

Nadogradnja tehnološkog procesa štancanja lima u proizvodnji aluminijskih vrata

Gorupić, Patrik

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:717752>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Patrik Gorupić

Zagreb, 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Zdenka Keran

Student:

Patrik Gorupić

Zagreb, 2025.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se profesorici Zdenki Keran na pruženoj pomoći prilikom pisanja završnog rada. Posebna zahvala ide mojoj obitelji, prijateljima, kolegama i Mariji koji su mi uvelike olakšali dosadašnji studentski život. Također, zahvaljujem se i firmi Consisto d.o.o. gdje sam imao priliku mnogo toga naučiti te u konačnici i izraditi ovaj završni rad.

Patrik Gorupić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika



Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 25 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Patrik Gorupić** JMBAG: **0035232387**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Nadogradnja tehnološkog procesa štancanja lima u proizvodnji aluminijskih vrata**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Improvement of the technological process of sheet metal stamping in the production of aluminum doors**

Opis zadatka:

Proizvodni proces štancanja predstavlja važnu fazu u proizvodnji aluminijskih vrata i stolarije. Koristi se kod probijanja otvora jednostavnih i složenih geometrija, potrebnih za ugradnju drugih komponenti. Točnost izvođenja ove proizvodne faze igra ključnu ulogu u postizanju odgovarajućeg standarda preciznosti i funkcionalnosti proizvoda.

U radu je potrebno opisati tehnološki proces štancanja na primjeru proizvodnje aluminijskih vrata. Opisati stroj koji se primjenjuje. Proračunati silu štancanja za odabrani primjer proizvodnje. Nadalje, posebnu pažnju potrebno je obratiti na načine pozicioniranja obradaka na alatu stroja. Uočiti probleme koji se pojavljuju prilikom pozicioniranja. Preporučiti moguće nadogradnje tehnološkog procesa u smislu unaprjeđenja postupaka pozicioniranja obradaka kako bi se poboljšala preciznost operacije štancanja.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2024.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Zdenka Keran

Datum predaje rada:

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.
 2. rok: 10. i 11. 7. 2025.
 3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.
 2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025.
 3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

Sadržaj

POPIS SLIKA.....	I
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
1. UVOD.....	1
2. EKSCENTAR PREŠE	4
3. ŠTANCANJE.....	6
3.1. Postupci rezanja	7
3.2. Proces rezanja na štancama.....	10
3.3. Podjela štanci za rezanje.....	12
3.3.1. Štance s vođenjem žiga.....	14
3.3.1. Štance s vodećim stupovima	15
4. ALUMINIJ	18
4.1. Elokiranje	18
4.2. Sistem profila 45 MILL	19
5. PROCES IZRADE ALUMINIJSKIH VRATA I PRORAČUN.....	21
5.1. Proces izrade aluminijskih vrata	21
5.2. Proračun sila prosijecanja i probijanja.....	27
6. NADOGRADNJA TEHNOLOŠKOG PROCESA.....	29
ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA	36
PRILOZI.....	37

POPIS SLIKA

Slika 1. Princip rada ekscentar preše [1]	1
Slika 2. Alati za štancanje presvučeni sa TiN [3]	2
Slika 3. Štanca za prosijecanje i probijanje [2]	3
Slika 4. Primjer ekscentar preše korištene u automobilskoj industriji [8]	5
Slika 5. Izrezivanje [10].....	8
Slika 6. Odrezivanje [10]	8
Slika 7. Probijanje [10].....	8
Slika 8. Dorezivanje [10]	9
Slika 9. Zarezivanje [10].....	9
Slika 10. Obrezivanje i krzanje [10].....	9
Slika 11. Probijanje i kalibriranje.....	10
Slika 12. Prvi stupanj rezanja materijala	10
Slika 13. Drugi stupanj rezanja materijala.....	11
Slika 14. Treći stupanj rezanja materijala.....	11
Slika 15. Četvrti stupanj rezanja materijala	12
Slika 16. Podjela štanci za rezanje prema broju rezova	13
Slika 17. Podjela štanci za rezanje prema načinu vođenja žiga	14
Slika 18. Standardizirani oblici kućišta za štance	16
Slika 19. Štanca sa vodećim stupovima [11]	17
Slika 20. 45 MILL [14].....	20
Slika 21. Dimenzije i specifikacija profila M45-714 [15].....	21
Slika 22. Štanca s vodećim stupovima – Feal.....	22
Slika 23. Popis i prikaz namjena štancanja na štanci	22
Slika 24. Dimenzije okapnice [15]	23
Slika 25. Okapnica sa čepovima [16].....	24
Slika 26. Spajanje profila kutnicima pod kutem od 90° [16].....	25
Slika 27. Spajanje profila veznikom [16]	26
Slika 28. Detalj ugradnje kutnog umetka centralne brtve [16]	26
Slika 29. Sila prosijecanja kao funkcija apsolutne dubine prodiranja prosjekača [2].....	27
Slika 30. Pojednostavljeni prikaz rješenja za dodavanje materijala na štancu:	30
Slika 31. Model podesivog stalaka.....	31

Slika 32. Prikaz stalka u svojoj funkciji tokom štancanja	32
Slika 33. Model podesivog stola s vodilicama.....	33

SAŽETAK

Tema ovog rada je nadogradnja tehnološkog procesa štancanja na primjeru aluminijskih vrata. Aluminijska vrata i stolarija postaju sve popularniji i češći odabir naspram PVC i drugih opcija ne samo u poslovnim prostorima i objektima već i na kućama i domovima. Osim estetskih razloga, dugoročnost aluminija igra presudnu ulogu u tome odabiru.

U prvom dijelu opisan je tehnološki proces štancanja; općenito kako proces funkcionira, njegove podjele, vrste rezanja, vrste strojeva itd. Naglašena je važnost štancanja kao dio procesa u velikoserijskoj proizvodnji budući da se tada najviše osjete prednosti ovog procesa.

Konkretno, sve opisano usmjerava se prema štancanju aluminija odnosno aluminijskih profila za izradu aluminijskih vrata. Samo štancanje zahtjeva točnost i preciznost, posebice kada se rade aluminijska vrata budući da sve mora biti izrazito točno kako bi profili, kutnici, veznici i ostali spojni elementi mogli fino sjesti jedno s drugim.

Na kraju rada predloženo je jedno od rješenja za poboljšanje procesa koje bi doprinijelo zahtijevanoj preciznosti, smanjilo mogućnost greške i na kraju olakšalo radniku posao.

Ključne riječi: *štancanje, aluminijska vrata, točnost*

SUMMARY

The topic of this thesis is the upgrade of the technological process of stamping on the example of aluminum doors. Aluminum doors and joinery are becoming increasingly popular and a more frequent choice over PVC and other options not only in commercial spaces and facilities but also in houses and homes. In addition to aesthetic reasons, the long-term durability of aluminum plays a crucial role in this selection.

In the first part, the technological process of stamping is described; in general, how the process works, its divisions, types of cutting, types of machines, etc. The importance of stamping as a part of the process in large-scale production was emphasized, since this is when the advantages of this process are felt the most.

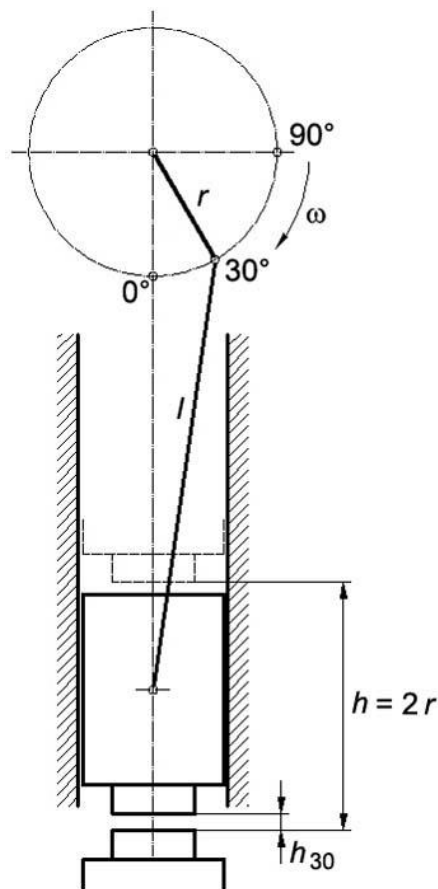
In particular, everything described is directed towards the stamping of aluminum or aluminum profiles for the production of aluminum doors. Stamping itself requires accuracy and precision, especially when making aluminum doors, since everything has to be extremely accurate so that the profiles, corners, connectors and other connecting elements can sit perfectly with each other.

At the end of the paper, one of the solutions for improving the process was proposed, which would contribute to the required precision, reduce the possibility of mistakes and ultimately make the worker's job easier.

Key words: *stamping, aluminum door, accuracy*

1. UVOD

Štancanje kao jedna od metoda obrade metala bez odvajanja čestica vrlo je zastupljena u današnjoj industriji. Štanca je alat za štancanje koji se postavlja na ekscentarsku prešu, a ekscentarska preša na koju se postavi alat za štancanje također se naziva stanca. Glavna karakteristika ekscentarskih preša, u ovom slučaju štanci, je mali hod nazivne sile i veliki iznos sile. Ekscentarske preše koje se koriste za štancanje imaju specifičnu namjenu. Zbog relativno malog radnog hoda najčešće se ne koriste za kovanje, nego za operacije prosijecanja, probijanja, izrezivanja, odrezivanja i sl.



Slika 1. Princip rada ekscentar preše [1]

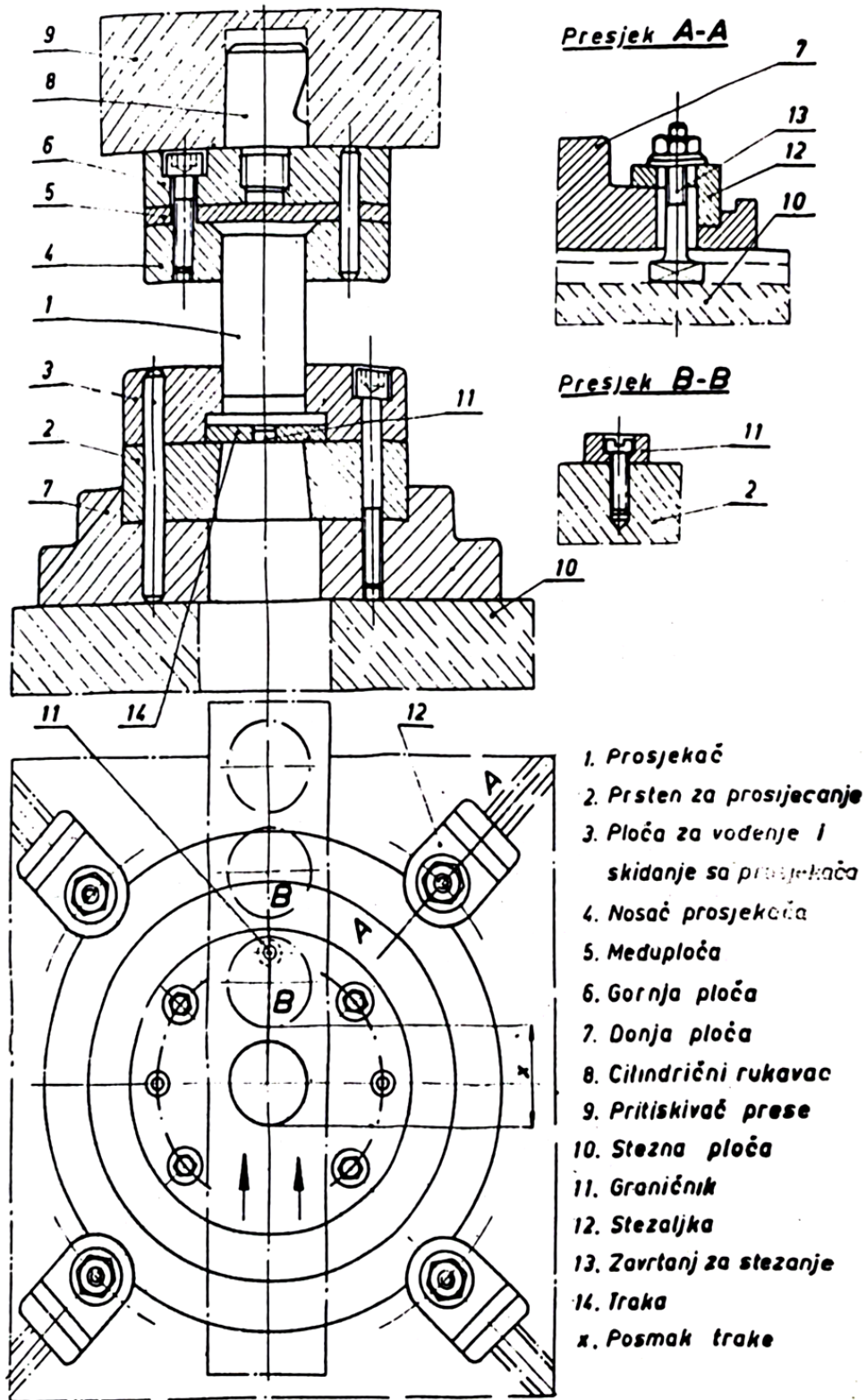
Kod operacija prosijecanja i probijanja, materijal se razdvaja po zatvorenoj konturi. Razlika između prosijecanja i probijanja je u tome što je kod prosijecanja prosječna jezgra radni komad, a ostalo otpad dok je kod probijanja obrnuto. Alat za probijanje i prosijecanje radi na istom principu kao i škare osim što se u ovom slučaju materijal razdvaja po zatvorenoj konturi, prema obliku komada [2].

