

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Aljaž RADER

**IZDELAVA ORODJA ZA BRIZGANJE  
TANKOSTENSKEGA IZDELKA IZ POLIMERA NA  
PRIMERU POKROVA RELEJA TRK22**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2019

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Aljaž RADER

**IZDELAVA ORODJA ZA BRIZGANJE TANKOSTENSKEGA  
IZDELKA IZ POLIMERA NA PRIMERU POKROVA RELEJA  
TRK22**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

**PRODUCTION OF A MOLDING INJECTION TOOL FOR A  
THIN-WALLED POLYMER PRODUCT ON THE EXAMPLE  
OF THE RELAY COVER TRK 22**

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2019

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater. ter somentorju Milanu Škerbišu, spec. stroj., za strokovno pomoč in svetovanje pri diplomskem delu.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem za spodbudo in podporo, ki sem je bil deležen ob nastajanju diplomskega dela.

Zahvala gre tudi vsem sodelavcem v podjetju Iskra-Releji d. d., ki so pomagali pri izdelavi orodja opisanega v diplomski nalogi.

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Aljaž Rader, rojen 4. 9. 1991 v Mariboru, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa strojništvo, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom Izdelava orodja za brizganje tankostenskega izdelka iz polimera na primeru pokrova TRK22 avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektorirala Tamara Duh, profesorica slovenščine, ključno dokumentacijsko informacijo sem prevedel Aljaž Rader.

Kraj in datum: \_\_\_\_\_

Lastnoročni podpis študenta/-ke: \_\_\_\_\_

## MENTORSTVO

Diplomsko delo je zaključek Višješolskega strokovnega študija, smer strojništvo, opravljen je bil na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole je za mentorja diplomskega dela imenovala Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

V podjetju Iskra-Releji so mi dodelili somentorja Milana Skerbiša, spec. stroj.

### **Komisija za oceno in zagovor:**

Predsednik: \_\_\_\_\_

Član / mentor: \_\_\_\_\_

Član: \_\_\_\_\_

Član / somentor: \_\_\_\_\_

Datum diplomskega izpita: \_\_\_\_\_

## POVZETEK

V diplomskem delu je predstavljen postopek izdelave orodja za brizganje polimerov. Opisano orodje se uporablja v postopku proizvodnje brizganja pokrova miniaturnega releja – TRK 22. Gre za specifično orodje, ki omogoča brizganje tankostenskih in miniaturnih polimernih izdelkov.

Delo je sestavljeno iz teoretičnega in praktičnega dela. V teoretičnem delu na kratko predstavimo podjetje na katerega je vezana diplomska naloga. Predstavimo tudi program v katerem so konstruirani deli orodja. Nato opisujemo specifično oblikovanje tankostenskih elementov. V tem poglavju natančneje preučimo pomen ustrezne izbire materialov za brizganje tankostenskih polimernih izdelkov, glede na njihove tehnološke lastnosti, vpliv orodja in njegove priprave na kakovost končnega produkta, tlačno oblikovanje mas v izdelke in izdelavo tehničnega zahtevnika orodja. Dotaknemo se tudi zakonitosti snovanja, konstruiranja in izdelave orodja za brizganje. V teoriji preučimo zagon in funkcionalni preizkus orodja s pregledom kvalitete in končno analizo rezultatov preizkusa.

Praktični del zajema opis celotnega postopka izdelave orodja za brizganje tankostenskega pokrova TRK 22 iz polimera (pokrov releja). Predstavimo študijo konstrukcijske dokumentacije, nabavo standardnih elementov in materialov, tehnologijo izdelave posameznih delov orodja, pripomočke in elektrode za izdelavo orodja, izdelavo sestavnih delov orodja z opisom termične obdelave delov orodja, montaže in označevanja orodja. Opišemo tudi potek zagona in funkcionalnega preizkusa orodja na brizgalnem stroju. Po preizkusu pa sledi še pregled kvalitete izdelka in analiza rezultatov preizkusa, na podlagi teh podatkov je izdelano mersko poročilo. Na koncu celotnega postopka je predstavljen tudi postopek predaje orodja v delovni proces.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	621.767:678.027(043.2)
KG	tankostenski izdelek/brizganje polimerov/specifika orodja/orodje za brizganje plastike
AV	Aljaž RADER
SA	Dragan GOGIČ (mentor), Milan SKERBIŠ (somentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2019
IN	Izdelava orodja za brizganje tankostenskega izdelka iz polimera na primeru pokrova releja TRK22
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	XII, 49 str., 49 sl., 4 tab., 11 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<i>V diplomskem delu je predstavljen postopek izdelave orodja za brizganje polimerov. Opisano orodje se uporablja v postopku proizvodnje brizganja pokrova miniaturnega releja – TRK 22. Gre za specifično orodje, ki omogoča brizganje tankostenskih in miniaturnih polimernih izdelkov. V teoretičnem delu na kratko predstavimo podjetje na katerega je vezana diplomska naloga. Nato opisujemo specifično oblikovanja tankostenskih elementov. Dotaknemo se tudi zakonitosti snovanja, konstruiranja in izdelave orodja za brizganje. V teoriji preučimo zagon in funkcionalni preizkus orodja s pregledom kvalitete in končno analizo rezultatov preizkusa. Praktični del zajema opis celotnega postopka izdelave orodja za brizganje tankostenskega pokrova TRK 22 iz polimera (pokrov releja). Opišemo tudi potek zagona in funkcionalnega preizkusa orodja na brizgalnem stroju.</i>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd  
DC 621.767:678.027(043.2)  
CX thin-walled product/polymer injection/tool specification/plastic injection tool  
AU Aljaž RADER  
AA Dragan GOGIČ (mentor), Milan SKERBIŠ (co-mentor)  
PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12  
PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College  
PY 2019  
TI Production of a molding injection tool for a thin-walled polymer product on the example of the relay cover TRK 22  
DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)  
NO XII, 49 p., 49 fig., 4 tab., 11 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB *The diploma thesis presents the process of producing a polymer injection molding tool. The described tool is used for the production of one of the components of the miniature relay. – TRK 22. It is a specific tool, that enables that enables injection molding of thin-walled and miniature polymer products, such as the relay cover TRK 22. In the theoretical part we briefly present the company to which the thesis is linked. Then we describe the specifics of thin-walled elements. We also mention the lawfulness of the design, construction and manufacturing of injection molding tools. In theorie, we study the launch and functional test of the tool with a quality review and a final analysis of the test results. The practical part includes the description of the process of manufacturing the thin-walled injection tool - relay cover TRK 22. We also describe the launch and functional test of the tool on the injection machine.*



## KAZALO VSEBINE

<b>ZAHVALA .....</b>	<b>II</b>
<b>IZJAVA O AVTORSTVU .....</b>	<b>III</b>
<b>MENTORSTVO .....</b>	<b>IV</b>
<b>POVZETEK .....</b>	<b>V</b>
<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....</b>	<b>VI</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION.....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>X</b>
<b>KAZALO TABEL .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PREGLED STANJA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 PREDSTAVITEV PODJETJA ISKRA-RELEJI D. D.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 PROGRAMSKA OPREMA ZA SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 SPECIFIKA OBLIKOVANJA IN RAZVOJA TANKOSTENSKEGA IZDELKA</b>	<b>3</b>
<b>2.3.1 Pomen izbire in opredelitev sposobnosti materialov za izdelavo tankostenskega izdelka.....</b>	<b>3</b>
2.3.1.1 Opredelitev sposobnosti materialov .....	4
2.3.1.2 Plastične mase .....	4
2.3.1.3 Predstavitev materiala PBT .....	5
2.3.1.4 Krčenje materiala.....	6
<b>2.3.2 Vpliv orodja in njegove priprave na kakovost izdelka.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.3 Tlačno oblikovanje mas v izdelke.....</b>	<b>7</b>
2.3.3.1 Brizgalke.....	7
2.3.3.2 Materiali za izdelavo orodja.....	8
2.3.3.3 Lastnosti jekel .....	8
2.3.3.4 Toplotna obdelava orodja.....	9
<b>2.3.4 Izdelava tehničnega zahtevnika za orodje .....</b>	<b>10</b>

2.4	<b>SNOVANJE, KONSTRUKCIJA IN IZDELAVA ORODJA ZA BRIZGANJE ....</b>	<b>11</b>
2.4.1	<b>Namembnost in delitev orodij .....</b>	<b>11</b>
2.4.2	<b>Delitev orodij .....</b>	<b>12</b>
2.4.3	<b>Pristop h konstruiranju orodij .....</b>	<b>12</b>
2.5	<b>OPIS ZAGONA IN FUNKCIONALNEGA PREIZKUSA ORODJA NA BRIZGALNEM STROJU TER PREGLED KVALITETE IZDELKA.....</b>	<b>14</b>
2.5.1	<b>Parametri stroja .....</b>	<b>14</b>
2.5.2	<b>Temperatura taline .....</b>	<b>14</b>
2.6	<b>OPIS ANALIZE REZULTATOV PREIZKUSA.....</b>	<b>16</b>
3	<b>PROCES IZDELAVE ORODJA ZA BRIZGANJE TANKOSTENSKEGA IZDELKA IZ POLIMERA – TRK 22 .....</b>	<b>18</b>
3.1	<b>ŠTUDIJA KONSTRUKCIJSKE DOKUMENTACIJE .....</b>	<b>18</b>
3.2	<b>NABAVA STANDARDNIH ELEMENTOV IN MATERIALOV .....</b>	<b>19</b>
3.3	<b>DOLOČITEV TEHNOLOGIJE IZD. POSAMEZNIH DELOV ORODJA.....</b>	<b>19</b>
3.4	<b>IZDELAVA PRIPOMOČKOV IN ELEKTROD .....</b>	<b>28</b>
3.5	<b>IZDELAVA SESTAVNIH DELOV ORODJA .....</b>	<b>33</b>
3.6	<b>TERMIČNA OBDELAVA DELOV ORODJA .....</b>	<b>37</b>
3.7	<b>MONTAŽA IN OZNAČEVANJE ORODJA .....</b>	<b>37</b>
3.8	<b>ZAGON IN FUNKC. PREIZKUS ORODJA NA BRIZGALNEM STROJU.....</b>	<b>41</b>
3.9	<b>PREGLED KVALITETE IZDELKA.....</b>	<b>42</b>
3.10	<b>ANALIZA REZULTATOV PREIZKUSA .....</b>	<b>42</b>
3.11	<b>MERSKO POROČILO IN PREVZEM ORODJA .....</b>	<b>43</b>
4	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>46</b>
5	<b>VIRI.....</b>	<b>48</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Slika podjetja Iskra-Releji d. d. ....	2
Slika 2: Logotip podjetja .....	3
Slika 3: Mehanske in toplotne lastnosti termoplastov v tabeli CAMPUS.....	4
Slika 4: Princip brizganja termoplastov.....	8
Slika 5: Funkcionalne skupine orodja .....	12
Slika 6: Principialni pristop h konstruiranju.....	13
Slika 7: Shema nastavitve procesa .....	17
Slika 8: Ustvarjanje novega "Parta" v programu SolidWorks.....	19
Slika 9: Izbir ravnine za skiciranje .....	20
Slika 10: 2D skica želenega kosa .....	20
Slika 11: Izvlek kosa iz 2D oblike v 3D obliko.....	21
Slika 12: Porez druge oblike trna .....	21
Slika 13: Izrez zelene oblike.....	22
Slika 14: Skiciranje v 2D obliki .....	22
Slika 15: Izvlek oblike v 3D prostor.....	23
Slika 16: Posnetje robov .....	23
Slika 17: Radij na robovih zgornjega dela trna .....	24
Slika 18: Izrez zelene oblike.....	24
Slika 19: Izrez oblike in določanje radija po robovih.....	25
Slika 20: Izrez luknje za hladilni kanal .....	25
Slika 21: Ustvarjanje nove ravnine.....	26
Slika 22: Izris utorov .....	26
Slika 23: Izrez utorov .....	27
Slika 24: Končan oblikovni trn.....	27
Slika 25: Oblikovni trn .....	28
Slika 26: Elektroda 1 na oblikovnem trnu .....	28
Slika 27: Elektroda 2 na oblikovnem trnu .....	29
Slika 28: Elektroda 3 na oblikovnem trnu .....	29
Slika 29: Oblikovna plošča.....	30
Slika 30: Elektroda za oblikovno ploščo .....	30
Slika 31: Program za rezanje elektrode na žični eroziji .....	31
Slika 32: Bakren material .....	31
Slika 33: Elektroda 1 za oblikovni trn .....	32
Slika 34: Elektroda 2 za oblikovni trn .....	32
Slika 35: Elektroda 3 za oblikovni trn .....	32
Slika 36: Elektroda oblikovne plošče .....	33
Slika 37: Sestavni deli orodja .....	33
Slika 38: Priprava spodnje oblikovne plošče.....	34
Slika 39: Brušenje na ploskovno brusilnem stroju .....	35
Slika 40: Izrez lukenj na žični eroziji .....	35
Slika 41: Primer potopne erozije na zgornji kalupni plošči .....	36
Slika 42: Priprava plošče na potopni eroziji.....	36

Slika 43: Zgornji sestav orodja pokrov TRK 22.....	38
Slika 44: Spodnji sestav orodja pokrova TRK 22 .....	38
Slika 45: Sestavni deli brez označb .....	39
Slika 46: Udarne številke.....	39
Slika 47: S številkami označeni sestavni deli .....	40
Slika 48: Spodnji in zgornji del orodja.....	40
Slika 49: Vizualne napake na izdelku.....	44

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Tehnični zahtevnik - zahteve naročnika.....	10
Tabela 2:Kemijska sestava orodnega jekla za izdelavo glavnih in pomožnih sestavnih delov orodja .....	34
Tabela 3: Prikaz merskih odstopanj pri prvem preizkusu orodja .....	43
Tabela 4: Prikaz merske ustreznosti in skladnosti izdelka z zahtevami kupca.....	45

# 1 UVOD

## 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Industrija predelovanja plastičnih mas stremi k zmanjševanju stroškov in zmanjševanju števila odpadnih kosov med proizvodnjo izdelkov. Pri izdelavi debelejših sten plastičnega izdelka pogosto prihaja do pojava upogibanja, zato se proizvodnja usmerja k izdelavi tankostenskih plastičnih izdelkov. Za tankostenske izdelke se porabi manj materiala, so lažji in hkrati so cikli brizganja krajši, kar pomeni tudi večjo produktivnost. V oziru na to je potrebno prilagoditi tudi izdelavo temu primernega orodja.

Podjetje Iskra-Releji d. d. se ukvarja s proizvodnjo miniaturnih relejev. Pri proizvodnji le teh je še posebej potrebna natančnost in majhna teža izdelka. Zato podjetje v lastni orodjarni proizvaja orodja primerna postopkom brizganja takšnih izdelkov. Vsako izdelano orodje ima zaradi obrabe materiala in drugih nepravilnosti zgolj določeno življenjsko dobo. Zaradi stremenja k odlični kakovosti izdelkov, moramo orodja redno vzdrževati ali jih po potrebi zamenjati z novimi. Pri pregledu v proizvodnji smo ugotovili obrabo orodja za izdelavo pokrova TRK 22 in zato izvedli postopek ponovne izdelave celotnega orodja.

V diplomski nalogi bom predstavil področje orodjarstva, podrobneje izdelavo orodja za brizganje plastičnega tankostenskega izdelka (pokrova TRK 22). Predstavil bom celoten postopek izdelave orodja od konstruiranja do dejanske izdelave in sestave orodja.

## 1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomske naloge je predstaviti proces izdelave orodja za brizganje tankostenskega elementa iz polimera, ki bo zajemal vse faze proizvodnega procesa.

Cilji diplomskega dela so:

- Predstaviti specifiko oblikovanja in razvoja tankostenskega izdelka (pokrov releja TRK22).
- Predstavitev snovanja, konstrukcije orodja.
- Določitev tehnologije izdelave posameznih delov orodja.
- Predstavitev rezultatov preizkusa in nadaljnjih ukrepov.

## 2 PREGLED STANJA

### 2.1 PREDSTAVITEV PODJETJA ISKRA-RELEJI D. D.



*Slika 1: Slika podjetja Iskra-Releji d. d.*

*Vir: Iskra-Releji, 2019a*

Podjetje Iskra-Releji d. d. katerega stavbo prikazuje slika 1 in logotip podjetja slika 2, je bilo ustanovljeno leta 1974. Takrat je proizvodni program obsegal proizvodnjo programatorjev za pralne stroje. Leta 1985 se je podjetje pričelo ukvarjati s proizvodnjo prvih miniaturnih telekomunikacijskih relejev, ki samo jedro proizvodnje predstavljajo še danes. V podjetju je zaposlenih v povprečju od 90 do 100 delavcev.

Proizvodni program obsega:

- proizvodnjo miniaturnih relejev, pri katerih so različne izvedenke; TRK10/10A/08, TRK12/14, TRK17/18, TRK22, TRK28, PR 15-17),
- proizvodnja sestavnih delov (brizganje polimerov, preoblikovanje pločevine, termična obdelava, varjenje in kovičenje kontaktnih materialov, navijanje tuljav),
- proizvodnja delovnih sredstev (konstruiranje, orodjarska dejavnost, avtomatizacija montažnih procesov, vzdrževanje),
- proizvodnja LED svetil, elektromagnetov, tuljav, namenskih relejev in stikal.



Slika 2: Logotip podjetja

Vir: Iskra-Releji, 2019a

Podjetje ima svojo lastno orodjarno v kateri proizvaja orodja za preoblikovanje pločevine – štancanje, orodja za brizganje plastičnih mas in stroje za avtomatizirano preizkušanje in pakiranje relejev.

Orodja se proizvajajo zgolj za interno uporabo in jih podjetje ne trži.

## 2.2 PROGRAMSKA OPREMA ZA SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE

V podjetju pri snovanju in konstruiranju orodij uporabljajo programsko opremo Autocad. Sam sem se odločil, da bom za snovanje in konstruiranje tega orodja in pripomočkov (elektrod) uporabil program SolidWorks, saj mi program omogoča hitro skiciranje v 2D območju in hkrati hitro ekstrudiranje kosov v 3D.

