



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Orodjarstvo

KONSTRUIRANJE STROJA ZA SESTAVO DOZE PM-3 IN PM-4

Mentor: mag. Viktor Jemec, univ. dipl. inž. str.
Lektorica: mag. Nataša Koražija, prof. slov.

Kandidat: Anim Fikfak

Kranj, maj 2021

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Viktorju Jemcu za pregled in komentar diplomske naloge ter puncni, ki mi je stala ob strani ves čas priprave diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici Nataši Koražija, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

Študent Anim Fikfak izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Viktorja Jemca, univ. dipl. inž. str.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V podjetju smo dobili naročilo za konstruiranje ter izdelavo stroja za sestavo doze PM-3 ter PM-4. V diplomski nalogi je predstavljen način konstruiranja stroja po naročilu stranke, po izročenem vzorcu končnega izdelka, v tem primeru stenska doza, ter posameznih delov, ki ta končni izdelek sestavljajo. Pri načrtovanju stroja smo upoštevali zahtevo delovanja stroja z dvema različnima velikostma doz, minimalno prestavljanje stroja pri menjavi velikosti doze in zahtevan takt izdelave izdelka, krajšega od treh sekund na kos. Sestavljeni kosi morajo biti nato preloženi iz stroja na tekoči trak, ki spusti te kose v namensko škatlo.

V diplomski nalogi je predstavljen način konstruiranja stroja, in sicer od njegove zasnove do zaključene konstrukcije z uporabo 3D-modeliranja. Rezultat diplomske naloge je konstrukcijsko dokončan stroj s podrobnejšim opisom delovanja (avtomatizacije) določene postaje stroja.

KLJUČNE BESEDE

- Konstruiranje,
- 3D-modeliranje,
- CAD.

ABSTRACT

The company received an order for design and manufacture of a machine for assembling the PM-3 and PM-4 wall boxes. The diploma thesis presents the method of constructing the machine according to the customer's order, with the delivered final product and the individual parts that make up this final product. When designing the machine, we took into account the obligation that the machine operates with two different wall box sizes, that the machine set-up time should be minimal, and the obligation to make the product production time of less than three seconds per piece. The assembled pieces must then be transferred from the machine to a conveyor belt, which drops these pieces into a dedicated box.

The diploma thesis presents a method of constructing a machine, from its design to the completed construction using 3D modelling. The result of the diploma thesis is a structurally completed machine with a more detailed description of the operation (automation) of a particular machine station.

KEYWORDS

- Constructing,
- 3D modelling,
- CAD.

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	1
1.4	Predpostavke in omejitve	1
1.5	Metode dela	2
2	AVTOMATIZACIJA V SPLOŠNEM.....	2
2.1	Namen stroja za sestavljanje stenskih doz.....	3
2.2	Prednosti polavtomatskega stroja za sestavo.....	5
3	KONSTRUIRANJE STROJA	5
3.1	Vhodni podatki	5
3.2	Opis delovanja stroja.....	6
3.3	Sestavni deli stroja	6
3.3.1	Vibracijski dodajalnik kotnikov	6
3.3.2	Selektor kotnikov.....	7
3.3.3	Manipulator kotnikov	8
3.3.4	Stiskalnica kotnikov.....	10
3.3.5	Odlaganje izdelkov na tekoči trak.....	12
4	OBSTOJEČE STANJE	13
5	PRAKTIČNI DEL	14
6	OSNOVNO UPRAVLJANJE Z NAPRAVO IN KONTROLA IZDELKOV	21
6.1	Priprava na delo in vklop krmilja.....	21
6.1.1	Režimi delovanja stroja	21
6.1.2	Krmilna omara.....	21
6.1.3	Priprava na delo in vklop krmilja.....	22
6.1.4	Zaustavitev stroja in izklop krmilja	22
6.2	Kontrola izdelkov stroja	23
7	MENJAVA ORODIJ IN NASTAVLJANJE NAPRAVE.....	23
7.1	Menjava orodij.....	23
7.1.1	Nastavljanje stroja.....	24
7.1.2	Poravnost vtiskovanja kotnikov	24
8	VZDRŽEVANJE STROJA.....	26
8.1	Vzdrževanje stroja.....	27
8.1.1	Vzdrževanje na 8 ur	27
8.1.2	Vzdrževanje na 600 ur	27
8.1.3	Vzdrževanje na 2000 ur	28
8.1.4	Vzdrževanje na 4000 ur	28
9	ZAKLJUČKI.....	28
10	LITERATURA IN VIRI.....	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz obeh velikosti doz	3
Slika 2: Kotnik	4
Slika 3: Zlata zanka konstruiranja.....	5
Slika 4: Vibracijski dodajalnik	6
Slika 5: Selektor kotnikov	7
Slika 6: Manipulator kotnikov.....	8
Slika 7: Manipulator kotnikov na poziciji vstavljanja kotnikov ter prikaz obeh velikosti doz	9
Slika 8: Stiskalnica kotnikov	10
Slika 9: Kotnik	11
Slika 10: Izhodni manipulator odlaganja kosov (Lasten vir)	12
Slika 11: Prikaz končnega produkta	13
Slika 12: Stiskalnica v skupnem sestavu	14
Slika 13: Zunanje ohišje stiskalnice	15
Slika 14: Notranje ohišje stiskalnice	16
Slika 15: Primer uporabljenega silomera, proizvajalca Burster	17
Slika 16: Prikaz sil	17
Slika 17: Približevanje rotacijske mize	18
Slika 18: Prikaz, kako pridemo do okna iProperties	19
Slika 19: Prikaz okna iProperties ter fizičnih atributov sestava	20
Slika 20: Krmilna omara z označbo tipk.....	21
Slika 21: Pridržala za pozicijo PM-3	23
Slika 22: Pridržala za pozicijo PM-4	24
Slika 23: Nastavljanje postaje vtiskovanja kotnikov	25
Slika 24: Zaključen stroj	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikaz opravil za redno preventivno vzdrževanje	27
---	----

KRATICE IN AKRONIMI

Uporabljene kratice, okrajšave in akronime razložimo na naslovnih straneh, pred uvodom.

CAD: Computer aided design - računalniško podprto oblikovanje

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V diplomski nalogi bomo predstavili način konstruiranja stroja po naročilu stranke, pri čemer nam je stranka izročila končni izdelek ter posamezne dele, ki ta končni izdelek sestavljajo. Pri načrtovanju stroja bomo upoštevali, da mora načrtovani stroj operirati z dvema različnima velikostma doz, da se prestavljanje stroja pri menjavi velikosti doze omeji na minimum in da je takt izdelava izdelka krajša od treh sekund na kos. Sestavljeni kosi morajo biti preloženi iz stroja na tekoči trak, ki spusti te kose v namensko škatlo.

1.2 CILJI NALOGE

V diplomski nalogi bomo izvedli ustrezen pristop in način konstruiranja stroja za sestavo stenske doze tipa PM-3 ter PM-4, in sicer od zasnove stroja do njegove zaključene konstrukcije z uporabo 3D-modeliranja. Pri vsakem posameznem delu stenske doze bo razložena problematika slednjega ter način reševanja opisanega problema.

Rezultat diplomske naloge bo konstrukcijsko dokončan stroj za sestavo stenske doze tipa PM-3 ter PM-4 s podrobnejšim opisom delovanja (avtomatizacije) določene postaje stroja, tj. stiskalnice.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

V podjetju Sabalič Inženiring, d. o. o., smo dobili naročilo za konstruiranje ter izdelavo stroja za sestavo doze PM-3 ter PM-4. To podjetje je bilo ustanovljeno leta 1997. Izdeluje predvsem stroje za avtomatsko in polavtomatsko montažo, avtomatske uvijalce, kontrolne naprave in samostojne postaje večjih paletnih sistemov (Sabalič Inženiring, 2021).

Domet podjetja seže od majhnih namiznih naprav preko strojev z rotacijsko mizo do manjših paletnih sistemov.

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Konstrukcija stroja za sestavo stenske doze tipa PM-3 in PM-4 zahteva večjo pozornost pri sestavi različnih stenskih doz. Vprašanja, na katera je predhodno treba odgovoriti, so predvsem: kako zagotoviti pravilno vstavev posamezne stenske doze, kako pravilno selekcionirati posamezni kotnik, ki bo vstavljen v dozo, ter kakšen način je najboljši za vtisk izbranih kotnikov v določene stenske doze.

Samo konstruiranje stroja, torej njegovo načrtovanje v ustreznem računalniškem programu, bo temeljilo na pridobljenem znanju iz prakse, tj. na znanju, pridobljenem pri konstruiranju podobnih strojev in na rešitvah, ki so bile v takšnih primerih uporabljene.

Vsebina diplomske naloge bo omejena na predstavitev konstrukcije določenega stroja, izdelanega po naročilu stranke, pri čemer bomo izhajali iz danega programa za konstruiranje (in že obstoječih elementov, ki so del programa) ter iz razpoložljivega orodja za izvajanje praktičnih preizkusov v podjetju, ki se ukvarja z izdelavo strojev za avtomatizacijo linij.

1.5 METODE DELA

Za doseganje ciljev diplomske naloge bomo uporabili več metod, predvsem primerjalno, opisno in analitično metodo.

Primerjalna metoda je metoda primerjave in stopnjevanja. To metodo smo uporabili tako, da smo na podlagi praktičnih izkušenj in znanja, pridobljenega pri konstruiranju preteklih strojev, aplicirali pri konstruiranju konkretnega stroja in uporabili rešitve, ki smo jih razvili pri preteklih strojih.

Opisna metoda je metoda opisovanja posameznih pojmov. Z opisno metodo smo prikazali obstoječe stanje proizvodnje izdelka.

Analitična metoda je metoda razčlenjevanja celote na posamezne dele. To metodo smo uporabili v praktičnem delu. Proces vtiska kotnikov v doze smo razdelili na posamezne faze, npr. fazo osamitve posameznega kotnika iz vibracijskega dodajalnika, fazo manipulacije kotnikov na dozo, fazo vtiska kotnika v dozo in fazo preložitve sestavljenih doz na izhodni trak.

Zaradi narave konstruiranja takšnega stroja pa smo pomembnejše predhodne raziskave opravili s praktičnimi preizkusi obnašanja posameznega dela stenske doze.