Alati za štancanje uglavnom se izrađuju od alatnih čelika, a često su presvučeni raznim premazima kako bi alatu produljili vijek trajanja i smanjili trošenje na minimum. Među takvim premazima posebno se ističe titanov nitrid (TiN) zbog svojih odličnih svojstava i stabilne kvalitete filma [3].



Slika 2. Alati za štancanje presvučeni sa TiN [3]

Štanca (prosječač na slici 3.) je učvršćena u nosač štanice tako da joj je gornji dio raskovan. Kako bi se povećala površina koja prenosi silu probijanja te da bi se smanjio površinski pritisak, kaljeni prosječač se ne naslanja na gornju ploču nego na kaljenu međuploču. Gornji dio alata spojen je s pritiskivačem preše preko rukavca. Donji sklop alata sastoji se od: prstena za prosijecanje, ploče za vođenje, graničnika i donje ploče. I gornji i donji sklopovi se povezuju vijcima i osiguravaju zaticima. Slika 3. prikazuje štancu za prosijecanje i probijanje [2].



Slika 3. Štanca za prosijecanje i probijanje [2]

2. EKSCENTAR PREŠE

Suvremena tehnologija oblikovanja deformiranjem od teorije ne očekuje samo razradu metoda analize procesa, nego i kompleksna rješenja problema proizvodnje najviše kvalitete uz najmanje troškove. Razvoj je u početku išao u dva razdvojena pravca. U prvom su istraživani postupci oblikovanja deformiranjem metodama mehanike kontinuuma i teorije plastičnosti kao mehaničko – matematički pristup. To je omogućilo izračunavanje sile i rada deformiranja uloženog u proces, što je ključni strojarski problem za izbor i dimenzioniranje stroja kao i za projektiranje tehnološkog procesa. Međutim, teorija plastičnosti nije mogla dati odgovore na važna pitanja tehnologije. Tako se tek kasnije fizikalnim postupkom omogućilo razumijevanje nastanka i tijeka plastične deformacije, određivanje otpora deformaciji i samoj sposobnosti materijala da bude deformiran. Na taj način je započelo dublje razumijevanje plastičnih deformacija koje su produkt korištenja ekscentarskih preši [4].

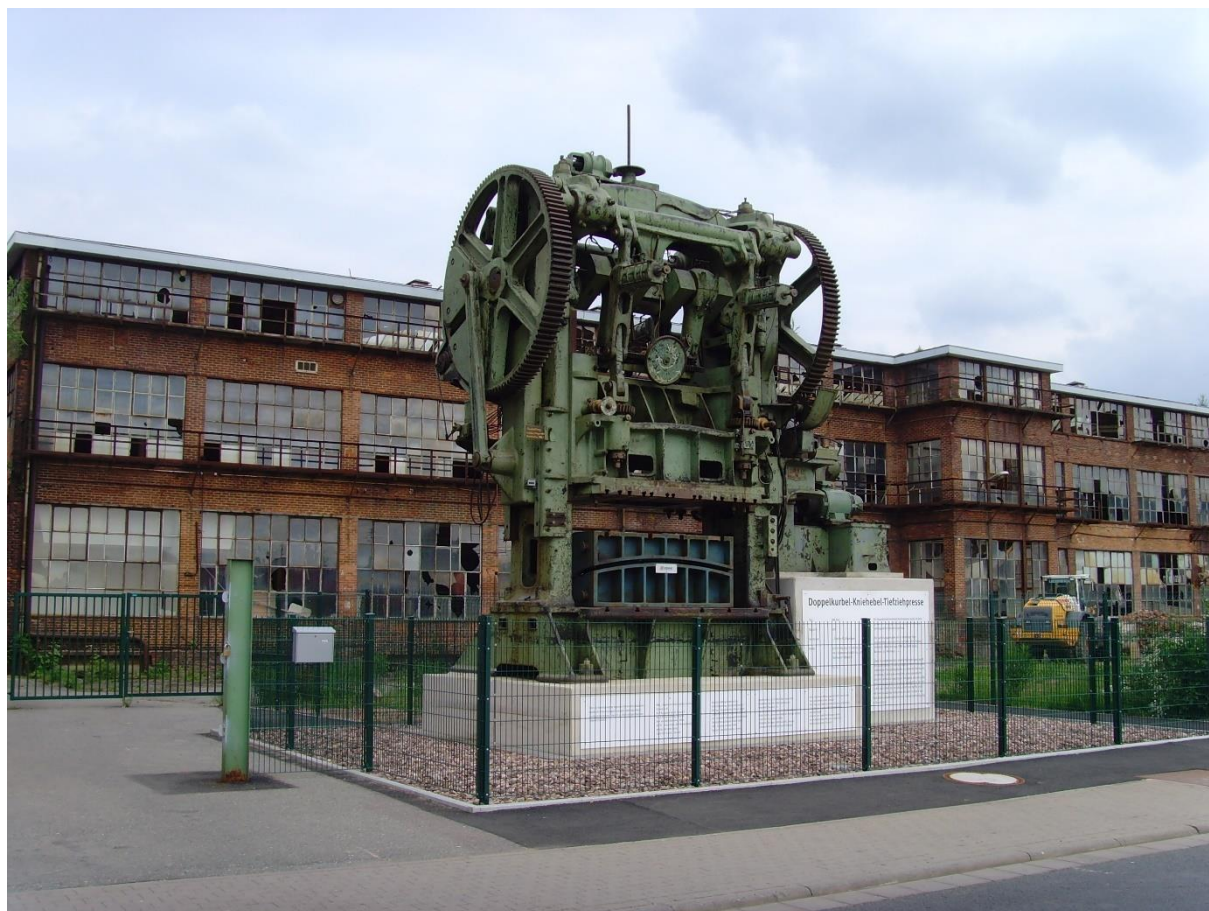
Ekscentarsko vratilo koje se koristi za prijenos gibanja na malj ekscentarske preše ima svrhu pretvaranja kružnog u pravocrtno gibanje, pri čemu se malj giba pravocrtno te naizmjenično udaljuje i približuje osi vrtnje. Na strojevima i u mehanici općenito, ekscentar se koristi za pretvorbu kružnog u pravocrtno gibanje [5].

Preše su, s druge strane, strojevi za sabijanje, probijanje, tiskanje, sječenje, kovanje i druge vrste obrada kod kojih se primjenjuje velika sila na relativno malom putu. Način rada baziran je na sabijanju materijala pomoću pokretnog alata s okomitim vođenjem dok se predmet nalazi na stabilnom i fiksnom postolju. Nekoliko prednosti u radu sa prešama su tih i miran rad te ravnomjerno sabijanje [6].

Preše su prvenstveno namijenjene tlačnom opterećenju obratka odnosno njegovoj deformaciji pravocrtnim gibanjem alata. Jedan od jednostavnijih primjera bila bi drvena preša sa navojnim vretenom koja se koristi za cijedenje grožđa, ulja i slično. Razvojem industrije i raznim potrebama tržišta razvijeno je nekoliko konstrukcijski i namjenski drugačijih preša. Tako možemo razlikovati preše prema izvedbi, primjerice hidrauličke, vretenaste ili mehaničke [7].

Shodno svemu; ekscentarske preše su preše koje svoje pravocrtno gibanje dobivaju kroz koncept ekscentra. Generalno se koriste za brzo kovanje predmeta manjih dimenzija, međutim

to ne mora uvijek biti tako. Takve preše se sastoje od kućišta u kojem se nalazi vratilo, klipnjače, klizača i bata.



Slika 4. Primjer ekscentar preše korištene u automobilskoj industriji [8]

3. ŠTANCANJE

Štancanje je jedan od ključnih i najzastupljenijih tehnoloških procesa obrade materijala deformacijom, koji se koristi u raznim granama industrije. Ovaj proces omogućuje brzo, precizno i ekonomično oblikovanje lima u različite oblike i dimenzije te minimalan otpad, što ga čini nezamjenjivim u serijskoj i masovnoj proizvodnji. Razvojem tehnologije razvija se i samo štancanje koje prati zahtjeve suvremene industrije, pa tako i u proizvodnji aluminijskih vrata gdje su preciznost i točnost od iznimne važnosti.

Štancanje je obrada materijala bez odvajanja čestica postupcima rezanja ili trajne deformacije. Alat koji se koristi u procesu naziva se štanca, a služi za razdvajanje, spajanje ili deformiranje materijala.

Zbog mogućnosti obrade metala (čelični, aluminijski i ostali limovi) i nemetala (koža, guma i slični nemetali) te obrade sirovaca raznih debljina (ploče, trake, vrpce itd.), štance pronalaze široku primjenu u industriji.

Kada je riječ o odabiru strojeva, ovisno o potrebama, oblikovanje se može vršiti ručnom snagom, prešama s ručnim pogonom ili posebnim prešama s motornim pogonom. S obzirom na to da se štance najviše koriste u velikoserijskoj proizvodnji, najčešće su u primjeni ekscentarske preše s motornim pogonom. U praksi se često te preše također nazivaju štance, zbog toga treba pripaziti da li se pod nazivom štanca govori o stroju ili alatu [9].

Zbog visoke cijene i složenosti stroja i alata, štancanje se uglavnom koristi u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji. Uz odgovarajuće parametre i uvjete rada (materijal, toplinska obrada reznih dijelova alata) moguće je jednim alatom izraditi i nekoliko stotina tisuća komada.

Posluživanje alata je jednostavno, vrijeme izrade jednog izratka je vrlo kratko te iznosi sedam do deset puta manje nego pri obradi odvajanjem čestica. Točnost izratka je unutar konstruktivnih zahtjeva i može se bez teškoća postići točnost IT11 do IT9 [9].

Štance se mogu uspješno upotrijebiti kod proizvodnje izradaka razne veličine, od kotačića za ručne satove do karoserija za automobile. Postupak izrezivanja može se primijeniti na limovima do 25 mm debljine, postupak probijanja na limovima do 30 mm debljine, a postupak savijanja na limovima do 100 mm debljine. Alat se može izraditi za različitu točnost izradaka. Postavljeni uvjeti na veličinu serije, trajnost i točnost imaju odlučujući utjecaj na konstrukcijsko rješenje, materijal, izradu i cijenu alata [9].

Prema načinu rada štanice možemo podijeliti u dvije skupine:

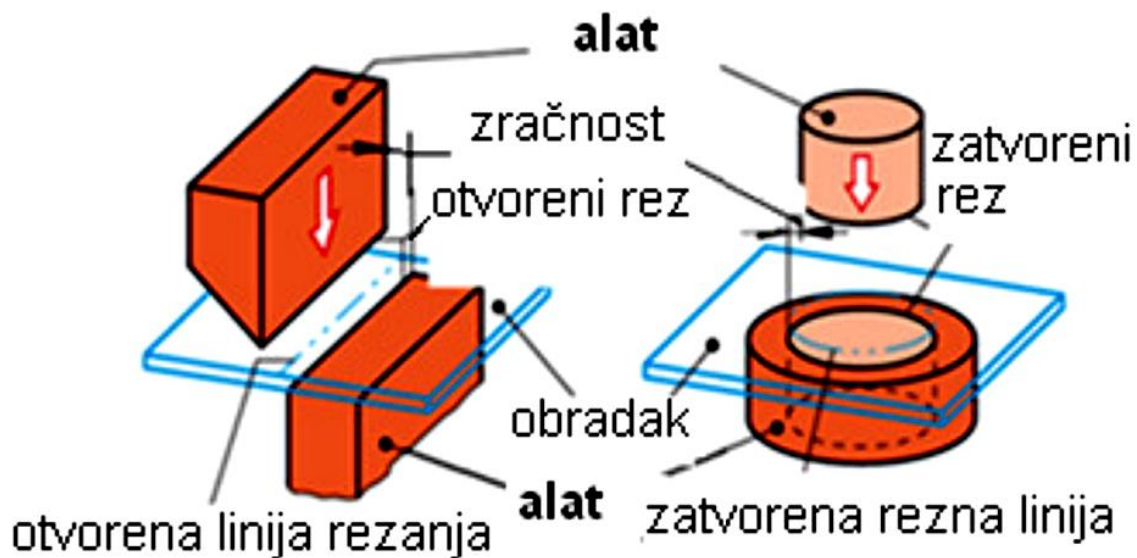
- Štanice za rezanje – postupci izrezivanja, probijanja, odrezivanja, zarezivanja itd.
- Štanice za oblikovanje – postupci savijanja, obrublivanja, utiskivanja, vučenja itd.

Štanca se sastoji od gornjeg pomičnog sklopa koji je pričvršćen na pritiskivalo preše te od donjeg nepomičnog sklopa pričvršćenog na radni stol preše.

Osnovni elementi štanice su:

- Žig – ugrađen u gornji (pomični) sklop
- Matrica – ugrađena u donji (nepomični) sklop

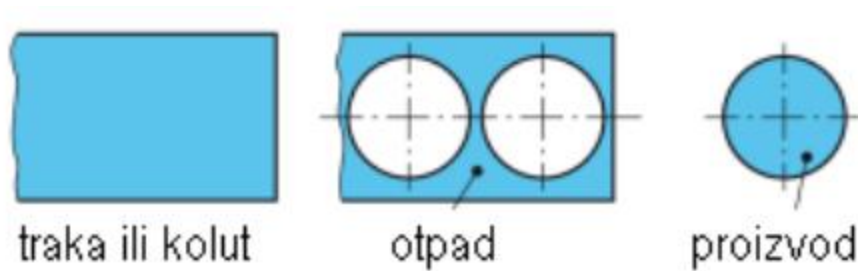
Rezne linije mogu biti otvorenog ili zatvorenog tipa ovisno o obliku kojeg želimo dobiti. Kod otvorenog reza reže se samo dio obratka (odrezivanje), a kod zatvorenog reza reže se cijeli oblik obratka (izrezivanje).



