

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Невена С. Балтић

**Означавање толеранција на техничким
цртежима
завршни рад**

Крагујевац, 2016.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Машинске конструкције и механизација
Предмет: Техничко цртање са компјутерском графиком
Број индекса: 93/2013

Невена С. Балтић
Означавање толеранција на техничким
цртежима
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Лозица Ивановић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да изврши систематизацију толеранција машинских делова, опише њихов значај и начин означавања на техничким цртежима. Такође, потребно је дати конкретан пример означавања толеранција на техничком цртежу.

Препоручена литература:

- [1] Milojević Z., Rackov M., Kuzmanović S., Knežević I., Navalusić S., Ivanović L., Vereš M., Marković B.: *Izrada konstrukcione dokumentacije*, FTN, Novi Sad, 2015.
- [2] Ivanović L., Erić M.: *Tehničko crtanje sa kompjuterskom grafikom -Praktikum*, FIN, Kragujevac, 2011.
- [3] Marković B., Ivanović L., Milutinović M., Trifković S., Prodanović S.: *Inženjerska grafika*, Mašinski fakultet, Istočno Sarajevo, 2015.

Крагујевац, октобар 2016

Ментор:

Проф. др Лозица Ивановић

Резиме

Разликују се три врсте толеранција: мера, глаткости (храпавости) површина као и облика и положаја. Одређивање толеранција има огромни утицај на цену и квалитет производа. Циљ анализе толеранције је осигурати најшире могуће димензије делова, а да се притом не ремети функционалност. У раду ће бити објашњени разлози употребе толеранција, врсте налегања и системи налегања, њихово означавање и избор, толеранције слободних мера, као и симболи толерисаних мера. Такође, биће приказан и пример на коме се може видети употреба толеранција.

Кључне речи: *толеранције, налегања, толеранције слободних мера, симболи толерисаних мера, параметри*

Summary

There are three types of tolerance: tolerance of measurement, smoothness (roughness) of surface, and the tolerance of shape and position. Determination of tolerance has a huge impact on the price and quality of products. Objective of analysis of tolerance is to ensure the widest possible dimensions of the parts, and that without disturbing the functionality. This paper will explore the reasons behind the use of tolerances, types of engagement and engagement systems, their identification and selection of tolerance of free measures, and symbols tolerated measures. It will also be shown on an example, in which we can see the use of tolerances.

Keywords: *tolerance, overlapping, tolerance of free measurements, symbols of tolerated rates, parameters*

Садржај

1. Увод.....	1
1.1 Геометријски параметри.....	2
2. Толеранције и налегања машинских склопова.....	4
2. 1. Толеранције дужинских мера	4
2.1.1 Положај толеранцијског поља	6
2.1.2 Врсте дужинских мера.....	7
2.1.3 Уписивање толеранција	8
2.2 Толеранције глаткости површине.....	10
2.2.1 Значај стања техничких површина.....	10
2.2.2 Основни појмови о храпавости.....	11
2.2.3 Квалитет обраде површине	13
2.2.4 Ознака обрађене површине.....	15
2.2.5 Ознаке површинске храпавости.....	16
2.3 Толеранције облика и положаја.....	19
2.3.1 Ознаке толеранција.....	19
3. Врсте налегања и системи налегања.....	20
3.1 Подела налегања.....	20
3.1.1 Лабаво налегање.....	21
3.1.2 Чврсто налегање.....	21
3.1.3 Неизвесно налегање.....	22
3.2 Системи налегања.....	23
3.3 Означавање налегања.....	24
3.4 Избор налегања.....	24
4. Толеранције слободних мера.....	27
5. Толеранције облика и положаја – допуна из међународног стандарда ISO 1101:2012 (E).....	28
5.1 Ознака геометријске толеранције.....	28
5.2 Толерисани елементи.....	29
5.3 Толеранцијска зона	32
5.4 Ознака референтног елемента	34
5.5 Пример означавања база код навоја	38
6. Пример примене толеранција.....	42
7. Закључак	43
Литература.....	44

1. Увод

У техници се најчешће користи цртеж, тј. технички цртеж. Под тим појмом се подразумева прецизно израђен цртеж неког предмета са свим његовим техничким карактеристикама. Радионички цртеж представља посебну врсту техничког цртежа, на ком је дефинисан облик целог машинског дела, његове димензије, толеранције, хемијска и термо обрада. Такође, радионички цртеж треба да садржи и размеру у којој је цртан, назив дела који је приказан, као и имена лица и конструктора која су означила, прегледала и одобрила коришћење цртежа.

Захтевани квалитети обрађених површина машинских делова зависе од тога да ли су те површине слободне или су спрегнуте са другим површинама. По облику веза спрегнутих површина разликују се:

- глатке цилиндричне и коничне везе састављене од обухватних и обухваћених цилиндричних, односно коничних површина,
- завртањске везе (цилиндричне и коничне) састављене од обухваћених и обухватних завојних површина са трапезним, троугластим или неким другим профилем,
- равне везе састоје се од спрегнутих површина које су равне (нпр. веза клина и жлеба код вратила и главчине или веза типа „ластин реп” и сл.),
- зупчасте, периодично спрегнуте везе (цилиндрични, конични, завојни, хипоидни, пужни зупчаници), које се састоје од зубаца еволвентног, циклоидног или другог облика профила и
- жлебне везе састављене од обухватних и обухваћених површина попречно кружно распоређених.

Зависно од тога да ли се ради о слободним или о спрегнутим површинама, толеранције и одступања су прописана различитим стандардима. Код слободних површина дозвољених одступања од идеалних геометријских облика могу бити већа него код спрегнутих површина, а квалитет израде зависи углавном од естетског изгледа. Код спрегнутих површина мора се више водити рачуна о одступањима, јер што је већи број спрегнутих површина делова у машинском склопу већа су и збирна одступања између тих површина. Зато спрегнуте површине имају већу тачност него слободне. Осим тога, за слободне површине најчешће се користе тзв. слободне толеранције и одступања, које се не уносе на коте у радионичке цртеже, док се за одступања и толеранције спрегнутих површина најчешће користе стандардизовани системи, а сва одступања и толеранције се уносе у радионичке цртеже на стандардима прописан начин.

1.1 Геометријски параметри

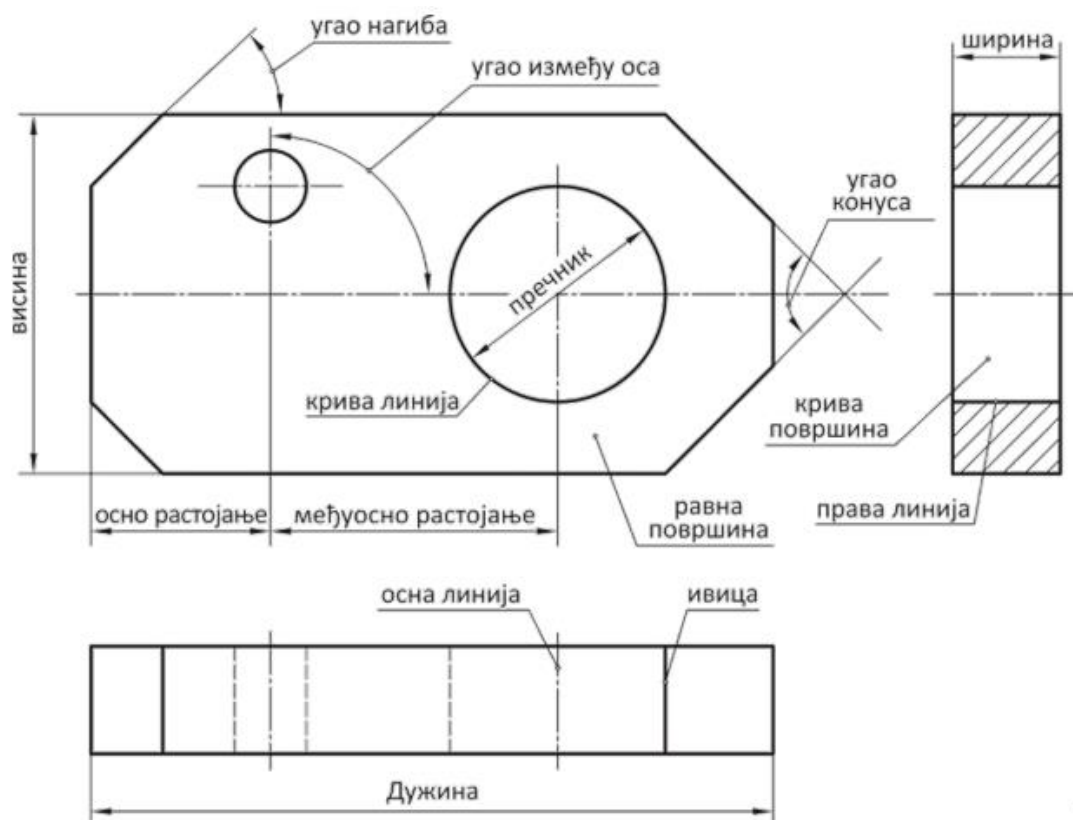
Сваки машински део има одређени облик који се састоји од различитих геометријских елемената, као што су равне и криве површине, праве и криве линије, ивице и осе. Са друге стране, сваки машински део дефинисан је својим димензијама као што су: дужина, висина, ширина, пречник, међуосно растојање, осно растојање, угао конуса, угао нагиба, угао између оса и сл. Дужинске мере, углови, геометријски елементи облика, као и међуосни положај тих елемената не могу бити израђени идеално тачно, већ долази до извесног одступања тачности. Зато је дужност конструктора да пропише дозвољене толеранције и одступања од идеалних димензија, облика и положаја, са циљем да се функције машинског дела и конструкције задовоље. У општем случају, сви геометријски параметри, који се могу толерисати, деле се на две групе, (слика 1), на параметре облика машинског дела и параметре димензија машинског дела [2].



Слика 1. Подела геометријских параметара [2]

На цртежу са слике 2 приказан је положај основних геометријских параметара димензија и облика неког машинског дела. Димензије машинског дела, деле се на:

- дужинске мере
- угловне мере



Слика 2. Положај геометријских параметара [2]

Дужинске мере представљају бројне вредности линијских величина као што су пречници, дужине и слично. Оне су изражене бројем милиметара.

Угаоне мере представљају бројне вредности угловних величина. Изражавају се бројем степени, минута и секунди.

2. Толеранције и налегања машинских склопова

Дозвољена одступања мера, облика и храпавости површина машинских делова називају се толеранције. Апсолутно тачан облик и димензије машинског дела није могуће добити због несавршености производних машина, алата, материјала, метода мерења, контроле и људског фактора као извршиоца појединих операција. Због тога се у циљу обезбеђења функције машинског дела у фази пројектовања унапред прописују одговарајуће толеранције појединих карактеристика у складу са наменом и функцијом машинског дела и трошковима производних процеса. Апсолутна тачност димензија и облика није могућа а није ни потребна за њихову примену.

Одступања могу бити и у позитивном и у негативном смеру. Да би се омогућило правилно и поуздано функционисање машинских делова потребно је у фази пројектовања прописати допуштена одступања димензија и облика.

Дозвољена одступања се код машинских делова односе на:

- толеранције дужинских мера,
- толеранције глаткости површине,
- толеранције облика и положаја.

Да би се смањили трошкови обраде у серијској производњи, за делове који образују налегања могу се прописати и грубљи квалитети толеранције. Избором и класирањем израђених делова, према стварној мери, постиже се да зазори, односно преклопи остану у потребним границама.

2. 1. Толеранције дужинских мера

Сви основни појмови о толеранцијама дужинских мера прописани су стандардом (SRPS EN ISO 286-1,2). Дозвољена одступања прописује конструктор на конструкционој документацији. Никада не треба захтевати већу тачност од потребне, коју захтева функција склопа, јер повећана тачност знатно повећава цену израде, а тиме и укупну цену финалног производа. Вредности одступања прописане су стандардом.

Стандард прави разлику између унутрашњих и спољашњих мера. Мере које се обухватају мерним прибором са спољне стране, су спољне мере (С). Мере које се обухватају мерним прибором са унутрашње стране, су унутрашње мере (У). Мере које садрже и спољне и унутрашње мере називају се мешовите (М), а оне мере које се не могу сврстати ни у спољне ни у унутрашње мере, називају се неизвесне.

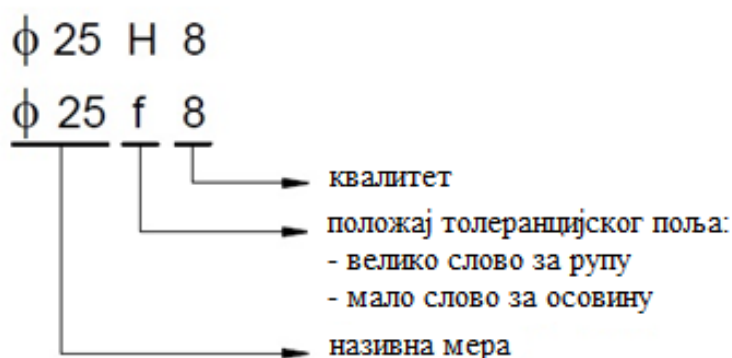
Мера је број који изражава бројчану вредност неке дужине. Мера уписана на радионичком цртежу назива се „кота“. Све мере и њихова одступања односе се на вредности измерене на температури од 20° [1].

Дозвољена одступања код мера односе се на толеранције спољашњих мера (пречник осовине), унутрашњих мера (пречник отвора), мешовите мере (дужина рупе у осовини), а неизвесне мере приказују удаљеност центра отвора од ивице.

Према овом систему, положај толеранцијског поља (слика 3) означава се:

- за **осовине** → малим словом,
- за **отвор** → великим словом,
- **квалитет толеранције** → бројем који се уписује иза слова.

Увредњавање толерисаних мера се врши тако што се иза називне вредности мере ставља ознака за толеранцију:



Слика 3. Толерисана мера [6]

Називна мера (D , d) или номинална мера је она мера која служи као основа за одређивање одступања и она се уписује на цртеже и другу техничку документацију (слика 4).

