI ELEMENT VPENJALNE NAPRAVE	30
SLIKA 15:	CILINDER – EKSPLOZIJSKA SLIKA	40
SLIKA 16:	SPODNJI POKROV CILINDRA	41
SLIKA 17:	PRITRDITEV CILINDRA NA OHIŠJE	41
SLIKA 18:	HIDRAVLICNA SHEMA	42

SLIKA 19: PREREZ KRILNE ČRPALKE Z AVTOMATSKO NASTAVLJIVIM PRETOKOM	43
SLIKA 20: MEHANSKI DELI NAPRAVE	44
SLIKA 21: KONČNA STIKALA IN OMEJILEC.....	45
SLIKA 22: NOSILEC KONČNEGA STIKALA	46
SLIKA 23: PREDELAN PLESKARSKI VALJČEK	48

KAZALO TABEL

TABELA 1: SESTAVA ZLITINE.....	10
TABELA 2: MEHANSKE LASTNOSTI V MEHKEM STANJU (T1)	10
TABELA 3: MEHANSKE LASTNOSTI STARANEGA MATERIALA (T6)	10
TABELA 4: OKVIRNI STROŠKI IZDELAVE NAPRAVE	20
TABELA 5: DIMENZIJE BATA IN TESNIL NA BATU	22
TABELA 6: TESNILO BATNICE - DIMENZIJE	23
TABELA 7: POSNEMALO PO4	24
TABELA 8: VROČE VALJANI U-PROFIL PO DIN 1026	25

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Cilj je na podlagi izkušenj in teoretičnih znanj razviti tehnologijo, ki bo iztisnjeno aluminijasto cev na enem koncu razširila iz premera Ø 59 mm na premer Ø 66 mm, da bi se zmanjšala količina porabljenega materiala. Pri tem se bo tudi skrajšal čas strojne obdelave surovca. Izbrana tehnologija je hladno preoblikovanje z vtiskovanjem.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen je dobro idejo čim hitreje in čim ceneje izvesti v praksi, torej izdelati napravo, ki bo natančno in hitro preoblikovala cevi.

Raziskovalna vprašanja diplomskega dela:

- Obstoječa tehnologija struženja debelostenske iztisnjene cevi je stroškovno neučinkovita.
- Raziskati je treba, ali je tehnologija hladnega preoblikovanja dane aluminijeve zlitine primerna za zahtevan izdelek.
- Ugotoviti moramo, koliko se z vtiskovanjem privarčuje.

Hipoteze diplomskega dela:

- Hipoteza 1: »Metoda vtiskovanja je ustrezna za preoblikovanje cevi v želenem obsegu.«
- Hipoteza 2: »S to metodo ne zmanjšamo trdnosti materiala.«
- Hipoteza 3: »Z vtiskovanjem bomo privarčevali čas in porabo energije.«

Cilji diplomskega dela:

- Ugotoviti, ali je pristop, ki ga sicer uporabljamo v našem podjetju, najustreznejši glede na znanje, tehnologijo in kadre, ki so na voljo.
- Ugotoviti, ali je smotrno razviti lastno tehnologijo za tolikšen obseg potencialnega posla.
- Izdelati učinkovito in zanesljivo napravo za vtiskovanje.
- Pridobiti konkurenčno prednost podjetja z novo tehnologijo.

1.3 Predpostavke in omejitve

Za raziskavo in izdelavo tehnologij je na voljo malo časa in sredstev, kar lahko omeji kreativni potencial pri iskanju najboljših rešitev. Je pa zato večja verjetnost, da bo uvedba nove

tehnologije tudi dejansko izpeljana v praksi. Po obstoječi metodi se izdeluje z iztiskanjem aluminijasta cev z zunanjim premerom $\varnothing$ 63 mm in debelino stene 8 mm. Debelina stene končnega izdelka pa nikjer ne preseže 4 mm. Torej, moramo s struženjem odstraniti več kot polovico materiala. Dolžina surovca je okrog 500 mm. Pri struženju pogosto prihaja do vibracij in posledično grobe obdelave površine, kar je nesprejemljivo, saj je končni izdelek vidna komponenta prednjih vilic na motociklu. Da se izognejo tem težavam, sedaj stružijo cevi v več fazah z malimi odvzemi materiala. Naprave, ki ji pri tem uporabljajo, pa so zelo toge sodobne stružnice.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

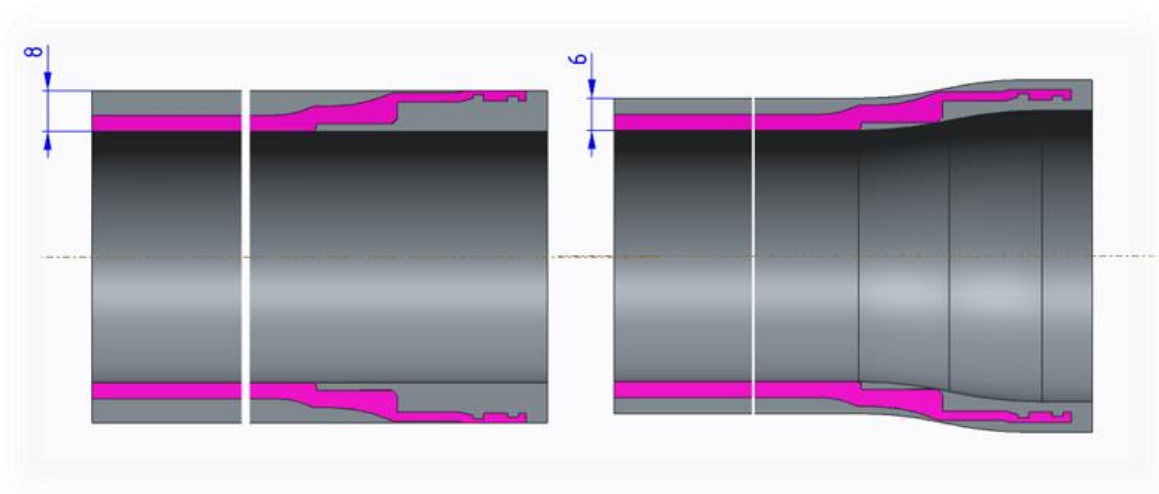
V diplomskem delu bom predstavil čim večji del razvoja in izdelave stroja oziroma naprave, kot to počnem v našem podjetju. Pristop je precej drugačen kot v velikih podjetjih. Sam namreč vodim razvoj in proizvodnjo. Po potrebi sicer vključujem posamezne strokovnjake za hidravliko in elektroniko. Ves čas pa imam popoln nadzor nad projektom. Raziskovalno metodo deskripcijo bomo uporabili za predstavitev problema, iskanje podatkov o materialih in tehnoloških zahtevah ter o komponentah bodoče naprave oziroma stroja. Eksperimentalno proučevanje bomo izvajali z uporabo opreme v naši delavnici. Uporabili bomo univerzalno hidravlično stiskalnico, univerzalno stružnico in tračno žago. Stiskalnico bomo uporabili za določitev sil, potrebnih za preoblikovanje cevi. Stružnico in tračno žago bomo pa uporabili za pripravo surovcev in simulacijo naslednjih faz obdelave izdelkov. Za pravilno razlago rezultatov eksperimentov bomo verjetno potrebovali tudi usluge laboratorijev za trdnostne analize. Po potrebi pa tudi metalografske in rentgenske analize. Teoretične raziskovalne metode pa bomo uporabili pri izbiri vrste in velikosti komponent naše naprave. Del raziskav bo izveden po običajni metodi s preračuni, ki so zapisani v strojniškem priročniku in drugi strokovni literaturi. Ker pa moje podjetje razpolaga tudi s sodobno programsko opremo, bomo čim večji del raziskav poskušali izvesti s to opremo. Sodobna CAD-orodja imajo dodane module za izvedbo trdnostnih analiz. Z njimi lahko odkrivamo najbolj obremenjene strojne dele že v fazi načrtovanja, kar pospeši in poceni izdelavo naprave oziroma stroja. Mehanska analiza znotraj te opreme pa nas opozori na morebitne kolizije pomičnih delov s fiksnimi.

2 TEORETIČNA DEFINICIJA PROBLEMA Z VIDIKA MATERIALA, FUNKCIONALNOSTI TER IZGLEDA KONČNEGA IZDELKA

2.1 Metode ugotavljanja dejstev in predpostavk (meritve in izračuni)

Ko bomo določili tehnologijo, bomo skonstruirali stroj. S preizkušanjem bomo določili osnovne parametre nove tehnologije. To so potrebne sile, ustrezne hitrosti, morebitno število zaporednih ciklov preoblikovanja. Če bodo predpostavke obstale, bomo izdelali hidravlično stiskalnico, ki bo imela dve hitrosti gibanja bata v eno smer in precej večjo hitrost povratnega giba.

Dimenzionirati bo treba sile vtiskovanja, želene hitrosti, delovna hitrost pa mora biti široko nastavljiva, da bomo s preizkušanjem določili optimalno hitrost preoblikovanja. Iz definiranih sil preoblikovanja bomo izračunali velikost hidravličnega cilindra. Na podlagi tega pa moč in zmogljivost hidravličnega agregata. Preračunati in skonstruirati bo treba še ohišje stiskalnice. Morda bo potrebna tudi vpenjalna priprava na stiskalnici, vendar bomo najprej izdelali samo plastična vodila, ki bodo držala cev na mestu, dokler ne bo vtisni trn prevzel vodenja. Na sliki 1 v rožnati barvi je prerez končnega struženega izdelka. V sivi barvi levo je surovec, ki je bil uporabljan do sedaj, in desno polizdelek, ki se bo izdeloval z novo napravo.



Slika 1: Na levi je stari surovec, na desni predviden novi

Vir: (Lastni vir)

2.2 Material, sestava, lastnosti, termična obdelava, staranje

Surovci, ki jih želimo preoblikovati, so izdelani s tehnologijo vročega iztiskanja. Z naročnikom smo dogovorjeni, da dobimo surovce v mehkem stanju, to je v stanju T1, pred žarjenjem.

Tabela 1: Sestava zlitine

Oznaka	Šifra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr
AC29	P6	1,05–1,20	0,20	0,10	0,45–0,65	0,68–0,75	0,10–0,25
Zn	Ti	Pb	Sn		Oznaka EN	Oznaka DIN	Specifična teža
0,10	0,10	0,01	0,05		AA6082	AlMgSi1	2,70

Vir: (Impol, 2015)

Tabela 2: Mehanske lastnosti v mehkem stanju (T1)

Rm	Rp0.2	Raztezek	Trdota HB
294,25	212,84	16,19	82,04

Vir: (Impol, 2015)

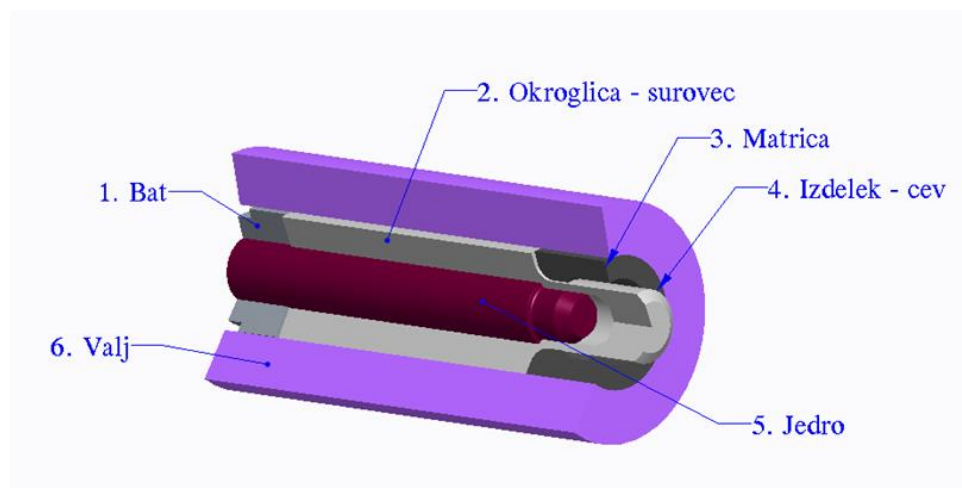
Tabela 3: Mehanske lastnosti staranega materiala (T6)

Rm	Rp0.2	Raztezek	Trdota HB
393,74	352,84	14,19	111,04

Vir: (Impol, 2015)

2.3 Vroče iztiskanje

Vroče iztiskanje je dokaj nov postopek preoblikovanja neželeznih kovin. S stiskalnicami preoblikujemo surovec tako, da ga potiskamo skozi matrice. Temperatura materiala je nekaj 10 stopinj nižja od temperature začetka taljenja. Temperatura začetka taljenja je določena v faznem diagramu s solidus krivuljo. Na eni koordinatni osi je vedno temperatura, na drugi pa je praviloma tlak. To je v primeru, da imamo opravka s točno določeno zlitino. Če pa ugotovljamo odvisnost temperature tališča od primesi, pa je predpostavljen konstantni tlak in je kot druga koordinatna os predstavljen odstotek primesi.



Slika 2: Stiskanje aluminija

Vir: (Lastni vir)

Vročo okroglico (2) vstavimo v predgret valj (6). Najprej vtisnemo jedro (5) skozi celotno dolžino surovca (2), nato pa s potiskanjem bata (1) proti matrici (3) stiskamo material skozi matrico in jedro. Tako dobimo cev (4).

Pri ohlajanju se stisnjena cev lahko upogne, zato z raztezanjem umirimo notranje napetosti in jo zravnamo. Po tem postopku sledijo še toplotne obdelave za izboljšanje mehanskih lastnosti. V našem primeru bomo preizkušali preoblikovati cevi v stanju T1 in če bo mogoče še T6. V tabelah 2 in 3 so podatki o mehanskih lastnostih cevi v teh dveh stanjih. Če bi lahko preoblikovali cevi v staranem stanju T6, bi dodatno pridobili pri logistiki. Staranje 6 m dolgih surovcev je cenejše in hitrejšo od staranja že narezanih in preoblikovanih cevi. Tudi obdelava, torej žaganje T6 cevi, je enostavnejša. Mehki materiali so problem pri obdelavi z odvzemanjem, praviloma se opilki ali ostružki lepijo na orodje.

2.4 Obremenitve izdelka

Končni izdelek je cev vilic na prednjem kolesu enduro oziroma vzdržljivostnih motorjev. To je vzmet in blažilnik v enem. Ker gre za avtomobilsko industrijo, bo ta izdelek podvržen mnogim testiranjem, metalografskim in rentgenskim testom. V sled tega bomo mi opravili samo vizualni pregled in preizkus tesnosti, ki sta dovolj poceni, pa vendar učinkovita kazalnika stanja materiala. Podatkov o obremenitvah in o potrebnih preizkusih pa tudi nimamo, saj nam jih naročnik ni posredoval.

2.5 *Zahteve izgleda*

Pri izgledu imamo vse potrebne zahteve že označene na sami delavniški risbi. Ker bo struženje opravljal naročnik sam oziroma nekdo drug, moramo mi samo zagotoviti dimenzijsko ustreznost, tako da bo pri struženju zagotovljena čim bolj konstantna rezalna sila in s tem enakomerna površina obdelave. Struženje je tudi končna obdelava pred lakiranjem, nobena dodatna fina obdelava ni predvidena. Aluminij se sicer pogosto eloksira ali anodizira. To je pospešena površinska oksidacija, ki na površini ustvari tanek sloj aluminijevega oksida, z dodatnimi postopki pa zapolni nastale pore. Površina tako postane tudi elektro neprevodna. Predvidevam, da ta postopek zaradi por ustvarja zarezni učinek in zmanjšuje dinamično trdnost. Drugi postopek je tudi poliranje, ki je lahko mehansko z uporabo polirne paste in tekstilnega koluta. Tudi ta postopek vključuje aluminijev oksid, ki je abraziv v polirni pasti. Obstaja pa tudi kemično poliranje.

»Kemično poliranje je proces, ki izkorišča prednost selektivne samoraztopitve aluminija in aluminijeve zlitine v kislem ali alkalnem elektrolitu, da se površina polirnega sistema izravnava, kar zmanjša površinsko hrapavost in pH-vrednosti. Čistina aluminija in aluminijevih zlitin ima velik vpliv na kakovost kemičnega poliranja. Čim višja je čistost, boljša je kakovost poliranja in obratno. (Površinska obdelava aluminija in aluminijaste zlitine.« (KUNYAO, 2017)

Priznan proizvajalec teh komponent za motorje se ni odločil za nobeno od naštetih tehnologij, ampak je ostal pri struženju. Razlogov za to ne poznamo, predpostavljam pa, da niso samo trdnostni, ampak tudi estetski.

