

Налегнувања

Проф. д-р Татјана Кандикјан

Вонр. проф. д-р Иле Мирчески

Универзитет Св. Кирил и Методиј

Машински факултет - Скопје

Користена литература:

- 1) Конструирање, Татјана Кандикјан, книга, 2014 година.
- 2) The Geometrical Tolerancing Desk Reference, Creating and Interpreting ISO Standard Technical Drawings, Paul Green, book, 2005
- 3) Handbook of Geometrical Tolerancing, Design, Manufacturing and Inspection, G.Henzold, 1995
- 4) ISO 286-1:2010

Налегнувања

2

Постојат три типа на налегнувања, и тоа:

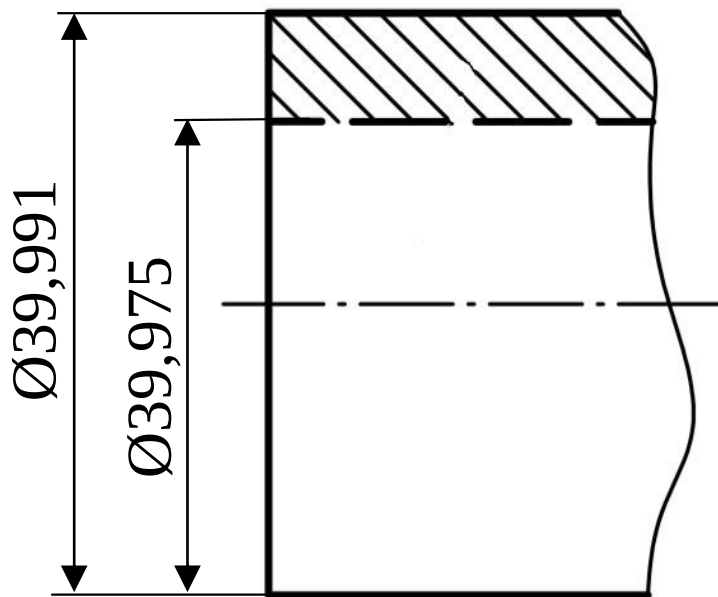
1. Налегнување со зјај
2. Налегнување со преклоп
3. Неизвесно налегнување



Налегнување со зјај

3

Пример 1: Толеранција за оска, читање на податоци од табела во согласност со стандардот МКС EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 40\text{H}7/\text{g}6$.

Номинален дијаметар на оската е $\varnothing 40$.

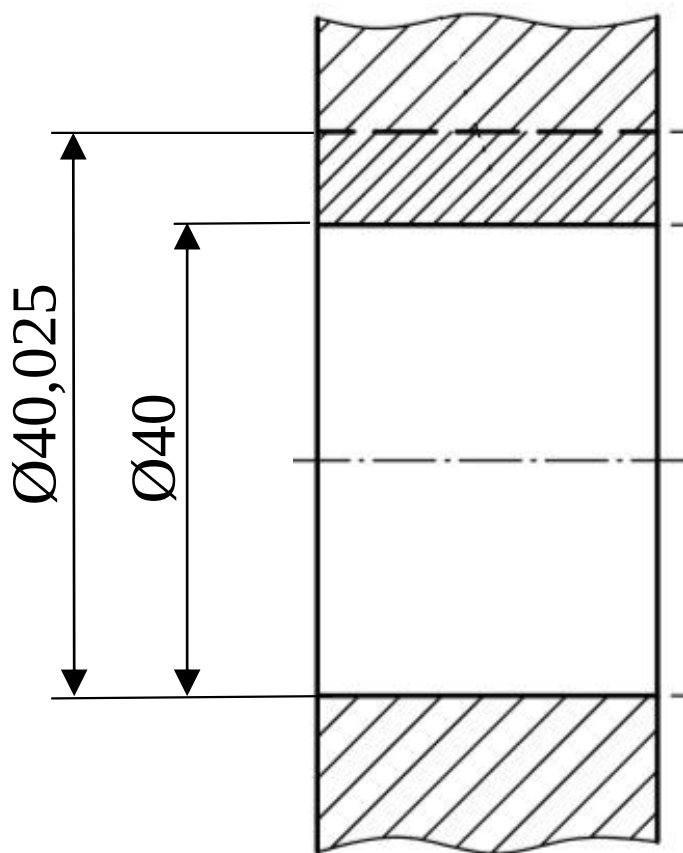
Во согласност со стандардот, на страна 30 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 40\text{g}6$ и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 39,975$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 39,991$.



Налегнување со зјај

4

Толеранција за отвор, читање на податоци од табела во согласност со стандардот MKS EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 40H7/g6$.

Номинален дијаметар на отворот е $\varnothing 40$.