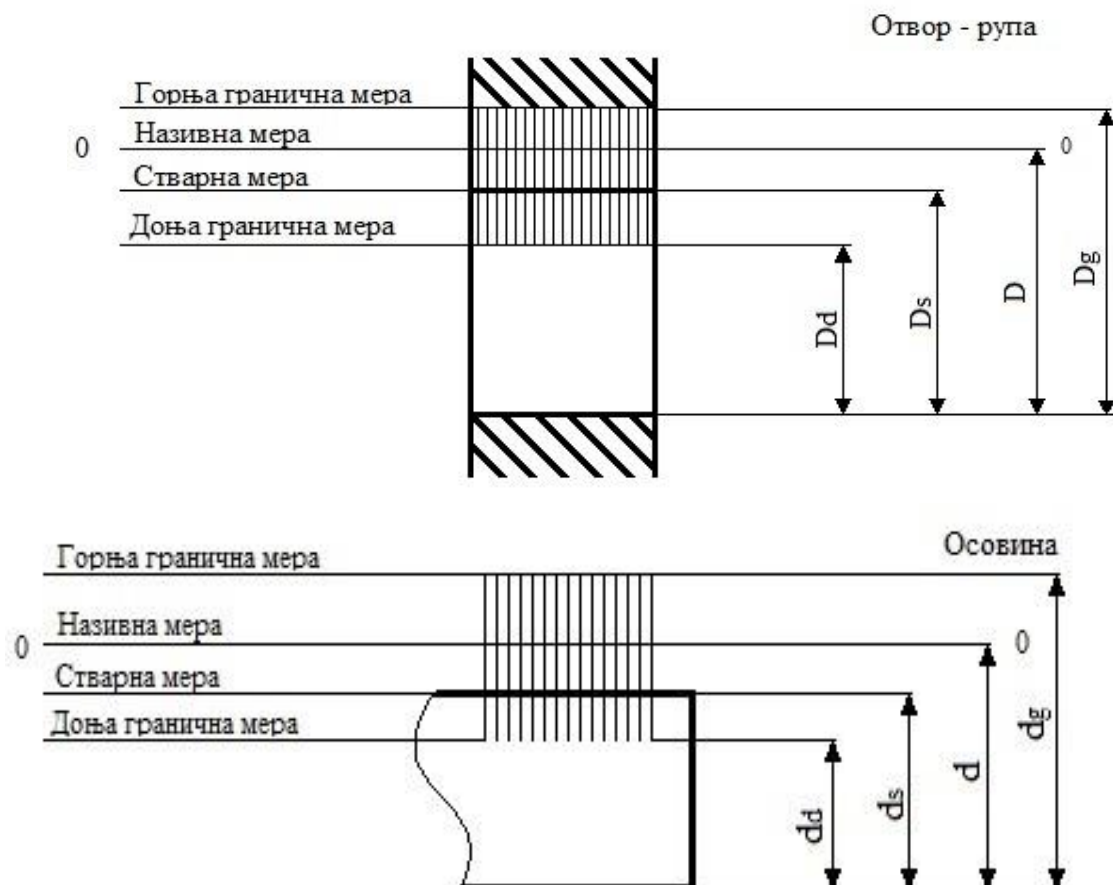
Стварна мера (D_s , d_s) је она мера која је установљена мерењем израђеног предмета. Ова мера обухвата и нетачност мерења.

Граничне мере су оне мере које ограничавају област у којој се сме кретати стварна мера исправно урађеног предмета. Ове мере обухватају и утицај нетачности мерења.

Горња гранична мера (D_g , d_g) је највећа дозвољена мера.

Доња гранична мера (D_d , d_d) је најмања дозвољена мера.

Добра гранична мера је она гранична мера која се добије прва при обради резањем, тако да се даљим скидањем струготине добијају мере између граничних мера. Ова мера, која се мери, одговара максималној вредности материјала. Код спољних мера добра мера је горња гранична мера (d_g) док је код унутрашњих мера добра мера доња гранична мера (D_d).

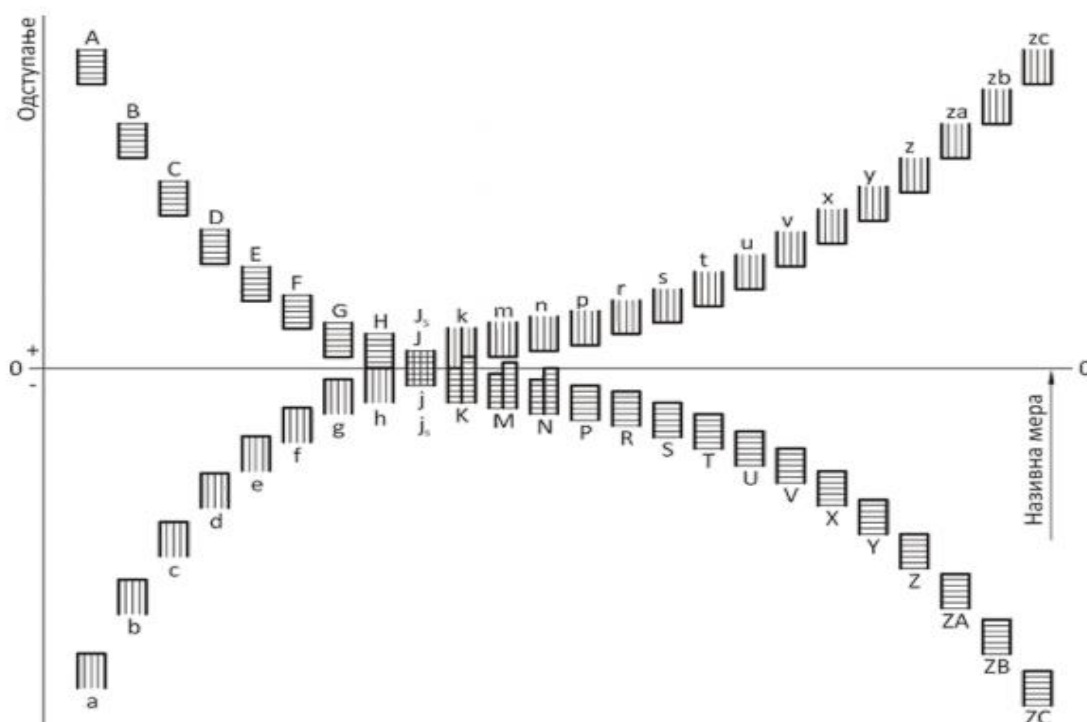


Слика 4. Графички приказ врста мера [1]

2.1.1 Положај толеранцијског поља

Постоје допунске ознаке поља као што су: CD , EF , FG , ZA , ZB , ZC , односно cd , ef , fg , za , zb , zc . При томе се не користе слова i , l , o , q , w , односно I , L , O , Q , W . Тако постоји укупно 27 положајних ознака поља. Карактеристична су поља h и H која додирују нулту линију; код поља h , горње гранично одступање је једнако нули, а код поља H је доње гранично одступање једнако нули. Толеранцијска поља j и J секу нулту линију, а js и JS нулта линија симетрично сече.

Сва поља изнад нулте линије имају **позитивна** оба (доње и горње) **гранична одступања**, док за поља испод нулте линије оба гранична одступања су **негативна** (слика 5) [3].



Слика 5. Положај толеранцијског поља у односу на нулту линију [3]

2.1.2 Врсте дужинских мера

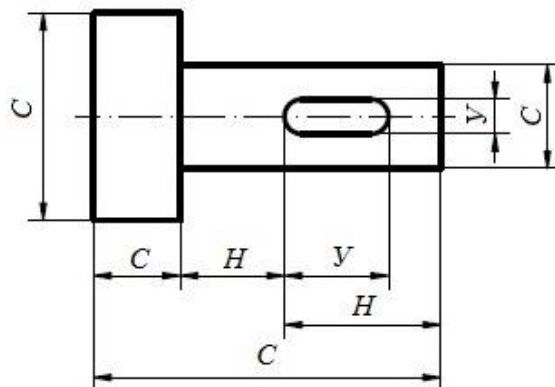
Зависно од начина мерења (утврђивања стварне мере) дужинске мере се могу сврстати у три групе мера (слика 6):

- спољашње
- унутрашње
- неизвесне

Спољашња мера је дужинска величина код које су, при мерењу, додирне површине мерних пипака алата изван мерене дужине.

Унутрашња мера је дужинска величина код које су, при мерењу, додирне површине мерних пипака алата унутар мерене дужине.

Неизвесна мера је дужинска величина која се не може сврстати ни у групу унутрашњих мера ни у групу спољашњих мера.



Слика 6. Врсте дужинских мера

Дужинске мере се деле на:

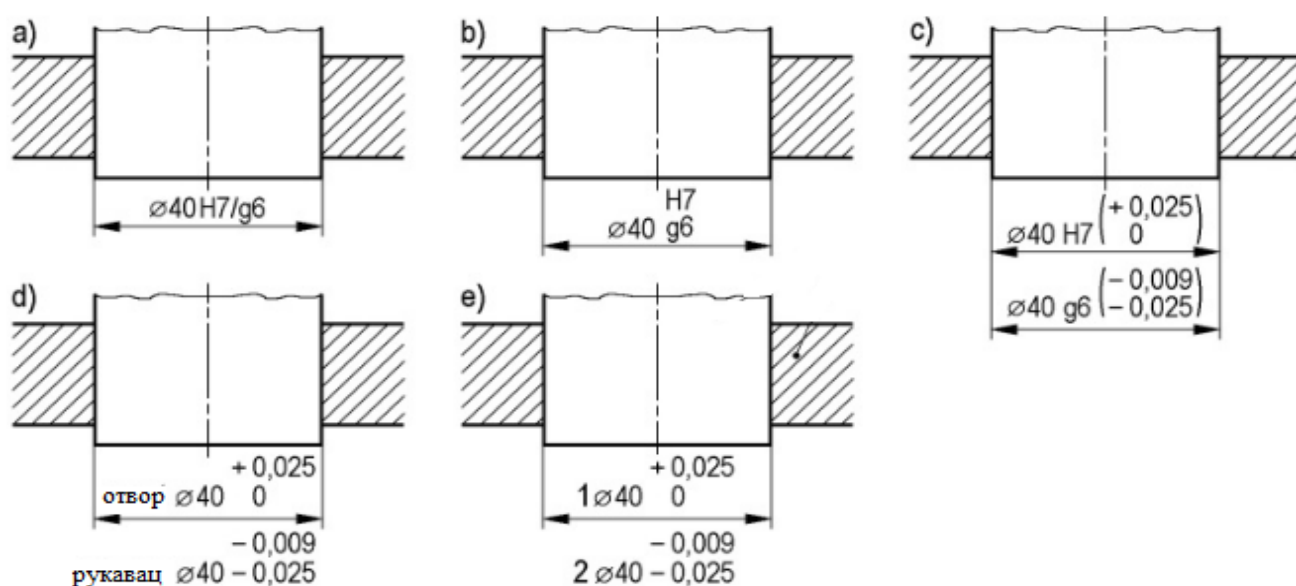
- толерисане,
- слободне.

Толерисана мера је дужинска величина од чије тачности израде зависи функција машинског дела или склопа. Њена дозвољена одступања уносе се директно на цртеж за сваку коту посебно.

Слободна мера је дужинска величина која нема посебног значаја на функцију и/или монтажу машинског дела. На цртежу се уписују само њихове називне вредности, а у напомени се наводе степени жељене тачности израде.

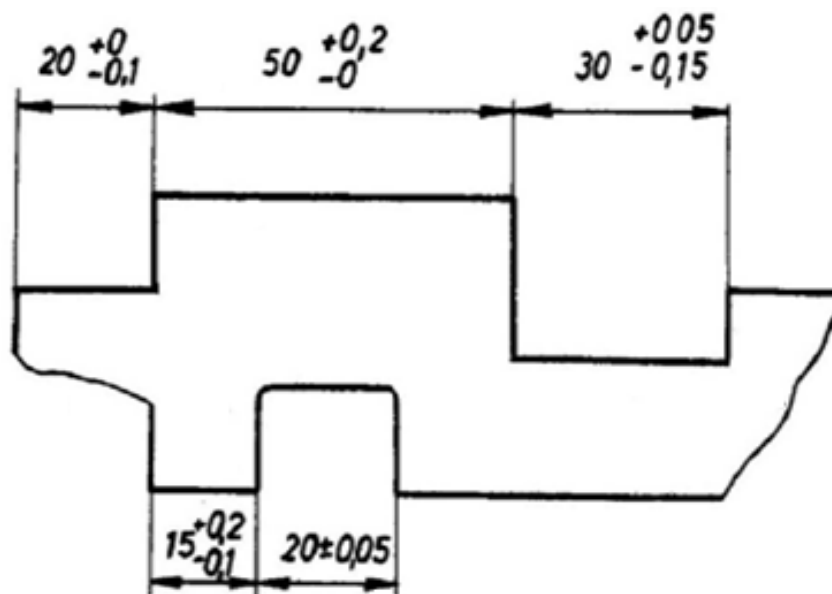
2.1.3 Уписивање толеранција

Овако дефинисане толерисане унутрашње и спољашње мере уписују се у цртеж словним ознакама или бројчано (слика 7):



Слика 7. Начини уписивања толеранција [8]

На исти начин, словно и бројчано, уносе се и толеранције дужинских мера, при чему код бројчаног уноса, вредности одступања могу да се дају на различите начине, тако да увек горња вредност представља горње одступање, а доња доње (слика 8).



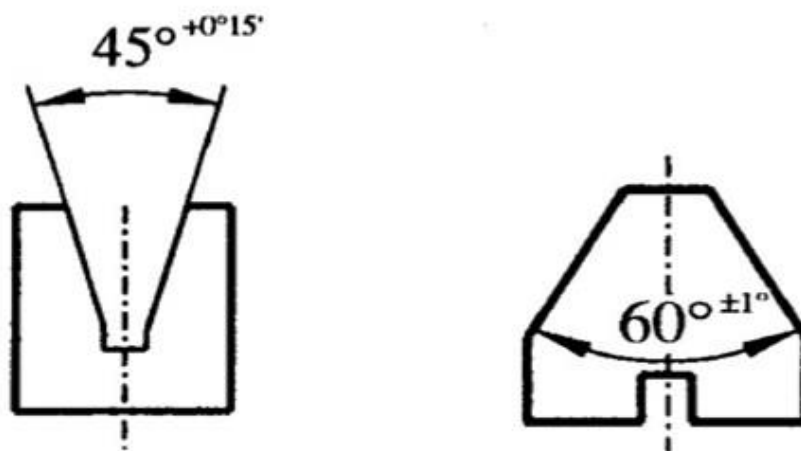
Слика 8. Начини уписивања толеранција [13]

Уколико се толеранција мере уписује словним ознакама према ISO стандарду, потребно је у горњем левом углу радионичког цртежа дати таблицу са прерачунатим вредностима граничног одступања (слика 9):

Ø40H7	+0,025
	0
Ø40f7	-0,025
	-0,050

Слика 9. Изглед дела радионичког цртежа

Толерисана лучна мера мора да садржи вредности одступања од називне мере изражене у степенима и минутима (слика 10):



Слика 10. Уписивање толеранција код цртежа

2.2 Толеранције глаткости површине

2.2.1 Значај стања техничких површина

Техничке површине су све оне површине машинских делова које су добијене неком од обрада одвајањем честица или неком од обрада без одвајања честица. Оне су током обраде и експлоатације машинских делова изложене деловању различитих врста оптерећења, као што су нпр.: механичка, топлотна, електрична, хемијска или биолошка (могуће су и комбинације). Најзначајнија су међутим механичка и хемијска оптерећења, а њихова честа последица је хабање (трошење) делова и корозија.