2.6 *Alternative*

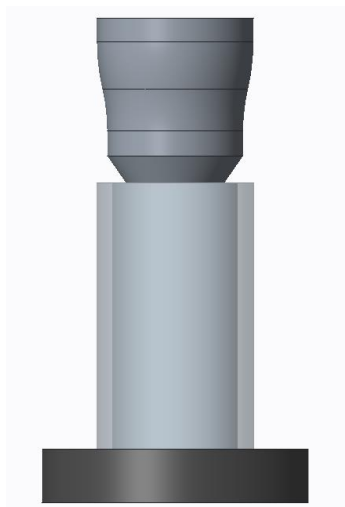
Prva izbira je osno vtiskovanje. Druga tehnologija, ki jo dovolj poznamo, da bi jo lahko uporabili, je pasarstvo. To je tehnologija hladnega preoblikovanja, kjer vrtečemu surovcu s tanjšanjem debeline stene povečujemo površino in s tem obliko. Pred časom smo s tem postopkom preoblikovali dno lonca v stožec in tako dobili lijak. Za to tehnologijo bi potrebovali precej bolj zapleteno in posledično dražjo tehnologijo. Bi pa bilo smotrno razmišljati v tej smeri, če se nam bodo pri prvi izbiri pojavljale porušitve materiala.

3 IZRAČUNI OBREMENITEV IN DOLOČANJE IZHODIŠČ

3.1 Konstrukcija preoblikovalnega orodja

Na področju hladnega preoblikovanja v podjetju nimamo veliko izkušenj. Iz poslovnih razlogov pa ni dobro iskati pomoči pri podjetjih in posameznikih, ki to bolj obvladajo. V tej fazi posla nimamo še nobene pogodbe, ki bi nam zagotavljala, da bomo ta posel tudi speljali in z njim kaj zaslužili. Predstavitev ideje morebitni konkurenci nam lahko samo škodi.

Iz izkušenj sklepamo, da se bo pri tem širjenju surovca zmanjšala njegova dolžina in hkrati debelina stene. Koliko in v katerem delu preseka pa je najverjetneje odvisno od smeri sile preoblikovanja. Nekaj tega nam bi verjetno pokazala simulacija po metodi končnih elementov, vendar se zaradi drage opreme za to nismo odločili. Kakšna šolska verzija, samo za potrebe diplomskega dela, pa tudi ni na voljo. Najhitreje in najceneje pa pridobimo podatke s preizkušanjem. Z nateznim preizkusom bi lahko predvidel, koliko debelejši naj bo vtisni trn. Usluga nateznega preizkusa je precej dražja kot dodatna ura, ki jo bomo porabil za izdelavo novega trna za vtiskovanje.



Slika 3: CAD model za analizo po metodi končnih elementov

Vir: (Lastni vir)

Takšen model smo izdelali v CAD-okolju CREO in ga izvozili kot datoteko STL. Posredovali smo ga podjetju, ki se ukvarja z analizami materiala. Dobili pa smo tako drago ponudbo, da smo se takoj odločili za preizkušanje. Prvi vtiskovalni trn bomo izdelali za 5 % večjega, kot je zahtevana notranja oblika izdelka. Za surovec uporabimo poboljšano posebno konstrukcijsko jeklo, saj ga je najlažje nabaviti. Pri trgovcu ga lahko kupimo v valjani ali vlečeni obliki. Jeklo z oznako ISO 42CrMo4 +QT ima v tem primeru natezno trdnost 1000 N/mm^2 in trdoto okrog

255HB oziroma 25HRC. Takšno jeklo je sicer težje obdelovati na velikoserijskih strojih, saj pri struženju nastajajo dolgi in ostri ostružki, ki se navijajo na obdelovanec ter orodje. Pri individualni izdelavi pa sproti odstranjujemo ostružke in pridobimo gladko površino, ki je primerljiva s srednje finim brušenjem. Hrapavost površine preverimo s primerjalnimi etaloni, le-ta je po moji oceni med 0,4 in 0,8 μm . To je vrednost Ra oziroma srednja vrednost odstopanja profila površine. Za vpetje trna v stiskalnico izdelamo še zunanji navoj M28 x 2. V batnici stiskalnice, ki jo imamo v delavnici, je namreč takšen notranji navoj. Zaradi zamenljivosti orodij bomo, tudi pri izdelavi notranjega navoja batnice na novi napravi, uporabili isti navoj.

3.2 Določitev sile preoblikovanja

Na stiskalnici v naši delavnici imamo hidravlični agregat z močjo 3 KW. To je moč elektromotorja, ta pa poganja zobniško črpalko. Zobniška črpalka lahko ustvari največji tlak 250 barov oziroma 25 MPa. Tlak lahko poljubno nastavimo z regulatorjem tlaka in ga odčitamo na manometru. Pri preizkušanju bomo torej dobili podatke za velikost in obliko orodja ter potrebno silo preoblikovanja. Ker smo izdelali orodje, ki se bo vtisnilo v obdelovanec za 90 mm, moramo imeti surovce večje od te dolžine. Stiskalnica ima največjo razdaljo med mizo in batnico 220 mm. Orodje iz batnice štrli 105 mm, torej lahko uporabimo surovce največje dolžine 115 mm. Takšne smo tudi našli iz sicer 533 mm dolgih polizdelkov. Začnemo s tlakom 80 bar, kar je $8 \text{ MPa} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$. S površine bata stiskalnice bomo potem izračunali silo, ki je bila potrebna za vtisk orodja v obdelovanec. Orodje smo namazali z oljem in vklopili stiskalnico. S tem tlakom se je orodje vtisnilo do slabih dveh tretjin globine. Tlak smo povečali na 120 bar. Pri tem tlaku pa je šlo orodje do konca. Pri tlaku 130 bar pa smo bili zadovoljni z rezultatom, saj se je orodje vtisnilo, tudi pri tankem nanosu olja, brez težav. To bo naša izhodiščna vrednost, iz katere bomo izhajali pri konstruiranju namenske stiskalnice. Tlak smo odčitali na instrumentu v barih. Pred preračunom pa ga spremenimo v MPa, mega paskale, torej v $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

Bat cilindra stiskalnice, ki smo jo uporabili za preizkušanje, ima premer luknje 96 mm. Torej, izhaja površina bata iz površine kroga. Ker imamo tlak v mega paskalih, kar je v Newtonih na kvadratni milimeter, moramo tudi površino izračunati v kvadratnih milimetrih. $S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 96^2}{4} = 7238 \text{ mm}^2$. Sila, ki jo je ustvaril bat, je tako znašala: $F = P \times S = 13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 7238 \text{ mm}^2 = 94,01 \text{ kN}$. To vrednost bomo zaokrožil navzgor na 95 kN.

Pri preoblikovanju dvanajstih surovcev ni pri nobenem prišlo do porušitve oziroma do pretrganja stene. Hitrost preoblikovanja je bila pri preizkušanju majhna, saj ima zobniška črpalka ob visokih tlakih male pretoke in zato počasno gibanje bata. Čas vtiskovanja je bil približno 30 sekund. Pri naši novi napravi bi radi dosegli tretjino tega časa.

3.3 Konstrukcija hidravličnega cilindra za preoblikovanje

Za našo napravo bomo uporabili hidravlični agregat s krilno črpalko, ki ima manjše tlake in velike pretoke. Z regulatorjema tlaka in pretoka bomo lažje dosegli optimalne hitrosti in sile preoblikovanja. Krilne črpalke dosegajo tlake okrog 100 bar. Naše izhodišče bo 80 % tega tlaka. To in druga izhodišča mi je predlagal brat Leon, ki je strokovnjak na področju hidravlike in tudi moj mentor pri tem diplomskem delu. Imamo torej potrebno silo 95 kN, izhodiščni tlak 8 MPa.

Površina bata bo torej: $S = \frac{F}{P} = \frac{95000 \text{ N}}{8 \text{ MPa}} = \frac{95 \text{ kN}}{8 \text{ kN}} \text{ mm}^2 = 11.875 \text{ mm}^2$. Premer luknje cilindra

mora tako biti: $D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 123 \text{ mm}$. Pri dobavitelju naročimo honano hidravlično cev s

premerom luknje 125 mm in odpornostjo na tlak do 15 MPa. Dobavitelj nam ponudi standardno honano cev dimenzij Ø145 x Ø125 H8. Ugodno nam ponudijo tudi struženje robov, saj sami nimamo stružnice s tako veliko lineto. Tako nam pride prav, da dobimo že obdelano cev cilindra. Pokrove in bat bomo izdelali sami, saj imamo v načrtu nestandardno obliko le-teh. Trdo kromano batnico naročimo pri drugem dobavitelju. Na eni strani pritrditev na bat in na drugi izvrtino ter zev za ključ bomo izdelali sami, saj imamo primerni strojni park. Pri dobavitelju tesnil imamo na voljo complete tesnil za cilindre s takšnim tlakom. Skupaj s tesnili dobimo tudi navodila za izdelavo bata ter luknje v zgornjem pokrovu dvosmernega cilindra, ki ga konstruiramo. Za naročilo vsega potrebnega materiala imamo tako dovolj podatkov. Za izdelavo pokrovov in batnice pa še ne, saj moramo predvideti način vpetja. Odločili smo se za izdelavo cilindra, ki je skupaj vijačen s štirimi aksialnimi vijaki. Izdelali jih bomo iz navojne palice M20 kvalitete 8.8. Vijake bomo izdelali ustrezno daljše, da bomo z njimi istočasno pritrdili cylinder na ohišje stiskalnice. Izbrali bomo čim večji premer batnice, saj bomo s tem zmanjšali površino bata v smeri zapiranja cilindra. Sila za izvlek orodja je zaradi oblike orodja veliko manjša. Istočasno bomo pri enakem pretoku povečali tudi hitrost izvleka. Navzgor, pri premeru batnice, pa smo omejeni s premerom izdelka, ker bomo s povečanim premerom zadrževali obdelovanec pri izvlačenju orodja. Batnica bo torej imela premer Ø 60 mm, kar bo malo manjše, kot je največji premer orodja za vtiskovanje.

3.4 Definicija vrste hidravlične črpalke in moči elektromotorja

V poglavju 3.3 je že obrazložen izbor krilne črpalke. Ob primernih tlakih in pretokih je ta črpalka tudi cenovno dovolj ugodna. Predvideli smo tudi že hitrosti vtiskovanja, ki bi jih radi dosegli. Orodje za vtiskovanje se bo vtisnilo v cev, ki jo preoblikujemo za 91,5 mm. Prvih 50 mm orodja bo cilindričnih in namenjenih centriranju. Šele naslednjih 41,5 mm pa bo namenjenih preoblikovanju. Za ta del predvidevamo zmanjšano hitrost pomika orodja, ki bo tudi natančno regulirana. Hitrost primikanja do omenjene globine pa naj bo čim večja. Zamislili smo si primik teh 50 mm in še dodatnih 10 v približno 5 sekundah. Dodatnih 10 mm je razdalja med orodjem in obdelovancem pred začetkom vtiskanja. V petih sekundah moramo torej napolniti valj premera $\varnothing 125$ mm in višine 60 mm. V decimetrih oziroma litrih je to: $\varnothing 1,25 \text{ dm}^2 \times 0,6 \text{ dm}$. Volumen je torej: $V = S \times h = \frac{\pi D^2}{4} \times h = 1,22 \text{ dm}^3$ oziroma litra.

Podatki o pretoku črpalk so običajno v litrih na minuto. Sledi: $Q = \frac{1,22 \text{ l}}{5 \text{ s}} \rightarrow Q = \frac{1,22}{5} \times 60 = 14,64 \frac{\text{l}}{\text{min}}$. V katalogu proizvajalca krilnih črpalk najdemo črpalko s pretokom $15,4 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ in tlakom do 150 bar. Po enačbi za določitev moči elektromotorja za pogon izbrane črpalke sledi:

$$P_M = \frac{P_{\check{c}} \times Q_{\check{c}}}{600 \times \eta_{s\check{c}}} = \frac{150 \text{ bar} \times 15,4 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{600 \times 0,9} = 4,28 \text{ KW},$$

pri čemer so: $P_{\check{c}} = \text{Tlak črpalke}$, nastavljen na varnostnem ventilu, $Q_{\check{c}} = \text{pretok črpalke}$, $\eta_{s\check{c}} = \text{celoten izkoristek}$.

To so torej podatki za naročilo hidravličnega agregata in priključne moči. Upoštevamo jih tudi pri načrtovanju krmilja.

3.5 Izbira načina krmiljenja

Izbiro in izdelavo krmilja prepuščamo zunanjemu izvajalcu, saj sami za to nismo usposobljeni. Zahteve so naslednje. Imamo 3 senzorje položaja cilindra. To sta zgornji in spodnji končni položaj ter točka, kjer se pri vtiskovanju začne širjenje. Tam se začne tudi počasnejši hod. Ob treh končnih stikalih imamo še tipke START, STOP in NAZAJ. Izklop v sili je nujen zaradi varnostnih razlogov. Torej, imamo vsega skupaj 7 vhodov. Izhodi pa so: vklop elektromotorja na agregatu, dva signala na tripoložajnem ventilu in en na regulatorju pretoka. Čeprav je krmiljenje s krmilnikom bolj preprosto in praktično za morebitne spremembe, se odločimo za cenejšo izvedbo z releji. Če bomo kdaj popolnoma avtomatizirali ta proces, bomo pa morali krmiljenje izvesti s krmilnikom.

3.6 Konstrukcija ogrodja stiskalnice

Ogrodje bomo izdelali iz dveh navpičnih nosilcev iz škatlastega profila pravokotnega preseka. Prečke pa bodo izdelane iz U-profilov. Vse skupaj bo vijačeno in prav tako z vijaki pritrjeno na mizo. Ta bo tako visoka, da bo zagotavljala udobno vstavljanje obdelovancev. Na mizo bo na zadnji strani pritrjen tudi hidravlični agregat. Na desni bočni strani navpičnih nosilcev pa bo pritrjena krmilna omara, na kateri bodo tipke in stikala.

4 OCENA STROŠKOV IN SMOTRNOSTI INVESTICIJE

4.1 Ocena stroškov dela

Strošek delavca je v podjetjih v Sloveniji najbolj problematičen, saj ga točno sploh ni mogoče izračunati. Brez težav seštejemo ure, odštejemo dopust in prištejemo regres. Zalomi se pri bolniških, saj so te v večini strošek delodajalca, čeprav zanje ni odgovoren. Zavarovanje, ki bi pokrivalo rizik bolniške odsotnosti, pa tudi ne obstaja. Zakon namreč stroške za prvi mesec in pol neprekinjene bolniške odsotnosti nalaga delodajalcu. Ob tem pa spodbuja zdravnike, da ne predpisujejo daljših bolniških odsotnosti, saj si s tem nakopljejo ogromno dodatnega administrativnega dela. Nemalokrat tako zdravnik za nekaj dni prekine bolniško odsotnost pacienta in jo potem znova predpiše ter se s tem izogne težavam. Vse stroške pa naprtil delodajalcu. Iz tega razloga sam in še veliko malih podjetnikov raje ne zaposluje, ker nas lahko eden resnično bolan delavec ali pa samo simulant, spravi v finančno nevzdržen položaj. Druga velika težava so neskončno dolgi odpovedni roki, ko se nam zmanjša obseg poslovanja. Težava ni samo finančna, ampak tudi poslovna. Delavec z odpovedjo v roki, namreč v času odpovednega roka zagotovo ni motiviran za delo, kar slabša vzdušje v kolektivu in kviri odnose ter učinkovitost tudi ostalih. V malih podjetjih je opisana težava še toliko večja. Kljub vsemu pa moramo določiti ceno dela. Tu zato dodamo veliko rezerve za morebitne omenjene primere, kar pa znižuje našo konkurenčnost. Velikokrat smo tako, kljub nižji ceni dela, dražji od konkurence v Avstriji ali Italiji. Dokaz temu so podjetja, ki jih Slovenci odpirajo v zamejstvu. Pri nas pa tujci vlagajo skoraj izključno v trgovske centre, kjer lahko zaposlujejo slabo izobražene delavce in jih zamenjajo z novimi takoj, ko niso več polno delovno sposobni. Vložek v njihovo izobraževanje za delo je namreč minimalen. Delavec s 1.200 € neto plače stane podjetje približno 2.500 € mesečno za plačo. K temu moramo prišteti še regres za letni dopust, vse skupaj pa deliti z dejanskimi urami dela.

$$\frac{(\text{neto pl.} + \text{prispevki} + \text{dohod.} + \text{malica} + \text{prevoz} + \text{dod. pok. zav.}) \times 12 + \text{regres}}{(\text{vse ure} - \text{malica} - \text{dopust})} =$$

$$\frac{(1200 \text{ €} + 948 \text{ €} + 132 \text{ €} + 200 \text{ €} + 95 \text{ €}) \times 12 + 1150 \text{ €}}{2088 \text{ ur} - 130 \text{ ur} - 176 \text{ ur}} = 18 \text{ €/uro}$$

K temu prištejemo še amortizacijo opreme in prostorov, fiksne in variabilne stroške. V našem podjetju, kjer sva zaposlena dva, znaša letna amortizacija okrog 14.000 €. Stroški telefonije,

interneta, elektrike, vode, pregledov opreme in vzdrževanja pa še približno 5.500 €. Vseh ur dela v proizvodnji pa je:

$$(2088 - 130 - 176) \times 2 = 3564 \text{ ur}$$

Ura je torej obremenjena še za:

$$\frac{14000 \text{ €} + 5500 \text{ €}}{3564 \text{ ur}} = 5,5 \text{ €/uro}$$

Ura dela na takšni napravi je na podlagi okvirnega izračuna tako približno 24 €. Če dodamo še nekaj zaradi morebitnih izrednih stroškov, opisanih na začetku tega poglavja, zaokrožimo ceno ure na 30 €. Pri preizkušanju na obstoječi stiskalnici smo določili hitrosti vtiskovanja 25 sekund in 8 sekund za izvlek ter 10 sekund za menjavo obdelovanca. Skupaj torej 43 sekund. To znese 83 kosov v eni uri, kar je 0,36 € na kos. To je izračun za serijsko proizvodnjo ob predpostavki, da bo posel trajal vsaj 5 let, ko bi se naprava amortizirala. V našem primeru pa to ni pomembno, saj bo izdelavo naprave financiral posrednik pri tem poslu. V tej ceni imamo torej nekaj prostora za pogajanja.