Slika 3. Prikaz otvorenog i zatvorenog reza [10]

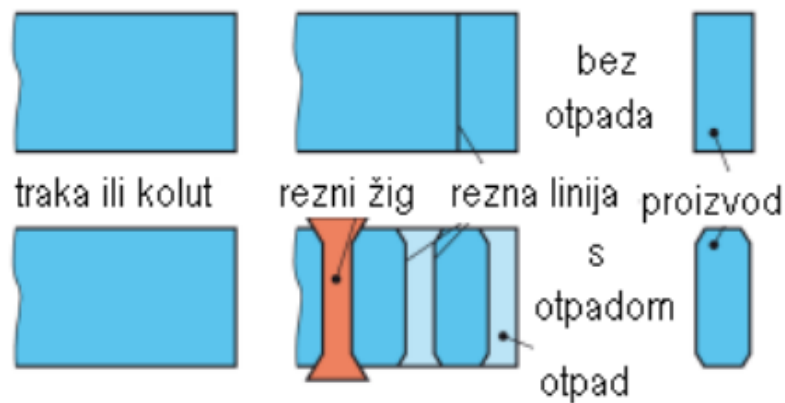
3.1. Postupci rezanja

Izrezivanje je rezanje duž zatvorene rezne linije za proizvode s točnim vanjskim oblikom. Ono što se izdvoji iz trake je proizvod, a ostatak trake je otpad. Ova operacija vrši se reznim alatom [10].



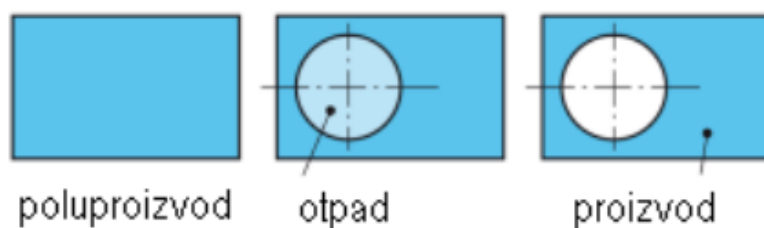
Slika 5. Izrezivanje [10]

Odrezivanje je rezanje duž otvorene rezne linije za jednostavne proizvode. Što se odvaja od trake je proizvod zahtijevane širine. Odrezivanje može biti s otpadom ili bez njega. Osim reznim alatom, ova operacija može se izvršiti i škarama [10].



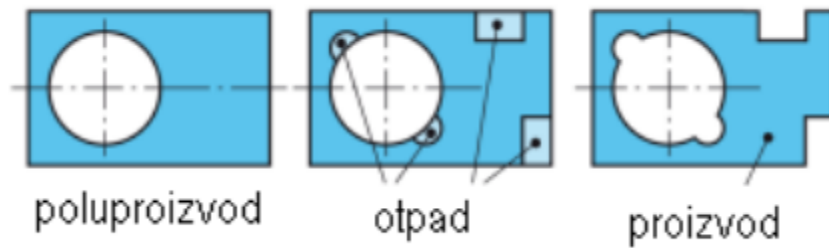
Slika 6. Odrezivanje [10]

Probijanje je rezanje duž zatvorene rezne linije za proizvode s točnim unutarnjim oblikom. Ono što se izdvoji iz platine je otpad, a ostatak je proizvod. Ova operacija vrši se reznim alatom [10].



Slika 7. Probijanje [10]

Dorezivanje je otvoreni rez na konturi proizvoda radi odvajanja dijelova površine. Ono što se odvoji je otpad. Ova operacija vrši se reznim alatom [10].



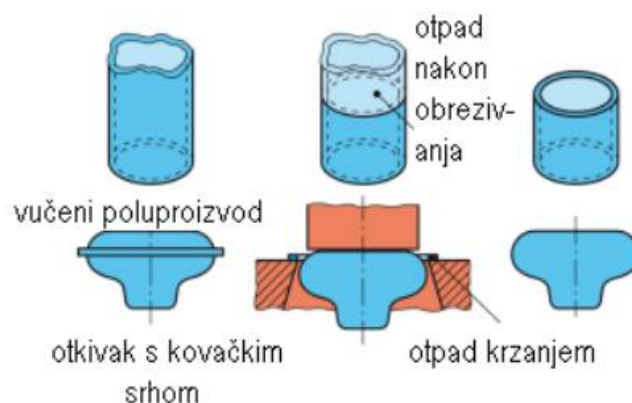
Slika 8. Dorezivanje [10]

Zarezivanje je otvoreni rez na konturi proizvoda bez odvajanja dijelova površine. Prema obliku reza postiže se reznim alatom ili škarama [10].



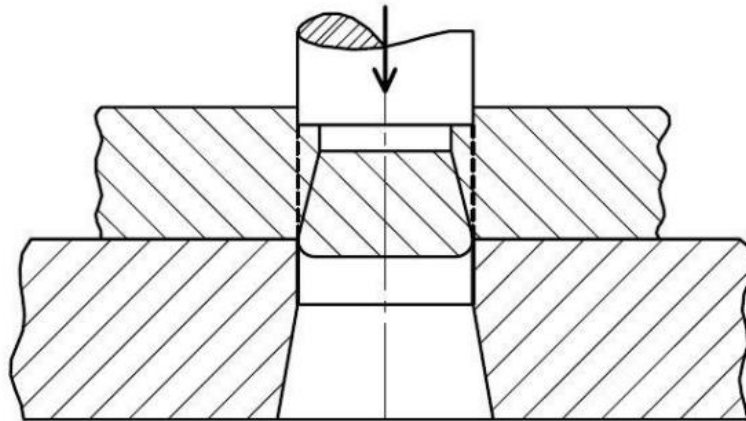
Slika 9. Zarezivanje [10]

Obrezivanje je odvajanje ruba ili dodatka za obradu na proizvodima duž otvorene ili zatvorene rezne linije (npr. nakon dubokog vučenja). Ova operacija vrši se posebnim reznim alatom. Krzanje je odvajanje ljevačkog ili kovačkog srha (dodatka) [10].



Slika 10. Obrezivanje i krzanje [10]

Kada je u pitanju točnost provodi se postupak kalibriranja kao završna obrada. Kalibriranjem smatramo ponovno probijanje otvora ili izrezivanje izreska radi povećanja točnosti, povećanja kvalitete površine, postizanja okomitosti bridova ili zbog povećanja točnosti razmaka između pojedinih otvora. Kalibriranje se često naziva ponovnim rezanjem. Ova operacija vrši se posebnim štancama [10]. Slika 11. prikazuje istovremeno probijanje i kalibriranje pomoću istog alata.



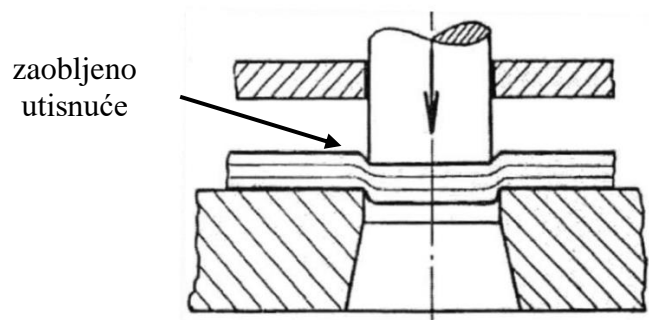
Slika 11. Probijanje i kalibriranje

3.2. Proces rezanja na štancama

Proces rezanja materijala na štancama odvija se uzajamnim djelovanjem reznim bridovima žiga i matrice. Taj proces možemo opisati kroz nekoliko faza.

- 1. stupanj – Deformacija

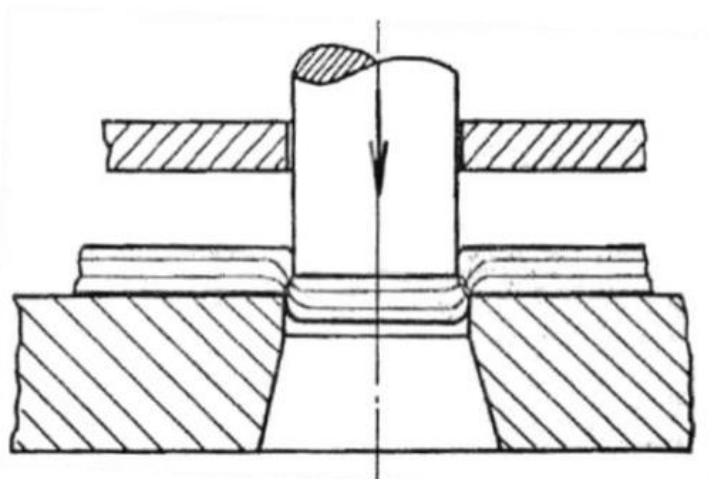
Žig pritišće lim koji se obrađuje, a porastom sile pritiska materijal se dovodi do stanja elastične, a uskoro i plastične deformacije gdje se pojavljuju zaobljena utisnuća [9].



Slika 12. Prvi stupanj rezanja materijala

- 2. stupanj – Plastična deformacija

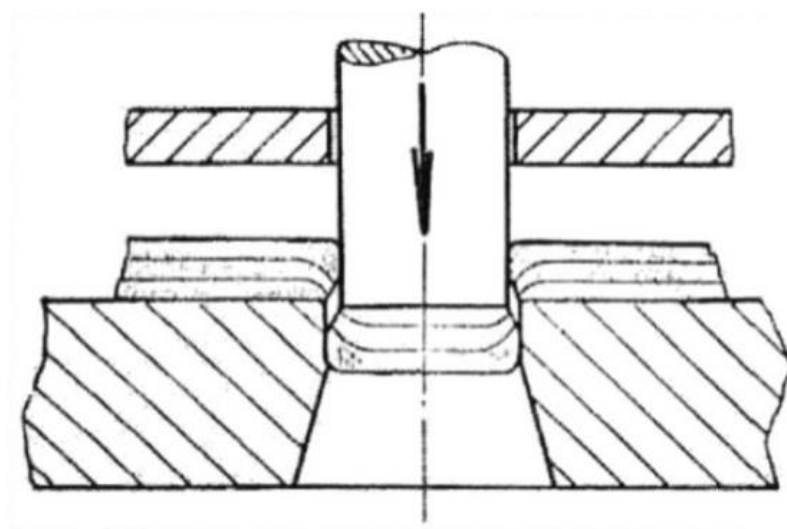
Porastom pritiska preko nazivne smične čvrstoće materijala dolazi do rezanja materijala u smjeru žiga, a potom i do loma. Zone rezanja i loma jasno su vidljive na površini prodora budući da je zona rezanja sjajna dok je zona loma znatno hrapavija i popraćena pojavom riseva [9].



Slika 13. Drugi stupanj rezanja materijala

- 3. stupanj – Potiskivanje

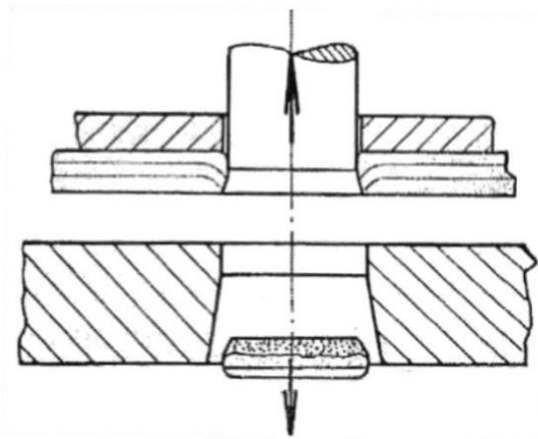
Odrezani komad se, ovisno o elastičnosti materijala, proširi za približno 1 do 2,5% zbog čega zapne u cilindričnom dijelu matrice te se mora potisnuti žigom [9].



Slika 14. Treći stupanj rezanja materijala

- 4. stupanj – Skidanje komada

Novonastali otvor na materijalu se steže za 1 do 2,5%. Zbog tog stezanja, materijal čvrsto obuhvati žig i pri njegovom povratnom hodu se podiže zajedno sa žigom. Trenje je u tome trenutku dovoljno veliko da zahtjeva ugradnju posebnog elementa u obliku ploče koji služi za prisilno skidanje ploče sa žiga.



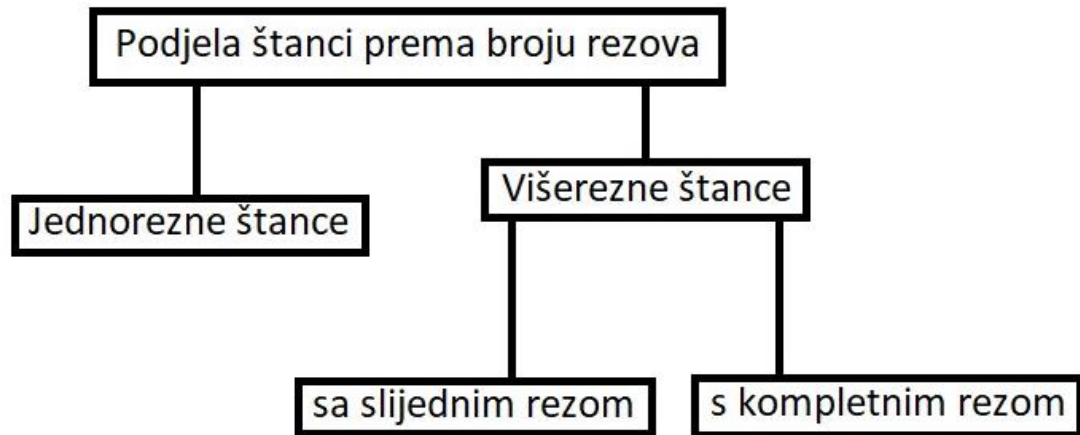
Slika 15. Četvrti stupanj rezanja materijala

Na samome kraju, nakon izvlačenja žiga, dolazi do elastičnog povrata materijala zbog čega se smanjuje mjera provrta, a povećava se mjera izrezanog dijela u odnosu na dimenzije žiga.