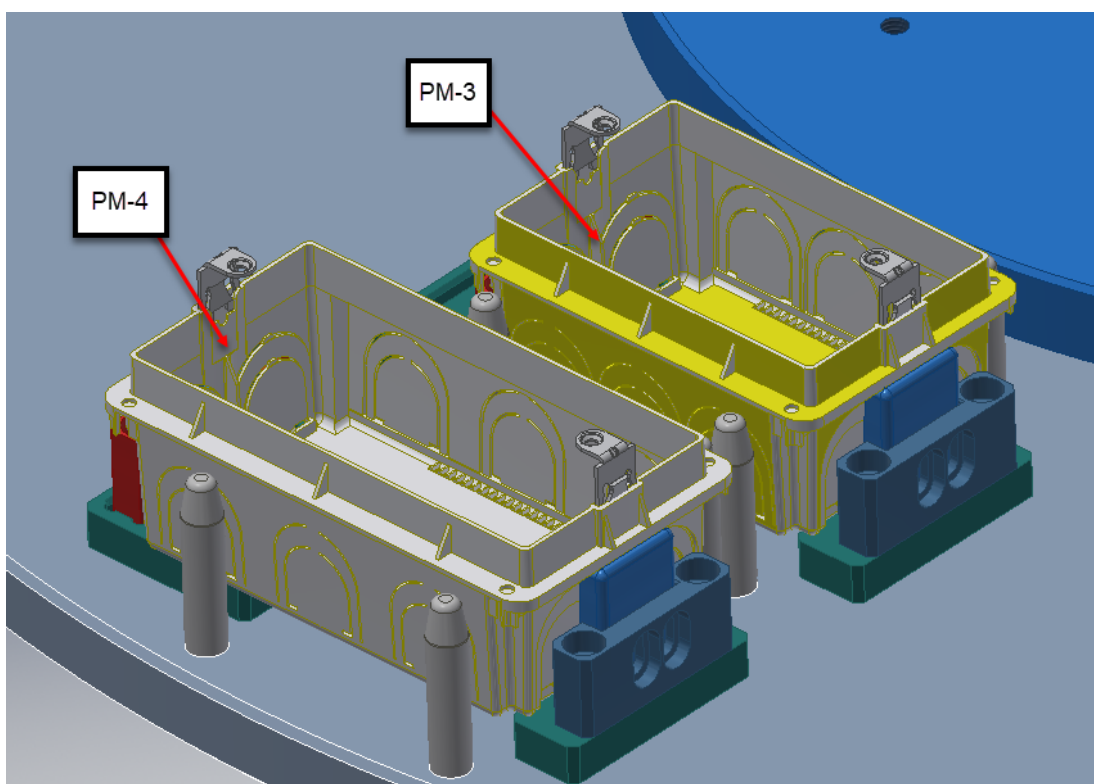
2 AVTOMATIZACIJA V SPLOŠNEM

Avtomatizacija je v grobem opredeljena kot proces, ki določeno delo namesto človeka opravlja stroj (Groover, 2007, str. 1–21).

Izraz 'avtomatizacija' se tako nanaša na sistem, ki bo opravljal pred definirano nalogo, stroj nima vpliva na končni izid, tudi če se situacija spremeni (Vaglia et al., 2016).

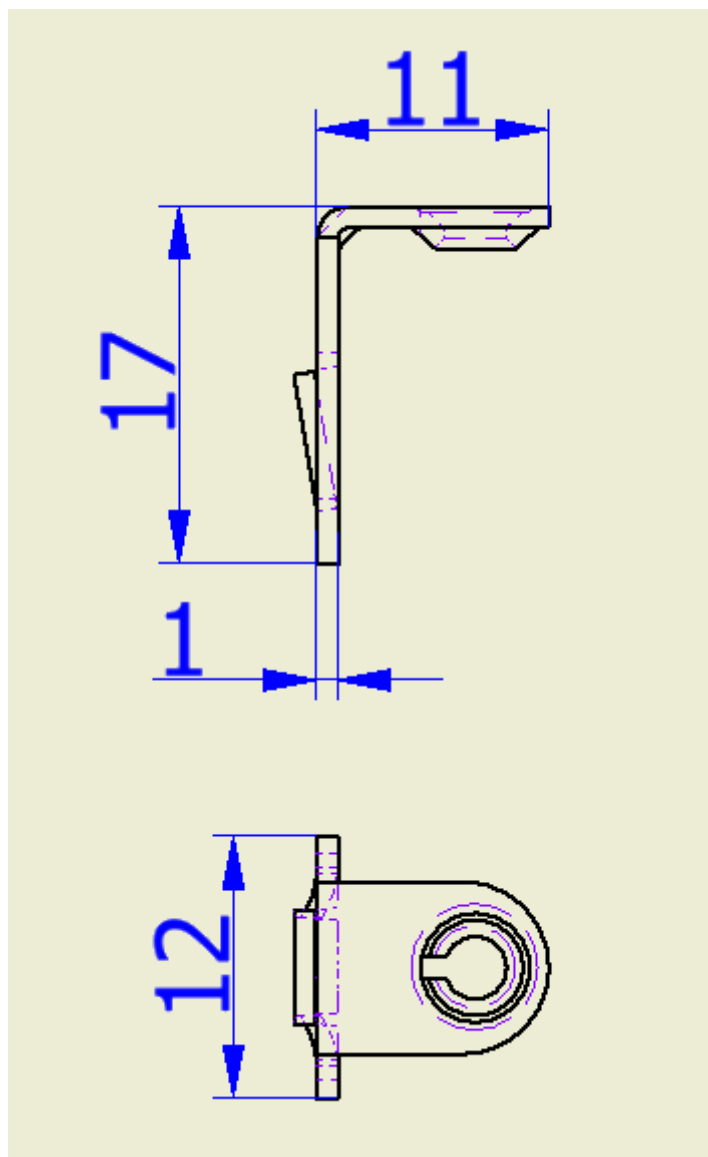
2.1 NAMEN STROJA ZA SESTAVLJANJE STENSKIH DOZ

Stroj za sestavo PM-3 in PM-4 je v svojem bistvu polavtomatski stroj vtiskovanja kotnikov v doze. Namenjen je polavtomatskemu vtiskovanju kotnikov v doze, doziranje doz se izvaja ročno preko vhodnega dela stroja, kotnike se dozira avtomatsko preko dveh ločenih vibracijskih dodajalnikov in selektorjev. Oba vibracijska dodajalnika se polni ročno.



Slika 1: Prikaz obeh velikosti doz
(Lastni vir)

Na zgornji sliki sta prikazani obe velikosti doz, tako PM-3 kot PM-4, z deloma vstavljenimi kotniki. Doza PM-3 je dolga 95 mm, široka 58 mm in globoka 49 mm. Doza PM-4 je dolga 120 mm, široka 58 mm in globoka 49 mm.



Slika 2: Kotnik
(Lastni vir)

Na zgornji sliki je prikazan kotnik, ki ga vstavljamo v obe velikosti doz (slika 2). Kotnik je visok 17 mm, širok 12 mm in globok 11 mm. Debelina materiala, iz katerega je bil kotnik izdelan, je 1 mm.

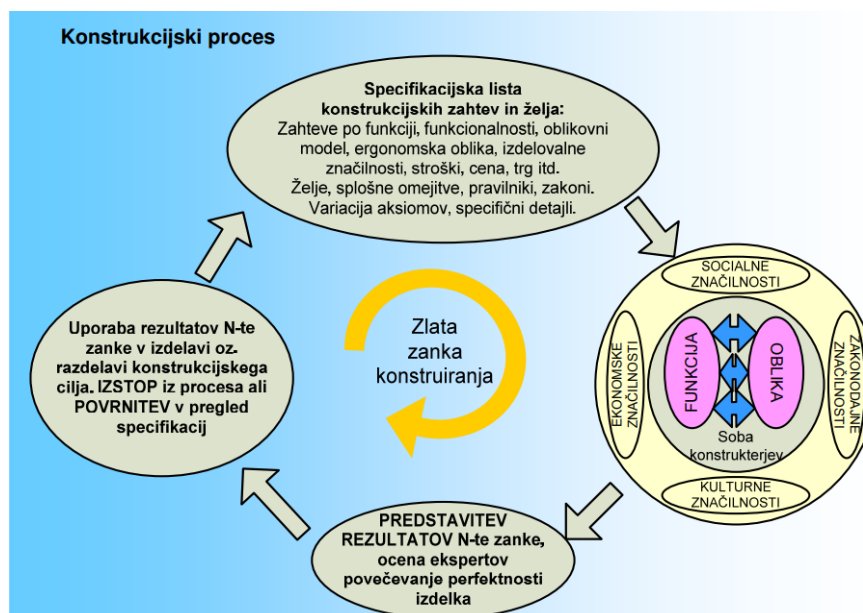
Obe dozi in kotnik sta bili predloženi s strani stranke, zato smo njune fizične lastnosti šteli kot podane.

2.2 PREDNOSTI POLAVTOMATSKEGA STROJA ZA SESTAVO

Prednost polavtomatskega stroja se kaže na več področjih. Natančnost stroja ni odvisna od človeka ter je tako ob vnosu kvalitetnega vhodnega materiala, ponovljiva. Hitrost sestavljanja stenskih doz je hitrejša v primerjavi z ročnim sestavljanjem in s tem cena posamezne stenske doze nižja. Pomembna prednost polavtomatskega stroja je razbremenitev fizičnega napora delavcu.

3 KONSTRUIRANJE STROJA

Pri konstruiranju stroja je treba upoštevati zlato zanko konstruiranja (prikazana na sliki 3). V prvem koraku se določi specifikacijska lista konstrukcijskih zahtev in želja. Pri tem se upošteva več faktorjev, npr. kakšno funkcijo bo stroj opravljal, kakšna bo njegova oblika, kakšne bodo njegove izdelovalne značilnosti, kakšen bo strošek izdelave stroja itd. Drugi korak imenujemo izdelovalni proces. V tretjem koraku sledi predstavitev rezultatov in pridobivanje dodatnih informacij za izboljšanje delovanja stroja. V četrtem in zadnjem koraku se stroj začne uporabljati (Duhovnik, 2021).



Slika 3: Zlata zanka konstruiranja
(Vir: Duhovnik, 2021)

3.1 VHODNI PODATKI

Konstruiranje stroja se začne s pregledom vhodnih podatkov; ti so bili v tem primeru vzorci doz in kotnikov, ki se jih bo vtiskovalo. Po pregledu vhodnih podatkov in

sestanku s stranko se je pripravilo ponudbo izdelave stroja. Ponudba vsebuje strukturiran opis delovanja postaj stroja, uporabljenih komponent ter končno ceno stroja.

3.2 OPIS DELOVANJA STROJA

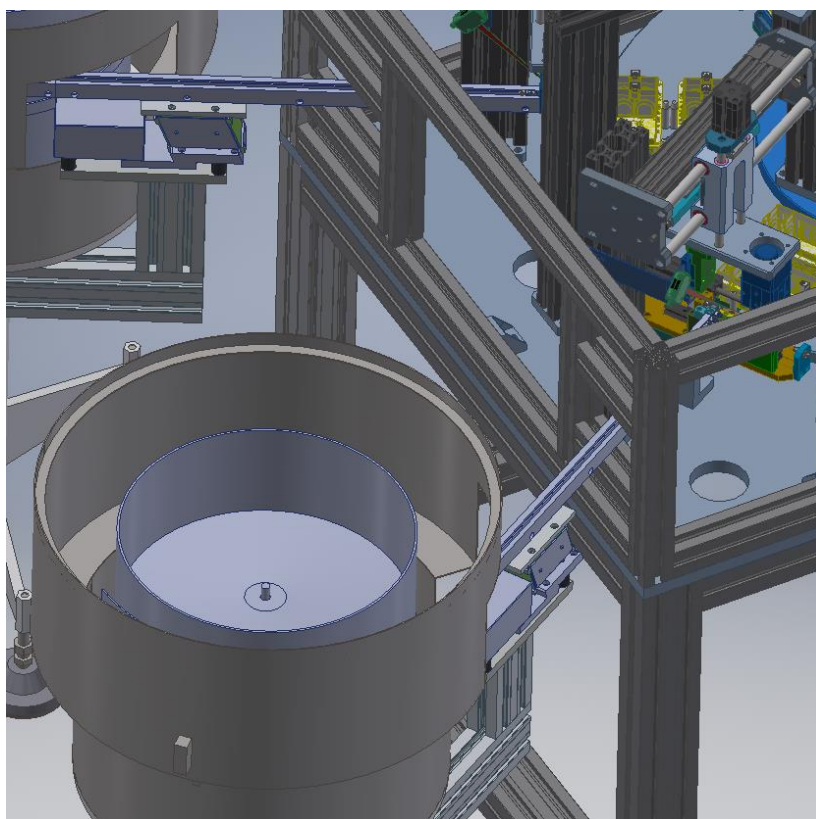
Stroj za vtiskovanje kotnikov v dozo je v svojem bistvu polavtomatski stroj. Posluževalec vstavi dozo na mesto, selektor pobere in deloma vtisne kotnik, nato pa stiskalnica vtisne kotnik na svoje mesto.