SolidWorks je program za računalniško podprto konstruiranje in inženirske analize. Uporablja se tudi pri enostavnejših simulacijah. SolidWorks nam omogoča hitrejšo načrtovanje izdelkov. Nudi zmogljivo zasnovno in intuitiven uporabniški vmesnik, ki pospeši proces načrtovanja. Zagotavlja integracijo zmogljivih načrtovalskih orodij, vključuje najboljše funkcionalnosti za kose, sestave in risbe, vgrajenimi simulacijami, elektrotehničnim načrtovanjem, ocenjevanjem stroškov, vizualizacijo, animacijo in upravljanjem podatkov. (SolidWorld, 2019)

## 2.3 SPECIFIKA OBLIKOVANJA IN RAZVOJA TANKOSTENSKEGA IZDELKA

Komponente s tankimi stenami označujemo na področju elektronike kot komponente manjše od 1 mm. Za uspešno proizvodnjo takšnih izdelkov morajo proizvajalci podrobneje analizirati primernost materialov, orodja morajo biti ustrezna za optimalno mešanico hitrosti, kvalitete in ponovljivosti. Za brizganje tankostenskih izdelkov potrebujemo stroje, ki prenesejo višje obremenitve in brizgalne tlake. (IRT 3000, 2018)

### 2.3.1 Pomen izbire in opredelitev sposobnosti materialov za izdelavo tankostenskega izdelka

Pri izbiri materiala za izdelek z dolgo dobo uporabnosti in funkcionalno zanesljivostjo, izberemo material, ki bo imel točno opredeljene fizikalne, kemične, predelovalne in posebne lastnosti. Material mora ustrezati vsem pogojem uporabe, le tako bo izdelek imel dolgo življenjsko dobo in ustrezno funkcionalnost. (Privšek, 2016)



### 2.3.1.1 Opredelitev sposobnosti materialov

Za opredelitev sposobnosti materialov, morajo uporabniki izbrati ustrezen standard. Težav v tem je veliko med seboj neprimerljivih standardov med katerimi mora izbirati uporabnik. Po navadi upošteva tiste, ki jih uporablja proizvajalec. Kupec mora s tem obvladovati kontrolne postopke svojih dobaviteljev. (Privšek, 2016)

Že mnogo let je prisotna želja po poenotenju standardov za opredelitev sposobnosti, med proizvajalcem in uporabnikom plastičnih snovi. Leta 1988 so v ta namen štiri podjetja (BASF, Bayer, Hüls, Hoechst) ustvarila poenoten sistem imenovan CAMPUS. Ime pomeni: Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards. Slika 3 prikazuje tabelo sistema CAMPUS, ki je namenjen vsem proizvajalcem plastičnih snovi, je priporočilo za definiranje sposobnosti materialov, da lahko proizvajalci upoštevajo izbrane standarde. (Privšek, 2016)

3.1.1 Tehnične zahteve

3.1.1.1 Nekateri mehanske in toplotne lastnosti termoplastov

31	Vrsta materiala GF = steklena vlakna T = talk	32 Modul elastičnosti natezni [MPa]	33 Natezna trdnost lezenja [MPa]	34 Raztezek lezenja [%]	35 Temp. steklastega prehoda [°C]	36 Temp. držanja oblike [°C] HDT/A 1,8 MPa	37 Temp. držanja oblike [°C] HDT/B 0,45 MPa
		DIN 53457 ISO 527	DIN 53455 ISO 527	DIN 53455 ISO 527	IEC 1006 A DSC/DTA	DIN 53461 ISO 75	DIN 53461 ISO 75
1	PE-HD – srednje viskozen	800–2.140	19–33	7–40		44–55	48–95
	PE-LD – srednje viskozen	110–560	8–20	15–17		41–46	37–40
	EVA – etilen-cop. (sr. vr.)	33–39	3,5–5		66		
	PP-H – srednje viskozen	1.400–2.080	34–40	7–14		52–70	89–130
	PP-B – srednje viskozen	800–1.450	16–29	4–8		47–56	49–96
	PP – GF 30	4.150–7.000	40–91	2–5	0 do –10	80–155	135–163
	PP – T 40	2.500–5.150	23,4–36	2–20		68–97	98–152
2	PS – visoko viskozen	1.800–4.700	18–51	2–8	90–100	76–98	81–98
	ABS – osnovni	1.700–2.600	36–52	2,1–2,3	80–110	95–96	84–101
	ASA – žilav	1.800–2.600	41–56	3,1–3,5		88–103	100–106
	SAN – osnovni	3.400–4.100	75–80	2,5–2,6	110	87–104	99–110
	SAN – GF 25–30	9.650–13.800	65–100			96–107	102–110
	SB – osnovni	1.400–3.500	16–52	1–2		67–95	73–96
3	PVC-U – osnovni	1.200–3.000	17–66	3–6	85	68–75	
	PVC-P – mehkejši						
	PVC-P – trši						
4	PTFE	600–750	20				
	PVDF	1.700–2.600	49–60	5–10	–40 do 30	70	156
5	PMMA – osnovni	2.900–3.300	65–86	1	96–117	75–98	80–103
6	POM – osnovni	1.750–3.400	43–73	6,3–25	25	80–136	110–172
	POM – žilav	1.000–2.500	22–58	6–30		55–95	106–165

TEHNIČNE ZAHTEVE

Slika 3: Mehanske in toplotne lastnosti termoplastov v tabeli CAMPUS

Vir: Privšek, 2016, 73

### 2.3.1.2 Plastične mase

So organski polimeri, ki jih sestavljajo makromolekule (so zelo velike molekule, ki se nanašajo na molekule, ki gradijo polimere). Plastične mase pa so lahko tudi monomeri (majhna molekula, ki se lahko veže z drugo molekulo monomera, da nastane polimer – pojav polimerizacija), ki se med predelavo polimerizirajo. Monomeri se najpogosteje proizvajajo iz nafte. Le nekatere monomere pa proizvajajo iz premoga ali pa iz naravnih surovin kot je celuloza. (Navodnik in Kopčič, 1998)

Komercialno delimo polimerne materiale na več skupin:

- *plastične mase*: sem spadajo reakcijske smole, polimerne surovine za oblikovanje,
- *kemijska vlakna (kot tekstilna surovina)*: so zelo tanka vlakna, ki jih pridobivajo s pređenjem iz raztopine ali taline iz skoraj vseh polimernih termoplastov,
- *gume*: so z vulkaniziranjem zamreženi elastični materiali, prehod na elastomerne umetne mase je zabrisan,
- *umetne smole*: polimerni materiali, ki se uporabljajo kot lepila, surovine za lake in premaze itd.,
- *surovine*: za proizvodno umetnih mas so tudi dodatki. (Navodnik in Kopčič, 1998)

Mase, tehnološko delimo v tri skupine:

- *Termoplastične mase* so linearni polimeri, ki se zmehčajo in talijo pri zvišani temperaturi. Mase se lahko topijo v nekaterih razredčilih in jih lahko varimo. Odpad, ki nastane, lahko regeneriramo.
- *Duroplastične mase* se oblikujejo tako, da med segrevanjem predpolimerizirane produkte zamrežimo med seboj v visoko molekulske strukture. Regeneracija in varjenje pri teh masah nista možna, prav tako niso topne v topilih, ampak kvečjemu nabreknejo.
- *Elastomeri* so na večjem temperaturnem območju elastični. Ob manjših silah se razgnetejo in vrnejo v prvotni položaj. Imajo zamreženo strukturo z dolgimi kemijskimi ali fizikalnimi vezmi. Kemijsko zamreženi elastomeri se dobijo iz termoplastov z zamrežilnimi dodatki (vulkaniziranje) ali z reakcijskimi smolami (PUR). Ti elastomeri so do temperature razpada netaljivi. Termoplastični elastomeri polimernih zlitin (PTE), so sestavljeni iz dvofaznih kopolimerov s prevladujočim mehkim delom. Ti elastomeri so taljivi (TPE na stirolni bazi, PVC – EVA, flurokarbon, TPU). Termoplastične mase na zvišani temperaturi postanejo elastično mehke in jih je mogoče predelovati, vendar nikoli ne postanejo tekoče. (Navodnik in Kopčič, 1998)

### 2.3.1.3 Predstavitev materiala PBT

Material imenovan polibutilentereftalat, krajše PBT, bomo uporabili za brizganje izdelka pokrova TRK 22. Spada med linearne nasičene poliestre (termoplasti) in se lahko predeluje po splošnih postopkih za termoplaste. Uporabljajo se predvsem tam, kjer so zahtevane visoke dimenzijske obstojnosti. Ima primerne lastnosti kot so: dobre drsne lastnosti, obrabne lastnosti in odlične termične lastnosti. (Navodnik in Kopčič, 1998)

PBT je prisoten v vsakdanjem življenju in je pogost v električnih, elektronskih in avtomobilskih komponentah. Poznamo dva tipa produktov, ki se jih uporablja v različnih okoljih. To sta mešanica PBT in PBT smola. Mešanica PBT vsebuje različne materiale – PBT smolo, steklena vlakna in aditive. PBT smola pa vsebuje samo osnovno smolo. (ThoughtCo, 2019)

#### 2.3.1.4 Krčenje materiala

Krčenje je pojav, ki nastane pri ohlajanju vbrizgane mase v kalupu. Vzrok za krčenje in za raztezanje je termodinamično obnašanje materiala, ki je pogojeno s procesnim tlakom in temperaturo. (Privšek, 2019)

Pri tem poznamo termično in tlačno krčenje oz. raztezanje. Termično krčenje je posledica spremembe temperature, tlačno krčenje pa je posledica vpliva procesnega tlaka med brizganjem. (Privšek, 2019)

Z omenjenima pojavoma nastane predelovalni skrček, ki ga podajo proizvajalci materialov. Vrednost skrčka je določena kot razlika med mero kalupne votline in mero izdelka 24 ur po razkalupljenju. Dobimo jo z meritvijo preizkusne epruvete v prečni in vzdolžni smeri tečenja taline. (Privšek, 2019)

Poznamo tudi naknadni skrček, ki ga opredelimo kot razliko med mero izdelka po tempranju pri neki temperaturi in po nekem času in mero že ohlajenega izdelka. 15 do 30 odstotno povečanje skrčka, lahko pričakujemo po tempranju. Naknadni skrček, ki nastane posledično zaradi poznejšega urejanja neizkristaliziranega dela makromolekularne strukture, prisoten pa je pri delnokristaličnih materialih. Vsoto predelovalnega skrčka in naknadnega skrčka imenujemo celoten skrček. (Privšek, 2019)

### 2.3.2 Vpliv orodja in njegove priprave na kakovost izdelka

Pri pripravi orodja je pomembna priprava ustrezne dokumentacije, če je le ta pomanjkljiva so lahko zagonski časi izrazito daljši. Za že obstoječa, stara orodja moramo po potrebi dokumentacijo dopolniti, saj se tako izognemo napakam na izdelku ali na orodju. Za operativno proizvodno delo je potrebno pripraviti naslednje dokumentacije:

- tehnološki list orodja (podatki o delovanju orodja, opozorila na posebnosti pri nastavljanju in delovanju orodja, navodila za dnevno nego orodja in dolgoročni plan vzdrževanja orodja);
- variantni list orodja (opredeljuje izvedbo izdelkov),
- sheme hlajenja, gretja ter hidravličnih in pnevmatskih vezav,
- kartoteka orodja. (Privšek, 2019)

Tako kot dokumentacija, igra veliko vlogo tudi temperatura orodja. Ima velik vpliv na pogoje brizganja, razkalupljenje izdelka in na izgled površine izdelka. Temperatura orodja mora biti zelo enakomerna, odstopa lahko samo  $\pm 1$  do  $2$  °C, za doseganje dobre kakovosti izdelka. Prisotna mora biti zadostna grelna in hladilna moč ter dobra temperaturna regulacija. (Privšek, 2019)

### 2.3.3 Tlačno oblikovanje mas v izdelke

Najpogostejša predelava plastičnih mas, ki se uporablja, je s pritiskom in temperaturo v dvodelnih zaprtih kalupih. Pri takšnem oblikovanju poznamo več metod, ki jih bomo opisali v nadaljevanju. Poznamo:

- *PREŠANJE*: orodje odprto, napolnjeno s plastično maso za en izdelek, ki se pri zapiranju v ogretem orodju razlije po gravuri. Orodje odpremo po strditvi in izdelek izbijemo nato se ciklus lahko ponovno začne. Dela orodja sta pritrjena na plošči preše – spodnji in zgornji strani;
- *BRIZGALNO PREŠANJE*: količino mase za en brizg predhodno stalimo v tlačni komori, ki je ogrevano in vpeto na prešo, in jo porinemo skozi kanale v gravurno odprtino;
- *BRIZGANJE*: najbolj pogost in razširjen postopek s katerim plastificiramo maso za večkratni brizg s pomočjo plastificiranega cilindra in polža stalimo, vbrizgamo pa jo v orodje čez dolivne kanale z vzdolžnim pomikom polža. Polž nato, ko je izdelek strjen, z obračanjem in pomikanjem nazaj v cilinder dozira novo količino mase za naslednji brizg. Orodje odpremo, izbijemo izdelke oz. izmetači izbijejo izdelke in ga nato ponovno zapremo;
- *PIHANJE VOTLIH TELES*: s tem postopkom se ekstrudirane ali brizgane preoblikovance, še v vročem plastičnem stanju, stisne v kalupe za pihanje in jih z zrakom napihnemo do sten kalupa.

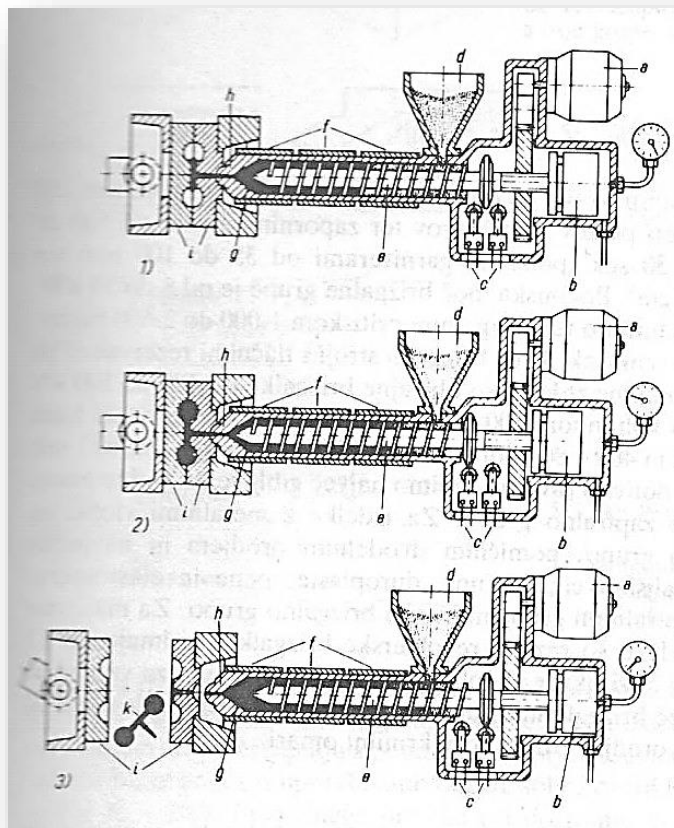
Prvi trije naštetih postopki so primerni za termoplaste in duroplaste, postopek pihanja votlih teles pa je primeren in izvedljiv samo pri nekaterih termoplastih. (*Navodnik in Kopčič, 1998*)

Najmanjša možna debelina, ki jo lahko dosežemo je odvisna od poti tečenja, pri nekaterih masah lahko dosežemo tudi 0,4 mm. Pri razmerju pot tečenja : debelina = 250 : 1. (*Navodnik in Kopčič, 1998*)

V nadaljevanju se bomo osredotočili na stroje imenovane »brizgalke«, ki se v podjetju uporabljajo za brizganje pokrova TRK 22.

#### 2.3.3.1 Brizgalke

Brizgalke so brizgalni stroji, ki so sestavljeni iz zapiralnega in brizgalnega dela. Pri tem zapiralni del nosi orodje. Masa za nekje 10 brizgov se tali v cilindru, bat pa potiska maso v orodje. Vsakokrat ko bat napravi povraten gib, zajame svežo maso na nov brizg. Dandanes se za brizganje duroplastov, elastomerov in termoplastov uporabljajo le še stroji z brizgalnim polžem ali polžnobatni stroji. Rotacija pri polžih opravlja funkcijo plastificiranja in doziranja, aksialni pomik pa opravlja funkcijo vbrizgavanja. Batno vbrizgavanje se uporablja pri mikrobrizganju, pri čemer je bat priključen za plastificirnim polžem. V sliki 4 je prikazan princip brizganja termoplastov, ki se uporablja pri brizgalnih strojih s polžem. (*Navodnik in Kopčič, 1998*)



Slika 4: Princip brizganja termoplastov

Vir: Navodnik in Kopčič, 1998, 201

### 2.3.3.2 Materiali za izdelavo orodja

Vse zahteve za izdelavo orodja za brizganje plastičnih mas, izpolnjujejo le legirana jekla, saj moderna tehnologija za brizganje zahteva zanesljiva in trajna orodja za izdelke z najvišjo preciznostjo in brezhibnim izgledom. Omogočiti morajo dobro obdelavo, dobro termično obdelavo, visoko trdnost in žilavost, odpornost na temperaturo in obrabo, sposobnost poliranja, dobro toplotno prevodnost, majhno občutljivost na zarezne in korozivne obstojnosti. (Navodnik in Kopčič, 1998)

### 2.3.3.3 Lastnosti jekel

Zahteve kot so dobra termična obdelava, visoka žilavost in trdnost, visoka sposobnost poliranja, odpornost na temperaturo in obrabo, dobra toplotna prevodnost, majhna občutljivost na zarezne in korozivne obstojnosti izpolnjujejo le legirana jekla. (Navodnik in Kopčič, 1998)

Gravura se večinoma izdeluje z odvzemanjem, kar je gospodarno še za jekla s trdnostjo 600–800 N/mm<sup>2</sup>. Kadar to ne zadošča, moramo uporabiti jekla za termično obdelavo in poboljšanje po glavni obdelavi. Le tako lahko dobimo površinsko trdoto in zadostno trdnost, tvegamo pa nastanek risov, spremembo mer in zvijanje. To moramo odpraviti s končno obdelavo.

