



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

skill ME...

ERASMUS+ KOALICIJA SEKTORSKIH SPRETNOSTI

[TRAJANJE PROJEKTA: november 2014–oktober 2017]

BRANJE TEHNIČNE DOKUMENTACIJE – KOVINE

UČNO GRADIVO

[DELOVNI PAKET 3: Snovanje skupnega kurikula]

[REZULTAT 3.2: Učna gradiva]

PRIPRAVILI: P8-SIOV SLOVAŠKA

Avtorica: Alexandra Junaskova

Prevedla: Simona Tadeja Ribič

Junij 2016

KAZALO

SEZNAM SLIK, TABEL IN PREGLEDNIC.....	2
SEZNAM PRILOG	3
1 UVOD	4
2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA	5
2.1 Vrste tehnične dokumentacije	5
2.2 Upravljanje tehnične dokumentacije	6
3 TEHNIČNA STANDARDIZACIJA.....	8
3.1 Vrste standardov.....	8
3.2 Tehnični predpisi.....	9
3.3 Osnovni standardi.....	9
3.3.1 Črte	9
3.3.2 Materiali	11
4 PROJEKCIJE IN VRSTE PRIKAZOV	12
4.1 Načini prikazovanja.....	12
4.2 Pogledi.....	14
4.3 Načini projiciranja.....	15
4.4 Prerezi, konture prerezov	17
4.5 Kotiranje.....	18
5 TOLERANCE	20
5.1 Tolerance velikosti funkcionalnih površin	21
5.2 Geometrične tolerance.....	24
6 POVRŠINE	27
6.1 Profil površine	27



6.2 Grafični simboli za označevanje kakovosti površine	30
6.3 Posebna obdelava površin	32
7 VARJENI SPOJI IN ZVARJENCI	32
7.1 Risbe varjenih konstrukcij	34
VIRI IN LITERATURA	35

SEZNAM SLIK, TABEL IN PREGLEDNIC

Tabela 1: Vrste črt in njihova uporaba	9
Slika 1: Primeri različnih vrst črt	10
Slika 2: Primeri kazalnih črt	11
Tabela 2: Primeri šrafur za označevanje materialov	12
Slika 3: Predmet in njegova aksonometrična projekcija	13
Slika 4: Perspektivna projekcija	13
Slika 5: Dvodimenzionalno prikazovanje	13
Slika 6: Pogledi v tehničnem risanju	14
Slika 7: Skrajne lege ročice	15
Slika 8a: Projiciranje v prvem kvadrantu	15
Slika 8b: Razporejanje pogledov – projiciranje v prvem kvadrantu	16
Slika 8c: Razporejanje pogledov – projiciranje v tretjem kvadrantu	16
Slika 9: Način referenčnih puščic	17
Slika 10: Projekcija prerez	17
Slika 11: Zaporedno kotiranje	18
Slika 12: Zaključki kotirnih črt	18
Slika 13: Kotiranje, referenčne in pomožne kotirne črte	19
Slika 14: Primer kotiranja zaokrožitev	19
Slika 15: Primeri kotiranja izvrtin	20



Slika 16: Proste (free surface – FrS) in funkcionalne površine (functional surface – FuS) – primeri označevanja toleranc	21
Tabela 3: Uporaba tolerančnih stopenj v industriji	22
Slika 17: Toleranca gredi (S)	23
Slika 18: Prikaz leg tolerančnih polj po ISO	24
Slika 19: Označevanje referenčnega elementa	25
Tabela 4: Tolerirane geometrične lastnosti in njihovi simboli	26
Slika 20: Tolerančni okvirji	26
Slika 21: Senzor za lasersko merjenje	27
Slika 22: Jeklo – običajna površina	28
Slika 23: Profil površine	28
Slika 24: Srednji aritmetični odstopek Ra	29
Tabela 5: Razmerje med srednjim aritmetičnim odstopekom in postopki obdelave	29
Slika 25: Dodatne označbe glede kakovosti površine	30
Slika 26: Primer oznake površinske hrapavosti	31
Slika 27: Oznaka zvara	33
Tabela 6: Pregled nekaterih načinov varjenja	33
Slika 28: Zavorni disk – kotirana sestavna risba zvarjenca	34

SEZNAM PRILOG

Priloga 1: Primer ocenjevanja



1 UVOD

Tehnična dokumentacija je eden ključnih vidikov proizvodnega procesa. Je prenašalka informacij, ki pri proizvodnji, izdelavi, ožičenju električnih naprav itd. predstavlja podlago tehnološkega procesa.

Namen modula je naučiti se samostojno brati tehnično dokumentacijo, ki odraža razvoj na področju kovinskopredelovalne in elektroindustrije. Gradivo ima tudi namen, da uporabnika nauči pravilnega rokovanja s tehnično dokumentacijo. Oboje je ključno za pravilno ožičenje naprave in zagotovitev kakovosti slehernega koraka proizvodnega procesa.

Pričajoči priročnik je orientacijske narave in v prvi vrsti ponuja pregled glavnih področij, na katera naj se osredotočijo učitelji in udeleženci usposabljanja. Njegova uporaba zahteva dodatne vire in pripomočke (strokovna literatura, internetni viri), ki bodo v podporo pri utrjevanju snovi, seveda glede na lokalne in nacionalne okoliščine in potrebe. Navaja tudi povezave do drugih izobraževalnih spletnih strani, iz katerih bodo lahko črpali učitelji in slušatelji, ter predvideva uporabo lastnih izobraževalnih gradiv, ki jih ponuja domača izobraževalna institucija.



2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

Kadar imamo opravka s tehnično dokumentacijo, je potrebno upoštevati določena pravila, ki se nanašajo npr. na označevanje, številčenje, arhiviranje dokumentov itd. Tehnična dokumentacija je *last* podjetja in temu primerno je potrebno z njo tudi ravnati.

Delovna metoda, ki jo bomo izbrali, je odvisna od vrste dokumentacije. Tehnična dokumentacija mora vsebovati *jasno* oznako izdelka, podsklopa ali polizdelka. Oznaka je lahko:

- celotna
 - ime
 - podatki o dimenzijah
 - identifikacija materialov (števična, črkovno-številčna, besedna)
 - šifra dokumenta, ki dopolnjuje zahteve izdelka, podsklopa ali polizdelka
- poenostavljena (za potrebe katalogov, naročanja rezervnih delov itd.)

Načrti in sheme niso le del tehnične dokumentacije, kajti tehnične podatke je mogoče najti tudi v komercialni (reklamni material, katalogi) ali servisni dokumentaciji (navodila za uporabo, priročniki za popravilo in vzdrževanje).

2.1 Vrste tehnične dokumentacije

Tehnično dokumentacijo v elektroindustriji je mogoče razdeliti glede na:

1) namen uporabe

- proizvodna:
 - konstrukcijska, npr. risbe, izračuni, rezultati preizkusov, tehnična poročila, certifikati o materialih in vgrajenih komponentah itd.
 - tehnološka, npr. proizvodne risbe sestavnih delov, prilagojenih določeni tehnologiji izdelave, specifikaciji materialov in polizdelkov, tehnološkim procesom itd.
 - operativna, npr. navodila za obratovanje in vzdrževanje, seznam rezervnih delov, certifikati o kakovosti, specialna dokumentacija za nadzor nad vzdrževalnimi posegi v stroj (seznam rezervnih delov, plan vzdrževalnih posegov in izvedenih del) itd.
- komercialna
- patentna

2) način izdelave

- tradicionalni načini risanja: prostoročno risanje z uporabo risalnega orodja in risalnega papirja
- sodobna, računalniška tehnologija (rezultat se natisne na tiskalnik ali risalnik), npr.:



- CAD – računalniško podprto konstruiranje, npr. AutoCAD, AutoDesk, Inventor, Creo, SolidWorks
- CAPP – računalniško podprto načrtovanje proizvodnih procesov

V tem gradivu obravnavamo dve vrsti tehnične dokumentacije, *proizvodno in komercialno*.

Tehnična risba, ki je eden izmed delov proizvodne dokumentacije, je lahko:

- osnutek (prikaz sestavnih delov, njihovih relativnih položajev in velikosti)
- delavniška risba komponente (vsebuje natančne mere, zahtevano kakovost površin, tolerance, izbrani material itd.)
- sestavna risba (vsebuje kosovnico – BOM, ki je osnova za vmesno in končno sestavljanje sklopa)

Poleg zgoraj navedenega je potrebno (v skladu z zahtevami proizvodnega procesa) prebrati še drugo dokumentacijo (npr. poročila, tabele, navodila za uporabo itd.), da bi pravilno razumeli vsebino in namen tehnične dokumentacije.

2.2 Upravljanje tehnične dokumentacije

Tehnična dokumentacija je last podjetja, njeno upravljanje pa se v sedanjem času vse bolj opira na moderno računalniško tehnologijo. Uporaba računalniško podprtih orodij omogoča boljši nadzor nad aktivnostmi pri:

- razvoju izdelka
- izdelavi izdelka
- spreminjanju izdelka
- neposredni povezavi s proizvodnim ciklom
- neposredni povezavi in komunikaciji med različnimi oddelki v podjetju in tudi s strankami oz. dobavitelji preko uporabe oblaka
- nadzoru nad življenjskim ciklom izdelka

Da bi zadostili tej zahtevi, je na voljo *PLM* (Product Lifecycle Management) ali sistem za ravnjanje s podatki o izdelku. PLM upravlja življenjski cikel izdelka od začetka njegovega razvoja do zaključka njegove uporabne življenjske dobe in njegovega uničenja.

Rešitve oz. orodja, osnovana na PLM, so lahko del CAD programske opreme:

- PLM 2.0 podjetja IBM (Dassault)
- PDM NX podjetja Siemens
- PLM 360 podjetja Autodesk



Nekateri sistemi so samostojni in niso del CAD paketov.

Nekatera orodja je mogoče uporabljati celo preko mobilnih telefonov (iPad, iPhone, Android), npr. 360 Mobile PLM.

Sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) vključujejo postopke, ki so povezani s proizvodnimi aktivnostmi podjetja: proizvodnjo, logistiko, distribucijo itd.

Različni programi ponujajo različne rešitve. Trenutno ne obstaja programski paket, ki bi v celoti zajel PLM. Težava je tudi v tem, da ti programi niso kompatibilni in ne omogočajo enostavne izmenjave podatkov. Nekateri proizvajalci programske opreme si prizadrevajo povezati programe v celoto, da bi oljašali nadzor nad celotnim življenjskim ciklom izdelka. Tako je PLM programska oprema podjetja PTC (Creo, Windchill) neposredno povezljiva s programsko opremo drugih podjetij (ERP, CRM), lahko pa je tudi nadgradljiva s sistemom ALM (Application Lifecycle Management).