Koraki sestavljanja doz so naslednji:

- prvi selektor kotnikov pobere dva kotnika in ju deloma vtisne v prvo dozo,
- drugi selektor kotnikov pobere dva kotnika in ju deloma vtisne v drugo dozo,
- stiskalnica kotnikov naenkrat vtisne vse štiri kotnike v obe dozi,
- manipulator pobere obe dozi ter ju izvrže na izhodni trak.

3.3 SESTAVNI DELI STROJA

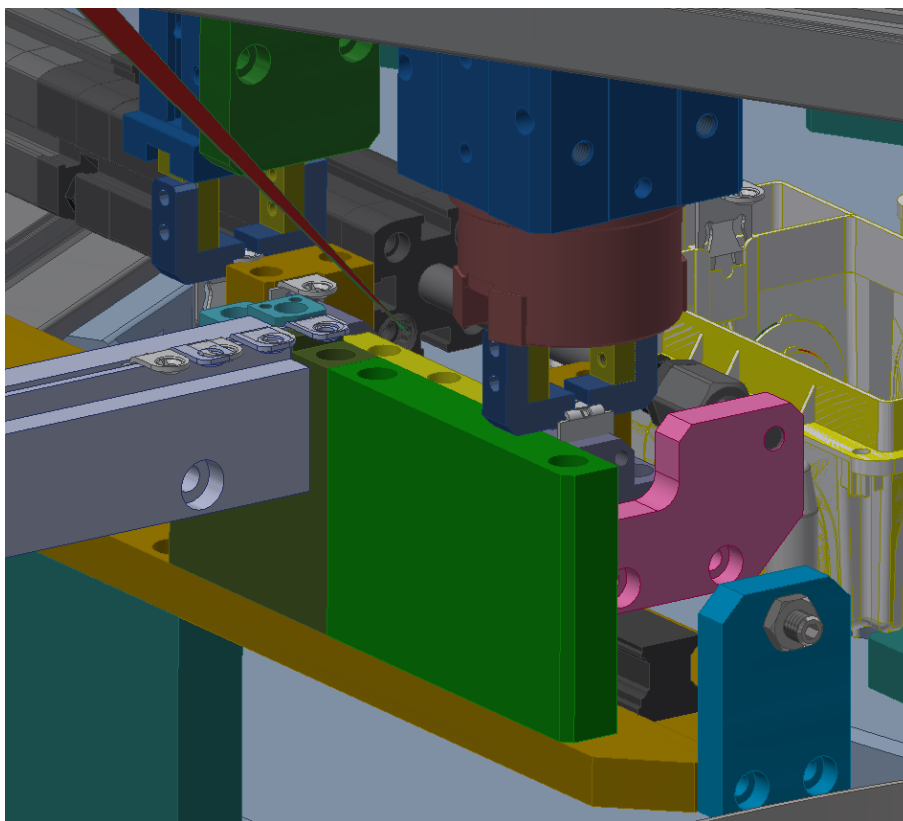
3.3.1 Vibracijski dodajalnik kotnikov



Slika 4: Vibracijski dodajalnik
(Lastni vir)

Kotnike stresemo v okrogli del vibracijskega dodajalnika (slika 4), ki jih s pomočjo nenehnih vibracij potiska po linijskem vibracijskem dodajalniku. Polnjenje stroja s kotniki opravlja posluževalec stroja ročno. Vibracijski dodajalnik lahko polnimo med delovanjem stroja, saj je ločen od gibajočih delov stroja.

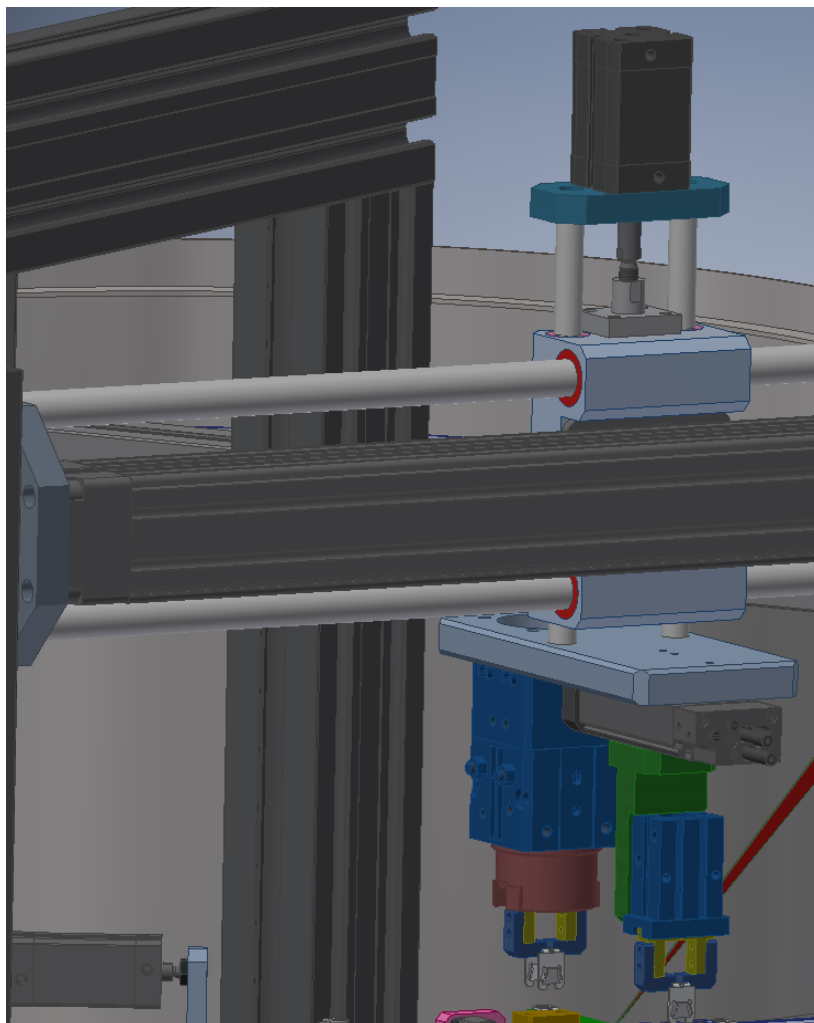
3.3.2 Selektor kotnikov



*Slika 5: Selektor kotnikov
(Lastni vir)*

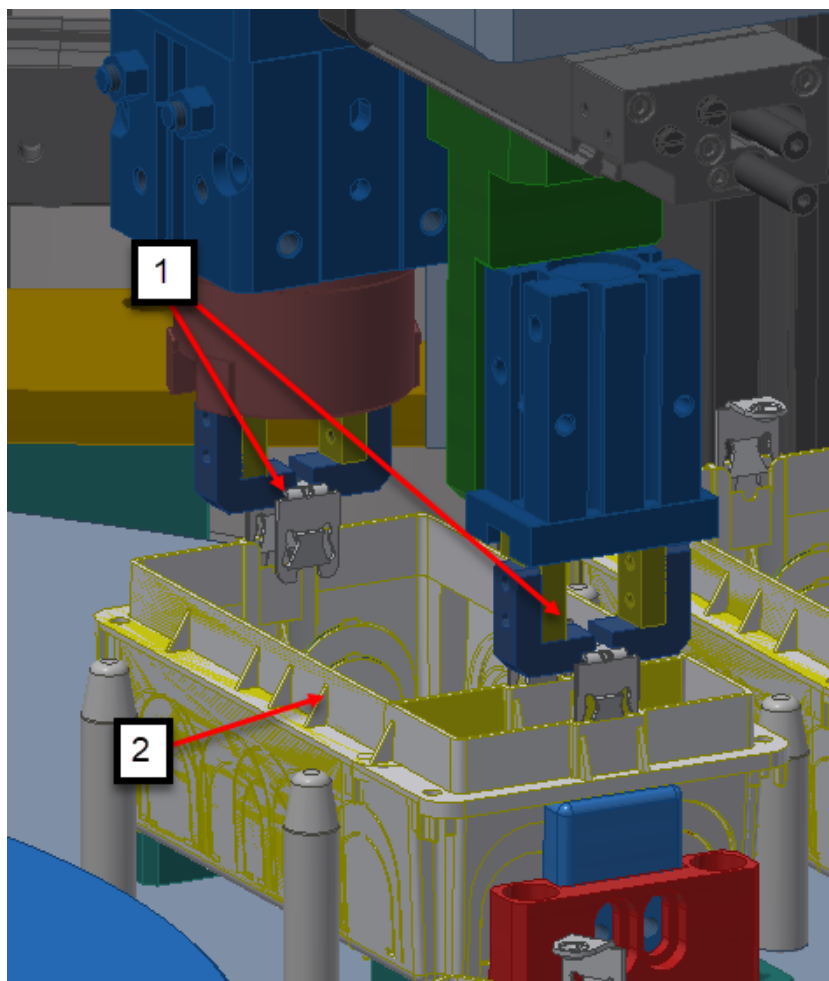
Selektor kotnikov (slika 5) osami po dva kotnika z vibracijskega dodajalnika. Selektor kotnikov se najprej pomakne skrajno levo, osami prvi kotnik, potem pa se pomakne desno, da osami še drugi kotnik. Z osamljenima kotnikoma se nato postavi v osnovni položaj tako, da ju lahko manipulator kotnikov pobere. Ko ju manipulator kotnikov pobere, se sekvenca osamitve kotnikov ponovi.

3.3.3 Manipulator kotnikov



*Slika 6: Manipulator kotnikov
(Lastni vir)*

Manipulator kotnikov pobere oba osamljena kotnika s selektorja kotnikov, rotirajoča glava (na sliki 6 levo) poskrbi za pravilno orientacijo kotnika (zavrti se za 180°). Manipulator lahko pobira in vstavlja kotnika v obe velikosti doz. Razlikovanje med velikostmi doz se upošteva na način, da se prijemalo, ki nima rotirajoče glave (na sliki 6 desno), s pomočjo dodatnega cilindra prestavi na zeleno dimenzijo doze.

