

# ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТОЛЕРАНЦИИ НА МЕРКИ

Микро и макро отстапувања

Слободни мерки

Функционални мерки

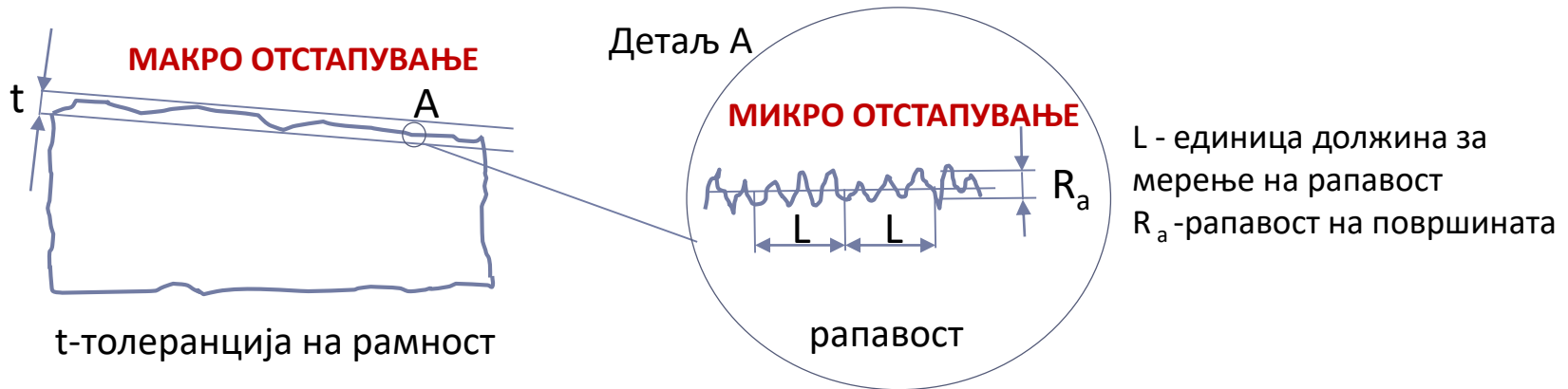
Споеви и препорачани налегнувања

# Целосно зададени толеранции

---

- ▶ Поради кооперација со лиценци и кооперанти, потребни се **технички цртежи со целосно зададени толеранции**, кои соодветствуваат на функционалните барања, производството и контролата
- ▶ Освен дозволените отстапувања на мерките, треба да се зададат и дозволените **отстапувањата на геометријата** (обликот, правецот и положбата) **на функционалните површини и други елементи** од изработуваните делови
- ▶ Само на тој начин може **ДА СЕ ОСИГУРИ ТОЧНО ФУНКЦИОНИРАЊЕ НА ДЕЛОВИТЕ ВО СКЛОП, КАКО И ЕКОНОМИЧНОСТ И РАЦИОНАЛНОСТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО И КОНТРОЛАТА.**

# Геометриски карактеристики на производите



- ▶ Геометриските карактеристики се делат на:
  - ▶ **макро отстапувања** (отстапувања на мерки, положба, правец, облик) кои се мерат во **МИЛИМЕТРИ** и **се однесуваат на ЦЕЛИТЕ ГЕОМЕТРИСКИ ЕЛЕМЕНТИ** за кои се зададени.
  - ▶ **микро отстапувања** (брановидност, рапавост, кристална структура, отстапувања на рабовите, оштетувања на површините), кои се мерат во **МИКРОНИ** и **се однесуваат на произволно одбрани мали делови од геометриските елементи за кои се зададени**

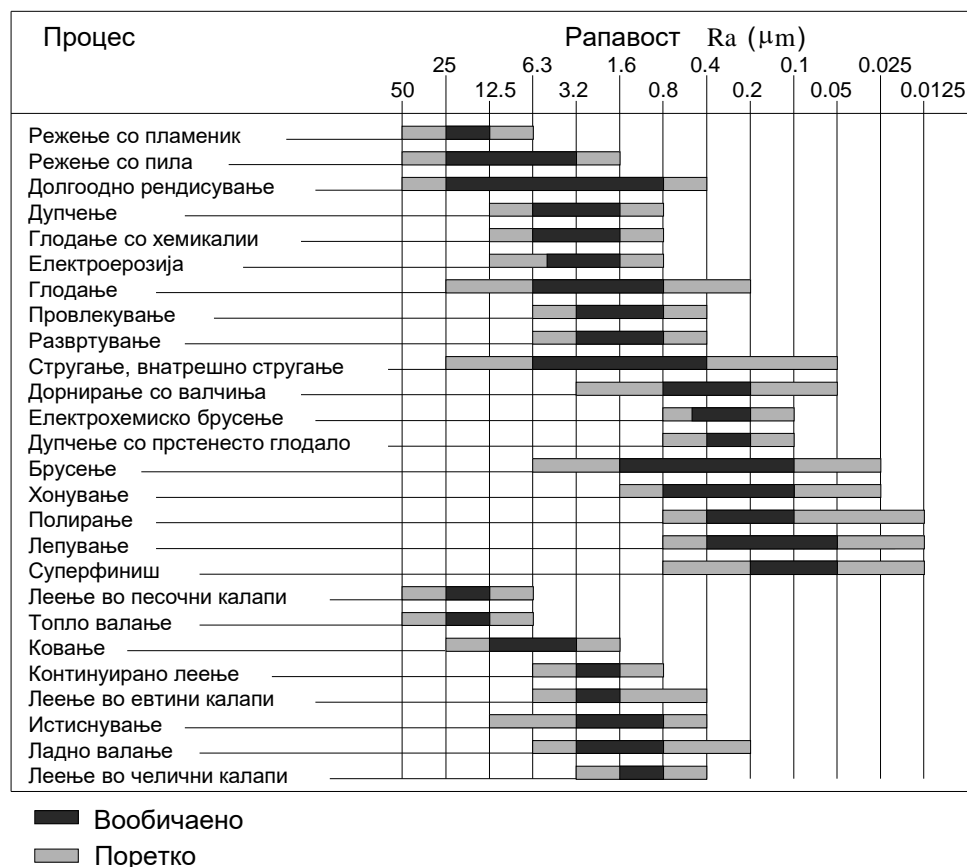
# Однос помеѓу микро и макро отстапувањата

---

- ▶ Напомена: Од искуство, за толеранциите на облик, (кои се со најмало толерантно поле од геометриските толеранции) се усвојува **10-30** пати пошироко толерантно поле од рапавоста на површината (која се постигнува со соодветниот процес на обработка).
- ▶ На пример, ако со процес на глодање на рамна површина се добива рапавост од  $3\ \mu\text{m}$ , тогаш за широчината на толерантното поле за рамност на истата површина би можела да се усвои вредноста  $0,05\text{mm}$  и притоа да не се наруши економичноста на процесот на обработка (за помали делови).

# Однос помеѓу микро и макро отстапувањата

- ▶ Рапавост на површините што се добива со примана на поедини процеси на машинска обработка



# Толеранции на слободни мерки

---

- ▶ Општите толеранции - **толеранции на слободните мерки** - се стандардизирани и се применуваат таму каде што не се означени други толеранции. Со тоа се избегнува нивно повторување на цртежот.
- ▶ Толеранциите на слободни мерки треба да се поголеми или еднакви на вообичаената точност на изработка која се постигнува во даден машински погон. Толеранциите на слободни мерки обично се **исти за одредена индустриска гранка**.
- ▶ Толеранциите на слободни мерки се задаваат така што во заглавието на цртежот се внесува **бројот на применетиот стандард и класата на толеранции**. Толеранциите на слободните мерки не се проверуваат, освен ако отстапувањето е преголемо и создава проблеми.

# Толеранции на слободни мерки (МКС EN ISO 286-1)

- ▶ Пропишани се четири класи на толеранции на слободни мерки: **фина, средна, груба и многу груба.**
- ▶ Дадени се во три посебни табели и тоа за: должински мерки, радиуси и агли

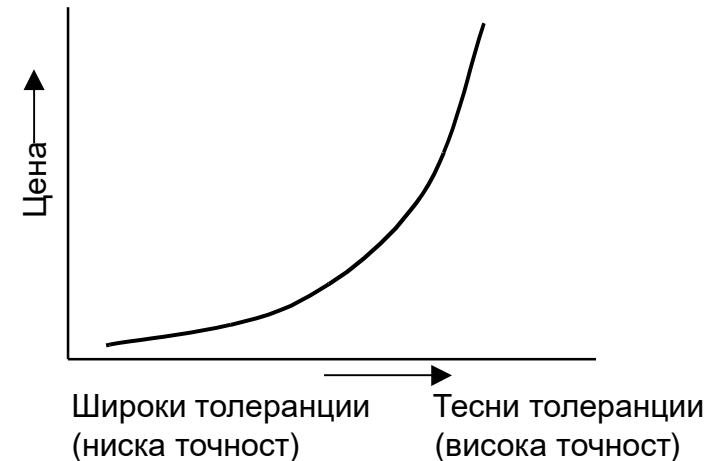
Табела - Дозволени отстапувања на должински мерки

Класа на толеранции		Дозволени отстапувања од номинална мерка							
Ознака	Опис	од 0,5* до 3	над 3 до 6	над 6 до 30	над 30 до 120	над 120 до 400	над 400 до 1000	над 1000 до 2000	над 2000 до 4000
f	фина	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	--
m	средна	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	груба	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	многу груба	--	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

\* За мерки помали од 0,5 mm, отстапувањето треба да се наведе веднаш до соодветната номинална мерка

# Толеранции на мерки

- ▶ **Толеранција на мерка** е дозволеното отстапување на мерка од машински дел и се пресметува како разлика помеѓу најголемата и најмалата дозволена вредност на мерката.
- ▶ Врз трошоците за постигнување на одредена толеранција влијаат:
  - ▶ **Ширина на толерантното поле** – види слика
  - ▶ **Големината на делот** – поголеми трошоци за постигнување точност кај поголеми делови
  - ▶ **Обликот на делот** – поголеми трошоци за постигнување точност кај внатрешни мерки (отвори) отколку кај надворешни мерки.





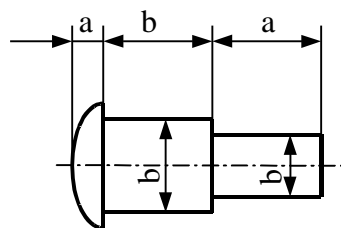
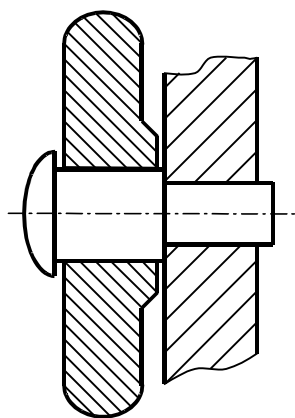
# Толеранции на мерки - цена

---

- ▶ Конструкторот треба да ја провери цената за постигнување на зададените толеранции:
  - ▶ Преку општи напатствија за пресметка на цената на делот од прирачници за машинска обработка.
  - ▶ Од сопствени каталози за можностите на машинскиот парк и **цените за постигнување одредена точност со примена на машините од погонот.**
  - ▶ да се консултира со технолозите и инженерите кои го проектираат процесот на изработка, за да провери дали зададените толеранции може да се постигнат и колку ќе чини производот.
- ▶ Ако не може да се постигнат потребните толеранции со постојните машини во погонот, тогаш не треба да се започнува производство на производ кој бара толкава прецизност, или пак треба да се размисли за набавка на нова попрецизна машина.