Tehnično dokumentacijo je potrebno arhivirati in jo vpisati v evidenco v skladu z dogovorjenimi pravili. Vsak dokument ima določeno veljavnost, svojega avtorja, lastnika, razvidno pa mora biti tudi, kdo je upravljalec dokumentacije. Poleg tega mora vsebovati še naslednje podatke:

- ident/šifrant
- oznako, naslov ali ime dokumenta
- datum izdelave, sprememb, dokončanja itd.
- lokacijo arhiviranja
- vrsto (tehnološke, montažne in sestavne risbe, načrti krmilnih tokokrogov idr.) in velikost (A4, A3 idr.)
- status sprememb (npr. prva izdaja, zadnja izdaja, oznaka spremembe, datum prenehanja uporabe idr.)
- druge podatke, npr. o odobritvi s strani inšpekcijskih služb, o certifikatih, h kateremu kompletu dokumentacije dokument sodi, o avtorju, jeziku itd.
- podatke o uporabnikih, o številu in lokacijah vseh izvodov

Originalnih risb ne hranimo. Kopije vseh formatov se v skladu s STN 01 3111 napravijo v različnih formatih in oblikah. Shranjujemo jih v digitalni obliki, v papirni obliki – kot fotokopije, v nevezani obliki, vstavljeni v mape ali svežnje, povezane s trakom.



3 TEHNIČNA STANDARDIZACIJA

Tehnična standardizacija je proces, namen katerega je nuditi rešitve, ki bodo ekonomične in učinkovite ter ki bodo zagotavljale kakovost postopkov in proizvodov.

Podlaga tehničnim standardom so *potrjene in veljavne* ugotovitve in izkušnje, rezultat katerih je poenotenje standardizacije vrst in tipov izdelkov (izdelki, sestavni deli, sklopi in tudi storitve), njihovih lastnosti in parametrov, npr.:

- materialov in njihovih lastnosti
- izračunov
- proizvodnih procesov

3.1 Vrste standardov

Poznamo:

- a) *osnovne norme*, ki se nanašajo na terminologijo, meroslovje, znake in simbole
- b) *standarde za proizvode ali storitvene standarde*: določeni so *minimalni* parametri, katerim morajo proizvodi/storitve zadostiti (zdravje, okoljska varnost, potrebna dokumentacija, ki jo izdelek potrebuje itd.)
- c) *standarde analiz in metod* (primer so lahko standardni preračuni)
- d) *organizacijske standarde*: določajo delovanje podjetja/organizacije, odnose in dejavnosti (npr. postopke zagotavljanja kakovosti, logistiko, upravljanje, organizacijo proizvodnje itd.)
- e) *glede na teritorialno veljavnost*:
 - mednarodne standarde Mednarodne organizacije za standardizacijo, ki so na voljo javnosti
 - evropske standarde, ki jih je sprejela Evropska organizacija za standardizacijo in so na voljo javnosti
 - nacionalne tehnične standarde, ki so na voljo javnosti
 - tuje standarde, ki je sprejel tudi nacionalni organ za standardizacijo in ki so na voljo javnosti

Pregled nacionalnih standardov je objavljen na spletni strani *Slovenskega inštituta za standardizacijo* (<http://www.sist.si>). Evropske standarde izdaja *Evropski komite za standardizacijo* CEN (<http://www.cen.eu>), mednarodne norme pa *Mednarodna organizacija za standardizacijo* ISO (<http://www.iso.org>).



Na nižjem nivoju imamo tudi t. i. *korporativne standarde*, ki so povezani s procesi znotraj podjetja/organizacije, toda ti standardi morajo ustrezati višjim standardom (nacionalnim, mednarodnim).

3.2 Tehnični predpisi

Tehnični predpisi so splošno zavezujoči predpisi, ki vsebujejo:

- tehnične specifikacije
- druge zahteve
- pravila, ki se nanašajo na storitve
- predpise, ki omejujejo proizvodnjo, uvoz, prodajo na drobno ali uporabo določenih vrst izdelkov ali storitev

Pri *tehničnih specifikacijah* gre za lastnosti izdelka, kot so velikost, označevanje izdelka, embalaža, standardi kakovosti, postopki za ugotavljanje skladnosti itd. Sem sodijo tudi proizvodne metode in proizvodni procesi.

Pri *drugih zahtevah* gre za zahteve, kot so pogoji uporabe, recikliranja ali ponovne uporabe. Ti pogoji vplivajo na sestavo, lastnosti proizvoda ali na njegovo prodajo.

3.3 Osnovni standardi

3.3.1 Črte

Standard navaja različne vrste in debeline črt. Spodnja tabela ponuja pregled črt in njihovo uporabo po SIST ISO 128¹.

Tabela 1: Vrste črt in njihova uporaba

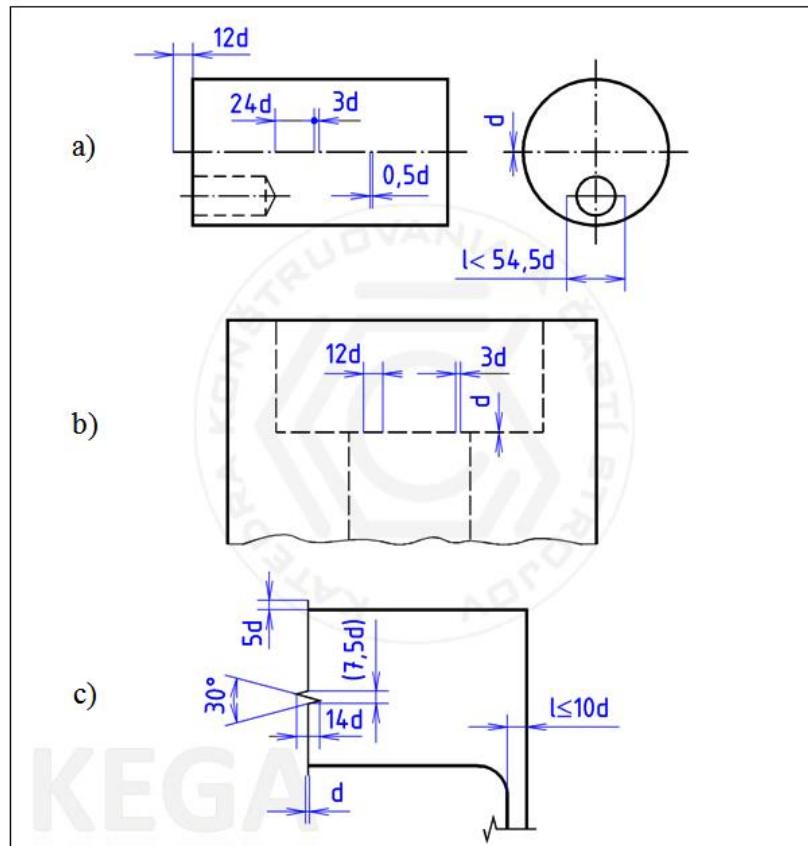
Vrsta in debelina črte		Uporaba	
		Splošno	Posebni primeri uporabe
A	polna debela	1. vidni robovi 2. konture	– konec navoja – krivulje v diagramih – nosilne črte pozicijskih številk
B	polna tanka	1. kotirne in pomožne kotirne črte 2. šrafure 3. kazalne črte 4. kratke srednjice 5. zaokroženi prehodi	– osnovnica navoja – diagonalni križi ravnih ploskev – osnovni krogi pri zobnikih – projekcijske linije – zvrnjeni prerezi
C	prostoročna tanka	Prekinitev posameznih pogledov in prerezov, delni prerezi	
D	cik cak tanka		
E	črtkana debela	1. prekriti robovi 2. prekrite konture	– označitev postopka obdelave
F	črtkana tanka	1. prekriti robovi 2. prekrite konture	

¹ Glodež, S. (2005): Tehnično risanje.

G	črta pika	tanka	1. srednjice 2. simetrale	– delilni primeri pri zobnikih – delitev ravnin
H	črta pika	debela - tanka	1. označevanje poteka prereza	
J	črta pika	debela	1. označevanje operacij (toplote obdelave)	– označevanje poteka prereza
K	črta dve piki	tanka	1. končna oblika v surovcu 2. oblika surovca pred obdelavo 3. obrisi deformacij	– obrisi izbranih izvedb – označevanje skrajnih leg gibljivih delov

V tehnični dokumentaciji se uporabljajo tri debeline črt: tanka, debela in zelo debela. Razmerje med debelino tanke, debele in zelo debele črte je 1: 2: 4. V risbah v strojništvu se pretežno uporabljajo tanke in debele črte. Črte so označene s črkovno oznako in oznako debeline.

SIST ISO 128-21 navaja pravila za risanje črt v CAD sistemu pri računalniški obdelavi dokumentacije, na primer:



Slika 1: Primeri različnih vrst črt

Razlaga slike 1:

- risanje simetrale s tanko črto-piko-črto (slika 1a)
 - prikaz prekritih robov in kontur s tanko črtkano črto (slika 1b)
 - označitev preloma dolgih izdelkov s cik cak črto (slika 1c)

Kazalne črte in njihovi zaključki

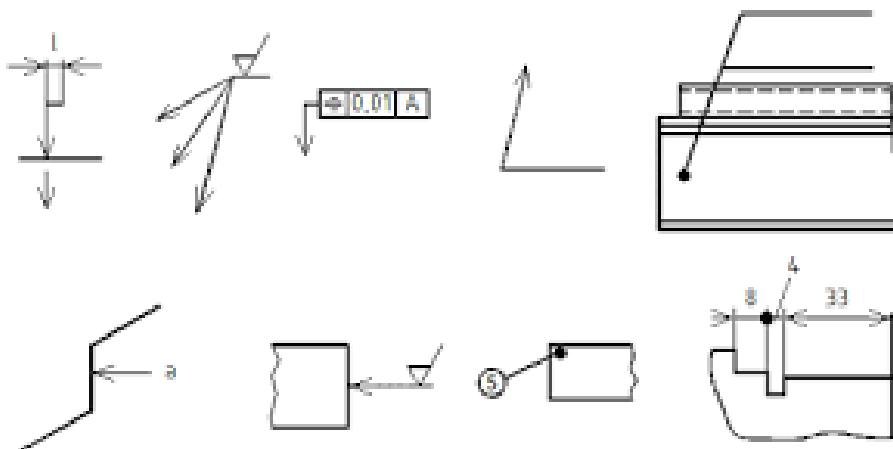
SIST ISO 128-22 navaja pravila za risanje kazalnih črt, zaključkov kazalnih črt in ostalih elementov.

