

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Patrik GNUS

**RAZVOJ ORODJA ZA OBLIKOVANJE ALU-PVCD
BLISTROV S SEDMIMI KAPSULAMI**

Diplomsko delo

visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje

Strojništvo

Maribor, avgust 2020



RAZVOJ ORODJA ZA OBLIKOVANJE ALU-PVCD BLISTROV S SEDMIMI KAPSULAMI

Diplomsko delo

Študent: Patrik GNUS

Študijski program: visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje
Strojništvo

Smer: konstrukterstvo

Mentor: izr. prof. dr. Stanislav PEHAN, univ. dipl. inž. str.

Maribor, avgust 2020

Številka: S.B0558

Datum in kraj: 21.05.2020, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Uradni list RS, št. 29/2017–UPB12, 32/2019 in 14/2020) izdajam:

SKLEP O ZAKLJUČNEM DELU

PATRIKU GNUSU, študentu visokošolskega strokovnega študijskega programa prve stopnje **STROJNIŠTVO**, smer **KONSTRUKTERSTVO**, se dovoljuje izdelati zaključno delo.

Tema zaključnega dela je pretežno s področja Katedre za konstruiranje in oblikovanje.

Mentor: izr. prof. dr. STANISLAV PEHAN

Somentor: /

Zunanji delovni somentor: /

Naslov zaključnega dela: Razvoj orodja za oblikovanje ALU-PVCD blistrov s sedmimi kapsulami

Naslov zaključnega dela v angleškem jeziku: Development of a Tool to Form ALU_PVCD Blisters with Seven Capsules

Rok za izdelavo in oddajo zaključnega dela je: 30.09.2020. Zaključno delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za pripravo diplomskega dela« in ga v treh izvodih oddati v pristojnem referatu članice. Hkrati se odda tudi izjava mentorja o ustreznosti zaključnega dela ter poročilo o preverjanju podobnosti z drugimi deli.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat članice v roku 10 delovnih dni od dneva prejema sklepa.

Dekan:

red. prof. dr. BOJAN DOLŠAK

Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- odložiti v arhiv.

Podpisani Patrik Gnus, izjavljam, da:

- Je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela;
- Predloženo delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe po študijskem programu druge fakultete ali univerze;
- So rezultati korektno navedeni;
- Nisem kršil avtorskih pravic in intelektualne lastnine drugih;
- Soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v Knjižnici tehniških fakultet ter Digitalni knjižnici Univerze v Mariboru, v skladu z izjavo o istovetnosti tiskane in elektronske verzije zaključnega dela.

Maribor, _____

Podpis: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Stanislavu PEHANU, za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se podjetju Forstek d. o. o. ter Matjažu Kovaču za možnost opravljanja diplomskega dela in pomoč.

Zahvaljujem se Aniti Leskovar za opravljeno lekturo.

Zahvaljujem se staršema, ki sta mi pomagala in me spodbujala pri študiju.

RAZVOJ ORODJA ZA OBLIKOVANJE ALU-PVCD BLISTROV S SEDMIMI KAPSULAMI

Ključne besede: blister, globoki vlek, kaviteta, aluminijasta PVCD folija, pestič

UDK: 621.983.3(043.2)

POVZETEK

Problem projekta je bil pojav mikropor in lomljenje kavitete. Reševali smo ga s pomočjo izkustvene in eksperimentalne metode. Izkustvena metoda se je izkazala zelo dobro, saj imamo v podjetju veliko izkušenj na podlagi oblikovanja orodij za globoki vlek ALU-PVCD folije. Naredili smo štiri različne oblike pestičev. Eksperimentalni rezultati oblik A, B in D so bili slabi, kajti še vedno je bil prisoten pojav mikropor in lomljenje kavitete. Oblika C je pa zagotovila vse zahteve in se izkazala za najboljšo.

DEVELOPMENT OF A TOOL TO FORM ALU-PVCD BLISTERS WITH SEVEN CAPSULES

Key words: blister, deep drawing, cavity, ALUMINUM_PVCD foil, forming tool

UDK: 621.983.3(043.2)

ABSTRACT

The problem of the project was the appearance of micropores and the breaking of the cavity. We solved it using an experiential and experimental method. The experiential method proved to be very good, as we have a lot of experience in the company based on the design of tools for deep drawing of ALU-PVCD foil. We made four different shapes of fists. The experimental results of forms A, B, and D were poor, as the appearance of micropores and cavity fracture was still present. Form C, however, met all the requirements and proved to be the best.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	- 1 -
1.1	Področje diplomskega dela	- 1 -
1.2	Opredelitev diplomskega dela	- 1 -
2	PREGLED STANJA ORIGINALNEGA ORODJA	- 2 -
3	RAZVOJ NOVEGA OBLIKOVNEGA PESTIČA	- 3 -
3.1	Podroben opis problema	- 3 -
3.1.1	Zahteve naročnika	- 5 -
3.2	Konstruiranje oblikovnega pestiča	- 5 -
3.2.1	Modeliranje	- 7 -
3.3	Testiranje	- 13 -
3.3.1	Test oblike A	- 15 -
3.3.2	Test oblike B	- 17 -
3.3.3	Test oblike C	- 19 -
3.3.4	Test oblike D	- 21 -
3.4	Rezultat konstrukcije in testiranja	- 23 -
3.4.1	Zahtevnik	- 23 -
3.5	Validacija	- 23 -
3.6	Uspešnost projekta	- 23 -
3.7	Sklep	- 24 -

KAZALO SLIK

Slika 1: Originalni pestič.....	- 2 -
Slika 2: Originalni pestič.....	- 3 -
Slika 3: Blister naročnika.....	- 4 -
Slika 4: Kaviteta in kapsula v prerezu	- 4 -
Slika 5: Merjenje natančnosti izdelave oblike A	- 6 -
Slika 6: Množica točk izmerjenega pestiča	- 6 -
Slika 7: Smernice za oblikovanje.....	- 7 -
Slika 8: Skica pestiča oblike A	- 8 -
Slika 9: 3D model oblike A	- 8 -
Slika 10: Pestič oblike A	- 9 -
Slika 11: Skica pestiča oblike B	- 9 -
Slika 12: 3D model oblike B	- 10 -
Slika 13: Pestič oblike B	- 10 -
Slika 14: Skica pestiča oblike C	- 11 -
Slika 15: 3D model oblike C	- 11 -
Slika 16: Pestič oblike C	- 12 -
Slika 17: Skica pestiča oblike D	- 12 -
Slika 18: 3D model oblike D	- 13 -
Slika 19: Pestič oblike D	- 13 -
Slika 20: Uporabljene folije med testiranjem	- 14 -
Slika 21: Vzorec live check folije	- 15 -
Slika 22: Rezultat testiranja oblike A	- 15 -
Slika 23: Načrt za izdelavo oblike A	- 16 -
Slika 24: Rezultat testiranja oblike B	- 17 -

Slika 25: Načrt za izdelavo oblike B	- 18 -
Slika 26: Rezultat testiranja oblike C	- 19 -
Slika 27: Načrt za izdelavo oblike C	- 20 -
Slika 28: Rezultat testiranja oblike D	- 21 -
Slika 29: Načrt za izdelavo oblike D	- 22 -

KAZALO TABEL

Tabela 1: Zahteve naročnika.....	- 16 -
Tabela 2: Zahtevnik.....	- 17 -

UPORABLJENE KRATICE

Al	–	Aluminij
CAD	–	Computer aided design
IGES	–	Initial Graphics Exchange Specification
oPA	–	Laminates of Oriented polyethylene
PP	–	Zaščitni lak folije
PET-P	–	Ertalyte
PTFE	–	Teflon
POM-C	–	Nylacast polyacetal
S-green	–	Recycled polyethylene
UV	–	Ultravijolična svetloba

1 UVOD

1.1 Področje diplomskega dela

Globoko vlečenje je postopek preoblikovanja ravnih ploščatih surovcev, ki jih imenujemo rondele ali platine, v poljubno oblikovna, na eni strani odprta votla telesa (okroglega, eliptičnega ali kvadratnega prereza) oziroma nadaljnje preoblikovanje takih polizdelkov v telesa z drugo obliko ali drugačnimi dimenzijami. Uporablja se za izdelavo enostavnih in zahtevnih votlih teles (posode, lonci in drugi izdelki množinske proizvodnje), kakor tudi za izdelavo karoserijskih delov in podobnih izdelkov. Preoblikovalni proces je pri globokem vlečenju zelo zapleten, ker se material deformira istočasno pod vplivom radialnih in tangencialnih napetosti, zato je vpliv oblike in vrste materiala mnogo večji kot pri drugih postopkih preoblikovanja.

1.2 Opredelitev diplomskega dela

Naročnik je podal zahtevo za novo orodje pri postopku globokega vleka zaradi težave lomljenja kavitet (žepok preoblikovane folije, v katerem leži kapsula) na blistru (tablica za kapsule) dimenzij 74 mm x 106 mm, ki vsebuje 7 kapsul standardne velikosti št. 2 (dolžina: 18 mm; premer: 6,35 mm). Po postopku preoblikovanja laminirane folije mora imeti končani blister zahtevano obliko in mora biti brez mikropor zaradi varovanja kapsule pred zunanjimi vplivi (vlaga, UV-svetloba). Cilj naloge je bil rešiti problem lomljenja kavitet in pojava mikropor.