4.2 Ocena stroškov izdelave naprave

Naša glavna konkurenčna prednost je naprava, ki smo jo sposobni skoraj v celoti sami skonstruirati in izdelati. S sorazmerno poceni napravo računamo, da bomo pritegnili kupca. Dosegli smo, da bo posrednik financiral to izgradnjo in s tem smo zmanjšati tveganje na razumen nivo. Najprej izdelamo okvirni popis materiala, potrebnega za izdelavo naprave. Dodamo še konstruiranje in izdelavo.

Tabela 4: Okvirni stroški izdelave naprave

št.	ime	količina, opis	opomba	cena
1	podstavek iz pohištvenega profila	cev 80 x 80 x 2 ; mere: 800 x 1000 x 800	Varjeno.	50
2	ogrodje stiskalnice iz cevi in profilov	cev 120 x 80 x3, U-profil 100	Vijačeno z namenskimi vijaki.	150
3	krmilna omara	omara, gl. stikalo, 3-krat tipke, napajalnik 24V5A, krmilni releji, kontaktor	Izdelano pri zunanjem izvajalcu.	800
4	komponente cilindra in cevi	batnica Ø 60 x 35, honana cev Ø 145 x 10, pokrovi in bat, tesnila, priključki, cevi	Izdelano po priporočilih dobavitelja tesnil.	350
5	hidravlični agregat 4 KW z ventili in regulatorji 80 l	elektromotor, krilna črpalka, rezervoar, regulator tlaka, regulator pretoka, ventil 5/3	Izdelano pri zunanjem izvajalcu.	1700
6	CAD-konstruiranje	delavniške in sestavne risbe, analiza trdnosti	Izdelano na lastni opremi Creo.	1800
7	strojne obdelave in montaža ter zagon	struženje, rezkanje, varjenje, montaža, zagon	Izdelano v delavnici mojega podjetja.	1200
8	vtiskovalna orodja	4 do 5 kosov zaradi preizkušanja	Struženo iz poboljšane jekla na CNC-stružnici.	320
9	dokumentacija	navodila, ocena tveganja, CE	Z zunanjim izvajalcem.	450

Vir: (Lastni vir)

Cena izdelave naprave znaša najmanj 6800 €. To je neto cena brez DDV, saj imamo kot davčni zavezanec pravico do povrnitve davka pri nabavi. Ob morebitni prodaji naprave, moramo zaračunati še DDV in ga odvesti državi. Znesek je sorazmerno nizek. Če bi takšno napravo izdelovali za naročnika, bi bila njena cena več kot podvojena. Pri tem bi morali upoštevati stroške morebitnih garancijskih popravil. Pri konstrukciji pa bi morali izdelati bolj robustno napravo, ki bi prenesla tudi manj skrbno uporabo le-te. Od naročnika lahko zahtevamo sofinanciranje izdelave naprave ali pogodbo za dobavo izdelkov za daljše časovno obdobje. Takoj po dogovorjenem sofinanciranju posrednika, začnemo s konstruiranjem in nabavo materiala. Posrednik, ki nas je pripeljal do stranke, je pripravljen sodelovati v obliki financiranja izdelave naprave. V zameno bo pa sam prodajal izdelke kupcu. Plačilo izdelave naprave bo izvedeno po preizkusu, torej moramo izdelavo do konca razvoja financirati sami.

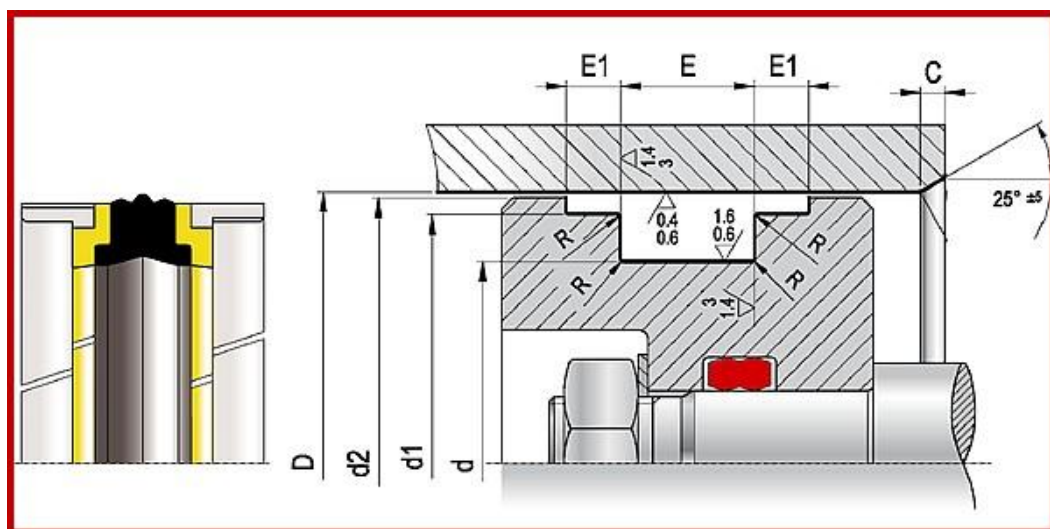
5 CAD PODPRTO KONSTRUIRANJE

Pred petnajstimi leti smo kupili prvo programsko orodje za CAD konstruiranje. Ta bolj preprosta izvedba programa je sicer služila dobro, a je bila uporabniška podpora šibka. Zadnjih šest let uporabljamo enostavno verzijo profesionalne CAD-CAM opreme, kjer imamo telefonsko in internetno podporo v slovenščini. To stane moje podjetje 1.100 € na leto, kar je precejšen strošek, glede na to, da program uporabljamo le kakšnih 300 ur na leto in podporo samo nekaj ur. Če bi se ukvarjali izključno s konstruiranjem, bi bil ta strošek relativno majhen. Nabava opreme je namreč stala skupaj z računalnikom manj kot 5000 €. To bi bilo poceni delovno mesto. Delovno mesto v našem podjetju namreč stane približno 150.000 €. Res pa je, da bi to lahko bila tudi tri delovna mesta, če bi imeli izmensko delo.

5.1 Izdelava hidravličnega cilindra glede na potrebno silo in izbrano hidravlično črpalko in s tem tlak v hidravličnem sistemu

V poglavju 3.3 smo že določili velikost cilindra, hitrosti in tlak pa v poglavju 3.4. S temi podatki smo se po elektronski pošti obrnili na dobavitelje. Pri dveh podjetjih smo povpraševali po cevi za cilinder. Ker so nam v podjetju Mapro, d. o. o. ponudili tudi obdelavo, smo tam naročili cev Ø 145 mm z luknjo Ø 125 mm. Oba roba cevi sta postružena. Izdelani sta tudi notranji fazi, ki preprečujeta poškodovanje tesnil pri montaži. Po elektronski pošti smo poslali povpraševanje tudi v nekaj podjetjih, ki se ukvarjajo z izdelavo tesnil. Zaradi prijazne pomoči pri konstruiranju, sem se odločil, da pri podjetju Dihta, d. o. o. nabavimo vsa potrebna tesnila. Cena v tem primeru ni toliko pomembna kot podatki, katerih iskanje bi nam vzelo veliko časa. Sicer pa komplet tesnil stane nekaj deset evrov. Že z njihove spletne strani bi zlahka dobili vse podatke, pa so mi kljub temu prijazno pomagali še po telefonu in elektronski pošti. Poslali so nam naslednje podatke in priporočila:

5.1.1 Tesnila na batu



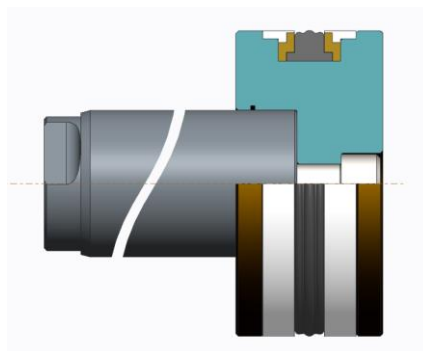
Slika 4: Tesnilo na batu

Vir: (<http://www.dihta.si/tesnilo-kt1/>)

Tabela 5: Dimenzije bata in tesnil na batu

D_{H9}	d_{h9}	$E_{+0,2}$	d_{1h9}	$d_{2\pm0,2}$	$E_{1+0,1}$	R	C	ART/ ITEM
125	100	25,4	118,1	123,0	6,35	0,8	5,0	KDSB 1250 1000 254 C

Vir: (Dihta, d. o. o., 2013)



Slika 5: Konstrukcija bata in batnice

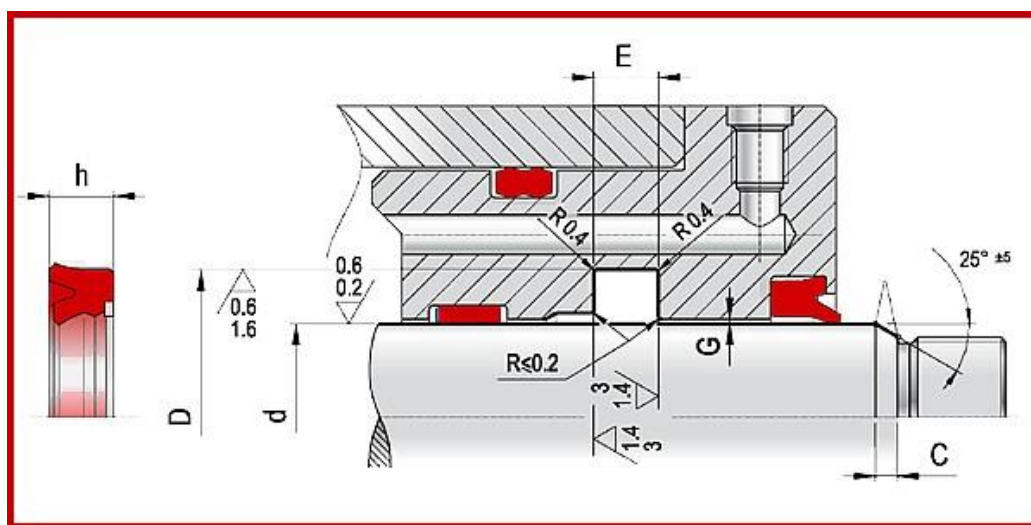
Vir: (Lastni vir)

Na univerzalni stružnici smo lahko z enim vpetjem izdelali zunanji premer, utore za tesnilo in vodila ter luknjo za batnico. Soosnost je tako pogojena samo z natančnostjo luknje za batnico, ki je s tesnim prilgom idealna. Samo luknja za glavo vijaka je izdelana z druge strani, ta pa je v nadmeri in ne vpliva na soosnost bata in batnice. Takšna konstrukcija tudi preprečuje, da bi batnico potisnilo iz cilindra. Tlak namreč deluje samo na bat in vijak, ne pa tudi na batnico.

5.1.2 Tesnila v glavi cilindra in pokrovu

Tesnjenje med cevjo in pokrovom oziroma glavo cilindra izvedemo z o-tesnili, kar je najceneje in tehnološko najlažje izvedljivo.

Tesnjenje batnice je najzahtevnejši del hidravličnega cilindra, tu smo pa spet v skoraj celoti upoštevali priporočila proizvajalca tesnil. Za vodenje batnice smo namreč namesto vodila iz POM-plastike izdelali širšo in močnejšo pušo iz brona. Izdelali smo jo iz ostankov serijske izdelave podobnih puš, ki jih proizvajamo v našem podjetju.



Slika 6: Tesnilo batnice MA24

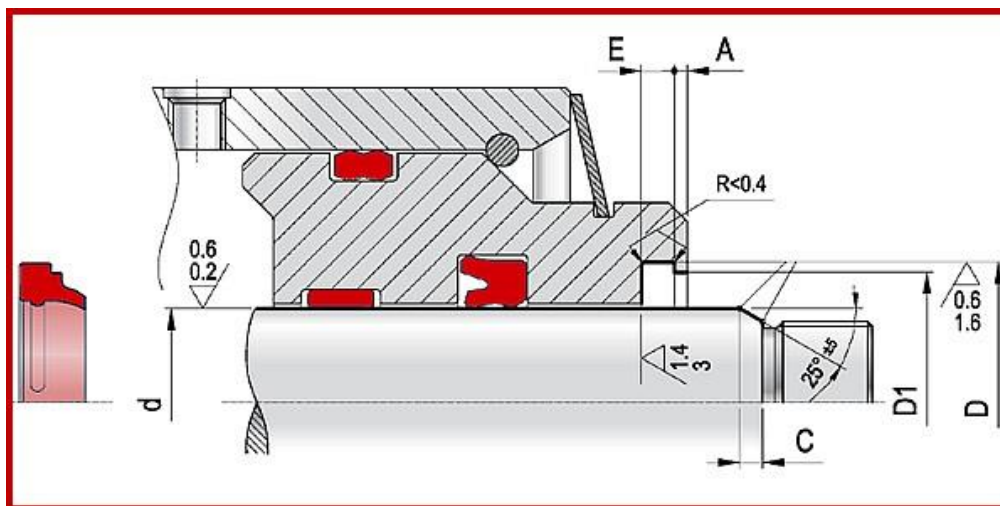
Vir: (http://www.dihta.si/wp-content/uploads/2013/05/rod_seals_ma24.jpg)

Tabela 6: Tesnilo batnice - dimenzije

d	D	h	E
60,0	75,0	11,5	12,5

Vir: (http://dihta.si/wp-content/uploads/2013/05/tesnilo_batnic_ma24.pdf, 2017)

Na sliki 6 je narisana in dimenzionirana utor za tesnilo batnice. Tu je pomemben kanal, ki usmeri olje v V-utor, ki pritiska tesnilna roba na batnico na eni strani in na zunanji premer utora. Tako z večanjem tlaka povečujemo silo, ki tišči narazen tesnilna roba. Ker pa batnica drsi po notranjem tesnilnem robu, je pomembno, da je površina batnice gladka in brez poškodb. Pri obdelavi batnice na stroju je torej pomembno, da jo vpenjamo na način, ki ne poškoduje njene površine. Vodila, ki je narisano v preseku kot pravilni pravokotnik, pa nismo izvedli na predlagani način. Na sliki 7 in v tabeli 7 pa je narisano še posnemalo, ki je namenjeno preprečevanju vstopa tujkov v cylinder.



Slika 7: Posnemalo PO4

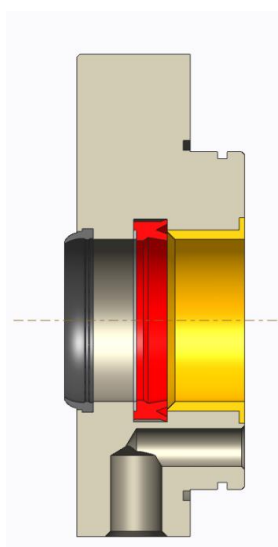
Vir: (http://dihta.si/wp-content/uploads/2013/05/wipers_wws.jpg)

Tabela 7: Posnemalo PO4

d	D	E	D1
60,0	68,0	4,0	66,0

Vir: (http://dihta.si/wp-content/uploads/2013/05/posnemalo_po4.pdf, 2017)

S pomočjo prikazanih slik in tabel smo tako skonstruirali glavo cilindra. Stružil sem jo prav tako na univerzalni stružnici. Z enim vpetjem sem izdelal zunanje premere in notranjo luknjo. Soosnost je tako spet optimalna. Na ta način bomo zagotovili maksimalno življenjsko dobo cilindra.