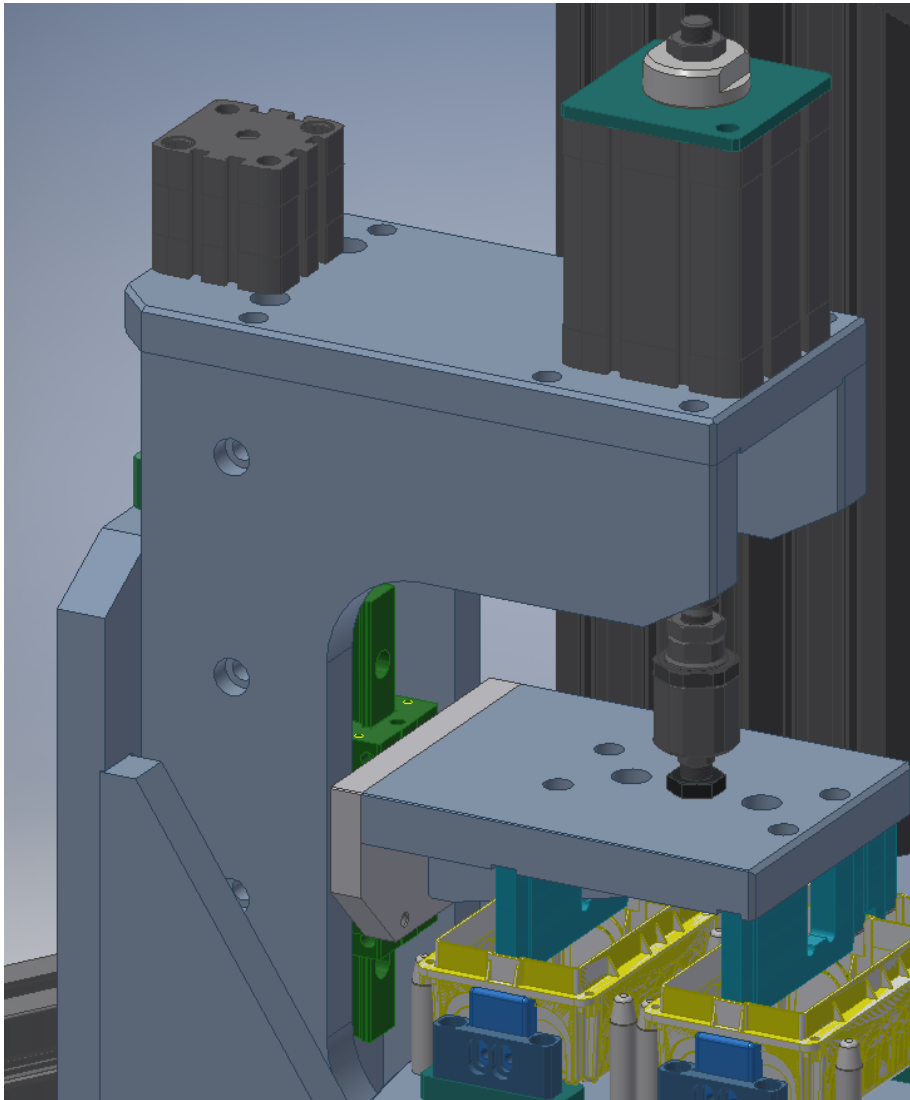


*Slika 7: Manipulator kotnikov na poziciji vstavljanja kotnikov ter prikaz obeh velikosti doz
doz
(Lastni vir)*

Ko sta oba kotnika pravilno orientirana, ju manipulator kotnikov odloži na pred pripravljen vhod v dozi. Zgornja slika nam prikazuje manipulator kotnikov (pozicija 1 na sliki 7) na mestu vstavljanja kotnikov na dozo.

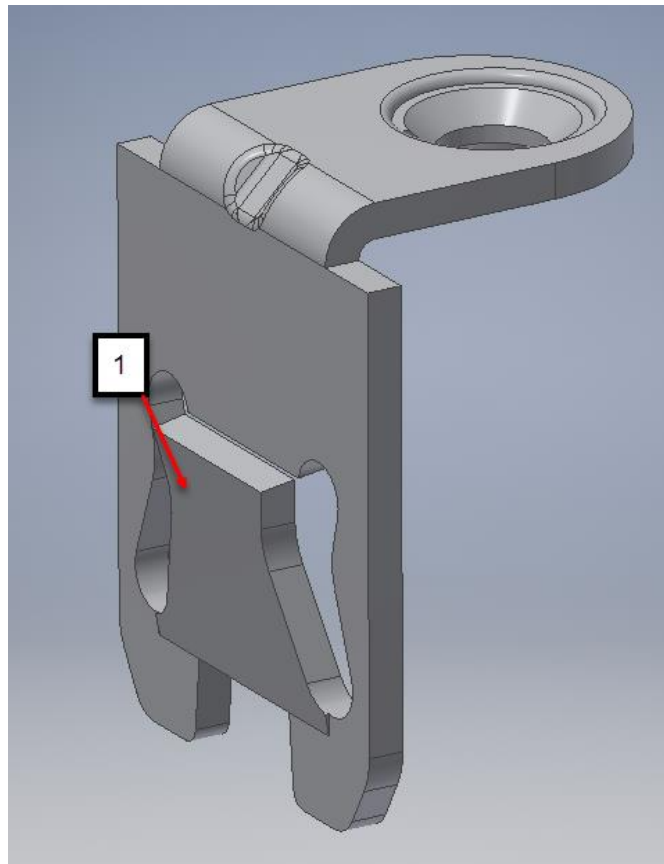
Poleg tega je na zgornji sliki prikaz obeh velikosti doz (pozicija 2 na sliki 7), prav tako je razvidna pot, ki ga mora prijemalo brez rotirajoče glave prepotovati za razliko dolžine doz, tj. 25 mm.

3.3.4 Stiskalnica kotnikov



*Slika 8: Stiskalnica kotnikov
(Lastni vir)*

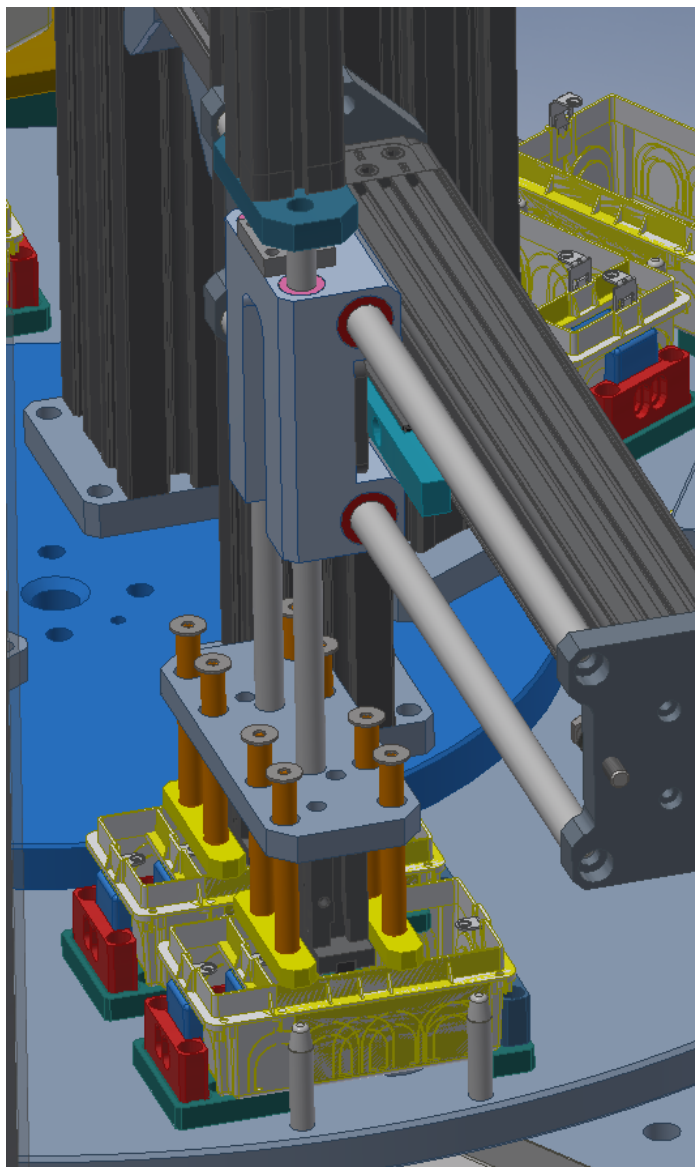
Stiskalnica kotnikov (slika 8) samodejno in simultano vtisne vse štiri kotnike v dve dozi enake velikosti. Stiskalnica je konstruirana na način, da lahko vtisuje kotnike v obe velikosti doz, brez predhodne prestavitve postaje.



Slika 9: Kotnik
(Lastni vir)

Kotnik se s pomočjo jezička (pozicija 1 na zgornji sliki) pozicionira ter fiksira v pred pripravljen vhod v dozi.

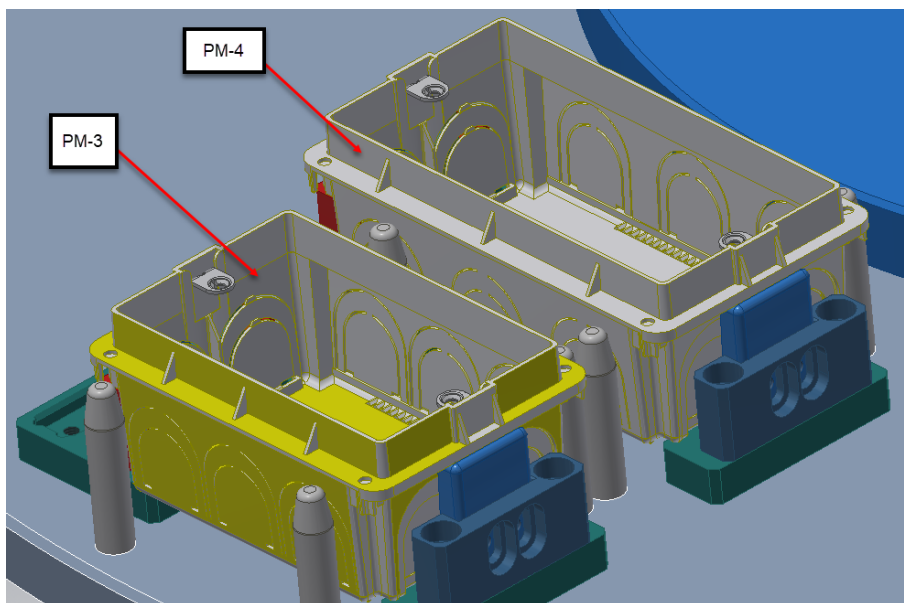
3.3.5 Odlaganje izdelkov na tekoči trak



Slika 10: Izhodni manipulator odlaganja kosov
(Lastni vir)

Izhodni manipulator odlaganja kosov avtomatsko pobere obe dozi, v kateri sta že bila vtisnjena kotnika, ter ju odloži na izhodni trak. Izhodni manipulator odlaganja kosov je prikazan na sliki 10.

Kljub dvema različnima velikostma doz je manipulator zasnovan tako, da prime lahko katero koli velikost doze brez prestavljanja sestavnih komponent.



Slika 11: Prikaz končnega produkta
(Lastni vir)

Na zgornji sliki je prikazano končno stanje obeh velikosti doz. Kotniki so vstavljeni ter zatakneni v dozi s pomočjo jezička (slika 11).