2 PREGLED STANJA ORIGINALNEGA ORODJA

Originalno orodje smo razstavili in premerili na triosnem koordinatnem merilnem stroju (Mistral 7.7.5; z merilnim pogreškom 3 μm). Zaradi majhne teže merjencev se ti na mizo vpnejo s pomočjo primeža, vsak merjenec mora imeti postavljen svoj koordinatni sistem, ki ga pozicioniramo na rob primeža zaradi zahtevne oblike in nadaljnje pretvorbe v CAD obliko (IGES). Merimo točkovno s tipalom, večja kot je gostota točk, večja je natančnost. Množico točk program stroja pretvori v premice in krivulje. Po opravljenih meritvah smo izvozili meritve v CAD obliki in v modelirniku SIEMENS NX 1899 izdelali 3D modele in tehniško dokumentacijo obstoječih vpenjalnih prijemalnih plošč ter matrice, saj teh nismo smeli spreminjati zaradi pogoja naročnika, in sicer da ostane rob kavitete enak. Pozornost smo namenili oblikovalnemu pestiču, saj smo iz izkušenj postavili predpostavko, da je težava v njegovi obliki.



Slika 1: Originalni pestič



Slika 2: Originalni pestič

3 RAZVOJ NOVEGA OBLIKOVNEGA PESTIČA

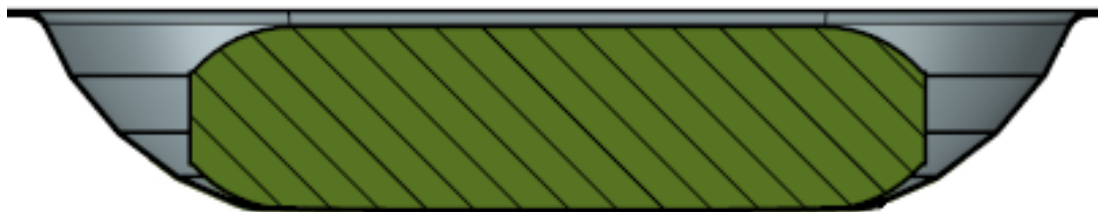
3.1 Podroben opis problema

Kupec je imel težavo s pojavljanjem mikropor in vidnim lomljenjem žepkov po preoblikovanju. Mikropore so v tem primeru največja težava, saj jih s prostim očesom ni možno zaznati, skozi njih pa lahko v kaviteto blistra prideta vlaga in svetloba. Kapsule, katere se pakirajo, morajo biti zaščitene proti zunanjim vplivom, ker so drugače neuporabne in lahko tudi škodljive za uporabnika. Želja naročnika je bila, da se naredi novi oblikovni pestič. Pojasnili so nam, da so zamenjali folijo. Prej laminirano folijo PP/oPA/Alu/PP je zamenjala folija, ki vključuje tudi silica gel zaradi občutljivosti kapsule, kot že omenjeno.

Po vseh opravljenih meritvah originalnega orodja in izdelavi CAD modelov smo ugotovili, da težava ni samo v obliki pestiča, temveč v povečanem trenju med folijo in pestičem zaradi spremembe folije. Silica gel, ki je prisoten v njej, izsuši zaščitno plast oz. površino, katera se dotika pestiča med samim globokim vlekem. Ta plast bi morala skupaj z lakom zagotoviti gladko površino, katera omogoča lažje preoblikovanje folije.



Slika 3: Blister naročnika (označena mesta prikazujejo lom kavitete) [6]



Slika 4: Kaviteta in tableta v prerezu (kaviteta – žepek, v katerem sedi kapsula) [6]

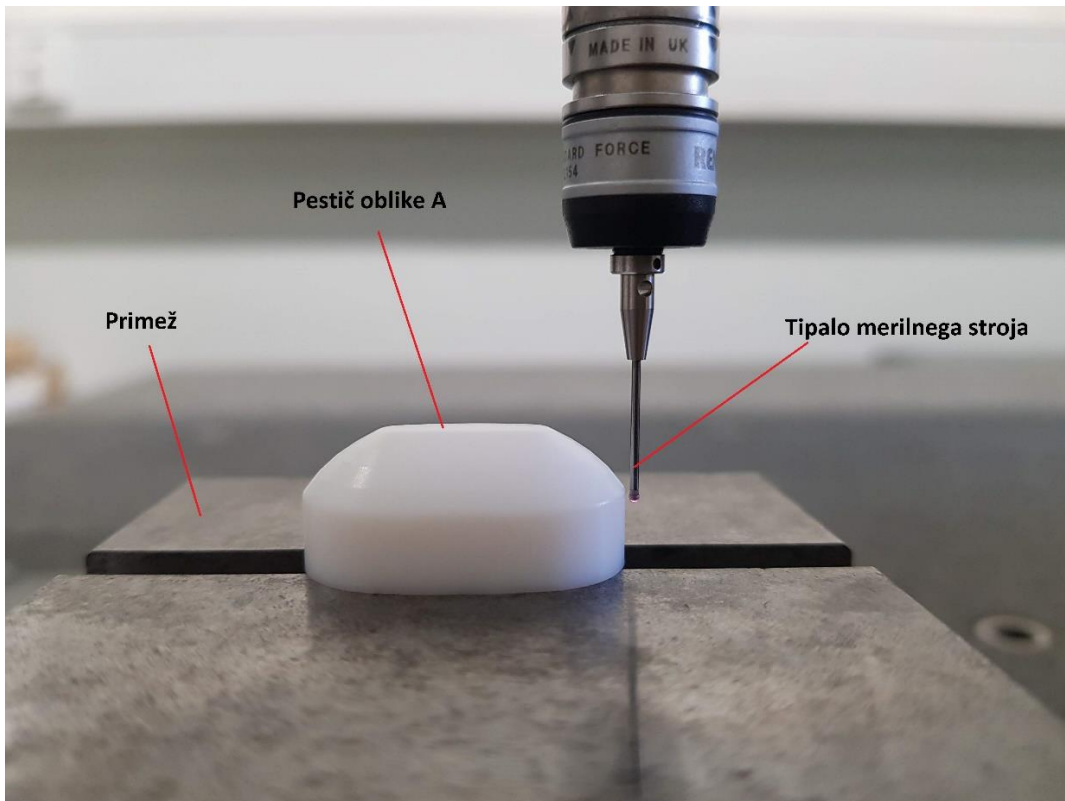
3.1.1 Zahteve naročnika

Rob in velikost kavitete morata ostati enaka. Zaradi kapsule dolžine: 18 mm in premera 6,35 mm. [Brezpogojno]
Kavitev mora biti brez pojava loma njene oblike. [Brezpogojno]
Kavitev mora biti brez mikropor. [Brezpogojno]