# Функционални мерки

- ▶ Толеранциите по правило се задаваат САМО ЗА МЕРИТЕ ОД КОИ ЗАВИСИ ФУНКЦИОНИРАЊЕТО НА ДЕЛОТ ВО СКЛОПОТ.
- ▶ Останатите мерки исто така имаат дозволени отстапувања, но за нив важат толеранциите за слободни мерки.
- ▶ **ФУНКЦИОНАЛНИТЕ МЕРКИ** по правило **СЕ КОТИРААТ ДИРЕКТНО** за да се одбегнат непотребно тесни толеранции и за да се намалат трошоците на изработка



a - Нефункционални мерки

b - Функционални мерки

Склоп на тркалце за фиока

# Котирање на работилнички цртеж

---

- ▶ **Внимателно разликувајте ги следните видови на коти:**
- ▶ При моделирањето, се концентрираме на формирањето на моделот на делот (склопот) и котираме со цел да ги ограничиме скиците и да ги формираме примитивите. **Овие коти ги нарекуваме ПАРАМЕТРИ ЗА ОГРАНИЧУВАЊЕ НА МОДЕЛОТ.** Тие коти не се важни ниту заради функцијата на делот во сколот, ниту за производството на делот!!! Тие се користат **ЗА МЕНУВАЊЕ НА МОДЕЛОТ.**
- ▶ При изработка на работилнички цртеж, делот обично треба повторно да се котира. Овие коти не се параметарски и не може да се користат за менување на моделот, но се важни за негово правилно производство.
- ▶ Во работилничкиот цртеж треба да се внесат **КОТИТЕ КОИ СЕ ВАЖНИ ЗА ПРАВИЛНО ПРОИЗВОДСВО НА ДЕЛОТ, ЗА ДА МОЖЕ ДА ЈА ИСПОЛНИ СВОЈАТА ФУНКЦИЈА ВО СКОЛОПОТ.** Овие коти се однесуваат на реалните мерки на делот и **за нив важат толеранции** (посебно зададени толеранции или толеранции на слободни мерки).

# Котирање на работилнички цртеж

---

- ▶ **Коти за производство** (работилничките коти), ги сочинуваат:
  - ▶ Котите кои се важни заради остварување на неговата функција во склопот. Најпрво се задаваат овие коти и нивните толеранции.
  - ▶ Преостанатите коти, кои не се важни од аспект на функционалноста, се задаваат така што производство да биде поедноставно (поекономично).
  - ▶ Делот треба да биде котиран целосно и недвосмислено!
- ▶ Практично, при работа со CAD систем, се користат два пристапа:
  - ▶ Целосно прекотирање на делот во работилничкиот цртеж. Овој пристап се почесто се користи заради можноста за автоматска проверка на котната шема за производство на делот со посебен модул од софтверот.
  - ▶ Комбинирано, со автоматско внесување на параметарските коти во работилничкиот цртеж и со нивно скривање и замена со коти за производство, каде што има разлика.

# ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СПОЕВИ

Видови налегнувања

Положба на толерантно поле

Широчина на толерантно поле

Споеви и препорачани налегнувања

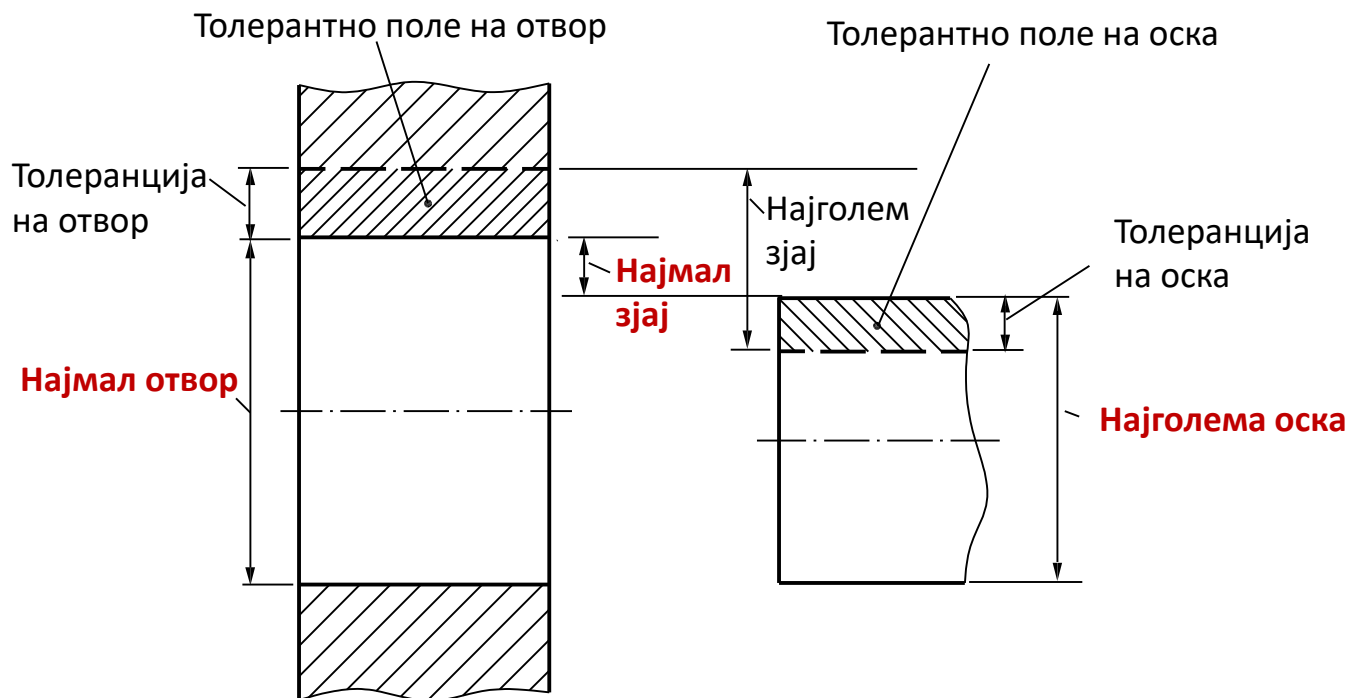
# Видови налегнувања

---

- ▶ Функционалноста на деловите во склопот се обезбедува со избор на соодветни налегнувања.
- ▶ **НАЛЕГНУВАЊЕ** е збирен ефект од толеранциите на отвор и осовина со еднаков номинален дијаметар.
- ▶ Постојат три основни вида налегнување:
  - ▶ со **ЗЈАЈ**: отворот е поголем од осовината;
  - ▶ со **ПРЕКЛОП**: осовината е поголема од отворот;
  - ▶ **НЕИЗВЕСНО**: мерките на отворот и на осовината се такви да може да се добие ту зајај, ту преклоп.
- ▶ Налегнувањето треба да има иста функционалност за големи и за мали делови. **Со системот на налегнувања се овозможува да се добијат ИСТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАЛЕГНУВАЊАТА ЗА РАЗЛИЧНИ ГОЛЕМИНИ НА МЕРКИТЕ.**

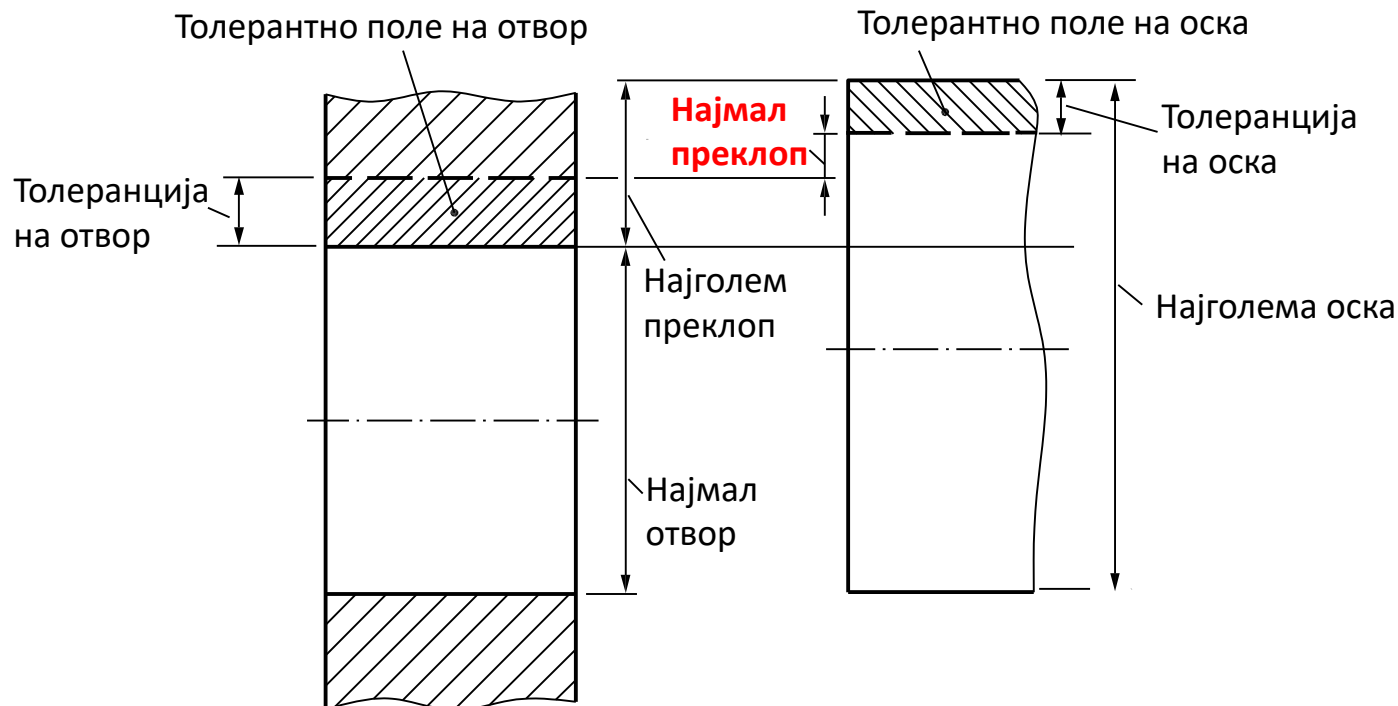
# Налегнување со зјај

- ▶ На сликата е претставено налегнување со зјај. Оската е секогаш со помал дијаметар од отворот.
- ▶ **Спојувањето на деловите е најтешко кога зјајот е најмал. Во таков случај, двата дела се изработени со мерка максимум материјал - најмал отвор, најголема оска.**



# Налегнување со преклоп

- ▶ На сликата е претставено налегнување со преклоп. Оската е секогаш со поголем дијаметар од отворот.
- ▶ **Спојувањето на деловите е најтешко кога преклопот е најголем.**
- ▶ **Периферната сила што може да ја пренесе спојот е најмала при најмал преклоп.**