Техничке површине нису идеално глатке геометријске површи које раздвајају два дела него су то, микроскопски гледано, хrapаве површи карактеристичне низом неравнина разних величина, облика и распореда. Последица тога су поступци обраде одвајањем честица или поступци обраде без одвајања честица. Величина хrapавости техничких површина може утицати на:

- смањење динамичке издржљивости (односно смањење чврстоће облика),
- појачано трење и хабање (триболошки) оптерећених површина,
- смањење преклопа код стезних спојева, а тиме се смањује носивост стезног споја,
- убрзање корозије.

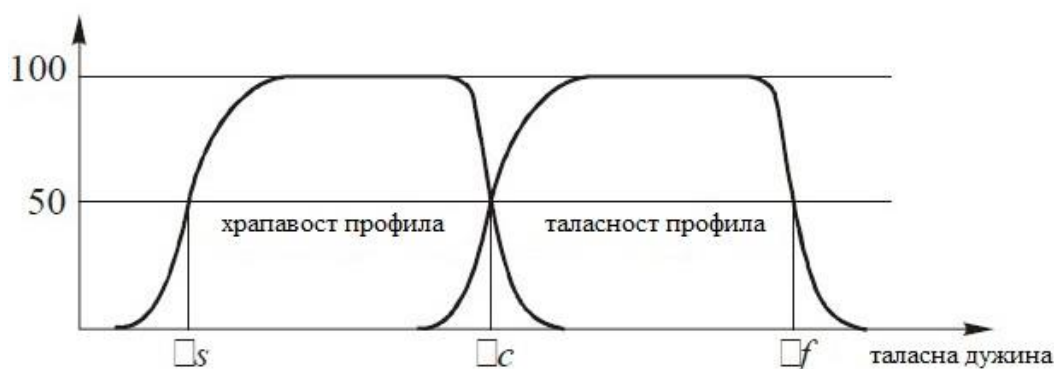
2.2.2 Основни појмови о храпавости

Основни појмови о храпавости техничких површина дати су према норми ISO 4287.

Површинска храпавост је свеукупност микрогеометријских неправилности на површини предмета (које су много пута мање од површине целог предмета), а проузроковане су поступком обраде или неким другим утицајима. Профил површине представља пресек реалне површине са одређеном равношћу (слика 13).

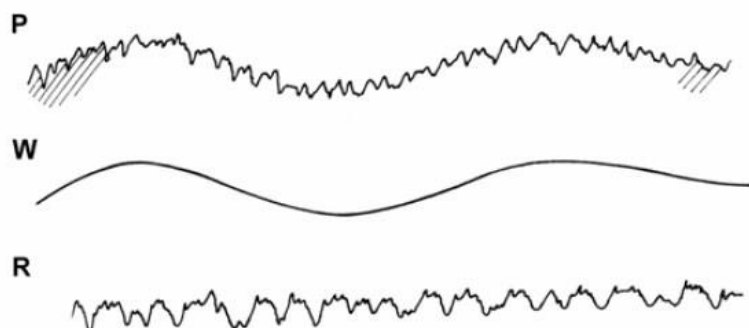
Профилни филтер је филтер који раздваја профиле на дуготаласне и краткоталасне компоненте ISO 11562. Постоје три филтера који се користе у уређајима којима се мери храпавост, таласност и примарни профили (слика 11). Сви имају иста преносна значења дефинисана у ISO 11562, али различите граничне таласне дужине. Све појаве се анализирају у правоугаоном координатном систему у којем су осе x и y смештене у посматрану реалну површину а оса z је усмерена на суседни део. Оса x притом је оријентисана у смеру профила храпавости (слика 13).

Профил храпавости R је профил који се изводи из примарног профила занемарујући дуготаласне компоненте коришћењем профилног филтера λ_c . Профил храпавости, основа је за мерење параметара храпавости профила.



Слика 11. Преносне карактеристике профила храпавости и таласности

Профил таласности W је профил који произилази из примарног профила P применом профилних филтера λ_c и λ_f (слика 12).



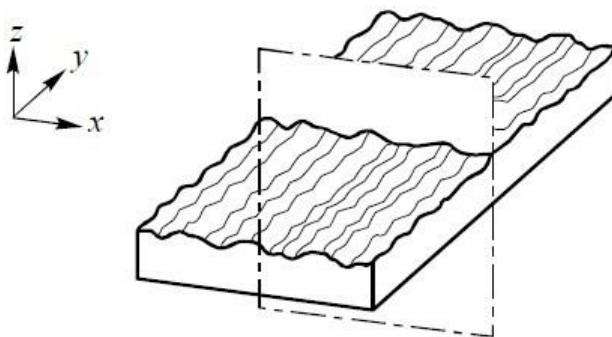
Слика 12. Разликовање P , W и R карактеристика профила

Средња линија профила се дефинише посебно за примарни профил, профил храпавости и профил таласности. Примарни профил се добија методом најмањег квадрата, тј. она дели профил тако да је унутар дужине l број квадрата свих одступања профила Z од те црте најмањи, а за храпавост и таласност се употребљавају профилни филтри λ_s и λ_f .

Референтна дужина (дужина узорка) l_p , l_r , l_w је дужина у правцу осе x која се користи за установљивање неправилности које карактеришу профиле који се мере.

Дужина узорка профила храпавости l_r и таласности l_w бројчано је једнака карактеристичној таласној дужини профилних филтера λ_s и λ_f . Дужина узорка примарног профила l_p једнака је дужини вредновања (оцењивања).

Дужина вредновања l_n је размак у правцу осе x која се користи за вредновање профила који се мери. Може садржати једну или више референтних дужина [10].



Слика 13. Профил површине са приказом координатног почетка [10]

Неравнине на површини машинског дела не могу се избећи јер настају као последица примене одговарајућег поступка израде. Према степену неправилности одређује се квалитет обрађене површине који утиче на смањење трења код клизних површина, спречавање појаве концентрације напона, херметичност, отпорност на корозију и коначно естетски изглед производа. За одређену површину се у односу на њену функцију дефинише оптималан квалитет обраде, јер се захтевима за финије обрађеним површинама поскупљује производња. Уколико је обрађена површина у попречном пресеку већа, могу да се уоче микрогеометријске неправилности површине у односу на геометријски идеално равну површину.

2.2.3 Квалитет обраде површине

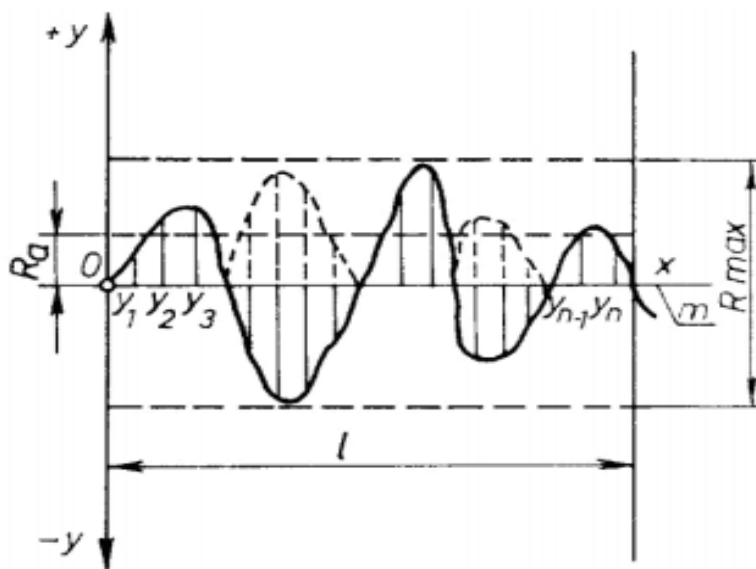
Средња аритметичка вредност одступања свих тачака ефективног профила у односу на средњу линију m , на референтној дужини l , рачуна се по обрасцу (1):

$$R_a \approx \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n} \quad (1)$$

и представља средње одступање профила (R_a) које се најчешће користи као параметар за одређивање квалитета обраде површине (класе храпавости), (слика 14).

Средња линија m је линија која сече профил обрађене површине, тако да је у границама референтне дужине збир квадрата одступања свих тачака минималан.

Максимална висина неравнина (R_{max}) је растојање између две праве, паралелне са средњом линијом профила.



Слика 14. Средња аритметичка вредност одступања [12]

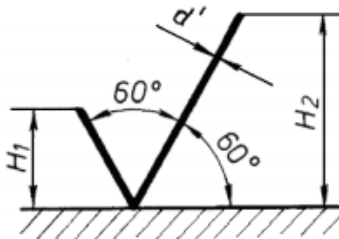
На основу средњег одступања (R_a), површинска храпавост машинских делова се разврстава у 12 класа храпавости, где мања вредност приказује финији квалитет обрађене површине (Табела 1):

Табела 1. Класе храпавости

Ниво храпавости			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
Разред храпавости		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R_a [\mu m]$		0.012	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100
$R_z [\mu m]$		0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100	200	400
Ручна обрада	Грубо турпијање														
	Фино турпијање														
Ливење	У песку														
	У кокили														
Ковање	Топло, слободно														
	Топло у уковању														
	Хладно, у уковању														
Ваљање	Топло														
	Хладно														
Пескарење															
Токарење	Грубо														
	Фино														
Рендисање	Грубо														
	Фино														
Стругање	Грубо														
	Фино														
Глодање	Грубо														
	Фино														
Бушење															
Развртање															
Брушење	Грубо														
	Фино														
Полирање	Механичко														
	Електрично														
Хоновање, леповање															
Суперфиниш															

2.2.4 Ознака обрађене површине

Утврђена класа површинске храпавости се у технички цртеж уноси помоћу утврђених ознака (слика 15), које су прописане стандардом. Основна ознака за означавање квалитета обрађене површине машинског дела се састоји од два крака правих линија под углом од 60° у облику кукице:



Слика 15. Ознака за означавање квалитета површине(основни графички симбол)[13]

Основна ознака за означавање квалитета обрађене површине машинског дела садржи основне мере (Табела 2), које зависе од формата цртежа:

Табела 2. – Мере ознаке за означавање квалитета обраде

Висина H_1	5	7	10	14	20	28
Висина H_2	10	14	20	28	40	56
Дебљина линије за ознаку (d')	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Висина ознака и великих слова (h)	3,5	5	7	10	14	20

Уколико се ради о површи која се обрађује скидањем струготине, користи се основна кукица у затвореном облику (слика 16):



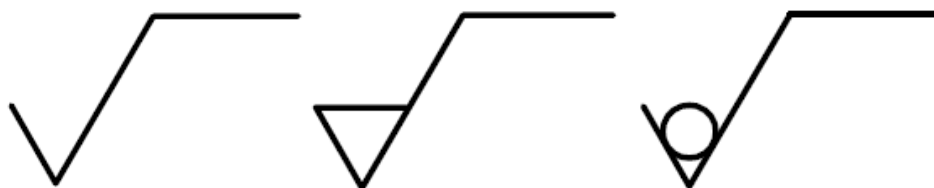
Слика 16. Кукица у затвореном облику (потребно уклањање материјала)

Док се код површина које се обрађују без скидања струготина користи основна кукица са додатком кружића (слика 17):



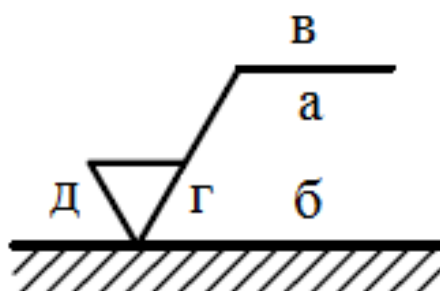
Слика 17. Основна кукица са додатком кружића (допуштено уклањање материјала)

Када је потребно дописивање неких допунских ознака, дужем краку било ког облика кукице, додаје се наставак у облику хоризонталне линије чија дужина зависи од дужине допунске ознаке (слика 18):



Слика 18. Кукица са наставком у облику хоризонталне линије

Збирни знак за додатне ознаке (слика 19):

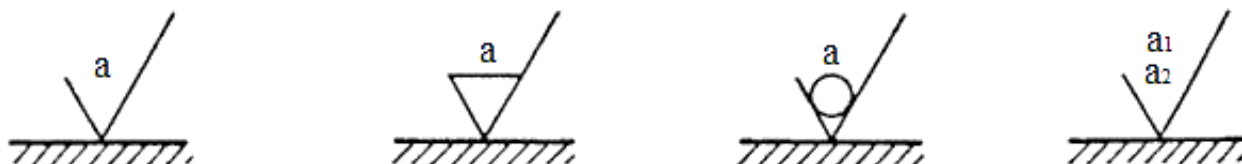


Слика 19. Збирни знак за додатне ознаке [15]

- а → параметар храпавости
- б → други или више параметара храпавости
- в → метод производње, поступак или превлака
- г → правац простирања неравнина
- д → додатак за машинску обраду

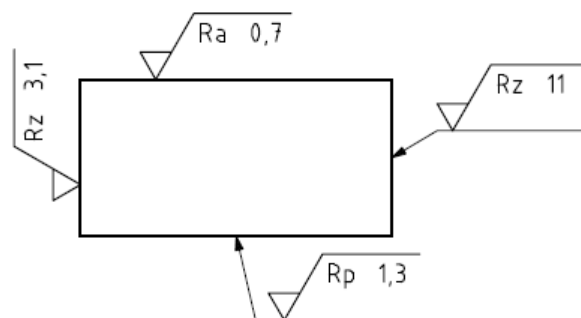
2.2.5 Ознаке површинске храпавости

Вредности површинске храпавости се додају ознакама квалитета обрађене површине на следећи начин (слика 20):



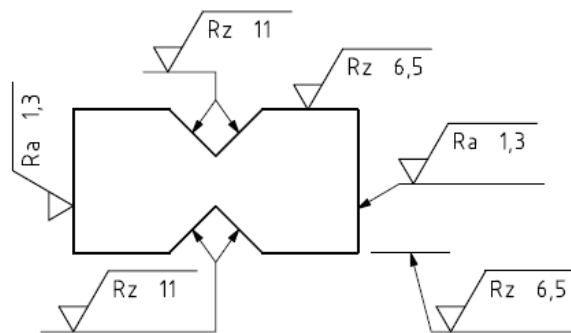
Слика 20. Ознаке површинске храпавости

На цртежима се кукице за означавање квалитета храпавости површина, по могућности, постављају тако да се читавају одоздо и са десна, према (слика 21).