3.3. Podjela štanci za rezanje

Štancanje je postupak u kojem je moguće isti proizvod napraviti različitim tehnikama, alatima i konstrukcijskim rješenjima. Odabir vrste alata ovisi o mnogo faktora kao što su veličina serije, oblik, dimenzije, zahtijevana točnost izrade, vrsta materijala itd.

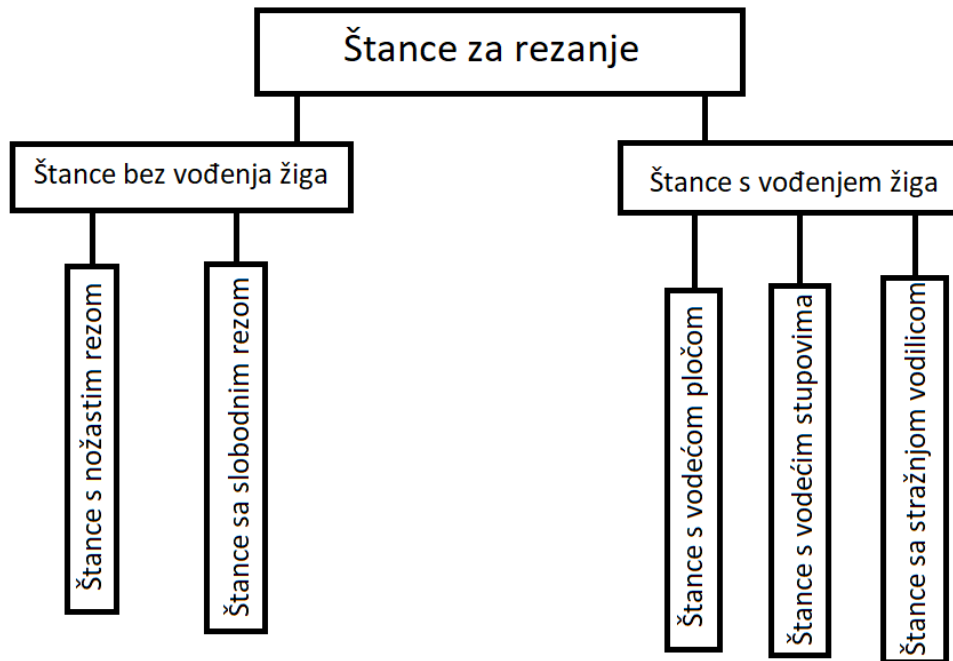
Štance za rezanje su mnogobrojne i raznovrsne te se mogu promatrati i razvrstati po različitim kriterijima i njihovim kombinacijama. To je najjednostavnije objasniti skicama.



Slika 16. Podjela štanci za rezanje prema broju rezova

Kod jednoreznih štanci postoji samo jedan postupak rezanja i to se pojavljuje kod izrezivanja, odrezivanja, probijanja i sličnih operacija. S druge strane, višerezne štance se mogu podijeliti u dvije skupine. Kada govorimo o slijednim rezovima podrazumijeva se nekoliko hodova preše dok je kod kompletnog reza cijeli posao obavljen u jednom hodu [10].

Nadalje, štance za rezanje možemo podijeliti i prema načinu vođenja žigova. Štance bez vođenja žigova koriste vođenje pritiskivala preše, dok štance s vođenjem žiga za to koriste dijelove alata poput vodeće ploče, vodećih stupova, rezne ploče ili kombinacijom nekih od navedenih opcija [10].



Slika 17. Podjela štanci za rezanje prema načinu vođenja žiga

S obzirom da se u nadolazećem primjeru proizvodnje aluminijskih vrata koristi stanca s vodećim stupovima detaljnije će biti opisan samo taj postupak.

3.3.1. Štance s vođenjem žiga

Najbitnija zadaća vođenja žiga je osigurati da se rezni bridovi žiga i matrice ne mogu međusobno udariti te da zračnost među njima bude konstantna. Na taj način se postiže veća točnost izratka, omogućuje se primjena slijednog reza te se produljuje životni vijek alata. Iako je alat vrlo skup, na velikim serijama proizvoda može se osjetiti značajna ušteda [9].

Postoji više načina vođenja alata i oni će u nastavku biti opisani. Svaki sustav vođenja ima svoje područje i uvjete primjene. Prema tome se u svakom konkretnom slučaju, ovisno o obliku izratka, traženoj točnosti, veličini serije i stanju stroja, mora posebno odlučiti o sustavu vođenja alata [9].

Općenito, svi sustavi vođenja moraju udovoljiti navedenim uvjetima [9]:

1. Vođenje mora biti sigurno i pravilno ukrućeno.
2. Vođenje ne smije smetati pri radu.
3. Primijenjeni sustav vođenja treba ispunjavati postavljene uvjete, ali da što manje povisuje cijenu alata.

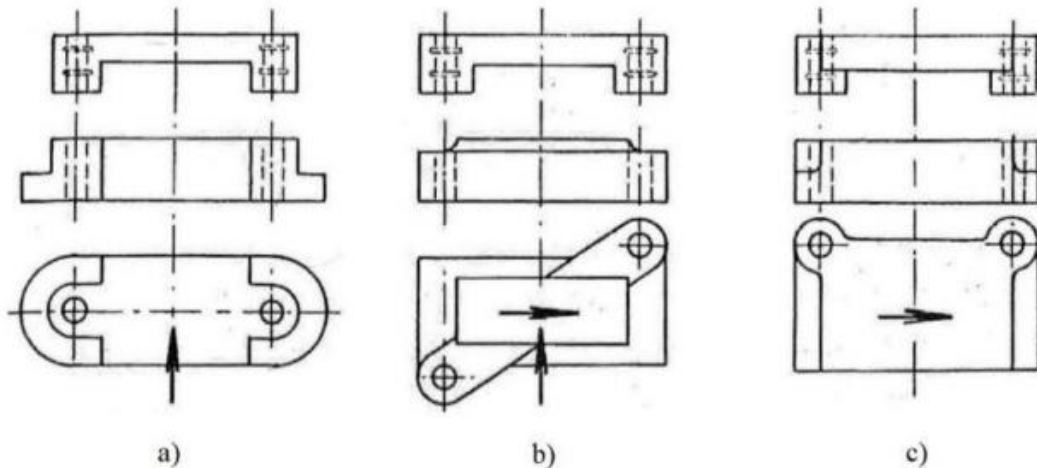
4. Vođenje mora biti tako izvedeno da se može demontirati i ponovno montirati, a da se kod toga ne naškodi reznim dijelovima alata.
5. Vođenje mora dozvoljavati naknadno brušenje žiga ili matrice bez naročitih teškoća.
6. U sustavu vođenja mora biti riješeno pitanje podmazivanja kliznih dijelova vođenja.

3.3.1. Štance s vodećim stupovima

Kod alata s vodećim stupovima cijeli gornji dio alata vodi se prema donjem dijelu. Vođenje alata je vrlo sigurno i nezavisno je od točnosti vodilica na stroju te se zbog toga vrlo često primjenjuje upravo na strojevima koji imaju veću zračnost u vodilicama. Sustav sa vodećim stupovima je jednostavnije i jeftinije napraviti u odnosu na vođenje s vodećom pločom što se najbolje vidi na složenijim oblicima izratka. Također, lakše je montirati i podesiti alat za rad. Vijek trajanja alata je dug i postižu se vrlo točni izraci u granici $\pm (0,05 - 0,1)$ mm. Nedostatak ovakve izvedbe stroja je to što se mora riješiti problem skidanja trake sa žigova te radnik mora biti oprezan pri rukovanju strojem budući da je pristup žigovima slobodniji, a samim time i opasniji [9].

Kod ovakvih izvedbi alata nastoji se koristiti standardizirano kućište s vodećim stupovima i upinjalom. Rezni dio alata konstruira se prema zahtjevu izratka i ugradi u standardizirano kućište. Standardizirana kućišta izvode se u nekoliko različitih tipova, a svaki tip proizvodi se u nekoliko veličina. Ova kućišta proizvode neke specijalizirane tvornice za proizvodnju elemenata za naprave. Ona se mogu kupiti i držati na skladištu, pa se na taj način skraćuje vrijeme izrade alata i cijena je niža jer se kućišta u serijskoj proizvodnji mogu izraditi jeftinije nego u pojedinačnoj proizvodnji kod svakog potrošača [4].

Nekoliko tipova standardiziranih kućišta pokazuju sljedeće slike [9]:



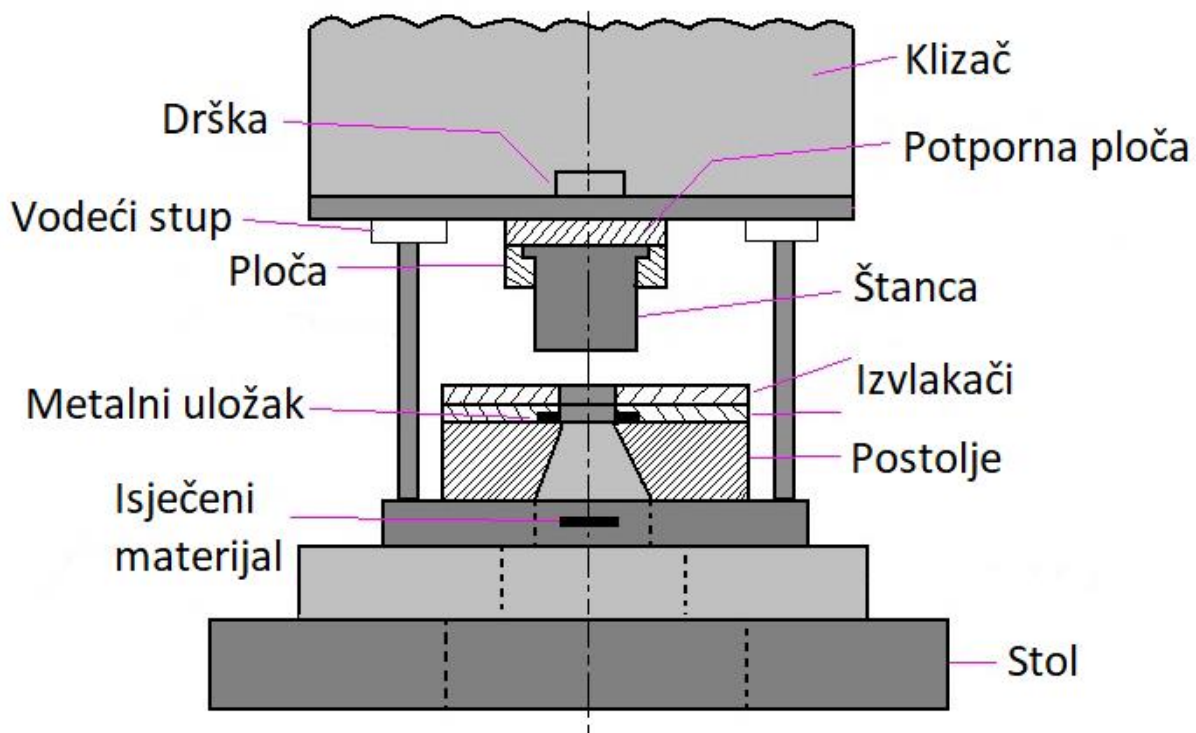
Slika 18. Standardizirani oblici kućišta za štance

Treba naglasiti da u gornjim slikama nisu pokazani stupovi i upinjalo, međutim i ti elementi su standardizirani i s pokaznim pločama čine kućište [9].

Ovi alati imaju najčešće dva stupa za vođenje. Kod izrade kratkih izradaka primjenjuje se oblik kućišta i smjer pomicanja trake kako je pokazano na slici 18. a). Za dulje izratke ili slijedni rez bolje odgovara oblik prema slici 18. b), dok se izvedba prema slici 18. c) može koristiti u slučajevima kada se koriste pojedinačni komadi ili velike ploče. Za slučajeve u kojima je alat jako opterećen postoje izvedbe sa četiri vodeća stupa [9].

Stupovi za vođenje izrađuju se od čelika za cementiranje te se cementiraju, kale i bruse. Najčešće su učvršćeni u donjoj ploči, a vođeni u gornjoj, no to ne mora uvijek biti slučaj. Ako je gornja ploča kućišta od lijevanog željeza, što je najčešći slučaj, onda je otvor za vođenje izveden direktno u gornjoj ploči. Kod jače opterećenih alata umeću se posebne čahure za vođenje od bronce ili kaljenog čelika u gornju ploču. Kod nekih novijih izvedbi i teško opterećenih alata ili alata s velikim brojem hodova na minutu ugrađuje se u otvor za vođenje stupa čahura za vođenje s čeličnim kuglicama [9].

Veći rezni žigovi mogu se učvrstiti direktno na gornju ploču kućišta vijcima i zaticima, a za učvršćenje manjih žigova koristi se usadna ploča. Žigovi su kod ovih alata jače opterećeni na izvicanje jer nemaju dodatno vođenje u vodećoj ploči pa se o tome mora voditi računa kod konstrukcije. Matrica je učvršćena vijcima i zaticima na donju ploču kućišta. U donjoj ploči treba izraditi otvore za izreske. Posebno treba riješiti način vođenja i skidanja trake sa žigova [9].