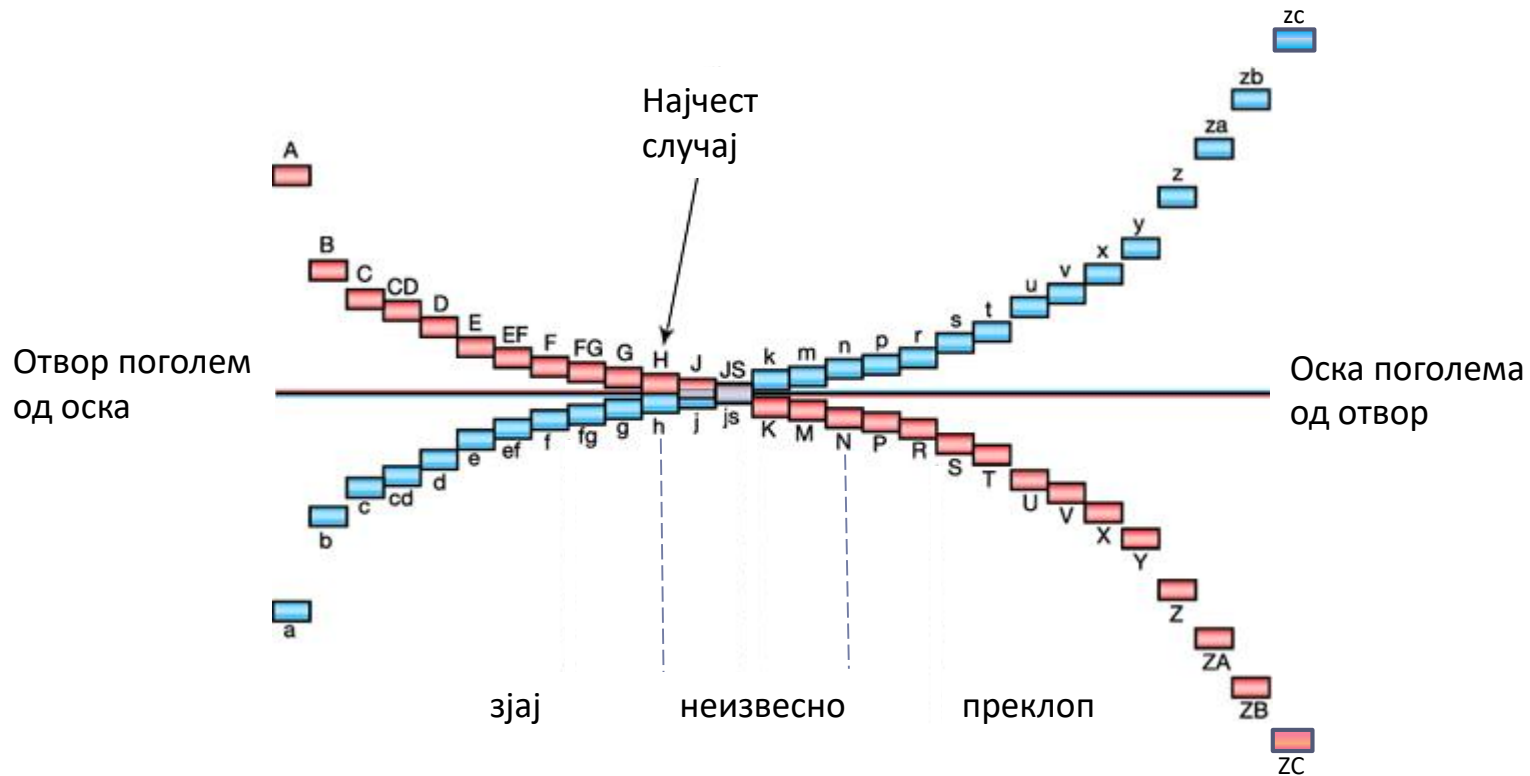
## Положба на толерантното поле (МКС EN ISO 286-1)

---

- ▶ Со букви од латинската азбука се дефинирани **28 положби на толерантното поле во однос на номиналната мерка**.
- ▶ Со **h** се означува толерантно поле на осовина кога најголемата мерка на осовината во рамките на толерантното поле е еднаква со номиналната мерка.
- ▶ Со **H** се означува толерантно поле на отвор кога најмалата мерка на отворот во рамките на толерантното поле е еднаква со номиналната мерка.
- ▶ Табелите со граничните вредности на толерантните полиња во зависност од нивната положба во однос на номиналната мерка се дадени во **МКС EN ISO 286-2**

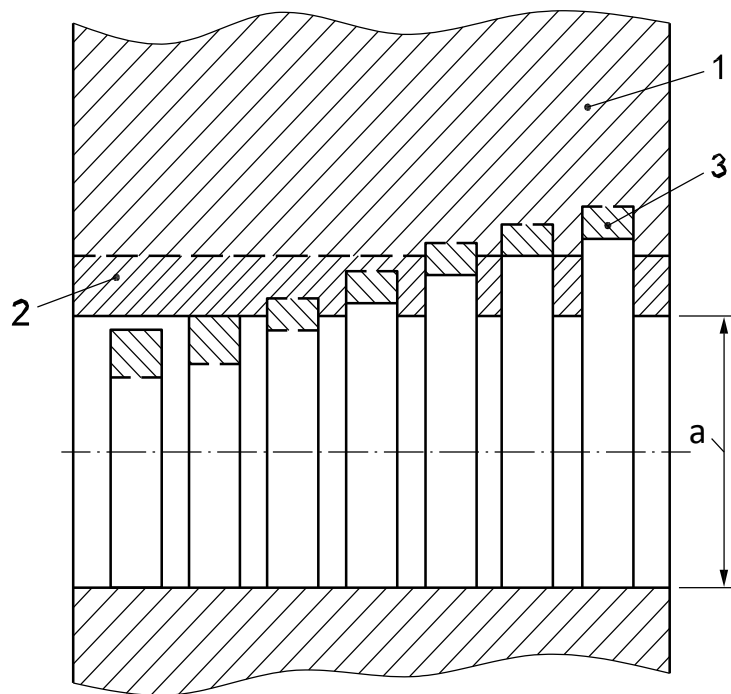
# Положба на толерантно поле

- ▶ Положби на толерантното поле во однос на номиналната мерка за отвор и осовина, како и видови на налегнувања.



# Положба на толерантното поле (МКС EN ISO 286-1)

- ▶ За отворите со помали димензии, вообичаено се усвојува толеранција од тип Н, а се менува видот на толеранцијата на осовината, што се нарекува - **СИСТЕМ ЗАЕДНИЧКИ ОТВОР**.



1. Отвор
  2. Толерантно поле на отворот
  3. Толерантно поле на повеќе различни оски
- a. номинален дијаметар на отворот

# Големина на толеранцијата

---

- ▶ Усвоени се **20 класи на толеранции**, претставени со броеви (01, 0, 1, 2,...,16, 17, 18).
- ▶ **ГОЛЕМИНАТА НА ТОЛЕРАНЦИЈАТА** е одредена според класата (IT - International Tolerance grades). Ако толеранциите се потесни, спојот е поквалитетен.
- ▶ Класите на толеранции имаат врска со процесите на обработка, приближно како подолу. Класата 4 и помали се за мерни уреди. Класите 17 и 18 се за полуфабрикати.

IT16	Леење во песочни калапи, отсекување со пламеник.
IT15	Ковање.
IT14	Леење во калапи.
IT13	Отпресоци, валање на цевки.
IT12	Лесни отпресоци, извлекување на цевки.
IT11	Дупчење, глодање, рендисање, истиснување.
IT9	Обработка со хоризонтални или вертикални глодалодупчалки.
IT8	Стругање, стругање на отвори, провлекување, хонување.
IT7	Високо квалитетно стругање, провлекување, хонување.
IT6	Брусење, фино хонување.
IT5	Лепување, обработка со дијамантски алат, фино брусење, лизгачки лежишта.
IT4	Контролни трнови, прецизни толеранции добиени со лепување.
IT3	Квалитетни помагала.
IT2	Високо квалитетни помагала за контрола.
IT1	Референтни помагала.
IT0	Многу квалитетни референтни помагала, еталони, хорологија.
IT01	Екстремно фини референтни помагала, прецизна хорологија.



# Пресметка на налегнувања

- ▶ H6/k5 е неизвесно налегнување (осказелено, отвор-сино). Со црвено се дадени вредности за најголем преклоп – горе и најголем зјај-долу, како и средна вредност на налегнувањето.

- ▶ Веб-калкулатор за налегнувања

<http://www.amesweb.info/FitTolerance/FitTolerance.aspx>

- ▶ Калкулатор за носивост и напони во споеви со преклоп

<http://www.amesweb.info/InterferenceFit/InterferenceFit.aspx>

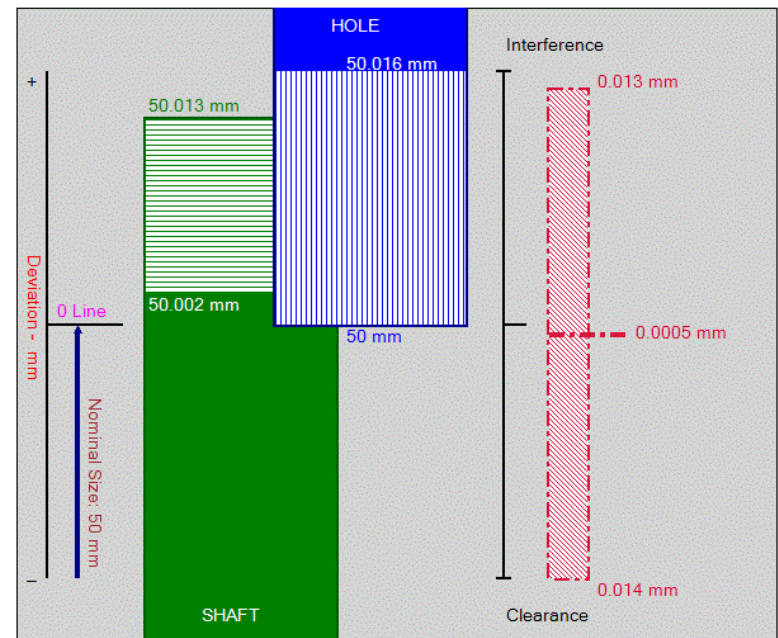
- ▶ На истиот сајт може да се најдат и други корисни калкулатори
- ▶ Софтверите за моделирање во машинството имаат вградено табели со вредности на толеранциите

Calculator:

INPUT PARAMETERS		
Parameter	Value	Unit
Nominal Size	50	mm
Hole Tolerance	H 6	---
Shaft Tolerance	k 5	---

Calculate

Note : Use dot "." as decimal separator.



Schematic Representation Of Fit

# Примена на некои препорачани налегнувања

Вид на спој	Систем заеднички отвор	Систем заедничка оска	Опис на карактеристики и примена
Спој со зјај	H11/c11	C11/h11	<b>Лабав лизгачки спој.</b> Се кориси за делови со комерцијални (погруби) толеранции.
	H9/d9	D9/h9	<b>Слободен лизгачки спој.</b> Се користат кај делови изложени на голема варијација на температури, големи брзини или голем површински притисок, но само кога не се бара особена прецизност.
	H8/f7	F8/h7	<b>Тесен лизгачки спој.</b> Се применуваат кај прецизни машини, за постигнување прецизна заемна положба при умерени брзини и притисоци.
	H7/g6	G7/h6	<b>Многу тесен лизгачки спој.</b> Се применува кај лизгачки лежишта со континуирана работа и при добри услови (лесно оптоварување, добро подмачкување). Спојот се применува и кај прецизно водење на лизгачки делови на машини или за прецизно позиционирање.
	H7/h6	H7/h6	<b>Спој за позиционирање со зјај или за многу тесно заемно движење.</b> Се користи за спојување на делови кои мируваат. Овој спој овозможува лесна монтажа и демонтажа.
Неизвесен спој	H7/k6	K7/h6	<b>Неизвесен спој за прецизно позиционирање, каде може да се јави многу мал зјај или мал преклоп.</b> Преклопот е за да се отстрани можноста за вибрации.
	H7/n6	N7/h6	<b>Спој за прецизно позиционирање</b> на делови кои може да поднесат поголем преклоп.
Спој со преклоп	H7/p6	P7/h6	<b>Лесно набиен спој.</b> Цврсто спојување на делови со прецизна заемна положба, но без да се бара особено висок притисок во спојот.
	H7/s6	S7/h6	<b>Средно набиен спој</b> за челични делови, на пр. тенка цилиндрична чаура во отвор. Ова е најцврст спој што може да се оствари со леано железо.
	H7/u6	U7/h6	<b>Тешко набиен спој.</b> Трајно спојување со голема сила за делови кои можат да издржат големи внатрешни напрегања, или споеви кои се остваруваат со стеснување (поради ладење на внатрешниот дел), ако големите сили при монтажа не се практични.