Слика 21. Приказ положаја кукица у односу на заглавље цртежа

Кукице се увек постављају са оне стране са које се врши обрада дотичне површине, а у случају да нема довољно места, може се поставити и на линију продужетка контуре (слика 22) [1].

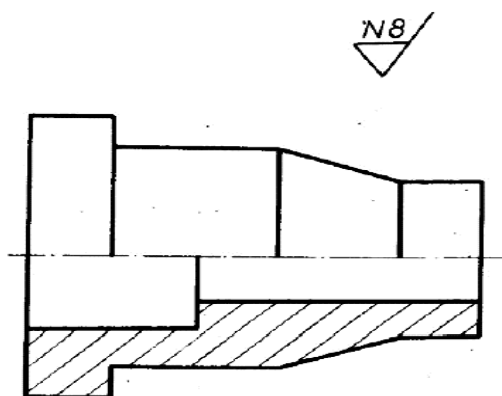


Слика 22. Приказ начина исписивања кукица [1]

Када је назначена само једна вредност, она представља максималну дозвољену вредност површинске храпавости изражену главним критеријумом храпавости R_a или одговарајућом класом храпавости (на пример: $a = N9$ или $a = 6,3$).

Назначена највећа и најмања гранична вредност главног критеријума приказују обе вредности тако да вредност финијег квалитета обраде (a_1) буде изнад вредности грубље обраде (a_2) (на пример: $a_1=1,6$ и $a_2=6,3$, односно $a_1=N7$ и $a_2=N9$).

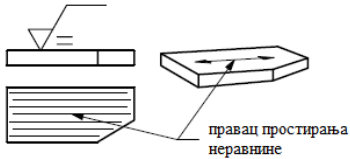
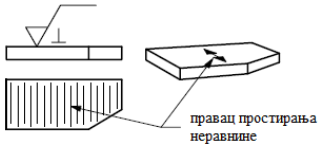
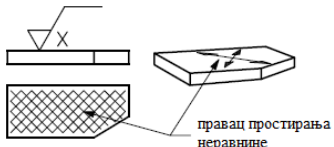
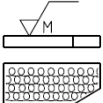
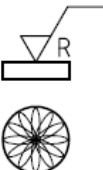
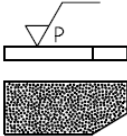
Уколико све површине треба да имају исти квалитет обраде, ознака се не ставља на сваку од површина, већ се прописује заједничка ознака која се поставља у десном горњем углу цртежа (слика 23):



Слика 23. Пример означавања обраде истог квалитета

Правац простирања неравнина прописује се следећим знацима (Табела 3):

Табела 3. Начини означавања правца простирања неравнина [14]

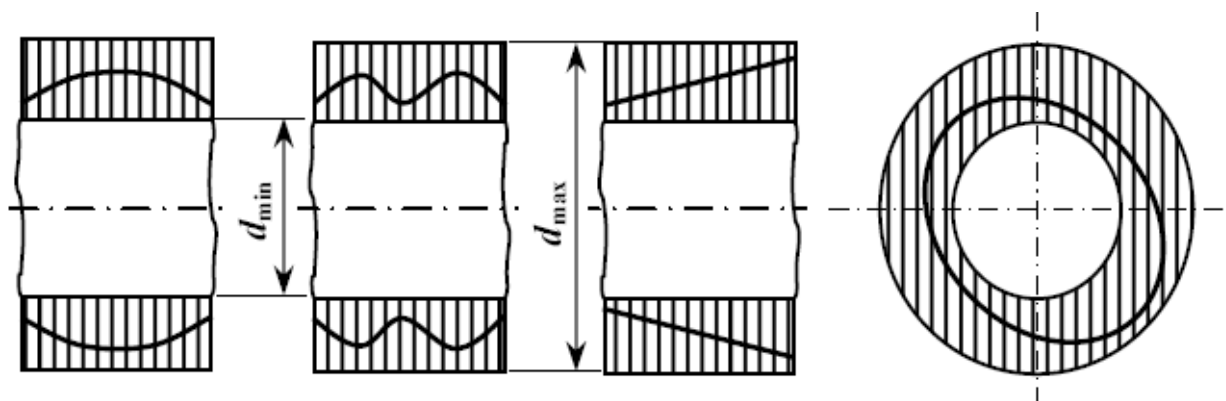
Графички симбол	Објашњење и пример	
=	Равни жлебови, паралелни са контурном линијом приказане површине.	
⊥	Равни жлебови, управни на контурну линију приказане површине.	
X	Равни унакрсни жлебови у два смера релативно закошени према пројекцији у којој је кукица уписана.	
M	Жлебови усмерени у релативно више правца према пројекцији у којој је кукица уписана.	
C	Приближно кружни жлебови распоређени према средини површине на којој је кукица уписана.	
R	Приближно радијални жлебови распоређени према средини површине на којој је кукица уписана.	
P	На површини нема трагова резања, на пример, код пескираних површина.	
Ако се правци простирања неравнина не могу дефинисати овим знацима, онда то треба посебно написати на цртежу.		

2.3 Толеранције облика и положаја

Услови функције и монтаже машинских делова захтевају одређену тачност облика и положаја. У ту сврху се користе толеранције облика и положаја чије се ознаке уносе у техничке цртеже и њима се дефинише дозвољено одступање од идеалног облика или положаја. На тај начин се одређује област у којој посматрана карактеристика предмета мора да се нађе након обављене обраде.

На исправно функционисање машинских делова, поред одступања дужинских мера, утичу и одступања њиховог облика и положаја (слика 24).

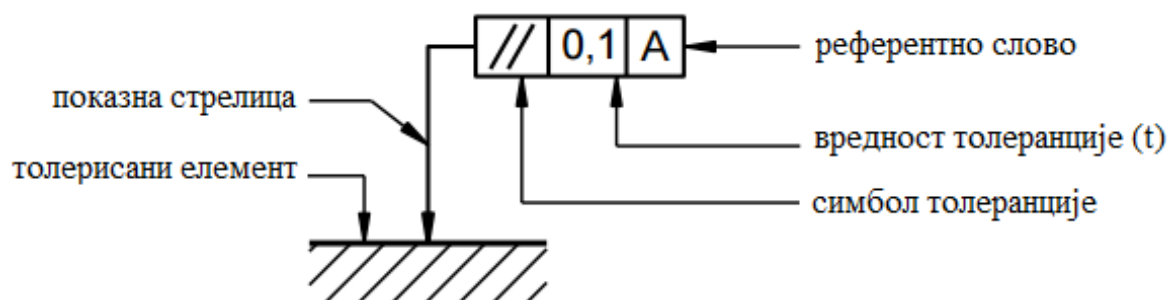
Сагласно дефинисаном толеранцијском пољу код толеранције дужинских мера, код толеранције облика и положаја дефинише се толеранцијски простор. То је простор који лежи између контура које би имали делови израђени са доњим и горњим граничним мерама. Контура исправно израђеног дела мора лежати унутар овог простора.



Слика 24. Примери одступања геометријских облика – Стварне контуре леже у толеранцијском простору

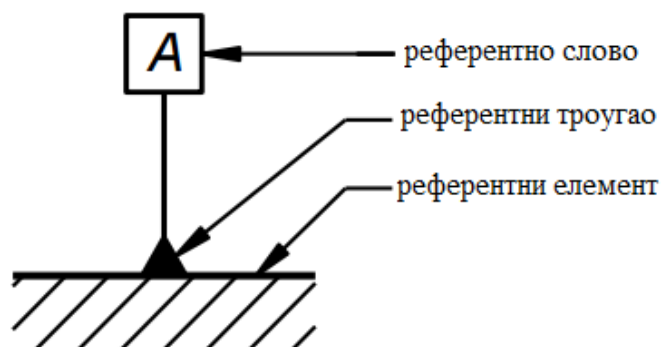
2.3.1 Ознаке толеранција

Ознаке толеранције облика (слика 25) и положаја се уписује у квадратни оквир. Уколико је потребно употребљава се правоугаоник састављен из више области за уписивање неопходних ознака:



Слика 25. Ознаке толеранција облика и положаја

Често се ознака толеранције облика и положаја односи на неку референтну површину, па се у том случају за њу користи ознака (слика 26):



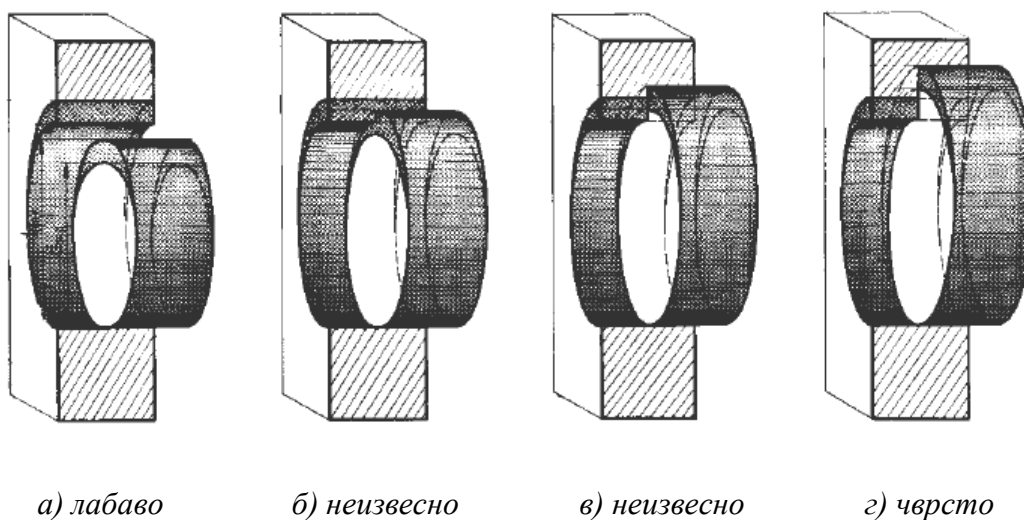
Слика 26. Ознаке толеранције облика и положаја – референтна површина

3. Врсте налегања и системи налегања

3.1 Подела налегања

Налегање је склоп два машинска дела, осовине и чауре, истих називних мера (слика 27). Налегање зависи од односа стварних мера склапаних делова пре монтаже. Зато налегање може бити:

- лабаво,
- чврсто,
- неизвесно.



Слика 27. Врсте налегања

3.1.1 Лабаво налегање

Лабаво налегање је склоп два машинска дела, осовине и чауре, истих називних мера, када је стварна мера исправно израђене чауре (отвора) увек већа од стварне мере исправно израђене осовине (слика 30 а). Делови у склопу са лабавим налегањем имају лаку покретљивост. Користе се за покретне везе машинских делова. Могу пренети само радијална оптерећења.

Највећи зазор (горњи зазор) (Z_g), настаје када се отвор уради на највећу – горњу граничну меру (D_g), а осовина на најмању – доњу граничну меру (d_d), једначина (2):

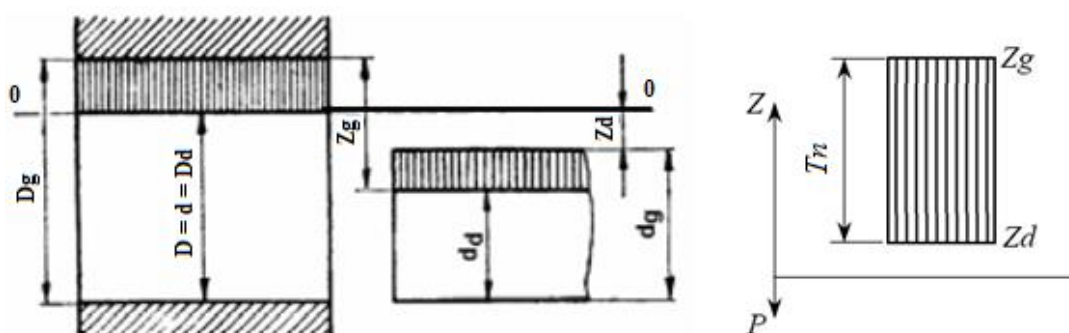
$$Z_g = D_g - d_d \quad (2)$$

Најмањи зазор (доњи зазор) (Z_d), настаје када се отвор уради на најмању – доњу граничну меру (D_d), а осовина на највећу – горњу граничну меру (d_g), једначина (3):

$$Z_d = D_d - d_g \quad (3)$$

Толеранција налегања T_n , је област у којој је стварни зазор ($Z_s = D_s - d_s$) (слика 28) и једнака је збиру толеранција отвора (T) и осовине (t), једначина (4).

$$T_n = Z_g - Z_d = T + t \quad (4)$$



Слика 28. Лабаво налегање

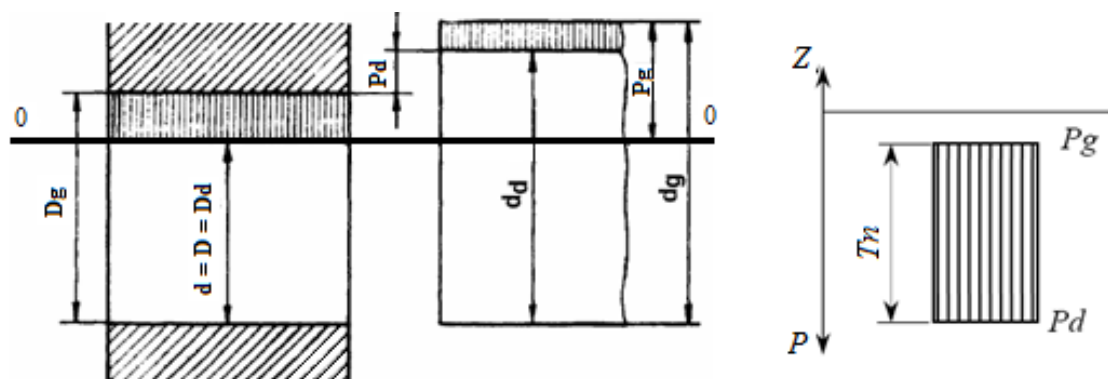
3.1.2 Чврсто налегање

Чврсто налегање је склоп два машинска дела, осовине и чауре, истих називних мера, када је стварна мера исправно израђене осовине увек већа од стварне мере исправно израђене чауре (слика 27 г) и 29). Чврстим налегањем онемогућено је релативно кретање делова у склопу. Ово налегање се остварује дејством спољашњег оптерећења или, загревањем односно хлађењем делова.