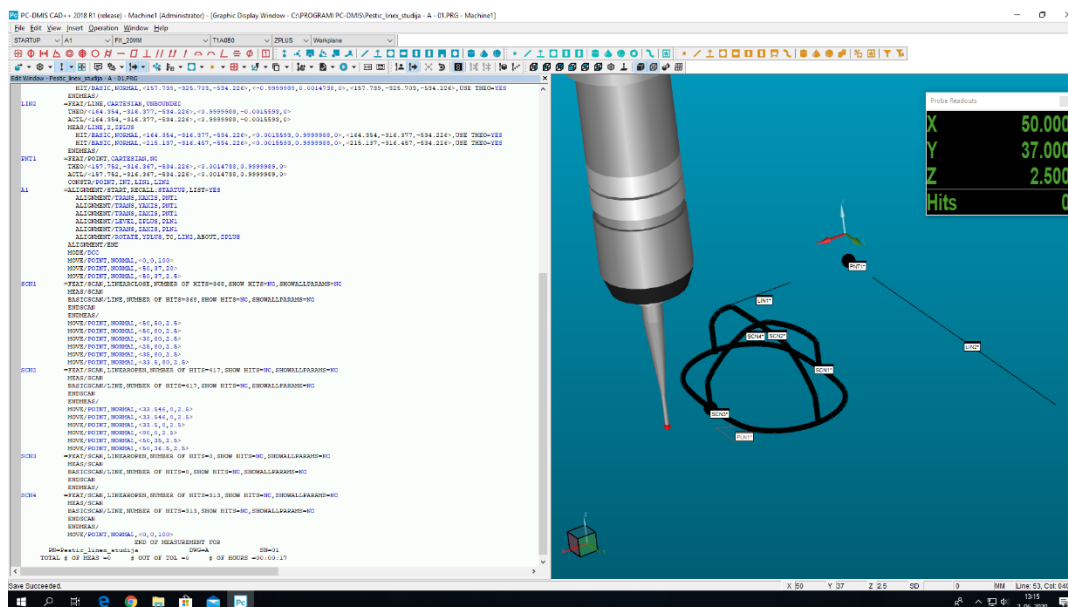
3.2 Konstruiranje oblikovnega pestiča

Po težavah, ki smo jih odkrili med preučevanjem originalnega orodja, smo se lotili načrtovanja novega orodja. Da bi se znebili prevelikega trenja med folijo in oblikovnim pestičem, moramo zmanjšati oblikovne ploskve, ob enem pa povečati debelino folije med oblikovanjem, torej enakomerno porazdeliti silo vlečenja. Pri oblikovanju pestiča je potrebno upoštevati tudi določene stvari, znane iz prakse in izkušenj, kajti teorija iz literature nam pri tem postopku ne pomaga kaj veliko zaradi obnašanja folije med preoblikovanjem. Prvi faktor je skrček folije, ki znaša 4-5 % in ga reguliramo izključno z globino oblikovanja. Če bi ga želeli upoštevati že na sami obliki pestiča, bi porušili razmerja oblikovanja in onemogočili učinkovito tesnjenje pri lepljenju pokrivne folije. Med kapsulo v kaviteti in pokrivno folijo mora biti zračnost 0,5 mm, saj se drugače lahko med lepljenjem kapsula poškoduje ali pa prilepi na pokrivno folijo. Kot med prvo stopnico oblike in matrico mora biti od 22 do 27 stopinj. Veliko vlogo ima tudi pridrževanje folije med oblikovanjem, saj ne dopušča, da se folija giblje prosto ampak kontrolirano. Če je pridrževanje premočno, ne dopušča tečenja folije in se le-ta strga, če pa folije ne pridržimo z zadostno silo, se ta naguba.

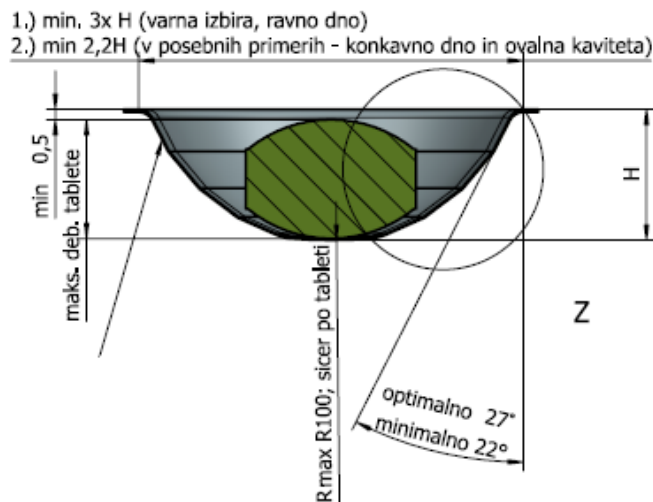
Pri konstruiranju oblike pestiča moramo paziti tudi na kote površin, ki nastanejo na kaviteti, saj lahko med kontrolo mikropor odsevajo svetlobo tako, da strojni vid ne zazna napak v materialu. Prvo zaznavanje mikropor je s fotocelico takoj po preoblikovanju folije. Druga stopnja pa, ko je izdelek že zapakiran v blister. Tega vzamejo iz linije in ga testirajo na stroju za vakuum test. Stopnja vakuuma je odvisna od volumna kavitete, npr. pri majhni kaviteti je vakuum 800 mbar, medtem ko je pri velikih 400 mbar.



Slika 5: Merjenje natančnosti izdelave oblike A



Slika 6: Množica točk izmerjenega pestiča



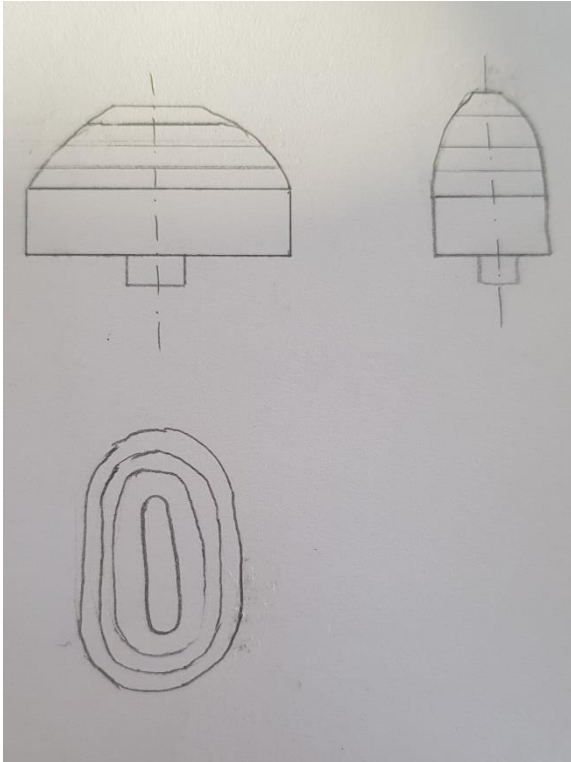
Slika 7: Smernice za oblikovanje (prerez kavitete, v kateri je kapsula) [6]

3.2.1 Modeliranje

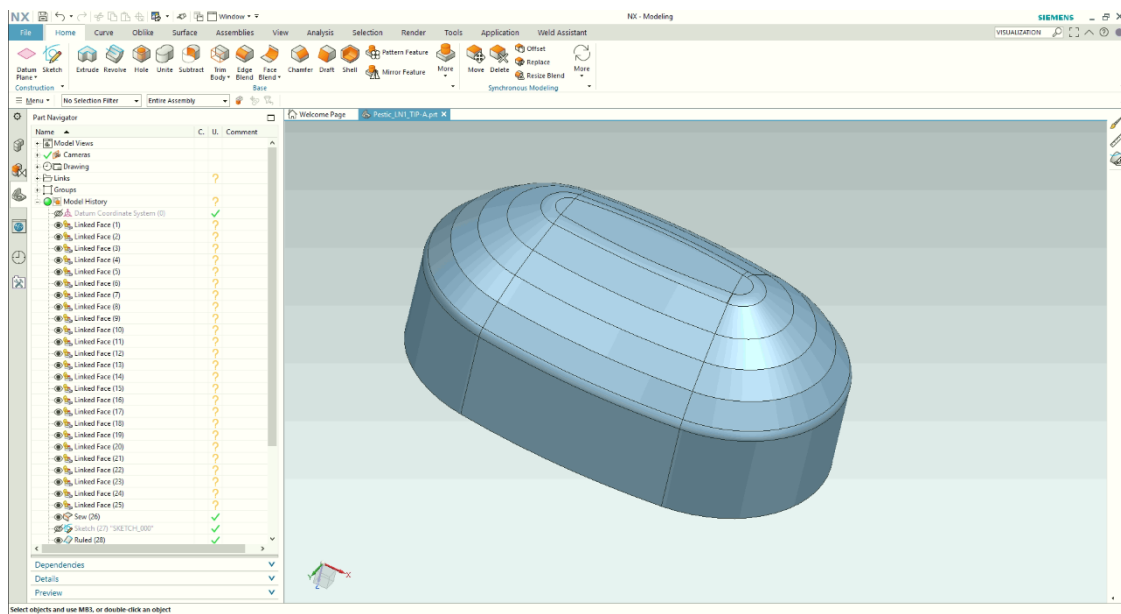
Po omenjenih in upoštevanih faktorjih za konstrukcijo oblike smo se lotili modeliranja. Po mojih in mentorjevih idejah smo v podjetju izdelali 4 različne oblike pestiča za testiranje. Uporabljali smo CAD program Siemens NX 1899, za modeliranje le-teh smo uporabljali naprednejše funkcije napanjanja površin preko vodnic (Through Curve Mesh). Pri tej funkciji imamo dve vrsti črt in točk. Primarne, ki določajo smer oblike, ter križne, ki omejujejo začetek, konec ter napetje površine. Najlažje in najbolj optimalno je modelirati po četrtinah, ki jih potem z ukazom sledenje po krivulji (swept) povežemo v končno obliko. Modeliranje takšnih zahtevnih oblik je vzelo dosti časa, saj ne poteka vedno tako, kot bi si želeli.

3.2.1.1 Oblika A

Temelji na osnovah globokega vleka in izkušenj podjetja o preoblikovanju takšne oblike kavitete. Pestič je konstruiran po razmerju globine in dolžine ter je stopničaste oblike. Takšna oblika nam daje togost kavitete in med samim globokim vlekem skrbi za pravilno tečenje materiala. Z globino lahko dobro kontroliramo obliko kavitete in volumen, saj taka oblika dopušča nekaj manevrskega prostora tudi v primeru nepredvidenega skrčka materiala.