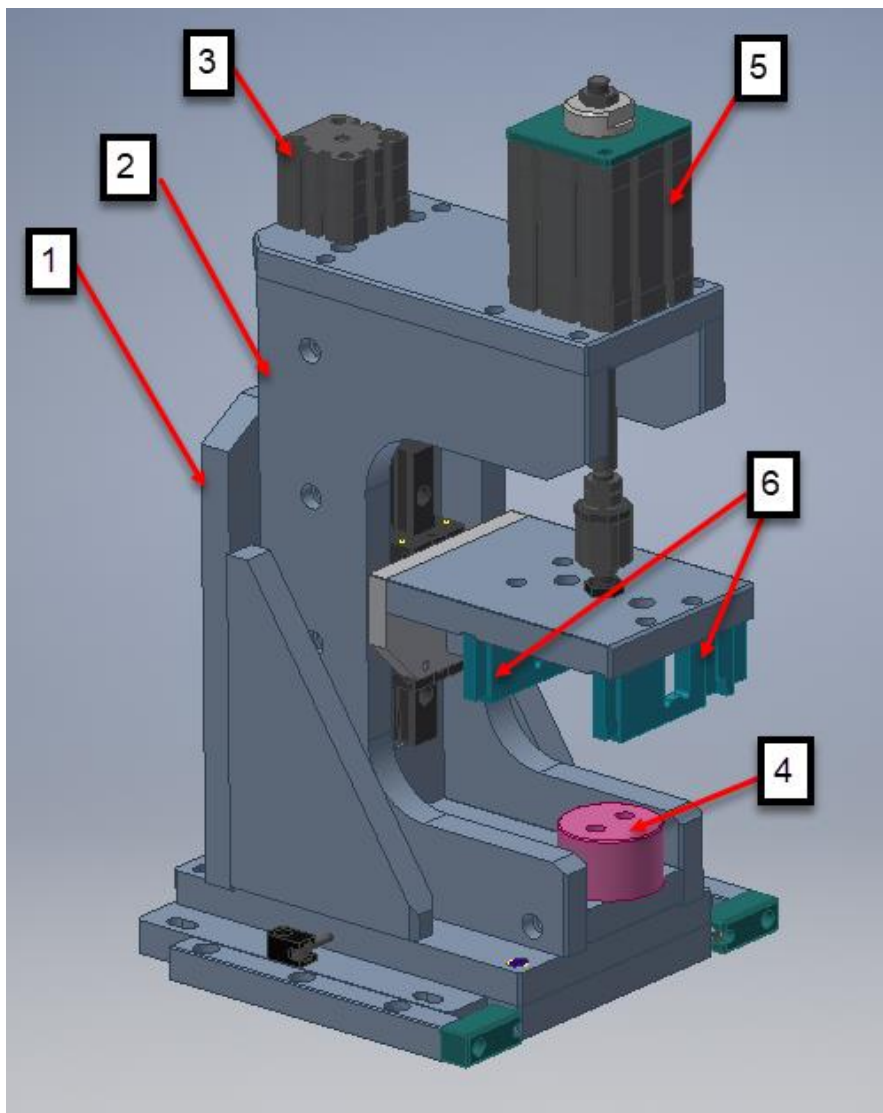
4 OBSTOJEČE STANJE

Stranka je podala povpraševanje po avtomatizaciji procesa vstavljanja kotnikov v doze. Do sedaj se je to delo izvajalo izključno ročno, kar je precej časovno zamudno ter iz vidika človeških virov drago. Z avtomatizacijo tega procesa bi lahko stranka koristila človeške vire, na drugih, pomembnejših delovnih mestih, ter proizvedla več sestavljenih doz v krajšem času z manjšimi stroški.

Izračun skrajšanja časov ni bil izveden. Pri stranki je bil izveden test s pomočjo štoparice. Najprej smo izmerili čas, ki ga je delavec potreboval za ročni vtisk kotnika v dozo. Delavec je v povprečju potreboval 15 sekund za vtisk kotnika. Nato smo s pomočjo štoparice izmerili čas vtiska kotnikov s strojem. Stroj je za posamezni vtisk potreboval manj kot 3 sekunde. Z avtomatizacijo procesa vstavljanja kotnikov smo celoten proces skrajšali na petino časa oziroma za 80 %.

5 PRAKTIČNI DEL

V tem poglavju se bomo posvetili konstrukciji stiskalne postaje.



Slika 12: Stiskalnica v skupnem sestavu
(Lastni vir)

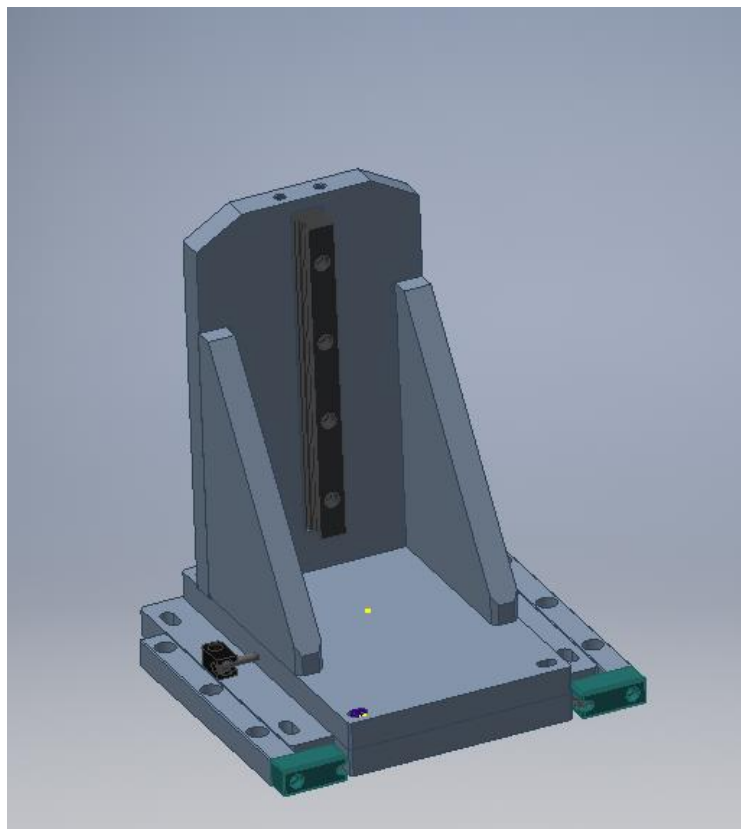
Po dosedanjih izkušnjah se nam je v podjetju izkazalo za cenovno ugodno ter zanesljivo rešitvijo, uporabiti tip stiskalnice, kot je prikazan na sliki 12.

Stiskalnica je sestavljena iz naslednji glavnih delov (prikaz na zgornji sliki):

- zunanje ohišje stiskalnice (pozicija 1),
- notranje ohišje stiskalnice (pozicija 2),
- dvizni cilinder (pozicija 3),

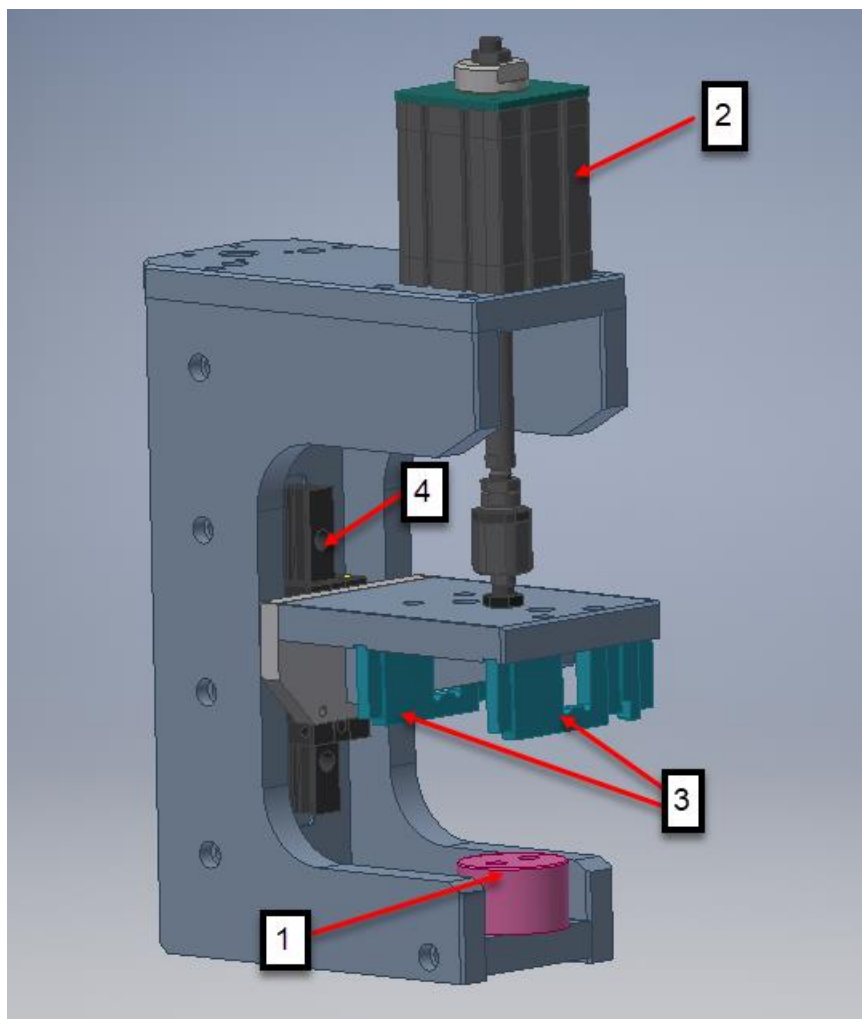
- podložna plošča (pozicija 4),
- delovni cilinder stiska (pozicija 5),
- orodje stiska (pozicija 6).

Stiskalnica deluje tako, da se najprej dvigne z dvižnim cilindrom notranje ohišje stiskalnice ter s tem podpre rotirajočo mizo surovcev. Za tem se delovni cilinder stiska iztegne ter z orodjem vtisne vse štiri kotnike na obeh ohišjih naenkrat.



*Slika 13: Zunanje ohišje stiskalnice
(Lastni vir)*

Na sliki 13 je prikazano zunanje ohišje stiskalnice. Zunanje ohišje stiskalnice služi lažjemu centriranju celotne postaje glede na obdelovance. Na zadnji plošči je vpeto tirno vodilo, ki vodi notranje ohišje stiskalnice pri dvigu ter spustu.



Slika 14: Notranje ohišje stiskalnice
(Lastni vir)

Na sliki 14 je prikazano notranje ohišje stiskalnice. Na notranjem ohišju stiskalnice je podložna plošča (pozicija 1), delovni cilinder stiska (pozicija 2), orodje stiska (pozicija 3) ter tirno vodilo orodja stiska (pozicija 4).

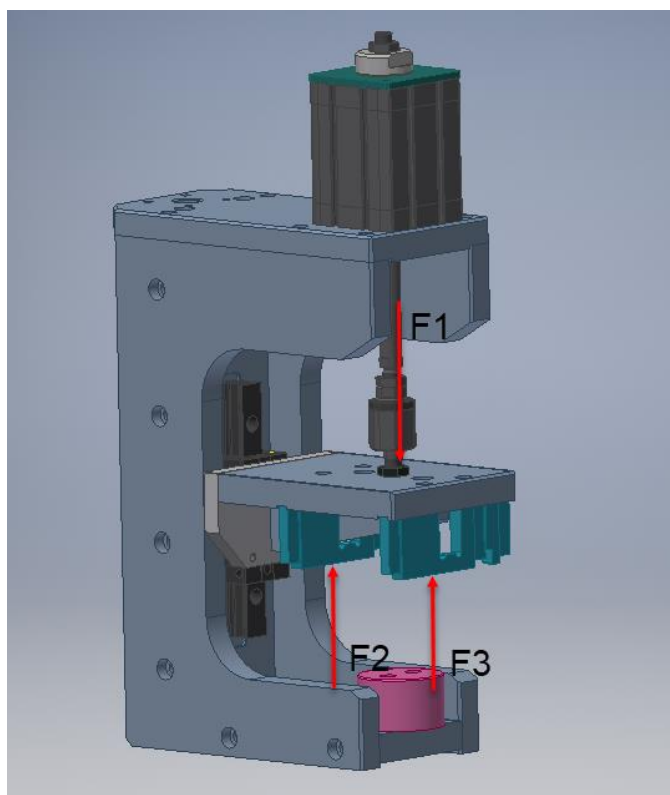
Za določitev potrebne sile vtiska vseh štirih kotnikov smo izvedli test, opisan v nadaljevanju.

Na namizno ročno stiskalnico smo vstavili dozo in ročno nastavili kotnike. Med ročno stiskalnico in kotnik smo postavili silomer (primer silomera je prikazan na sliki 15).