# Мерни вериги

Метод на потполна заменливост  
Непотполна заменливост

# Мерни вериги

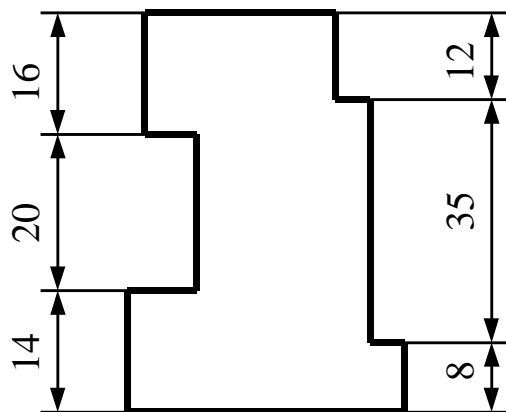
---

- ▶ Кога деловите се поставуваат еден до друг во склоп, отстапувањата на мерките се собираат.
- ▶ **Мерна верига претставува низа од мерки кои се надоврзани една на друга по затворена контура. Тие мерки ја одредуваат меѓусебната положба на геометриските елементи.**
- ▶ Мерна верига може да се формира за еден дел (**мерна верига за еден дел**) или за повеќе делови од склоп кои се во допир (**монтажна мерна верига**).
- ▶ Кај **линиска мерна верига**, сите членови од мерната верига се паралелни со завршниот член.
- ▶ Може да се јави и **просторна мерна верига**.

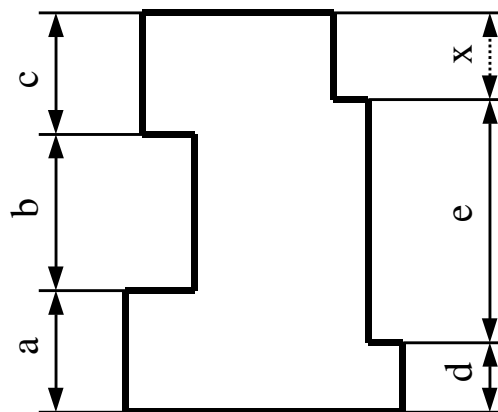


## Мерна верига и акумулација на отстапувањата

- ▶ Делот не смее да биде прекотиран или недоволно котиран.
- ▶ Мерката која ја затвора мерната верига се нарекува **завршен член на мерната верига (зависна мерка)** и се пресметува според големините на останатите членови на мерната верига.



прекотиран  
дел



$a, b, c, d, e, x$  - мерна верига  
 $x$  - завршен член на мерната  
верига (некотирана мерка)

## Мерна верига и акумулација на отстапувањата

---

- ▶ Векторска равенка за мерната верига:

$$a + b + c - d - e - x = 0, \quad \text{односно}$$

$$x = a + b + c - d - e$$

- ▶ **Најголемата вредност  $x_g$  и најмалата вредност  $x_d$  на мерката  $x$  се пресметуваат според равенките:**

$$x_g = a_g + b_g + c_g - d_d - e_d$$

$$x_d = a_d + b_d + c_d - d_g - e_g \quad \text{каде,}$$

$a_g, b_g, c_g, d_g$  и  $e_g$  - се горни вредности на мерките

$a_d, b_d, c_d, d_d$  и  $e_d$  - се долни вредности на мерките

- ▶ **Толеранцијата на завршниот член на мерната верига  $T_x$  е:**

$$T_x = x_g - x_d = a_g - a_d + b_g - b_d + c_g - c_d + d_g - d_d + e_g - e_d =$$

$$T_x = T_a + T_b + T_c + T_d + T_e$$

## Мерна верига и акумулација на отстапувањата

---

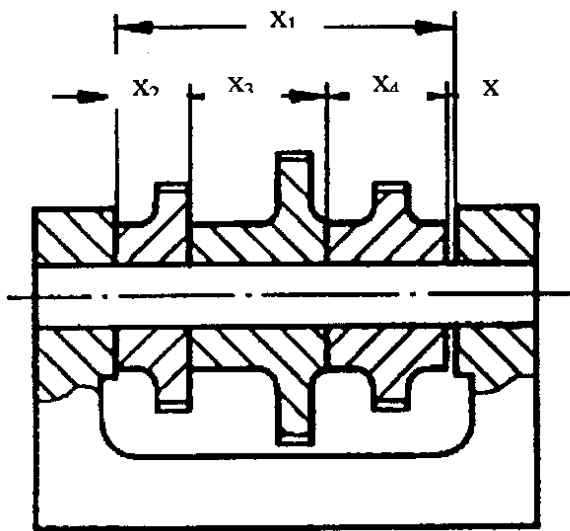
- ▶ Дефиниција: Толеранцијата на завршниот член на мерна верига  $T_x$  е еднаква на збирот на толеранциите на сите мерки  $T_i$  од мерната верига преку кои се пресметува таа мерка:

$$T_x = \sum T_i$$

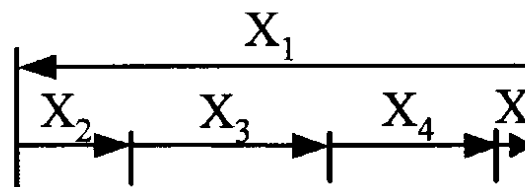
- ▶ Наведената равенка важи за **методот на потполна заменливост**.
- ▶ Создавањето на мерна верига кај дел може да се избегне со паралелно котирање или со примена на толеранции на положба.
- ▶ Создавањето на мерна верига кај склоп, поради делови кои се поставуваат еден до друг, тешко се одбегнува и влијае на положбата на деловите во склопот.

# Мерна верига и акумулација на отстапувањата

- ▶ Прикажаната мерна верига за склоп се состои од четири члена  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$  и *завршен член*  $X$  кој го претставува **зјајот** помеѓу куќиштето и главината.
- ▶ За да се пресмета толеранцијата на зјајот, треба да се земат предвид **толерициите на надоврзаните мерки од деловите според кои се пресметува големината на зјајот.**



мерна верига од коти претставени како надоврзани вектори, каде зјајот  $X$  е завршен член кој ја затвора мерната верига



# Методи за решавања на мерни вериги

---

- ▶ При примена на методот на **потполна заменливост**, сите делови може да се монтираат и во случај кога се изработени со екстремни вредности на толеранциите.
- ▶ Методот на **непотполна заменливост** се потпира на претпоставката дека веројатноста да се јават делови изработени со екстремни вредности на толеранциите е мала. Поради тоа, се дозволува примена на нешто пошироки толеранции
- ▶ Кога се бараат тесни толеранции, често се применува методот на **заменливост на деловите во рамките на група**. Со оваа постапка се овозможува користење на пошироки толеранции, а заменливоста е можна само во рамките на одредена група.
- ▶ Кај **методот на подесување**, за да се постигне потребниот зјај помеѓу деловите, се уфрлаат листови или прстени со соодветна мерка кои треба да го сведат зјајот меѓу деловите на потребната големина.
- ▶ При **методот на регулирање**, се применува навој за притегање или пружина која ги компензира варијациите на мерките од мерната верига.

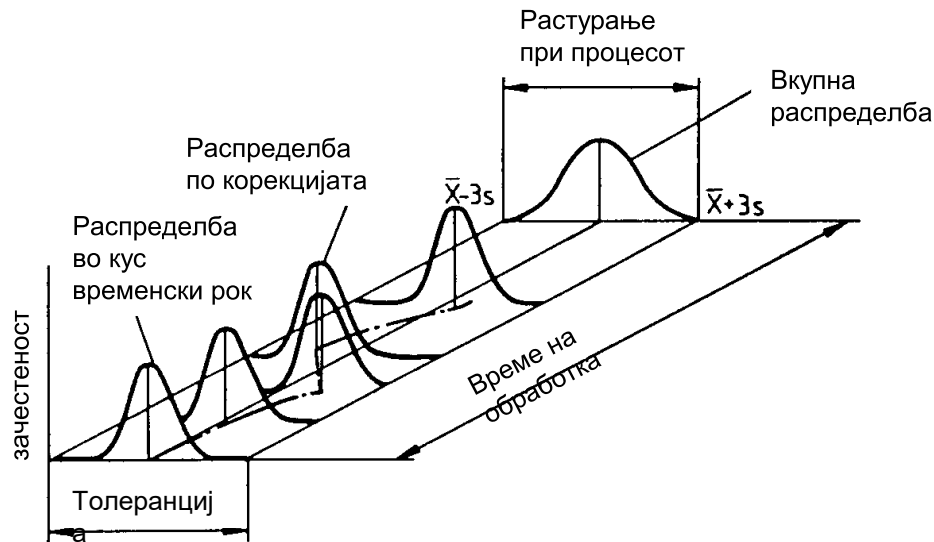
# Метод на потполна заменливост

---

- ▶ Предности на методот на потполна заменливост се:
  - ▶ Едноставно определување на толеранцијата на завршниот член.
  - ▶ Деловите лесно се монтираат во машини без пребирање или дотерување.
  - ▶ Се постигнува висок степен на кооперативност на различни претпријатија или погони при изработка на делови и потсклопоови кои се вградуваат во ист производ.
- ▶ Покрај овие и други предности, методот на потполна заменливост ретко се применува.
- ▶ Голем недостаток на овој метод е што толеранциите на членовите на мерната верига се доста помали отколку при примена на други методи. Тоа ја поскапува цената на изработката на деловите.
- ▶ Овој метод се применува воглавно кај куси мерни вериги (2 до 3 члена) и кај делови кај кои се бара висок степен на заменливост.

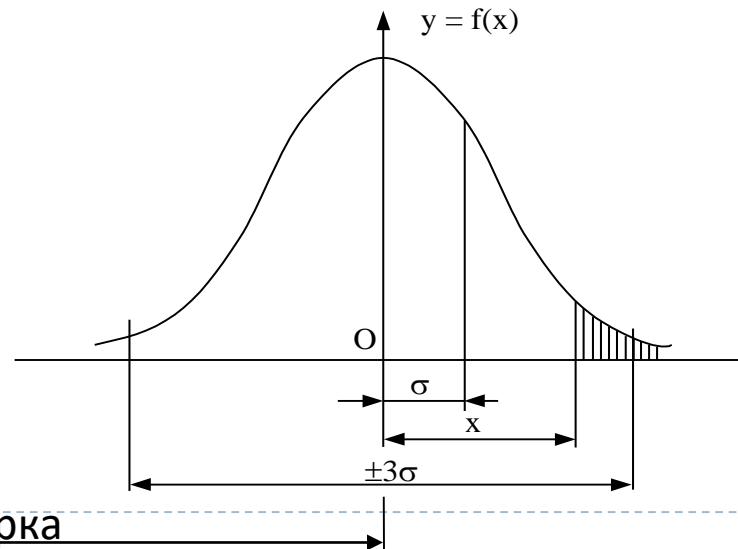
# Распределба на мерките

- ▶ Распределбата на мерките добиени со некој од процесите на машинска обработка се однесува како на сликата
- ▶ Кога се зборува за **можностите на процесот за изработка на мерки со одредена точност**, треба да се следат мерките добиени во подолг временски период. При голем број на примероци (повеќе од 30) се забележува одредена правилност на групирањето на мерките



# Метод на непотполна заменливост

- ▶ Мерките добиени со процес на машинска обработка нејчесто се распределуваат според нормалната, односно Гаусовата распределба.
- ▶ Веројатноста за појава на мерки со екстремни вредности на толеранциите е многу мала, и со одреден ризик може да се прошират границите на толерантното поле на мерките.
  - ▶ Карактеристика на распределбата е мерката  $\sigma$  - стандардна девијација.
  - ▶ Во интервалот  $\pm 3\sigma$  се наоѓаат 99,73%, во интервалот  $\pm 2\sigma$  се наоѓаат 95.44%, а во интервалот  $\pm 1\sigma$  се наоѓаат 68.26% од мерките на изработените делови





# Метод на непотполна заменливост

---

- ▶ Карактеристика на методот на непотполна заменливост е што се земаат поголеми вредности на толеранциите на мерките со свесно прифаќање на одреден ризик при некоја комбинација на мерки да се појави проблем при монтажата.
- ▶ Веројатноста за појава на незгодна комбинација на мерки се зема да биде доволно мала за да не се отежнува процесот на монтажа.
- ▶ Од друга страна, значително се зголемуваат толеранциите на мерките на членовите од мерната верига со што се поевтинува изработката на деловите.
- ▶ **При примена на методот на непотполна заменливост (статистички метод), кога толеранциите на членовите на мерната верига се усвоени во интервалот  $\pm 3\sigma$ , толеранцијата на завршниот член на мерната верига се определува според равенката:**

$$T_s = \sqrt{T_{s1}^2 + T_{s2}^2 + \dots + T_{sn}^2}$$

# Метод на непотполна заменливост - пример

---

- ▶ Ако толеранциите на 4 членови од мерна верига се еднакви, на пример  $\pm 0.05$ , толеранцијата на завршниот член треба да биде:
- ▶ при потполна заменливост  $T = 0.1+0.1+0.1+0.1= 0.4$
- ▶ поединечните толеранции се  $T_i = T/4 = 0.25 T$
- ▶ при непотполна заменливост  $T_s = \sqrt{0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = \sqrt{0.04} = 0.2$
- ▶ поединечните толеранции се  $T_i = T_s/2 = 0.5 T_s$
- ▶ При примена на методот на непотполна заменливост во овој пример отстапувањето на завршниот член е реално два пати помало (во за исти вредности на толеранциите на членовите на веригата.
- ▶ Методот на непотполна заменливост (статистичкиот метод) често се применува, особено кај подолги мерни вериги.