Slika 8: Skica pestiča oblike A



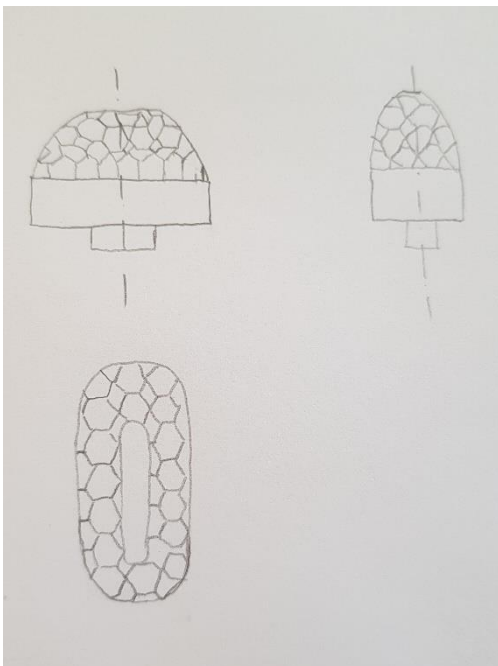
Slika 9: 3D model oblike A



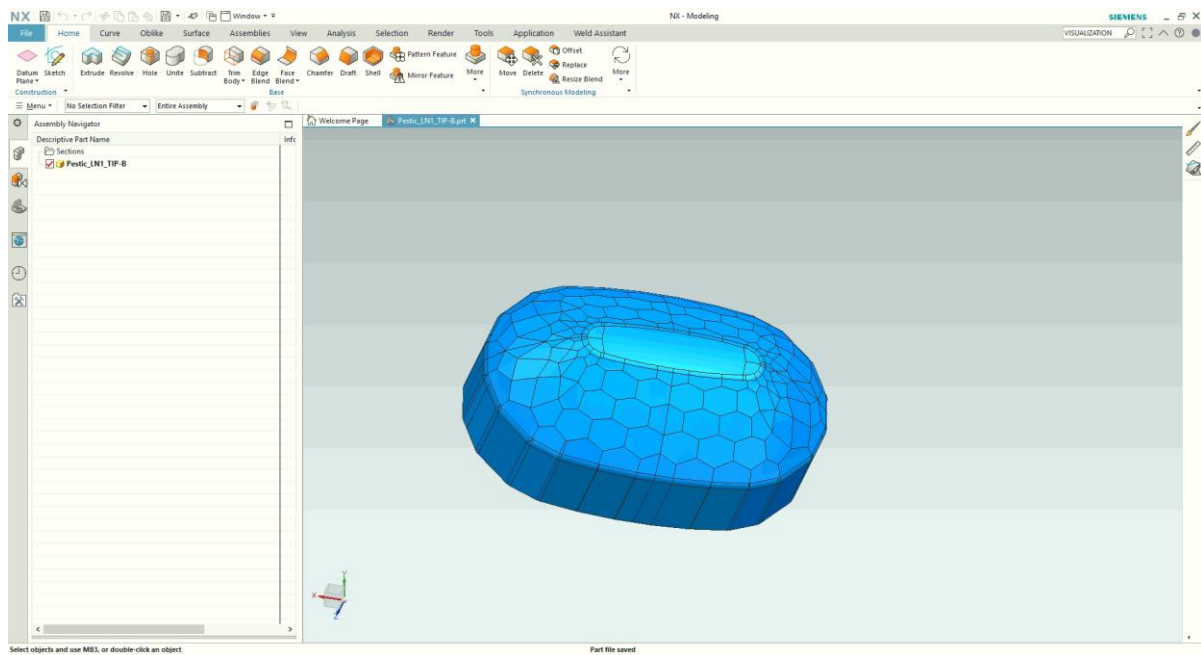
Slika 10: Pestič oblike A

3.2.1.2 Oblika B

Temelji na izkustveni metodi, pri njej zmanjšujemo oblikovne površine pestiča. Obliko razdelimo na več mnogokotnikov (prevladujejo 6-kotniki), tako da je končna oblika podobna satovju. S takšno obliko dosežemo večjo togost kavitete in bolj enakomerno debelino folije. Ta oblika ni obetala neke velike praktične uporabe, ampak smo jo želeli preizkusiti zaradi njene zanimivosti. Zahteva tudi matrico posebne oblike, kar je bila dodatna slabost.



Slika 11: Skica pestiča oblike B



Slika 12: 3D model oblike B

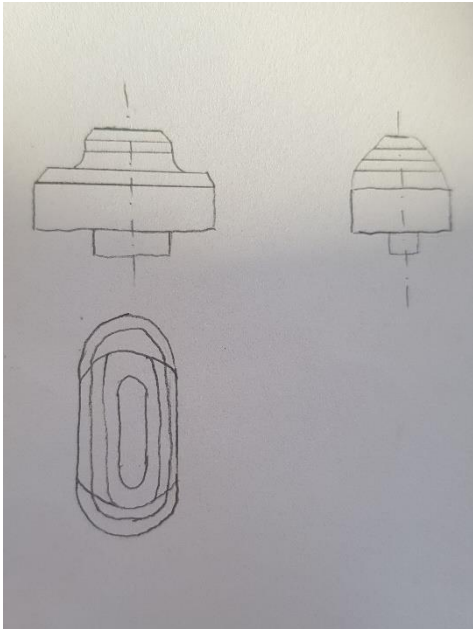


Slika 13: Pestič oblike B

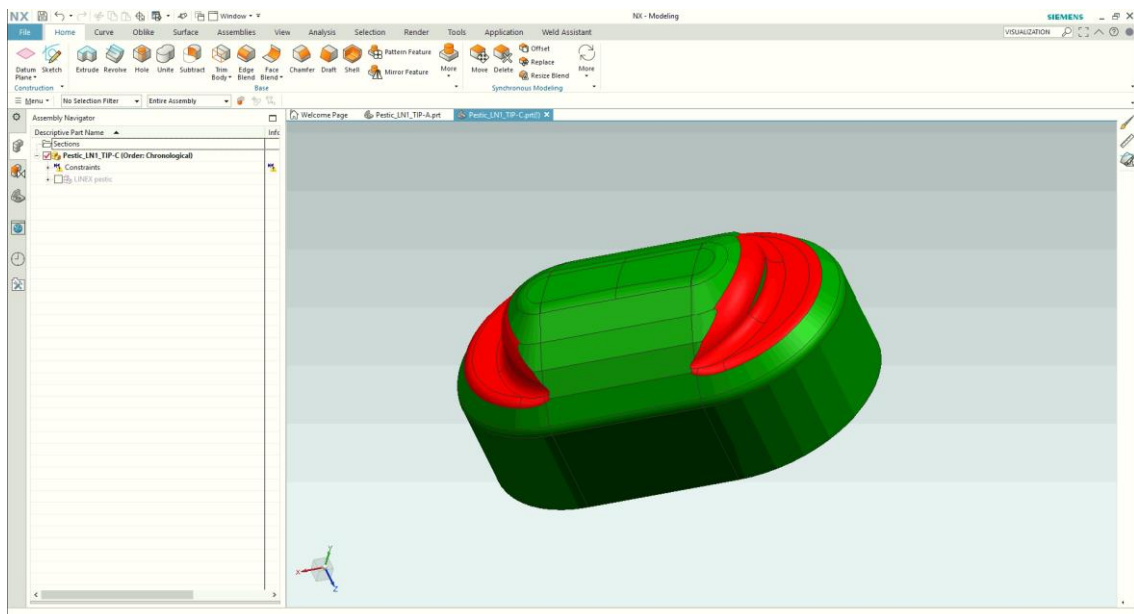
3.2.1.3 Oblika C

Je nastala kot hibrid med obliko A in originalnim orodjem. Med oblikovanjem omogočimo delu oblikovane folije, da se giblje prosto v prostoru, kar nam daje več prostora za napake

oblikovnega dela in večjo uporabnost na takšni strojni liniji. Nekoliko tudi zmanjšamo občutljivost centriranja pestiča in matrice, kar pa je v tako zahtevnem delovnem okolju prednost.