Slika 8: Pokrov cilindra s tesnili

Vir: (Lastni vir)

Rumeno je bronasto vodilo, ki je izdelano namesto plastičnega, ki nam ga je ponudil proizvajalec tesnil. Proti tesnilu je izdelano veliko posnetje na notranji strani, kar omogoča pravilen dotok olja na tesnilo. Vodilo mora biti izdelano na način, da najbolje možno vodi, hkrati pa mora prepuščati olje na tesnilo, kar dosežemo s kanali v osni smeri. Lahko so ravni ali pa kot navojnice z velikim korakom. To je veliko lažje izdelati na stružnici. Rdeče je tesnilo, zraven pa belo plastično vodilo, ki to tesnilo drži v pravem položaju, predvsem med montažo. Temno siv pa je posnemalec. Na malem zunanjem premeru pa je utor za O-tesnilo. Enak je tudi v osni smeri. Na spodnji strani je v preseku luknja z navojem za hidravlični priključek. Pokrov je izdelan enako, vendar nima luknje za batnico.

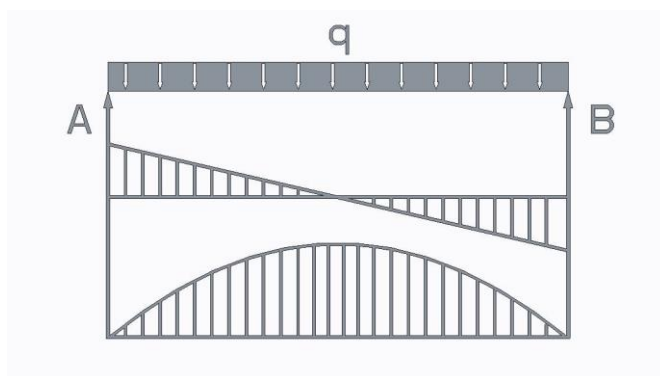
5.2 Izračun obremenitev ogrodja stiskalnice in izbira konstrukcije

Najenostavnejša oblika stiskalnice je takšna z dvema podporama in silo v sredini med njima. Prav takšno bomo izdelali za našo napravo. Med navpična nosilca moramo postaviti cilinder, premera $\varnothing 145$ mm. Pokrova bosta pa nekoliko večja, torej bomo notranjo razdaljo med nosilci določili na 160 mm. Da si bomo čim bolj olajšali delo, bomo na prirobnicah oziroma pokrovih cilindra izdelali utore, ki bodo vodili cilinder vzporedno z navpičnimi nosilci. Navpični nosilci bodo iz škatlastega profila 120 x 60 mm s 5-milimetrsko steno. Tega smo pred časom nabavili za drugi projekt, ki pa ni bil izpeljan. Cilinder stiskalnice bo pri maksimalnem tlaku 15 MPa ustvaril silo 185 kN. Dejanska sila bo, kot smo pred tem izračunali, le 95 kN. Torej bo polovica te sile na nateg obremenjevala en takšen nosilec. Nosilec iz konstrukcijskega jekla ima presek 1700 mm^2 in dovoljeno obremenitev $120 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Maksimalna obremenitev, ki jo lahko prenaša izbran nosilec, je 204 kN. Pri največji možni obremenitvi bomo še vedno imeli manj kot pol dovoljene obremenitve. Zgornjo in spodnjo prečko pa bomo imeli obremenjeno na upogib in strig, zato bomo izbrali za to primerne nosilce. Izbrali smo po dva pokončno postavljena U-profila U100. Profila sta po standardu DIN 1026-1 in imata naslednje parametre: (Jočič, 2008)

Tabela 8: Vroče valjani U-profil po DIN 1026

Oznaka U	Dimenzije				Prerez A mm^2	Dolž. Masa Kg/m	Statične veličine				
	h	b	d	t			e mm	I_y cm^4	I_z cm^4	W_y cm^3	W_z cm^3
100	100	50	6	8,5	1350	10,6	15,5	206	29,3	41,2	8,49

Vir: (Kraut, 2011)



Slika 9: Nosilec

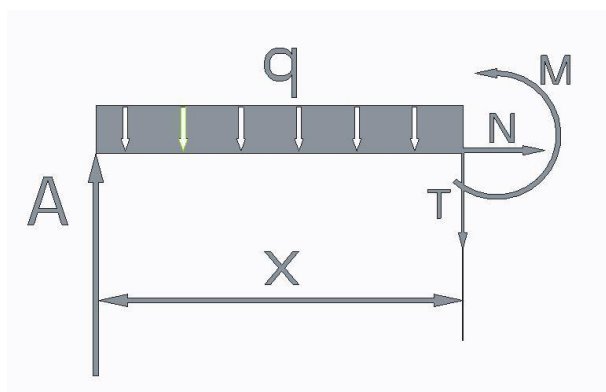
Vir: (Lastni vir)

Ker imamo postavljena vzporedno dva profila, mora biti nosilnost enega 42,5 kN. Pokrov cilindra je po celotnem premeru naslonjen na nosilca, zato bomo ta del označili kot zvezno obremenitev. Ta razdalja je $l = 160 \text{ mm}$. Razdalja med podporami pa znaša $L = 160 \text{ mm}$.

Izračun zvezne obremenitve: $q = \frac{F}{l} = \frac{42,5 \text{ kN}}{160 \text{ mm}} = 0,266 \text{ kN/mm}$. Notranje obremenitve v nosilcu bomo lahko izračunali, ko dobimo sile v podporah. Zaradi simetrije sta obe vrednosti enaki $A = B = 21,28 \text{ kN}$. Moment v podpori B: $A \times 160 \text{ mm} + q \times 160 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} = 0$.

Sledi: $A = \frac{0,266 \text{ kN} \times 160 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} = 21,28 \text{ kN}$.

Na točkah delovanja sil prerežemo nosilec in določimo:



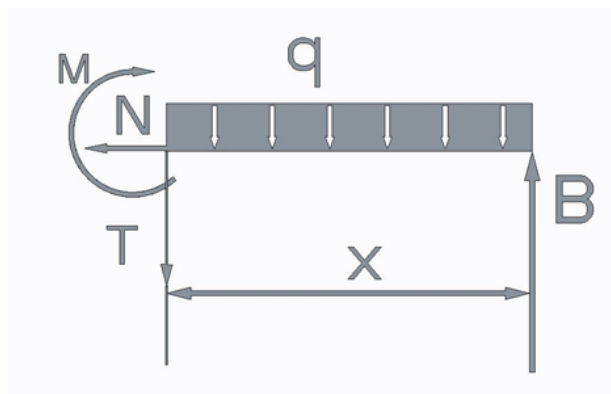
Slika 10: Notranje obremenitve, polje z leve

Vir: (Lastni vir)

Polje z leve:

$$N = 0; \quad A - T = 0; \quad T = 21,28 \text{ kN}$$

$$A \times X - q \times X \times \frac{X}{2} = M; \quad M = 21,280 \text{ kN} \times X - 0,266 \text{ kN/mm} \times X \times \frac{X}{2}; \quad M_{(X=0)} = 0 \text{ kNmm} \quad \text{in} \quad M_{(X=80)} = 850 \text{ kNmm}$$



Slika 11: Notranje obremenitve, polje z desne

Vir: (Lastni vir)

Polje z desne:

$$N = 0; -B + q \times X + T = 0; T_{(X=0)} = B; T_{(X=80)} = B - q \times X = 0$$

$$B \times X - q \times X \times \frac{X}{2} = M; \quad M_{(X=0)} = 0 \text{ kNmm} \quad \text{in} \quad M_{(X=80)} = 850 \text{ kNmm}$$

Maksimalni moment je torej v točki $x = 80 \text{ mm}$ oziroma na sredi nosilca. Sledi izračun: $\sigma =$

$$\frac{M}{W_y} = \frac{850.000 \text{ N mm}}{41.200 \text{ mm}^3} = 20,63 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ kar je mnogo manj od dopustnih } 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ za konstrukcijsko jeklo.}$$

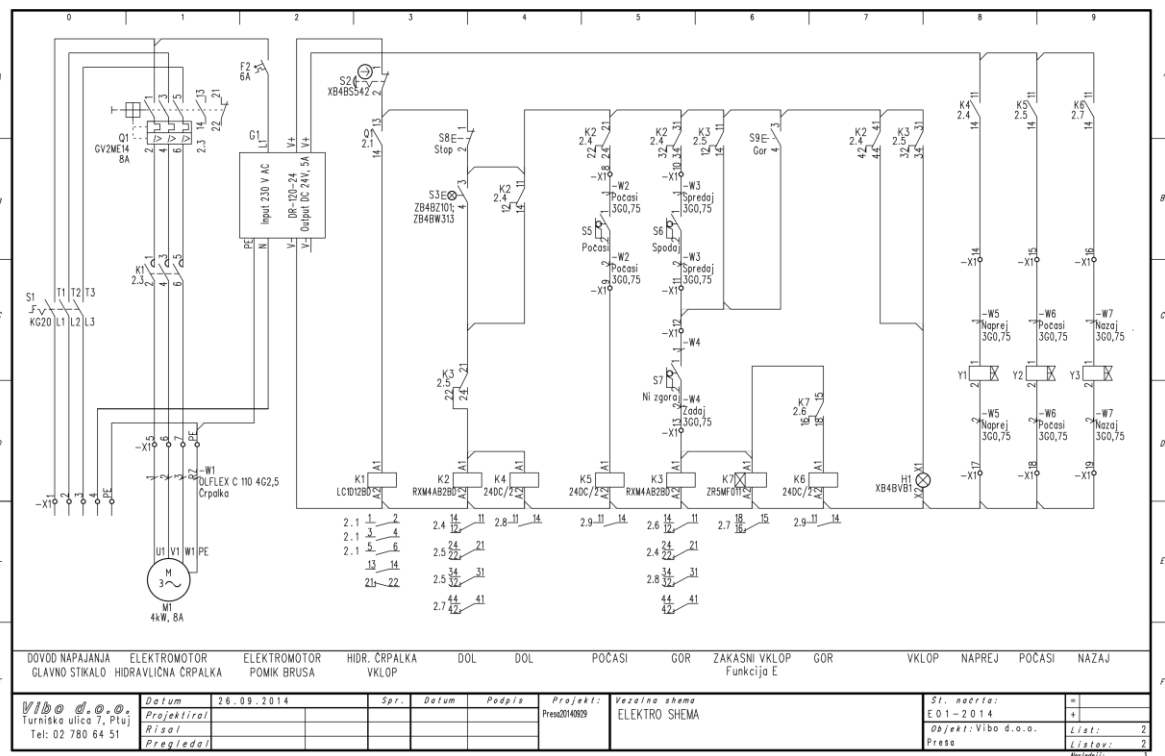
Spodnje nosilce smo izvedli na enak način, vendar bo podpora, ki bo naslonjena na prečna nosilca, precej manjša. Zato bomo pri preračunu predpostavili, da imamo točkovno obremenitev 95 kN na sredini nosilca. Kontrolo trdnosti pa bomo v tem primeru izvedli z uporabo programske opreme MitCalc, ki smo jo skupaj s programom Creo nabavili v letu 2011. To je Excelova preglednica, ki ima v bazi vse preračune standardnih nosilcev. Izračuna notranje napetosti in momente, ter jih primerja z maksimalnimi dovoljenimi za izbran profil nosilca. Nariše pa tudi grafe. Preračun je kot priloga na koncu tega diplomskega dela. Podatki iz preračuna pa so: Sile v podporah so enake, zaradi razporeditev notranjih napetosti, pa je maksimalni upogibni moment kar 2-krat večji, in sicer 1700 kNmm, σ_{max} je tako 2-krat večja, vendar še vedno znotraj dovoljenih napetosti. (Roylance, 2019)

Izračun in tabele s programom MitCalc so v prilogi.

5.3 Načrtovanje krmilne omare

Za izvedbo krmilja in izdelavo krmilne omare v našem podjetju vedno najamemo zunanega izvajalca, ki nam je tudi tokrat pomagal. Skupaj sva definirala zahteve, on pa je potem določil

komponente in način izvedbe krmilja, ter vsebino krmilne omare. Zahteve so že opisane v poglavju 3.5. Krmilna omara bo standardna kovinska omara, ki jo bomo bočno pritrdili na desno stran naprave, da bo enostavno dostopna za desničarja. Tudi za levičarja ne bo kakšnih večjih težav, saj je potrebno le pritiskanje na tipke, ki pa jih morajo levičarji obvladati, saj so naprave v glavnem izdelane za desničarje. Navsezadnje so avtomobili v večini sveta tudi narejeni za desničarje.



Slika 12: Shema krmiljenja

Vir: (Lastni vir)

Kot je razvidno s sheme 12, smo izvedli krmiljenje z usmerjeno napetostjo 24 V. Takšna izbira je že desetletja običajna za krmiljenje industrijskih aplikacij. V starejših napravah pa najdemo še 48 V ali celo 220 V izvedbe. Elektromotor, ki poganja hidravlično črpalko, je trifazni asinhronski motor z napetostjo 400 V. Ta del mora biti v krmilni omarici posebej označen in varovan. Napajalni kabel iz krmilne omarice pa mora biti v zaščitni cevi, ki preprečuje poškodbe in posledično nevarnost električnega udara. Elektromotor in črpalka sta povezana tudi z ustreznim ozemljitvenim kablom, ki je del štirijilnega kabla. Hidravlični agregat bo pritrjen na samo napravo, ta pa bo še posebej povezana na ozemljitev v delavnici. Čeprav izdelujemo napravo za lastno uporabo, morajo biti vsa navodila in izjava o skladnosti izdelana v skladu z uredbo o gradnji strojev. Ker se v napravi uporablja izmenična napetost, manjša od 1000 V in usmerjena napetost, nižja od 1500 V, spada električni del stroja pod predpis Evropske zveze,

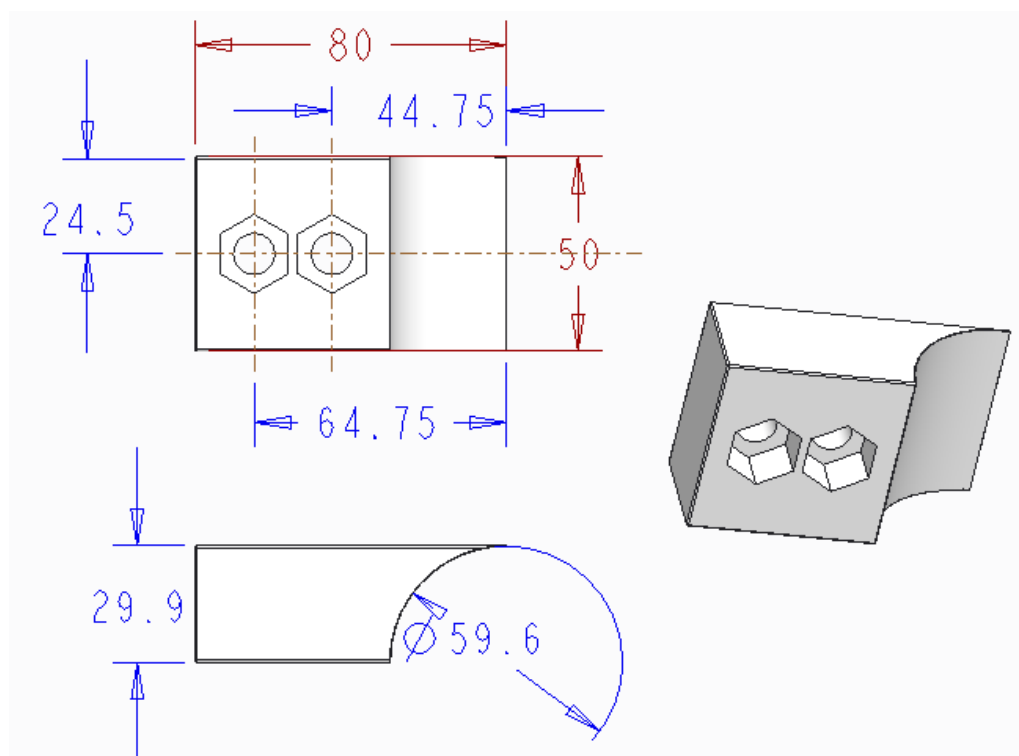
[illegible]

Vir: (Lastni vir)

29

vedno največji. Nad sliko z uvodnicami je še povečano narisana postavitev tipk in stikala na omari. V desnem delu pa so narisane sponke z oznakami, ki jih je treba namestiti na vsako posamično žico. S tem poenostavimo iskanje morebitnih napak in poznejše servisiranje. (Prandl, 2018)

5.4 Konstruiranje vpenjalne naprave



Slika 14: Plastični element vpenjalne naprave

Vir: (Lastni vir)