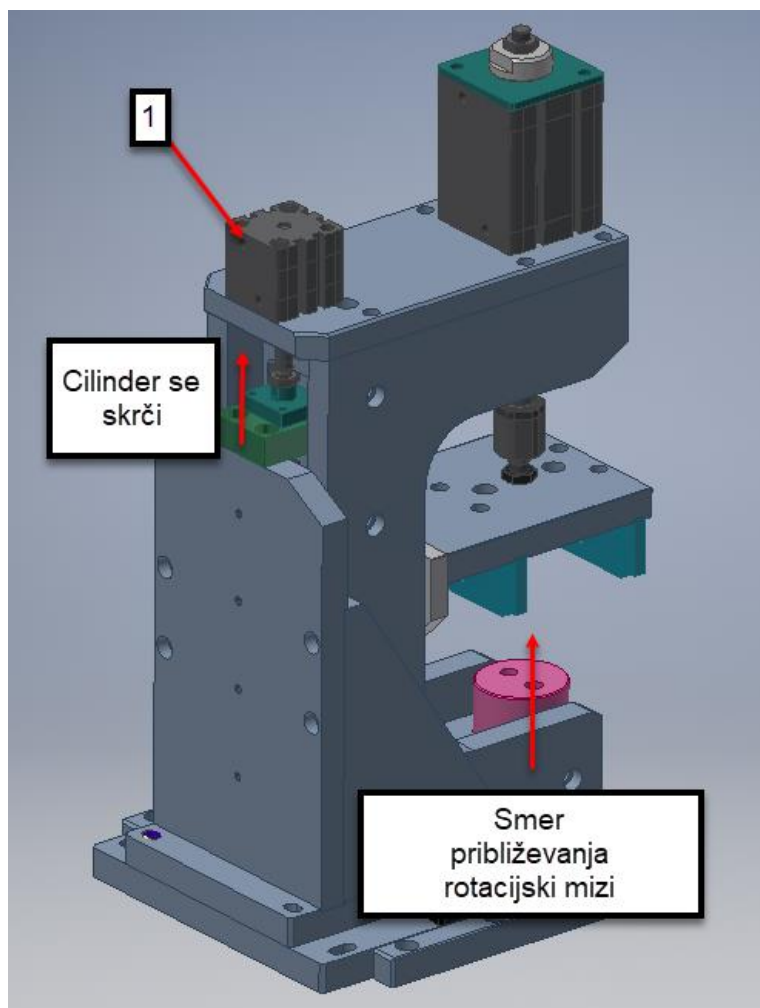
Slika 15: Primer uporabljenega silomera, proizvajalca Burster
(Vir: Burster, 2021)

S pomočjo ročne stiskalnice smo dodajali silo na kotnike. Ko je bil kotnik pravilno vstavljen v dozo, smo s pomočjo silomera odčitali uporabljeno silo in ugotovili, da je potrebna sila vtiska vseh štirih kotnikov približno 400 N. Ker smo v podjetju mišljenja, da je treba predimenzionirati same komponente vsaj dvakrat do trikrat, ker s tem podaljšamo življenjsko dobo samih komponent, smo izbrali cilinder s premerom bata 63 mm, saj po proizvajalčevih specifikacijah dosega silo 1.750 N pri tlaku 6 bar (Festo, 2021).



Slika 16: Prikaz sil
(Lasten vir)

Stiskalni cilindri so vpeti na orodje in stiska preko sklopke, tako onemogočimo, da bi prihajalo do zvitja batnice cilindra ter s tem podaljšamo življenjsko dobo izdelka. Orodje stiska je vodeno preko tira ter vozička. Ker se vse sile med seboj izenačijo (kot je prikazano na sliki 16), ne prihaja do momenta na vozičku, zato smo uporabili standardno najmanjšo velikost vozička 15 (Rexroth, 2021), saj je ta velikost enostavno dobavljiva.



Slika 17: Približevanje rotacijske mize
(Lastni vir)

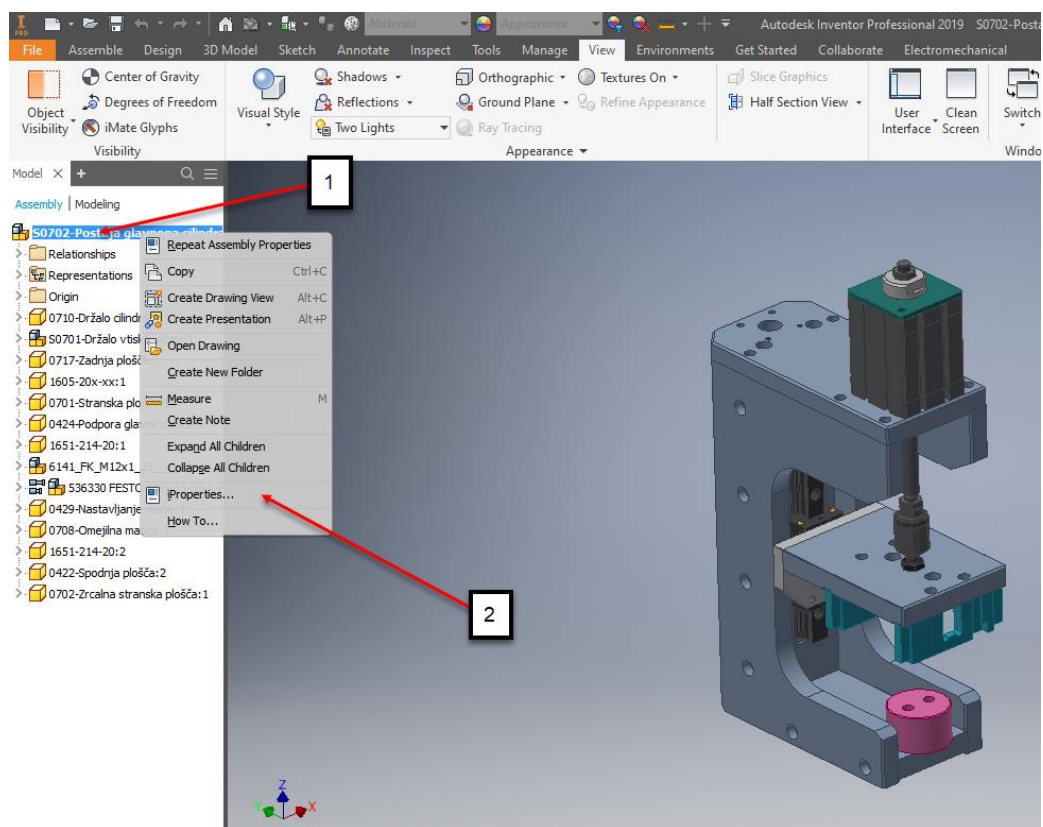
Ker je prihod kosov pod stiskalno postajo zagotovljen s strani rotacijske mize, je treba med rotacijo mize zagotoviti, da je postaja v spuščnem položaju. Približevanje rotacijske mize je prikazano na sliki 17.

Ko so novi obdelovanci pod stiskalno postajo, nam manjši cilindri (pozicija 1 na sliki 17) dvigne stiskalnico ter s tem nasloni ob rotacijsko mizo. Na takšen način zagotovimo, da se nobena sila stiskalnice ne prenese na rotacijsko mizo. Dvižni

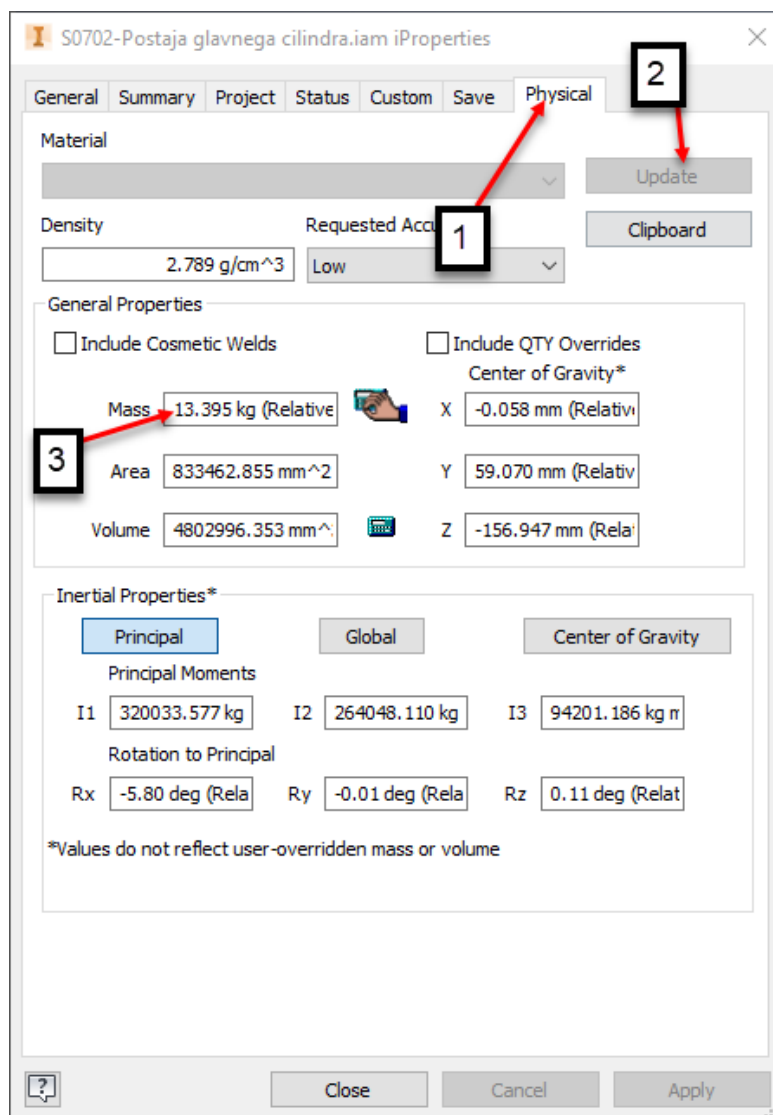
cilinder mora biti dovolj močan za premagovanje teže same stiskalnice. Težo stiskalnice ugotovimo preko vnosa pravih materialov v program za konstruiranje; ta program nam nato poda težo, ki znaša 13 kg.

Do teh podatkov v programu Autodesk Inventor pridemo po postopku:

- v programu odpremo pogled sestava, od katerega želimo pridobiti fizične podatke (na primer teža, volumen, center gravitacije ipd.);
- z desnim klikom na vrhu drevesne strukture odpremo pod meni (pozicija 1 na sliki 18);
- v podmeniju izberemo gumb »iProperties« (pozicija 2 na sliki 18);
- odpre se nam novo okno, v katerem izberemo zavihek »Physical« (pozicija 1 na sliki 19);
- če je to potrebno, kliknemo na gumb »Update« (pozicija 2 na sliki 19), da nam program osveži podatke o sestavi;
- preberemo podatek o teži sestava (pozicija 3 na sliki 19).



Slika 18: Prikaz, kako pridemo do okna iProperties
(Lastni vir)



Slika 19: Prikaz okna *iProperties* ter fizičnih atributov sestava
(Lastni vir)

Na podlagi teh podatkov smo uporabili cylinder s premerom bata 32 mm, saj po proizvajalčevih specifikacijah dosega silo pri vleku 415 N pri tlaku 6 bar (Duhovnik, 2021), (najpogosteje uporabljen nadtlak v proizvodnjah). Izbrani cylinder je hitro dobavljiv ter cenovno ugoden, poleg tega je to standardna dimenzija cilindra po ISO 21287 ter zamenljiva z drugimi proizvajalci cilindrov istega standarda. Kot je bilo povedano v uvodu, smo tudi pri izbiri cilindra izhajali iz mišljenja, da je komponente treba predimenzionirati, zaradi česar smo izbrali cylinder, ki lahko dvigne več kot trikratno težo sestava.