# Анализа на толеранциите

---

- ▶ Мерните вериги влијаат на варијација на положбата на деловите во склопот.
- ▶ Со софтверите за **анализа на толеранциите**, може да се одреди оваа варијација при примена на методот на потполна заменливост, како и при методот на непотполна заменливост.
- ▶ Притоа, се замаат предвид и варијациите на положбата на деловите кои произлегуваат и од толеранциите на мерките и од геометриските толеранции.

# ОПШТО ЗА ГЕОМЕТРИСКИТЕ ТОЛЕРАНЦИИ

Дефиниција и стандарди  
Предност на геометриските толеранции  
Означување

# Геометриски толеранции – основни поими

---

- ▶ Дефиниција: **ГЕОМЕТРИСКИТЕ ТОЛЕРАНЦИИ СЕ ДОЗВОЛЕНИ ОТСТАПУВАЊА ОД ГЕОМЕТРИСКИ ИДЕАЛНИОТ ОБЛИК НА ДЕЛОТ**
- ▶ **ГЕОМЕТРИСКИТЕ ТОЛЕРАНЦИИ СЕ НАЧИН ДА СЕ ЗАДАДАТ ФУНКЦИОНАЛНИТЕ БАРАЊА ЗА ГЕОМЕТРИЈАТА (ОБЛИКОТ) НА СООДВЕТНИ РЕГИОНИ ОД ДЕЛОВИТЕ**
- ▶ Најчесто, функционални геометриски елементи или групи од вакви елементи се среќаваат онаму каде еден дел доаѓа во допир со друг дел во склопот со цел да се реализира одредена функција.

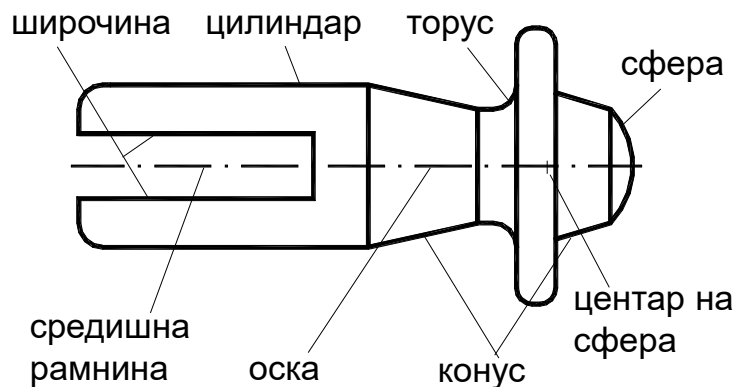
# Стандарди за геометриски толеранции

---

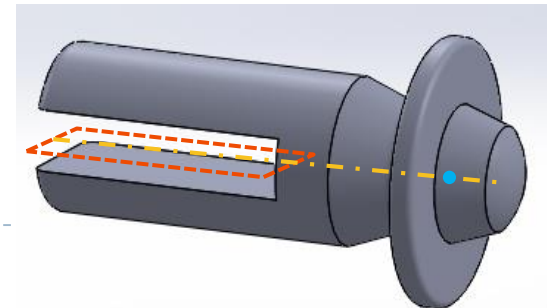
- ▶ EN ISO стандардите за геометриски толеранции се дел од групата стандарди: **ГЕОМЕТРИСКИ СПЕЦИФИКАЦИИ ЗА ПРОИЗВОДИ** (анг. Geometric Product Specifications – GPS)
- ▶ Стандарди кои се однесуваат на геометриските толеранции се:
  - ▶ **ISO 1101** - Геометриски толеранции за форма, правец, положба и биење
  - ▶ **ISO 8015** - Основи - концепти, принципи и правила,
  - ▶ **ISO 12180, 12181, 12780, 12781** - Толеранции за цилиндричност, кружност, правост и рамност
  - ▶ **ISO 5459** - Референции и референтни системи,
  - ▶ **ISO 10578** - Толеранции на правец,
  - ▶ **ISO 1660** - Толеранции на профил,
  - ▶ **ISO 5458** - Толеранции на положба,
  - ▶ **ISO 2692** - Услов на максимум материјал,
  - ▶ **ISO 8062** - Толеранции за одливки и отковки
  - ▶ **ISO 10579** - Толеранции за флексибилни делови,
- ▶ Американскиот стандард **ASME Y14.5** (мерки и геометриски толеранции) и упатството **ASME Y14.5.1** (Математички принципи за мерки и геометриски толеранции).

# Геометриски толеранции – основни поими

- ▶ **Материјален геометриски елемент** е изработена страница од машински дел која има еднолична геометрија (на пр. рамна површина, цилиндар, конус, сфера).
- ▶ **Материјален геометриски елемент со сопствена мерка** е на пример, цилиндричен отвор или чеп, сферна површина, правоаголен жлеб или ребро, и секогаш има своја материјална мерка (дијаметар, широчина).
- ▶ **Материјалните мерки** се задаваат за материјални геометриски елементи. За материјалните мерки се задаваат толеранции на мерки, кои вообичаено се со точност од 2-децимали (стоти од милиметар).

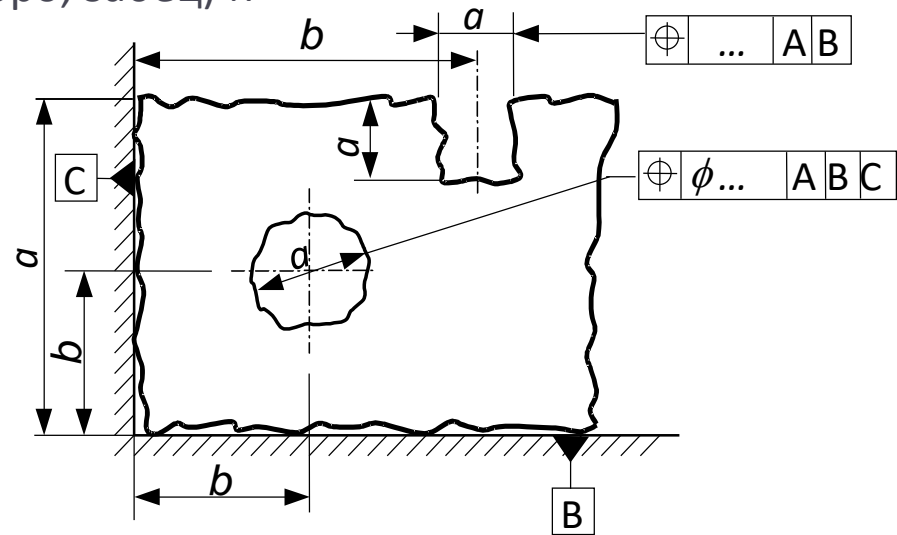


Материјални геометриски елементи  
(цилиндар, торус, сфера, конус, широчина)  
Теоретски геометриски елементи (оска,  
средишна рамнина, центар на сфера)



# Геометриски толеранции – основни поими

- ▶ При задавање на геометриските толеранции, се користат и **теоретски точни (идеални) геометриски елементи**.
- ▶ **ТЕОРЕТСКИ ТОЧНИТЕ ГЕОМЕТРИСКИ ЕЛЕМЕНТИ ГИ СИМУЛИРА МЕРНАТА ОПРЕМА ЗА КОНТРОЛА НА ТОЛЕРАНЦИИТЕ.**
- ▶ **Теоретски (идеални) геометриски елементи** најчесто се:
  - ▶ **рамнина** (површина од мерната опрема - мерна база).
  - ▶ **оска** (на цилиндар, на конус),
  - ▶ **средишна рамнина** (на жлеб, ребро, забец) и
  - ▶ **точка** (центар на сфера)



*Материјални и  
теоретски мерки и  
елементи*

*a - материјална мерка*

*b - теоретска мерка*

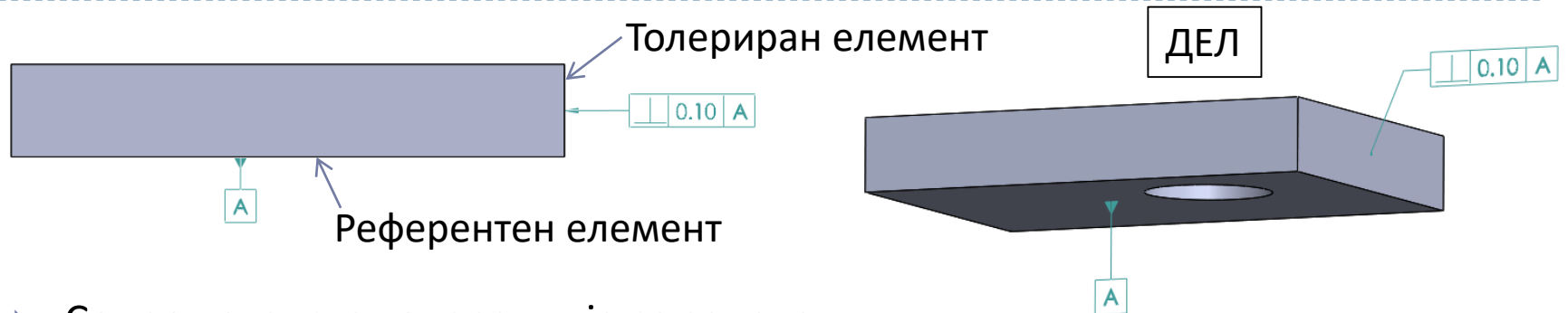


# Геометриски толеранции – основни поими

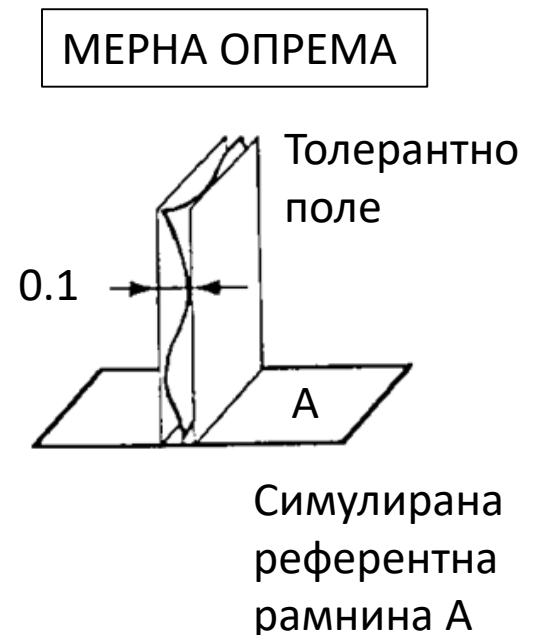
---

- ▶ Мерките кои поврзуваат два теоретски геометриски елементи се сметаат за **теоретски точни (идеални, базни) мерки**.
  - ▶ При задавање на толеранција на положба, котираме растојанија помеѓу оски и/или средишни рамнини (кои се замислени) и идеалната положба се задава со теоретски точни мерки (кои ги симулира мерната опрема).
- ▶ **ТЕОРЕТСКИ ТОЧНА МЕРКА СЕ ЗАДАВА ПОМЕЃУ ДВА ТЕОРЕТСКИ ГЕОМЕТРИСКИ ЕЛЕМЕНТИ** (оска, средишна рамнина, референтна рамнина и сл.).
- ▶ **ТЕОРЕТСКИ ТОЧНИТЕ МЕРКИ ГИ СИМУЛИРА МЕРНАТА ОПРЕМА ЗА КОНТРОЛА НА ТОЛЕРАНЦИИТЕ.**
- ▶ Отстапувањата на мерките на делот се обично со точност до втора децимала во милиметри, додека мерната опрема има отстапувања дури во третата и четврта децимала (во mm). Поради тоа, **мерките кои произлегуваат од мерната опрема се „идеални“ во однос на мерките од делот - НИВНИТЕ ПРВИ ДВЕ ДЕЦИМАЛИ СЕ НУЛИ.**