Kazalne črte se končajo:

- a) s puščico (odprto, zaprto, polno), če se črta konča na robu konture predmeta itd.
 - b) s piko, ki ima premer petkratne debeline črte, če se črta konča v konturi (na ploskvi) predmeta
 - c) brez zaključka, če se konča na drugi črti (kotirni črti ali simetrali)

Zaključki kazalnih črt:

- lahko imajo fiksno dolžino ($l = 20 \times$ debelina črte), podatki ali simboli pa so zapisani na sredini zaključka kazalne črte
 - lahko imajo prilagojeno dolžino glede na dolžino besedila
 - več kazalnih črt je lahko združenih v en zaključek



Slika 2: Primeri kazalnih črt

3.3.2 Materiali

Potreben je poznati materiale, iz katerih so narejeni predmeti/njihovi sestavni deli, saj material vpliva na postopek priprave proizvodnje, obdelave izdelka ali polizdelka, na njegovo skladiščenje itd.



Materiale delimo na:

- železne kovine:
 - kovne/raztezne (do 2,14 % ogljika), npr. jeklo
 - neraztezne (več kot 2,14 % ogljika), npr. železova litina
- neželezne kovine:
 - lahke kovine (do 5kg/m^3), npr. aluminij
 - težke kovine (preko 5kg/m^3), npr. svinec, baker
- druge materiale:
 - plastika, les, papir
 - maziva, olja, hladilna sredstva

Tabela 2 ponuja pregled pogostih materialov.

Tabela 2: Primeri šrafur za označevanje materialov

Šrafura	Material	Šrafura	Material
	kovina		plastika
	guma		steklo
	armirani beton		mavec, sadra, azbest

4 PROJEKCIJE IN VRSTE PRIKAZOV

4.1 Načini prikazovanja

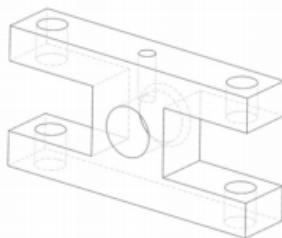
Načine prikazovanja lahko razdelimo v dve osnovni skupini:

- 3D načini – tridimenzionalne projekcije:
 - ortogonalna projekcija (aksonometrična) – slika 3:
 - izometrična projekcija
 - dimetrična

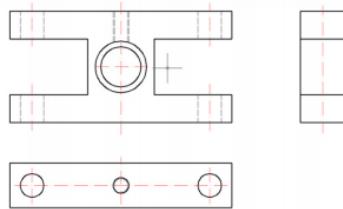
- središčna projekcija (perspektivna) – slika 4
- 2D načini – projekcijsko, pravokotno dvodimensionalno prikazovanje – slika 5



Slika 3: Predmet in njegova aksonometrična projekcija

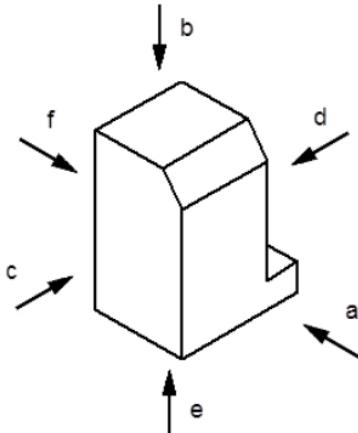


Slika 4: Perspektivna projekcija



Slika 5: Dvodimensionalno prikazovanje

4.2 Pogledi



Slika 6: Pogledi v tehničnem risanju

Na sliki 6 imamo *osnovne* smeri pogledov:

- a) pogled od spredaj (naris)
- b) pogled od zgoraj (tloris)
- c) pogled z leve (stranski ris)
- d) pogled z desne (drugi stranski ris)
- e) pogled od spodaj
- f) pogled od zadaj (drugi naris)

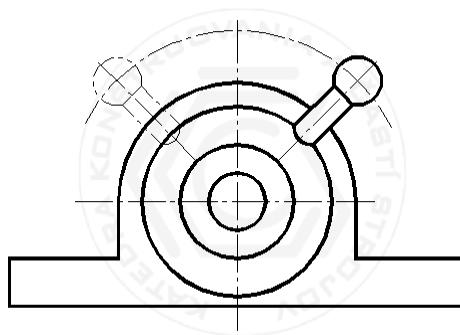
Poleg pogledov poznamo tudi:

a) posebne prikaze, kot so npr.:

- delni
- lomljeni
- razviti
- zvrnjeni

b) poenostavljene prikaze, npr.:

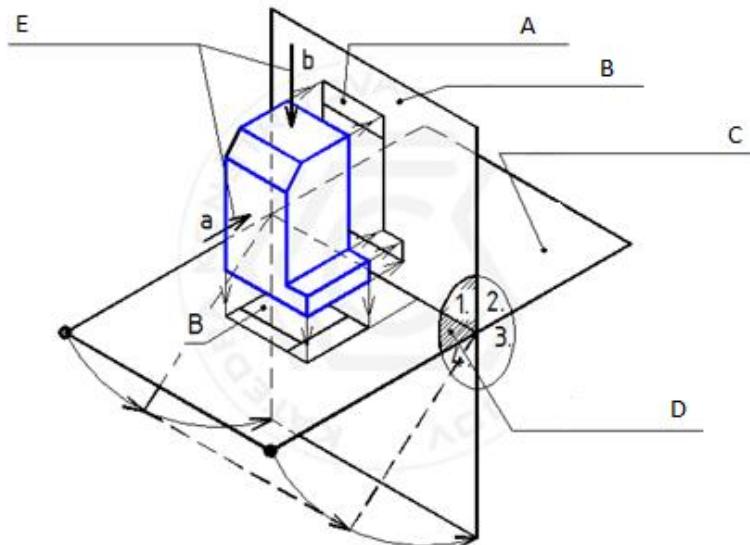
- za ponavljajoče se elemente
- za rebra
- za skrajne lege gibljivih delov (slika 7)
- za konture začetne, končne oblike



Slika 7: Skrajne lege ročice

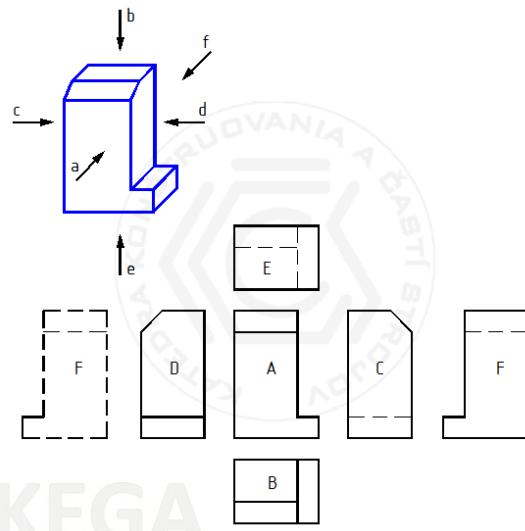
4.3 Načini projiciranja

V Evropi se uporablja način projiciranja v prvem kvadrantu (slika 8a in slika 8b) – ISO E. Pri tem načinu predmet leži med opazovalcem in koordinatno ravnino, na katero je predmet navpično projiciran. Za ZDA je značilen način projiciranja v tretjem kvadrantu (slika 8c) – A ISO.

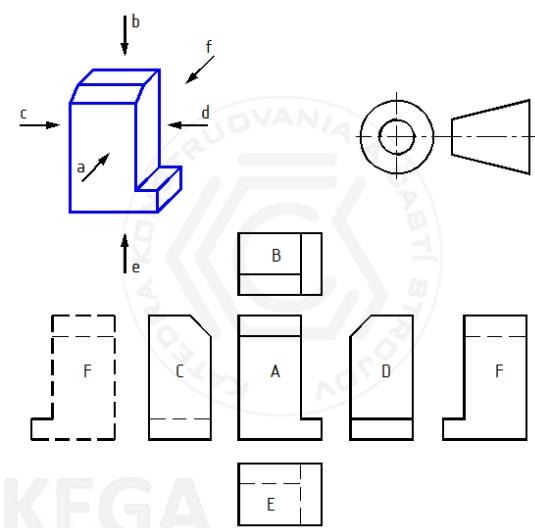


Slika 8a: Projiciranje v prvem kvadrantu

- A – pogled od spredaj (naris)
- B – pogled od zgoraj (tloris)
- C – pogled z leve (stranski ris)
- D – pogled z desne (drugi stranski ris)
- E – pogled od spodaj
- F – pogled od zadaj (drugi naris)

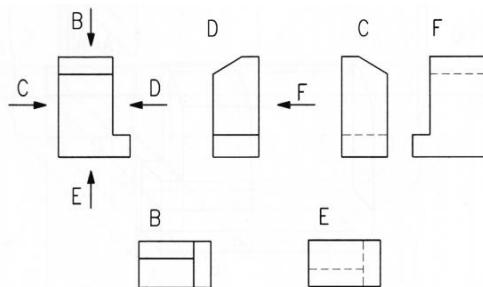


Slika 8b: Razporejanje pogledov – projiciranje v prvem kvadrantu



Slika 8c: Razporejanje pogledov – projiciranje v tretjem kvadrantu

Če ni mogoče (kot v našem primeru) uporabiti pravokotne projekcijske metode ISO E, lahko uporabimo način referenčnih puščic:

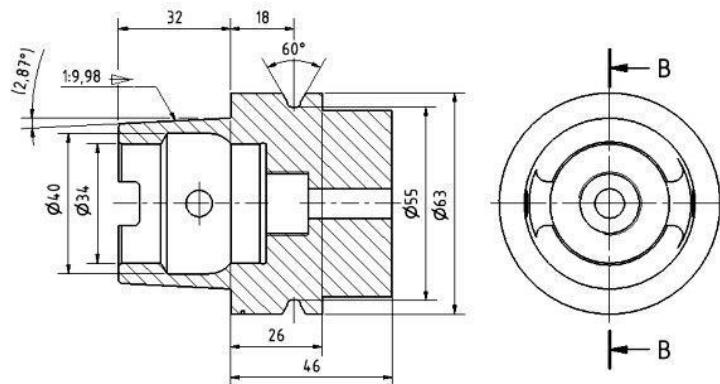


Slika 9: Način referenčnih puščic

4.4 Prerezi, konture prerezov

Kadar rišemo izvrtino ali obliko v notranjosti izdelka, ki se na površini ne vidi, moramo to v tehnični dokumentaciji vseeno jasno prikazati (slika 10). V tem primeru moramo prikazati:

- smer pogleda z uporabo smernih puščic
- položaj prerezne ravnine (z debelo črto-piko-črto)
- oznako prereza (A, B, C ...)