Uporabljajo se tudi tako imenovana pred poboljšana jekla, ki imajo 1100 do 1400 N/mm<sup>2</sup> in vsebujejo 0,06–0,10 % žvepla zaradi možnosti obdelave. Tudi z vsebnostjo žvepla se z njim poslabša možnost poliranja, možnost nikljanja in kromiranja, varjenja, fotojedkanja pa izgine. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Ena od pogostih izvedb gravur je tudi vtiskovanje, kjer se mora jeklo v ožarjenem stanju dobro plastično formirati. Takšna jekla se termično utrjujejo po predhodnem ogljičenju. Erodiranje lahko izvajamo po utrjevanju in popuščanju ter se tako izognemo vsem rizikom. Zaradi toplotne obdelave se spremeni oblika, kot posledica spremembe volumne in zamika. Temu se izognemo s predpoboljšanimi martenzitnimi jekli in jekli za utrjevanje. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Jekla, ki so predpoboljšana, ne zahtevajo toplotne obdelave, obrabna trdnost pa se doseže s kemijskimi ali difuzijskimi utrjevanji pri 450–600 °C. Martenzitna jekla se utrjujejo pri 400–500 °C, zato napetosti ki nastopajo niso velike. Pri jeklih za utrjevanje se vzpostavi enakomerna pretvorba po profilu in posledično majhne napetosti. Uporaba jekel za utrjevanje je majhna, saj je za večja orodja omejena uporaba vložkov zaradi upogibnih obremenitev *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Vse pogostejše so zahteve po nizkoogljicnih jeklih (< 0,2 %), ki imajo žilava jedra z utrjeno in proti obrabi odporno površino. Te je možno utrditi šele po neogljčenju, kar pomeni drago, pa vendar visokokvalitetno rešitev. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Za izdelavo gnezd se uporabljajo jekla visoke čistoče, brez tekstur (primerna za brezhibno površinsko utrjevanje in poliranje). Pri brizganju termoplastov in duroplastov orodja dosežajo med 150–250 °C, zato moramo izbirati ustrezne materiale, pri katerih krivulja popuščanja kaže vsaj 30–50 °C nad delovno temperaturo. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Zarezo odpornost povečamo s površinskim ogljičenjem oz. nitriranjem. Pri brizganju lahko nastajajo nekatere agresivne spojine (solna in očetna kislina), ki povzročajo korozijo na gravuri orodja. V oziru na to moramo površino primerno zaščititi s kromiranjem ali nikljanjem, pri zahtevnih rešitvah pa lahko uporabimo le korozijsko odporno jeklo. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Za gravure se uporabljajo jekla za cementiranje, jekla za nitriranje, poboljšana jekla, jekla za utrjevanje, martenzitno utrjena jekla, korozijsko odporna jekla in pretopljena jekla. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

Za nosilne dele orodij, razen visoke trdnosti in nizke cene, ni drugih zahtev. Običajno se uporabljajo utrjena in poboljšana jekla. *(Navodnik in Kopčič, 1998)*

#### 2.3.3.4 Toplotna obdelava orodja

Pri izdelavi orodij se uporabljajo različni postopki toplotne obdelave za izboljšanje njihove strukture in trdnosti.

- Žarjenje: točno določen časovni temperaturni režim ogrevanja in ohlajanja; poznamo več vrst žarjenja – difuzijsko (dolgotrajno, za izenačitev strukture), rekristalizacijsko žarjenje (za gnetenje, 600–700 °C), normalizacija (kratkotrajno gretje, 50 °C nad premeno v austenitu, pri oblikovanju razpade na fini ferit in perlit), mehko žarjenje, odstranjevanje napetosti nastale ob predelavi (500–600 °C, počasno ohlajanje),
- Kaljenje: navadno kaljenje, prekinjeno kaljenje (za zahtevne izdelke), termalno kaljenje (ohladev v solni ali kovinski kopeli), poboljšanje, izotermno poboljšanje, površinsko kaljenje, cementiranje (ogljichenje, žarjenje mehkih jekel), nitriranje (površinsko utrjevanje jekel z legirnimi elementi Al, Cr, Mo, Va). (Navodnik in Kopčič, 1998)

### 2.3.4 Izdelava tehničnega zahtevnika za orodje

Tehnični zahtevnik je seznam zahtev izdelka, ki ima vnaprej določene tehnične značilnosti. Je del dokumentacije, ki pomaga konstrukterju pri zbiranju informacij v začetni fazi, ki jih potrebuje za nadaljnje delo. (Pehan in Glodež, 2018)

V tabeli 1, je prikazan tehnični zahtevnik po zahtevah naročnika izdelka.

Tabela 1: Tehnični zahtevnik - zahteve naročnika

<b>PODATKI IZDELKA</b>	
Številka izdelka	152 – drsnik mlina
Količina gnezd	4
Doba orodja	1.000.000 brizgov
Ime izdelka	Drsnik mlina
Brizgalni stroj	ArburgAllrounder 270 S(25T)
Material izdelka	POM Hostaform 9021
Krčenje (%)	2 %
<b>ZAHEVE IZDELKA</b>	
Površine	Brez sledi rezkarja, zunanje dovršene, ni vidnih poti toka in vtisov izmetal
Brizgalna točka	Poglobljena
Snemalni livarski koti	0,5 % na steno
Oznaka izdelka	Po načrtu
Oznaka šifre izdelka	Po načrtu
Zaščitni znak izdelka	Po načrtu
Datumski žig	Proizvajalec
Index (številčenje izmetačev)	01 – na izmetaču
Vidne površine	Polirane
Ostale površine	Lepo dovršene
Posebne merske zahteve	Po načrtu
<b>TEHNIČNI PODATKI BRIZGALNEGA STROJA</b>	
Zapiralna sila	250 kN
Največja dovoljena mera orodja	270 x 270 x 750
Najmanjša dovoljena mera orodja	x x 250
Premer centrirnega obroča na DS	Ø 125 mm

Premer centrirnega obroča na IS	Ø 125 mm		
Centrirni obroč	Minimalno 7 mm iz orodja		
Radius dolivne šobe	R20		
Priključek odstranjevalnega paketa	M12		
Vpetje orodja	Na vpenjalne utore		
<b>TEHNIČNE ZAHTEVE ORODJA</b>			
Gravura	V plošči orodno jeklo		
Izolacijske plošče	Dvakrat		
Očesni vijak	Enkrat		
Prevoz in montiranje orodja	V navpični legi		
Robovi	Robovi posneti na 2/45°		
Stikanje plošč	Izdelati zareze za odpiranje orodja		
Tipalo za temperaturo	Na Ds in Is		
Napisna ploščica	Dostavi naročnik		
<b>Materiali osnovnih plošč</b>	<b>NAZIV</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>TRDOTA</b>
	Vpenjalna plošča - DS	1.2312	
	Gravurna plošča - DS	1.2312	
	Gravurni vložek - AS	1.2343	52 HRC
	Podporna letev	1.1730	
	Izmetalna plošča 1	1.1730	
	Izmetalna plošča 2	1.1730	
	Gravurni vložek	1.2434	52 HRC
	Vpenjalna plošča - AS	1.2312	

Vir: Iskra-Releji, 2019b

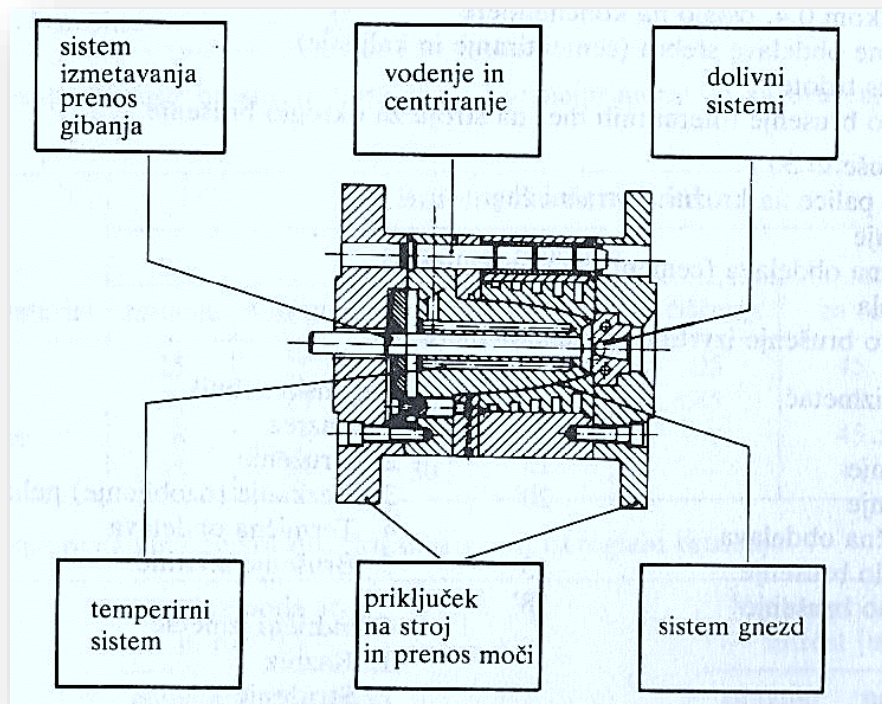
## 2.4 SNOVANJE, KONSTRUKCIJA IN IZDELAVA ORODJA ZA BRIZGANJE

### 2.4.1 Namembnost in delitev orodij

Namembnost orodij je proizvodjanje bolj ali manj kompliciranih oblikovanih izdelkov iz plastike ali kovine. Orodje mora v enem samem delovnem ciklusu z enim ali večimi oblikovanimi votlimi prostori, imenovani gnezda ali gravure, talino prevzeti, razdeliti, oblikovati, ohladiti ali pri duroplastih ogreti, strditi in izdelek izvleči. (Navodnik in Kopčič, 1998)

Na sliki 5 so prikazane funkcionalne skupine, ki jih orodje potrebuje za izvedbo zgoraj opisanih procesov.





Slika 5: Funkcionalne skupine orodja

Vir: Navodnik in Kopčič, 1998, 368

## 2.4.2 Delitev orodij

Delitev glede na predelovalni material:

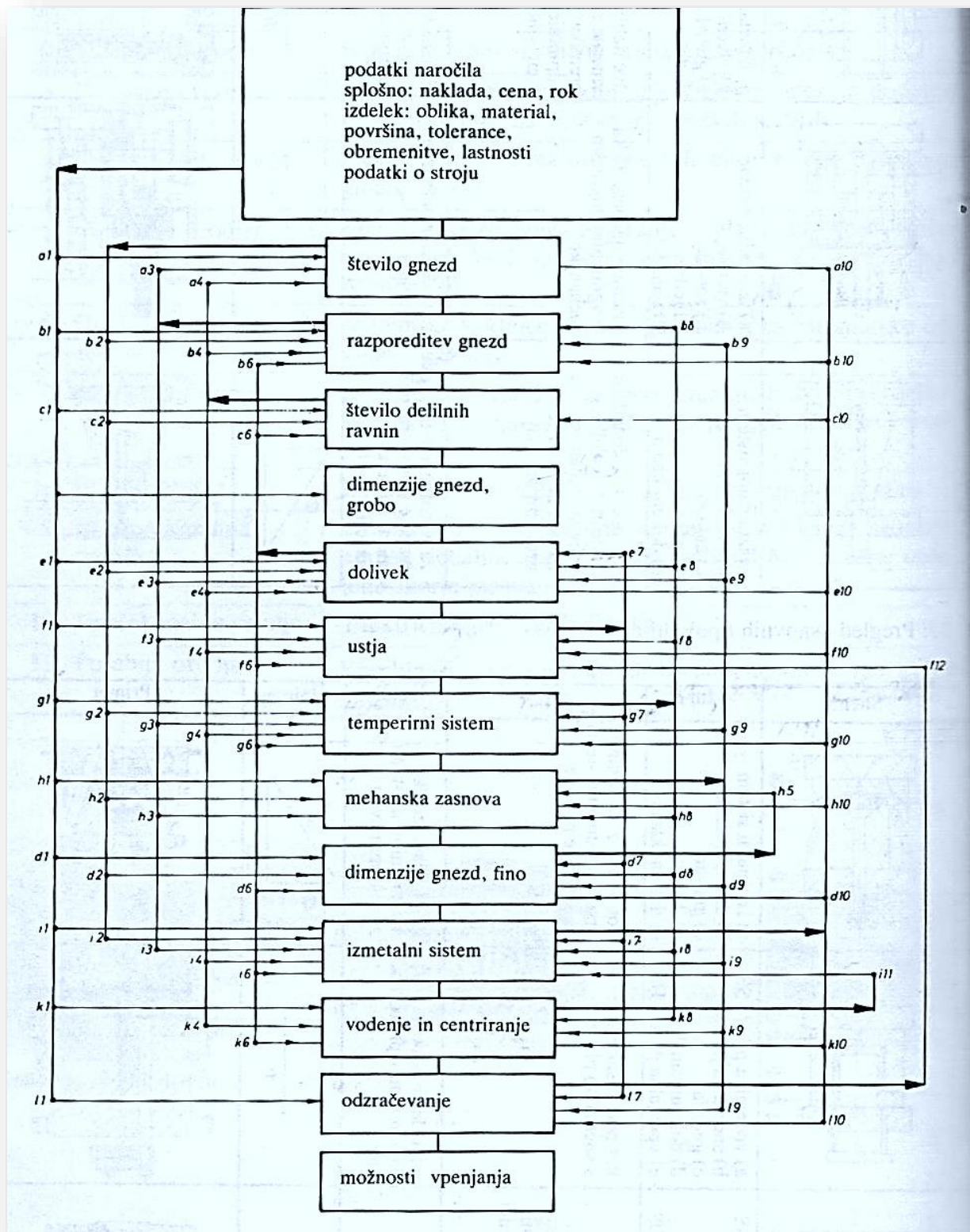
- orodja za brizganje termoplastov,
- orodja za brizganje duroplastov,
- orodja za brizganje gum,
- orodja za brizganje pen (TSG),
- orodja za tlačno litje kovin. (Navodnik in Kopčič, 1998)

Delitev glede na konstrukcijo:

- število delilnih ravnin,
- vrsta snemanja,
- vrsta dolivk in temperiranje,
- vrsta prenosa moči. (Navodnik in Kopčič, 1998)

## 2.4.3 Pristop h konstruiranju orodij

Za funkcionalnost in racionalnost izvedbe orodij je najvažnejša optimalna konstrukcija. Spodnji primer v sliki 6 prikazuje stopenjsko sistematično odločanje in medsebojno odvisnost posameznih zahtev. (Navodnik in Kopčič, 1998)



Slika 6: Principialni pristop h konstruiranju

Vir: Navodnik in Kopčič, 1998, 372

## 2.5 OPIS ZAGONA IN FUNKCIONALNEGA PREIZKUSA ORODJA NA BRIZGALNEM STROJU TER PREGLED KVALITETE IZDELKA

### 2.5.1 Parametri stroja

Za pravilno vodenje procesa brizganja plastike moramo dobro poznati vse nastavitvene parametre stroja in njihove vplive na končne lastnosti izdelka. Končne lastnosti so videz površine, mehanske lastnosti, fizikalne lastnosti in dimenzije. Vsak parameter, ki se nastavlja na stroju, ima svoj vpliv. Vpliva lahko na druge parametre ali pa direktno na kakovost izdelka. Najpomembnejši parametri za nastavitev stroja so naslednji:

- Velikost stroja (izražena je z velikostjo zapiralne sile in brizgalne enote, velikost stroja lahko optimalno prilagajamo nekemu izdelku).
- Sila zapiranja (je produkt povprečnega tlaka v orodju in projicirane površine izdelka).
- Premer polža (lahko vpliva na različna dogajanja pri brizganju kot so vpliv na razpoložljiv tlak brizganja, vpliv na razpoložljiv volumen brizganja, vpliv na čas zadrževanja mase v cilindru in vpliv na obodno hitrost polža),
- Geometrija polža (glede na vrsto materiala se uporabljajo standardni polži, polži s posebno geometrijo se nabavijo v primeru neodpravljljivih težav, težave zaradi geometrije polža so črni oblaki, žarki zaradi pregretja in barvne lise – vzrok je nehomogeno pripravljena talina obarvanih materialov). (*Privšek, 2019*)

### 2.5.2 Temperatura taline

Pomemben pogoj za doseganje primerne kakovosti izdelkov je konstantnost temperature taline, saj neposredno vpliva na porazdelitev tlaka polnjenja in s tem tudi na kakovost izdelka. Temperaturo taline ne določajo samo grelna telesa cilindra, ampak veliko ostalih parametrov, kot so hod polža, protitlak, število vrtljajev polža, čas zadrževanja mase v cilindru (čas ciklusa). (*Privšek, 2019*)

Zelo pomembna je tudi predhodna priprava ustrezne dokumentacije za izdelke ustrezne kvalitete, ki se delno pripravi pred dejansko izdelavo in uporabo novega orodja. S to pripravo se lahko izognemo marsikateri napaki na izdelku in na orodju. Nekatere parametre orodja lahko s tem prilagodimo že med samo izdelavo ali jih ustrezno prilagajamo, kadar ugotovimo napake. (*Privšek, 2019*)

Na orodjih lahko prihaja do različnih napak:

- *NEENAKOMERNO HLAJENJE KALUPA*
  - Neoptimalna izpeljava kanalov
  - Notranje napetosti in zvijanje izdelkov
- *LOKALNO PREGRETJE*
  - Zamašenost hitrih spojk ali ozkih hladilnih kanalov