Користи се за преношење свих видова оптерећења:

- аксијалних,
- радијалних,
- инерцијалних сила и спрегова сила, односно обртних момената.

После остварене монтаже, било под дејством спољашњег оптерећења, било термичким дејством (загревањем или хлађењем), стварне мере отвора и осовине постају једнаке.



Слика 29. Чврсто налегање

Највећи преклоп (горњи преклоп) P_g настаје када се осовина уради на највећу – горњу граничну меру (d_g), а отвор – чаура на најмању – доњу граничну меру, једначина (5) (D_d):

$$P_g = D_d - d_g \quad (5)$$

Најмањи преклоп (доњи преклоп) P_d настаје када се осовина уради на најмању – доњу граничну меру (d_d), а отвор – чаура на највећу – горњу граничну меру (D_g), једначина (6):

$$P_d = D_g - d_d \quad (6)$$

Толеранција налегања T_n је област у којој је стварни преклоп $P_s = D_s - d_s$. Једнака је збиру толеранција отвора (T) и осовине (t), једначина (7):

$$T_n = P_g - P_d = T + t \quad (7)$$

3.1.3 Неизвесно налегање

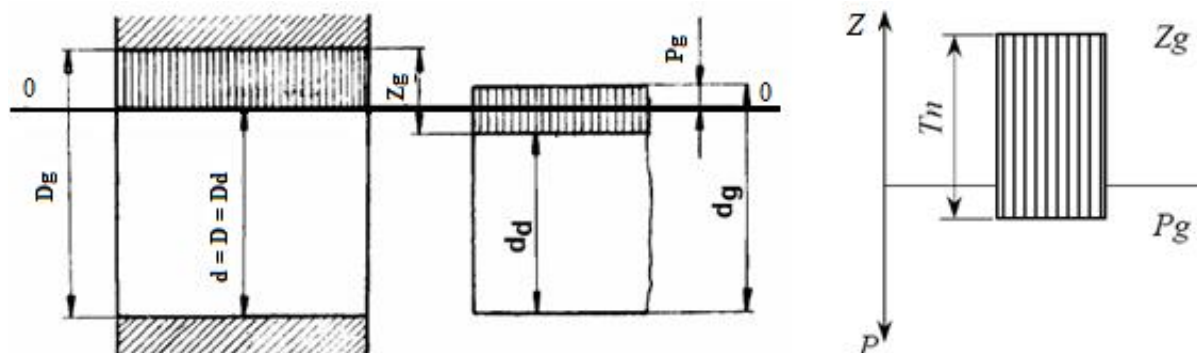
Неизвесно налегање је склоп два машинска дела, осовине и чауре, истих називних мера, чија се толеранцијска поља делимично или у специјалном случају потпуно преклапају. Зависно да ли ће после израде бити већи пречник осовине или чауре, у резултату мерења стварних мера ће се појавити зазор или преклоп (слика 27 б), в) и 30). Неизвесност у погледу исхода монтаже делова условљава примену овог налегања на преношење само радијалног оптерећења. Основна примена овог налегања је на центрирање и фино подешавање спајаних делова.

Највећи преклоп (горњи преклоп) P_g настаје када се осовина уради на највећу – горњу граничну меру (d_g), а отвор – чаура уради на најмању – доњу граничну меру (D_d), једначина (8):

$$P_g = D_d - d_g \quad (8)$$

Највећи зазор (горњи зазор) Z_g настаје када се отвор уради на највећу – горњу граничну меру, (D_g), а осовина на најмању – доњу граничну меру (d_d), једначина (9):

$$Z_g = D_g - d_d \quad (9)$$



Слика 30. Неизвесно налегање [16]

Толеранција налегања T_n је област у којој је стварни преклоп или стварни зазор једнак збиру толеранција отвора (T) и осовине (t), једначина (10):

$$T_n = P_g + Z_d = T + t \quad (10)$$

3.2 Системи налегања

Називна мера служи као основа за дефинисање граничних мера и одступања. При формирању налегања треба смањити број могућих комбинација толеранцијских поља, а истовремено из саме ознаке омогућити препознавање врсте налегања (слика 31). У том циљу ISO систем толеранција прописује два система налегања:

- систем налегања заједничке толеранције унутрашње мере
- систем налегања заједничке толеранције спољашње мере

Положај толеранцијског поља зависи од изабраног система налегања:



Слика 31. Системи налегања [6]

3.3 Означавање налегања

Ознака налегања се састоји од називне мере, словне ознаке положаја толеранцијских поља за унутрашњу и спољашњу меру и, бројчане ознаке квалитета толеранције. Да би ознака била прегледна, подаци о унутрашњој и спољашњој мери су одвојени косом или хоризонталном цртом (Пример 1 и Пример 2).

Пример 1:

Иза заједничке називне мере исписује се толеранција рупе, а затим толеранција осовине, на један од следећих начина:

$$50H6/g7 \text{ или } 50 \frac{H6}{g7} \text{ или } 50H6-g7 \quad (\text{Пр.1})$$

Пример 2:

У случају да је реч о кружној мери, испред називне мере исписује се знак „Ø”:

$$\varnothing 50H6/g7 \text{ или } \varnothing 50 \frac{H6}{g7} \text{ или } \varnothing 50H6-g7 \quad (\text{Пр.2})$$

3.4 Избор налегања

Избор налегања првенствено зависи од функције коју склоп треба да извршава. Разликују се:

- функционалне мере, мере које утичу на функционалност дела,
- монтажне мере, мере које утичу на склапање делова међу собом,
- технолошке мере, мере које су погодне за прихватање делова при њиховој обради и
- слободне мере, представљају све остале мере које немају нарочитог утицаја на функционалност, ни на монтажу, ни израду.

Ако се не располаже прецизним подацима о величинама радних зазора и преклопа, они се могу проценити на основу познатих радних услова. У том циљу, ISO систем даје препоручена налегања (Табела 4). Ова налегања подељена су у три степена приоритета, са смерницама о домену примене. Код одговорних склопова, избор налегања је диктиран строго прописаним величинама радних зазора и преклопа. У овом случају изабрано налегање не мора припадати скупу препоручених налегања, па се могу примењивати и остала налегања у оквиру ISO система. Одговорност за свако прописано налегање сноси конструктор [1].

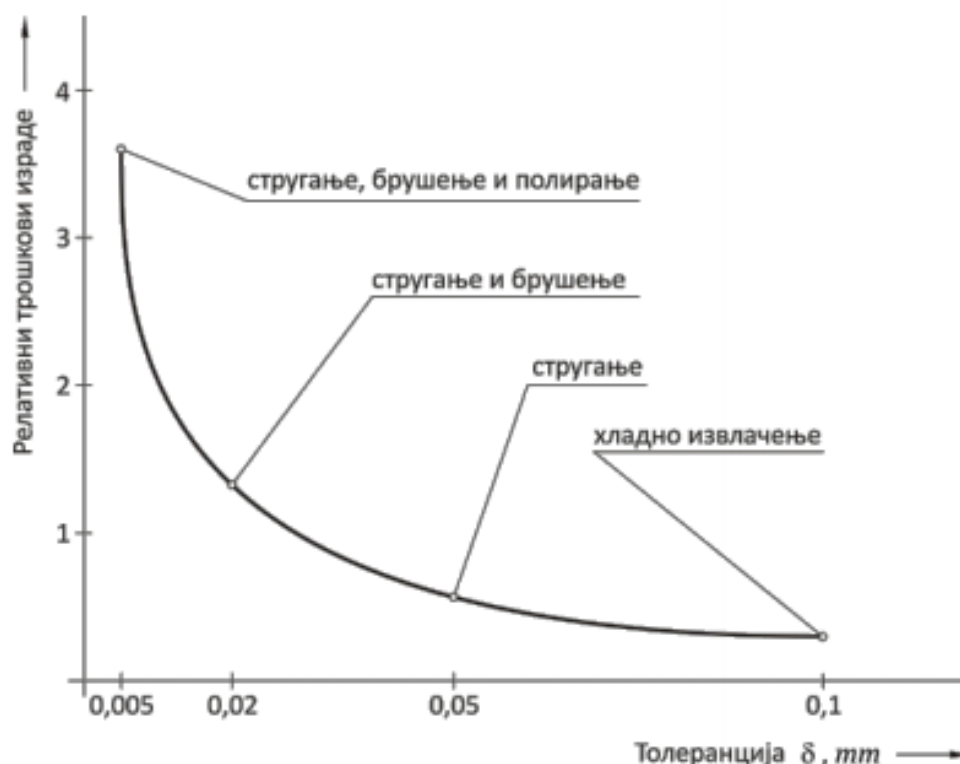
Табела 4. Смернице за избор налагања, за називне мере до 500mm

Врсте налагања	Систем основне рупе			Систем основне скопине			Карактеристике налагања
	1. степен приоритета	2. степен приоритета	3. степен приоритета	1. степен приоритета	2. степен приоритета	3. степен приоритета	
Добра налагања		H11/a11 H11/c11 H8/d9 H11/d9	H11/b11, H8/c9 H9/d10, H11/d11 H9/c9	H9/C11 H9/D10 H9/E9	H11/A11 H11/C11 H11/D10	H11/B11, h8/B8 h8/C9, h8/D9 h11/D9, h11/D11 h8/E8	Врло велики, односно велики зазор
	H7/h7 H8/h8	H7/g6	H7/h6, H8/h9, H9/h8	H6/F8 H9/F8		H6/F7, h8/F7 h8/F8	Приметан зазор
		H8/g6	H6/g5		H6/G7	H5/G6	Мали зазор
	H7/h7 H8/h9	H9/H11 h11/H11	H6/h5, H8/h8, H13/h13 H9/h8, H9/h9 H11/h11, H12/h12	H6/H7 H9/H8	H11/h9 H11/h11	H5/H6, h8/H8, h8/H9 h9/H9, h11/H9, h12/H12 h13/H13	Врло мали зазор
Невешта налагања		H7/j6	H6/j5, H6/j6			H5/I6, h6/J7	Врло мали или сасвим мали преклоп
		H7/k6	H6/k5, H6/k6			H5/K7, h6/K7	Врло мали зазори или врло мали преклоп
			I16/m6, I17/m6			H5/M6, h6/M7	Сасвим мали зазори или мали преклоп
	H7/n6		H6/n5			H5/N6, h6/N7	Мали преклоп. Могућ сасвим мали зазор
Чирета налагања	H7/r6		H6/p5, H7/p6 H6/r5			H5/P6, h6/P7 h5/R6	Знатан преклоп
		H7/s6	H6/s5, (до 100 mm) H6/t5 (25 до 65 mm) H7/t6 (25 до 200mm)			H5/S6, (до 100mm) h6/S7 h5/T6 (25 до 80 mm) h6/T7 (25 до 200 mm)	Велики преклоп
	H8/u8 (изнад 24 mm)	H8/x8 (25 до 355mm)	H6/u5, (до 24mm) H7/u6 (до 140 mm) H8/x6 (до 65mm) H7/z6 (до 40 mm) H7/za6 (до 10mm) H8/z68 (до 10mm) H8/zc8 (до 10mm)			H5/U8, (до 24 mm) h6/U7 (до 140 mm) h6/X7 (до 65 mm) h6/Z7 (до 40 mm) h8/Z8 (до 160 mm) h6/ZA7 (до 10 mm) h8/ZB8 (до 10 mm) h9/ZB9 (до 10 mm) h8/ZC8 (до 10 mm) h9/ZC8 (до 10 mm)	Врло велики преклоп
	H8/x8 (до 24 mm)						

При формирању налегања потребно је изабрати:

- систем налегања,
- положај толеранцијских поља спољашње и унутрашње мере,
- квалитет толеранција за спољашње и унутрашње мере

Приликом избора система налегања, предност треба дати систему налегања заједничке унутрашње мере. Систем налегања заједничке спољашње мере користи се при формирању налегања применом стандардних вучених и ваљаних полуфабриката. Квалитет толеранција највише утиче на исправан рад (функцију) и економичност разматраног склопа. Уска толеранцијска поља, тј. фини квалитети толеранција, налажу стручну радну снагу, прецизне машине за израду, прецизан мерни и контролни прибор. Ови радни услови знатно повећавају трошкове производње (дијаграм на слици 32). Зато, при избору квалитета толеранција и толеранцијског поља, треба направити такво варијантно решење, да избором првог грубљег квалитета од усвојеног, машински склоп не би могао нормално да функционише. Квалитети толеранција за спољашњу и унутрашњу меру треба да буду исти или, да квалитет толеранција унутрашње мере буде грубљи (да има већи број) за један или максимално два степена, у односу на квалитет толеранција спољашње мере.



Слика 32. Дијаграм зависности трошкова производње од величине толеранције [2]

4. Толеранције слободних мера

Величина толеранције слободних мера одређује се на бази искуства о тачности израде која се постиже одређеним производним поступком. Толеранције слободних мера, према ISO стандарду, разврстане су у 12 подручја називних мера од 0,5 до 2000 mm и у четири степена тачности:

- фини
- средњи
- груби
- врло груби

Зависе од производних поступака, односно машина алатки које се користе у појединачном случају. У (Табели 5) дата су дозвољена одступања слободних мера са четири степена тачности, остварена скидањем струготине.