V začetni fazi smo predvideli samo izdelavo plastičnih elementov v obliki polkroga, ki objamejo zadnjo polovico cevi. S tem bomo zagotovili natančno postavitev surovca v napravo. Plastične elemente smo oblikovali z uporabo CAD programa Creo. Model smo izvozili v datoteko STL. To je osnovna oblika modela stereolitografije. Stereolitografija je postopek nanašanja materiala po slojih in je danes ena od izvedb 3D-tiskanja. Naš tiskalnik sicer ne uporablja te tehnologije, ampak trenutno najbolj razširjeno tehnologijo nanašanja staljene plastike preko ekstruderja. To je dodatna tehnologija. Ostale tehnologije v našem podjetju so vse z odvzemanjem materiala, to so struženje, rezkanje in vrtanje. Torej, STL je standard za izmenjavo modelov med različnimi CAD-aplikacijami. Model, zapisan v tej obliki, je volumen, ki ima vso površino definirano z različno velikimi trikotniki. Glede na zahtevnost oblike modela in želeno natančnost, je definirana tudi velikost teh trikotnikov. Tako so lahko modeli pravilnih

oblik opisani v malih datotekah. Če imamo opravka z nepravilnimi oblikami, moramo izbrati veliko gostoto in malo velikost trikotnikov, da dobimo zadovoljivo natančnost. Sfera oziroma krogla je tako v resnici zapisana kot uniformni polieder. STL oblika zapisa je v zadnjih letih postal standard tudi za pripravo modelov za 3D-tiskanje. Poljubno natančno izdelano datoteko izvozimo iz kateregakoli CAD-programa, nato jo v CAM-programu prevedemo v ustrezno strojno kodo, ki jo uporablja 3D-tiskalnik. Običajno je to ISO G-koda ali kakšna nestandardna izvedenka le-te. CAM-programi se v primeru 3D-tiskanja imenujejo »Slicerji«, torej rezalniki. Tehnologija nanašanja materiala po ravninah zahteva predhodni razrez po vzporednih ravninah, pravokotnih na os Z. Tiskalnik z nitko, torej ni popolni tridimenzionalni stroj, ampak je to v strojniški terminologiji 2,5d CNC-naprava, saj ves čas tiska v eni ravnini. Ko to ravnino zaključi, premakne os Z za vnaprej določeno fiksno vrednost. Ta je odvisna od želene kakovosti tiska in natančnosti samega tiskalnika. Praviloma znaša med 0,1 mm in 0,4 mm. Čas izdelave izdelka je tako pri razrezu na 0,1 mm štirikrat daljši kot pri $\Delta Z = 0,4 \text{ mm}$. Od kakovosti teh CAM-programov je v veliki meri odvisna kakovost in hitrost tiskanja. Pravilni algoritmi lahko v veliki meri skrajšajo mrtve poti, torej potovanje glave brez iztiskanja materiala. Po drugi strani pa poskrbijo za večjo trdnost izdelkov, ko določijo poti tiskalniške glave, ki morajo biti s čim manj prekinitvami. (All3DP GmbH, 2018)

6 ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI NAPRAVE

Čeprav bomo izdelek uporabljali za lastne namene in ga ne bomo dali na trg, moramo pri načrtovanju upoštevati tehnično zakonodajo in predpise, ki določajo bistvene varnostne ter zdravstvene zahteve za naš izdelek.

Krovna zakonodaja, predpisana z Zakonom o tehničnih zahtevah za proizvode in ugotavljanje skladnosti (Uradni list RS, št. 17/11) (Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti /ZTZPUS-1/, 2011), kateri ureja pogoje dajanja proizvodov na trg ali v uporabo, tehnične zahteve in postopke skladnosti ter listine, ki morajo biti priložene proizvodu. Stroj za preoblikovanje cevi spada v Direktivo o varnosti strojev 2006/42/ES, ki je bila prenesena v slovensko zakonodajo s Pravilnikom o varnosti strojev (Uradni list RS, št. 75/2008). (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

Varnost stroja je treba zagotoviti že v fazi načrtovanja. Najpomembnejše trditve o načrtovanju strojev so:

- Stroj mora imeti varnost sistemsko vgrajeno.
- Proizvajalec stroja mora zagotoviti varnost krmilnega sistema ter vgraditi ustrezna varovala in varnostne naprave, pri čemer naj upošteva tehnične specifikacije iz standardov. (Dajčman & Srna, 2012)

V Prilogi 4 Pravilnika o varnosti strojev so pod točko 9 stiskalnice z ročnim vstavljanjem surovcev, s hodom orodja več kot 6 mm. Vendar pa so hitrosti delovnega hoda na naši stiskalnici daleč pod mejno vrednostjo 30 mm/s. V poglavju 3.4 smo določili največjo hitrost, to je hitri primik orodja za 60 mm v 5 sekundah. To bi dosegli s črpalko 14,64 l/min. Naša izbrana črpalka pa ima 15,4 l/min. To je 5 % več od izračuna, kar pomeni, da bo največja hitrost 63 mm v 5 sekundah oziroma 12,62 mm/s. V skladu z 2. točko 13. člena uporabimo notranji postopek ugotavljanja skladnosti (modul A) po postopku, opisanem v Prilogi 8. V skladu s to prilogo moramo sestaviti tehnično mapo ob upoštevanju Priloge 7, poglavje A.

6.1 Načela

Popolne varnosti stroja ni mogoče zagotoviti, vendar se ji moramo čim bolj približati. Najmanj, kar lahko, je doseganje zakonsko določenih zahtev. Pogosto so tako stroji tudi izdelani, saj je zagotavljanje varnosti povezano z velikimi stroški in s tem s konkurenčnostjo na trgu. Za čim večjo varnost opreme mora veliko storiti tudi kupec le-te, in sicer z izobraževanjem in

spodbudami za delavce, ki opremo varno uporabljajo. V mojem podjetju se še posebej trudimo že v fazi načrtovanja zagotoviti varno napravo. Zaradi omejenih kadrovskih zmožnosti, velikokrat uporabimo nasvete zunanjih strokovnjakov in se v okviru zmožnosti tudi izobražujemo na tem področju. Predpisi zahtevajo zmanjševanje tveganja na družbeno sprejemljivo raven. Naš trud pa je usmerjen k izvedbam, kjer tveganje zadosti tudi našim etičnim načelom. Za nas ni dovolj le postaviti opozorilne table z napisom: ne segaj v nevarno območje. Ne zadostuje tudi postavitve ovir, ki to preprečujejo. Še posebej ne, če te motijo operaterja in mu otežujejo proces. Varovala poskušamo izvesti tako, da delo z njimi ni nič težje, in s tem ni interesa operaterja, da bi jih odstranil. Vedno pa to ni mogoče, takrat moramo še posebej paziti, da izobrazimo uporabnika in mu skozi uvajanje poskusimo dokazati, da je upoštevanje navodil tudi, in predvsem, v njegovem interesu. Nekoliko lažje je naše delo ob dejstvu, da vse naprave izdelujemo za znanega kupca in v sodelovanju z njim. Skupaj tako razvijemo najprimernejšo napravo z vidika varnosti in učinkovitosti. Vsa ta načela so lahko izvedljiva, ko imamo dovolj izkušenj in znanja. Na začetku poti v strojegradnji pa je najpomembnejše dosledno upoštevati predpise. Z vstopom Slovenije v Evropsko zvezo smo dobili pregledno in razumljivo zakonodajo na tem področju. Kot sem že omenil, je predpis, ki predpisuje varnost v zvezi z našim strojem, Pravilnik o varnosti strojev (Uradni list RS, št. 75/08, 66/10, 17/11 – ZTZPUS-1 in 74/11). V njem so navedeni postopki, ki jih moramo izvajati med načrtovanjem izdelave, vzdrževanjem in uporabo strojev. Za razumevanje zakonodaje pa ni dovolj samo tehnično znanje s področja uporabe. Potreben je sistematičen pristop in nekaj pravnega znanja. Predpis se namreč ne čita po vrsti, kot je zapisan. Na začetku nas, na podlagi izbirnih možnosti, usmerja na poglavja, ki so za naš primer relevantna, zato je pomembno razumeti, kaj je zakonodajalec želel doseči. Ob uvodnih določbah in opisu področij uporabe, je tako pomembna tudi opredelitev pojmov. Naša naprava je torej opredeljena kot stroj. Definiran pa je tako:

»»stroj« pomeni:

sklop, opremljen ali namenjen za opremljanje s pogonskim sistemom, ki ne izkorišča neposredno človeške ali živalske sile, sestavljen iz povezanih delov ali komponent, med katerimi je vsaj eden gibljiv, in ki so povezani za določeno uporabo.« (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

Naš stroj izvaja glavno delo s hidravliko, ta pa je gnana s pomočjo trifaznega asinhronskega elektromotorja. Gibljivi del je bat z orodjem za vtiskovanje.

Nadzor nad našim strojem, ki ne bo na trgu, ampak v delovnem procesu, izvaja inšpektorat za delo. To je opredeljeno v 5. členu zakona. Inšpektoratu za delo smo torej dolžni na njegovo zahtevo dostaviti vso zahtevano dokumentacijo iz tehnične mape. Glede pristopa in izvajanja predpisov ni nobenih razlik, kot v primeru, da se pošlje stroj na trg. Razlika je le v tem, da v primeru prodaje na trgu za nadzor skrbi tudi tržni inšpektorat.

6.2 Postopek dajanja stroja na trg

V našem primeru je to dajanje v uporabo. Pravilnik o varnosti strojev predpisuje postopke pri načrtovanju, proizvodnji, zagotavljanju skladnosti in pri dobavi strojev.

Nekateri stroji pa so izzeti iz tega pravilnika. Bodisi zato, ker so izključno na ročni pogon in niso namenjeni za dvigovanje bremen, ali pa so zajeti v drugih predpisih. To so, na primer: vozila, medicinska in vojaška oprema, dvigala, plovila ...

Znotraj Evropske zveze obstaja torej še druga zakonodaja s področja varnosti strojev, ki pa za naš stroj ni relevantna.

6.2.1 Pravilnik o varnosti strojev

Pravilnik je tako imenovana zakonodaja novega pristopa, kjer ni zapovedanih vseh tehničnih podrobnosti pri dajanju strojev v uporabo ali na trg. Omejen je le na bistvene zahteve s področja varnosti. Pravilnik ima 8 poglavij, 29 členov in 11 prilog. Poglavja so:

- 1) Uvodne določbe
- 2) Nadzor
- 3) Dajanje na trg
- 4) Harmonizirani standardi
- 5) Postopki ugotavljanja skladnosti
- 6) Priglašeni organi
- 7) Oznaka CE
- 8) Zaupnost in pravna sredstva. (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

Priloge pa so:

Priloga 1: Bistvene zdravstvene in varnostne zahteve, povezane z načrtovanjem in izdelavo strojev

Priloga 2: Izjave

Priloga 3: Oznaka CE

Priloga 4: Vrste strojev, pri katerih mora biti uporabljen eden izmed postopkov iz 13. člena pravilnika

Priloga 5: Okvirni seznam varnostnih komponent iz točke c) drugega odstavka 3. člena pravilnika

Priloga 6: Navodila za sestavljanje delno dokončanega stroja

Priloga 7: Tehnična dokumentacija za stroje in ustrezna tehnična dokumentacija za delno dokončane stroje

Priloga 8: Ugotavljanje skladnosti z notranjim preverjanjem proizvodnje strojev

Priloga 9: ES – Pregled tipa

Priloga 10: Popolno zagotavljanje kakovosti

Priloga 11: Minimalna merila, ki jih mora upoštevati RS za priglasitev organov. (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

6.2.2 Uporaba pravilnika o varnosti strojev

Najprej v členih iz poglavja uvodnih določb ugotovimo, da se ta predpis uporablja za naš stroj.

V prilogi 1 upoštevamo splošna načela, kjer je predpisana izvedba ocene tveganja. Za vse stroje se mora upoštevati točka 1. Točke od 2 do 6 pa predpisujejo dodatne bistvene zdravstvene in varnostne zahteve za:

- stroje v industriji živil, kozmetike ali farmacije,
- premične stroje,
- stroje za dvigovanje bremen,
- stroje za delo pod zemljo,
- stroje za dvigovanje oseb. (Pravilnik o varnosti strojev, 2006)

Splošna načela in bistvene zdravstvene in varnostne zahteve moramo upoštevati pri našem stroju. V našem primeru so te:

- ergonomija,
- krmilni sistem,
- varovanje pred mehanskimi nevarnostmi,
- zahtevane značilnosti varoval,
- tveganje zaradi drugih nevarnosti,
- vzdrževanje in

- informacije oziroma opozorila na stroju. (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

V tretjem poglavju pravilnika je v 7. členu pod točko 1 šest alinej postopkov, ki jih mora izvesti proizvajalec pred dajanjem stroja v obratovanje:

- a) zagotovi, da izpolnjuje ustrezne bistvene zdravstvene in varnostne zahteve, določene v Prilogi 1 tega pravilnika,
- b) zagotovi razpoložljivost tehnične dokumentacije iz A poglavja Priloge 7, ki je kot priloga sestavni del tega pravilnika,
- c) zagotovi zlasti potrebne informacije, kakor so na primer navodila,
- d) opravi ustrezne postopke ugotavljanja skladnosti v skladu s 13. členom tega pravilnika,
- e) sestavi ES-izjavo o skladnosti v skladu z A točko prvega poglavja Priloge 2, ki je kot priloga sestavni del tega pravilnika in zagotovi, da ta izjava spremlja stroj,
- f) pritrdi oznako CE skladno s 17. členom tega pravilnika.

Točka 2 istega člena se nanaša na delno dokončane stroje in ni relevantna za naš stroj. Točka 3 pa predpisuje dostop proizvajalca do sredstev, s katerimi se ugotavlja skladnost s prilogo 1 tega pravilnika. To so, na primer: sredstva za trdnostne preizkuse, rentgenske preglede, preizkušanje tesnosti, merjenje hrupa in podobno. V našem primeru posebna sredstva niso potrebna. Zaradi krmilnega sistema pa moramo zagotoviti skladnost tudi s Pravilnikom o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 39/2016). (Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej, 2016)

6.2.3 Harmonizirani standardi

Za pomoč pri tem so na voljo standardi. Standardi so avtorska dela in so kot taki zaščiteni z Bernsko konvencijo in slovensko zakonodajo s področja avtorskih pravic. Pri nas je Slovenski inštitut za standardizacijo ali kratko SIST lastnik materialnih avtorskih pravic na vseh standardih z oznako SIST. Seznam harmoniziranih standardov je objavljen na spletni strani ministrstva za gospodarstvo. Uporaba teh standardov pri proizvodnji izdelkov, oziroma v našem primeru strojev, ustvarja domnevo, da so ti skladni s predpisi. V našem primeru torej s Pravilnikom o varnosti strojev.

»S standardi zagotavljamo kakovost proizvodov, procesov in storitev, zvišujemo raven varnosti, varujemo zdravje in okolje, izboljšujemo proizvodno učinkovitost ter pospešujemo mednarodno trgovino s preprečevanjem ali odpravo ovir pri trgovanju. Standardi nastajajo na podlagi prostovoljnega sodelovanja in prispevanja vseh zainteresiranih pri pripravi in sprejemanju standardov ter na podlagi konsenza, medsebojne usklajenosti standardov ter upoštevanja doseženega stanja tehnike in pravil v mednarodni in evropski standardizaciji. S standardizacijskim delom se preprečuje prevlada posameznih interesov nad skupnim interesom zainteresiranih.« (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015)

Standardi o strojih so razdeljeni v tri tipe. Tip A so standardi, ki so splošni in opredeljujejo osnovne koncepte ter načela pri načrtovanju in gradnji strojev. Uporaba samo teh še ne zadošča za zagotovitev skladnosti s Pravilnikom o varnosti strojev. Standardi tipa B pa so obsežnejši in bolj natančno definirajo pristope in opredelitve varnosti. Uporaba teh pa že ustvari domnevo o skladnosti izdelka s Pravilnikom o varnosti strojev. Standardi tipa C pa definirajo posamezne kategorije strojev, ki imajo podobno predvideno uporabo in lahko ustvarjajo podobne oblike nevarnosti. Nekateri standardi tega tipa so sestavljeni iz dveh delov, kjer prvi del opredeljuje splošne specifikacije, uporabne za posamezne skupine strojev. Drugi del pa določa specifikacije za posamezne kategorije strojev znotraj posameznih skupin strojev. V našem primeru smo uporabili standard tipa A EN ISO 12100:2010; Varnost strojev – Splošna načela načrtovanja – Ocena tveganja in zmanjšanje tveganja. Ob njem pa še standard tipa B EN 349:1993+A1:2008; Varnost strojev – Najmanjši razmiki, ki preprečujejo zmečkanine na delih človeškega telesa. Od proizvajalca hidravličnega agregata pa smo dobili izjavo o delno dokončanem stroju, kjer se le-ta sklicuje na uporabo standarda EN ISO 4413:2010; Fluidna tehnika – Hidravlika – Splošna pravila in varnostne zahteve za fluidne sisteme in njihove komponente (ISO 4413:2010). Proizvajalec krmilne omare pa v priloženih dokumentih izjavlja, da je le-ta skladna s Pravilnikom o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 39/2016). Kot proizvajalec končnega izdelka pa moramo tudi sami poznati te specifične predpise in standarde, ker za skladnost celotnega stroja tudi jamčimo. (Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej, 2016)

6.3 Tehnična dokumentacija za stroje

V praksi se to imenuje tudi tehnična mapa ali tehnični spis.