- *ORODJE JE PREMALO TOGO – ZAMIK TRNOV*
  - Zaradi pretankih plošč orodja, trni niso dovolj vpeti. Pritekajoča masa jih odrine in stojijo postrani.
  - Izdelke težko snamemo iz naprave.
- *SLABO PRILEGANJE DELOV*
  - Pri izdelavi orodja pride do nenatančnosti, ohlapno prileganje delov.
  - Masa špranje zalije – dobimo mreine in igle.
- *NEUSTREZEN MATERIAL ORODJA*
  - Trdnostno, protiobrabno ali protikorozijsko neustrezen. Ima slabe polirne in prevodne lastnosti.
- *POŠKODOVANA DELILNA RAVNINA*
  - V procesu brizganja plastični delci ostanejo na delilni ravnini (orodje jih vtisne v delilno ravnino). Prihaja do poškodb v kalupnem kanalu, kar na izdelkih povzroči praske in druge poškodbe.
- *KALUP NI ZRAČEN*
  - Ta napaka ovira polnjenje kalupa, lahko pa povzroči tudi ožganine zaradi pregretega stisnjene zraaka.
- *NESPOLIRAN, NEOČIŠČEN, NERAZMAŠČEN KALUP*
  - Zaradi onesnaženosti orodja pogosto prihaja do težav s počenimi, nezalitimimi ali motnimi izdelki.
- *PREMAJHNI IZMETALNI KOTI*
  - Pri določanju snemalnih kotov moramo upoštevati lastnosti plastičnih materialov. Nekateri materiali ne zahtevajo velikih izmetalnih kotov, drugi pa se lepijo na površino in zato potrebujejo večje snemalne kote.
- *PREGROBA IZMETALNA POVRŠINA*
  - Površina iz katere se mora izdelek najprej sneti mora biti bolj gladka.
- *NASTAJANJE VAKUUMA PRI SNJEMANJU IN ODPIRANJU ORODJA*
  - Zaradi majhnih izmetalnih kotov zna biti ta pojav zelo moteč. Za odpravo tega moramo vgraditi posebne ventile.
- *PREVELIKA GLOBINA GRAVUR, VDOLBIN, ZAREZ*
  - Če želimo obdržati isto gravuro moramo spremeniti postopek erodiranja ali povečati snemalne kote.
- *PREMAJHNO ŠTEVILO IZMETAL*
  - Za izognitev neustreznega izmetavanja je bolje da predvidimo več izmetal.
- *DEBELINA STEN IZDELKA*
  - Če ima izdelek različne debeline sten je zelo težko optimizirati proces brizganja. Takšna oblika izdelave povzroča površinske napake (posedenost, madeži, linije tečenja). Ciklusi brizganja so zaradi predolgega hlajenja odebeljenih mest precej daljši.
- *DOLIVNI KANALI*
  - Napačna postavitev mesta za vbizgavanje, lahko privede do motenj kot so posedenost debelih sten, hladilni spoji, ožigi na mestih spojev, neestetska markacija dolivnega mesta.
- *ODPRTINA DOLIVK*
  - Zaradi velikih uporov pri tečenju mora biti ustje dolivka čim krajše in rahlo zaokroženo, saj v nasprotnem primeru lahko privede do strižnih sil v površinskem sloju taline in

pojavov ožiga. Ustje mora biti gladko zlasti pri tunelnih dolivkih, da dolivek ne ostane v kanalu.

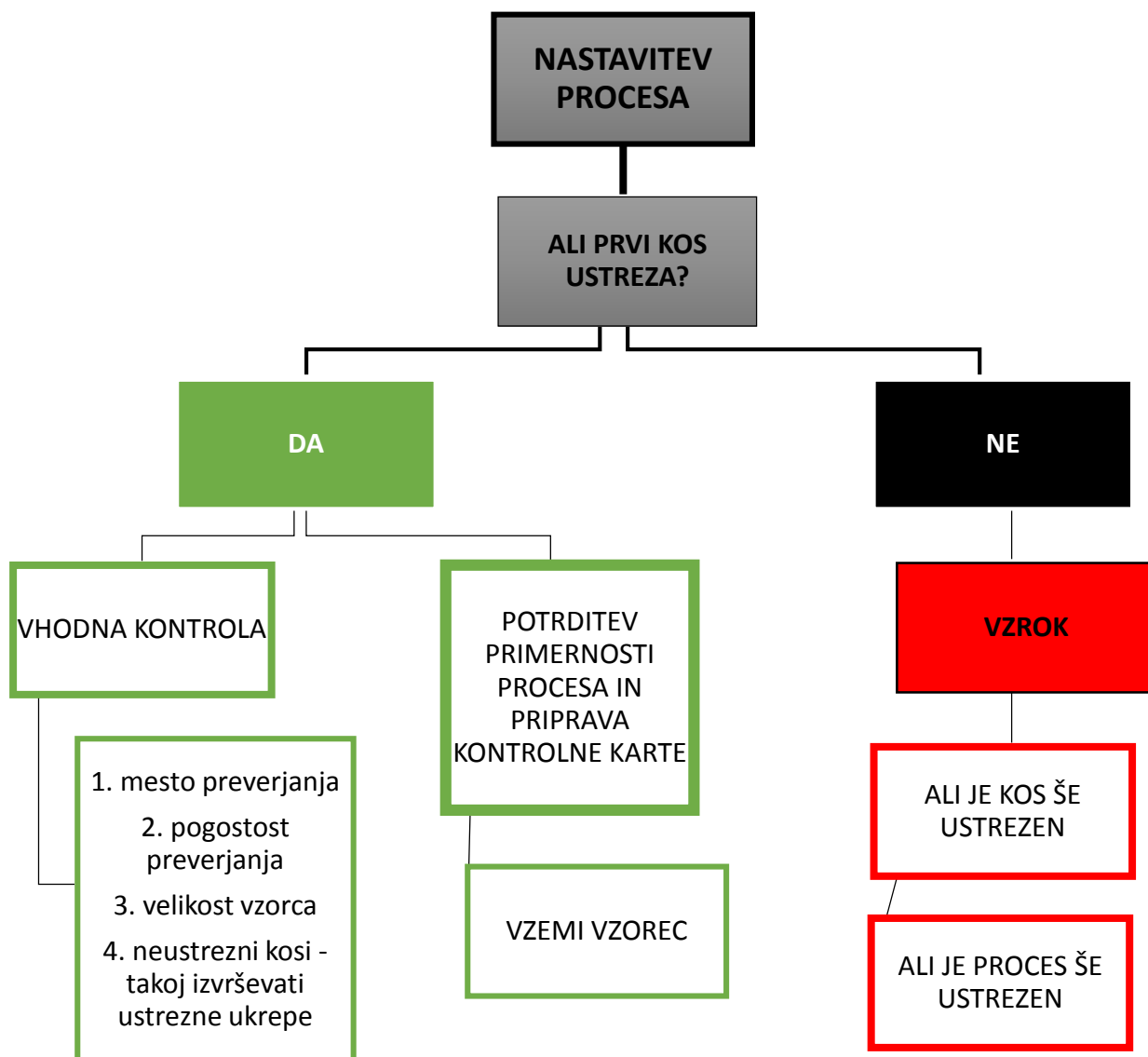
- **NETESNI HLADILNI KANALI**
  - Drobne jamice na izdelku, onesnaženost, korozija površine kalupa so napake, ki jih lahko povzroči vlaga, ko pride v kalupno votlino.
- **VPLIVI NA ŠOBO ORODJA**
  - Šoba mora biti pred vsako uporabo in nastavitvijo orodja pregledana, saj ne sme biti poškodovana. Če je šoba poškodovana, jo moramo pred pričetkom dela popraviti. Šoba mora imeti nepoškodovano in gladko luknjo, zmerno oster začetek luknje, nalezni polmer in premer luknje pa morata ustrezati šobi stroja.
- **ZAŠČITA ORODJA PROTI KOROZIJI**
  - Pred skladiščenjem moramo orodje skrbno očistiti in zaščititi, šele nato ga spravimo v skladišče. Če zaščito nanesimo na umazano površino, korozija neovirano deluje.
- **SREDSTVO ZA LOČEVANJE KALUPA**
  - Ločilno sredstvo se uporablja le izjemoma, dokler ne popravimo kalupa. Sredstvo je drago in onesnažuje kalup.
- **NEKONTROLIRANJE IZMETAVANJE – PADANJE IZDELKA**
  - Pri nekontroliranem padanju izdelka, moramo namestiti manipulator, saj se izdelek pri tem lahko poškoduje.
- **OBLIKOVNA ŠABLONA**
  - Med ohlajanjem se izdelek lahko med hlajenjem skrivi, zato še vročega vpnemo v oblikovno šablono. V šablono izdelek ohrani pravilno obliko.
- **IZVEDBA IN REGULACIJA TOPLOKANALNIH ORODIJ**
  - Pri tovrstnih orodjih je pomembna natančna temperaturna regulacija. Še tako majhna temperaturna razlika lahko med šobami posameznih gnezd spremeni pogoje polnjenja, kar se odrazi na kakovosti izdelkov. (Privšek, 2019)

## 2.6 OPIS ANALIZE REZULTATOV PREIZKUSA

Delovni postopki in postopki preverjanja nam služijo kot pomembna vodila za doseganje standardov izdelave. Nepravilni postopki so lahko vzrok, da praktični rezultati odstopajo od predvidenih rezultatov. To je takrat, ko delavci ne morejo delati popolnoma v skladu z veljavnimi postopki. Rezultat stopnje kakovosti je v veliki meri odvisen od kakovosti postopkov in sistema nadzora procesa proizvodnje. (Šuntner, 2002)

Za opisovanje postopkov preverjanja procesov proizvodnje, obstajajo različni standardi. Uporabni so le za določene pogoje proizvodnje. (Šuntner, 2002)

Zelo pomembno je preverjanje nastavitve procesa in preverjanje prvega kosa, kar prikazuje shema na sliki 7. V manjših proizvodnih obratih, lahko obhodni kontrolor sodeluje tudi pri nastavitvi procesa in preverjanju prvega kosa. (Šuntner, 2002)



Slika 7: Shema nastavitve procesa

Vir: Šuntner, 2002, 48

### **3 PROCES IZDELAVE ORODJA ZA BRIZGANJE TANKOSTENSKEGA IZDELKA IZ POLIMERA – TRK 22**

#### **3.1 ŠTUDIJA KONSTRUKCIJSKE DOKUMENTACIJE**

Pred začetkom izdelave orodja orodjarna prejme konstrukcijsko dokumentacijo (v nadaljnjem tekstu KD), ki zajema:

1. Sestavnico
2. Kosovnico
3. Delavniške risbe delov orodij in elektrod za potopno erozijo
4. Dokumentacijo v elektronski obliki (v step in dxf/dwg formatu)
5. Programe za obdelavo na CNC strojih (3D rezkalni center, stroj za žično erozijo)

Hkrati s KD orodjarna prejme tudi drugo dodatno dokumentacijo, kot je podatek (risbo) o izdelku, delovni nalog/klasifikacijsko številko, materialni list, podatke o zalogah materialov in standardnih elementov, morebitne dodatne tehnične zahteve za orodje, itd;

Najprej se prouči sestavnica, iz katere so razvidni gabariti orodja, posamezne funkcionalne enote orodja, specifika in vrstni red montaže delov orodja, medsebojne položajne tolerance delov orodja, itd.

Sledi proučitev kosovnice in delavniških risb. Ker gre za manjšo orodjarno, gre pri tem že za načrtovanje tehnologije izdelave posameznih delov orodja, ki zajema:

1. Načrtovanje obdelovalnih postopkov (razdelitev po fazah) za vsaki del orodja, odvisno od oblike, tolerančnih zahtev in predpisane kvalitete površine.
2. Definiranje surovcev – podatki za pripravo (žaganje) materiala.
3. Plan morebitne dodatne nabave obdelovalnega in vpenjalnega orodja (svedri, rezkarji, brusni koluti, baker za elektrode in prebijanje lukenj, vpenjala za orodja in surovce itd.
4. Načrtovanje termične obdelave (možno v lastni izvedbi ali kot zunanja usluga)
5. Plan razdelitve dela po posameznih operacijah, strojih in delavcih.
6. Izločanje standardnih elementov (za te običajno ni delavniških risb, kljub dodelavam – razvidno iz kosovnice)
7. Planiranje morebitnih zunanjih uslug (če ni na razpolago lastne kapacitete).

Dokumentacija v elektronski obliki služi kot osnova za programiranje obdelovalnih postopkov direktno na strojih ali na posebnih računalniških programirnih enotah.

Poznavanje risbe izdelka je pomembno za razumevanje posameznih zahtev za orodje bodisi na delavniških risbah ali na sestavni (montažni) risbi.

Študija KD bistveno pripomore k načrtovanju racionalnih in optimalnih postopkov izdelave delov orodja in montaže le-tega ter seveda s tem lahko omogoči tudi čim krajši rok dokončanja izdelave.



### 3.2 NABAVA STANDARDNIH ELEMENTOV IN MATERIALOV

Strategija orodjarne je, da se za izdelavo orodja v največji meri, kjer je le možno, nabavi standardne strojne elemente in normalije orodja priznanih proizvajalcev, s čimer se doseže bistveno krajše čase izdelave orodja, orodjarna pa se tako ukvarja le z oblikovnimi in specifičnimi deli orodja. S tem je dosežena tudi interna standardizacija orodij in s tem manjše zaloge standardnih elementov, ki so skupni različnim orodjem.

Uporabljeni standardni strojni elementi so vijaki (po večini inbus), podložke, orodjarski cilindrični zatiči, navojni zatiči itd.

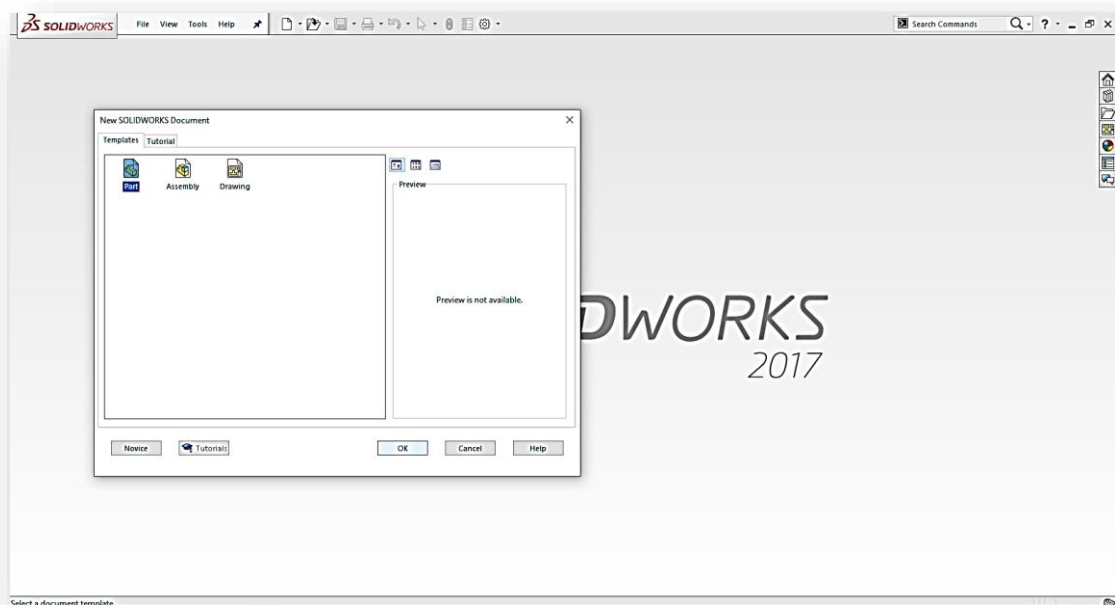
Uporabljene so Hasco normalije, ki zajemajo vse jeklene in izolirne plošče orodja, elemente dolivnega sistema (dolivna šoba, pridržalna puša dolivka), elemente vodenja orodja (vodilni stebri, vodilne puše, centrirni elementi), izmetala, izmetalni drog, elemente za temperiranje orodja (cevi, priključki, razdelilniki, hitre spojke, zaporni čepi), itd.

Dobavni roki za standardne strojne elemente in normalije orodja Hasco so relativno kratki, saj so dobavljivi že v roku od 2 do 5 dni.

### 3.3 DOLOČITEV TEHNOLOGIJE IZDELAVE POSAMEZNIH DELOV ORODJA

V tem poglavju se bomo opredelili na samo izdelavo posameznih delov orodja. Začeli bomo s samim konstruiranjem oblikovnega trna v računalniškem programu SolidWorks.

Odpremo računalniški program SolidWorks 2017. Kot je prikazano na sliki 8, ustvarimo nov prazen »list« za risanje in izberemo Part. Izbiro potrdimo.