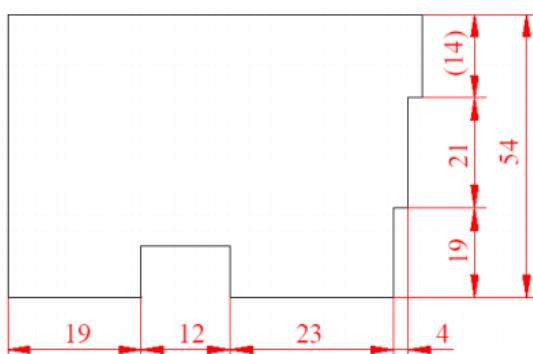
Slika 10: Projekcija prereza

ISO 128–50 določa risanje šrafur s polnimi ravnimi črtami, ki so nagnjene pod primernim kotom. Vsak del v prerezu mora imeti drugačen kot šrafurnih črt.

4.5 Kotiranje

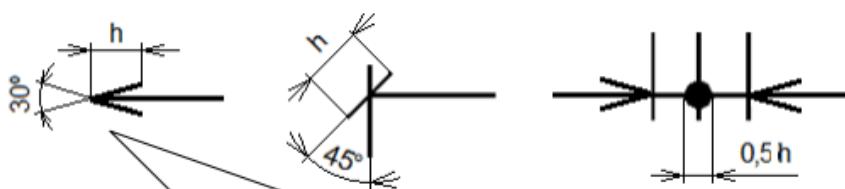
Poznamo več načinov kotiranja glede na namembnost kotirnih mer:

- funkcionalno, ki je bistveno za delovanje komponent in njihovih delov
- izdelovalno, ki je pomembno za izdelavo komponent in njihovih delov
- referenčno, ki je informativne narave in pomaga pri razumevanju načrta (slika 11)
- kontrolno, ki je pomembno za izvajanje meritev

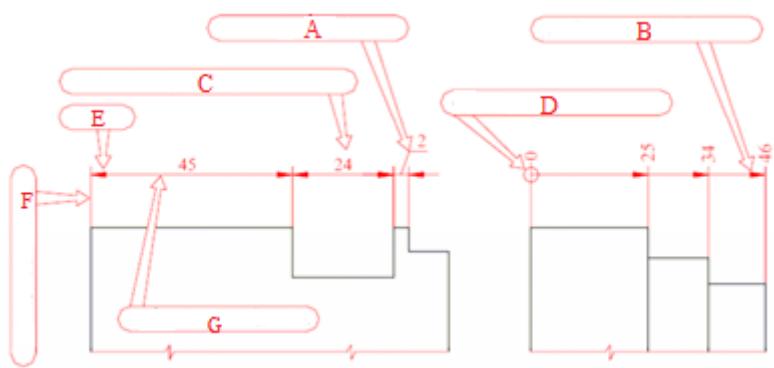


Slika 11: Zaporedno kotiranje

Pravila glede uporabe vrste in debeline pomožnih kotirnih črt, puščic ali drugih znakov, ki nadomeščajo puščice, so natančno določena:



Slika 12: Zaključki kotirnih črt

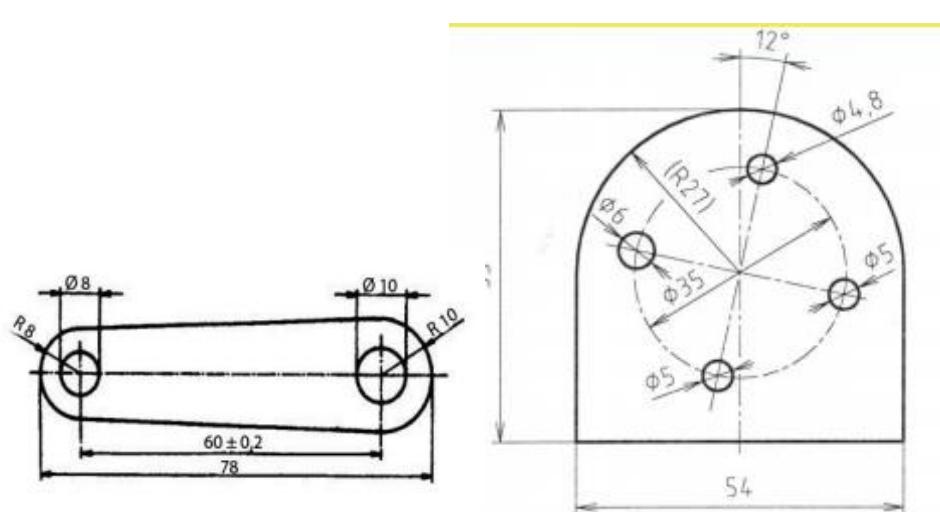


Slika 13: Kotiranje, referenčne in pomožne kotirne črte

- A: referenčna črta
- B: omejitev s puščico
- C: kotirna mera
- D: oznaka začetka
- E: puščica
- F: pomožna črta
- G: kotirna črta

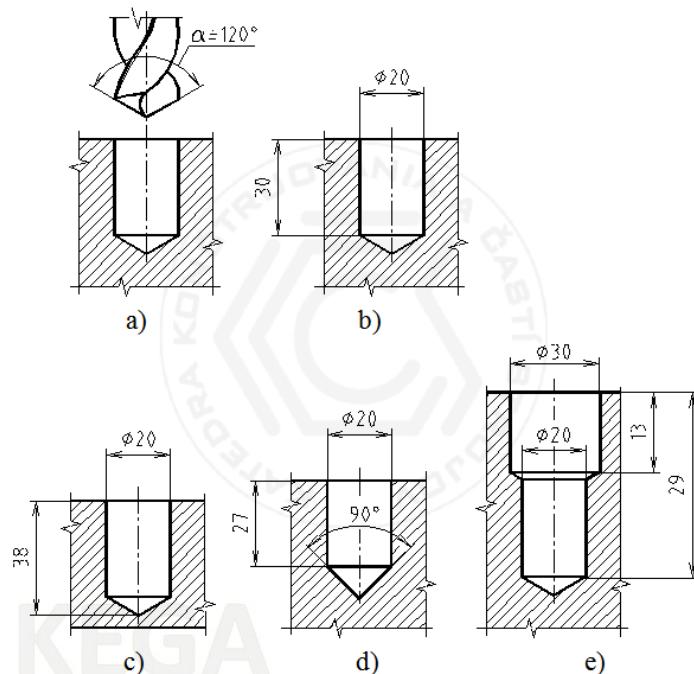
Da bi prepoznali geometrijsko obliko na risbi, je mogoče pred številčno vrednost kotirne mere zapisati še naslednje simbole (sliki 14 in 15):

- R: polmer
- SR: polmer krogle
- \emptyset : premer
- $S\emptyset$: premer krogle
- \triangle : nagib
- \square : kvadrat



Slika 14: Primer kotiranja zaokrožitev

Pri slepih luknjah kotiramo premer in globino valjastega dela, vendar vrha izvrtine (kota svedra) običajno ne kotiramo (slika 15). Zelo majhnih lukenj prav tako ne kotiramo.



Slika 15: Primeri kotiranja izvrtin

5 TOLERANCE

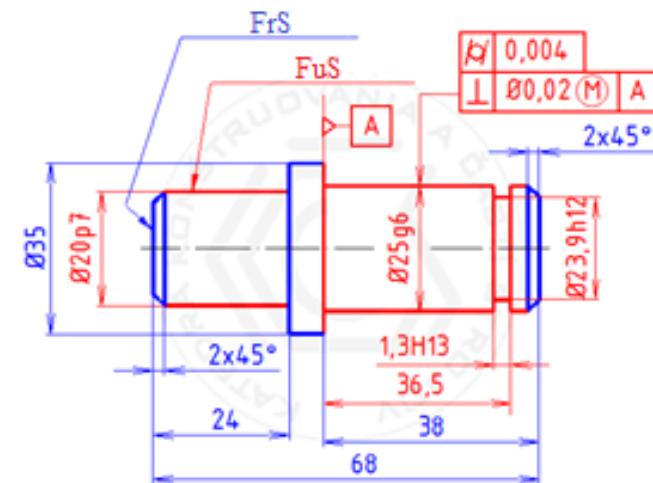
Sestavni deli so proizvedeni s tako imenovano *toleranco*, kar pomeni, da so določene *mejne mere*, znotraj katerih se morajo gibati. Namen takšne proizvodnje je zamenljivost sestavnih delov in natančnost izdelave. Takšne tolerance so značilne za dolžine, kote, stožce itd. Za določanje toleranc je potrebno dobro poznavanje izdelka in njegovih sestavnih delov, potrebno pa je dobro poznati tudi stroje, tehnologijo izdelave, stroške proizvodnje itd.

Če govorimo o tolerancah površin, razlikujemo med:

- funkcionalnimi površinami, ki se dotikajo površin drugih sestavnih delov in omogočajo npr. namestitev ali določajo medsebojni položaj drugih površin ali funkcionalnih delov; pri teh morajo biti tolerance določene
- prostimi površinami: glede natančnosti izdelave ni posebnih zahtev; tolerance niso posebej določene

Tolerance funkcionalnih površih navajamo:

- s predpisanimi mejnimi merami, npr. $\varnothing 10,8$ do $\varnothing 10,2$
- s predpisanimi omejitvami na eni strani, npr. R5max
- s predpisanimi številčnimi vrednostmi mejnih odstopkov, npr. $\varnothing 28 \pm 0,1$
- s predpisanim tolerančnim razredom sistema toleranc in ležajev ISO, npr. 32H7



Slika 16: Proste (free surface – FrS) in funkcionalne površine (functional surface – FuS) – primeri označevanja toleranc

5.1 Tolerance velikosti funkcionalnih površin

Da bi poenotili predpise glede toleranc funkcionalnih površin, so razvili *enoten sistem toleranc in ležajev ISO*. Tolerance so stopnje natančnosti in imajo številčne oznake IT 01, IT 0, IT 1 do IT 18. IT je oznaka za standardizirano, mednarodno toleranco (*International Tolerance*) in označuje velikost osnovne tolerance. V strojništvu se običajno uporabljajo stopnje natančnosti med IT 5 in IT 11. Ta sistem se prenáša tudi v nacionalne standarde, ki se nanašajo na odstopanja in mejne vrednosti znotraj uveljavljenih tolerančnih polj.