# Толерирани и референтни елементи

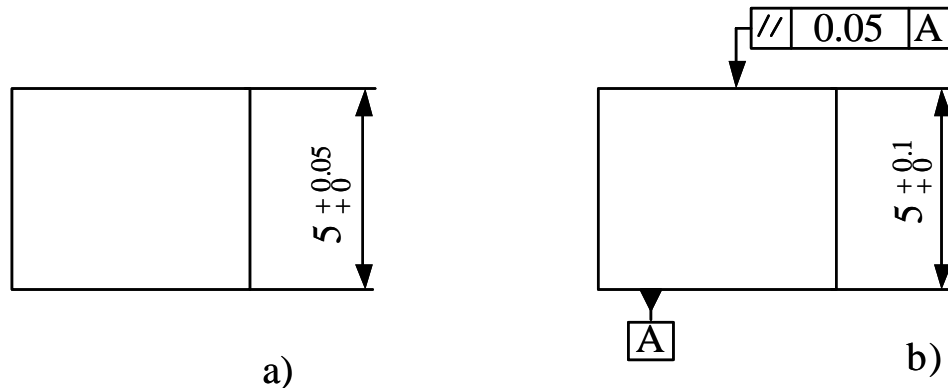


- ▶ Со геометриска толеранција се задава **толерантно поле** внатре во кое мора да се наоѓа толерираниот геометриски елемент (изработената површина од делот, оска, средишна рамнина и друго).
- ▶ Толерантното поле се однесува на **целата должина на геометрискиот елемент** за кој е зададена толеранцијата (освен ако не е зададено поинаку).
- ▶ При задавање на геометриските толеранции за правец, положба и издаденост, делот се потпира на точно определени површини наречени **референтни елементи (или мерни бази)**.



# Предности на геометриските толеранции

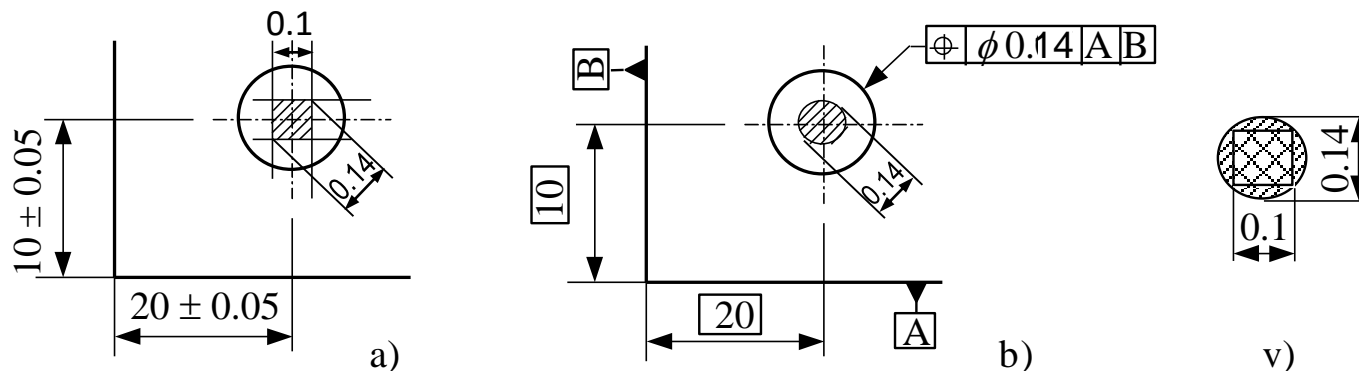
- ▶ **Пример 1.** Дел за кој се бара: долната и горната површина да бидат паралелни со отстапување од 0.05 mm, додека севкупната толеранција на висината на делот да е во рамките на 0.1 mm.
- ▶ Решенија се:
  - ▶ стеснување на толеранцијата на мерката на 0,05 mm (сл.а)
  - ▶ примена на толеранција на паралелност со толерантно поле 0,05 mm (сл.б)
- ▶ **Второто решение е многу пекономично!** Паралелноста зависи само од машината за обработка на површината, а мерката за поставување на алатот по висина е со двојно поголемо дозволено отстапување.



Рамна површина со ограничување на отстапување од паралелност со: а) толеранција на мерка, б) геометриска толеранција за паралелност и поширока толеранција на мерка.

# Предности на геометриски толеранции

- ▶ **Пример 2.** Ограничување на отстапување од положба на отвор.
- ▶ Со примена на толеранции на мерки (сл.а), се задава призматично толерантно поле формирано од двете мерки  $10 \pm 0.05$  и  $20 \pm 0.05$ . Притоа, дозволеното отстапување по дијагонала изнесува  $0,05\sqrt{2} \approx 0.07$
- ▶ Според функционалноста на отворот, потребно е еднакво отстапување на неговата оска од идеалната положба во сите насоки.
- ▶ Се задава цилиндрично толерантно поле за отстапување од положба на оската на отворот од  $\phi 0.14$  mm, кое е со 57% поголема површина (сл.в)!



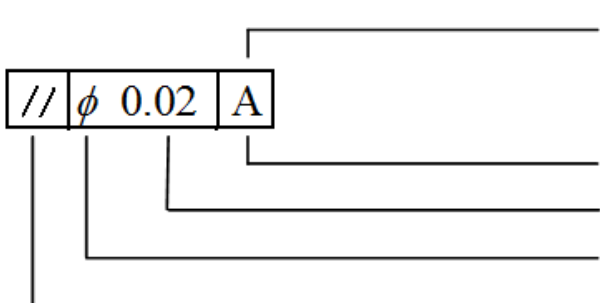
Задавање на толеранција на положба на оска на отвор: а) со толеранции на мерки, б) со геометриска толеранција на положба в) споредба на големините на толерантните полиња за а) и б)

# Геометриски толеранции – видови и ознаки

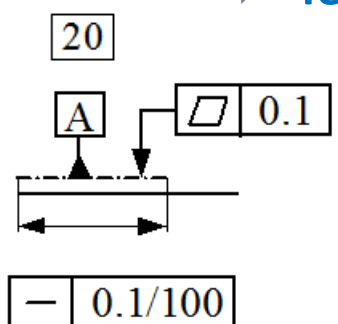
<b>Геометриски толеранции за кои не треба референција (толеранции на обликот)</b>		
Профил (облик) на линии *		
Правост		
Кружност		
Профил (облик) на површина *		
Рамност		
Цилиндричност		
<b>Геометриски толеранции кои се задаваат во однос на референција</b>		
<i>Правец</i>		
Аголност		
Паралелност		
Нормалност		
<i>Положба</i>		
Положба		
Коаксијалност		
Симетричност		
<i>Издаденост (биење)</i>		
Кружна издаденост		
Кружна радијална издаденост		
Кружна аксијална издаденост		
Вкупна издаденост		
Вкупна радијална издаденост		
Вкупна аксијална издаденост		

# Геометриски толеранции – симболи за ознаки

- ▶ Геометриска толеранција **се означува со рамка** во која се впишани:
  - ▶ симболот за **ВИДОТ НА ТОЛЕРАНЦИЈАТА**,
  - ▶ **ОБЛИКОТ И ГОЛЕМИНАТА НА ТОЛЕРАНТНОТО ПОЛЕ** и,
  - ▶ каде што е потребно, во продолжение се дадени големи букви кои се означува **референтниот ситем (ЕДНА, ДВЕ или ТРИ МЕРНИ БАЗИ)** во однос на кој се одредува правецот или положбата на толерантното поле.

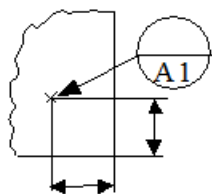
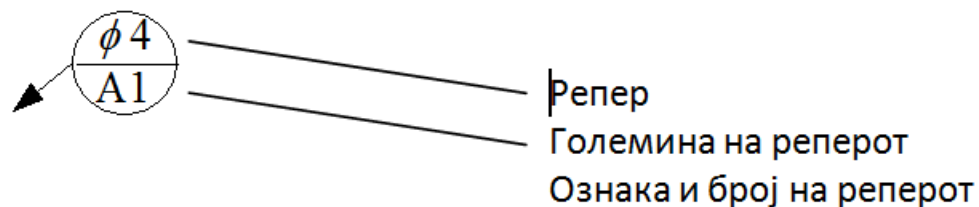
Симбол	Значење
	Референтен систем
	Референтен геометриски елемент
	Големина на толерантното поле
	Симбол за цилиндрично толерантно поле
	Симбол на геометриска толеранција

# Геометриски толеранции – симболи за ознаки

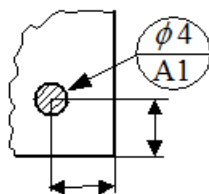
- 
- ▶ Геометриската толеранција е повразна со **стрелка кон геометрискиот елемент на кој се однесува**. Стрелката е насочена во правец на простирање на толерантното поле.
  - ▶ **АКО ТОЛЕРАНЦИЈАТА СЕ ОДНЕСУВА НА ОСКА или СРЕДИШНА РАМНИНА, ТОГАШ СТРЕЛКАТА СЕ ПОСТАВУВА ВО ПРОДОЛЖЕНИЕ НА КОТНАТА ЛИНИЈА**
  - ▶ Симбол за означување на **референтен елемент** (мерна база)
  - ▶ **АКО РЕФЕРЕНТНИОТ ЕЛЕМЕНТ Е ОСКА или СРЕДИШНА РАМНИНА, ТОГАШ ОЗНАКАТА СТОИ ВО ПРОДОЛЖЕНИЕ НА КОТНАТА ЛИНИЈА**
  - ▶ **Теоретски точна мерка**
    - ▶ Толеранцијата е за ограничен дел од геометриски елемент
    - ▶ Толеранција за ограничен дел од геометриски елемент (на единица должина)

# Геометриски толеранции – симболи за ознаки

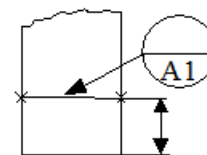
- ⓔ ▶ Принцип на обвивка
- Ⓜ ▶ Услов на максимум материјал
- Ⓛ ▶ Услов на минимум материјал
- Ⓡ ▶ Услов на реципрочност
- Ⓟ ▶ Проектирано толерантно поле