6 OSNOVNO UPRAVLJANJE Z NAPRAVO IN KONTROLA IZDELKOV

6.1 PRIPRAVA NA DELO IN VKLOP KRMILJA

6.1.1 Režimi delovanja stroja

Stroj, katerega sestava konstrukcije je predstavljena v tej diplomski nalogi, lahko deluje na tri različne načine, in sicer:

- avtomatski način,
- koračni način,
- ročni način.

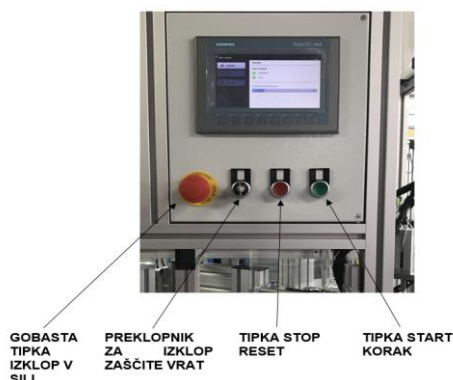
V **avtomatskem načinu** stroj deluje samodejno, pri čemer je treba posamezne doze ročno vstaviti. Na stroju simultano deluje 5 postaj; ena izmed teh je ročno vlagalno mesto.

Ko stroj deluje na **koračni način**, lahko operater stroja izbere bodisi koračni način delovanja vseh petih postaj hkrati bodisi koračni način delovanja posamezne postaje. Na ta način je mogoče izbrati le eno postajo, dve ali več.

Ročni način se uporablja le izjemoma, ob nastavljanju stroja. Ko stroj deluje v ročnem načinu, lahko operater stroja ročno premika vsako gibajočo se komponento stroja (npr. cilindre, rotacijsko mizo, izhodni trak itd.).

6.1.2 Krmilna omara

Stroj se upravlja preko krmilne omare, ki jo sestavljajo 4 tipke in uporabniški vmesnik (zaslon).



Slika 20: Krmilna omara z označbo tipk
(Lastni vir)

Na zgornji sliki je prikazana krmilna omara, preko katere se izvaja upravljanje stroja. V primeru potrebe po takojšnjem prenehanju delovanja stroja je treba pritisniti gobasto tipko za izklop v sili (skrajno leva tipka). S tem se delovanje stroja zaustavi tako, da se prepreči vhod energentov do posameznih komponent.

Tipka, poimenovana preklopnik za izklop zaščite vrat, za aktivacijo potrebuje ključ, ki ga ima le odgovorna oseba za stroj. Ko je tipka aktivirana (zasuk ključa v desno), se v primeru odprtja katerih koli vrat na stroju dovod zraka ne ustavi, prav tako ni preprečen dovod električne energije. Zaradi varnosti pri rokovanju s strojem se v primeru aktivacije preklopnika za izklop zaščite vrat lahko s strojem upravlja le na način ročnega in koračnega delovanja.

Tipka »stop reset« je praviloma namenjena ustavitvi delovanja stroja po zaključenih operacijah na posamezni postaji stroja. V primeru, da rdeča luč, vgrajena v tipko, gori, je prišlo do napake in je vrsto napake treba ugotoviti (izpis na zaslonu krmilne omarice) ter ustrezno odpraviti. Z enkratnim pritiskom na tipko se delovanje stroja zaustavi tako, da se zaključi trenutna izvajajoča se operacija. S pridržanjem tipke vsaj 3 sekunde se stroj ponastavi (»reset«) in se gibajoče komponente stroja postavijo v osnovni položaj. Tako se stroj pripravi na ponovni zagon po nastopu napake (in odpravi le-te).

Tipka »start korak« je namenjena zagonu stroja. Če je tipka osvetljena z zeleno lučjo, stroj deluje na avtomatičen način. V primeru, da tipka »start korak« utripa, pri čemer pa tipka »stop reset« ne utripa, stroj deluje na koračni način.

6.1.3 Priprava na delo in vklop krmilja

Za zagon stroja je treba natančno slediti naslednjim korakom:

1. na krmilni omari izvlečemo gobasto tipko za izklop v sili;
2. zapremo varnostno kabino stroja;
3. vključimo dovod zraka in moči s pritiskom tipke »start korak« na krmilni omari;
4. aktiviramo osnovni položaj stroja s pridržanjem tipke »stop reset« vsaj 3 sekunde;
5. počakamo, da se stroj postavi v osnovni položaj, nakar pritisnemo tipko »start korak« na krmilni omari.

Če varnostna kabina ni zaprta, se stroj ne bo odzval na kasnejše ukaze oziroma pritiske tipk.

6.1.4 Zaustavitev stroja in izklop krmilja

Pri zaustavljanju delovanja stroja je pomembno, da je stroj pri ustavitvi postavljen v osnovni položaj. Delovanje stroja ustavimo v osnovnem položaju tako, da pritisnemo

tipko »stop reset«. Ko je stroj v mirovanju in postavljen v osnovni položaj, se izklopi še krmilje tako, da se izklopi glavno stikalo na elektro omari, ki se nahaja na dnu stroja.

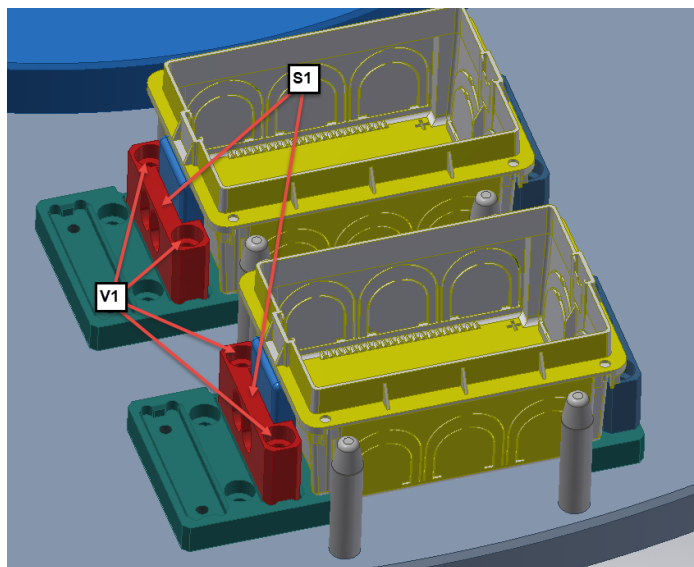
6.2 KONTROLA IZDELKOV STROJA

Kontrola izdelkov se ne izvaja na stroju, ki je le del proizvodne linije, ampak na koncu proizvodne linije.

7 MENJAVA ORODIJ IN NASTAVLJANJE NAPRAVE

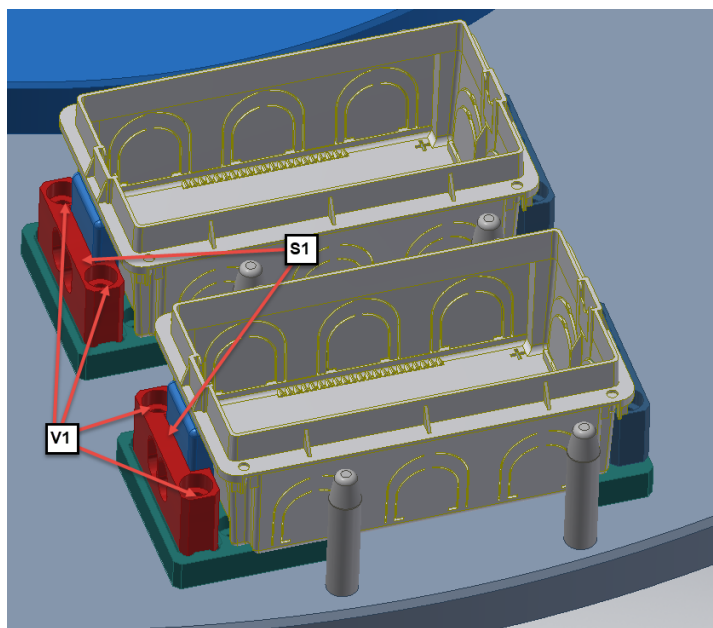
7.1 MENJAVA ORODIJ

Naprava je projektirana za več variant izdelka. Naprava omogoča vtiskovanje kotnikov v dozi PM-3 ter PM-4.



Slika 21: Pridržala za pozicijo PM-3
(Lastni vir)

V primeru, da vtiskujemo kotnike v dozo PM-3, uporabimo zgoraj prikazano postavitev pridržal. Odvijemo vijake V1 ter prestavimo sestav S1 v za-to namenjen izrez skrajno desno. Namen sestava S1 je v pridrzanju doze, ki potuje skozi operacije na stroju ter lažji vstavitvi doze s strani delavca.



Slika 22: Pridržala za pozicijo PM-4
(Lastni vir)

V primeru, da vtiskujemo kotnike v dozo PM-4, uporabimo zgoraj prikazano postavitve pridržal. Odvijemo vijake V1 ter prestavimo sestav S1 v za to namenjen izrez skrajno levo.

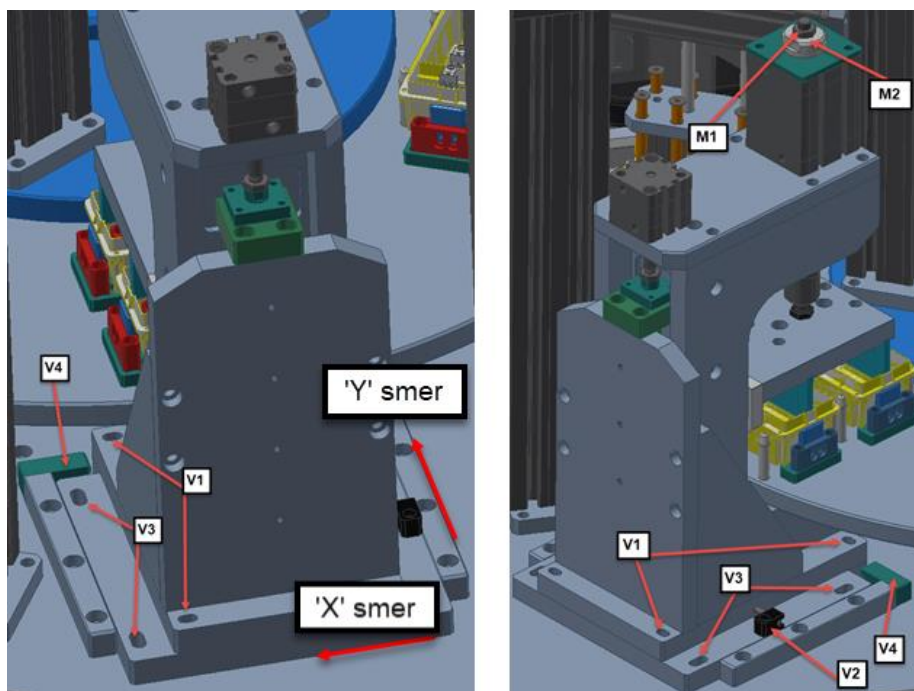
Zaradi različnih velikosti doz je pomembno, da je delavec, ki vstavlja posamezne doze, pozoren na postavitve sestava S1.

7.1.1 Nastavljanje stroja

V primeru normalnega delovanja in ponovljivosti vstopnega materiala ni potrebe po nastavljanju postaj. V primeru premaknitve je treba nastaviti vtiskovanje kotnikov na način, opisan v točki 7.1.2.