Slika 19. Štanca sa vodećim stupovima [11]

4. ALUMINIJ

Aluminij (Al) je laki metal srebrno-bijele boje te, nakon kisika i silicija, najzastupljeniji element u Zemljinoj kori. Aluminij je sastavni dio gline i stijena. Dobro provodi toplinu i električnu struju, ali svojstvo koje ga najviše ističe je otpornost na koroziju zahvaljujući tankom oksidnom sloju koji se napravi u kontaktu sa zrakom. Oksidni sloj strukturno je vezan za površinu metala te se ne ljušti. Taj sloj oksida debljine je svega nekoliko mikrometara međutim dovoljno je gust da vlaga i zrak ne mogu doprijeti do aluminija. Niska specifična gustoća, čvrstoća, otpornost na koroziju, mogućnost oblikovanja i mnoga druga svojstva otvorili su vrata aluminiju i njegovim legurama u primjenu raznih industrija poput pakiranja, avioindustrije, brodogradnje, svemirske industrije, građevine itd. Aluminij se najčešće legira s bakrom, manganom, silicijem, magnezijem i cinkom. Konkretno, legura koja se koristi u proizvodnji aluminijских vrata i stolarije je EN-AW 6060 (AlMgSi 0,5) [12].

4.1. Elokspiranje

Kao što je već spomenuto, aluminij je otporan na koroziju zahvaljujući tankom sloju oksida koji nastaje u kontaktu s kisikom. Elokspiranje (elektro oksidacija) ili anodizacija je elektrokemijski proces kojim se formira isti takav zaštitni sloj, ali višestruko deblji. Sloj oksida, osim antikorozivne, ima antiabrazivnu funkciju. Preporučena debljina za aluminijске profile od kojih se izrađuju prozori i vrata je 20 mikrometara budući da su tanji slojevi od toga nedovoljno otporni na habanje i trošenje, a deblji slojevi pucaju kod savijanja profila [13].

Također, važna značajka elokspiranog materijala je i poroznost, na kojoj se temelji bojanje elokspiranog aluminija. Elokspirani sloj se može predočiti kao površina ispunjena šesterokutnim cjevčicama. Rastom sloja povećava se visina cjevčica. Unošenjem teških metala ili organskih kompleksa teških metala u unutrašnjost cjevčica moguće je postići različite nijanse. Nakon elokspiranja i opcionalnog bojenja porozni sloj se „silira“ odnosno zatvaraju se pore čime raste otpornost na koroziju i izbjeljivanje boje pod utjecajem UV zraka. Čestice pigmenta ostaju zarobljene ispod površine što značajno povećava otpornost boje na grebanje i blijedenje pod utjecajem atmosferilija [13].

Za elokspiranje je najpraktičniji standard razvrstavanja legura po serijama od 1000 do 8000. 1000 serija je nelegirani aluminij, 2000 serija Al-Cu legure- duraluminij, 3000 serija Al-Mn legure, 4000 serija Al-Si legure, 5000 serija Al-Mg legure, 6000 serija Al-Mg-Si legure, 7000 serija Al-Zn legure, 8000 serija- specijalne legure. Od navedenih, za elokspiranje su

najpogodnije 6000 i 5000 serije. Imaju najveći zaštitni i dekorativni potencijal, te se boje bez ikakvih problema. Bez obzira na leguru uvijek vrijedi pravilo, što je veći udio legirajućih elemenata to je legura manje pogodna za bojenje i dekorativnu funkciju. Ako je dekorativni aspekt važan, od legirajućih elemenata najviše treba izbjegavati silicij koji stvara probleme već na 1% udjela. Važno je napomenuti da se za ujednačavanje boje treba koristiti ista legura po mogućnosti iz iste šarže [13].

4.2.Sistem profila 45 MILL

Sistem 45 MILL tvtrke Feal je namijenjen za izradu prozora, vrata i fiksnih stijena. To je sistem profila bez prekinutog termičkog mosta, osnovne ugradbene dubine rama 45 mm. Pored osnovne izvedbe ram/kriilo sa ravnim linijama, moguće su izvedbe ram/kriilo i sa zaobljenim vanjskim linijama. Brtvljenje je izvedeno EPDM brtvama [14].

- Mogući tipovi otvaranja prozora su: otklopno, otklopno-zaokretno, zaokretno otvaranje vani, otklopni oko gornje vodoravne osi - otvaranje vani, zaokretno oko okomite osi - otvaranje vani [14]
- Mogući tipovi otvaranja vrata su: otvaranje prema unutra i vani, mimokretna vrata [14]

Okov koji se ugrađuje u sistem je standardni za eurožlijeb 15/20 [14].

Karakteristike sistema:

- dubina rama..... 45 mm
- dubina krila..... 53 mm
- dubina ispune..... do 31 mm
- max.težina krila..... 130 kg
- zrakopropusnost..... EN 12207 (klasa 4)
- vodonepropusnost..... EN 12208 (klasa 9A)
- otpornost na udar vjetra..... EN 12210 (klasa C4/B4)
- zaštita od buke..... EN ISO 717-1 (Rw=34 dB)
- protuprovalnost..... EN 1627

- osnovni materijal..... EN AW-6060
- materijal brtvljenja..... EPDM
- površinska obrada..... DIN 17611
- kontrola kvalitete..... DIN EN ISO 9001

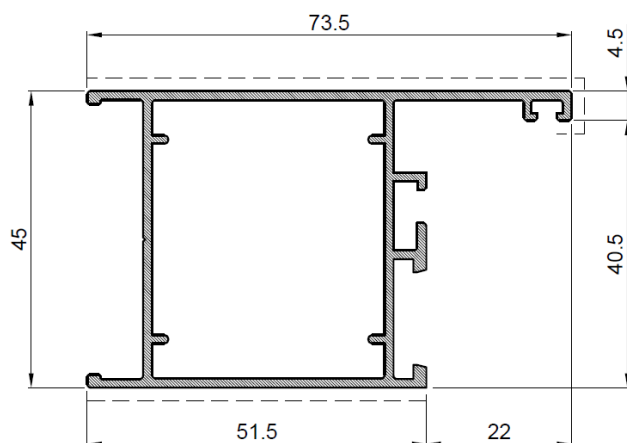


Slika 20. 45 MILL [14]

5. PROCES IZRADE ALUMINIJSKIH VRATA I PRORAČUN

5.1. Proces izrade aluminijskih vrata

Za izradu aluminijskih vrata najčešće se koristi profil M45-714.



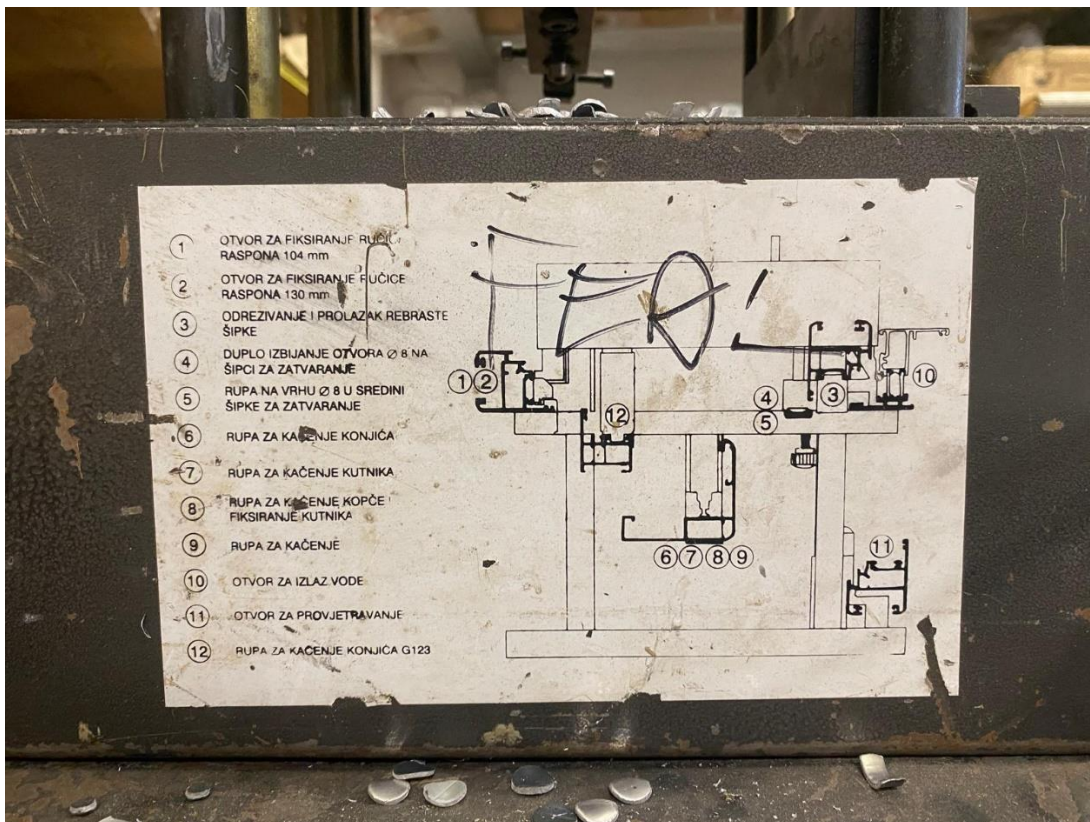
Profil rama Frame profile		
Art.Br. Art.Nr.	M45-714	
Težina Weight	kg/m'	0.920
Opseg Perimeter	mm	317
Moment inercije Moments of inertia	I _x (cm ⁴)	10.76
	I _y (cm ⁴)	13.58
	W _x (cm ³)	4.32
	W _y (cm ³)	3.34
L	mm	6500

Slika 21. Dimenzije i specifikacija profila M45-714 [15]

Prvi korak u izradi vrata je rezanje profila na mjeru. Zatim slijedi štancanje rupa za kutnike, veznike i odvod kapljevina (okapnice). Svo štancanje provodi se na istoj štanci istog proizvođača koji proizvodi i profile – Feal. Štanca je osmišljena na način da je kompatibilna za više različitih profila i namjena.

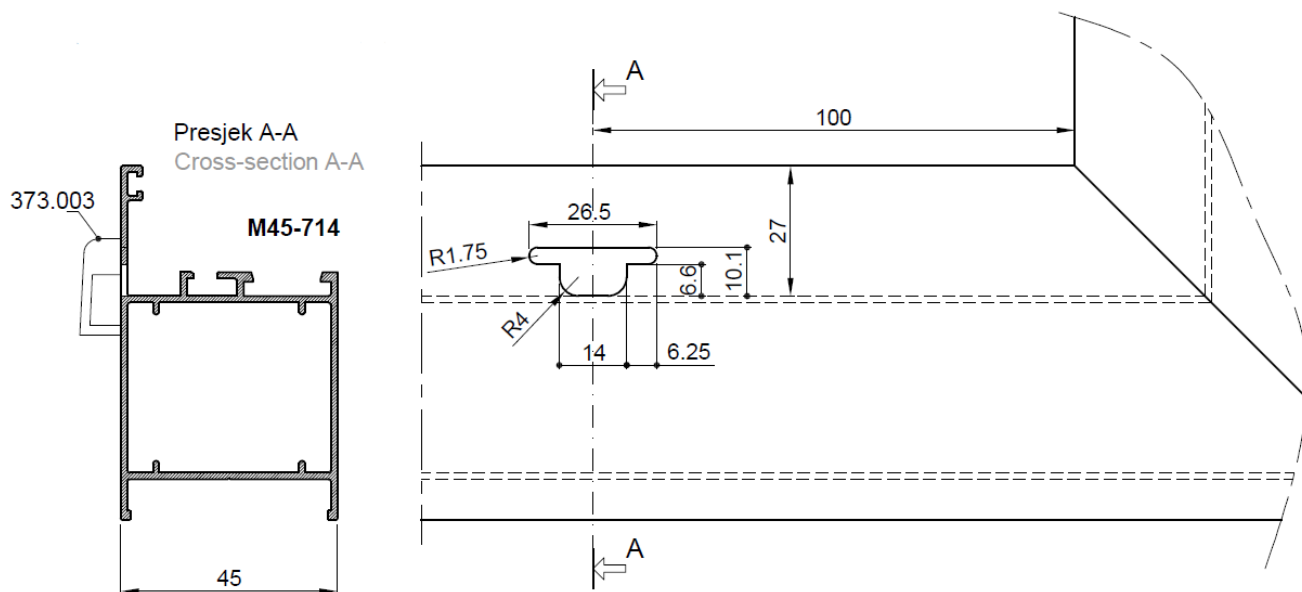


Slika 22. Štanca s vodećim stupovima – Feal



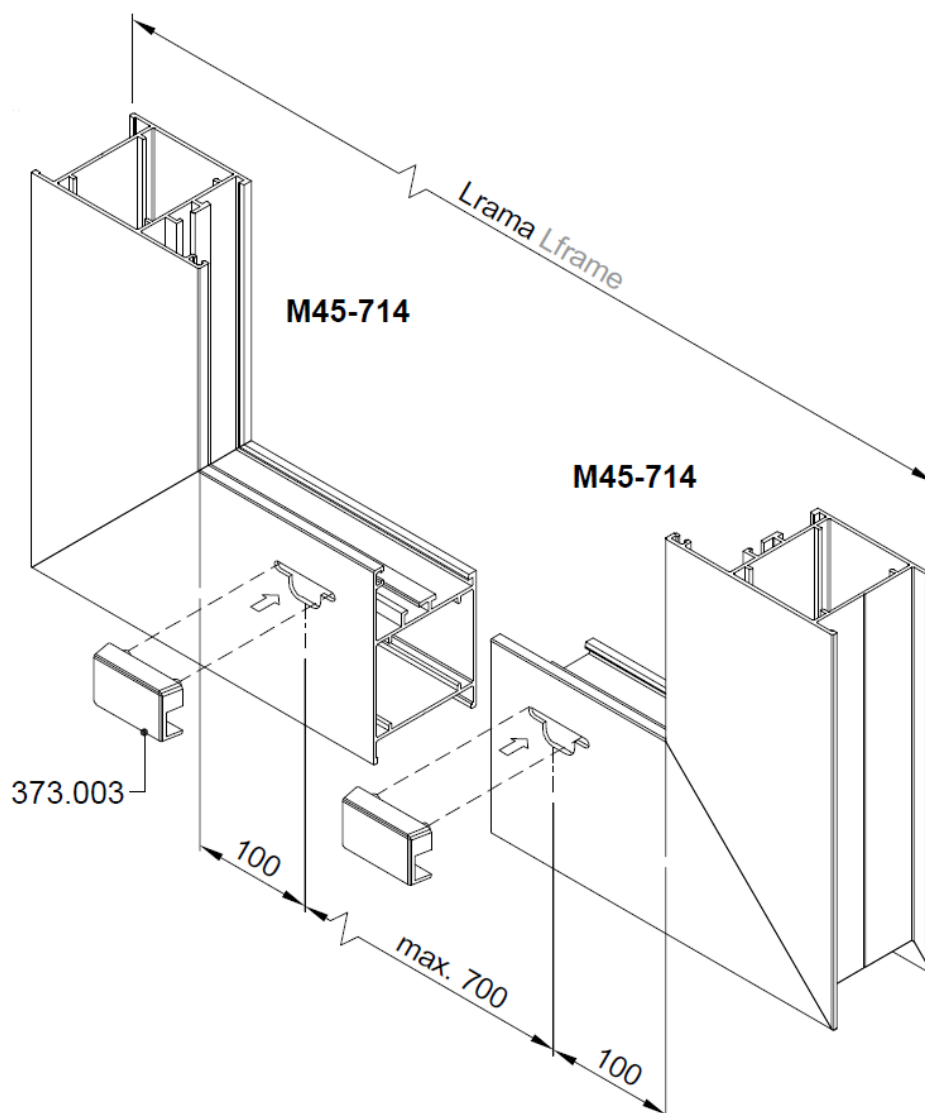
Slika 23. Popis i prikaz namjena štanca na štanci

U nastavku slijedi kratak opis obrade profila za odvod kapljevina, okapnice, kroz slike.