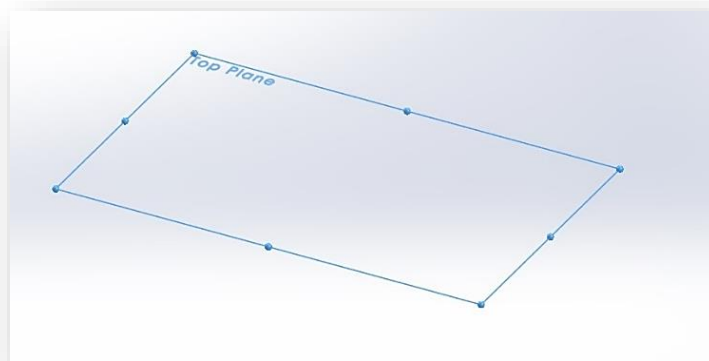


Slika 8: Ustvarjanje novega "Parta" v programu SolidWorks

Vir: Rader, 2019



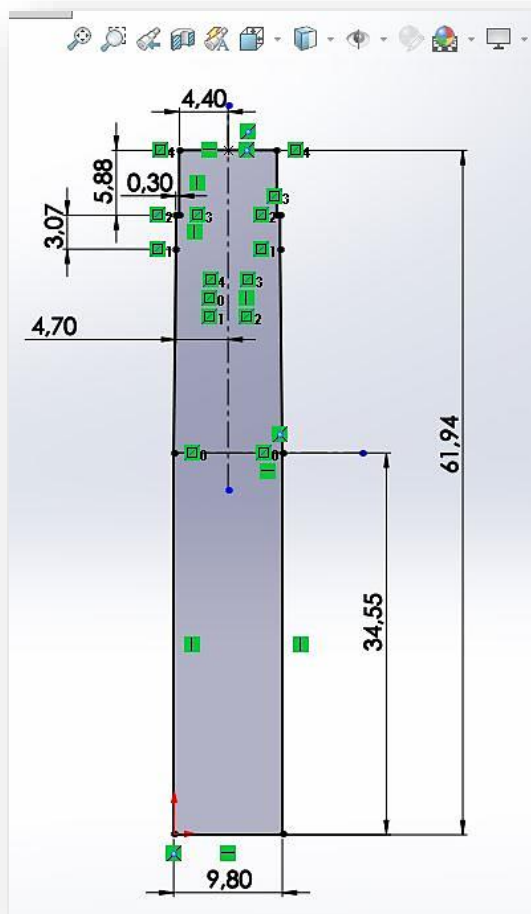
Izberemo ravnino na kateri bomo začeli skicirati v 2D obliki in z desnim klikom poiščemo opcijo Sketch (slika 9).



Slika 9: Izbir ravnine za skiciranje

Vir: Rader, 2019

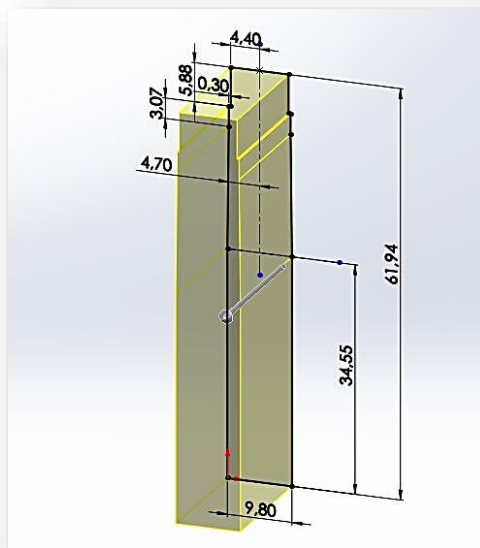
V 2D obliki izrišemo želeno obliko (slika 10) trna in mu določimo mere. Ko imamo vse določeno, risbo v 2D obliki potrdimo.



Slika 10: 2D skica želenega kosa

Vir: Rader, 2019

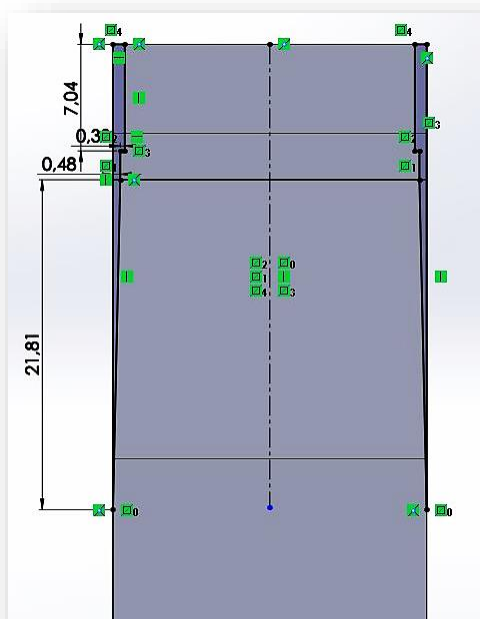
Ko 2D skico potrdimo, v zavihku Features izberemo možnost Extruded Boss/Base. Prikaže se 3D oblika izrisanega kosa, ki smo ga najprej skicirali v 2D obliki (slika 11).



Slika 11: Izvlek kosa iz 2D oblike v 3D obliko

Vir: Rader, 2019

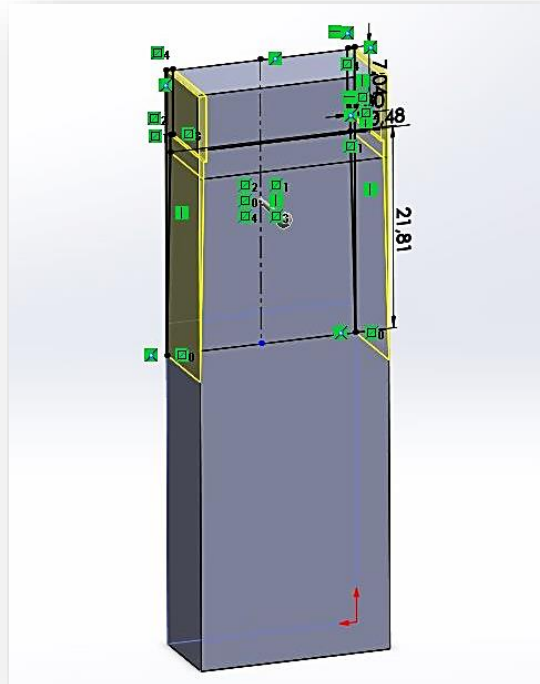
Sedaj ko imamo ustvarjeno 3D obliko kosa, moramo kos pravilno oblikovati, da dobi pravo obliko. V našem primeru moramo porezati strani trna, da dobimo želeni kot in obliko. Izberemo površino na kateri želimo kos porezati in nato Sketch. Po kosu izrišemo obliko (slika 12), ki jo bomo rezali in zadevo potrdimo.



Slika 12: Porez druge oblike trna

Vir: Rader, 2019

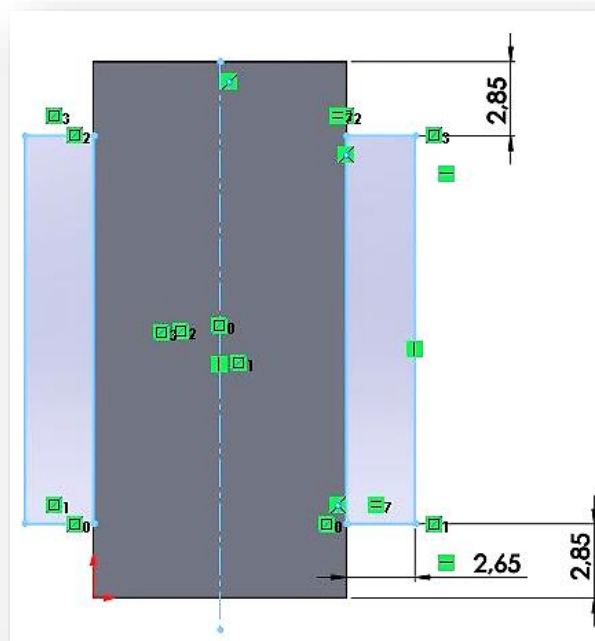
Po potrditvi izberemo možnost Extruded Cut, s katero lahko režemo. Prikaže se nam 3D oblika celotnega kosa in z rumeno barvo se obarva predel, ki ga bomo odrezali (slika 13).



Slika 13: Izrez zelene oblike

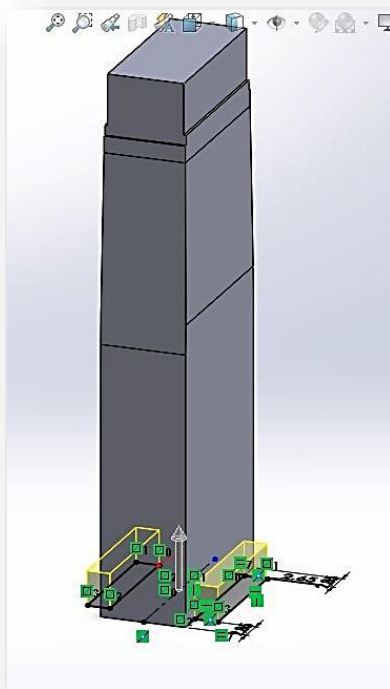
Vir: Rader, 2019

Na sliki 14 in 15 je prikazan izris spodnjega dela, prvo v 2D obliki in nato izvlečen v 3D obliko.



Slika 14: Skiciranje v 2D obliki

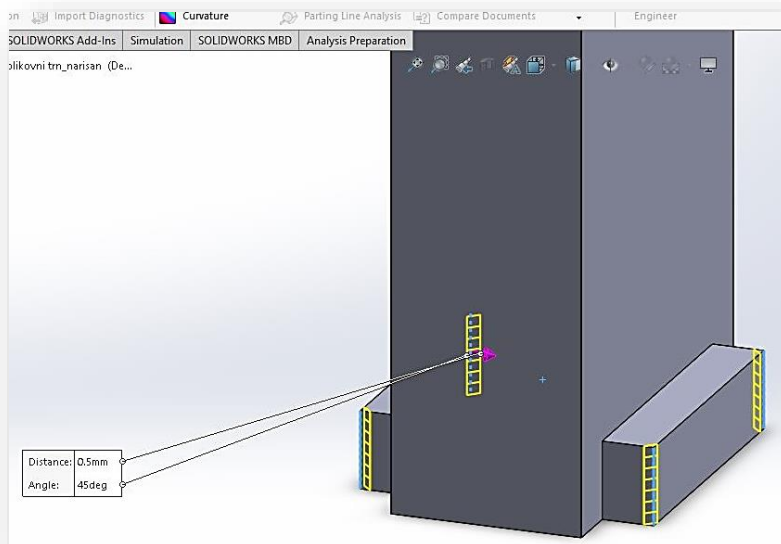
Vir: Rader, 2019



Slika 15: Izvlek oblike v 3D prostor

Vir: Rader, 2019

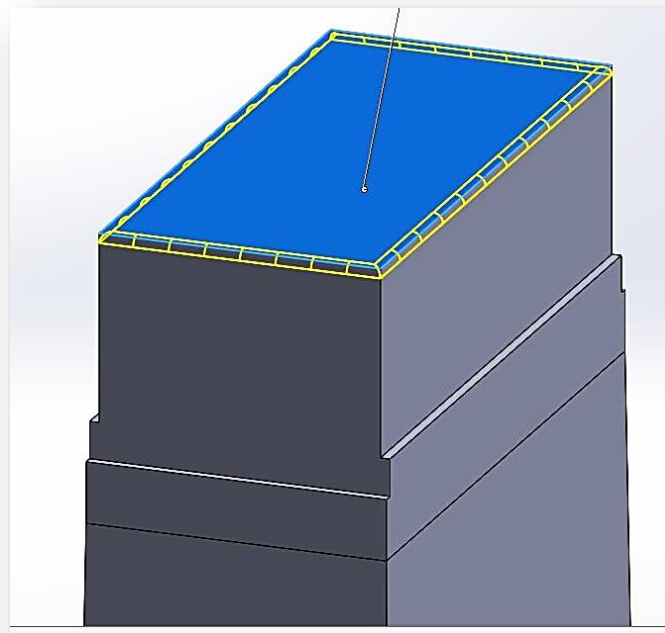
Ko imamo spodnjo obliko končano, robove posnamemo z možnostjo Chamfer. Izberemo zelene robove, ki jih bomo posneli in določimo velikost posnetja (slika 16).



Slika 16: Posnetje robov

Vir: Rader, 2019

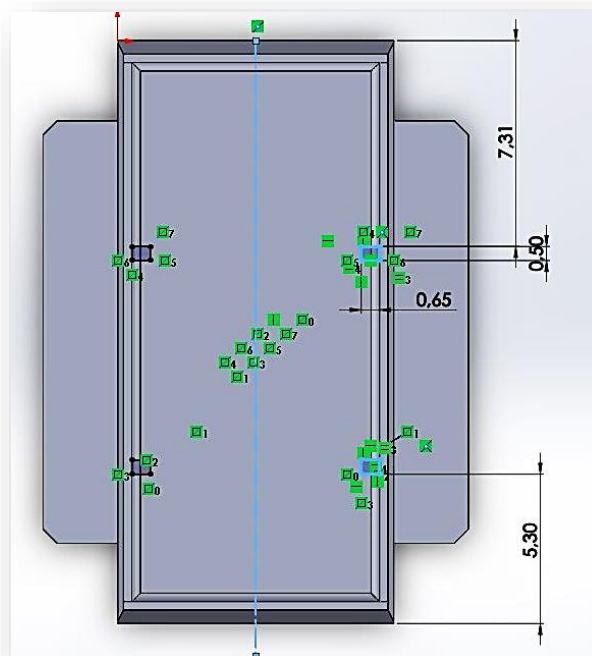
Podobno storimo z zgornjim delom, s tem da tukaj izberemo možnost Fillet, s katero naredimo radij kot je prikazano na sliki 17.



Slika 17: Radij na robovih zgornjega dela trna

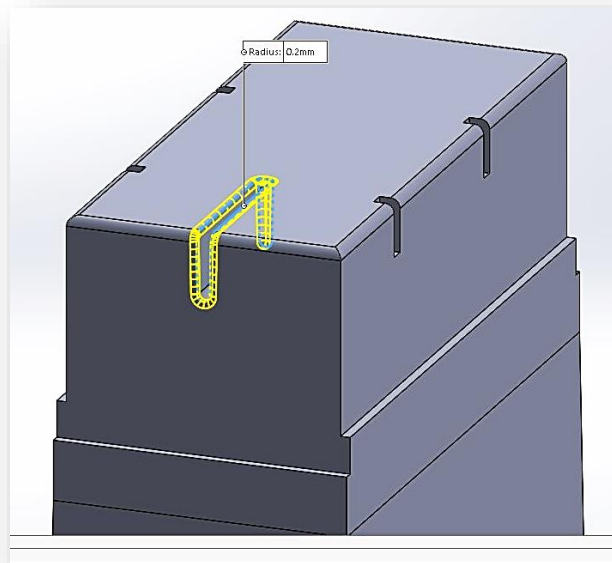
Vir: Rader, 2019

Slika 18 prikazuje izrez želene oblike, prav tako slika 19. Na sliki 19 je prikazano tudi ustvarjanje radija po robovih.



Slika 18: Izrez želene oblike

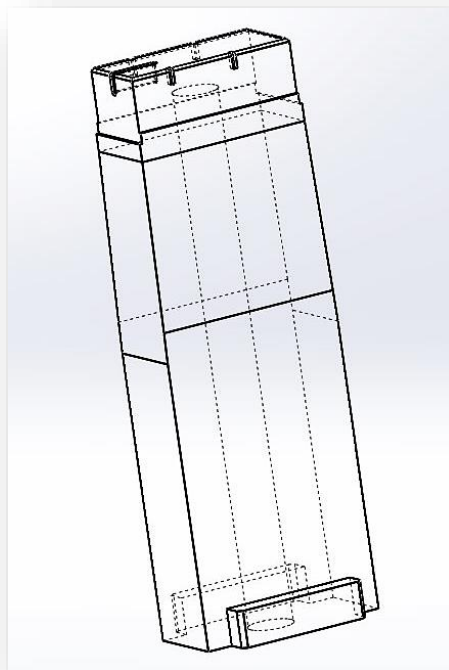
Vir: Rader, 2019



Slika 19: Izrez oblike in določanje radija po robovih

Vir: Rader, 2019

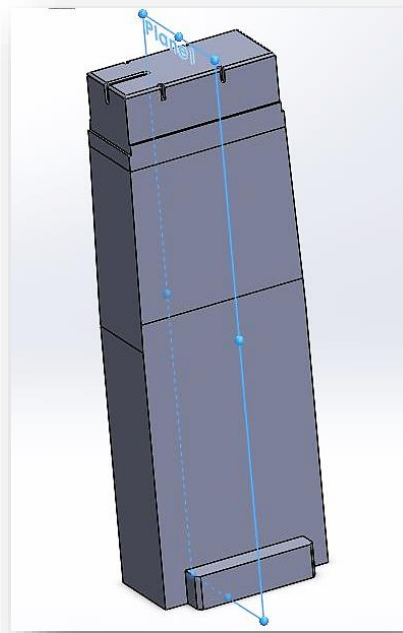
Naslednji korak je izdelava luknje za hladilni kanal. Označimo spodnjo površino in izberemo Sketch, nato pa narišemo luknjo in jo izrežemo kot prikazuje slika 20.



Slika 20: Izrez luknje za hladilni kanal

Vir: Rader, 2019

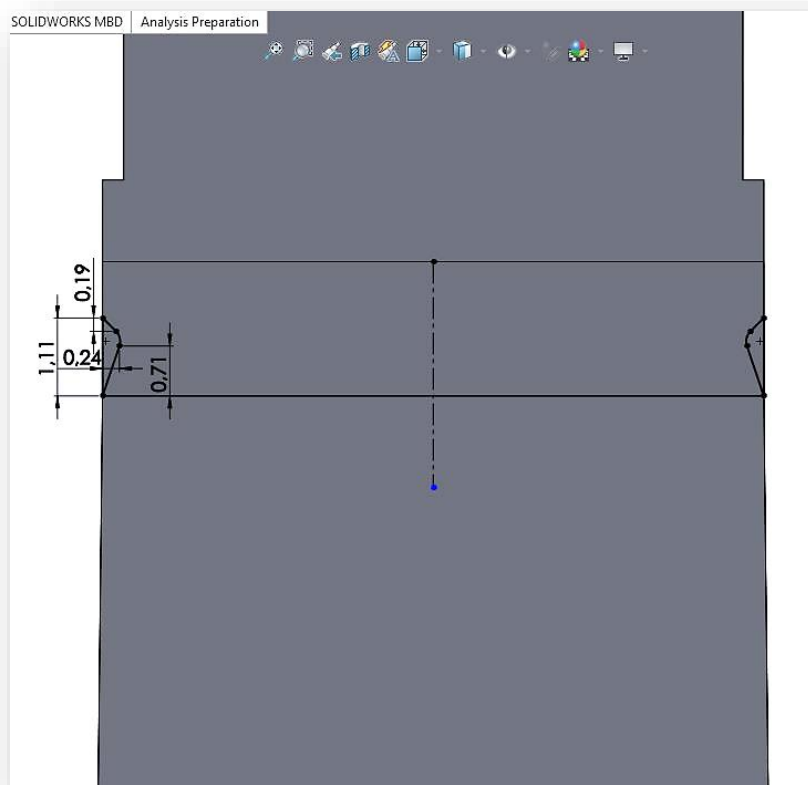
Sedaj je potrebno še izrisati utore, ki se nahajajo na strani oblikovnega trna. To storimo tako, da ustvarimo ravnino na sredini kosa (slika 21).