Точкаст репер



Цилиндричен репер

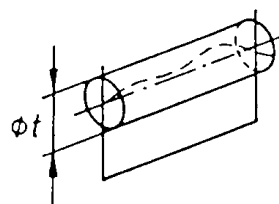
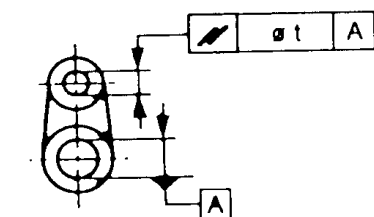
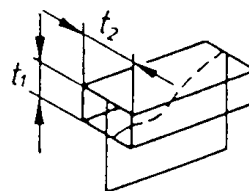
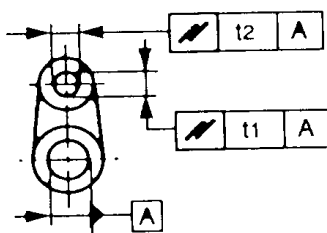
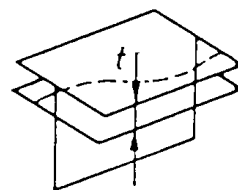
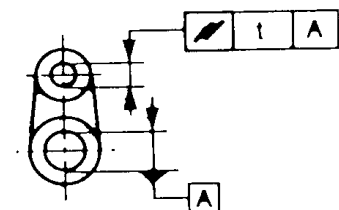


линиски репер



# Облик на толерантното поле

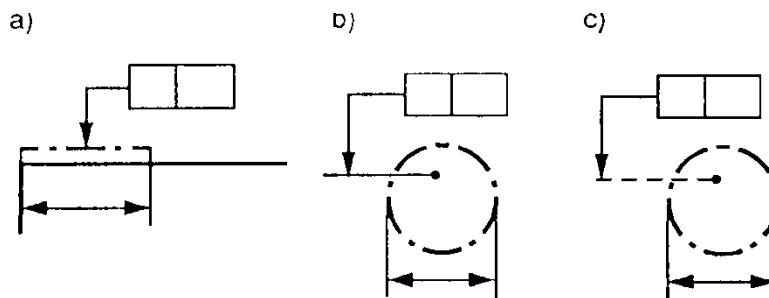
- ▶ **Толерантното поле се простира во насока на показната стрелка со која е означена толеранцијата**
- ▶ Толерантното поле обично го следи обликот на толерираниот геометриски елемент, на пр. за рамнина- помеѓу две паралелни рамнини, за оска- цилиндар
- ▶ Ако пред вредноста на толеранцијата стои симболот  $\phi$ , толерантното поле е цилиндрично, и се однесува на оска



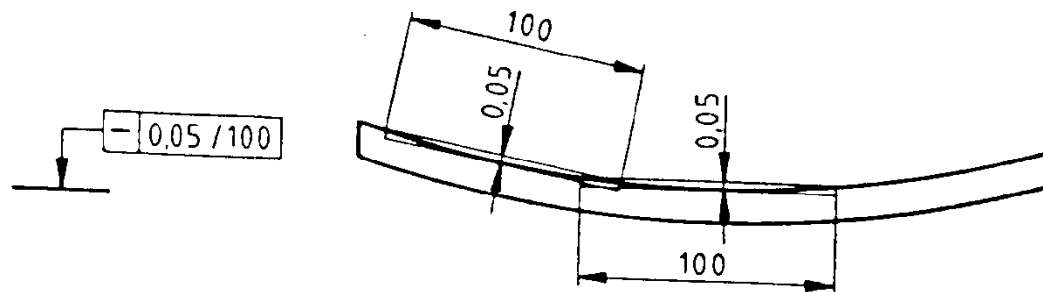
Различни облици на толерантно поле за оска: помеѓу две паралелни рамнини, призма, цилиндар

# Облик на толерантното поле

- ▶ Ако не е зададено поинаку, толерантното поле се однесува на геометрискиот елемент во целост.
- ▶ Во спротивно, мора да се означи на кој дел од елементот се однесува



Толерантно поле кое се однесува на ограничен регион (а), од површината која се гледа (б), од задната површина (с)



Толерантното поле се однесува на ограничена должина било каде на површината

# ВЕЖБА – ЧИТАЊЕ НА ОЗНАКАТА ЗА ГЕОМЕТРИСКА ТОЛЕРАНЦИЈА

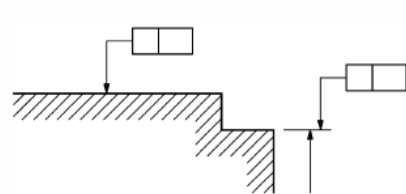
Вид на толеранција

Геометриски елемент за кој е зададена

Колкаво е толерантното поле

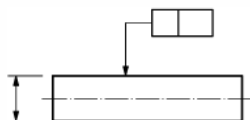
Кои се референтните елементи

# Геометриски толеранции – симболи и ознаки

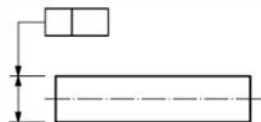


a) 2D

геом.тол. за рамнина

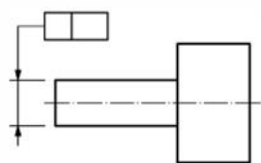


a) 2D

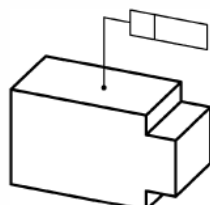


a) 2D

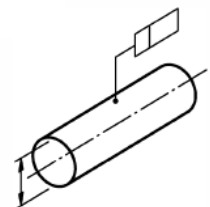
геом.тол. за оска



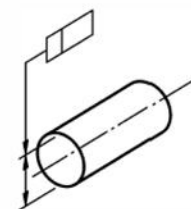
a) 2D



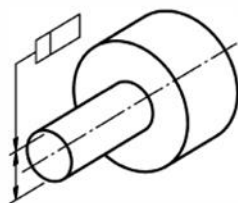
b) 3D



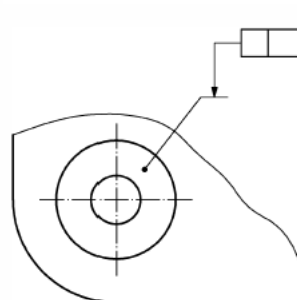
b) 3D



b) 3D

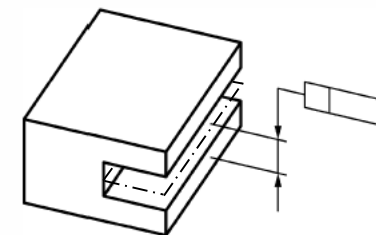
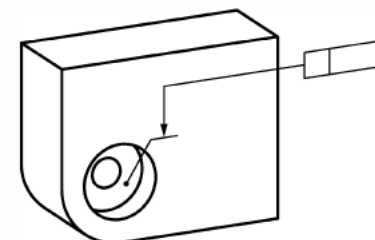


b) 3D



a) 2D

геом.тол. за рамнина

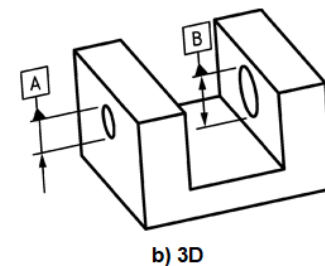
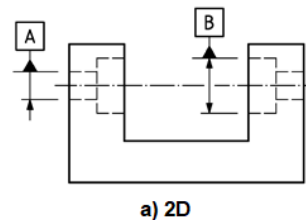
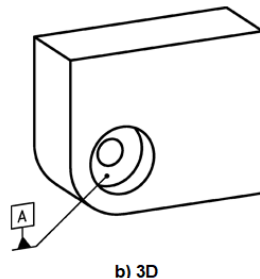
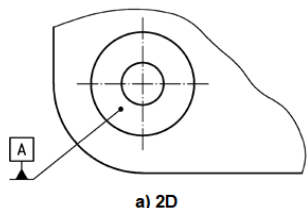
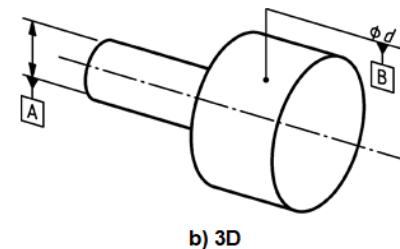
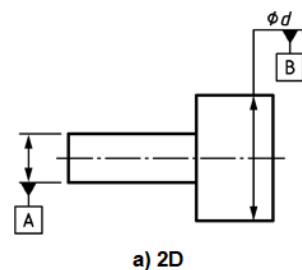
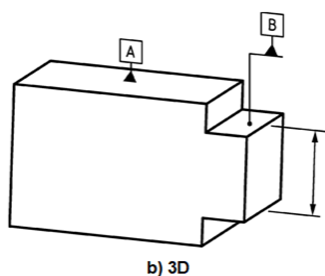
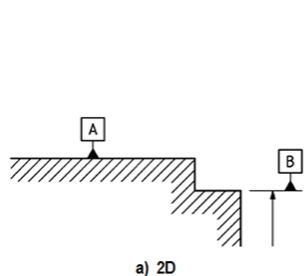


b) 3D

геом.тол. за средишна рамнина

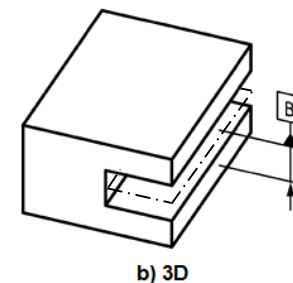
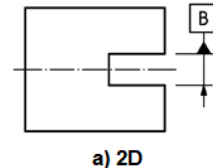
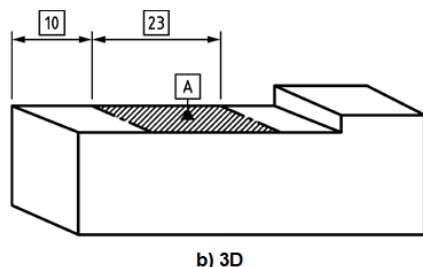
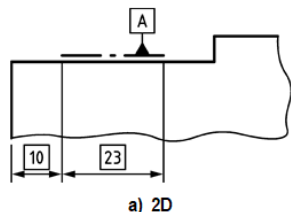


# Геометриски толеранции – симболи и ознаки



референтна рамнина

референтна оска



референтна рамнина на  
нецела страница од дел

референтна средишна рамнина

# ТОЛЕРАНТНО ПОЛЕ КАЈ РАЗЛИЧНИ ГЕОМЕТРИСКИ ТОЛЕРАНЦИИ

Толеранции на облик  
Толеранции на правец  
Толеранции на положба  
Толеранции на издаденост

# Читање на геометриските толеранции

---

- ▶ При толкувањето на геометриските толеранции се препорачува да ги следите соодветните полиња од рамката на геометриската толеранција, и да се обидете да одговорите на следните прашања:
  1. **Кој вид на геометриска толеранција е зададен и на кој геометриски елемент се однесува?**
  2. **Каков е обликот и која е големината на толерантното поле?**
  3. **Како е поставено толерантното поле во однос на референтните елементи?**
- ▶ **За да се појасни визуелно како стои толерантното поле во однос на референтниот систем, потребно е да се изработи скица!** Елементите што ги содржи ваквата скица се всушност истите кои се користат за контрола на делот и ги одредува мерната опрема.