Slika 24. Dimenzije okapnice [15]

Na okapnice dolazi plastični čep koji služi u svrhu bolje estetike. Čep je označen oznakom 373.003 i u praksi se stavlja na samom kraju proizvodnje kada su vrata praktički gotova.

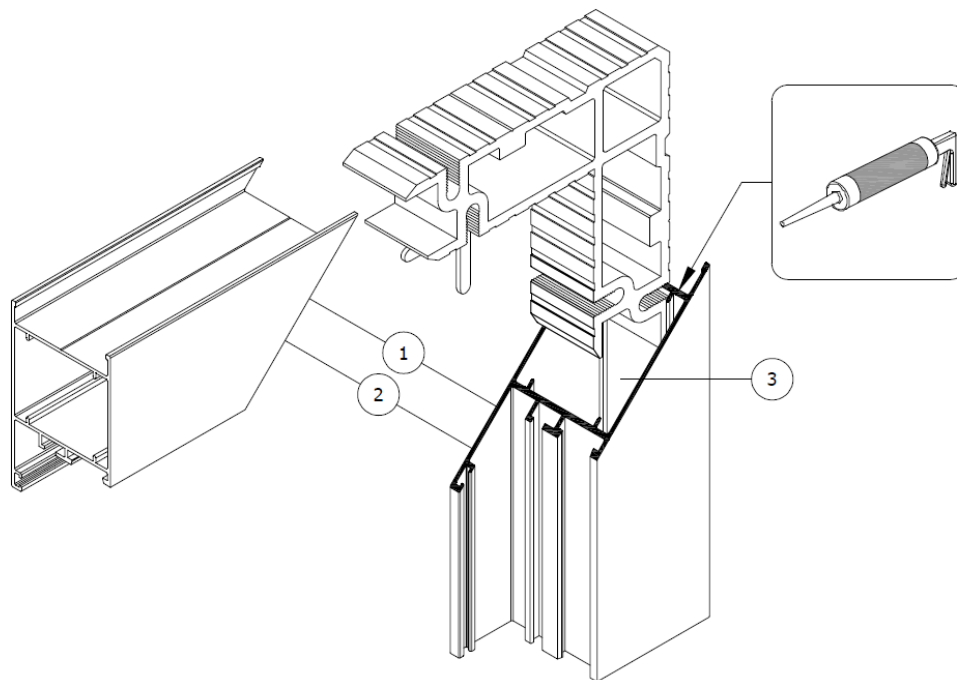


Slika 25. Okapnica sa čepovima [16]

Vrhovi profila spajaju se jedna s drugim pod kutem od 45° uz pomoć kutnika i ljepila za metal. Postupak spajanja profila može se opisati u nekoliko koraka:

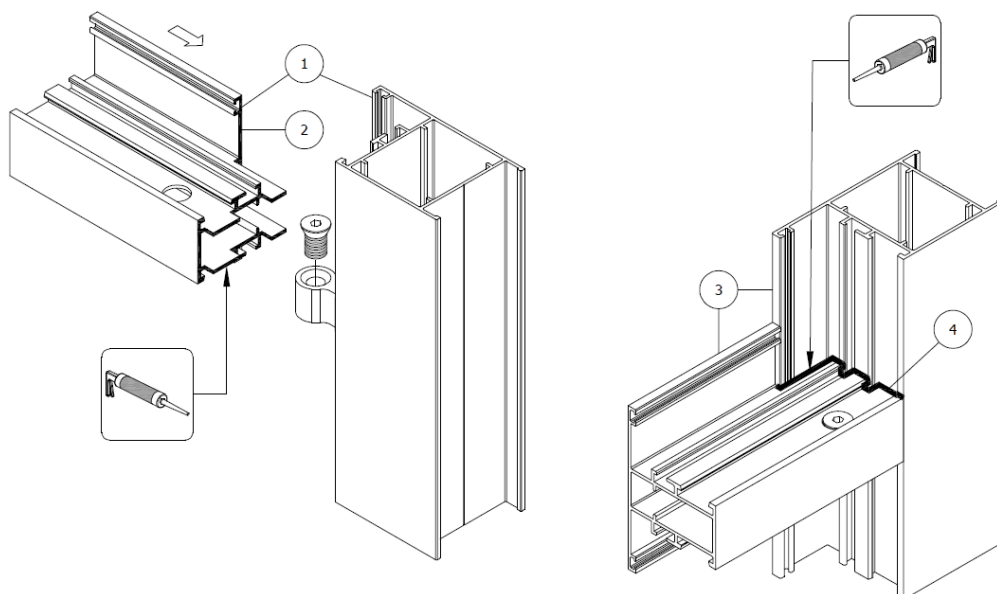
- Sve površine koje se spajaju (rezove) očistiti i odmastiti odgovarajućim sredstvom
- Površine koje se spajaju premazati ljepilom za metal
- Ljepilo za metal ubrizgati u komore za kutnik (po opsegu komore)
- Profile s kutnicima izravnati i spojiti
- Dio ljepila koji iscure između rezova očistiti sredstvom za čišćenje i odmašćivanje

Ovaj postupak spajanja profila primjenjiv je za sve Feal-ove kutnike i njima odgovarajuće komore. Lijepljenjem rezova i kutnika ljepilima za metal, osigurava se potrebna zrako- i vodonepropusnosti spoja kao i dodatna mehanička čvrstoća spoja [16].



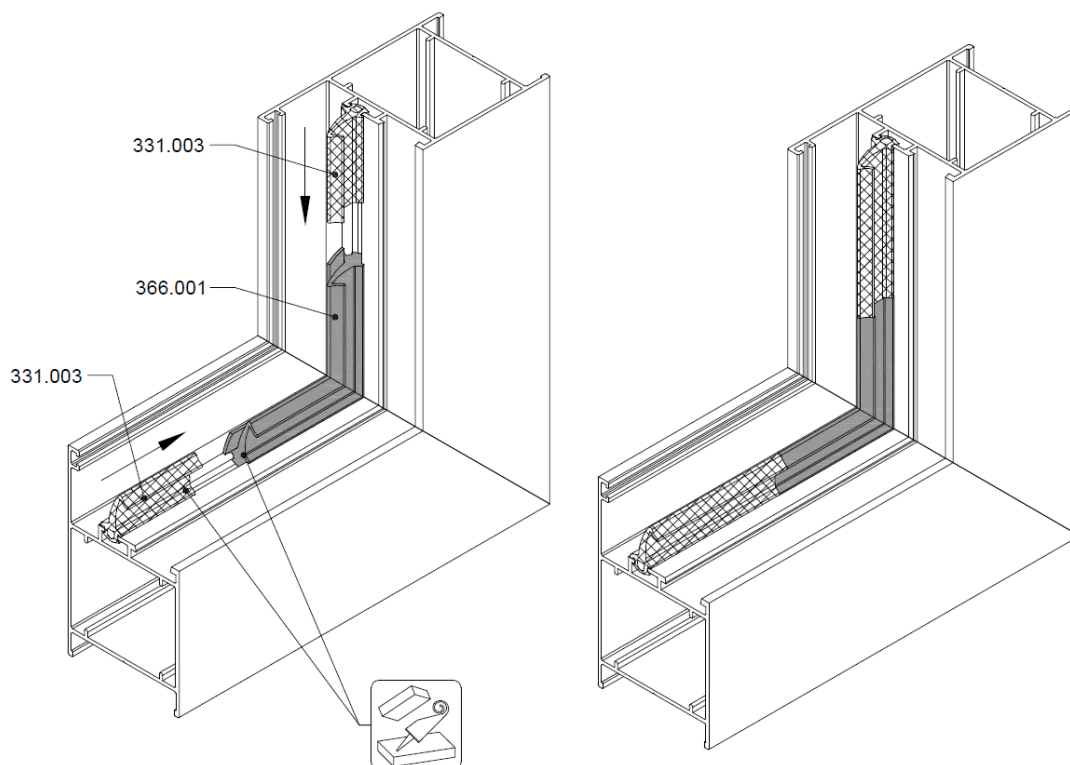
Slika 26. Spajanje profila kutnicima pod kutem od 90° [16]

Ukoliko vrata imaju dva ili više dijelova (kombinacija staklo i panel) potrebno je ugraditi poprečne profile (T-prečke) koji se u tom slučaju spajaju pomoću veznika. Takav se postupak provodi u identičnim koracima kao u slučaju spajanja pod kutem osim što se umjesto kutnika koriste veznici.



Slika 27. Spajanje profila veznikom [16]

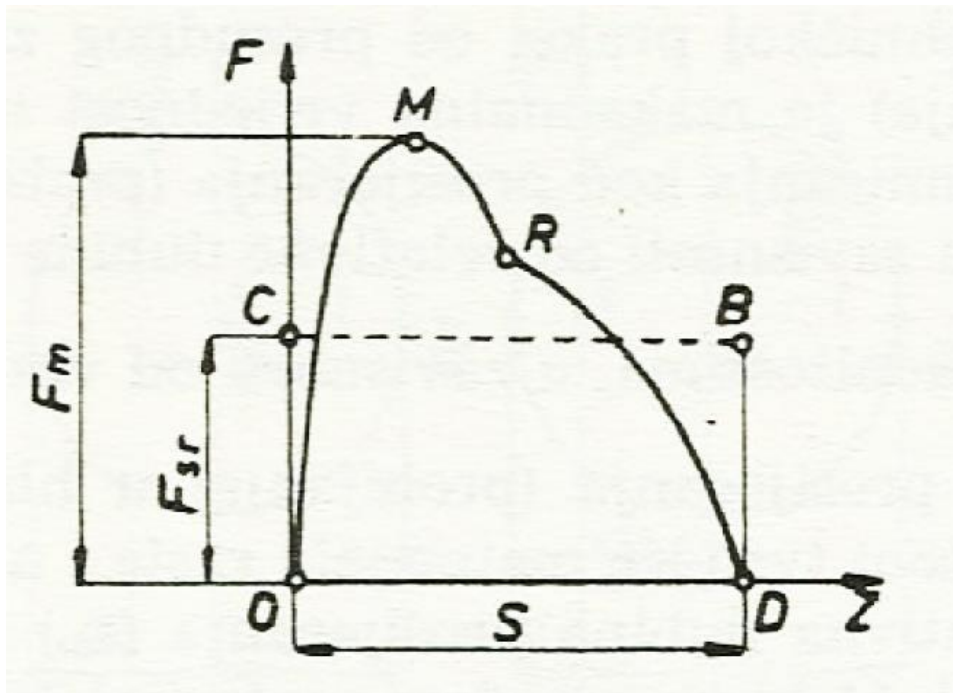
Osim veznika i kutnika, preporučuje se umetnuti kutni umetak centralne brtve (336.001) čime se sve dodatno učvršćuje, povezuje. Na samome kraju umeće se gumena brtva (331.003) [16].



Slika 28. Detalj ugradnje kutnog umetka centralne brtve [16]

5.2. Proračun sila prosijecanja i probijanja

U proračunima koji se koriste u tehničkoj praksi od presudne važnosti za određivanje sile prosijecanja i probijanja je maksimalna vrijednost naprezanja smicanja ili čvrstoće smicanja τ_m . Smično naprezanje kod prosijecanja i probijanja nije konstantna veličina, nego se mijenja u zavisnosti od relativne dubine prodiranja prosjekača, vrsti materijala i temperature deformacije [2].



Slika 29. Sila prosijecanja kao funkcija apsolutne dubine prodiranja prosjekača [2]

Dio krivulje OM prikazuje prvu fazu prosijecanja, a MR drugu. Sila ne pada trenutno na nultu vrijednost jer je potrebno utrošiti izvjestan dio sile za savladavanje otpora trenja za protiskivanje jezgre. Dio krivulje RD prikazuje treću i završnu fazu [2].