Табела 5. Дозвољена одступања слободних мера према ISO стандарду [6]

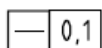
Класе толеранција		Дозвољена одступања називних мера у mm							
Ознака	Опис	0,5 до 3	преко 3 до 6	преко 6 до 30	преко 30 до 120	преко 120 до 400	преко 400 до 1000	преко 1000 до 2000	преко 2000 до 4000
f	фина	±0,05	±0,05	±0,10	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	средња	±0,10	±0,10	±0,20	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	груба	±0,20	±0,30	±0,50	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	врло груба	-	±0,50	±1,00	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

5. Толеранције облика и положаја –допуна из стандарда ISO 1101:2012 (Е)

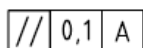
5.1 Ознака геометријске толеранције

Захтеви који се односе на геометријске толеранције су приказани у правоугаоном оквиру који је подељен у два или више поља. Ова поља деле се, с лева на десно, према следећем редоследу (слике 33, 34, 35, 36 и 37):

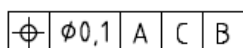
- прво поље: симбол за геометријске карактеристике;
- друго поље: ширина толеранцијске зоне у јединици која се користи за линеарне димензије и комплементарне захтеве. Ако је толеранцијска зона кружна или цилиндрична, пре вредности користи се симбол „ ϕ “. Ако је толеранцијска зона сферична, пре вредности се користи симбол „ $S\phi$ “.
- трећи и последњи пример, користи се ако је потребно: слова која служе за референтне ознаке или заједничке ознаке или ознаке система (слике 34, 35, 36 и 37).



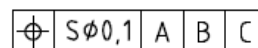
Слика 33.



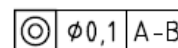
Слика 34.



Слика 35.

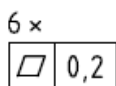


Слика 36.

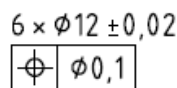


Слика 37.

Када се толеранција односи на више од једног елемента, то мора бити наведено изнад оквира толеранције према броју карактеристика који су праћени симболом „ $\times$ “ (слике 38. и 39.).

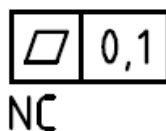


Слика 38.



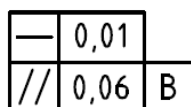
Слика 39.

Ако је потребно, симбол за облик неког елемента унутар толеранцијске зоне биће написан у близини ознаке толеранције (слика 40).



Слика 40.

Ако је потребно навести више од једне геометријске карактеристике за елемент, захтеви се могу дати у толеранцијским оквирима један испод другог ради прегледности (слика 41).



Слика 41.

Ако је потребно, уносе се ознаке које дефинишу правац зоне толеранције, а пишу се после ознаке за толеранцију, на пример ознака равни пресека, која ће да укаже на правац толерисаног елемента, ознака положаја равни која ће да укаже на положај зоне толеранције, ознака правца елемента која ће да укаже на правац ширине зоне толеранције [14].

5.2 Толерисани елементи

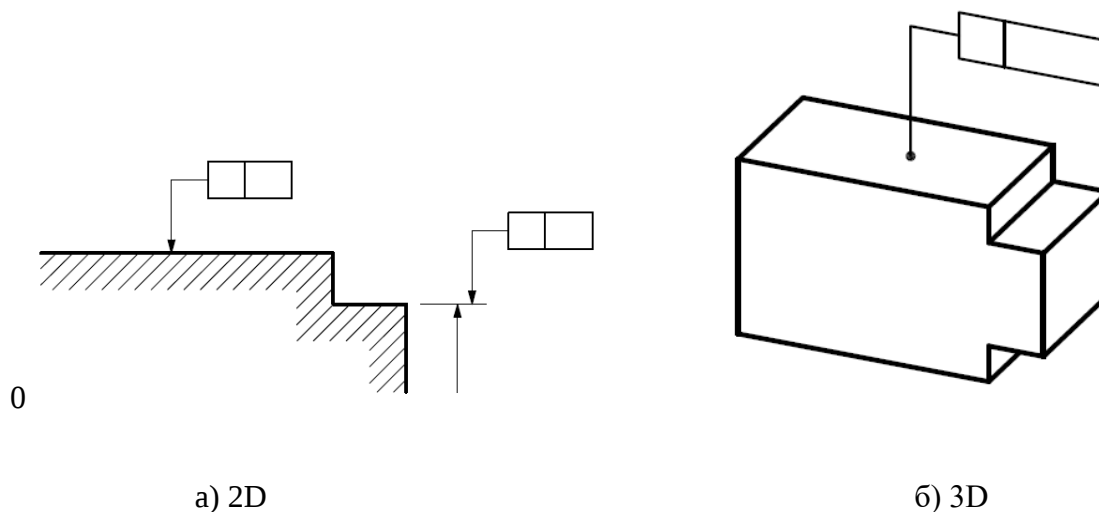
Када се геометријска толеранција односи на интегрални елемент, толеранцијски оквир мора бити повезан са толерисаним елементом, показном линијом која полази од краја оквира и завршава се на један од следећих начина:

- У 2D пројекцији, на контури елемента или на продужетку контурне линије (али јасно одвојена од котне линије), (слике 42 и 43). Завршетак показне линије је:
 - стрелица, када се завршава на контури елемента или
 - тачка (испуњена или празна), када се показна линија завршава унутар контуре елемента.

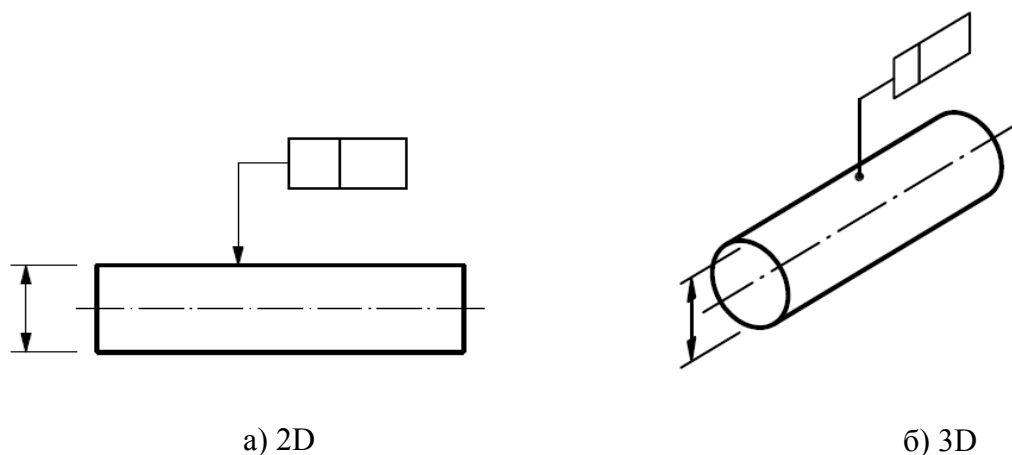
Стрелица се може ставити на референтну линију, користећи показну линију која ће да укаже на површину (слика 44).

- У 3D пројекцији, на самом елементу (слике 42 б) и 43 б)). Завршетак показне линије је тачка. Када је површина видљива, тачка се попуњава; када је површина скривена тачка није попуњена и показна линија је испрекидана линија.

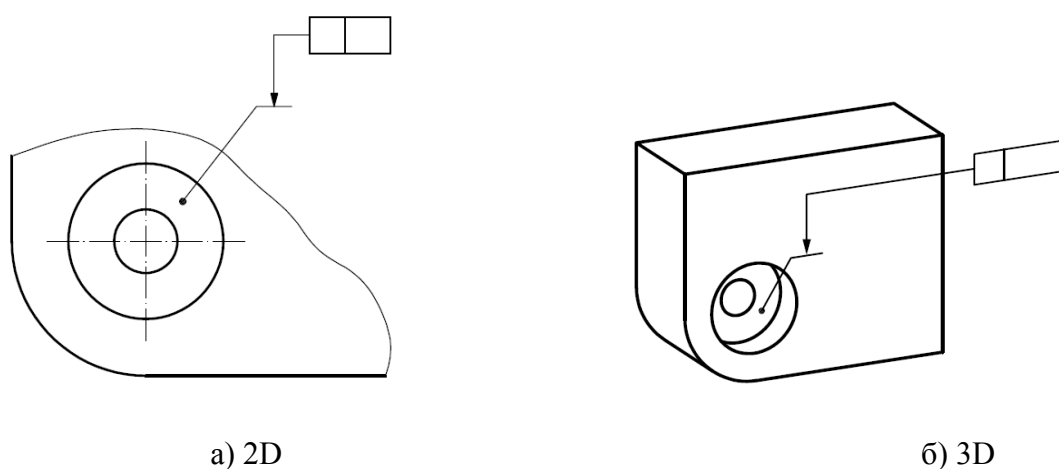
Завршетак показне линије може да буде стрелица постављена на референтну линију, чиме ће помоћу показне линије да укаже на површину (слика 44 б)).



Слика 42.



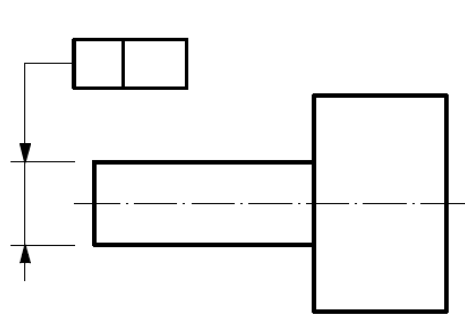
Слика 43.



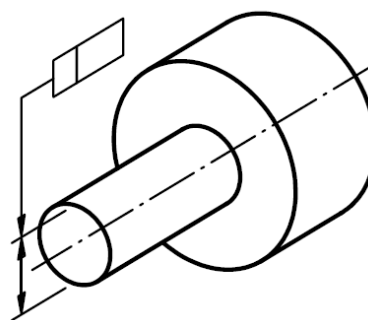
Слика 44.

Када се толеранција односи на средишну линију, средишну површину или средишну тачку онда је она назначена:

- показном линијом, која полази од краја оквира толеранције и завршава се стрелицом у правцу котне линије карактеристичне величине (слике 45 а), 45 б), 46 а) 46 б), или
- ознаком $\textcircled{A}$ (средишни елемент) постављене на десном делу другог поља оквира са леве стране показне линије. У овом случају, показна линија почиње од краја толеранцијског оквира и не мора да се поклопи са котном линијом, већ може да се ослони стрелицом на контуру елемента (слике 47 а) 47 б)).

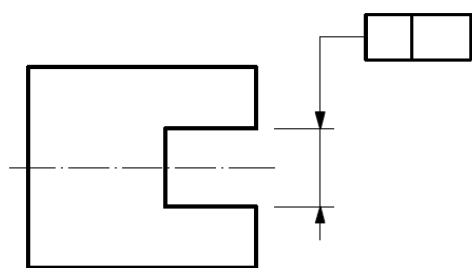


а) 2D

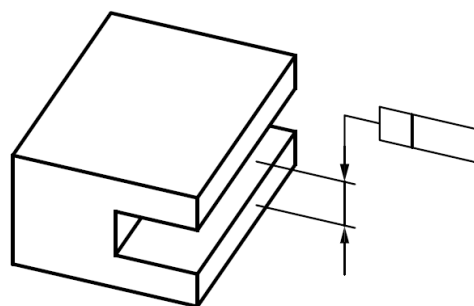


б) 3D

Слика 45.

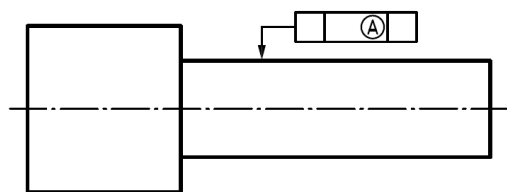


а) 2D

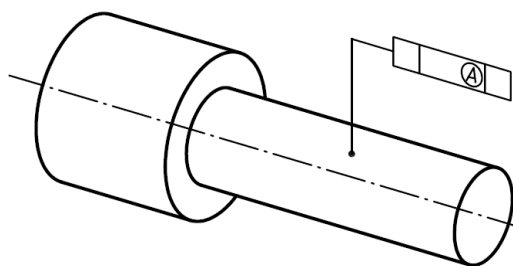


б) 3D

Слика 46.



а) 2D

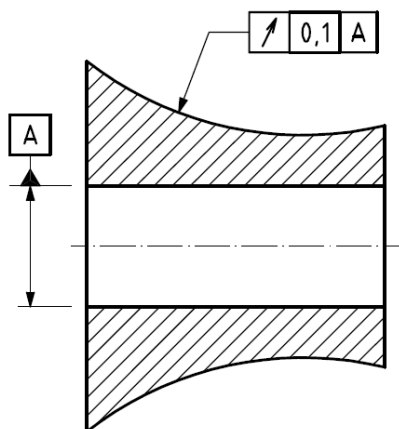


б) 3D

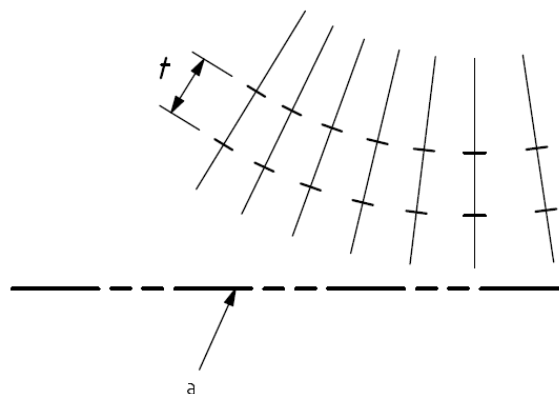
Слика 47. [14]

5.3 Толеранцијска зона

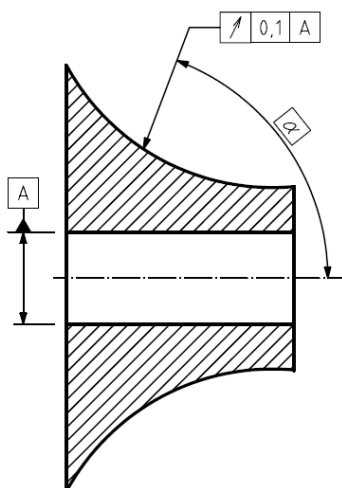
Толеранцијска зона позиционирана је симетрично од идеалног облика осим уколико није другачије назначено. Вредност толеранција дефинише ширину толеранцијске зоне. Ова ширина се наноси нормално на одређени геометријски облик (слике 48 и 49), осим ако није другачије назначено (слике 50 и 51).