# Толеранции на облик

---

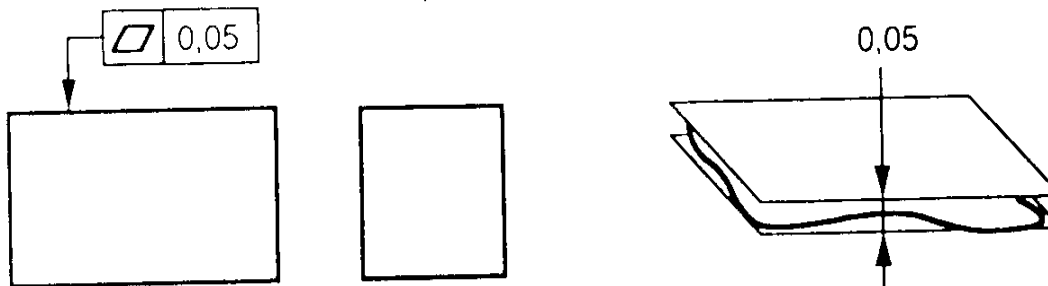
- ▶ Со **толеранциите на облик** се ограничува **отстапувањето на геометрискиот елемент во однос на сопствениот идеален облик.**
- ▶ Толеранциите на облик имаат **најтесно толерантно поле** во однос на другите видови толеранции.
  - ▶ Големината на толерантното поле кај овие толеранции најчесто се одредува според можностите за постигнување вообичаена точност со одреден процес на обработка (глодања, фино стругање).
- ▶ Толеранциите на облик се задаваат за геометриски елементи кои се користат понатаму како референции (мерни бази), а тоа се најчесто рамна (или цилиндрична) површина на која се потпира делот во склопот.
- ▶ Толеранциите на облик се задаваат кога е потребно да се намали можноста за клатење на делот при негово поставување (при изработка, контрола и при монтажа во склоп).



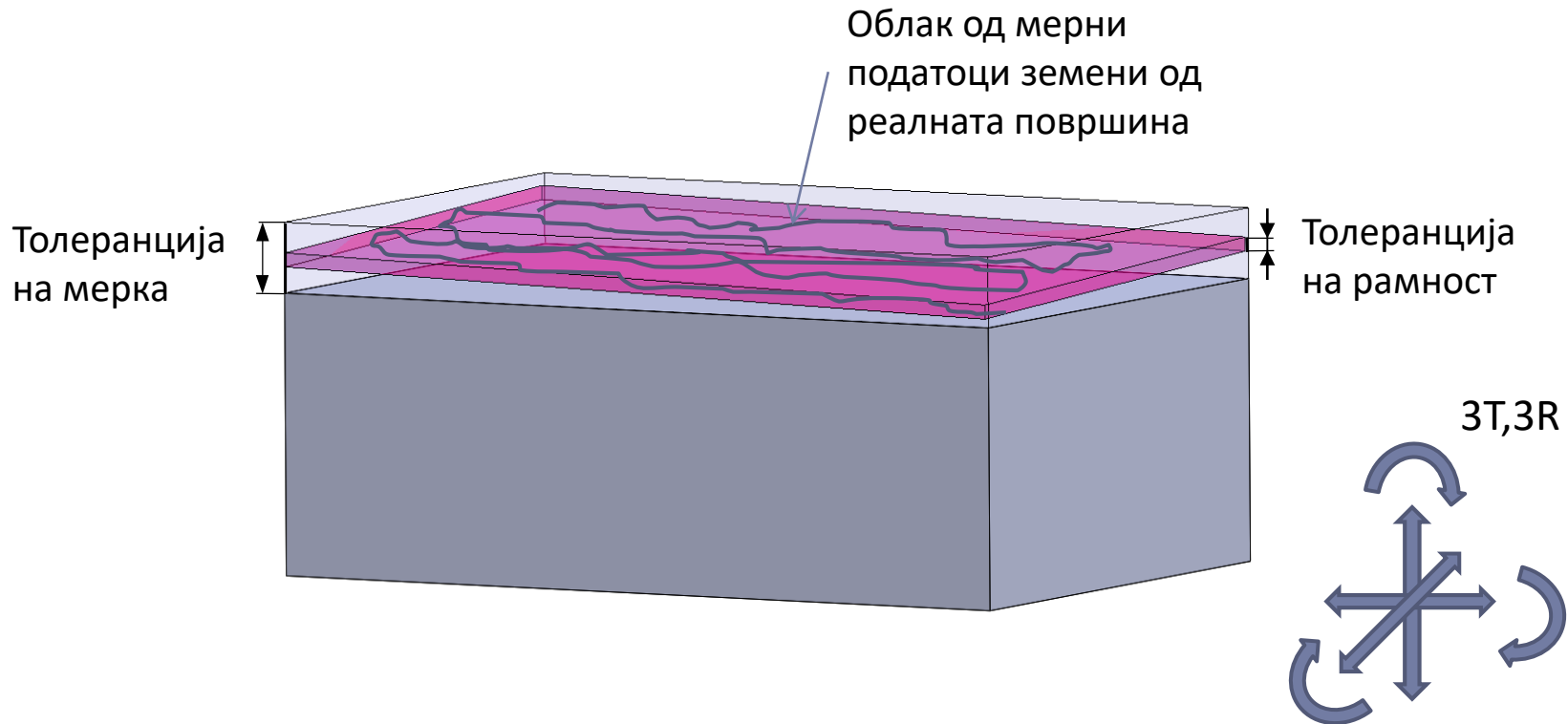
# Толеранции на облик – рамност

---

- ▶ Зададена е геометриска толеранција на **рамност** за горната рамна површина од делот.
- ▶ Сите точки земени од реалната површина треба да се наоѓаат внатре во толерантно поле ограничено со **две паралелни рамнини** на растојание колку што изнесува зададената толеранција (на пример, 0.05 mm).



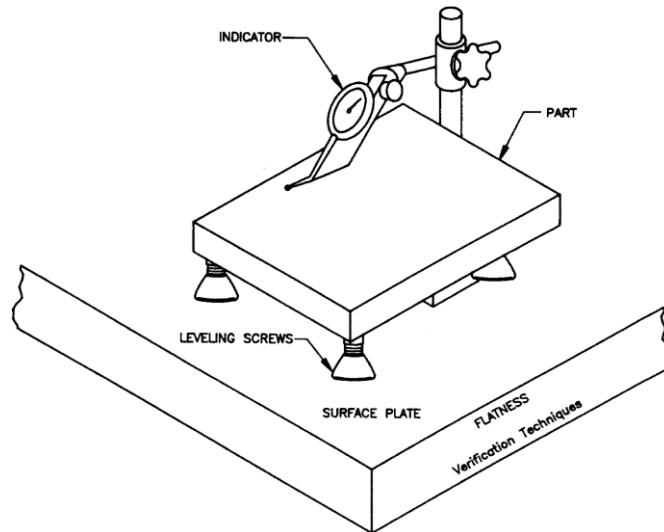
# Толеранции на облик – рамност



- ▶ Напомена: Толерантното поле има 6 степени на слобода (3T 3R) во простор, односно неговата положба и ориентација е ограничена само од поголемото толерантно поле за мерка (или правец)

# Толеранции на облик – рамност

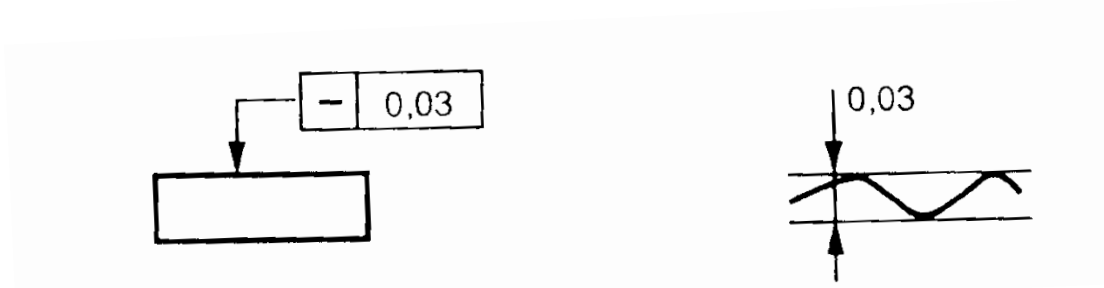
---



- ▶ Мерењето се врши со движење на мерен уред врз целата површина за да се одреди дали сите земени мерни податоци може да се сместат во толерантното поле за рамност.
- ▶ Ако мерењето е рачно, тогаш делот се навалува малку по малку се додека се добијат доволно добри резултати за големината на отстапувањето (како што е прикажано на сликата погоре).
- ▶ Ако мерењето е со координатна мерна машина (КММ), тогаш компјутерска програма проверува дали податоците земени од површината може математички да се сместат помеѓу две паралелни рамнини на растојание колку толеранцијата на рамност.

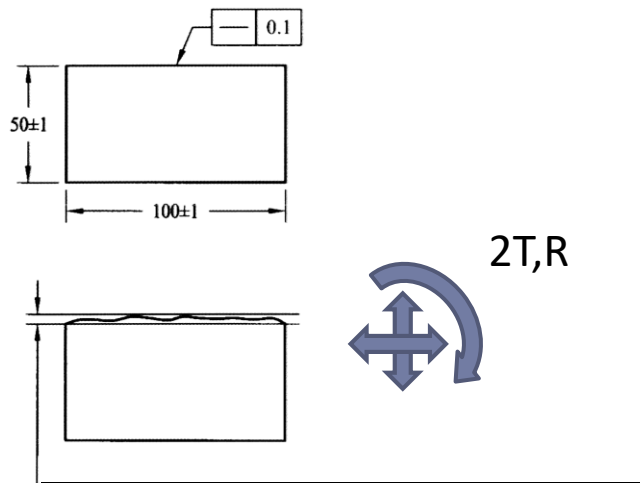
# Толеранции на облик – ПРАВОСТ

- ▶ Зададена е геометриска толеранција на **правост** на **изводниците** на рамна површина.
- ▶ Во било кој **пресек паралелен на проекционата рамнина** во која е зададена толеранцијата, точките земени од реална изводница на површината треба да се наоѓаат внатре во толерантно поле **ограничено со ДВЕ ПАРАЛЕЛНИ ЛИНИИ** на растојание 0.03mm.

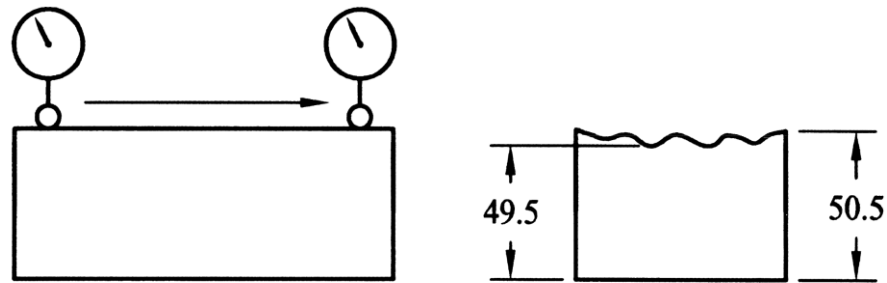
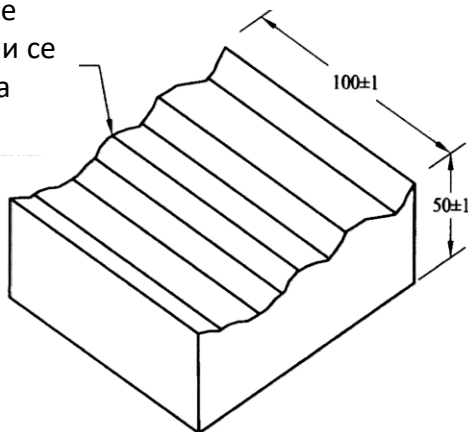


- ▶ Напомена: Толерантното поле е дводимензионално и има 3 степени на слобода за движење во рамнина (2T 1R), односно неговата положба е ограничена од поголемото толерантно поле за мерка (висината на делот).

# Толеранции на облик – ПРАВОСТ



Една од многуте изводници кои се проверуваат дали се во толерантнција



- ▶ Напомена: Толерантното поле е дводимензионално – помеѓу две паралелни линии и има 3 степени на слобода за движење во рамнина (2T 1R), односно неговата положба е ограничена само од поголемото толерантно поле за мерка (висината на делот).
- ▶ Поедините толерантни полиња се наоѓаат во повеќе рамнини паралелни на проекционата рамнина.
- ▶ Секое тол. поле има различна положба во својата рамнина и може да е разместено на различно растојание и под различен агол, но мора да е внатре во толеранцијата на мерката.