U teoriji, sila prosijecanja i probijanja bi trebala biti određena na osnovu tangencijalnih (τ) i normalnih (σ) naprezanja koji se javljaju u ravnini prosijecanja. Međutim, takvom analizom se dolazi do vrlo kompliciranih obrazaca koji se teško mogu primijeniti u praksi. Zbog toga se kao kriterij za određivanje sile prosijecanja uzima utjecaj tangencijalnih naprezanja [2].

Sila prosijecanja i probijanja za alate s paralelnim reznim rubovima se određuje po formuli:

$$F_{\text{probijanja}} = L_{\text{ukupno}} \cdot s \cdot \tau_m \quad (1)$$

gdje je:

$F_{\text{probijanja}}$ – sila probijanja kombiniranog alata, N

L_{ukupno} – opseg dijela koji se probija, mm

s – debljina lima, mm

τ_m – maksimalna smična čvrstoća, N/mm²

Ovako proračunata sila probijanja se zbog neravnomjernosti debljine materijala i tupljenja reznih rubova alata povećava za 30%, tako da stvarna sila na osnovu koje se određuje preša:

$$F_m = 1,3 \cdot F = 1,3 \cdot L_{\text{ukupno}} \cdot s \cdot \tau_m \quad (2)$$

gdje je :

F_m – stvarna sila probijanja kombiniranog alata, N

Iz jednadžbe 2 jasno se vidi da sila probijanja ovisi o veličinama L , s i τ_m . Zbog toga pri prosjecanju tvrdih materijala (veliki τ_m), materijala velikih debljina (s) ili odreza većeg opsega (L) može doći do prekomjerenog porasta sile. Kako bi se ublažio taj porast postoji nekoliko metoda poput alata sa skošenim reznim rubovima (najčešće), korištenja alata s različitom dužinom prosjekača ili probijanje pri povišenim temperaturama [2].

Opseg okapnice (slika 24.) možemo jednostavno izračunati:

$$L_{\text{ukupno}} = 26,5 + 2 \cdot 1,75\pi + 2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 2,6 + 4\pi + 6 = 127,09 \text{ mm}$$

Budući da je debljina profila $s = 2$ mm, a smična čvrstoća aluminija $\tau_m = 138$ N/mm² ukupna sila probijanja iznosi [17]:

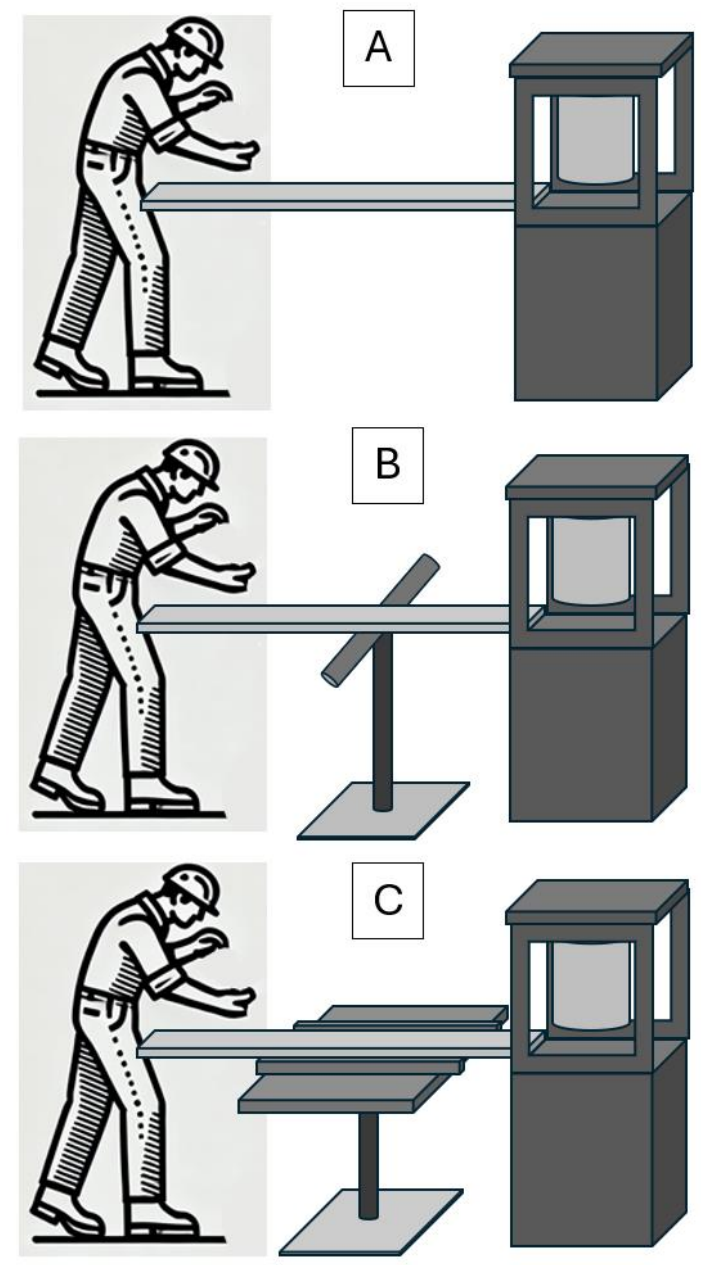
$$F_m = 1,3F = 1,3 \cdot 127,09 \cdot 2 \cdot 138 = 45\,599,89 \text{ N} = 45,599 \text{ kN}$$

6. NADOGRADNJA TEHNOLOŠKOG PROCESA

Kao što je već spomenuto, nakon rezanja profila na mjeru slijedi štancanje rupa za kutnike, veznike i okapnice. Vrata koja se izrađuju često su visoka i preko 2 metra što znači da je rukovanje tako dugim profilom i štancom istovremeno nezgodno i pogodno za pogrešku. Postizanje točnosti vrlo često ovisi o iskustvu radnika što rezultira relativno čestim pojavom pogreške. Zbog toga je, kroz promatranje izvođenja cjelokupnog procesa proizvodnje, te kroz razgovor sa radnicima koji rade u proizvodnji, zaključeno kako proces dodavanja materijala na štancu zahtijeva određene intervencije u cilju poboljšanja točnosti proizvodnje.

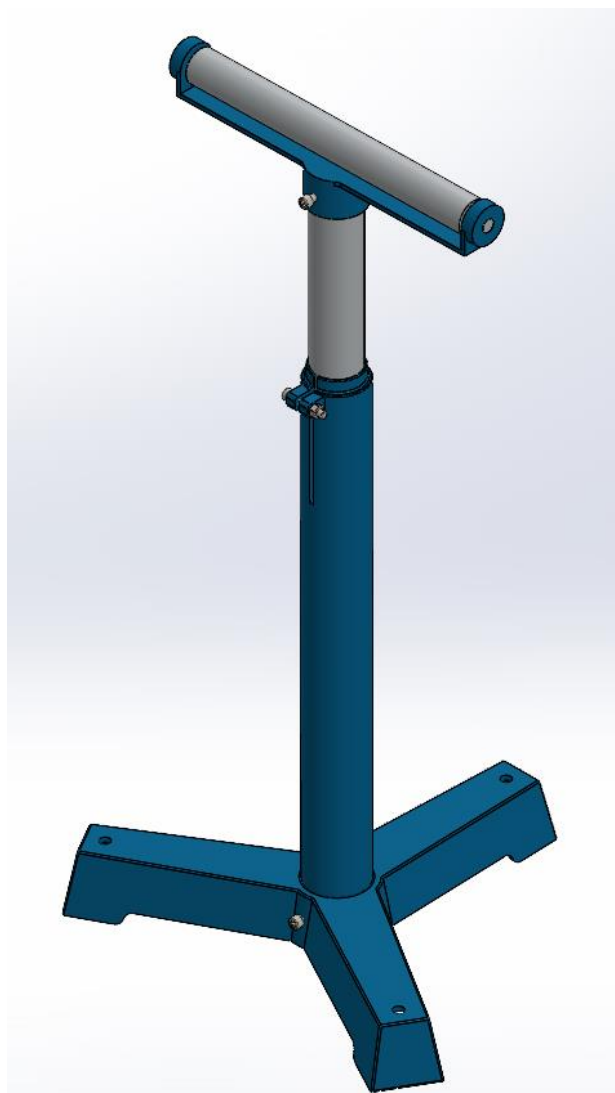
Budući da se u nekim drugim dijelovima procesa proizvodnje koriste stalci koji su podesivi po visini, zaključeno je kako bi se ovakvi stalci mogli primijeniti i u ovom dijelu proizvodnog procesa. Moguće je postavljanje i dodatnog stalka u slučaju pozicioniranja duljih proizvoda. U budućnosti se predlaže nabava stola podesive visine, sa dodatnim vodilicama, koji bi bio još bolji oslonac za precizno pozicioniranje profila na štanci.

Nakon integriranja ovakvog rješenja u praksu, radnici su izjavili kako im je rješenje prihvatljivo, ne smeta protoku materijala i pristupu radnika prema stroju te olakšava rukovanje materijalom. Na slici je shematski prikazano početno stanje, trenutno rješenje sa podesivim stalkom te predloženo rješenje sa podesivim stolom.

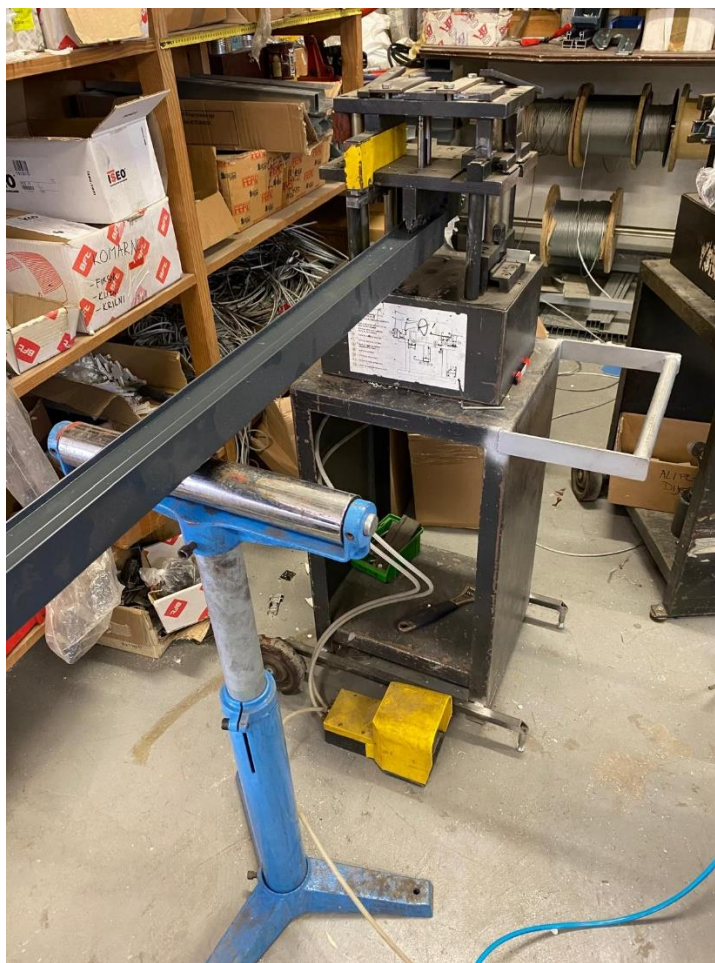


Slika 30. Pojednostavljeni prikaz rješenja za dodavanje materijala na štancu:

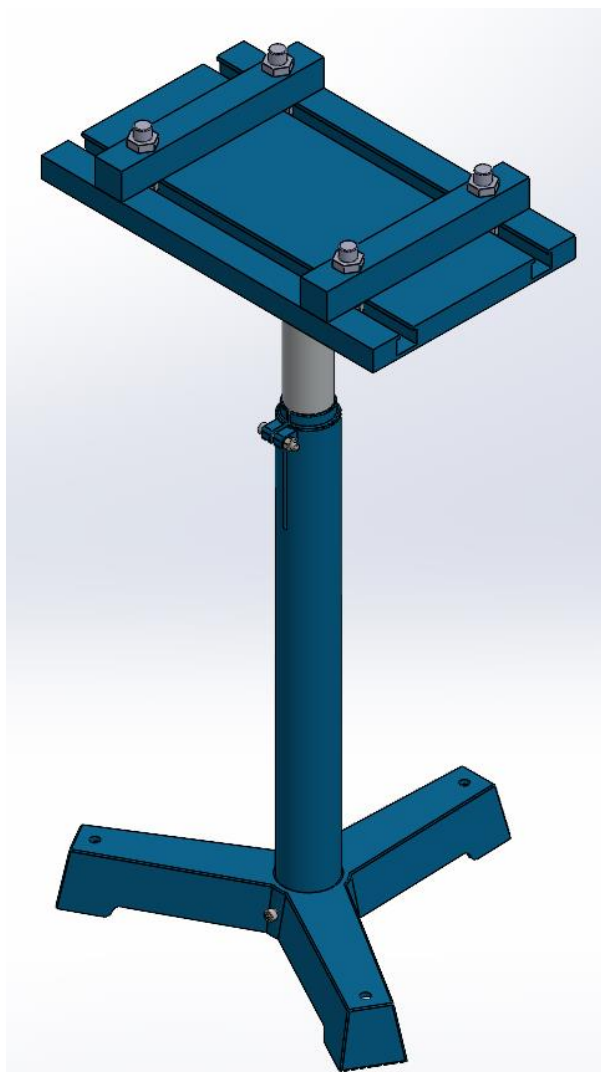
A) Početno rješenje, B) Rješenje s podesivim stalkom, C) Rješenje s podesivim stolom



Slika 31. Model podesivog stalaka



Slika 32. Prikaz stalka u svojoj funkciji tokom štancanja



Slika 33. Model podesivog stola s vodilicama

Precizno vođenje materijala u tehnološkom procesu štancanja na preši ključno je za osiguravanje visokokvalitetnih proizvoda, smanjenje broja neispravnih komada i povećanje učinkovitosti proizvodnje. Svaki materijal koji ulazi u proces štancanja mora biti precizno usmjeren i pozicioniran kako bi se osigurala dosljednost dimenzija, kvaliteta reza i ponovljivost procesa.