Slika 21: Ustvarjanje nove ravnine

Vir: Rader, 2019

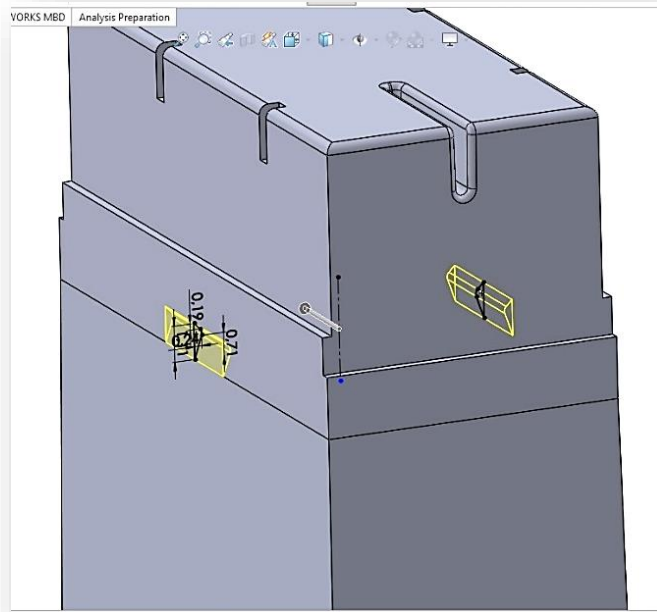
Ko ustvarimo ravnino, izberemo želeno stran na kateri bomo izrezali utor (slika 22).



Slika 22: Izris utorov

Vir: Rader, 2019

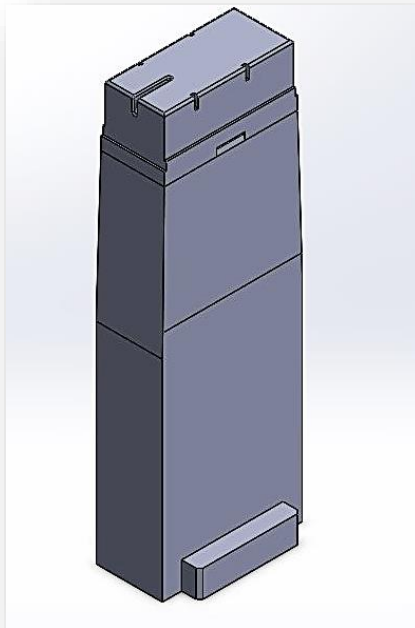
Potrdimo in izberemo Extruded Cut. Pod možnostjo Direction (smer rezanja) izberemo Mid Plane. To pomeni, da bo program rezal iz sredine na novo določene ravnine kot je prikazano na sliki 23. Zadevo potrdimo.



*Slika 23: Izrez utorov*

*Vir: Rader, 2019*

Slika 24 prikazuje končen izdelek, narisan v programu SolidWorks.



*Slika 24: Končan oblikovni trn*

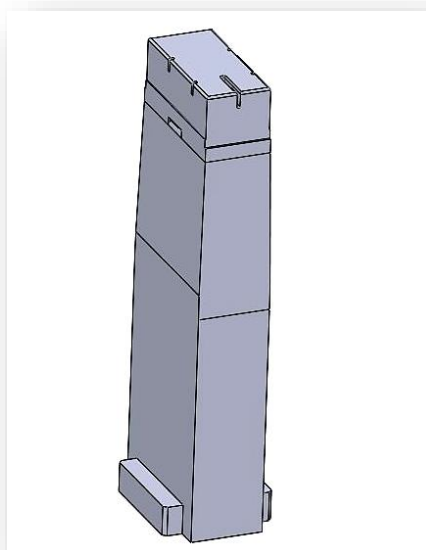
*Vir: Rader, 2019*



### 3.4 IZDELAVA PRIPOMOČKOV IN ELEKTROD

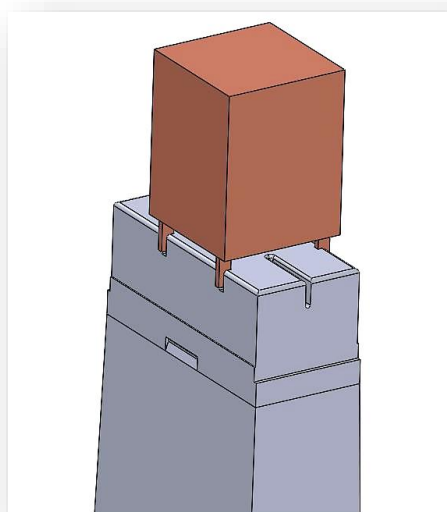
Elektrode, ki jih bomo uporabili za potopno erozijo se bodo uporabile za oblikovni trn in spodnjo oblikovno ploščo.

Za izdelavo elektrod smo uporabili računalniški program SolidWorks. V SolidWorksu odpremo že izrisan oblikovni trn (slika 25), ki smo ga narisali in po njem vzeli mere za elektrode, ki jih potrebujemo. Pri izdelavi elektrod smo upoštevali tudi žgalno režo za obdelovalni postopek pri potopni eroziji, ki znaša 0,03 ali 0,04 mm, odvisno od velikosti elektrode. Za končno izdelavo oblikovnega trna bomo uporabili 3 elektrode (slika 26, slika 27, slika 28).



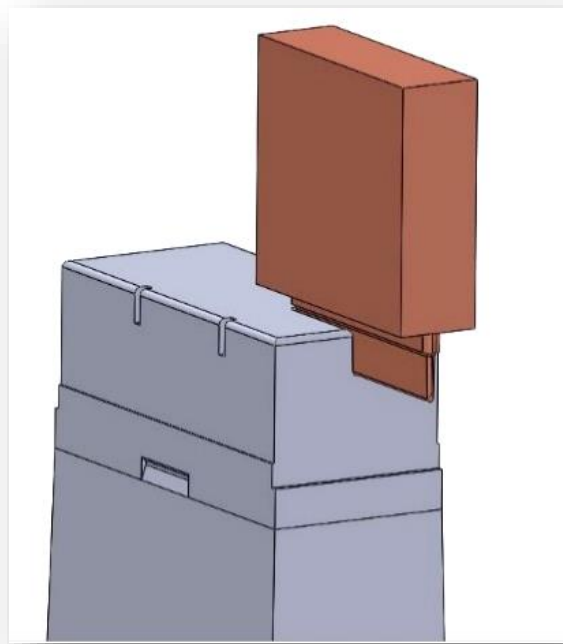
*Slika 25: Oblikovni trn*

*Vir: Rader, 2019*



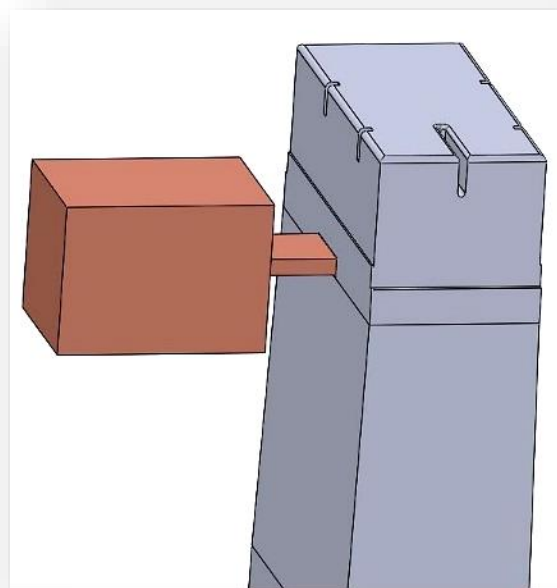
*Slika 26: Elektroda 1 na oblikovnem trnu*

*Vir: Rader, 2019*



*Slika 27: Elektroda 2 na oblikovnem trnu*

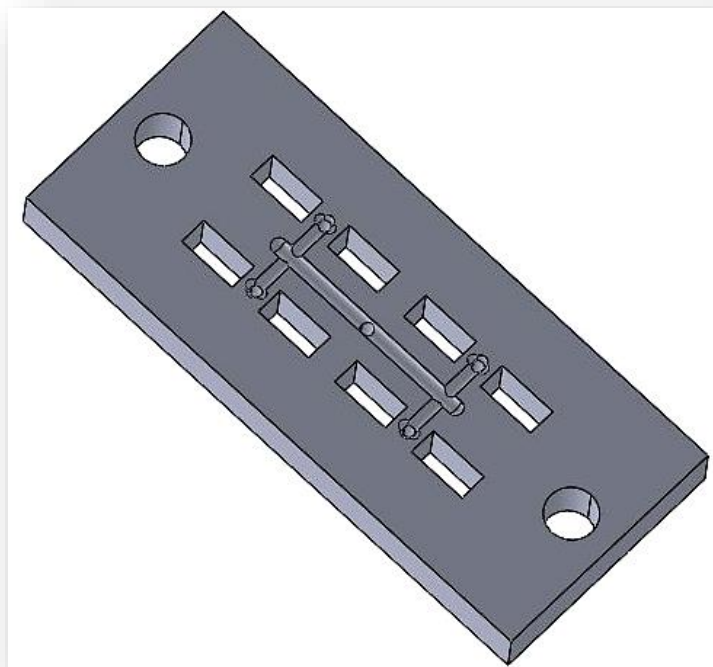
*Vir: Rader, 2019*



*Slika 28: Elektroda 3 na oblikovnem trnu*

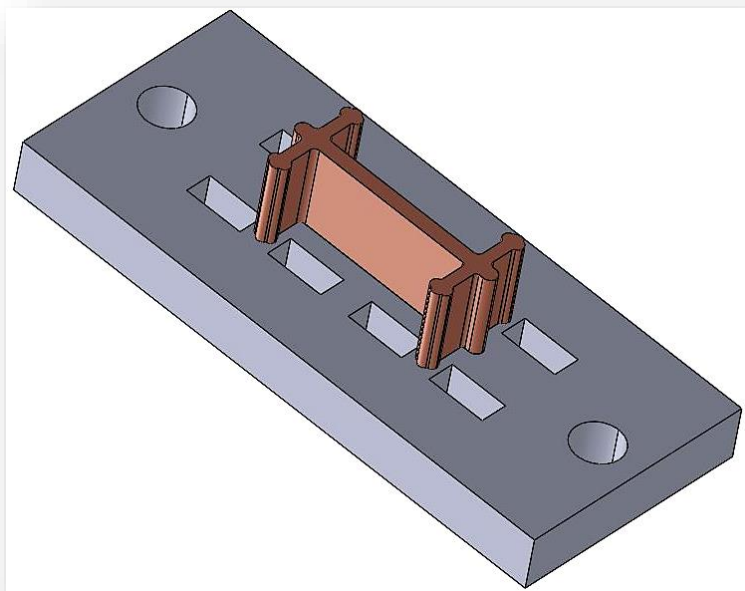
*Vir: Rader, 2019*

Po konstruiranju teh elektrod potrebujemo še elektrodo za oblikovno ploščo (slika 29). Tukaj je postopek enak, najprej skonstruiramo oblikovno ploščo in nato elektrodo (slika 30).



*Slika 29: Oblikovna plošča*

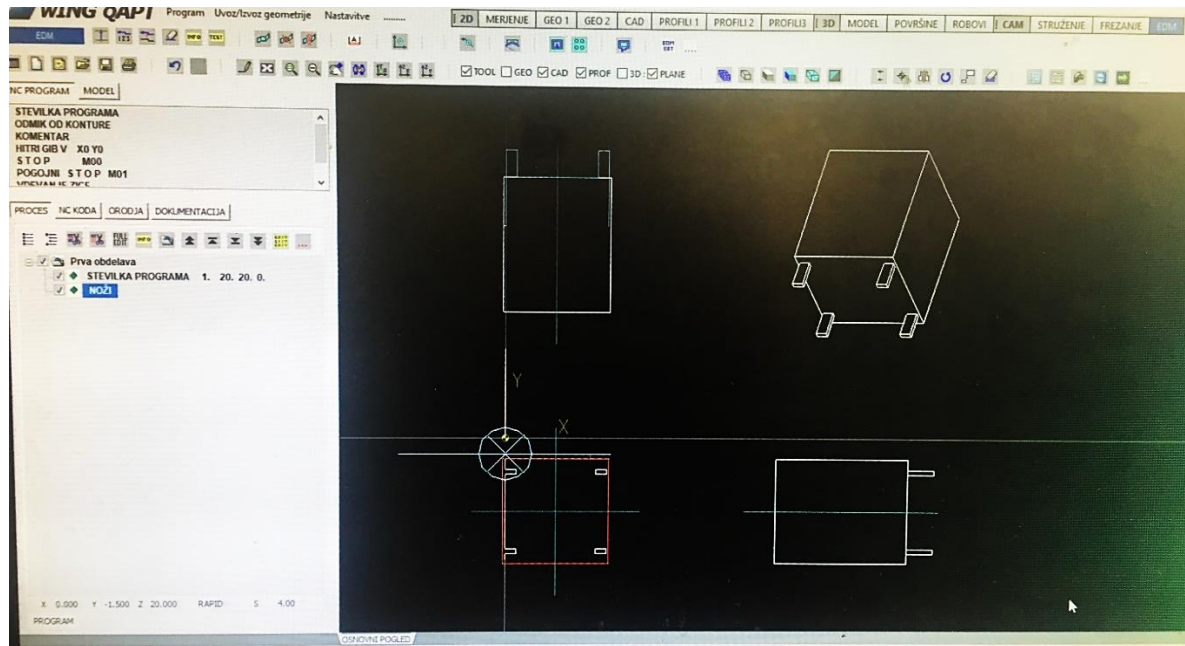
*Vir: Rader, 2019*



*Slika 30: Elektroda za oblikovno ploščo*

*Vir: Rader, 2019*

Po konstruiranju elektrod smo elektrode v programu SolidWorks shranili kot STEP format in jih prenesli v program QUAPT, ki ga uporabljamo za programiranje stroja za žično erozijo. Slika 31 prikazuje primer programa za izrez osnovne (prve) oblike elektrode.



Slika 31: Program za rezanje elektrode na žični eroziji  
Vir: Rader, 2019

Po prenosu programa na letvice žične erozije namestimo material iz bakra (slika 32) in izrežemo želene elektrode.



Slika 32: Bakren material  
Vir: Rader, 2019

Po izrezu prve (osnovne) oblike elektrode, elektrodo vpmemo v pripravo in jo poravnamo z merilno uro. Porežemo drugo in tretjo obliko ter dobimo prvo elektrodo za potopno erozijo kot prikazuje slika 33.



*Slika 33: Elektroda 1 za oblikovni trn*  
*Vir: Rader, 2019*

Ostale elektrode (slika 34, slika 35) izrežemo in porežemo na enak način.



*Slika 34: Elektroda 2 za oblikovni trn*  
*Vir: Rader, 2019*



*Slika 35: Elektroda 3 za oblikovni trn*  
*Vir: Rader, 2019*

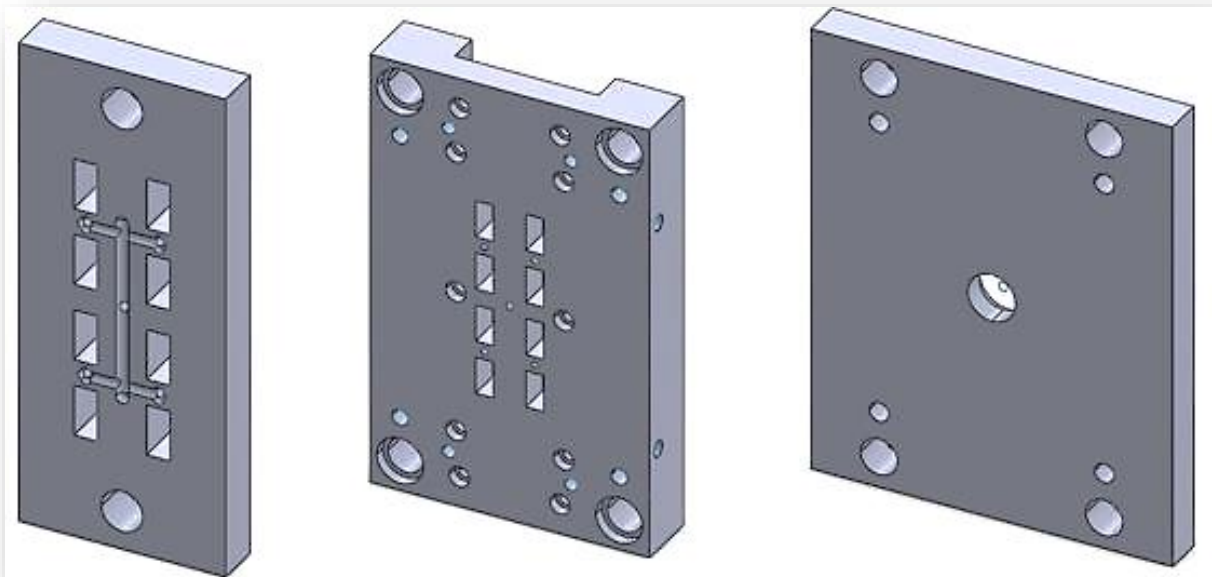
Elektrodo na sliki 36 najprej (osnovno obliko) izrežemo na žični eroziji iz bakrenega materiala. Za drugo obliko (radij na zgornjih robovih) pa jo damo na CNC stroj HURCO. Stroju vstavimo CNC program, ki je ustvarjen v računalniškem programu MasterCam, nato stroj porezka elektrodo.