6.3.1 Konstrukcijska dokumentacija

V tem delu predpisane dokumentacije so:

- Opis stroja.
- Sestavnica mehanskih delov, sheme električnih in hidravličnih krmilnih tokokrogov in opisi delovanja stroja.
- Risbe in izračuni, rezultati preizkusov in morebitna potrdila zunanjih izvajalcev preizkusov. Nekaj izračunov je opisanih v prejšnjih poglavjih diplomskega dela.
- Ocena tveganja, ki prikazuje uporabljeni postopek, seznam bistvenih varnostnih in zdravstvenih zahtev. Priloženi so tudi opisi varovalnih ukrepov, izvedenih za odpravo ugotovljenih nevarnosti. Nekaj jih je opisanih v 7. poglavju tega diplomskega dela.
- Uporabljene standarde in bistvene zdravstvene ter varnostne zahteve, ki jo pokrivajo.
- Navodila, v našem primeru v slovenskem jeziku.
- Izjava o skladnosti. (Pravilnik o varnosti strojev, 2008)

Dodani sta tudi izjavi delno dokončanih strojih, torej o hidravličnem agregatu in elektroomari. Pomemben del te dokumentacije pa so navodila za uporabo.

6.4 Navodila za uporabo

Priprava navodil za uporabo je sestavni del načrtovanja stroja. Navodila za uporabo so sestavljena iz komunikacijskih povezav, kot so besedila, besede, znaki, signali, simboli in diagrami, ki se uporabljajo ločeno ali v kombinaciji za posredovanje informacij uporabniku.

Zagotoviti je treba informacije o predvideni uporabi stroja, pri čemer je treba jasno upoštevati vse njegove načine delovanja. Navodila morajo vsebovati vse napotke, potrebne za zagotavljanje varne in pravilne uporabe stroja. Glede na to morajo navodila vsebovati obvestila in opozorila uporabniku o preostalih tveganjih.

Navodila naj navajajo, kadar je primerno določiti:

- potrebo po usposabljanju,
- potrebo po uporabi osebne varovalne opreme,
- morebitno potrebo po dodatnih varovalih ali varovalnih napravah.

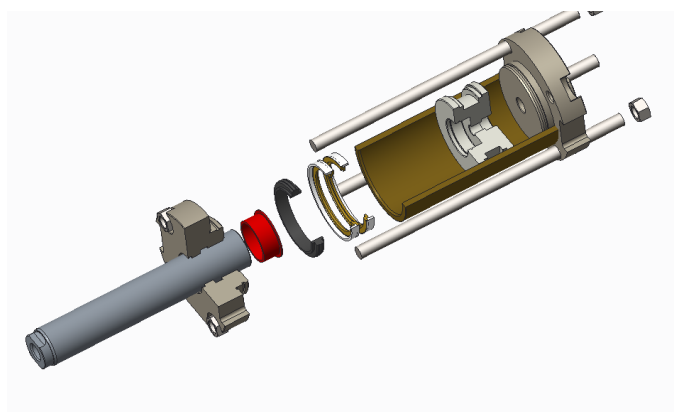
Iz navodil ne sme biti izvzeta uporaba stroja, ki jo je mogoče upravičeno pričakovati glede na njegove oznake in opis. Navodila morajo opozoriti tudi na tveganja, ki izhajajo iz uporabe stroja na načine, drugačne od opisanih v navodilih, in naj še posebej obravnavajo razumno predvidljivo napačno uporabo.

Navodila za uporabo morajo, ločeno ali v kombinaciji, obravnavati transport, montažo in namestitve, zagon, uporabo stroja (nastavljanje, učenje/programiranje ali sprememba delovnega procesa, delovanje, čiščenje, iskanje okvar in vzdrževanje), in če je potrebno, izločitev iz uporabe, demontažo, razgradnjo in deponiranje.

7 IZDELAVA NAPRAVE

7.1 Cilinder

Pri montaži cilindra je pomembno, da preprečimo vstop nečistoč. Praviloma se montaža opravlja na čisti delovni mizi z bombažnimi rokavicami. Zraven mora biti posoda s čistim hidravličnim oljem, za brisanje pa bombažna krpa in ne čistilna volna, ki se sicer pogosto uporablja v delavnicah. Pomembno je tudi posnetje ostrih robov, ki bi sicer lahko poškodovali vodila in tesnila v cilindru. Praviloma po struženju posnamemo robove na fazah še s finim brusnim papirjem. Potem pa moramo v bencinu ali kakšnem podobnem čistilu odstraniti opilke, ki so pri tem nastali. Vse komponente pred sestavljanjem tudi naoljimo, da preprečimo preveliko trenje in korozijo. Cilinder je že precej velik in težak strojni del, zato si moramo pomagati s pomočnikom ali pa z ustreznim dvigalom. Zaželeno je, da cilindra ne sestavljamo in razstavljamo prepogosto, saj so tesnila in vodila najbolj izpostavljena morebitnim poškodbam prav pri montaži.

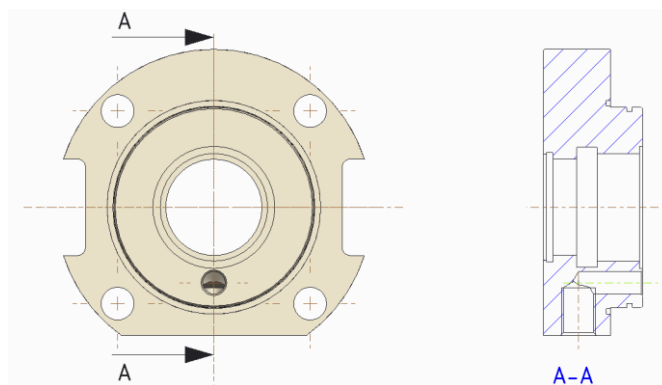


Slika 15: Cilinder–eksplozijska slika

Vir: (Lastni vir)

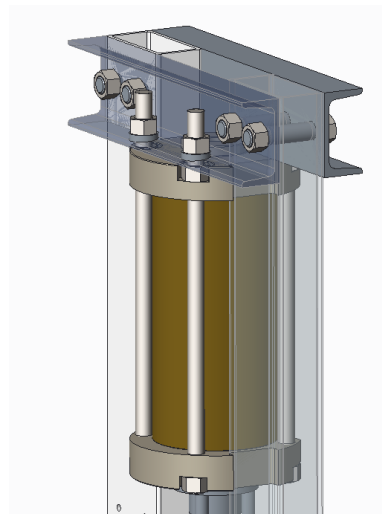
Pokrova cilindra sta izdelana namensko, tako da se naslonita na navpična nosilca. Zgornji nosilec ima priključek v sredini zgoraj, tam ga je najlažje izdelati, pa tudi primerno je za napeljavo gibljivih cevi. Spodnji pokrov, ki ima luknjo za batnico, ima priključek, izveden v radialni smeri, in gleda na zadnjo stran naprave. Tu bo priključitev hidravlične cevi še preprostejša. Jeklene hidravlične cevi so cenejša in ugodnejša možnost z vidika odzivnosti hidravlike, saj se pod obremenitvijo manj raztezajo. Imajo pa gibljive cevi vsaj dve praktični prednosti. Enostavneje jih je namestiti in ne prenašajo vibracij z agregata na napravo. Če potem še cel agregat namestimo na gumijaste podstavke, smo s tem občutno zmanjšali vibracije in s

tem povezan hrup. Konstrukcija stiskalnice je takšna, da moramo sestavljen cilinder navpično nasaditi med nosilca, preden ju zgoraj povežemo s prečnima nosilcema. Malo več dela je z morebitnim servisom na cilindru, vendar pa po naših izkušnjah vzdrževanje takšnega cilindra ne bo potrebno dolgo, če bomo dovolj pogosto zamenjali hidravlično olje in sesalni filter na črpalki. V naši delavnici ne varimo in tudi ne brusimo ali režemo z rezalkami, zato tudi nimamo opilkov, ki hitreje uničujejo hidravlične sisteme. Hidravlični cilinder namestimo na zgornja prečna nosilca, tako da na njih izdelamo po dve izvrtini na vsakega. Te luknje so premera $\varnothing 20$ mm, razdalja med njimi pa ustreza razdalji med navpičnimi vijaki, ki držijo cilinder skupaj. Vijake smo zato izdelali ustrezno daljše, da jih lahko uporabimo za montažo na prečna nosilca.



Slika 16: Spodnji pokrov cilindra

Vir: (Lastni vir)



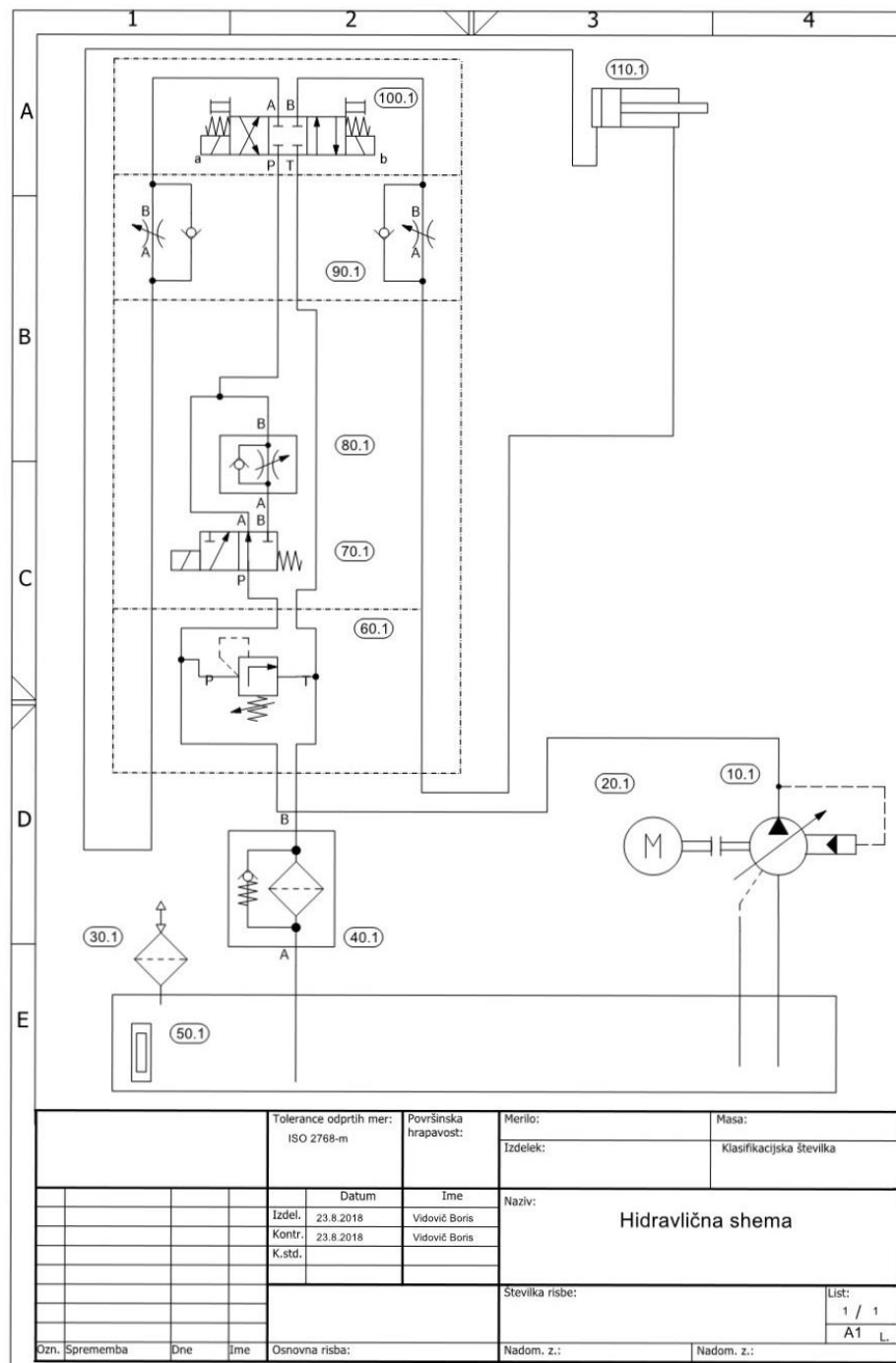
Slika 17: Pritrditev cilindra na ohišje

Vir: (Lastni vir)

Na sliki 17 je prikazana pritrditev cilindra na ohišje. Desni in zgornji prečni nosilec sta narisana prozorno za boljšo preglednost. Pod navpičnimi vijaki, ki držijo cilinder skupaj, smo namestili

namensko izdelane podložke, ki premagajo poševnino na kraku U-profila. Na robu ob cilindru prozornega navpičnega nosilca sta izdelana sedeža na obeh pokrovih, kar zagotavlja vzporednost cilindra z ohišjem.

7.2 Izbira hidravličnega agregata

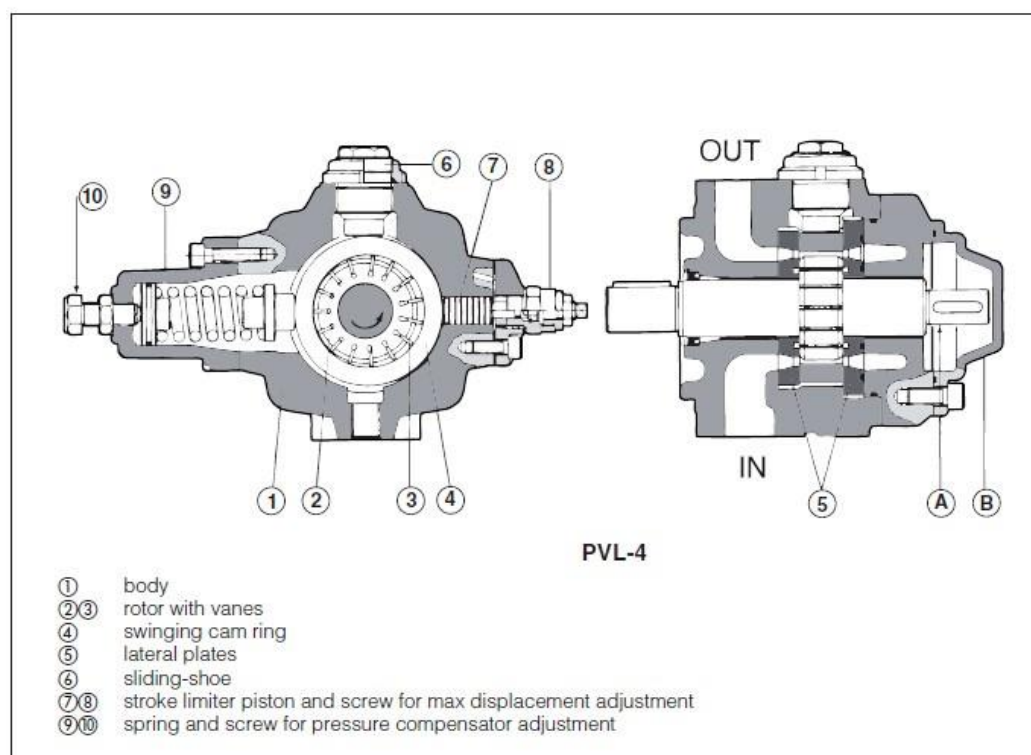


Bosch Rexroth Scheme Editor

Slika 18: Hidravlična shema

Vir: (Lastni vir)

V poglavjih 3.3 in 3.4 so že navedene vse zahteve za izbiro hidravličnega agregata. Izdelamo še hidravlično shemo in dodamo podatke o rabi naprave. Količina pretočene hidravlične tekočine in izvedba prostega teka sta pomembna podatka pri izbiri velikosti rezervoarja za hidravlično olje in načina hlajenja. Če imamo dovolj prostora, se odločimo za večji rezervoar in se izognemo prisilnemu hlajenju z uporabo ventilatorja, kar poveča hrup v delavnici in doda še eno električno komponento, ki potrebuje vzdrževanje. Naš agregat se od običajnih, ki jih na trgu lahko kupiš že izdelane, razlikuje po izbiri črpalke in po dodatnem ventilu z regulatorjem, ki dodatno zmanjša hitrost delovnega hoda. Po drugih kriterijih pa ni nič posebnega, zato bo čas izdelave predvsem odvisen od dobavljivosti krilne črpalke. To pa je po podatkih dobavitelja samo nekaj dni, tako da bo agregat nared v dveh tednih. V primerjavi z običajnimi zobniškimi črpalkami so krilne črpalke montirane nad rezervoarjem in imajo vanj speljano sesalno cev. Pred zagonom pa jo moramo zaliti z oljem, da ne pride do praznega teka. Takrat namreč ni mazanja in črpalka hitro zariba. Sama črpalka pa tudi ne proizvede dovolj podtlaka, da bi jo olje doseglo.