Korištenjem podesivog stola za vođenje materijala značajno se olakšava manipulacija materijalom, čime se smanjuje fizičko opterećenje radnika i povećava preciznost pozicioniranja. Ovaj stol omogućava fino podešavanje položaja materijala prije nego što uđe u alat preše, čime se osigurava pravilno centriranje i eliminira mogućnost odstupanja od zadatih dimenzija.

Osim što doprinosi ergonomiji rada i smanjenju umora operatera, precizno vođenje materijala smanjuje mogućnost nastanka grešaka koje mogu rezultirati neispravnim ili neupotrebljivim proizvodima. Nepravilno pozicioniran materijal može dovesti do nepreciznih rezova, deformacija ili oštećenja alata, što povećava troškove proizvodnje i smanjuje produktivnost. Korištenjem sustava za vođenje minimiziraju se ovi rizici i postiže optimalno iskorištenje materijala, čime se smanjuje otpad i poboljšava ekonomska isplativost procesa.

Preciznost vođenja posebno je važna kod serijske proizvodnje, gdje je potrebno postići visoku razinu ponovljivosti i točnosti svakog pojedinačnog komada. Podesivi stol omogućava brze prilagodbe pri promjeni vrsta materijala ili dimenzija, čime se skraćuje vrijeme podešavanja stroja i omogućava fleksibilnost u proizvodnji različitih serija proizvoda.

U konačnici, precizno vođenje materijala u procesu štancanja na preši donosi višestruke koristi - povećava kvalitetu gotovih proizvoda, smanjuje troškove zbog grešaka i otpada, poboljšava radne uvjete operatera te doprinosi ukupnoj učinkovitosti i konkurentnosti proizvodnje.

ZAKLJUČAK

Prema navedenom, može se zaključiti da deformiranje metala nudi niz tehničkih i ekonomskih prednosti za ljudski napredak. U današnjem vremenu potrebna je preciznost i točnost više nego ikada. Zahtjevi i očekivanja ljudi rastu što gura industriju prema novim, inovativnim i zahtjevnim inženjerskim rješenjima. Jedna od kvaliteta dobrog radnika je konstantno učenje i informiranje o novim tehnologijama i procesima koji ne bi samo olakšali rad, nego i unaprijedili čitav proces.

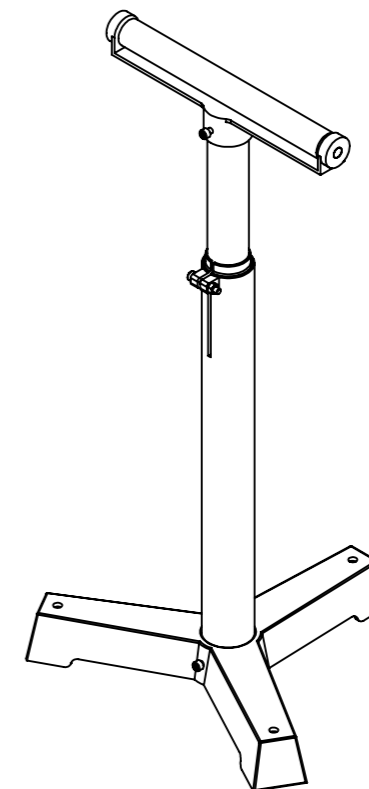
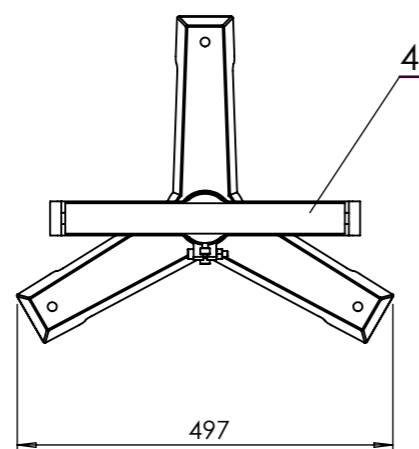
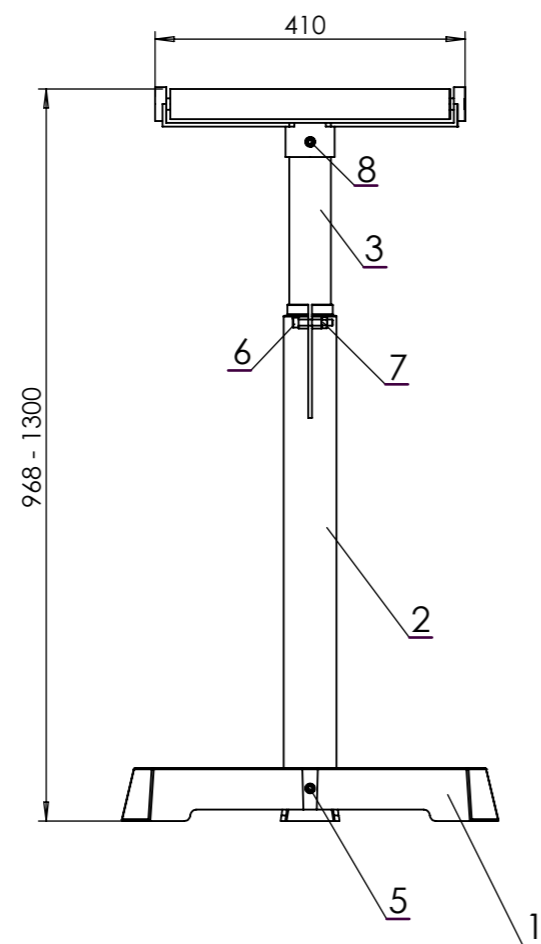
Štancanje je kao proces na prvi pogled neekonomičan budući da su strojevi i alati dosta skupi, međutim pogled procesa na duge staze čini štancanje najisplativijim rješenjem. Višegodišnja upotreba te izrada na tisuće komada opravdava početno ulaganje u stroj i potrebnu opremu. Konkretno na primjeru aluminijskih vrata, svi probijeni otvori mogli bi se izraditi i ručno sa nekim alatima, ali to nije nikako dobro rješenje gledajući potrebnu točnost izrade i uzimajući u obzir da se treba napraviti nekoliko desetaka rupa i otvora po vratima.

LITERATURA

- [1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Ekscentar_pre%C5%A1a#/media/Datoteka:ForgattyusSajto01.jpg
- [2] Musafija, B.: Obrada metala plastičnom deformacijom, Četvrto izdanje, Svjetlost, Sarajevo, 1979.
- [3] https://www.nanotec-jp.com/coatingservice_tin
- [4] Math, M.: Uvod u tehnologiju oblikovanja deformiranjem, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015.
- [5] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/ekscentar>
- [6] Matošević, M.: "Tehnologija obrade i montaže", udžbenik za I razred strojarske struke, Um d.o.o., Nova Gradiška, 2005.
- [7] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/presa>
- [8] <https://eisenach.life/de/orte/museen/automobilbaumuseum-eisenach>
- [9] Rebec, B., Margić, S.: Štance I dio, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1968.
- [10] <http://www.ss-industrijska-strojarska-zg.skole.hr/upload/ss-industrijska-strojarska-zg/multistatic/42/5.Tehnika%20stancanja.pdf> [dostupno 06.01.2025.]
- [11] <https://engineeringhut.blogspot.com/2010/11/press-working-terminology.html> [dostupno 10.01.2025.]
- [12] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/aluminij> [dostupno 13.01.2025.]
- [13] <https://www.ferometal.hr/eloksiranje> [dostupno 14.01.2025.]
- [14] <https://feal.ba/45-mill/> [dostupno 14.01.2025.]
- [15] MILL 45, Prozori i vrata, Knjiga A, Feal priručnik
- [16] MILL 45, Prozori i vrata, Knjiga B, Feal priručnik
- [17] <https://hr.yzpipes.com/info/5052-aluminum-properties-strength-and-uses-58081104.html> [dostupno 15.01.2025.]

PRILOZI

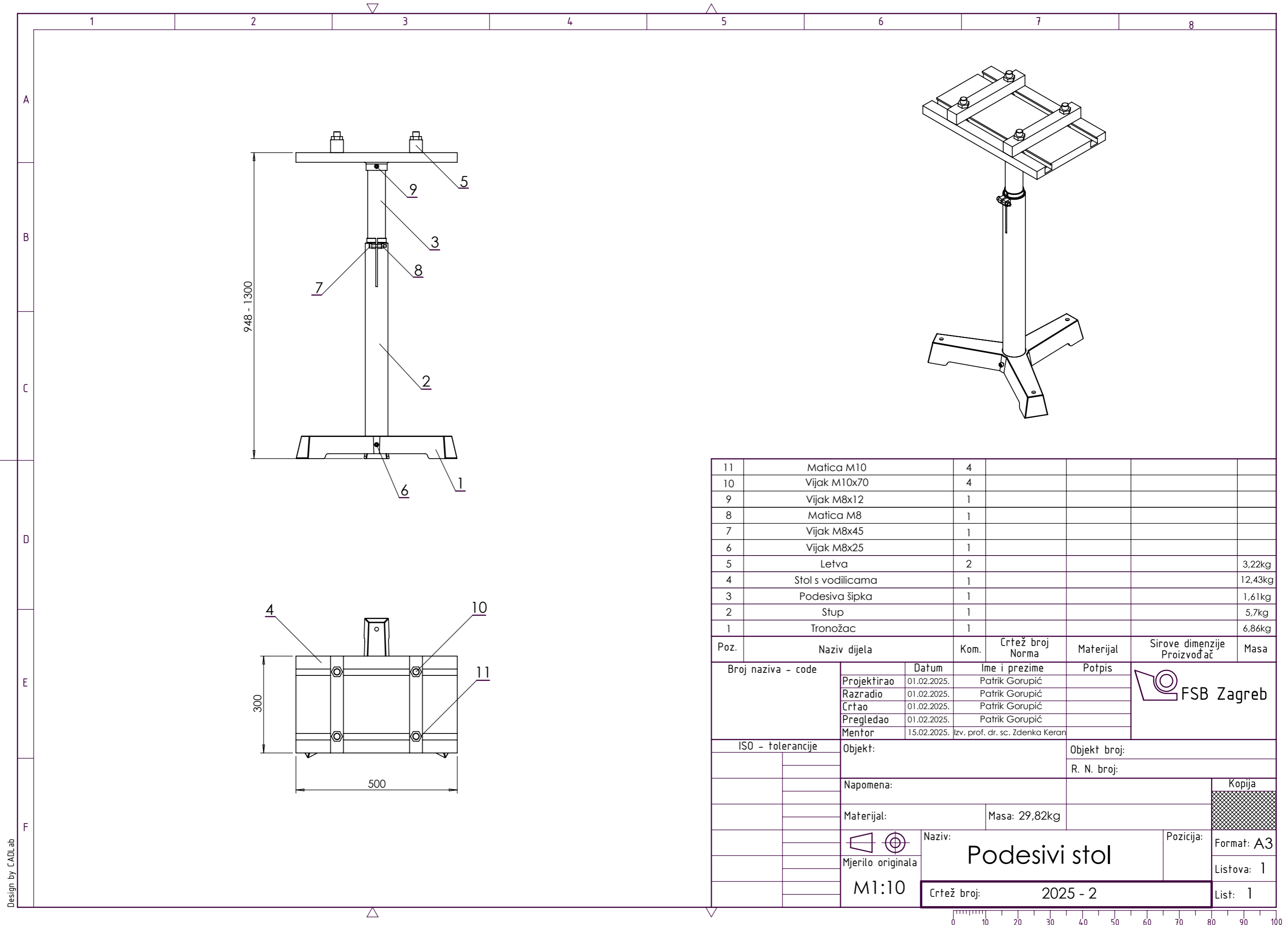
Tehnička dokumentacija



8	Vijak M8x12	1				
7	Matica M8	1				
6	Vijak M8x45	1				
5	Vijak M8x25	1				
4	Valjak	1				3,24kg
3	Podesiva šipka	1				1,61kg
2	Stup	1				5,7kg
1	Tronožac	1				6,86kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Razradio		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Crtao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Pregledao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Mentor		15.02.2025.	Izv. prof. dr. sc. Zdenka Keran			
ISO - tolerancije		Objekt:			Objekt broj:	
					R. N. broj:	
		Napomena:			<div style="background-color: #cccccc; width: 100px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Kopija</div>	
		Materijal:				
		Masa: 17,41 kg				
		 Naziv:			Pozicija:	
		Podesivi stalak			Format: A3	
					M1:10	
		Crtež broj: 2025 - 1			List: 1	





11	Matica M10	4			
10	Vijak M10x70	4			
9	Vijak M8x12	1			
8	Matica M8	1			
7	Vijak M8x45	1			
6	Vijak M8x25	1			
5	Letva	2			3,22kg
4	Stol s vodilicama	1			12,43kg
3	Podesiva šipka	1			1,61kg
2	Stup	1			5,7kg
1	Tronožac	1			6,86kg

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Razradio		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Crtao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Pregledao		01.02.2025.	Patrik Gorupić			
Mentor		15.02.2025.	Izv. prof. dr. sc. Zdenka Keran			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		
				R. N. broj:		
		Napomena:		Kopija		
		Materijal:		Masa: 29,82kg		
				Naziv:		Pozicija:
		Mjerilo originala		<h1>Podesivi stol</h1>		Format: A3
		M1:10				Listova: 1
		Crtež broj:		2025 - 2		List: 1

Design by CADLab