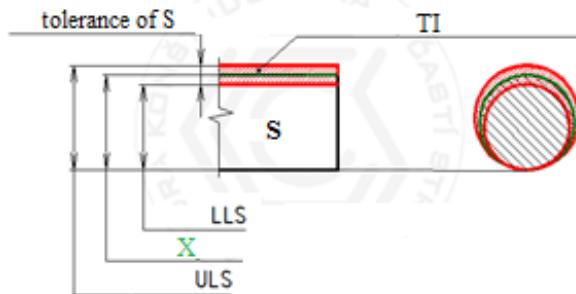
Tabela 3: Uporaba tolerančnih stopenj v industriji

Standardizirana tolerančna stopnja IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Uporaba	Proizvodnja merilnikov in instrumentov																			
					Proizvodnja ležajev															
						Finomehanika in splošno strojništvo									Proizvodnja polizdelkov					
																Proizvodnja jeklenih konstrukcij				

V primeru *ležajev* imamo posebej tolerančno oznako luknje in posebej oznako tolerance gredi. Prva je vedno tolerančna oznaka luknje (npr. □ 50 H8/d9).

Pri opisu enotnega sistema toleranc in ležajev ISO se uporablja sledeči termini in definicije (slika 17):

- *dejanska mera* (dejansko izmerjena mera končnega sestavnega dela, ki bo vedno nihala med dvema mejnima merama)
- *dopustna mera* (skrajna dovoljena mera sestavnega dela), ki je lahko:
 - zgornja mejna mera (ULS – upper limit of size)
 - spodnja mejna mera (LLS – lower limit of size)
- *toleranca* (razlika med ULS in LLS)
- *tolerančni interval – TI* (je interval, ki ga omejujeta ULS in LLS)
- *osnovni odstopek* (najmanjše možno odstopanje)
- *imenska mera*: teoretična želena mera sestavnega dela, ki jo določa risba



Slika 17: Toleranca gredi (S)

Dejanska mera gredi (S) je na risbi prikazana kot X.

V okviru ISO standardov, ki se nanašajo na tolerance funkcionalnih mer, pri ujemaju dveh delov poznamo sistem toleranc

- enotnega čepa (čep je izdelan na toleranco h, izvrtine pa od A do ZC)
- enotne izvrtine (izvrtina je izdelana na toleranco H, čep pa od a do zc)

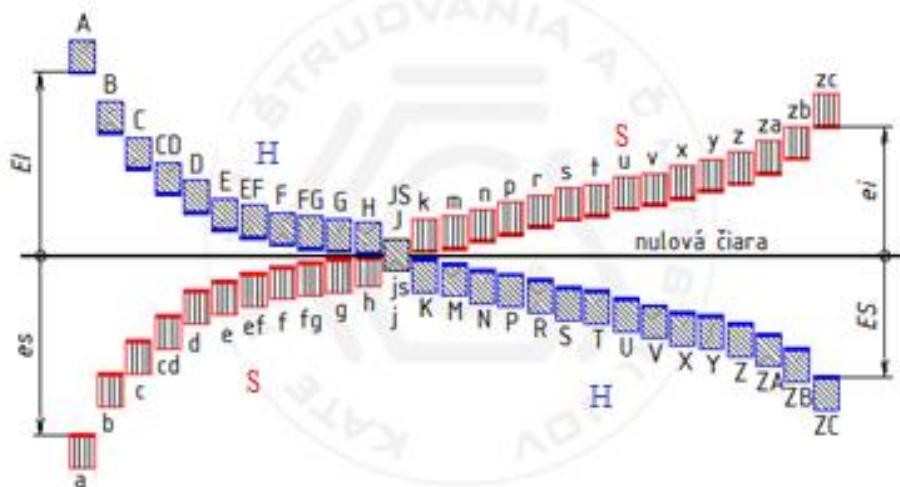
Za določitev ujemov pa poznamo tudi druge načine, npr. predpisani mejni odstopki (imenska mera +/- odstopek).

Sistem standardov ISO za tolerance linearnih mer (za kar uporabljamo pojem *čep*) določa 28 leg tolerančnih polj in 28 leg tolerančnih polj izvrtin (slika 18).

Tolerančna enota (i oz. I) je bila uvedena za izračun standardne tolerance IT 1 do tolerance IT 18. Tolerančna enota je funkcija imenske mere in vključuje vpliv netočnosti pri proizvodnji in nezanesljivost natančnosti meritve. Sledi razmerje za izračun tolerančnih enot (pri čemer so i/I podane v μm in D v mm):

$$i = 0,45 \cdot D^{1/3} + 0,001 \cdot D \quad \text{za } D \leq 500 \text{ mm}$$

$$I = 0,004 \cdot D + 2,1 \quad \text{za } D > 500 \text{ mm}$$



Slika 18: Prikaz leg tolerančnih polj po ISO

H: tolerančne lege izvrtin

S: tolerančne lege čepov (gredi)

V praksi ni potrebno izračunavati posameznih toleranc – vrednosti zgornjih in spodnjih odstopkov za različne imenske mere in tolerance.

5.2 Geometrične tolerance

Tudi geometrične tolerance zagotavljajo primerno delovanje sestavnih delov ali opreme. Geometrične tolerance zadevajo pravilno obliko, profil in orientacijo funkcionalnih površin sestavnih delov.

Kar se tiče odvisnosti med tolerancami (tolerancami dolžinskih in kotov in geometričnimi tolerancami), v splošnem velja, da so *neodvisne ena od druge*. V primeru soodvisnosti pa veljajo standardizirana pravila:

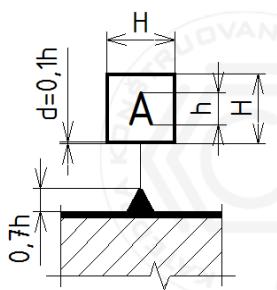
- površinska kakovost (envelope surface condition)
- stopnja odvzema materiala (material removal rate – MMR)
- stopnja izgube mase (mass loss rate – MLR)
- stopnja vzajemnosti/recipročnosti (reciprocity rate – RPR)

Pri splošnih geometričnih tolerancah ločimo tri razrede kakovosti: H – fino kakovost, K – srednjo kakovost in L – grobo kakovost.

Poznamo naslednje termine:

- *geometrična toleranca*: največja dopustna številčna vrednost odstopanja, ki določa tipične mere ploskovnega ali prostorskega tolerančnega polja
- *referenčni element*: značilni element objekta
- *tolerančno polje*: prostor, znotraj katerega *mora* ležati objekt
- *geometrično odstopanje*: odstopanje dejanske ploskve ali profila od imenske vrednosti parametra

Referenčni elementi so elementi sestavnih delov, ki so v razmerju s toleriranim objektom in zadevajo zahteve glede funkcionalnosti ali vgradnje. V večini primerov je referenčni element točkoven (npr. središče krogle), raven (npr. os gredi) ali ploskoven (npr. ravna površina elementov). V primeru referenčnih mest pa križec označuje točko, dva križca, povezana s tanko črto, označujeta referenčno črto, šrafirani krogec/ pravokotnik, omejen s prekinjeno črto z dvema pikama, pa označuje okroglo oz. pravokotno referenčno ploskev. Sistem referenčnih elementov sestavlja skupine po dve ali več referenčnih elementov. Referenčni elementi so označeni s polnim ali praznim trikotnikom na konturni črti elementa (ali na njenem podaljšku) ali na pomožni kotirni črti (slika 19).

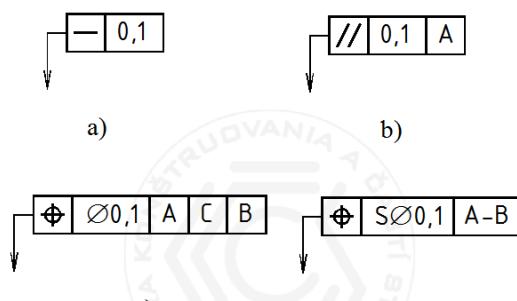


Slika 19: Označevanje referenčnega elementa

Tabela 4: Tolerirane geometrične lastnosti in njihovi simboli

Vrsta tolerance	Tolerirana lastnost	Simbol	Referenčni element
Oblika	Premočrtost	—	Da
	Ravnost	□	Ne
	Krožnost	○	Ne
	Cilindričnost	◎	Ne
Profil	Profil poljubne črte	~	Ne/da
	Profil poljubne površine	○~	Ne/da
Orientacija	Vzporednost	//	Da
	Pravokotnost	⊥	Da
	Kotnost	∠	Da
Lega	Lega	⊕	Ne/da
	Koncentričnost in soosnost	◎◎	Da
	Simetričnost	≡	Da
Tek	Preprosti tek	↗	Da
	Popolni tek	↖↗	Da

Geometrične tolerance vpisujemo v tolerančne okvirje (slika 20), ki (od leve proti desni) zajemajo: simbol, ki vsebuje vrsto tolerance, številčno vrednost tolerance in referenčno številko. Tolerančni okvir je s toleriranim elementom povezan z referenčno puščico.



Slika 20: Tolerančni okvirji

6 POVRŠINE

Tekstura površin elementov ali strojev bistveno vpliva na funkcionalnost delov in opreme, kakor tudi na njihovo trpežnost (npr. na potrebo po uporabi maziv zaradi trenja, na odpornost proti koroziji itd.). Poškodbe zaradi utrujanja se v večini primerov pojavijo samo na površini elementov. Ko ocenujemo delovne površine, uporabljamо naslednje pojme:

- nepopolnost/deformacija (do katere je prišlo med izdelavo, uporabo ali skladiščenjem)
- hrapavost tekstu, valovitost in profil površine

6.1 Profil površine

Če gre za neenakomernost površine, ki le v majhni meri odstopa od geometrijsko idealne površine, govorimo o hrapavosti. Določanje parametrov površin je na Slovaškem standardizirano in skladno z mednarodnimi standardi ISO. Ti standardi so se v zadnjih letih spremenili, recimo v smislu uporabe novih instrumentov za preciznejše merjenje površinskih lastnosti izdelkov (npr. lasersko merjenje – slika 21).



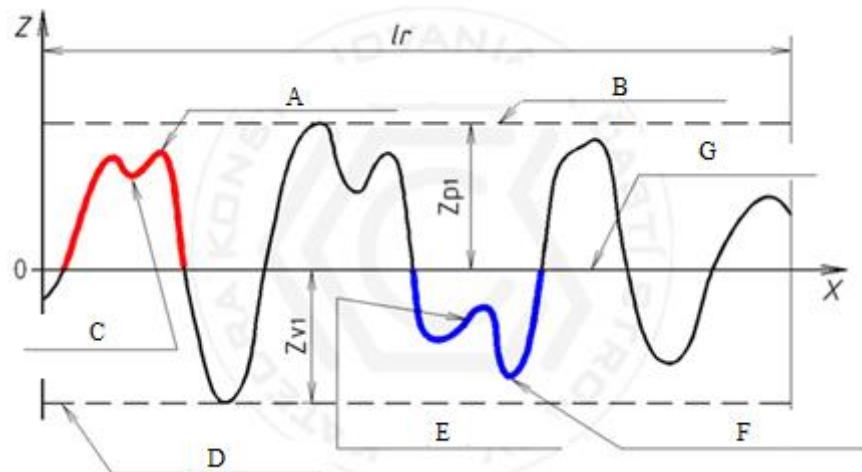
Slika 21: Senzor za lasersko merjenje

Dejanska površina elementa se vedno razlikuje od geometrijsko idealne površine (ki jo npr. določa risba).