Slika 14: Skica pestiča oblike C



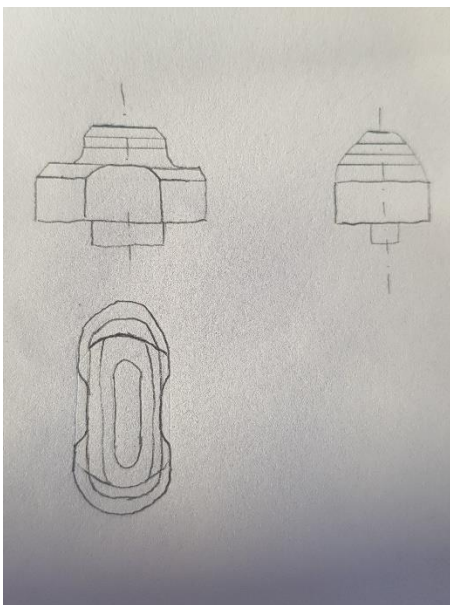
Slika 15: 3D model oblike C



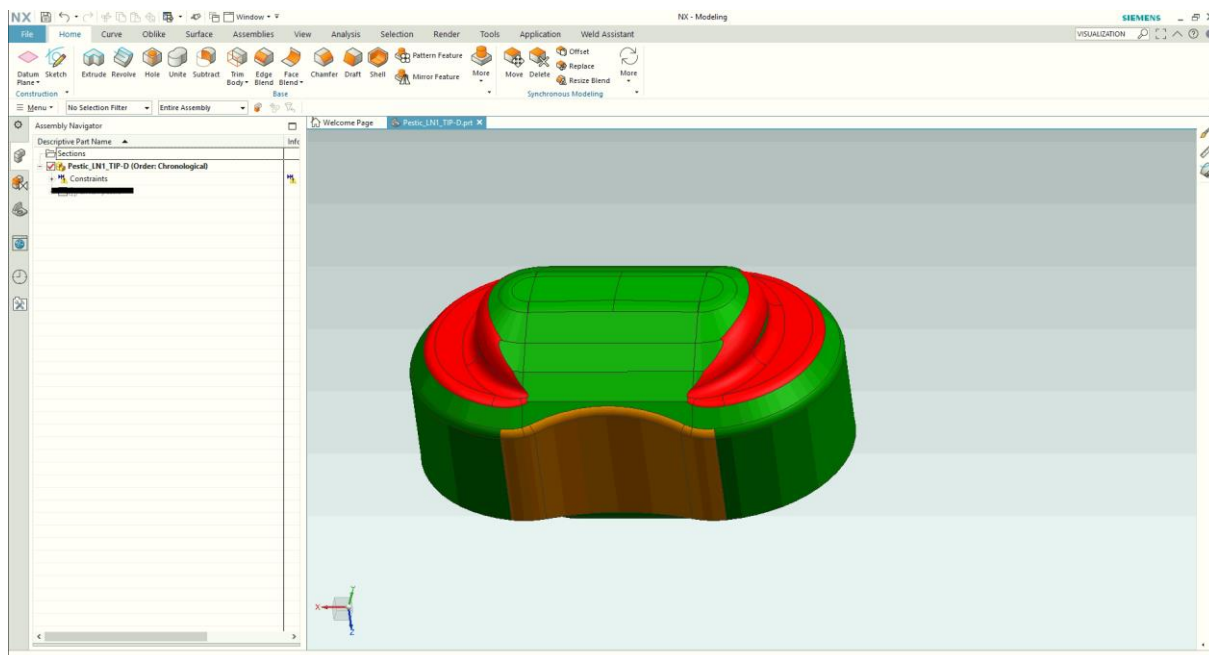
Slika 16: Pestič oblike C

3.2.1.4 Oblika D

Je takšna oblika, pri kateri na pestiču še dodatno odvzamemo material, da bi še bolj povečali prosto gibanje oz. tečenje folije ter zmanjšali trenje in napetosti v materialu med in po oblikovanju. Največ pozornosti je bilo namenjeno odvzemanju materiala na stranskih ploskvah, ne pa na oblikovnih, kar bi lahko povzročilo nepravilno polaganje kapsule v kaviteto.



Slika 17: Skica pestiča oblike D



Slika 18: 3D model oblike D



Slika 19: Pestič oblike D

3.3 Testiranje

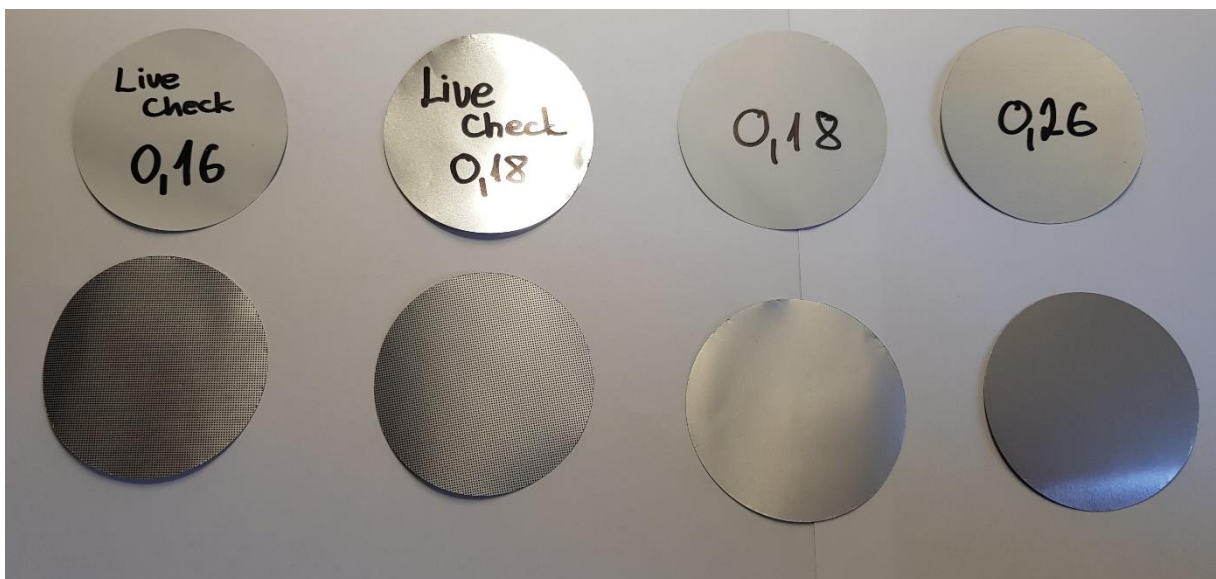
Testiranja je postopek preizkušanja novih oblikovnih pestičev z različnimi folijami. Več kot imamo testov, večja je natančnost in manjša možnost napak. Z več opravljenimi testi

odpravimo človeški faktor. Z ustreznim testnim orodjem zagotavljamo, da ni razlik med posameznimi testi pri ustrezni globini vlečenja in ustreznim centriranjem pestiča v matrico.

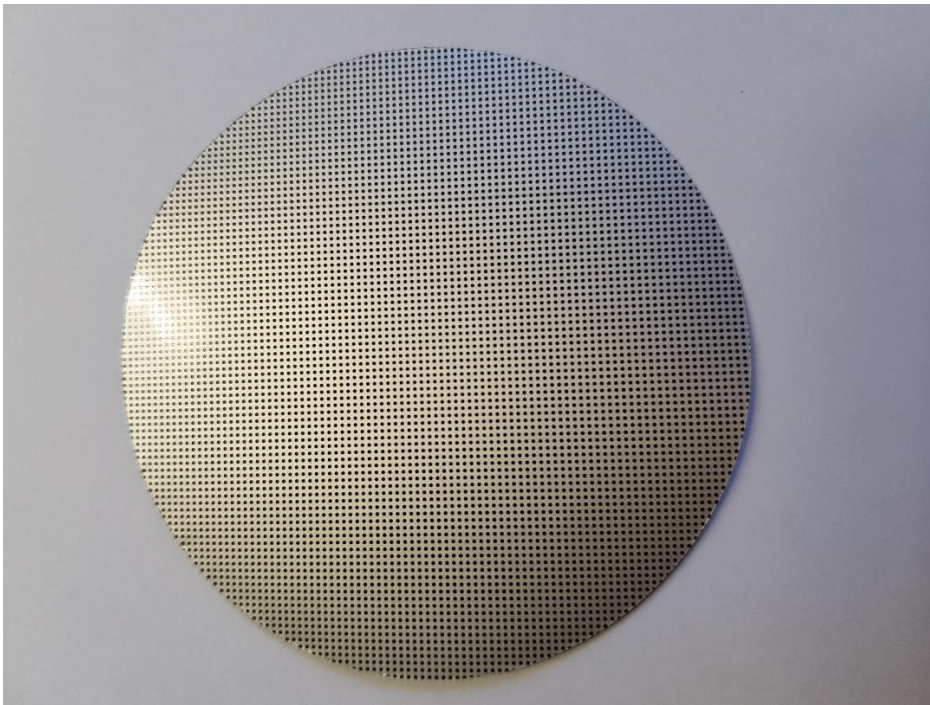
Z različnimi tipi folij ugotavljamo, kakšen je potek oblikovanja, obnašanje materiala in bolje razumemo dobre ter slabe lastnosti oblikovanja. Prvi vlek naredimo s tako imenovano »live check« folijo, ki je tanjša od tiste, ki se uporablja med samim postopkom v podjetju, in ima po površini črne pike, katere nam omogočajo kontrolo raztezka materiala, na njej tudi vidimo, če sta pestič in matrica v pravilnem položaju. Ko odpravimo ekscentričnost in nastavimo ustrezno globino, se lotimo postopka z zahtevano folijo. Folije, ki smo uporabljali pri testiranju, so: live check debeline 0,16 mm in 0,18 mm ter zahtevane folije s strani naročnika debeline 0,18 mm in 0,26 mm.

Kljub dobri CAD podpori in simulacijam v današnjem času ne moremo ugotoviti vseh šibkih točk oblike z računalnikom. Največ nam pokaže samo testiranje oz. eksperimentiranje.

Med testiranjem smo uporabljali več različnih materialov za pestič in matrico, da smo ugotovili idealno izbiro. Testirali smo matrico iz aluminija in nerjavečega jekla. Pri testiranju se je izkazala obstoječa matrica iz nerjavečega jekla za boljšo, saj se je folija lepše vlekla, obraba pa je manjša kot pri aluminiju. Za pestič smo uporabil umetne mase, kot so: PET-P, PTFE, S-green in POM-C. Najboljše se je izkazal PTFE oz. t. i. teflon. Metoda testiranja pa je poslovna skrivnost in je ne smemo izdati.