7.1.2 Poravnano vtiskovanje kotnikov

V primeru, da je prišlo do spremembe na vhodnem materialu, tj. doza ali kotnik, je treba nastaviti postajo vtiskovanja kotnikov. Sprememba na vhodnem materialu je lahko npr. posledica obrabljenosti kalupa na vbrizgovalnem stroju doz, materiala slabše kakovosti, nepravilnega rokovanja z materialom do vstavitve v stroj.



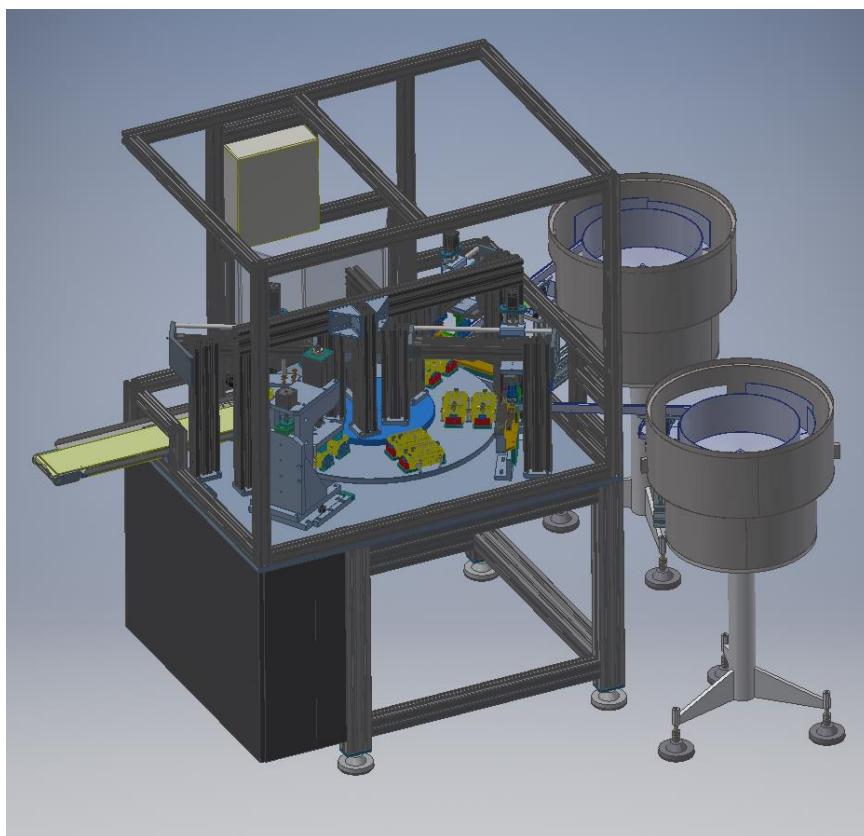
Slika 23: Nastavljanje postaje vtiskovanja kotnikov
(Lastni vir)

Nastavljanje postaje vtiskovanja kotnikov je razvidno iz zgornje slike.

V primeru **nastavljanja višine vtiskovanja** odtisnemo matico M1 in sučemo matico M2. Če želimo dvigniti višino vtiskovanja, matico M2 sučemo v smeri urinega kazalca. Če pa želimo višino vtiskovanja znižati, matico M2 sučemo v nasprotni smeri urinega kazalca. Ko je zelena višina nastavljena, se matica M1 zatisne; med tem se matica M2 pridrži na zeleni poziciji.

V primeru, da želimo nastaviti **poravnanost vtiskovanja v 'X'-smeri**, približamo vijak V2 do naslona (črne barve na skici), odtisnemo vse štiri vijake V1 in nato sučemo vijak V2 v zeleni smeri. Za približevanje sučemo vijak V2 v smeri urinega kazalca; za oddaljevanje pa sučemo vijak V2 v nasprotni smeri urinega kazalca. Ko dosežemo zeleno pozicijo postaje vtiskovanja kotnikov, zatisnemo vse štiri vijake V1.

V primeru, da želimo nastaviti **poravnanost vtiskovanja v 'Y'-smeri** ponovimo navodila v zgornjem odstavku, vendar približujemo vijaka V4 do naslona (zeleno barve na skici), odtisnemo vse štiri vijake V3 in nato sučemo vijaka V4 v zeleni smeri. Za približevanje sučemo vijaka V4 v smeri urinega kazalca; za oddaljevanje pa sučemo vijaka V4 v nasprotni smeri urinega kazalca. Ko dosežemo zeleno pozicijo postaje vtiskovanja kotnikov, zatisnemo vse štiri vijake V3.



Slika 24: Zaključen stroj
(Lastni vir)

8 VZDRŽEVANJE STROJA

Vzdrževanje obsega vrsto različnih dejavnosti, ki imajo za cilj doseči čim višjo operativno razpoložljivost tehničnih sistemov za proizvodnjo ob čim nižjih stroških. Vzdrževanje delimo na (i) preventivno, ki vključuje tekoče vzdrževanje in na (ii) kurativno vzdrževanje (Drstvenšek, 2006).

Preventivno vzdrževanje predstavljajo dejavnosti za ohranitev stanja, v katerem se sredstva trenutno nahajajo, in obsega, med drugim:

- nadzor naprave in
- oskrbo naprave.

Naključno vzdrževanje je kurativno vzdrževanje, tj. vzdrževanje, ki ga je mogoče opraviti samo po odpovedi delovnega sredstva. Preventivno vzdrževanje pa je vzdrževanje, ki se lahko izvaja med samim obratovanjem stroja oziroma po njegovi ustavitvi po nekem časovnem razporedu in obsegu dela (Drstvenšek, 2006).

8.1 VZDRŽEVANJE STROJA

V nadaljevanju je v tabeli 1 prikaz opravil, ki jih mora uporabnik stroja opraviti za redno vzdrževanje stroja. Prikazana opravila spadajo med tekoče vzdrževanje in ne zajemajo primera naključnega vzdrževanja, saj se vzdrževalna opravila opravijo na vseh opisanih komponentah in v točno določenih časovnih obdobjih.

Kratek opis dela	Pogostost
Splošno čiščenje stroja (po potrebi pogosteje) Kontrolirati delovanje signalnih tipk, svetilk, preklopnikov in končnih stikal	8 ur
Kontrola glušnikov	600 ur
Kontrola zategnjenosti vseh vijakov na stroju Kontrola ležajev in osi Kontrola zategnjenosti uvodnic in kontaktnih spojev Natančno čiščenje elektro omarice	2000 ur
Menjava glušnikov Menjava mikro filtra v pripravnici	4000 ur

*Tabela 1: Prikaz opravil za redno preventivno vzdrževanje
(Lastni vir)*

8.1.1 Vzdrževanje na 8 ur

Po 8 urah delovanja stroja je treba izvesti naslednje vzdrževanje:

- očistiti napravo s suho krpo ali rahlo navlaženo v razredčenem detergentu, pri čemer je treba paziti, da se naprave ne poliva z vodo. Prav tako se naprave ne sme izpihovati z zrakom;
- očistiti selektorja kotnikov;
- preveriti delovanje vseh tipk na krmilni omari, signalnih lučk in končnih stikal. V primeru ugotovitve, da je prišlo do okvare, je treba izvesti zamenjavo okvarjenih komponent pred ponovno uporabo stroja.

8.1.2 Vzdrževanje na 600 ur

Po 600 urah delovanja stroja je treba izvesti naslednje vzdrževanje:

- kontrolirati pretočnost glušnikov na ventilskem otoku. V primeru ugotovitve, da je prišlo do okvare, je treba izvesti zamenjavo okvarjenih komponent pred ponovno uporabo stroja;
- kontrolirati vse vodnike (npr. kable, pnevmatske cevi ipd.) zaradi morebitnih poškodb. V primeru ugotovitve, da je prišlo do okvare, je treba izvesti zamenjavo okvarjenih komponent v celoti pred ponovno uporabo stroja.

8.1.3 Vzdrževanje na 2000 ur

Po 2000 urah delovanja stroja je treba izvesti naslednje vzdrževanje:

- z ustreznim orodjem preveriti, če so na pripravi vsi vijaki pravilno zategnjeni;
- kontrolirati zategnjenost uvodnic pri kablovju in kontaktnih spojev v krmilni in elektro omari ter izven njiju, kakor tudi na signalnih lučkah in tipkah;
- kontrolirati pojavnost morebitne oksidacije spojev v krmilni in elektro omari in izven njiju, kakor tudi na signalnih lučkah in tipkah;
- natančno očistiti elektro omarico s sesalcem in mehko suho krpo.

8.1.4 Vzdrževanje na 4000 ur

Po 4000 urah delovanja stroja je treba izvesti naslednje vzdrževanje:

- zamenjati vse glušnike na ventilskem otoku;
- zamenjati mikro filter v pripravnici za zrak.

9 ZAKLJUČKI

Stroj za sestavo doze PM-3 ter PM-4 je bil uspešno izdelan tako v virtualnem okolju kot kasneje v fizični obliki. Ker je bila zahteva stranke, da je stroj polavtomatski, je bilo lažje opraviti predhodne raziskave z namenom identifikacije načina, kako zagotoviti pravilno vstavitev posamezne stenske doze, izbire posameznega kotnika in določitve najboljšega načina za vtisk izbranih kotnikov v določene stenske doze, saj se je pri ključnih korakih pri vtiskovanju kotnikov lahko minimiziralo človeški faktor in bistveno bolj upoštevalo natančnost stroja.

Na podlagi opravljenih praktičnih preizkusov obnašanja posameznega dela stenske doze smo preverili delovanje konstruiranega stroja in natančneje določili potrebno silo vtiska vseh 4 kotnikov. Ker smo v podjetju mišljenja, da je treba komponente predimenzionirati, smo slednje določili ob upoštevanju rezultatov, pridobljenih s praktičnimi preizkusi.

Konstruirani stroj je izpolnil vse strankine zahteve in je bil uspešno predan stranki.

10 LITERATURA IN VIRI

Burster (2021). 8532-9186. Pridobljeno 27. marec 2021 z naslova <https://www.burster.com/en/load-cells/p/detail/8532-9186>.

Drstvenšek, I. (2006). *Vzdrževanje v poindustrijski dobi, v luči standarda SIST EN 13306*. Pridobljeno 14. februar 2021 z naslova <http://www2.arnes.si/~sspjeme/CPIvzdrzevanje13306.pdf>.

Duhovnik, J. *Razvojno-konstruktivski proces*. Pridobljeno 14. februarja 2021 z naslova http://ns1.lecad.si/education/predmeti/gradivo/metodika-konstr/MK-4-RK_proces_detajli_Duhovnik_VDI_2221_model.pdf.

Festo. 2021. *Compact cylinders ADN/AEN, to ISO 21287*. Pridobljeno 14. februarja 2021 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/data/doc_engb/PDF/EN/ADN_EN.PDF.

Groover, M. P. (2007). *Automation*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Rexroth. (2021). *Liner guides*. Pridobljeno 13. februarja 2021 z naslova https://www.boschrexroth.com/en/us/products/direct-entry?cat=global-portfolio&language=en&m=XC&u=si&o=portal&p=g252671?cat=global-portfolio&language=&m=XC&u=im&o=portal&p=g252671&pi=08693EB4-A2B9-BF4B-FA7EB039157F2FAD_IC_82.

Sabalič Inženiring. (2021). *Prototipna strojegradnja*. Pridobljeno 13. februarja 2021 z naslova <https://www.sabalic.com/>.

Vagia, M., Transeth, A. A. in Fjerdings, S. A. (2016). A literature review on the levels of automation during the years. What are the different taxonomies that have been proposed? *Applied Ergonomics*, 53(A), 190–202.