Slika 36: Elektroda oblikovne plošče

Vir: Rader, 2019

### 3.5 IZDELAVA SESTAVNIH DELOV ORODJA



Slika 37: Sestavni deli orodja

Vir: Rader, 2019

Za izdelavo sestavnih delov (slika 37) orodja bomo uporabili jeklo imenovano Utop Mol, katerega sestavo prikazuje tabela 2 v kateri so predstavljeni materiali, ki so uporabljeni za glavne kot tudi pomožne sestavne dele.



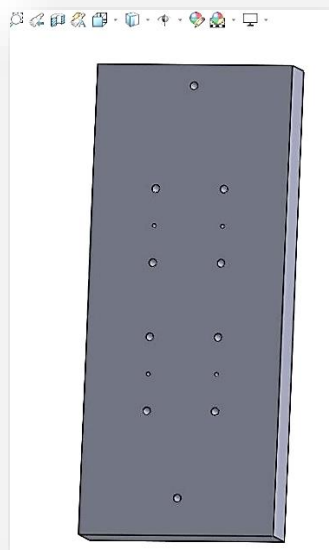
Tabela 2: Kemijska sestava orodnega jekla za izdelavo glavnih in pomožnih sestavnih delov orodja

Oznaka jekla po DIN 17006	SLO	Trdota [HRc]	Sestava [%]						
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
40CrMnMoS8-6	Č. 4742	52 - 56	0,43	-	1,3	1,9	0,3	-	-
C45U	Č. 1540	58	0,45	0,30	0,70	-	-	-	-

Vir: Navodnik in Kopčić, 1998 in Meusbürger, 2019

Material najprej odrežemo na žagi za železo. Material bomo uporabili za izdelavo oblikovnih plošč. Odrezanim ploščam pustimo nadmero, saj se bodo na koncu obdelale na fino (brušenje). Plošče nato grobo obdelamo na rezkalnem stroju. To pomeni, da se plošče poravnava z rezkanjem (vogale zrezkamo na pravi kot, zgornjo in spodnjo površino pa poravnamo).

Sledi vrtanje lukenj v plošče. Luknje zvrtnemo z manjšimi svedri kot so luknje na načrtu, saj imajo te luknje po načrtu toleranco H7 in jih do konca obdelamo na žični eroziji. Na sliki 38 vidimo rezkano ploščo z luknjami, ki jih zvrtnemo na CNC stroju ali pa na rezkalno-vrtalnem stroju (na stroju se zamenja glava za rezkanje in se namesti vpenjalna glava za svedre).



Slika 38: Priprava spodnje oblikovne plošče

Vir: Rader, 2019

Če se luknje vrtajo na CNC stroju HURCO, potem se program za vrtanje lukenj naredi v računalniškem programu MasterCAM, kjer se izriše ali uvozi npr. kalupna plošča, nato pa določi pot vrtanja in vrsta orodja (svedra s katerim vrtamo).

Ko zaključimo s predpripravami sestavnih delov, jih damo na toplotno obdelavo. O tem več v naslovu 3.6 Termične obdelave delov orodja.

Termično obdelane kose nato damo brusiti na ploskovno brusilni stroj kot prikazuje slika 39 in jih zbrusimo na mero kot je navedeno v načrtu sestavnega elementa.



*Slika 39: Brušenje na ploskovno brusilnem stroju*  
Vir: Rader, 2019

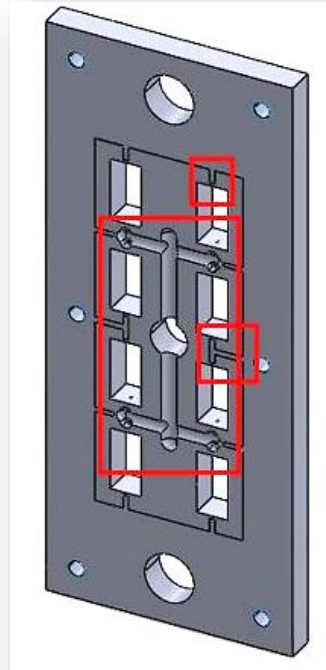
Po končanem brušenju gredo kosi na žično erozijo, kakor prikazuje slika 40. Tako kot pri elektrodah tudi tukaj na računalnik vnesemo program, ki ga nato prenesemo na žično erozijo. Tukaj je končna obdelava vseh kosov, saj so kosi v večini primerov določeni na toleranco H7, ki jo lahko dosežemo samo z žično erozijo.



*Slika 40: Izrez lukenj na žični eroziji*  
Vir: Rader, 2019

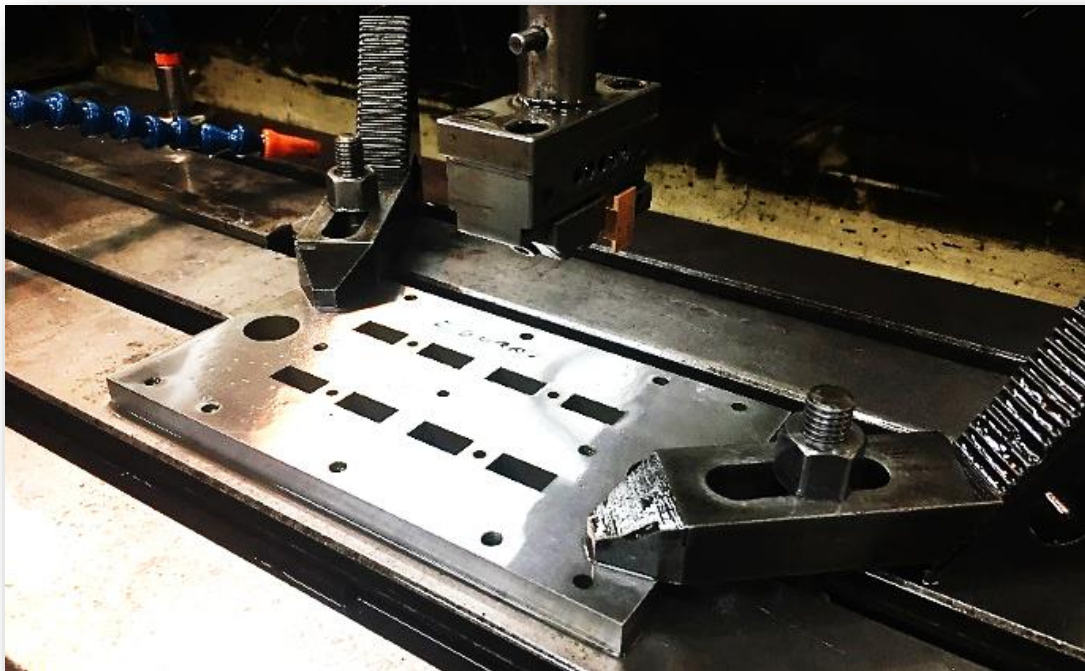


Po potrebi se kosi nato še selijo na potopno erozijo, kjer se z bakrenimi elektrodami in s pomočjo električne energije odvzema – tali kovinski material, dielektrično olje pa material odnaša vstran. Primer potopne erozije je prikazan na sliki 41 in 42.



Slika 41: Primer potopne erozije na zgornji kalupni plošči

Vir: Rader, 2019



Slika 42: Priprava plošče na potopni eroziji

Vir: Rader, 2019

Ploščo poravnamo z merilno uro. Po poravnavi plošče, enako storimo še z elektrodo. Ko je oboje poravnano, v ploščo vstavimo zatič (v luknjo, ki je za to namenjena, saj imamo tukaj srednje tesen ujem – manj zračnosti) in elektrodo pozicioniramo nad ta zatič.

Dotik elektrode se izvaja po X in Y osi, kjer se npr. po X osi z elektrodo dotaknemo iz leve strani, pozicijo damo na vrednost 0 in nato napravimo dotik še iz leve strani, delimo z polovico in dobimo sredino elektrode. Nato pričnemo z odvzemanjem materiala – erodiranjem.

### **3.6 TERMIČNA OBDELAVA DELOV ORODJA**

Orodje ima vgrajeni dve glavni vrsti jeklenih materialov, in sicer:

- A. Orodno jeklo W.Nr.1.1730 (po DIN C45U), ki se uporablja za plošče orodja, ki niso v stiku z izdelanimi formami (Hasco - zg. vpenjalna, sp. vpenjalna, vmesna, podložna, distančne letve, itd).

Dobavljiva kvaliteta tega jekla je v žarjenem stanju (mehko žarjenje), trdota do 190 HB, natezna trdnost do 640 N/mm<sup>2</sup>.

Plošče iz tega jekla je možno po potrebi tudi kaliti do trdote 58 HRc (temp. segrevanja na 800 do 830 °C, ohlajanje v kalilnem olju).

- B. Orodno jeklo za delo v toplem W.Nr.1.2312 (po DIN 40CrMnMoS 8 6, standard Železarne Ravne UTOP N), natezna trdnost do 1080 N/mm<sup>2</sup>. Se dobro polira, zato se uporablja za plošče, ki so v stiku z izdelanimi formami (Hasco – zg. kalupna in sp. kalupna plošča, zg. oblikovna in sp. oblikovna plošča, oblikovni trni, oblikovni vložki).

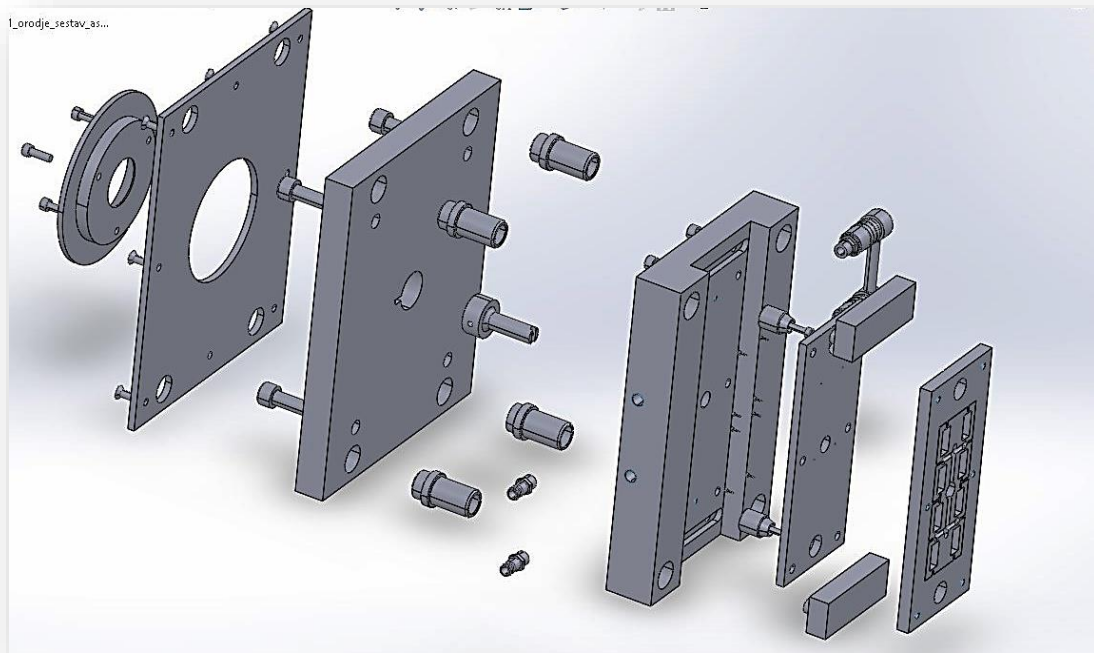
Plošče iz tega jekla so vedno kaljene do trdote 52 HRc (temp. segrevanja na 840 do 860 °C, ohlajanje v kalilnem olju).

Možna je tudi termična obdelava z nitriranjem, z namenom dodatnega povečanja površinske trdote in s tem abrazivne obstojnosti površine forme.

Termične obdelave navedenih jekel ne izvajamo v orodjarni, temveč za te postopke zaradi zanesljivosti koristimo usluge pri specializiranih podjetjih, npr. Kaldera d. o. o. Slov. Bistrica.

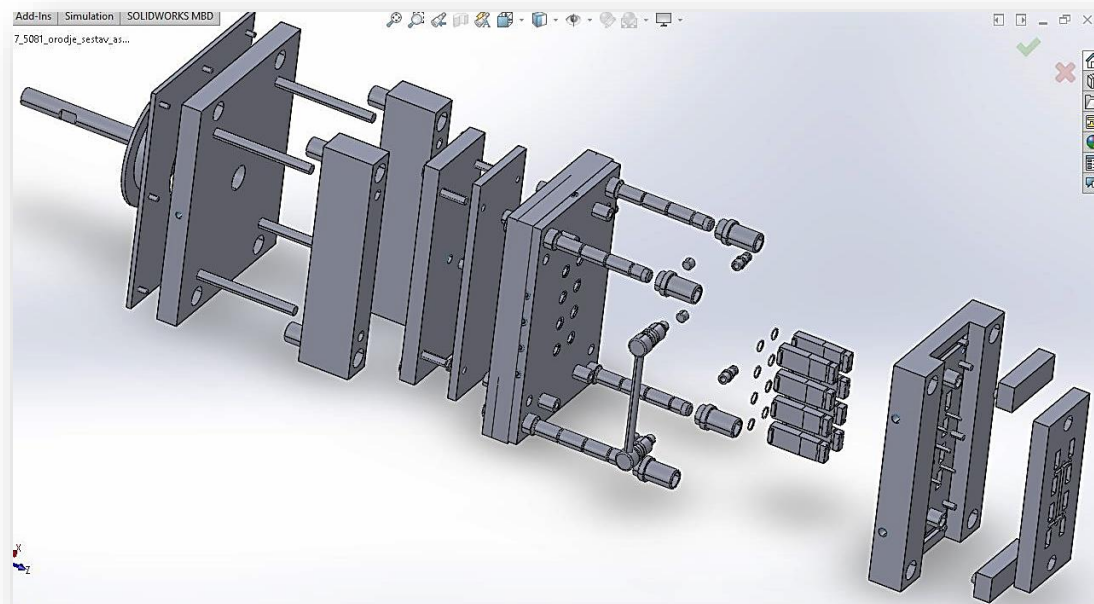
### **3.7 MONTAŽA IN OZNAČEVANJE ORODJA**

Na slikah 43 in 44 vidimo vse sestavne dele orodja v eksplozijskem pogledu. Slika 43 prikazuje zgornji sestav, slika 44 pa spodnji sestav orodja.



Slika 43: Zgornji sestav orodja pokrov TRK 22

Vir: Rader, 2019



Slika 44: Spodnji sestav orodja pokrova TRK 22

Vir: Rader, 2019

Po končanih strojnih obdelavah, nam v orodjarni za konec ostane še označevanje sestavnih delov in montaža orodja. Na sliki 45 vidimo nekaj sestavnih delov brez označb. Končane sestavne dele orodja zložimo po vrsti, tako kot je prikazano na sestavnici, ki jo dobimo v orodjarno. Nato se začne označevanje.



*Slika 45: Sestavni deli brez označb*

*Vir: Rader, 2019*

Sestavne dele oz. plošče označujemo ročno, in sicer z ročnim udarnim orodjem imenovanim udarne številke (slika 46).



*Slika 46: Udarne številke*

*Vir: Rader, 2019*

Vzamemo zeleno številko in jo nastavimo na ploščo, nato udarimo s kladivom da nastane utor v obliki zelene številke.



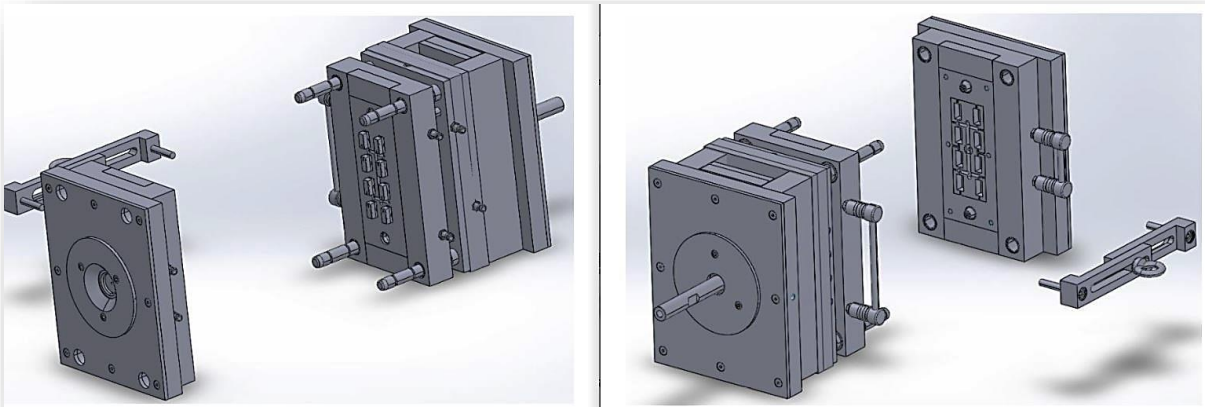
Spodnja slika 47 prikazuje s številkami označene sestavne dele.



Slika 47: S številkami označeni sestavni deli

Vir: Rader, 2019

Na sliki 48 je prikazan spodnji in zgornji del v celoti sestavljenega orodja.



Slika 48: Spodnji in zgornji del orodja

Vir: Rader, 2019

### **3.8 ZAGON IN FUNKCIONALNI PREIZKUS ORODJA NA BRIZGALNEM STROJU**

Ko orodjarna zaključi izdelavo orodja je pomembno, da le-to označi na predpisan način (napisna ploščica ali direktno na spodnjo sprednjo ploščo orodja).

Oznaka orodja mora vsebovati številko orodja in kodo ter naziv izdelka. S tem se zagotovi sledljivost orodja, s čimer je orodje pripravljeno za postopek zagona in funkcionalnega preizkusa.

Za začetek postopka orodjarna na posebnem obrazcu rumene barve izpolni Naročilo za preizkus orodja, na katerem vpiše osnovne podatke o orodju ter navede vzrok za preizkus (novo orodje, generalno popravilo orodja, sprememba, itd.).