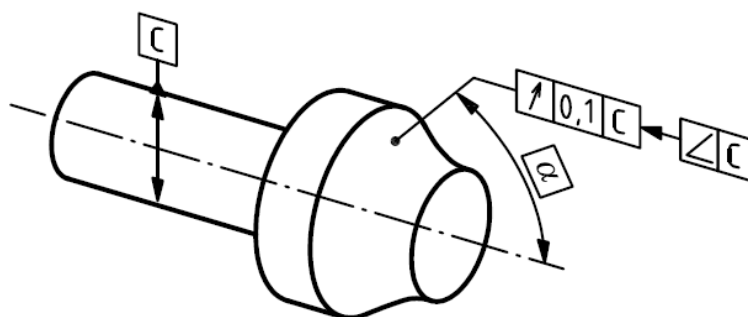
Слика 48. Пресек дела



Слика 49. Објашњење



а) 2D.Пресек дела

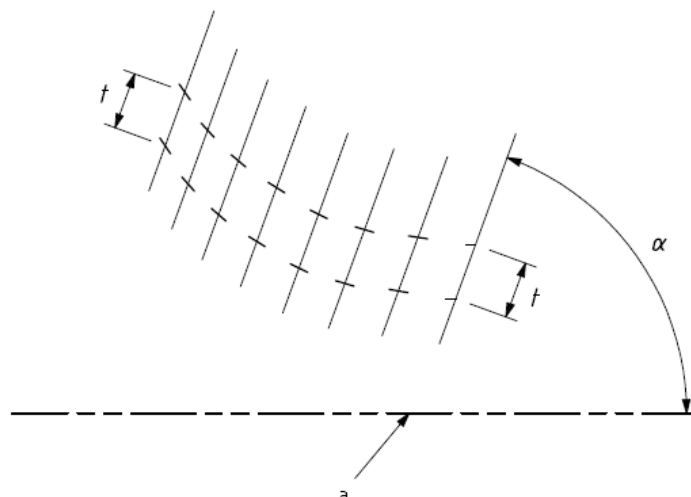


б) 3D

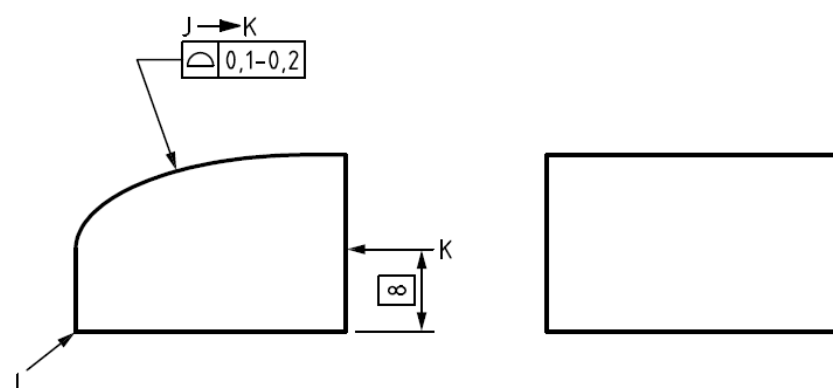
Слика 50.

Када је правац елемента назначен као што је приказано на слици 50, ширина толеранцијске зоне је дефинисана од стране бесконачног низа правих сегмената, у правцу који показује индикатор правца елемента. Сваки од ових сегмената има дужину која је једнака вредности толеранције и има своје средиште које се налази у теоријском облику толеранцијске зоне која се подразумева.

Вредност толеранције је константна дуж посматраног дела, уколико није другачије назначено. Слова која идентификују локације су раздвојена стрелицом (слика 52 за ограничене делове елемента). Вредности се односе на наведене локације на посматраном елементу аналогно словима назначеним у оквиру толеранције (нпр. на слици 20 је вредност толеранције 0,1 за локацију J и 0,2 за локацију K).



Слика 51. Објашњење



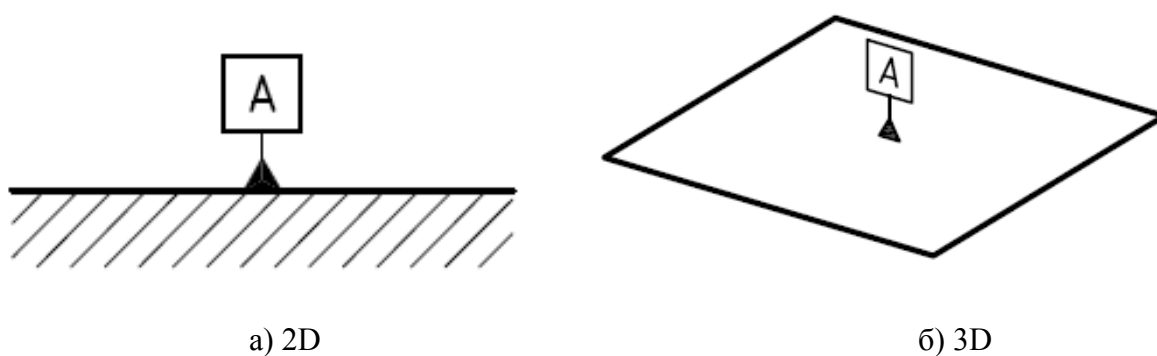
Слика 52.

Угао α приказан на слици 50 ће бити наведен, чак и ако је једнак углу од 90° .

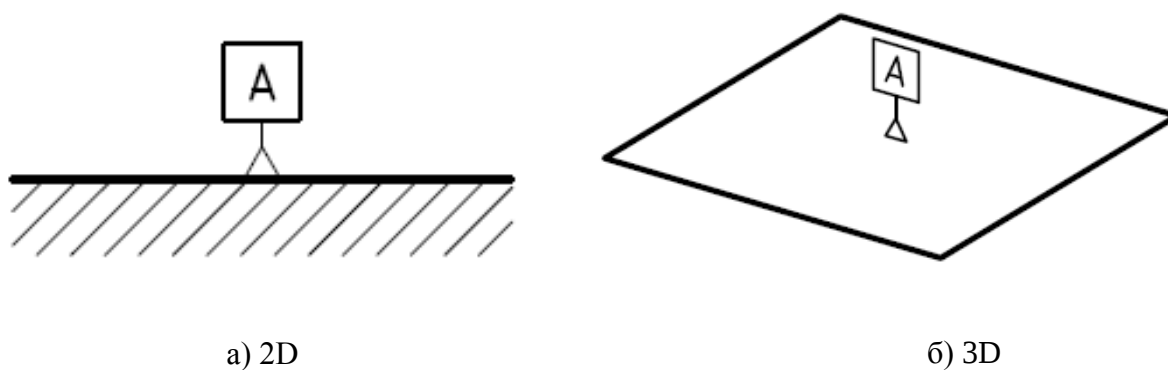
У случају заобљености, ширина толеранцијске зоне увек се примењује у равни управној на номиналну осу [14].

5.4 Ознака референтног елемента

Ознака референтног елемента се односи на онај геометријски елемент који у примени толеранције облика или положаја служи као полазна база. Обележава се великим словом које се уноси у оквир ознаке и повезан је испуњеном или празном ознаком троугла за елемент на који се односи (слике 53 а), 53 б) и слике 54 а) 54 б)). Исто слово који дефинише референтни елемент мора бити наведено у оквиру толеранције. Не постоји разлика у значењу између попуњеног и празног троугла ознаке.



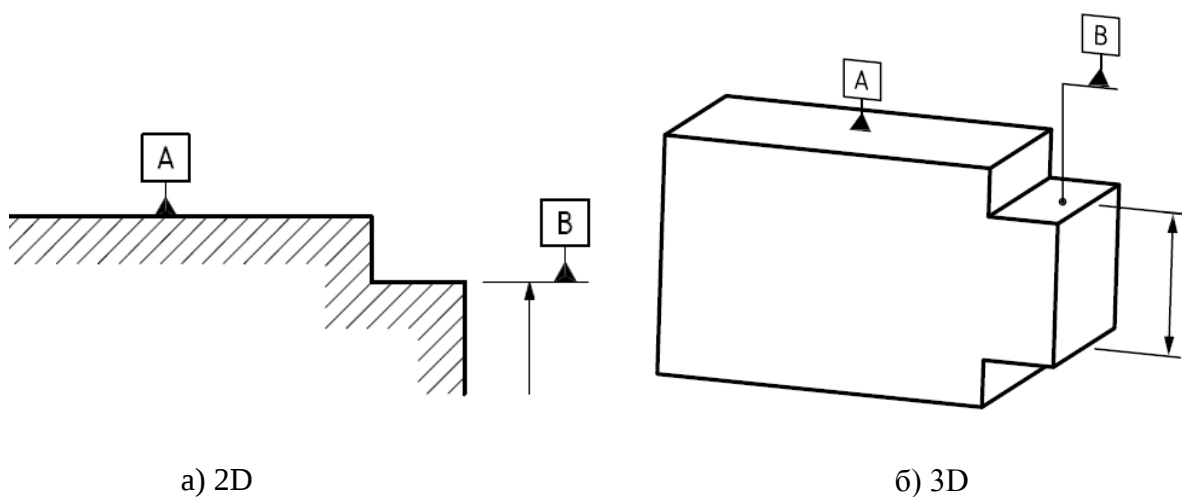
Слика 53.



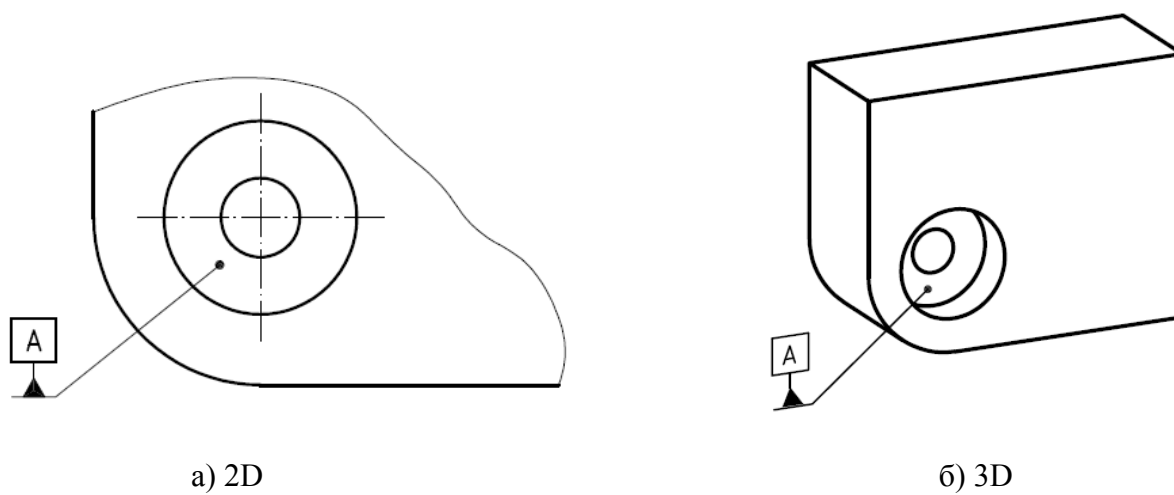
Слика 54.

Ознака референтног елемента поставља се:

- У 2D пројекцији, на контури елемента или продужетку контурне линије (али јасно одвојена од котне линије), када је ознака представљена линијом или површином (слика 55); ознака референтног елемента може бити постављена на показну линију, која упућује на површину (слика 56);

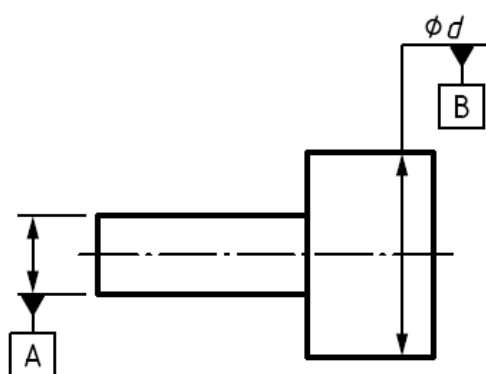


Слика 55.

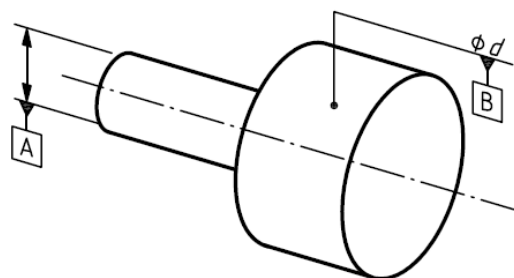


Слика 56.

- У 3D пројекцији биће наведен један од следећих начина, (слика 55 б) и (слика 56 б):
 - За видљиве делове:
 - на самом делу или
 - на показној линији која се завршава испуњеном тачком, која указује на елемент
 - За невидљиве делове:
 - на испрекиданој показној линији која се завршава непопуњеном тачком, која указује на елемент, или
 - на додатну линију постављену тангенцијално у односу на елемент и под правим углом у односу на контуру елемента.
- На продужетку котне линије, када се ознака односи на средишне елементе (слике 57а) до 59а)) за 2D пројекцију и (слике 57б) до 59б)) за 3D пројекцију; ако нема довољно простора за две стрелице, једна од њих може бити замењена ознаком троугла (слике 58а) и 59а)) за 2D пројекцију и (слике 58б) и 59 б)) за 3D пројекцију.

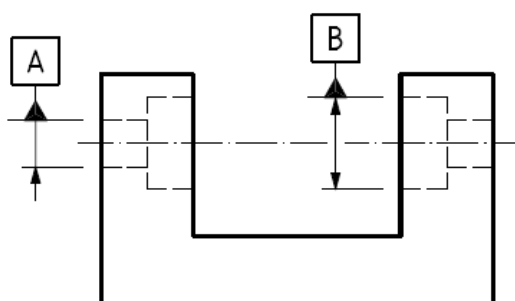


а) 2D

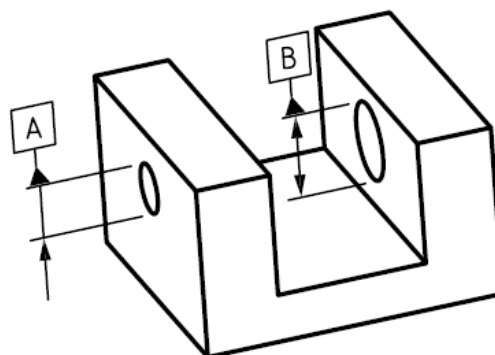


б) 3D

Слика 57.

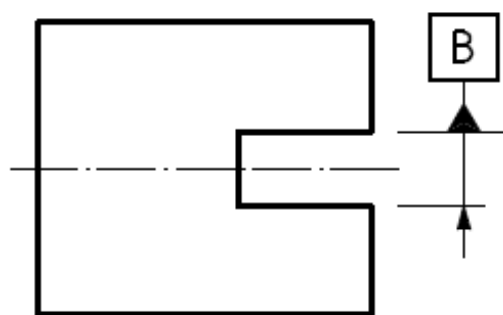


а) 2D

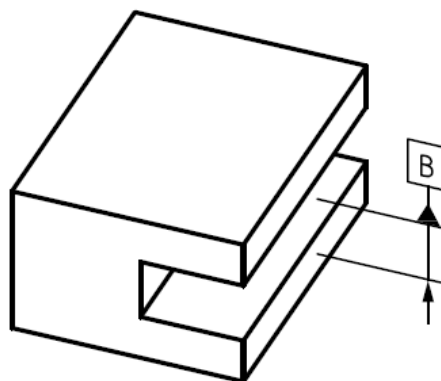


б) 3D

Слика 58.