Slika 22: Jeklo – običajna površina

Na vsakem profilu lahko razločimo izbočine in vbočine – ti dve značilnosti skupaj ustvarjata tako imenovani *profil* (slike 23, 24).



Slika 23: Profil površine

- A: Vrh profila
- B: Linijsa vrha profila
- C: Lokalna dolina
- D: Linijsa dna profila
- E: Lokalni vrh
- F: Dolina profila
- G: Srednja linija

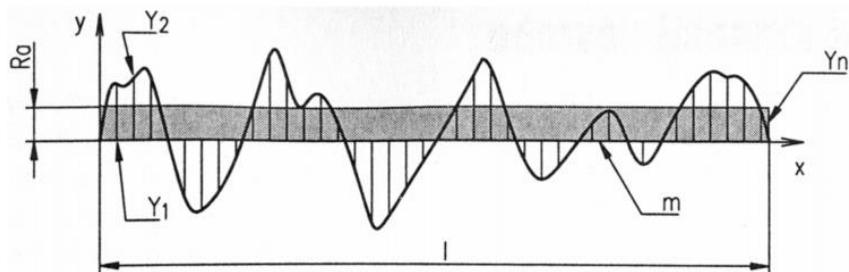
Upoštevaje dominantno smer hrapavosti površine lahko posamezen profil zajamemo:

- s prečnim prerezom profila: pravokotno na prevladujočo hrapavost
- z vzdolžnim prerezom profila: vzporedno s prevladujočo hrapavostjo

Na podlagi meritev z merilnimi napravami ločimo:

- primarni profil (P-profil)
- profil hrapavosti (R-profil)
- profil valovitosti (W-profil)

Za vsakega od teh profilov se določi tako imenovana *srednja linija profila*. Srednji aritmetični odstopek profila Ra je aritmetično povprečje absolutnih odstopkov Y od srednje linije znotraj območja referenčne dolžine:



Slika 24: Srednji aritmetični odstopek Ra

$$\text{Enačba: } Ra = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n}$$

Ra se navaja v μm . Priporočene referenčne dolžine so 0,08 mm/0,25 mm/0,8 mm/2,5 mm/8 mm/25 mm.

Hrapavost površine izdelka je odvisna zlasti od tehnologije izdelave (tabela 5).

Tabela 5: Razmerje med srednjim aritmetičnim odstopekom in postopki obdelave

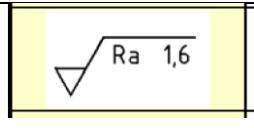
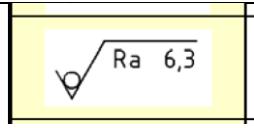
Postopek obdelave	Ra
Zaključna obdelava: brušenje, lepanje ...	0,012 0,025 0,05 0,1 0,2 0,4 0,8
Klasična obdelava: frezanje, struženje ...	1,6 3,2 6,3 12,5
Proizvodnja polizdelkov: kovanih, litih ...	25 50 100 200 400

Poznamo *tri osnovne skupine parametrov tekture površin*, ki standardizirajo predpisovanje zahtev za celotno površino elementa:

- osnovne profilne parametre, ki se najbolj pogosto uporabljajo; eden za obdelovalne postopke (npr. za frezanje, brušenje ...)
- motivne parametre profilov površin, ki služijo odpravljanju ekstremnih amplitud
- profilne parametre, ki temeljijo na krivulji deleža materiala (angl. Abbot-Firestone curve) in so bili zasnovani za zahtevnejšo končno obdelavo funkcionalnih površin, ki gredo skozi dva obdelovalna postopka

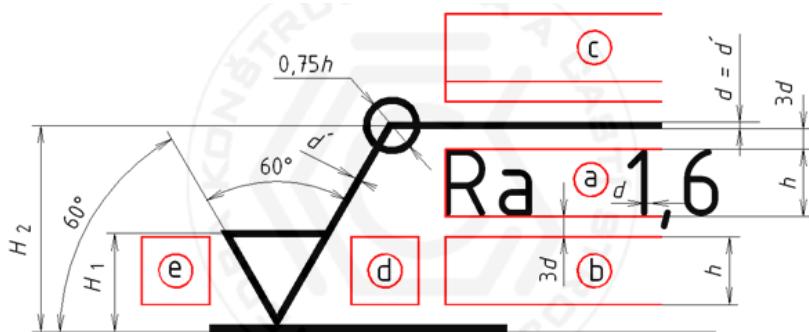
6.2 Grafični simboli za označevanje kakovosti površine

Kakovost površim označimo z različicami osnovnega simbola , na primer :

	željeno teksturo površine dobimo z odvzemanjem materiala , npr. s struženjem, frezanjem, brušenjem, poliranjem itd.; besedilna oznaka je naslednja: MRR Ra 1,6
	željeno teksturo površine dobimo brez odvzemanja materiala , t. j. npr. z valjanjem, kovanjem, modeliranjem s kalupi, vlivanjem itd.; besedilna oznaka je naslednja: MRR Ra 6,3

Da bi zagotovili natančnost in enovitost pogojev glede kakovosti površine, je mogoče v dokumentaciji navesti še druge informacije (slika 25):

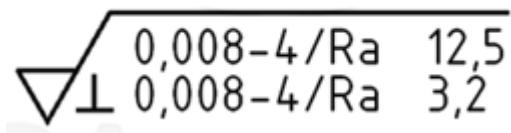
- a: osnovni parameter hrapavosti je edini pogoj
- b: samo v primeru, da sta pogoja dva ali jih je več – drugi parameter hrapavosti
- c: postopek obdelave površin
- d: orientacija hrapavosti
- e: dodatek za obdelavo



Slika 25: Dodatne označbe glede kakovosti površine

V primeru, da imajo vse površine nekega elementa enake lastnosti, lahko te podatke navedemo skupaj na naslovni strani (dokumentacije).

Slika 26 ponuja primer vpisa oznake, ki zadeva kakovost površine:



Slika 26: Primer oznake površinske hrapavosti

Iz te oznake je mogoče razbrati:

- **dva pogoja, ki se nanašata na lastnosti površine:**
zgornja mejna vrednost: 0,008–4/Ra 12,5
spodnja mejna vrednost: 0,008–4/Ra 3,2
- **parametre kakovosti površin za oba pogoja:**
srednji aritmetični odstopek profila hrapavosti Ra
- **zgornje in spodnje mejne vrednosti:**
če sta vrednosti enaki, sta oznaki U in L izpuščeni
- **mejno vrednost parametra:**
zgornja: Ra = 12,5 µm
spodnja: Ra = 3,2 µm
- **podatke glede mejnih mer toleranc:**
splošno privzeto je pravilo 16 % (ISO 4288)
- **vrsto filtra za filtriranje kratkih in dolgih valovnih dolžin:**
ni podan – uporablja se standardizirani Gaussov filter
- **zahiteve glede pasovne širine za oba pogoja:**
0,008–4
kratkovalovni filter $\lambda_s = 0,008 \text{ mm}$
dolgovalovni filter $\lambda_c = 4 \text{ mm}$
- **referenčno dolžino:**
 $l_r = \lambda_c = 4 \text{ mm}$
- **dolžino vrednotenja:**
pogosta: $l_n = 5 \cdot l_r = 5 \cdot 4 = 20 \text{ mm}$
- **tehnologijo izdelave:**
predpisane lastnosti površine je mogoče doseči le s frezanjem
- **orientacijo hrapavosti površine:**

pravokotno na projekcijsko ravnino, na kateri je oznaka uporabljena

- **način, kako doseči željeni parameter:**

željeno teksturo površine je mogoče doseči le z odvzemanjem materiala

6.3 Posebna obdelava površin

Posebno obdelavo površin predstavljajo npr.:

- postopki mehanske obdelave, kot so poliranje, valjanje, utorjanje, zarezovanje itd. Kateri mehanski postopek je predpisani, označuje beseda nad referenčno črto simbola.
- nanos zaščitnega premaza – ob uporabi mehanskih, fizikalno-kemičnih in električnih postopkov, npr. emajla, kromata, cinka

Plasti se navedejo po vrsti: navadna kovina, kovinski premaz, debelina premaza v μm , opis vrste premaza. V primeru nanašanja svetlega kovinskega premaza z brizganjem se navede *postopek*, ki je lahko termičen ali z električnim oblokom (elmet).

Primera:

- Fe/Zn 12c A pomeni oblogo kovinske osnove s cinkom debeline 12 μm , kromano (c) in brezbarvno (A)
- elmet AL 160 pomeni aluminijevo oblogo minimalne debeline 160 μm , ki je izdelana s postopkom elektroobločne metalizacije
- termična in kemično-termična obdelava, npr. žarjenje, popuščanje, kaljenje itd. Podatki (kot so npr. način obdelave, regulacija globine, mehanske lastnosti) so navedeni desno od zaključka črte. V primeru splošne definicije je način obdelave naveden na risbi pod tehničnimi zahtevami.

7 VARJENI SPOJI IN ZVARJENCI

Za branje tehnične dokumentacije je bistveno osnovno poznavanje tehnik varjenja:

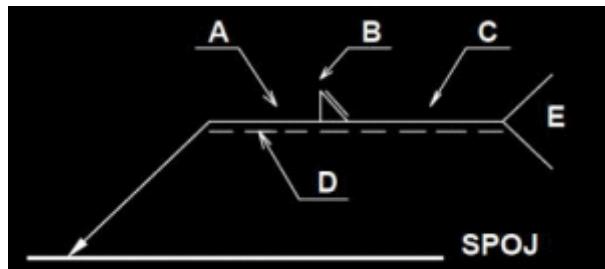
- talilno varjenje, npr. plamensko, obločno
- varjenje na pritisk, npr. točkovno, šivno
- specialno, npr. ultrazvočno, lasersko

Ločimo naslednje vrste zvarov/zvarnih spojev:

- talilni: robni zvar na privihu, čelni, kotni, žlebni
- uporovni: točkovni, tesnilni, bradavični, čelni

Zvari praviloma niso navedeni v tehnični dokumentaciji, toda položaj zvara je prikazan s polno debelo črto ali s križcem (narisanim s polno debelo črto) in/ali debelo prekinjeno črto (črta-pika-črta). V primeru asimetričnih zvarov (W-zvar, Y-zvar, kotni zvar) se oznaka zvara nahaja nad in pod dvojno črto referenčne črte, ki sestoji iz polne in črtkane črte (zaporedje teh črt določa položaj zvara).