Slika 20: Uporabljene folije med testiranjem (zgoraj: zadnja stran, spodaj: sprednja stran)



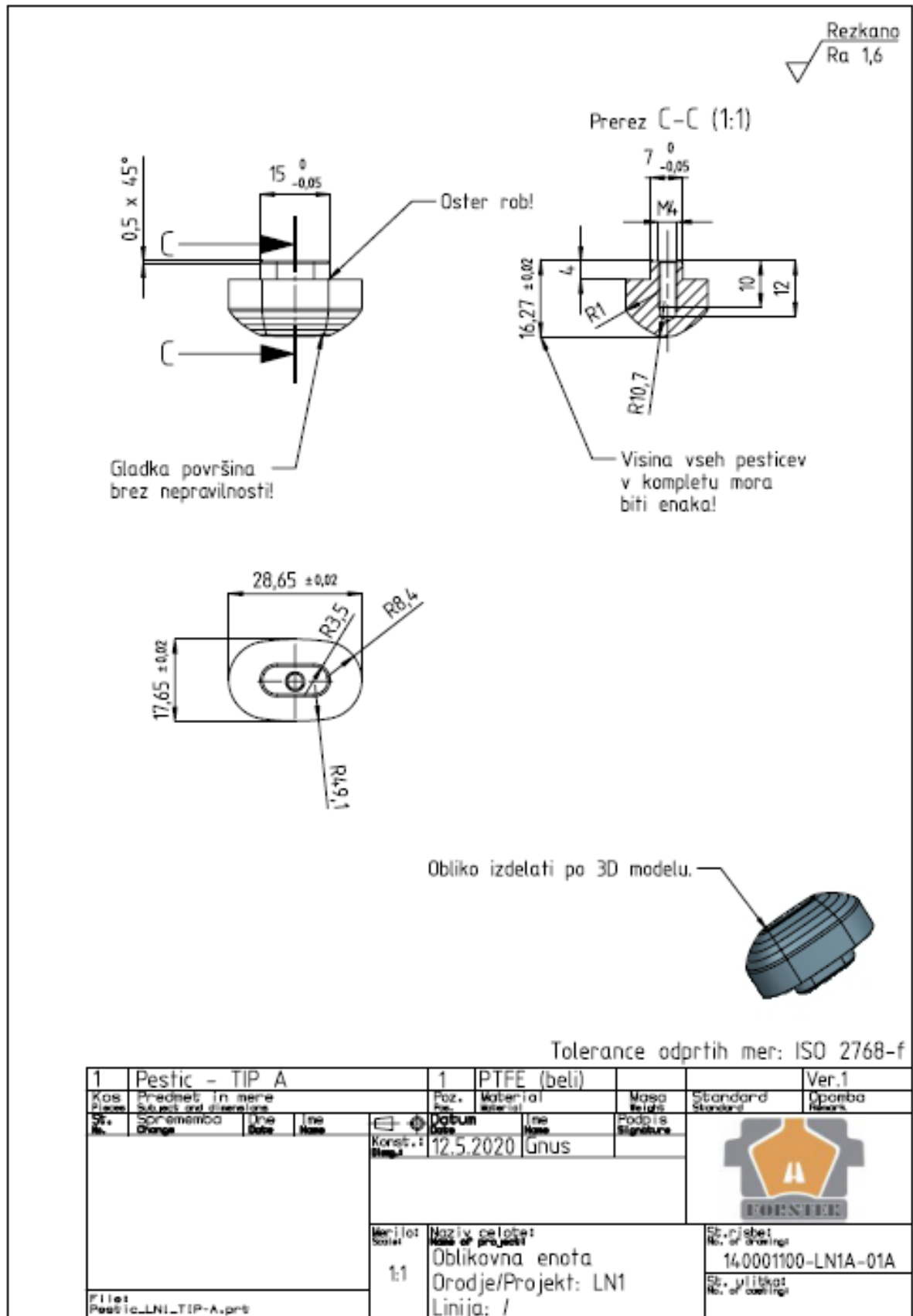
Slika 21: Vzorec live check folije

3.3.1 Test oblike A

Pri testiranju smo ugotovili, da oblika deluje, vendar ne najboljše. Zopet je bil prisoten pojav mikopor in preveliko trenje. Ugotovili smo, da ta oblika zagotavlja dobro modulacijo globine.



Slika 22: Rezultat testiranja oblike A



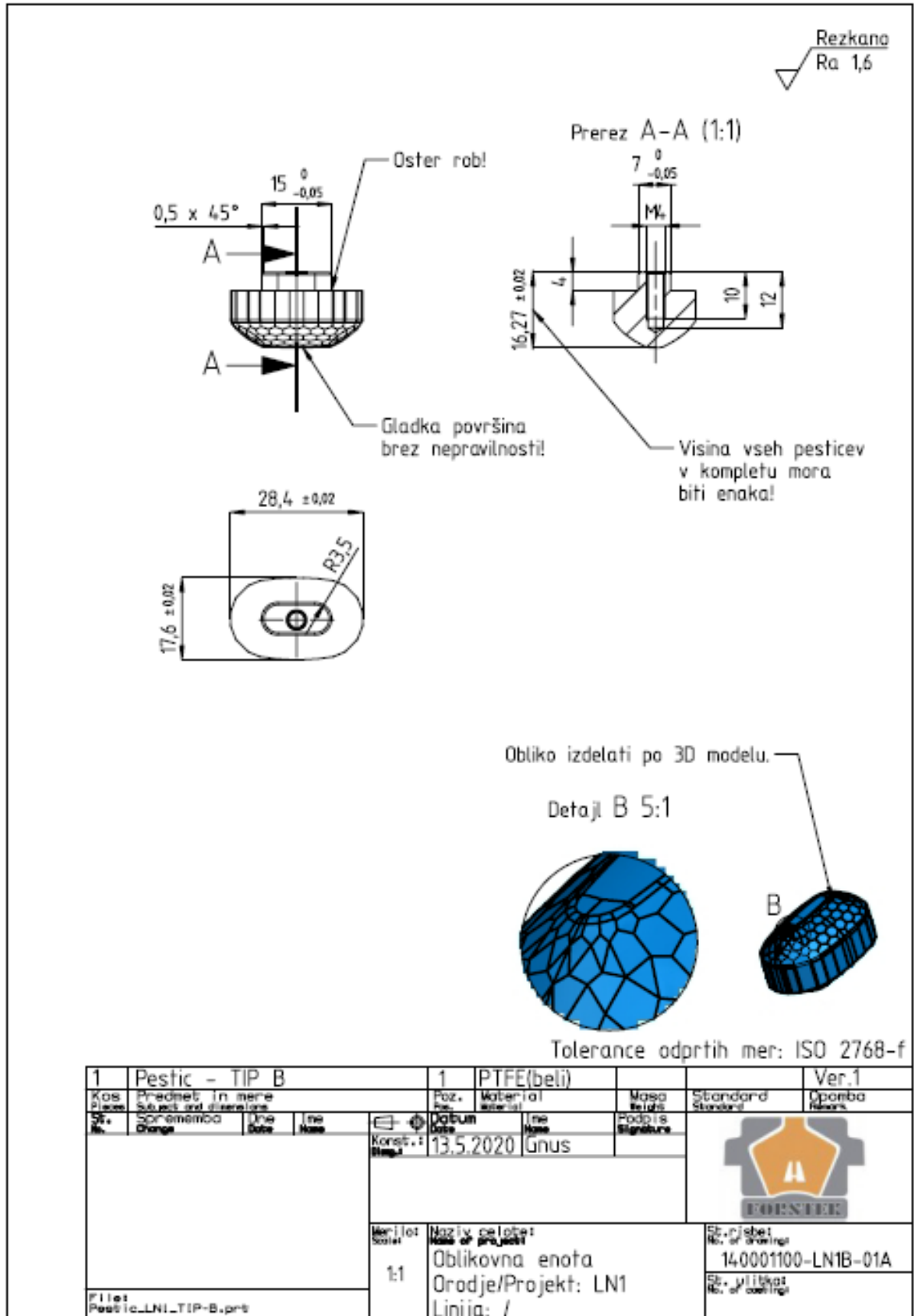
Slika 23: Načrt za izdelavo oblike A

3.3.2 Test oblike B

Pri testiranju te oblike nam oblikovanje s predpisano folijo ni uspelo. Pri drugih tipih folij pa je oblika pokazala dobre lastnosti, vendar za to aplikacijo ni ustrezna. Centriranje pestiča v matrico je bilo zelo zahtevno in je že ob manjših nepravilnostih prišlo do mikropor. Modulacija globine je težka.