Naročilo se nato odda v plansko službo, ki predmetni preizkus uvrsti v plan dela plastikarne, o čemer obvesti tudi skupinovodjo plastikarne.

Pred prvim zagonom plastikarna pridobi sledeče:

1. Podatke o predpisanem plastičnem materialu (podatki o času in temperaturi sušenja, podatki o temperiranju orodja, osnovni parametri brizganja, itd.)
2. Podatke o orodju (število form, vrsta dolivnega sistema, gabariti orodja, način vpenjanja, vrste in mesta temperirnih priključkov, specifična izmetalnega sistema, izmetalni drog, naležna površina dolivne puše, itd.)
3. Podatke o brizgalnem stroju (brizgalna enota, zapiralna enota, ciklus, priključki temperirnega sistema, vrsta in naležna površina brizgalne šobe, itd.)
4. Operacijski postopek brizganja.
5. Risbo in kontrolno karto (statistično nadzorno karto) izdelka.
6. Specifične tehnične zahteve za orodje.
7. Podatke o naročeni količini izdelkov/brizgov med preizkusom.

Pri prvem zagonu orodja je treba upoštevati vse pridobljene podatke in predpisane postopke, prisotna pa je tudi komisija v sestavi:

1. nastavljalec brizgalnih strojev
2. tehnolog
3. konstrukter orodja in
4. orodjar, odgovoren za izdelavo orodja.

Preizkus novega orodja je sestavljen iz:

1. Funkcionalnega preizkusa (konstantno avtomatsko delovanje orodja brez zastojev v skladu s predpisanim operacijskim postopkom).
2. Kakovostnega preizkusa (skladnost izdelka z risbo izdelka in drugimi zahtevami – opravijo se geometrijske meritve in običajno še praktični preizkus vgradnje/montaže izdelka).

Če sta oba preizkusa uspešna, se lahko opravi tako imenovani prevzem orodja. Podatki o prevzemu se pošljejo v materialno knjigovodstvo, kjer se mu dodeli inventarna številka in se hkrati vnese v seznam delovnih sredstev podjetja.

Če katerikoli izmed obeh preizkusov ni uspešen, se orodje pošlje nazaj v orodjarno na ustrezno popravilo, spremembo ali rekonstrukcijo. Po usposobitvi orodja se ponovno izvede postopek preizkusa le-tega.

### **3.9 PREGLED KVALITETE IZDELKA**

Nadzor kvalitete izdelka se izvaja:

1. Pri zagonu in prvem preizkusu novega orodja z namenom prevzema orodja in ugotavljanja sposobnosti orodja za serijsko proizvodnjo.
2. Po popravilih med in po izdelanih serijah.
3. Po rekonstrukcijah in spremembah orodij in izdelkov ter
4. redno, med izdelavo posameznih serij (samo-kontrola).

Po točkah 1, 2 in 3 izvaja tehnolog obsežnejše precizne meritve, večinoma vseh predpisanih dimenzij in toleranc po risbi izdelka in dodatnih zahtevah, ki se običajno podkrepijo še s poskusno montažo in morebitnimi dodatnimi trdnostnimi in drugimi preizkusi.

Po točki 4 se izvaja samo tako imenovana samo-kontrola, ki jo izvajajo delavci sami s pomočjo kontrolnih kart in statističnih nadzornih kart, večinoma s preprostejšimi kontrolnimi pripomočki (kalibri, šablone, itd).

### **3.10 ANALIZA REZULTATOV PREIZKUSA**

Pri prvem preizkusu orodja se ugotavlja:

1. Ali orodje deluje konstantno (avtomatsko) brez zastojev, v skladu s predpisanim operacijskim postopkom in drugimi zahtevami.
2. Ali proces brizganja poteka v okviru predpisanih parametrov s strani proizvajalca materiala (temperature grelcev, brizgalni tlak, naknadni tlak, brizgalna hitrost, dekompresija, čas ciklusa, čas ohlajanja, itd), oziroma ali gre za določena odstopanja.
3. Ali ustreza vizualni izgled izdelka (brez deformacij, zvijanj, lunkerjev, različnih barvnih odtenkov, nezabrizganih delov, razpok, itd).
4. Ali izdelek mersko ustreza zahtevam (tolerancam) po risbi (meritve geometrije, oblike in lege) in ali ustreza tudi po trdnostnih lastnostih.
5. Ali je izdelek uspešno prestal tudi praktični preizkus montaže v proizvodnji.
6. Ali ustrezata predpisani materialni in časovni normativ.

Vsi ti zbrani podatki se po prvem preizkusu orodja skrbno analizirajo. Na podlagi opravljene analize se potem oblikujejo zaključki, ki jih prejmejo vse strokovne službe kot so Razvoj, Tehnologija, Konstrukcija, Orodjarna, Plan, Plastikarna, itd.

Zaključki analize se potem lahko uporabijo pri naslednjih podobnih projektih.

### 3.11 MERSKO POROČILO IN PREVZEM ORODJA

Na osnovi izvedenega preizkusa orodja za brizganje tankostenskega izdelka iz polimera je analiza pokazala, da je pri prvem preizkusu prišlo do nekaj odstopanj, ki so razvidne v tabeli 3. V tem primeru se orodje vrne v orodjarno, kjer smo izvedli popravilo oz. smo napravili spremembe na orodju.

Tabela 3: Prikaz merskih odstopanj pri prvem preizkusu orodja

POKROV TRK 22 – 421 333 251 Valox 451 natur (ISKRA)											
ZAP. ŠT.	NAZIVNE VREDNOSTI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20,2 <sup>-0.1</sup>	20,20	20,20	20,21	20,21	20,22	20,21	20,20	20,20		
2	10 <sup>-0.1</sup>	9,98	9,98	9,98	9,98	9,98	9,97	9,97	9,97		
3	0,4	0,43	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43		
4	5,3 <sup>-0.1</sup>	5,23	5,24	5,26	5,23	5,26	5,24	5,23	5,23		
5	0,6 <sup>+0.1</sup>	0,63	0,64	0,64	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63		
6	19,6 <sup>+0.1</sup>	19,68	19,67	19,67	19,67	19,67	19,67	19,67	19,68		
7	19 <sup>+0.1</sup>	19,01	19,01	19,2	19,01	19,02	19,00	19,00	19,01		
8	0,5 <sup>+0.1</sup>	0,52	0,54	0,53	0,52	0,54	0,54	0,54	0,52		
9	1,7 <sup>+0.1</sup>	1,68	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,67	1,67	*	
10	6,5	6,5	6,48	6,48	6,48	6,48	6,50	6,50	6,48		
11	4,5	4,46	4,49	4,48	4,47	4,47	4,48	4,48	4,47		
12	5,3 <sup>+0.05</sup>	5,28	5,28	5,30	5,34	5,31	5,29	5,29	5,33		
13	6,1 <sup>+0.05</sup>	6,03	6,06	3,09	6,10	6,01	6,03	6,05	6,08		
14	1,1	1,15	1,14	1,12	1,12	1,18	1,16	1,11	1,15		
15	9,4	9,39	9,38	9,41	9,39	9,39	9,39	9,39	9,38		
16	0,3	0,23	0,22	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23	0,23		
17	8,8 <sup>-0.1</sup>	8,69	8,69	8,69	8,71	8,71	8,70	8,70	8,69		
18	2,1 <sup>+0.1</sup>	2,15	2,15	2,14	2,15	2,14	2,15	2,14	2,13		
19	0,2 <sup>+0.1</sup>	0,25	0,26	0,26	0,25	0,26	0,27	0,26	0,26		
20	Igla max 0,05	0,2	0,17	0,15	0,18	0,17	0,25	0,20	0,10	**	

Vir: Iskra-Releji, 2019c

OPOMBE: \* distančniki za naslon releja sestav (nosilci kontaktov nalegajo na pokrov)  
 \*\* pridržalne grbice pokrova na eni stranici pokrovov z odpresno iglo  
 Merjeno z: merilnim mikroskopom, merilna ura 00/10, kljunasto merilo  
 \* predpisana vrednost prekoračena



Napake pri izdelku so prikazane na spodnji sliki 49.



Slika 49: Vizualne napake na izdelku

Vir: Iskra-Releji, 2019c

Po popravilu se orodje vrne na stroj, kjer se ponovno preizkusi. Pri ponovnem preizkusu je analiza pokazala, da je izdelano orodje zadostilo zahtevam, saj smo z analizo rezultatov in merskim poročilom, ki ga prikazuje tabela 4, pridobili podlago za predstavitev vzorcev končnemu kupcu, ki je le te tudi potrdil. S tem je bilo podano izhodišče za predajo orodja v pogoje serijske proizvodnje.

Tabela 4: Prikaz merske ustreznosti in skladnosti izdelka z zahtevami kupca

POKROV TRK 22 – 421 333 251 Valox 451 natur (ISKRA)											
Zap. Št.	Nazivne vrednosti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20,2 <sup>-0.1</sup>	20,20	20,20	20,21	20,21	20,22	20,21	20,20	20,20		
2	10 <sup>-0.1</sup>	9,98	9,98	9,98	9,98	9,98	9,97	9,97	9,97		
3	0,4	0,43	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43		
4	5,3 <sup>-0.1</sup>	5,23	5,24	5,26	5,23	5,26	5,24	5,23	5,23		
5	0,6 <sup>+0.1</sup>	0,63	0,64	0,64	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63		
6	19,6 <sup>+0.1</sup>	19,68	19,67	19,67	19,67	19,67	19,67	19,67	19,68		
7	19 <sup>+0.1</sup>	19,01	19,01	19,2	19,01	19,02	19,00	19,00	19,01		
8	0,5 <sup>+0.1</sup>	0,52	0,54	0,53	0,52	0,54	0,54	0,54	0,52		
9	1,7 <sup>+0.1</sup>	1,71	1,70	1,72	1,71	1,73	1,70	1,70	1,71		
10	6,5	6,5	6,48	6,48	6,48	6,48	6,50	6,50	6,48		
11	4,5	4,46	4,49	4,48	4,47	4,47	4,48	4,48	4,47		
12	5,3 <sup>+0.05</sup>	5,28	5,28	5,30	5,34	5,31	5,29	5,29	5,33		
13	6,1 <sup>+0.05</sup>	6,03	6,06	3,09	6,10	6,01	6,03	6,05	6,08		
14	1,1	1,15	1,14	1,12	1,12	1,18	1,16	1,11	1,15		
15	9,4	9,39	9,38	9,41	9,39	9,39	9,39	9,39	9,38		
16	0,3	0,23	0,22	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23	0,23		
17	8,8 <sup>-0.1</sup>	8,69	8,69	8,69	8,71	8,71	8,70	8,70	8,69		
18	2,1 <sup>+0.1</sup>	2,15	2,15	2,14	2,15	2,14	2,15	2,14	2,13		
19	0,2 <sup>+0.1</sup>	0,25	0,26	0,26	0,25	0,26	0,27	0,26	0,26		
20	Igla max 0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02		

Vir: Iskra-Releji, 2019c

## 4 ZAKLJUČEK

Izdelava orodja je daljši proces, saj zajema več segmentov obdelave. Ker se je v podjetju pokazala potreba po izdelavi novega orodja, smo se odločili le tega izdelati v sklopu diplomske naloge.

Celotna izdelava orodja je potekala v lastni režiji podjetja Iskra-Releji d. d. Pri načrtovanju izdelave orodja za brizganje tankostenskega pokrova TRK 22, smo najprej preučili vso potrebno dokumentacijo in specifične oblikovanja takšnega orodja.

V računalniškem programu SolidWorks smo izrisali vse potrebne sestavne dele orodja in pripomočke za njegovo izdelavo. Sledil je razrez in priprava materiala za strojno obdelavo in toplotno obdelavo.

Pri razrezu materiala se je uporabila žaga za razrez kovine, pri pripravi materiala pa CNC stroj. Postopek termične obdelave je edini postopek, ki ga v orodjarni ne izvajamo, vendar imamo za to zunanje izvajalce. Termično obdelane kose smo nato strojno obdelali na brusilnem stroju in na koncu še na žični in potopni eroziji.

Po vsaki obdelavi se kos, ki ga izdelamo, pregleda z merskimi orodji (merilna ura, mikrometer) in pa z merilnimi pripomočki (merilnimi kladicami), da preverimo ali kosi mersko ustrezajo.

Sledil je sestav vseh sestavnih delov v končen izdelek (tj. orodje) in označevanje orodja, saj ko orodje servisiramo ga moramo tudi znati sestaviti nazaj v prvotno stanje pred servisiranjem. Za to nam služijo številke na označenih delih orodja.

Na koncu, po sestavu, smo orodje tudi preizkusili na stroju Arburg in izvedli pregled kvalitete izdelka. Preizkus je bil sestavljen iz funkcionalnega preizkusa in kakovostnega preizkusa. Pri funkcionalnem preizkusu stroj deluje konstantno brez zastojev v skladu s predpisanim operacijskim postopkom, kakovostni preizkus pa pomeni da more biti izdelek skluden z risbo in drugimi zahtevami. Tako se opravijo tudi geometrijske meritve in praktični preizkus vgradnje izdelka. V našem primeru je to pokrov, ki pokrije in zapre celoten rele TRK 22.

Pri analizi rezultatov preizkusa smo ugotavljali, ali orodje deluje konstantno brez zastojev v skladu s predpisanim operacijskim postopkom ali proces brizganja poteka v okviru predpisanih parametrov s strani proizvajalca materiala ali ustreza vizualni izgled izdelka ali izdelek mersko ustreza ali je prestal praktično montažo v proizvodnji in ali ustrezajo predpisani časovni in materialni normativi.

Ugotovitve so pokazale, da orodje pri prvem preizkusu deluje brezhibno, ne povzroča zastojev stroja, izdelki pa imajo rahla odstopanja. Orodje smo ustrezno popravili oz. uvedli spremembe na samem orodju. Pri drugem preizkusu je bilo orodje skladno z zahtevami, izdelki so bili primerni.

Po uspešnem preizkusu orodja se opravi interni prevzem orodja, kar pomeni da se podatki o prevzemu pošljejo v materialno knjigovodstvo, kjer se orodju dodeli inventarna številka in se vnese v seznam delovnih sredstev podjetja.

Za zagotovitev kvalitetnega in specifičnega orodja je potrebno sodelovanje vseh deležnikov proizvodnje vse od konstrukcije do delavca na stroju. Vsi deležniki morajo svoj del naloge opraviti strokovno in v skladu z zahtevami standardov in naročnikov končnega izdelka. Le tako lahko proizvodnja dolgoročno obstane in nadaljuje svoje delo in vizijo.

## 5 VIRI

**IRT 3000. 2018.** Predelovalci plastike potiskajo meje tankostenskih izdelkov. Prevzet članek Sumitomo Demag Plastics Machinery GmbH, IRT 3000 Marec • 75 (3/2018) • Letnik 13. [www.irt3000.si](http://www.irt3000.si). [Elektronski] PROFIDTP, d. o. o., Škofljica, Slovenija : Sumitomo Demag Plastics Machinery GmbH, Schwaig, Nemčija, 3 2018. [Navedeno: 15. 7 2019.] <https://www.irt3000.si/arhiv-revij/2018032210111986/>.

**Iskra-Releji. 2019a.** Fotografija stavbe podjetja Iskra-Releji d. d. in njihov logotip. Štatenberg : Iskra-Releji d. d., Štatenberg, Slovenija, 2019. Izv. Fotografija in logotip sta last podjetja Iskra-Releji d. d.; avtorju DD ju je posredoval so-mentor g. Milan Skerbiš, Arhiv avtorja DD.

—. **2019c.** Prikaz merskih odstopanj pri prvem preizkusu orodja in prikaz merske ustreznosti in skladnosti izdelka z zahtevami kupca. Štatenberg : Iskra-Releji d. d., Štatenberg, Slovenija, 2019. Izv. interni dokument podjetja; podatke avtorju DD posredoval so-mentor g. Milan Skerbiš.

—. **2019b.** Tehnični zahtevnik naročnika, interni dokument. Štatenberg : Iskra-Releji d. d., Štatenberg, Slovenija, 2019. Izv. interni dokument podjetja; avtorju DD ju je dovolil uporabiti so-mentor g. Milan Skerbiš.

**Meusburger. 2019.** Meusburger Setting Standards. [www.meusburger.com](http://www.meusburger.com). [Elektronski] Meusburger Georg GmbH & Co KG, Wolfurt, Avstrija, spletna stran Meusburger Setting Standards, 2019. [Navedeno: 5. 11 2019.] <https://www.meusburger.com/SL/SI/izdelki/orodja-za-brizganje-plastike-forme/kakovost/material-grades/11730-tool-steel>.

**Navodnik, Janez in Kopčič, Mateja. 1998.** *Plastik - orodjar : priročnik*. Velenje : Navodnik, 1998. COBISS.SI-ID 43260673.

**Pehan, Stanislav in Glodež, Srečko. 2018.** *Sistemska projektiranje in konstruiranje : univerzitetni učbenik*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, 2018. COBISS.SI-ID 94041089.

**Privšek, Henrik. 2016.** *Umetnost brizganja*. Ljubljana : Profidtp d. o. o., 2016. COBISS.SI-ID 1111166302.

**SolidWorld. 2019.** SOLIDWORKS 3D CAD. [www.solidworld.si](http://www.solidworld.si). [Elektronski] Solid World d.o.o, Radomlje, Slovenija, spletna stran SolidWorld 3D advanced solutions, 2019. [Navedeno: 31. 8 2019.] <https://www.solidworld.si/resitve/solidworks>.

**Šuntner, Leon. 2002.** *Kakovost in zanesljivost proizvodnje*. Maribor : Aleksander Marksl s.p., 2002. COBISS.SI-ID 48879873

**ThoughtCo. 2019.** The Many Uses of PBT Plastics. *www.thoughtco.com*. [Elektronski] ThoughtCo., Broadway : New York, USA, 11. 8 2019. [Navedeno: 22. 11 2019.] <https://www.thoughtco.com/what-are-pbt-plastics-820360>.