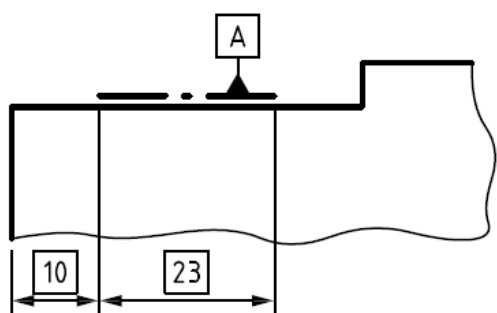
а) 2D



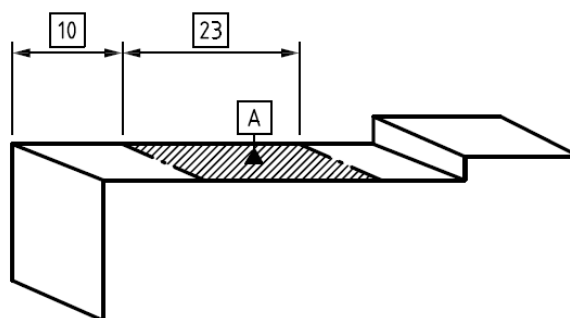
б) 3D

Слика 59.

Ако се ознака примењује на ограниченом делу самог елемента, ова област ће бити приказано као широка, испрекидана црта – тачка – црта линија и димензионисана (слика 60) [14].



а) 2D

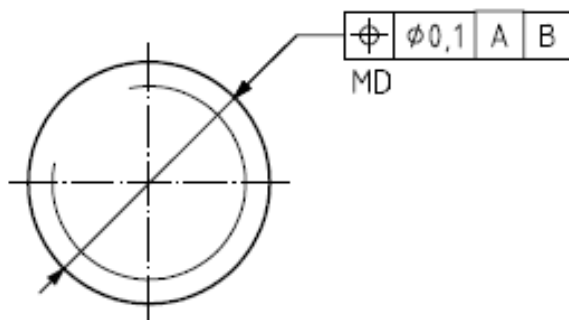


б) 3D

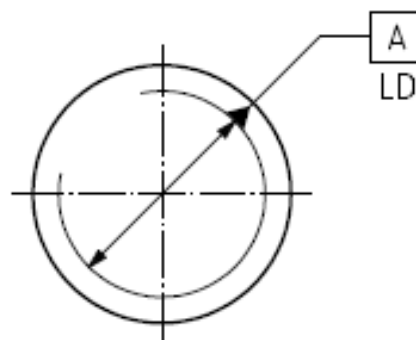
Слика 60.

5.5 Пример означавања база код навоја

Када се прописују геометријске толеранције или базе, којима се дефинише навој, онда се оне морају посебно означити словима (нпр. PD за средњи пречник, MD за већи пречник, LD за мањи пречник), (слике 61 и 62). На сличан начин се означавају толеранције и базе за озубљења [1].



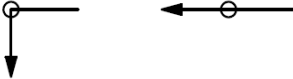
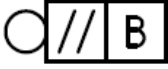
Слика 61.



Слика 62.

Табела 6. Додатни симболи [14]

Опис	Симбол
Приказ толерисане површине	
Приказ референтне површине	
Приказ помоћне базе	
Теоријски тачна димензија	
Средишни елемент	
Неједнако постављена толеранцијска зона	UZ
Између	
Од ... до	

Пројектована толеранцијска зона	
Услов максимум материјала	
Услов минимум материјала	
Дозвољен условни положај (мање крути делови)	
У оквиру профила	
Услов омотача	
Заједничка зона	CZ
Мањи пречник	LD
Већи пречник	MD
Средњи пречник	PD
Линијски елемент	LE
Неконвексан	NC
Било који попречни пресек	ACS
Правац елемента	
Приложена равна	
Равна пресека	
Одређивање положаја равни	

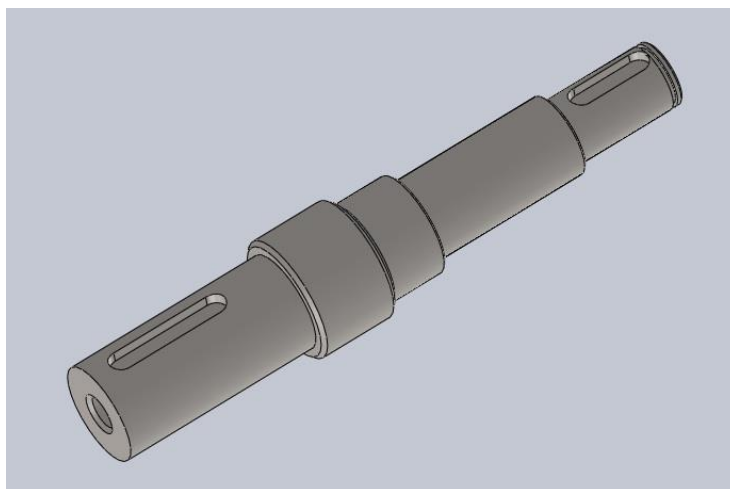
Табела 7. Символи за геометријске карактеристике[14]

Правост - је стање када је елемент површине или осе равна линија.	
Равност - је стање површине која има све елементе у једној равни.	
Кружност - описује стање површине (цилиндра, конуса, сфере), где све тачке на површини пресецају било коју раван.	
Цилиндричност - представља стање површине у којој су све тачке подједнако удаљене од заједничне осе.	
Облик линије - представља услов одступања елемента од дозвољеног профила.	
Облик површине - представља услов одступања површине елемента од дозвољеног профила.	
У оквиру површине - је толеранција која се односи у оквиру површине.	
Угао нагиба - је стање површине, осе или линије који имају специфичан угао у односу на полазну тачку.	
Управност - је стање површине, осе или линије које је управно (под углом од 90°) на полазну површину или тачку.	
Паралелност - је стање површине, линије или осе, које је у свим тачкама један од другог једнако удаљен у односу на полазну површину или тачку.	
Позиција - дефинише зону у којој је оса или центар равни дозвољено да варира (теоретски гледано) од правог положаја.	
Концентричност и коаксијалност - описује стање у којем су два или више елемената, у свим комбинацијама, имају заједничку осовину.	

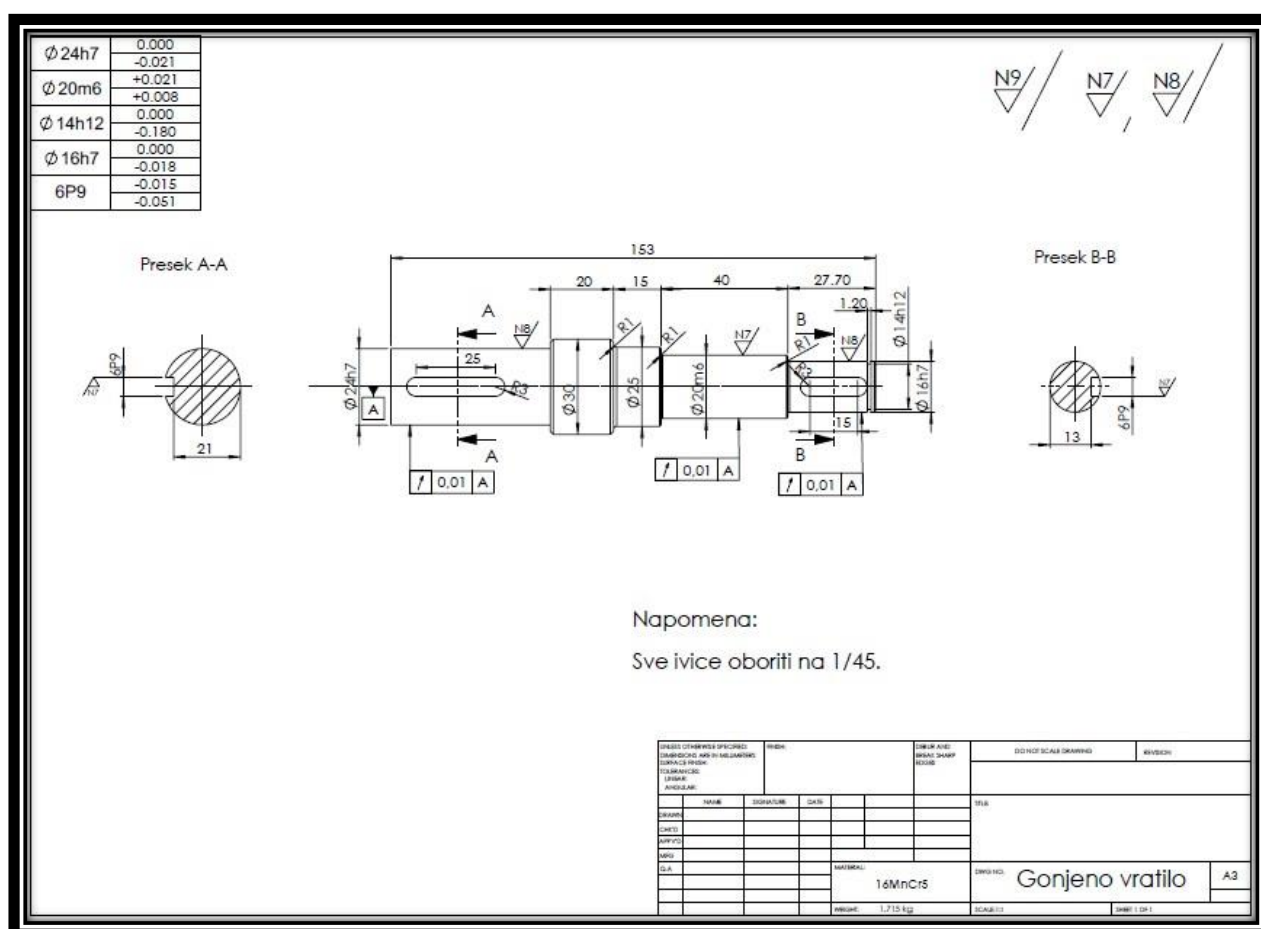
Симетричност - је стање у којем је елемент (или група елемената) подједнако удаљена у односу на централну раван или осу.	
Радијална избоченост - је одступање површине при обртању у односу на осу када се део ротира за 360°.	
Аксијална избоченост - је одступање свих површина при обртању у односу на осу када се део ротира за 360°.	
Максимално стање материјала - односи се на елемент и његов састав, односно коју максималну количину материјала садржи у наведеним границама.	
Минимално стање материјала - односи се на елемент и његов састав, односно коју минималну количину материјала садржи у наведеним границама.	
Зона пројектоване толеранције - односи се на рупу у којој ће се игла, завртањ, итд. убацити. Контролише вертикални клиренс изнад рупе.	
Референтни (полазни) елемент - геометријски елемент који у примени једне толеранције служи као полазна база.	

6. Пример примене толеранција

Пример примене толеранција вратила (слика 63) приказан је на слици 64:



Слика 63. 3D модел вратила одрађен у програму SolidWorks



Слика 64. Технички цртеж вратила са применом толеранција

7. Закључак

У овом завршном раду је детаљно обрађена тема означавање толеранција на техничким цртежима, где је објашњена примена и разлог примене толеранција.

Други део садржи обраду толеранција машинских склопова, који укључују дозвољена одступања, која се односе на толеранције дужинских мера, толеранције глаткости површине, као и толеранције облика и положаја.

Трећи део садржи поделу налегања, који укључује лабаво, чврсто и неизвесно налегање, систем налегања, на основу којег се одређује положај толеранцијског поља, као и означавање налегања и табелу на основу које се врши избор.

Четврти део садржи толеранције слободних мера, где се према дозвољеном одступању врши подела у 12 подручја називних мера на четири степена тачности, према ISO стандарду.

У петом делу је објашњена примена толеранција према новом стандарду, која укључује и додатне симболе као и симболе неопходне за геометријске карактеристике.

Шести део садржи пример примене толерација.

Да би са успехом била остварена функција конструкције, долазимо до закључка који каже да је потребно да облици и димензије машинских делова и склопова буду израђени са потребном тачношћу, као и да се после монтаже у целини обезбеди исправан рад машине. При избору толеранција и налегања, тачност и квалитет обраде представљају важан захтев, па је потребно наћи компромисна, оптимална решења за сваки машински део, водећи рачуна о улози и функцији тог дела у оквиру подсклопа, склопа и машина.

Литература

- [1] Milojević Z., Rackov M., Kuzmanović S., Knežević I., Navalusić S., Ivanović L., Vereš M., Marković B.: *Izrada konstrukcione dokumentacije*, Novi Sad , 2015.
- [2] Јовичић С., Марјановић Н.: *Основи конструисања*, ФИН, Крагујевац, 2011.
- [3] Nikolić V.: *Mašinski elementi*, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004.
- [4] Ivanović L., Erić M.: *Tehničko crtanje sa kompjuterskom grafikom -Praktikum*, FIN, Kragujevac, 2011.
- [5] Marković B., Ivanović L., Milutinović M., Trifković S., Prodanović S.: *Inženjerska grafika*, Mašinski fakultet, Istočno Sarajevo, 2015.
- [6] <https://tolerancije.wordpress.com>
- [8] <https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/design/tolerancije.pdf>
- [9] <https://www.scribd.com/document/324434157/www2-tolerancije-pdf>
- [10] https://sh.wikipedia.org/wiki/Tolerancija_hrapavosti_povr%C5%A1ine
- [11] Domazet Ž., Krtulović- Opara L.: *Osnove strojarstva*, HTN, Split, 2006.
- [12] <http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/iko/lsek/Gradivo/Kvaliteta%20povr%C5%A1in.pdf>
- [13] http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/102023/mod_resource/content/1/Lekcija%205.1_Tolerancije.pdf
- [14] Стандард ISO 1101:2012 (E)
- [15] Стандард ISO 1302:2002 (E)
- [16] <http://polj.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2014/10/Ud%C5%BEbenik-In%C5%BEenjerske-komunikacije-Radojka-Gligori%C4%87.pdf>