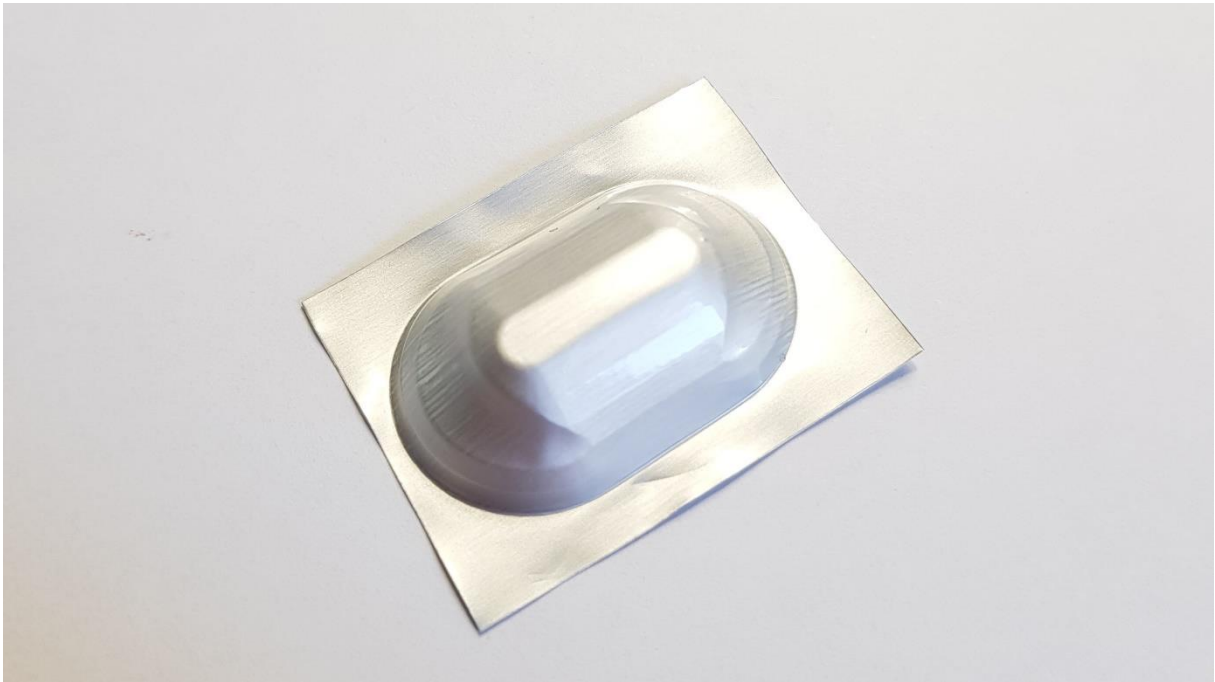
Slika 24: Rezultat testiranja oblike B



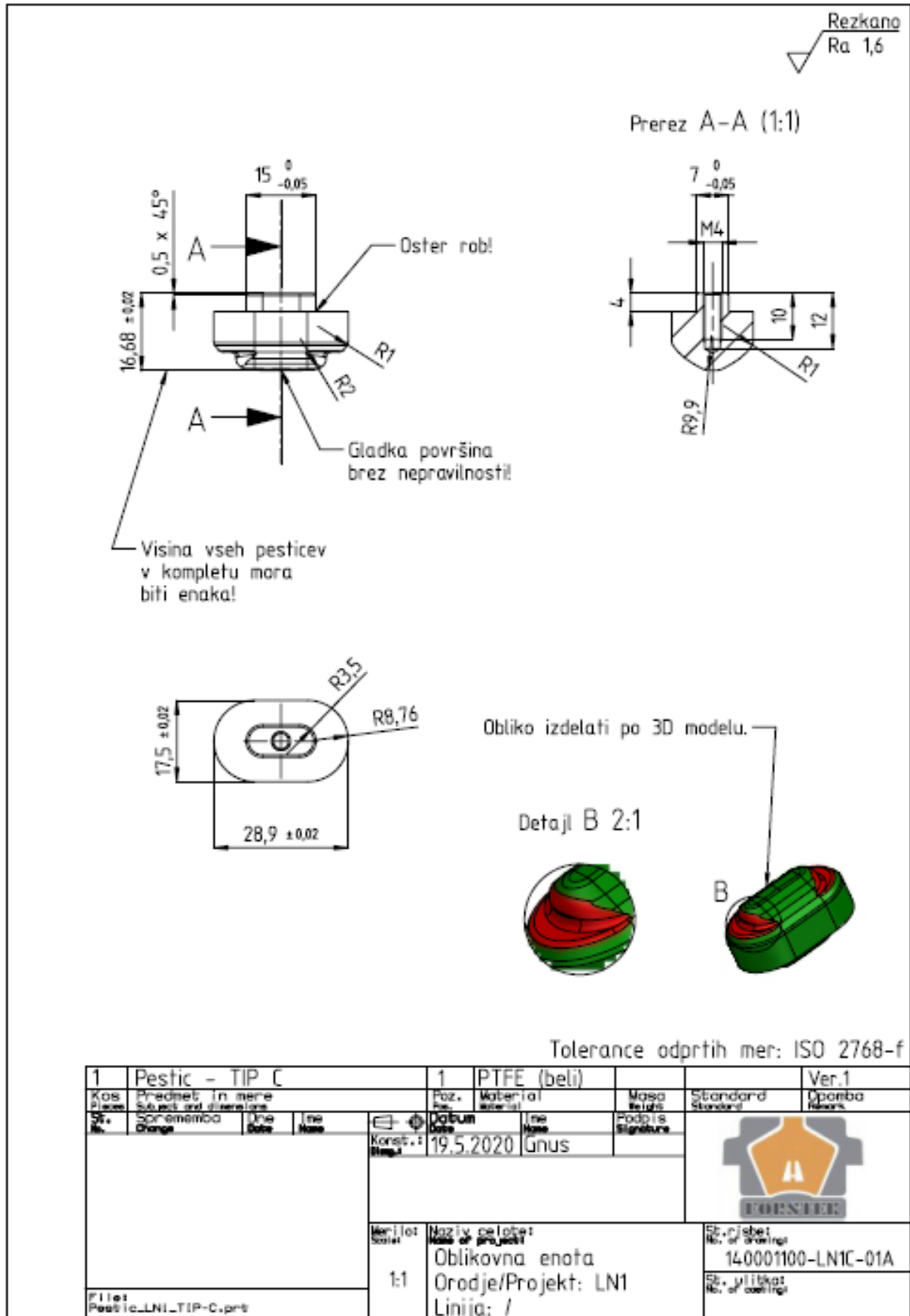
Slika 25: Načrt za izdelavo oblike B

3.3.3 Test oblike C

Po testiranju oblike A smo ugotovili, da je še potrebno zmanjšati trenje, vendar obdržati večino oblikovnega dela pestiča, zato smo se odločil za hibrid med originalnim orodjem in obliko A. Testiranje je pokazalo zelo dobre rezultate. Zmanjšale so se napetosti, za oblikovanje pa je bila potrebna manjša sila. Kar pa je najbolj pomembno, pojav mikropor ni bil zaznan. Izkazalo se je, da bo ta oblika najboljša in tudi končna izbira.