Slika 19: Prerez krilne črpalke z avtomatsko nastavljenim pretokom

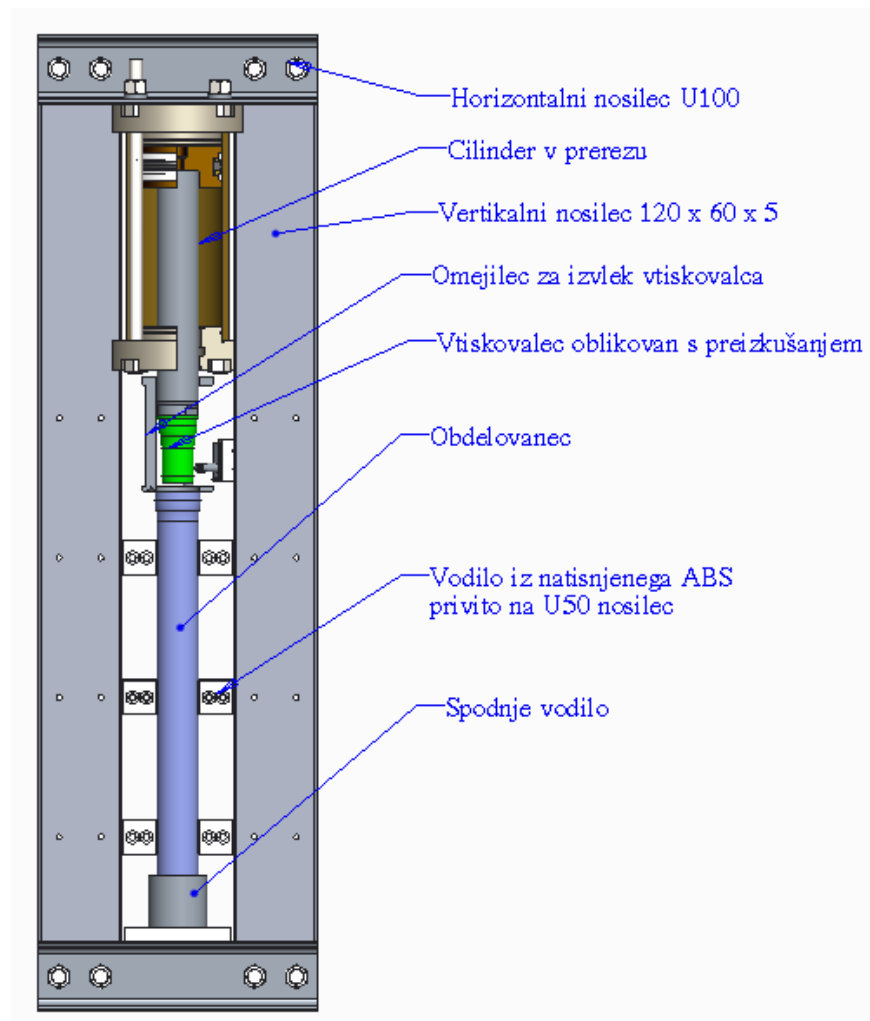
Vir: (<http://www.atos.com/dam/jcr:d587d078-02d5-4db0-8d74-65b83fdb88d5/A082OBS.pdf>)

Pri doseženem nastavljenem tlaku bat potisne gred črpalke v nevtralen položaj in takrat imamo še vedno želen tlak in nič pretoka, če pa se cilinder premika, je tlak v sistemu nižji od

predvidenega, večja je razlika, večji je zamik gredi in posledično večji pretok. Takšna črpalka ne potrebuje zunanjšega omejitelja pretoka, zato ima optimalno porabo in ne pregreva sistema bolj, kot je potrebno. V praznem teku z malo obremenitvijo vzdržuje želen tlak.

7.3 Ohišje stiskalnice

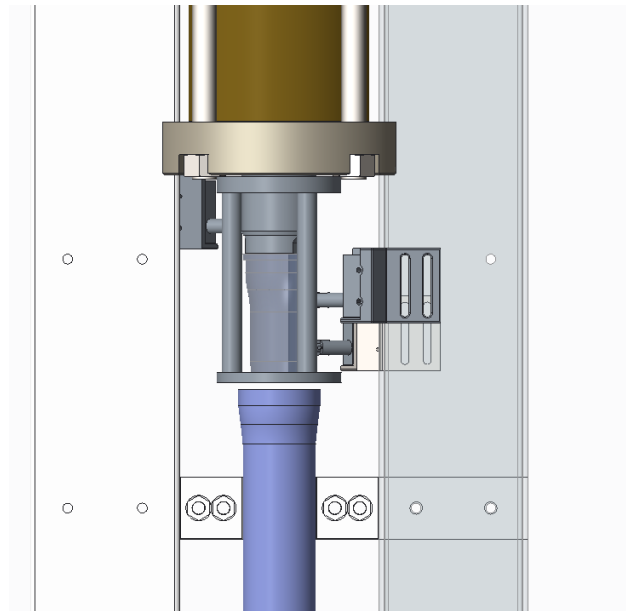
Ohišje stiskalnice smo torej izdelali iz navpičnih nosilcev v obliki pravokotnih zaprtih profilov 120 mm x 60 mm z debelino stene 5 mm. Nanje smo zgoraj in spodaj prečno privili po dva valjana U-profila velikosti 100 x 50 mm. Trdnostno smo jih določili v poglavju 5.3. Za postavitev stiskalnice na primerno višino smo izdelali še podstavek iz kvadratnih pohištenih cevi 50 x 50 x 3 mm. Velikost smo priredili tako, da lahko na zadnji strani podstavka dodamo še hidravlični agregat. Navpični nosilni vijaki cilindra so istočasno tudi vijaki za pritrditev na zgornja prečna U-profila.



Slika 20: Mehanski deli naprave

Vir: (Lastni vir)

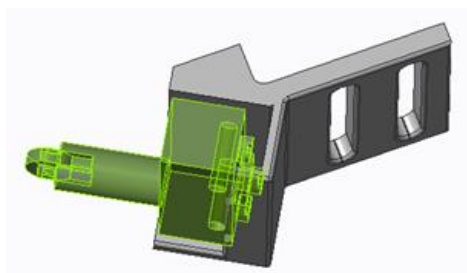
Kot je bilo že omenjeno, smo napravo razvili na takšen način, da smo lahko večino strojnih obdelav opravili sami v svoji delavnici. Obdelovalni center Leadvel s krmilnikom Fanuc ima velikost mize 700 x 400 mm. Naši navpični nosilci pa so dvakrat tako dolgi. Da smo lahko obdelali tako dolg obdelovanec, smo uporabili majhen trik. Na nosilcih, ki smo jih vpeli v dva vzporedno postavljena primeža, smo izdelali dodatne izvrtine. Te so nam pomagale določiti položaj nosilca, ko smo ga v osi x premaknili za 500 mm. V našem primeru je bila os x dolžina oziroma višina navpičnih nosilcev ohišja stiskalnice. Z uporabo robnega tipala smo tako lahko koordinatni sistem nosilcev prestavili za 500 mm v desno. Po dveh vpetjih smo natančno obdelali nosilce na celotni dolžini. Napaka je znašala največ 0,02 mm na dolžini 1400 mm. Prečne nosilce iz valjanega U-profila smo pa obdelali z enim vpetjem in tako še zmanjšali možnost napake. Napaka vzporednosti navpičnih in vodoravnih nosilcev je tako znašala manj kot 0,1 mm na celotni dolžini nosilcev.



Slika 21: Končna stikala in omejilec

Vir: (Lastni vir)

Na sliki 21 je narisana del naprave, kjer se preoblikovanje dogaja. Na batnico je privito preoblikovalno orodje, okrog nje pa omejilec, ki zagotavlja, da ne bi cilinder pri premiku bata navzgor s sabo povlekel še obdelovanca. Levo od orodja sta dve in desno še eno končno stikalo. Zato, da nam ni v napoto in da lahko uporabimo običajna stikala s kolesčkom, smo skonstruirali in natisnili držala za ta stikala, ta se pritrdijo na notranje vogale navpičnih nosilcev. Vodoravno v spodnjem delu slike pa je pritrjen U nosilec ki drži, prav tako natisnjena, vodila obdelovanca.



Slika 22: Nosilec končnega stikala

Vir: (Lastni vir)

Sivo je nosilec natisnjen iz ABS-plastike. Podolgovate luknje so namenjene fini nastavitvi položaja. Zeleno obrobljeno pa je končno stikalo s kolesčkom, ki ga lahko kupimo v vsaki trgovini z elektromaterialom.

Nova tehnologija 3D-tiskanja, ki jo uporabljamo zadnjih šest let, nam je olajšala nekatere pristope. Če je ne bi imeli, zagotovo ne bi mogli na tako preprost način pritrditi končnih stikal. Tudi razne zaščitne in estetske elemente lahko izdelamo s to tehnologijo. Rezkanje takšnega kosa iz aluminija ali kakšne tehnične plastike bi trajalo nekaj ur na CNC-rezkalnem stroju. Tiska se tudi nekaj ur, vendar pri tem ni potrebna prisotnost operaterja, pa še cena ure na 3D-tiskalniku je samo nekaj evrov, tudi poraba materiala je precej manjša. S 3D-tiskalnikom smo natisnili še uvodnice za kable končnih stikal ter okrasne pokrove na zgornjem koncu navpičnih vodil.

Smo pa kmalu po prvih preizkusih opustili plastična vodila. V primeru porušitve cevi med preoblikovanjem vedno potisne cev iz osi. Na primer, če se je razpoka pojavila na levi, potem obdelovanec premakne v desno in odlomi plastični element vodila (slika 14). Za vodenje smo izdelali cilindrične puše iz aluminija, ki so postavljene pravokotno na os cevi in pritrjene ravno toliko, da obstanejo na mestu. Pri porušitvi obdelovanca jih pa prestavi. Brez težav jih pri naslednjem obdelovancu privijemo nazaj na pravo mesto.

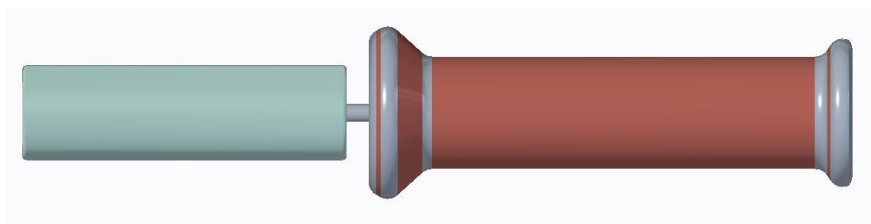
7.4 Krmilna omara

Krmilno omaro dobimo od podizvajalca že sestavljeno, tako da ji samo privijemo jeklene nosilce iz L-profila 45 x 45 mm, ki jih privijemo še na dani navpični nosilec. Zaradi izgleda smo na vse uvodnice pritrdili še fleksibilno cev, ki je sicer nujna samo na kablji z visoko napetostjo. Mojster, ki je omaro izdelal, bo prisoten tudi pri zagonu in preizkusu. Pri krmilni omari moramo še posebej pozorno upoštevati smernice, ki so zapisane v uredbi o strojih oziroma o gradnji strojev. Nepravilno izvedeno krmilje je lahko vzrok za mnoge nesreče.

7.5 Zagon

Za preizkus smo nabavili dovolj surovcev, ki so že nažagani na ustrezno dolžino. Namestili smo še varnostni zaslon iz akrilnega stekla. Ta bo pokril hidravlični cilinder, da ne bi v primeru okvare olje pod visokim tlakom brizgnilo v delavca. V spodnjem delu bo pa preprečeval poseganje v nevarno območje. Nesreče s curkom olja pri visokem tlaku so nevarne in mnogokrat tudi usodne. Napravo v takšnem stanju samo preizkušamo. Varnost v fazi konstruiranja je že nameščena in deluje. Pripraviti moramo še navodila za uporabo, navodila za vzdrževanje, izdelati oceno tveganja ter napisati izjavo o skladnosti. To je naloga, ki jo sam opravi pri večini primerov, ko se mi zatakne, pa najamemo zunanje sodelavce. Predvsem pri pripravi ocene tveganja je dobro imeti še kakšnega strokovnjaka, ki ni bil prisoten pri konstruiranju in lahko predvidi morebitne pomanjkljivosti pri varnosti. Sicer pa za takšno vrsto naprave ni nujno najemanje akreditiranega laboratorija. Pomagamo si s študijo literature, ki je nekaj na voljo tudi v slovenščini. Z uporabo kontrolnih seznamov zagotovimo, da smo se zadeve lotili pravilno in da nismo izpustili bistvenih zahtev, ki so zapisane v uredbi o gradnji strojev. Da je ta naša naprava stroj, je definirano v sami uredbi. Ima namreč en gibljivi del in pogonski sistem. Čeprav je uredba napisana dovolj poljudno, je najprej treba vseeno obiskati kakšnega od izobraževanj na to temo. Ker konstrukcija predvideva ročno vstavljanje surovcev v napravo, je načrtovanje varovanja pomembno. Operater namreč vseskozi sega v nevarno območje. So pa hitrosti in pomiki mali in človek v normalni psihofizični kondiciji ne bi smel imeti težav. Napravo bomo opremili z vsemi potrebnimi opozorilnimi napisi in piktogrami. Za delo na napravi pa bo predvideno kratko izobraževanje, kjer se bo operater naučil rokovanja s praktičnimi primeri. Pomembno je ustrezno ravnanje, če pride do kakršne koli napake. Na primer, ko se surovec poruši. Za takšne primere mora tudi biti predviden postopek ukrepanja. Rešitev brez stikala na spodnji točki je dobra zaradi zagotavljanja natančnosti in ponovljivosti procesa. Orodje se namreč nasloni na zgornji rob cevi. Takrat je obremenitev nekajkrat večja od sile, ki jo zagotavlja hidravlični sistem. Drugače pa je, če se obdelovanec poruši, takrat orodja rob cevi ne zadrži in to potuje naprej, dokler ni cilinder popolnoma iztegnjen. Tu se pokaže prednost konstrukcije cilindra, ki preprečuje tlak na batnico, ko se le-ta premika iz cilindra. Pri popolnoma iztegnjenem cilindru se bo hod batnice ustavil, tlak bo dosegel maksimalnega in izbrana krilna črpalka se bo samodejno prilagodila ter zmanjšala pretok na nič. Tlak pa bo ostal. Operater bo tako imel dovolj časa, da ročno preklopi smer gibanja ali pritisne nujni izklop. Postopek po pritisknjeni tipki za nujni izklop je zapisan v navodilih. V primeru pritisnjene tipke za nujni izklop, se vse ustavi takoj. Tako ni nobene nevarnosti več in

je dovolj časa za varen ponovni zagon po odpravi vzroka za nujno zaustavitev. Zaradi velikosti in mase surovcev, ti so dolgi pol metra in imajo maso okrog kilograma, je možno samo stoječe delovno mesto. Sedeče prestavljanje tako velikih surovcev bi povzročalo prevelike obremenitve za delavca. Predvideno je, da bodo surovci ob napravi v kovinski ograjeni paleti. Po obdelavi pa jih bo delavec odlagal v drugo enako paletu. Paleti bosta nekaj metrov narazen, torej bo treba napraviti nekaj korakov med paletama in napravo. To je ugodno z vidika ergonomije, saj ni nobenih prisiljenih položajev, ki bi trajali. Glede na hitrosti in število kosov v eni paleti, pa bo cikel obdelave ene palete trajal do največ ene ure, takrat pa si bo delavec z uporabo ročnega paletnega viličarja sam zamenjal palete. Predvidena sta tudi vizualni nadzor ter kontrola dimenzij. To je potrebno, da se izločijo kosi, ki bi morebitno dobili razpoke in kosi, v katere orodje ni dovolj globoko prodrlo zaradi preslabega mazanja ali premalo nastavljene sile vtiskovanja. Takšni izdelki niso nujno izmet, saj lahko na njih postopek ponovimo. Za serijsko delo na stroju smo morali razviti še preprost in hiter način mazanja. Za mazanje smo uporabili olje za globoki vlek. Ko smo raziskali trg, smo ugotovili, da je teh olj ogromno, za aluminij pa so primerna le redka. Pri podjetju Olma proizvodnja maziv, d. o. o. iz Ljubljane so bili zelo v pomoč. Na voljo imajo dve emulgirni olji, ki se ne sprimeta s surovcem in sta najprimernejši za aluminij. Odločili smo se za olje Sylac Al 68, ker naj bi bila emulzija bolj gosta. Zaradi oblike obdelovanca in njegove postavitve je to pomembno, saj se bolj gosta emulzija dlje zadrži na stenah obdelovanca ali orodja. Prvotni namen je bil mazanje orodja, vendar nismo našli nobene dobre ideje, kako to izvesti. V izvlečenem položaju so okrog orodja tri končna stikala in orodje za pomoč pri izvleku. S kakšnim preprostim ročnim orodjem ne bi mogli enakomerno nanesti maziva, zato smo predvideli mazanje surovcev. Plastično posodo, z volumnom dveh litrov, smo pritrdili na podstavek. Vanjo smo nalili več emulzije, kot je globina vtiskovanja. Za nanos emulzije pa smo uporabili pleskarki valjček iz velurja. Ta ne vpije veliko tekočine, zato je primerna za nanašanje. Ročaj tega valjčka pa smo predelali tako, da je valj v isti osi kot ročaj. Z eno potezo lahko tako hitro in enakomerno nanesemo mazivo. Po preoblikovanju pa na podoben način obrišemo ostanek maziva.