Položaj začetka zvara je na risbah prikazan s puščico zvarnega simbola. Oznake pa pojasnjujejo še druge možnosti, kot so dolžina zvara, prekinitve, vrstni red itd.



Slika 27: Oznaka zvara

- A: mere zvara (debelina oz. višina)
- B: dodatna oznaka varjene površine
- C: dolžina zvara
- D: dodatna oznaka zvara
- E: postopki varjenja

Načini varjenja imajo svoje številčne oznake (če gre za uporabo samo ene vrste varjenja, je to razvidno iz oznake v polju):

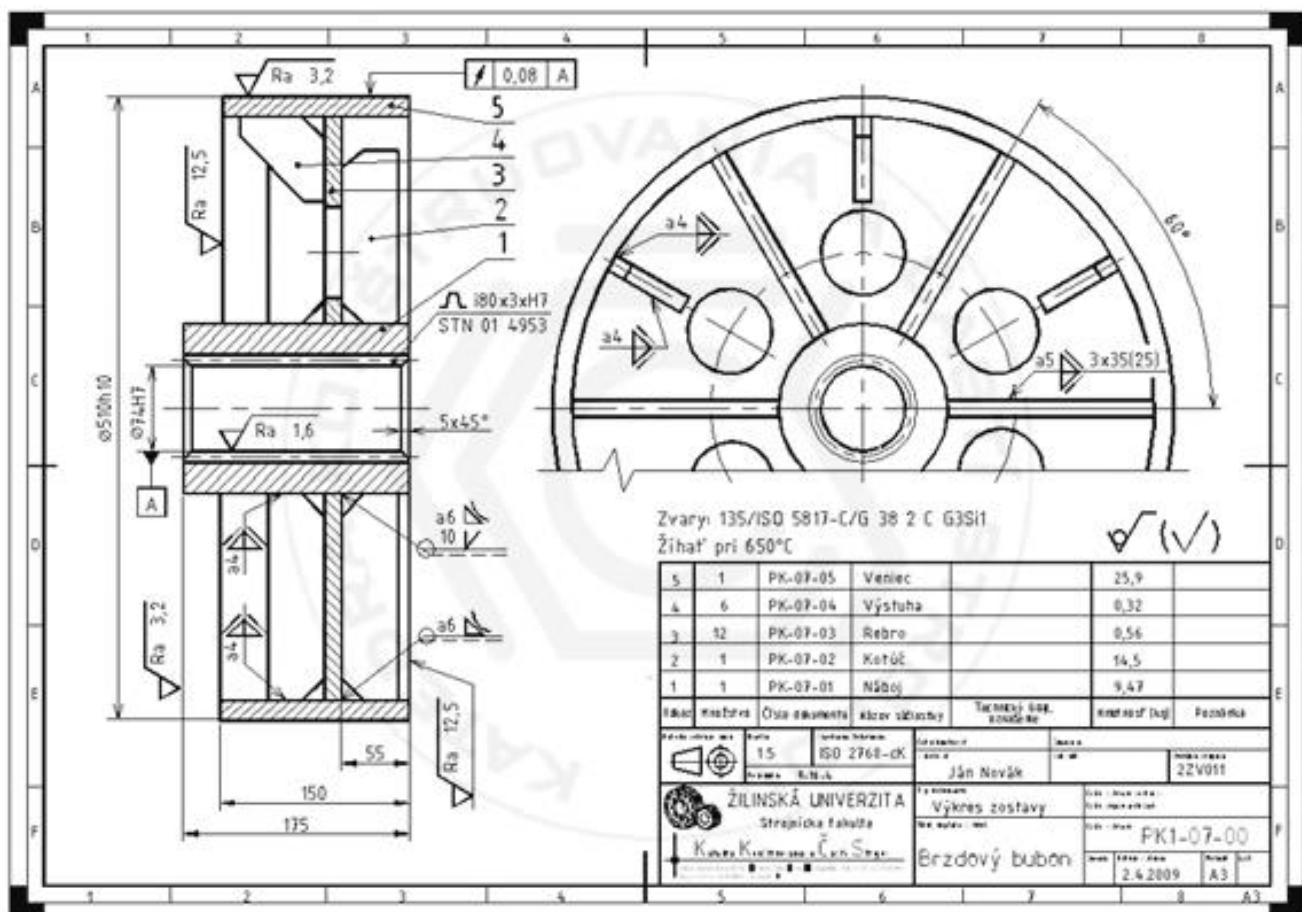
Tabela 6: Pregled nekaterih načinov varjenja

Način glede na EN ISO 4063	Evropska kratica	Ameriška kratica	Polno poimenovanje
111	MMA	SMAW	Ročno obločno varjenje z oplaščeno elektrodo
114	FCAW	FCAW	Obločno varjenje s stržensko žico brez zaščitnega plina
12	SAW	SAW	Elektroobločno varjenje pod praškom
131	MIG	GMAW	Obločno varjenje z oplaščeno elektrodo v zaščiti inertnega plina (varjenje MIG)
135	MAG	GMAW	Obločno varjenje z oplaščeno elektrodo v

			zaščiti aktivnega plina (varjenje MAG)
136	MAG	FCAW	Obločno varjenje s stržensko žico v zaščiti aktivnega plina (varjenje MAG s stržensko žico)
137	FCAW	FCAW-S	Samozaščitno varjenje s stržensko žico v zaščiti inertnega plina (varjenje MIG s stržensko žico)
141	TIG	GTAW	Varjenje v inertni zaščitni atmosferi z volframovo elektrodo (varjenje TIG)

7.1 Risbe varjenih konstrukcij

Risbe varjenih delov (zvarov) imajo značaj sestavne risbe, vendar vsebujejo tudi elemente, ki so značilni za risanje sestavnih delov. Če gre za enostavnejšo konstrukcijo, zadošča ena risba – za varjenje in strojno obdelavo (slika 28), pri kompleksnejših sestavih pa imamo običajno najprej načrt sestava posameznih delov, nato pa še risbo mehansko že obdelanih zvarjencev.



Slika 28: Zavorni disk – kotirana sestavna risba zvarjenca



VIRI IN LITERATURA

Monografije

- [1] BŮŽEK, M. (2009). Normalisation.
- [2] FREIWALD, A. (2012). New norms STN, EN a ISO in technical drawing.
- [3] ZEMAN, D. (2015). Technical drawing.

Več avtorjev

- [1] BAJLA J., BRONČEK J., ANTALA J., SEKEREŠOVÁ D. (2014). Engineering tables.

Elektronski viri

- [1] Basics of electrotechnics.
http://kem.fei.tuke.sk/~student/Zaklady%20elektrotechnickeho%20inzinierstva/ZEI_prednaska%202_2cast.pdf [23.3.2016].
- [2] Basics of forestry technology.
http://www.tuzvo.sk/files/3_3/katedry_lf/kltm/Servis_studentom/Servis_studentom/uvodna-prednaska-zlt.pdf [23.3.2016].
- [3] Constructing 1. <http://www.konstruovanie1.uniza.sk/> [23.3.2016].
- [4] Drawing cuts parts. <http://www.slideserve.com/aine/kreslenie-rezov-s-iastok> [23.3.2016].
- [5] European Comittee for Standardization. <http://www.cen.eu/Pages/default.aspx> [19.5.2016].
- [6] European Organisation for Standardization. <http://www.iso.org/iso/home.html> [19.5.2016].
- [7] Mechanisation of machinery. <http://www.kst.tul.cz/cz/katedra/vyuka/53/> [5.8.2016].
- [8] OMRON – Industry automatisation. <https://industrial.omron.cz/cs/products/zx2> [19.5.2016].



[9] Type and thickness of lines. <http://www.konstruovanie1.uniza.sk/Subory/2.3.html> [23.3.2016].

[10] Welding methods. <http://zvaranie.zvaraciatechnika.eu/oznacovanie-zvarov-na-vykresoch/> [19.5.2016].

[11] Welding methods. http://www.welco.sk/library/files/zvaracie_metody_skratky.pdf [19.5.2016].

PRILOGA 1: PRIMER OCENJEVANJA

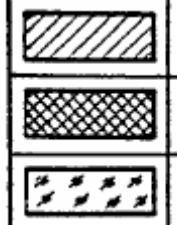
Naloge za ocenjevanje sklopa Branje tehnične dokumentacije – KOVINE

Učni izid 1: Uporaba teoretičnega znanja pri delu z digitalnimi slikami

Ime in priimek: _____ Datum: _____

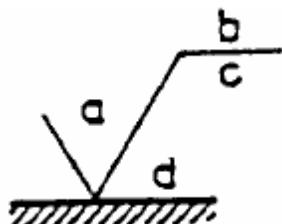
Podpis: _____ Točke: _____

1. Vsakemu izmed simbolov določite material.



1 točka	<input type="text"/>
---------	----------------------

2. Definirajte pomen oznak za kakovost površine.

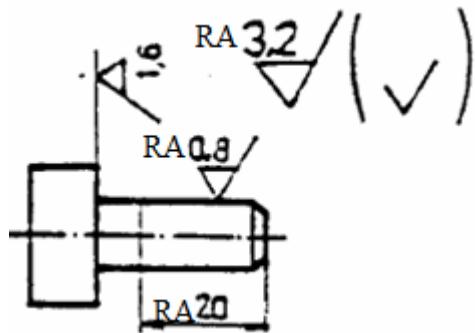


1 točka	<input type="text"/>
---------	----------------------

a:
b:
c:
d:

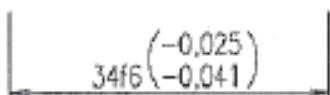
3. Opišite sliko in razložite pomen mere 20.

2 točki



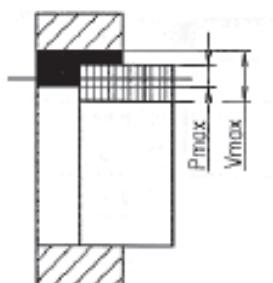
4. Kaj pomeni spodnja oznaka?