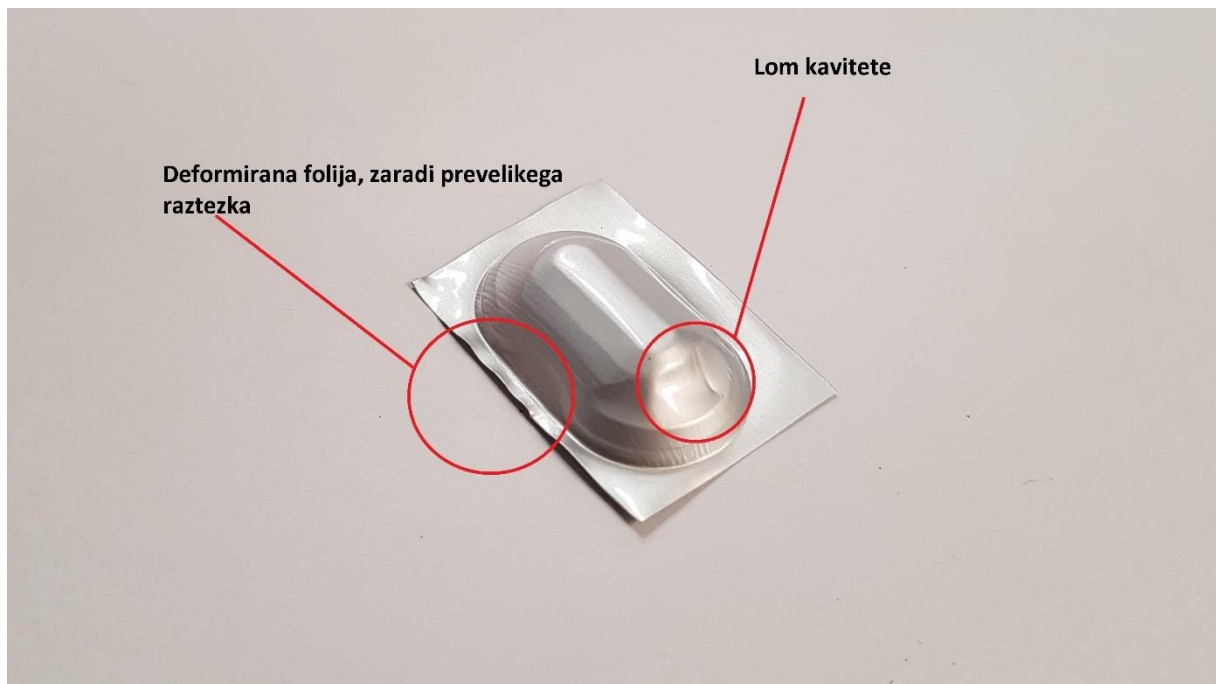
Slika 26: Rezultat testiranja oblike C



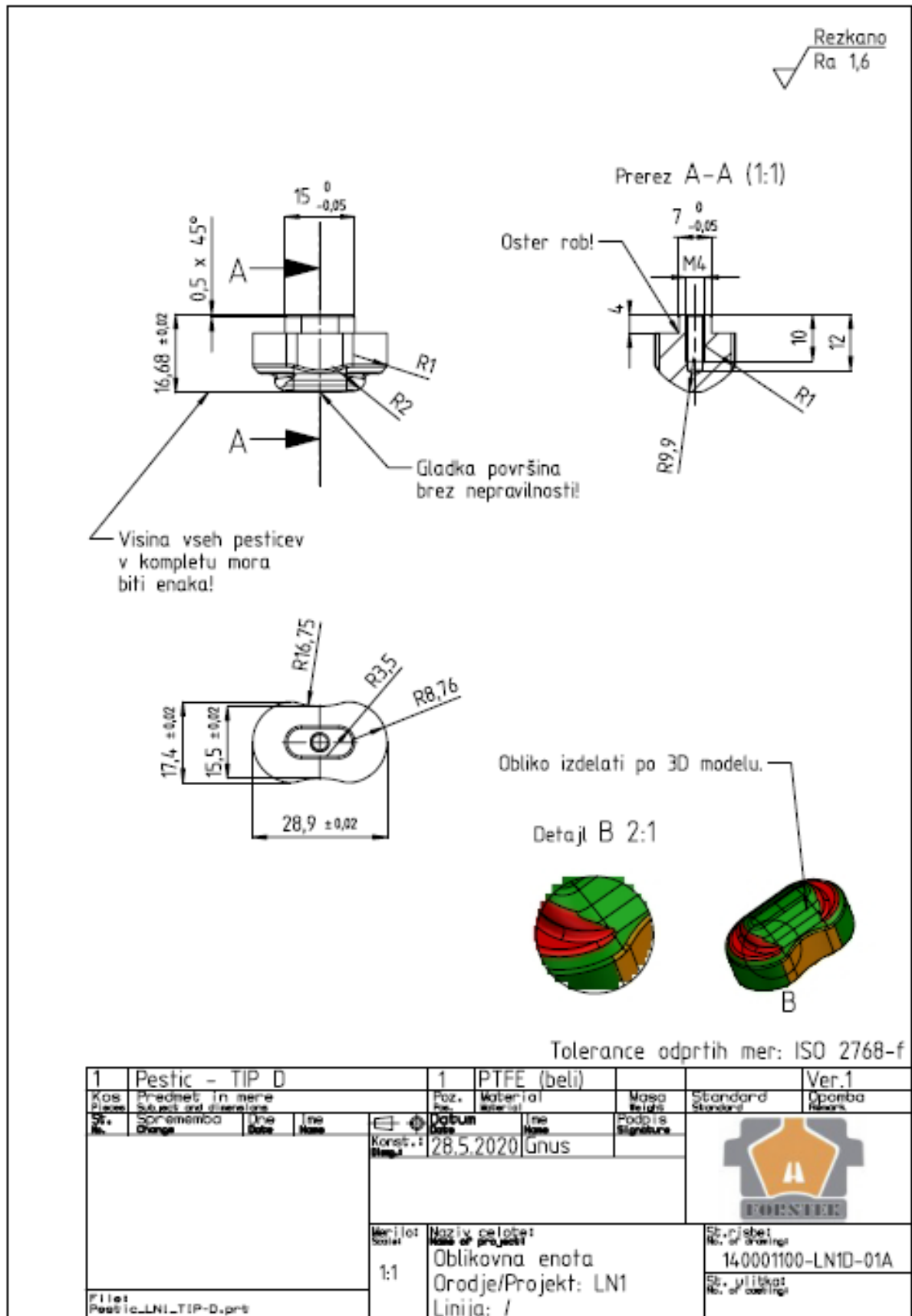
Slika 27: Načrt za izdelavo oblike C

3.3.4 Test oblike D

Oblika D je evolucija oblike C, kjer smo odvzeli material na stranskih ploščah pestiča, da zmanjšamo napetosti, vendar s tem povečamo trenje na konici pestiča, posledično imamo večji raztezek, zaradi katerega se folija naguba. Zopet je bil prisoten pojav loma kavitete. Če bi želeli obliko do popolnosti izkoristiti, bi morali izdelati namensko matrico, kar pa ni bila zahteva naročnika. Pokazalo se je tudi, da oblika ovira odlaganje kapsule v kaviteto in moti modulacijo globine, kar bi pomenilo zastoje polnilne linije. S takšno obliko težko izničimo učinek skrčka, saj mnogokrat lomimo silnice pri oblikovanju folije.



Slika 28: Rezultat testiranja oblike D



Slika 29: Načrt za izdelavo oblike D

3.4 Rezultat konstrukcije in testiranja

Kljub temu, da v teoriji oblika C ni obetala velikega uspeha, smo po testiranjih spoznali uporabnost sprostitev v dizajnu oblike. Oblika je močno nekonvencionalna in meji na eksperimentalno, vendar ima določene prednosti, ki se izkažejo kot ključne pri kombinaciji te folije z zahtevami polnjenja in varovanja izdelka pred zunanjimi vplivi.

3.4.1 Zahtevnik

Rob kavitete mora ostati enak.	Zagotovljeno.
Kaviteti mora biti brez pojava lomljenja njene oblike.	Zagotovljeno.
Kaviteti mora biti brez mikropor.	Zagotovljeno.

3.5 Validacija

Po testiranju vseh oblik smo rezultate in vzorce blistrov poslali naročniku. Pri validaciji zapletov ni bilo, naročnik je bil zadovoljen z rezultati oblike C, tako da so jo potrdili in izdali naročilo za izdelavo kompletnega orodja s sedmimi pestiči.

3.6 Uspešnost projekta

Orodje je že prestalo preizkusno dobo naročnika in deluje po vseh normativih za polnjenje tega izdelka. Kljub zelo zahtevni obliki oblikovanja polnilna linija polni izdelke s hitrostjo do 300 blistrov na minuto, kar nanese do 2100 zapakiranih kapsul na minuto. Bili smo tudi pri naročniku in si ogledali strojno linijo polnjenja kapsul med obratovanjem in bili navdušeni nad hitrostjo in usklajenostjo naprav.

3.7 Sklep

Končni produkt našega dela je zagotovil vse zahteve naročnika.

Na obstoječem orodju ni več prostora za dodatne izboljšave brez večjih sprememb na samem blistru. Naslednjo stopnjo učinkovitosti tega izdelka bi lahko zagotovil izris novega blistra in izdelava kompletnega formatnega orodja, to bi omogočalo hitrejše polnjenje izdelka.

Oblikovanje kot prva stopnja formatnega orodja narekuje vse nadaljnje module. Pri izrisu novega blistra bi omogočili bolj enakomerno porazdelitev kavitet in več prostora za lepljenje pokrivne folije. Pri tako optimiziranem oblikovanju liniji omogočimo hitrejše polnjenje in boljše tesnjenje na lepljenju. Odrezilna enota pa nima vpliva na hitrost linije.

V teoriji bi takšen poseg zagotovil večjo maksimalno hitrost linije, torej večje število pakiranega izdelka ter posledično krajši čas izdelave posamezne serije. Kljub večji hitrosti pa zagotovimo manj nepričakovanih zaustavitev linije in zmanjšanje izmeta.

Pri tem projektu smo spoznali močan vpliv dodatkov v oblikovni foliji, ki vplivajo na oblikovanje in polnjenje izdelka.

Viri in literatura

- [1] B. Kraut, *Krautov strojniški priročnik*, 14. izdaja. Ljubljana: Littera picta, 2007.
- [2] H. Muren, *Strojno tehnološki priročnik*, 3. izdaja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1986.
- [3] B. Musafija, *Obrada metala plastičnom deformacijom*, 5. izdaja. Sarajevo: Svjetlost, 1988.
- [4] F. Gologranc, *Tehnika preoblikovanja*, 2. izdaja. Maribor: Univerza v Mariboru, 1991.
- [5] F. Gologranc, *Preoblikovanje*, 1. izdaja. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1981.
- [6] Arhiv in dokumentacija v podjetju Forstek d. o. o.

Priloga 6 – IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

UNIVERZA V MARIBORU

Fakulteta za strojništvo

(ime članice UM)

IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študent-a/-ke: Patrik Gnus

Študijski program: STROJNIŠTVO

Naslov zaključnega dela: Razvoj orodja za oblikovanje alu-pvcd blistrov s sedmimi kapsulami

Mentor: Stanislav Pehan

Somentor: _____

Podpisan-i/-a študent/-ka Patrik Gnus

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

Uveljavljam permissivnejšo obliko licence Creative Commons: CC BY-NC-ND 4.0 (navedite obliko)

Datum in kraj: Maribor, 31.08.2020

Podpis študent-a/-ke:

Patrik Gnus