Slika 23: Predelan pleskarski valjček

Vir: (Lastni vir)

8 SKLEP

V kratkem času nam je uspelo iz teoretičnih predpostavk preiti v prakso in izdelati napravo za preoblikovanje aluminijastih cevi. Naprava popolnoma ustreza našim željam in pričakovanjem. V nekaterih pogledih smo jih celo presegli. Predvsem pri hitrostih vtiskanja smo še za nekaj odstotkov boljši od predpostavk na začetku. Kakovost in ponovljivost je zelo dobra. Tudi pri preizkušanju z že staranimi cevmi (T6) smo imeli zelo dobre rezultate. Izmeta je bilo na začetku v predvidenem obsegu 4 %. So pa se morali pri proizvajalcu cevi tudi potruditi, da nam dobavljajo vse polizdelke v primerljivih okvirjih. Nekaj težav je bilo z zagotavljanjem pravokotnosti rezanja cevi, nekaj več pa z zagotavljanjem enake kakovosti pri različnih serijah polizdelkov. S preizkušanjem in sledenjem vseh parametrov so nam v nekaj pošilkah popravili kakovost do te mere, da se je tudi izmet zmanjšal pod 2 %. Naša edina resnejša težava je lomljenje plastičnih vodil, ki se pogosto pojavi takrat, ko se cev pri preoblikovanju pretrga. Krivda je v materialu in nekaj tudi pri premajhnem mazanju. Kot smo dobili povratne informacije, se ne dogaja, da bi se pokazale razpoke na izdelku, ki je prestal hladno širjenje. Z našim postopkom nam je uspelo izločiti slabo izdelane cevi, ki so jih sicer izločevali v naslednjih fazah obdelave in kontrole, pri struženju ali rentgenski kontroli. Vsi cilji, ki smo si jih zastavili na začetku, so tako izpolnjeni, obstaja samo še upanje, da bo posel dovolj dolgo trajal in si bomo z njim uspeli ustvariti nekaj akumulacije za prihodnje projekte. Potrdili smo vse hipoteze, tudi pogoji za uspešno delo so dani. Obstaja pa realna nevarnost, da nam kupec spelje idejo. V razvoju smo morda s preveč odprtimi kartami nastopali proti njim. Hladno vtiskovanje, ki smo ga uporabili v našem primeru, se je pokazalo za primerno. S tem smo zmanjšali porabo materiala, kot smo predvideli. Obdelava naših izdelkov s struženjem pa je po podatkih kupca tudi hitrejša in kakovostnejša. Ker smo na stiskalnici izločili cevi z mikroskopsko poroznostjo, se te niso znašle na stružnicah in tudi tam niso povzročale loma orodja. Z izdelavo te naprave smo nakazali tudi smer, v kateri lahko delujemo v malih podjetjih, kjer nimamo sredstev in znanja za velike znanstvene raziskave. Imamo pa ideje in rešitve, ki nam v okviru že obstoječih znanj omogočajo tehnološki napredek. Pristop, ki nam omogoča čim več izdelati doma, se je pokazal kot cenejši in predvsem hitrejši. Spremembe, ki smo se jih domislili med samo izdelavo, smo brez težav sproti tudi izvedli. Z izbiro vijačene namesto varjene konstrukcije nismo bistveno izgubili pri togosti, smo pa lahko posamezne komponente ogrodja izdelali natančno in s tem zagotovili vzporednost zgornje in spodnje prečke ter soosni položaj obdelovanca in orodja. Pri prvih preizkusih se je pokazalo, da vpenjalna naprava ni potrebna. Še več, če bi jo izdelali, bi z njo trdno vpeli obdelovanec, s tem pa onemogočili, da

se sam obdelovanec osno prilagodi orodju. Natančnost bi s tem poslabšali, pa še obraba komponent, orodja in cilindra bi bila tako veliko večja. Preprosta izvedba izvlačanja trna se je pokazala za učinkovito. Pri prilagajanju morebitnim drugim dimenzijam izdelkov pa bo treba prilagoditi ali izdelati tudi novo pripravo za izvlačanje. Potrebe po spremembi načina krmiljenja iz relejnega v izvedbo s krmilnikom do sedaj nismo zaznali. Zaznali pa smo rahlo povečano segrevanje hidravličnega olja pri dolgotrajni uporabi in malo višjih temperaturah okolice. Konstantna temperatura olja je pomembna za zagotavljanje konstantnih pogojev in čim večjo ponovljivost. V prihodnje bi bilo dobro dograditi hladilno napravo na agregat. Popolnoma pa smo zgrešili pri predvidevanju, da zaznamo spodnji položaj vtiskovalnega orodja z uporabo končnega stikala. Dolžina surovcev namreč preveč odstopa, da bi lahko zagotavljali ponovljivost globine vtiska. K sreči smo že v začetni fazi predvideli nastavljiv premor po dosegu spodnjega položaja. Tega smo sedaj uporabili, da nam zagotovi čas vtiskovanja, omejilec pa smo izdelali mehanski na vtiskovalnem orodju. Tako se nam orodje vedno do enake globine potopi v obdelovanec, po poteku nastavljenega časa pa naprava sama preklopi v pomik izvlačanja orodja. Takšna rešitev bi lahko bila za sekundo ali dve počasnejša, vendar neodvisno od dolžine surovca zagotavlja enako globino vtisa. To je pa tudi pomembna zahteva kupca, saj poenostavi naslednjo fazo obdelave.

9 BIBLIOGRAFIJA

All3DP GmbH. (2018). *Stereolithography (SLA) – 3D Printing Simply Explained*. Pridobljeno iz All3DP : <https://all3dp.com/2/stereolithography-3d-printing-simply-explained/>

Dajčman, D., & Srna, M. (2012). *Tehnične zahteve in varnost strojev v praksi - od načrtovanja do uporabe*. Maribor: Založba Forum Media, d. o. o.

Dihta, d. o. o. (2013). <http://www.dihta.si/>. Pridobljeno iz DIHTA, d.o.o.: <http://www.dihta.si/kvalitetna-tesnila-batov/>

Jočić, B. (2008). *Jekla in železove litine*. Ravne na Koroškem: BIO-TOP, d. o. o.

KUNYAO. (15. maj 2017). *Luoyang Kunyao Metal Material Co, Ltd*. Pridobljeno iz <http://www.si.bestaluminumfoil.org/info/surface-treatment-of-aluminum-and-aluminum-all-20798918.html>

Prandl, M. (oktober 2018). *Pg Gewinde DIN 40430 Panzerrohrgewinde*. Pridobljeno iz Gewindenormen: <https://www.gewinde-normen.de/pg-gewinde.html>

Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej. (3. junij 2016). *Uradni list RS, št. 39/16*. Pridobljeno iz PISRS: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV12267>

Pravilnik o varnosti strojev. (9. marec 2006). *Uradni list RS, št. 25/2006*. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2006-01-1029>

Pravilnik o varnosti strojev. (2008). *Uradni list RS, št. 75/08*. Pridobljeno iz PISRS: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV9017>

Roylance, D. (06. februar 2019). *Stress-strain curves*. Pridobljeno iz MIT EDU: <http://web.mit.edu/course/3/3.11/www/modules/ss.pdf>

Slovenski inštitut za standardizacijo. (januar 2015). *SIST – Avtorska zaščita standardov*. Pridobljeno iz Standardizacija: http://www.sist.si/image/catalog/DOWNLOAD/STANDARDIZACIJA/SIST_Copyright_brošura_2015-01.pdf

Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti /ZTZPUS-1/. (2011).
Uradni list RS, št. 17/11. Pridobljeno iz PISRS:
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5804>

10 PRILOGE

PRILOGA 1: Orodje za vtiskovanje, po daljši uporabi

PRILOGA 2: Fotografija obdelovancev pred in po vtiskovanju ter končni struženi izdelek z napako

PRILOGA 3: Izračun nosilca z uporabo Mitcalc programske opreme

Priloga 1: Orodje za vtiskovanje, po daljši uporabi



Priloga 2: Fotografija obdelovancev pred in po vtiskovanju ter končni struženi izdelek z napako.



Priloga 3: Izračun nosilca z uporabo Mitcalc programske opreme

Ravni nosilci s konstantnim presekom

i **Izračun brez napak.**
ii **Informacije o projektu**

Avtor Boris Vidovič	☐ Datum 24.08.2018	☒ Projekt št Diplomsko_delo_BV
Ime datoteke nosilec1.xls		
Ime projekta trdnostni preračun		
Osnovne informacije U-profil, vroče valjanih (DIN 1026) - U 100 - 160		
Projekt Opombe Comments		

Vnosni zavihek

1.0 Tip nosilca, dimenzije in obremenitve

1.1 računanja enot
SI Units (N, mm, kW...)

1.2 levi konec nosilca
B...Podpora

1.3 Število od podpira med
0

1.4 Desni konec nosilca
B...Podpora

1.5 Polje nosilca št: **L1**

1.6 Dolžina polja z gredjo	L	160,0	110,000	110,0	0,0	645,2	645,2	[mm]
1.7 Stalno obremenitev	Q	0,000	42500,000	0,000	0,000	0,000	0,000	[N/mm]
1.8 Koordinate začetne točke nos		160,0	270,0	380,0	380,0	1025,2		[mm]

1.9 **Obremenitev nosilca**

	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Sila F1 / Moment M1	80,0	95000,0	0,0	0,0
Sila F2 / Moment M2	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Sila F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0

1,10 Mrtva teža tovora ☒ Ne
1,11 Drugi vnosno polje za sile ☐

2.0 Statične vrednosti vrednot profila in materialnih nosilca

2.1 **Profil nosilca**

2.2 Tip profila
31...U-profil, vroče valjanih (DIN 1026)

2.3 Profil dimenzije
U 100

2.4 Uporabniške lastnosti profila
Ne

2.5 Število nosilcev v koraku
2

2.6 Območje
A 2700 [mm²]

2.7 Kvadratna moment na osi X
Ix 4120000 [mm⁴]

2.8 Cross-dedelek upogibni modul
Sx 82400 [mm³]

2.9 **Beam materiala**

2.10 Seznam materialov
Glede na izbrani profil (210000)

2.11 Gostota
γ 7800,0 [kg/m³]

2.12 Modul elastičnosti v napetosti

E 210000 ☒ [MPa]

2.13 Dovoljena upogibanje stres

 σ_0 140 ☒ [MPa]

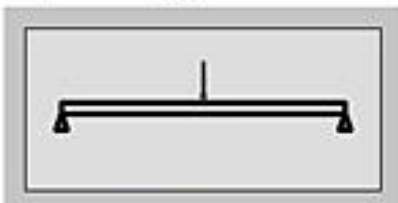
?

Zavihek rezultati

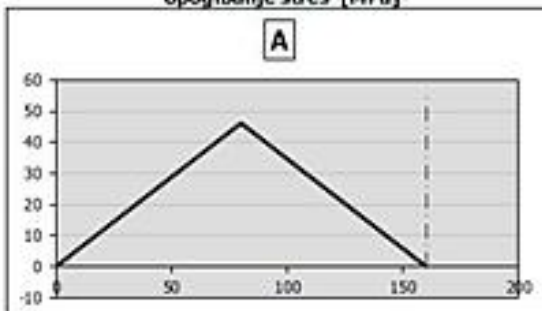
3.0 Rezultati računanja

3.1 Število Podpora levo	R1	R2			
3.2 Reakcija na nosilih	47500,00	47500,00			[N]

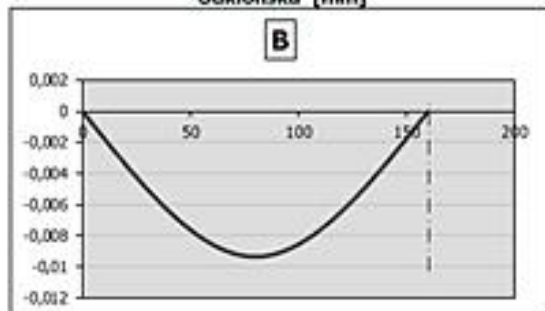
3.3 Upogibni moment Min. / Max.	M_0	0,00	3800,00	[Nm]
3.4 Odklonska Min. / Max.	y	-0,009	0,000	[mm]
3.5 Upogibanje stres Min. / Max.	σ_0	0	46,1	[MPa]
3.6 Teža nosilca	m	3,4	[kg]	
3.7 Max. Dolžna prostega konca (izbočenja).	L_{max}	0,0	[mm]	
3.8 Relativna deformacija beam Max.	γ	0,006	[%]	



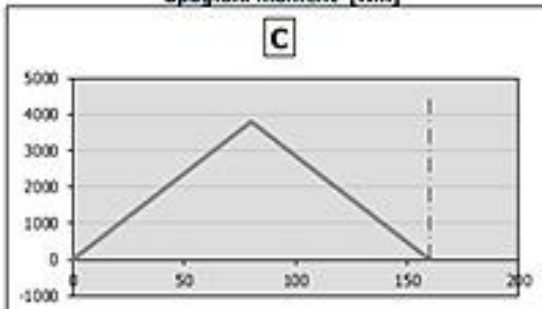
Upogibanje stres [MPa]



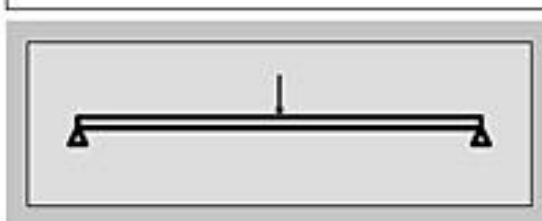
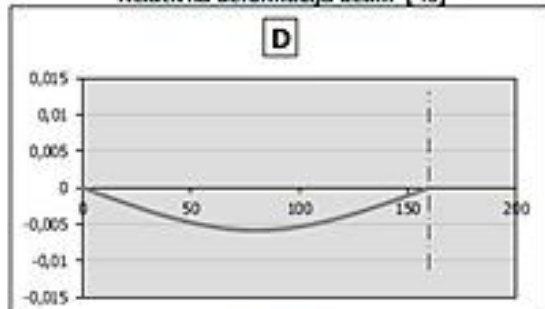
Odklonska [mm]



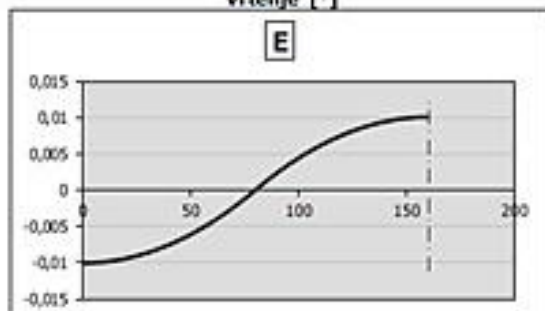
Upogibni moment [Nm]



Relativna deformacija beam [%]



Vrtenje [°]



3.9

3.10 Premik slo no: 1 ▼ X= 80 [mm]

4.0 Podrobni rezultati

4.1 Zahtevane parametre

4.2 X - usklajuje	80	[mm]
4.3 Upogibanje stres	46,12	[MPa]
4.4 Odklonska	-0,01	[mm]
4.5 Relativna deformacija beam	-0,006	[%]
4.6 Upogibni moment	3800,00	[Nm]
4.7 Vrtenje	0,000	[°]