1 točka



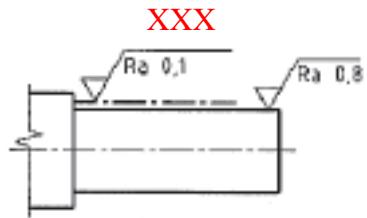
5. Poimenujte vrsto ujema na sliki.

1 točka



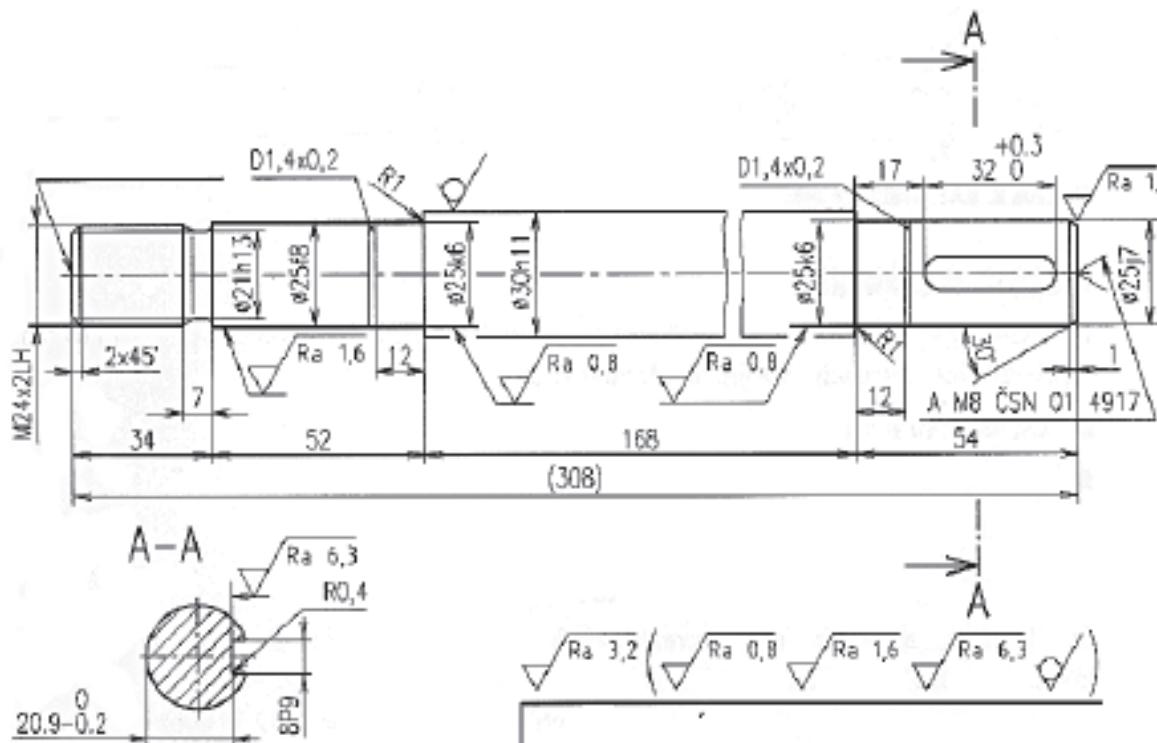
6. Kateri podatek predstavlja **XXX**?

1 točka	
---------	--



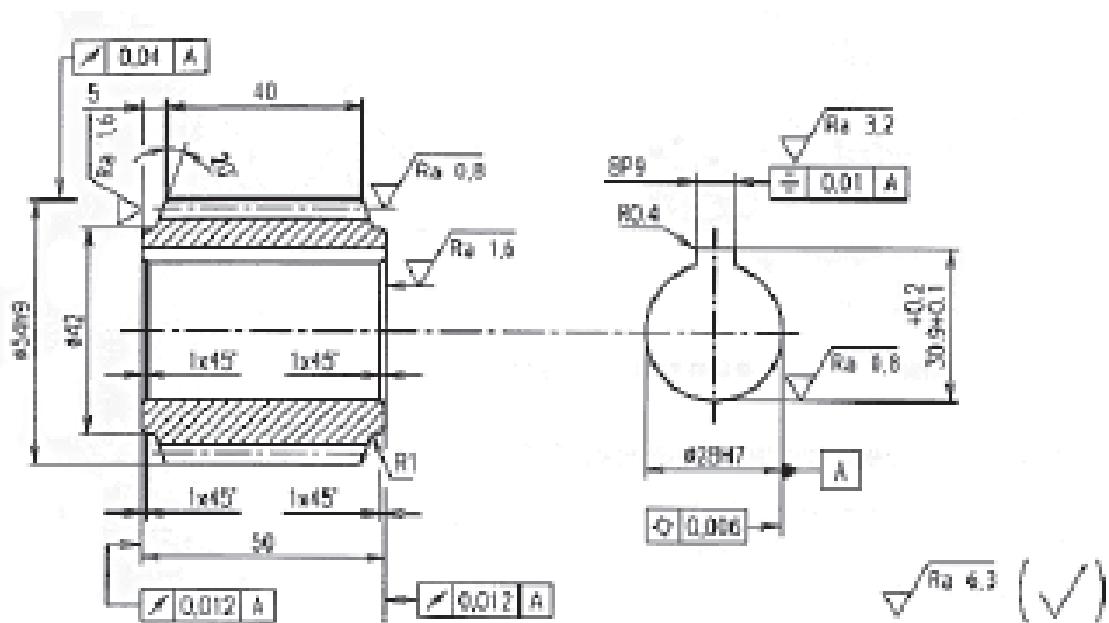
7. Poimenujte sestavni del. Opišite njegove značilnosti.

10 točk	
---------	--



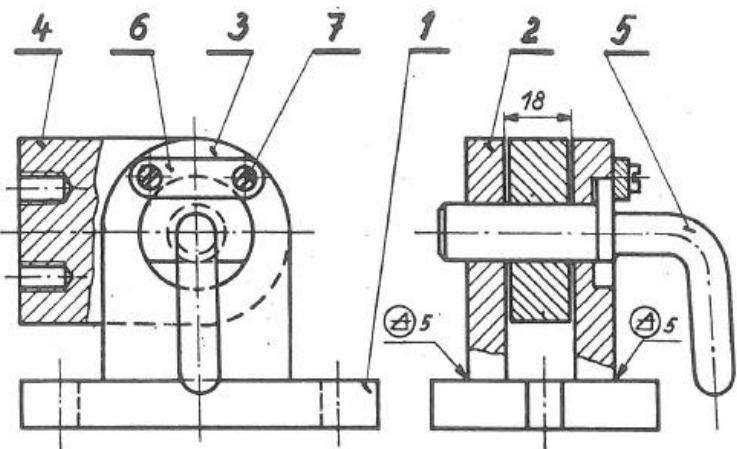
8. Poimenujte sestavni del. Opišite njegove značilnosti.

10 točk



9. Oglejte si risbo in odgovorite na vprašanja:

7 točk

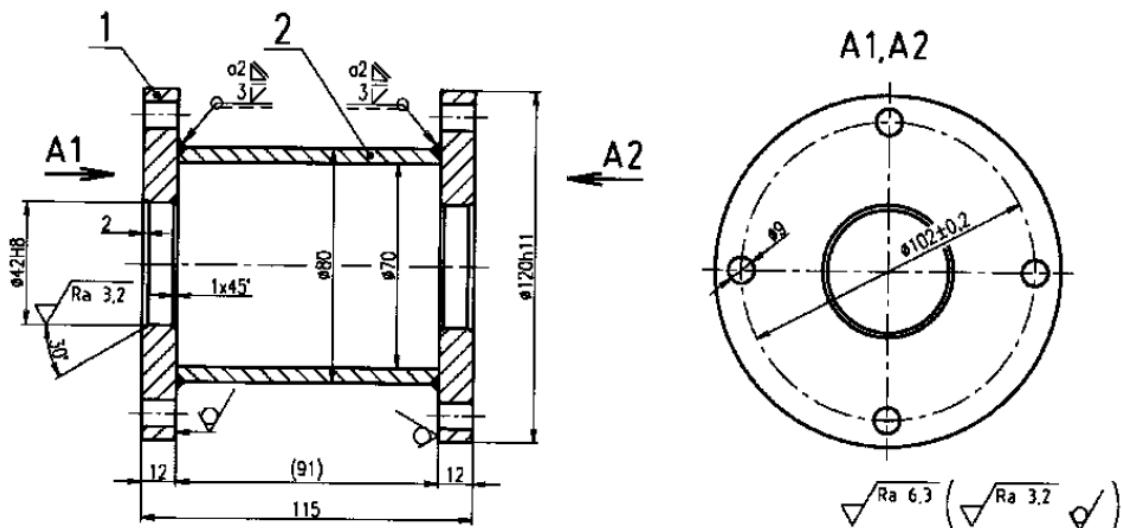


2	Screw	1	10 370	7	7
1	Pin		10 370	5-ZA-06	6
1	Hinge		11 500	5-ZA-05	5
1	Grip eye		11 425	5-ZA-04	4
1	Front shroud		11 425	4-ZA-03	3
1	Rear shroud		11 425	4-ZA-02	2
1	Sole plate		10 370	4-ZA-01	1

- a) Kako se imenuje del št. 6?
- b) Kateri navoj je na vijaku in katere velikosti je?
- c) Kako se lahko ta del giblje?
- č) Opišite korake za sestavo delov 5, 7, 4, 6.

10. Oglejte si risbo in odgovorite na vprašanja:

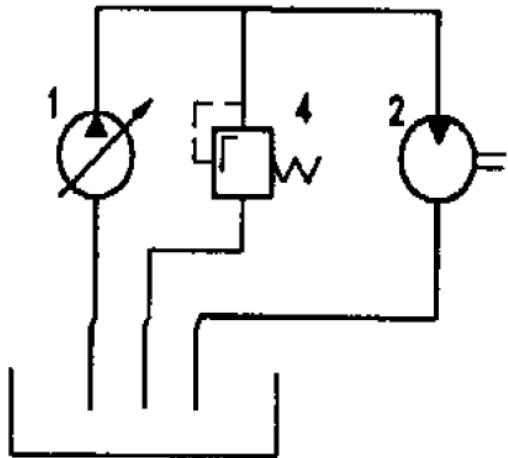
10 točk



- a) Katere podatke je mogoče razbrati iz oznake zvara?
- b) Poiščite in označite mesta zvarov na sliki.
- c) Razložite podatke na referenčnih črtah.

11. Katero vrsto sheme imamo na sliki? Podrobno jo opišite.

2 točki





Ustni preizkus:

1. vprašanje.....
.....

1 točka

2. vprašanje.....
.....

1 točka

3. vprašanje.....
.....

1 točka