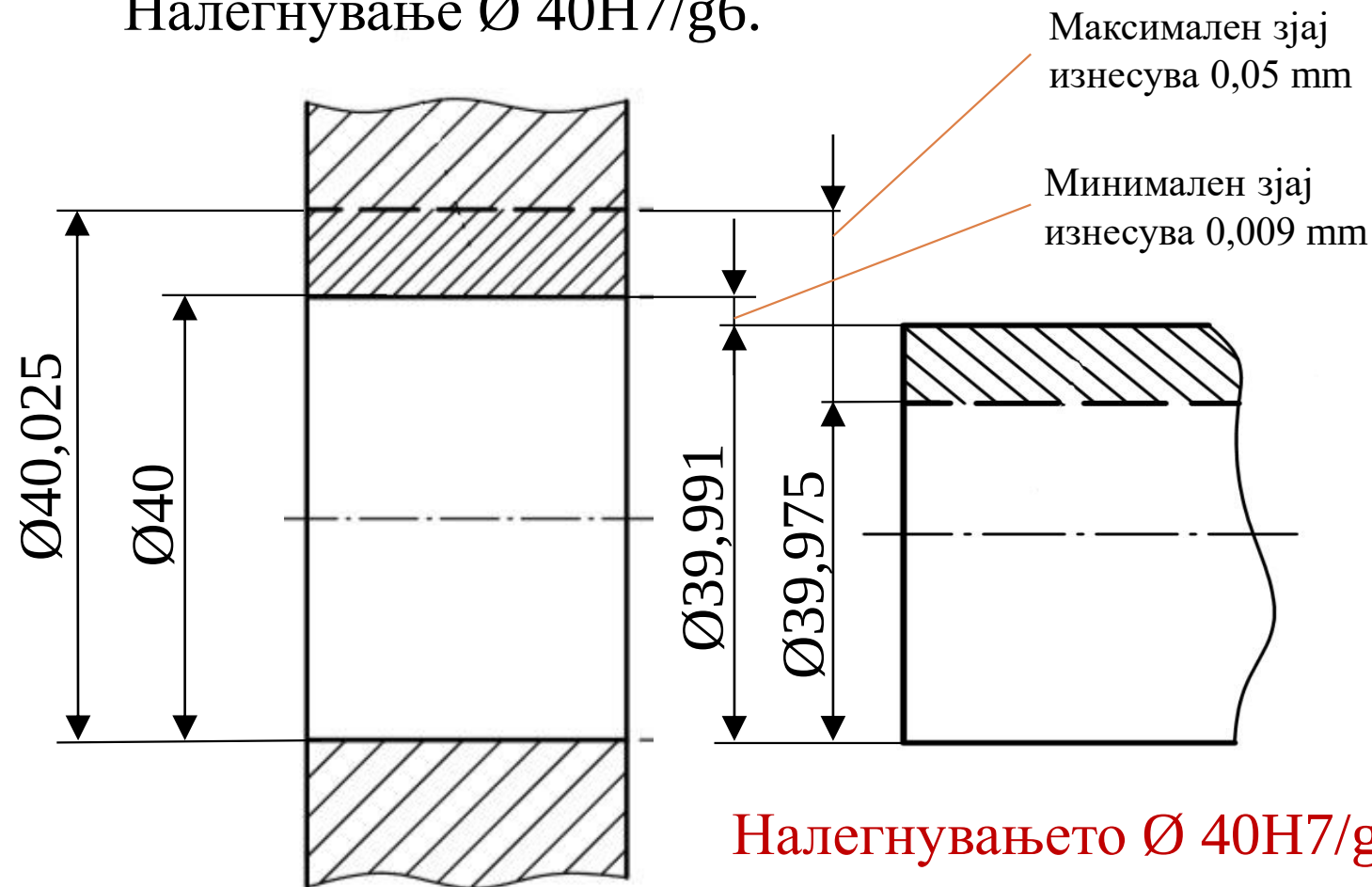
Во согласност со стандардот, на страна 12 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 40H7$ и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 40$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 40,025$.



Налегнување со зјај

5

Налегнување $\varnothing 40\text{H7/g6}$.



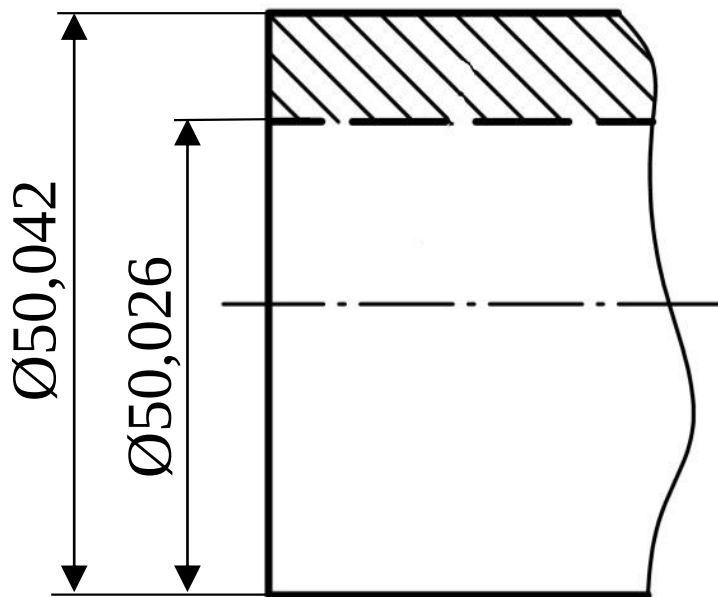
Налегнувањето $\varnothing 40\text{H7/g6}$ е зјај!



Налегнување со преклоп

6

Пример 2: Толеранција за оска, читање на податоци од табела во согласност со стандардот МКС EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 50\text{H7/p6}$.

Номинален дијаметар на оската е $\varnothing 50$.

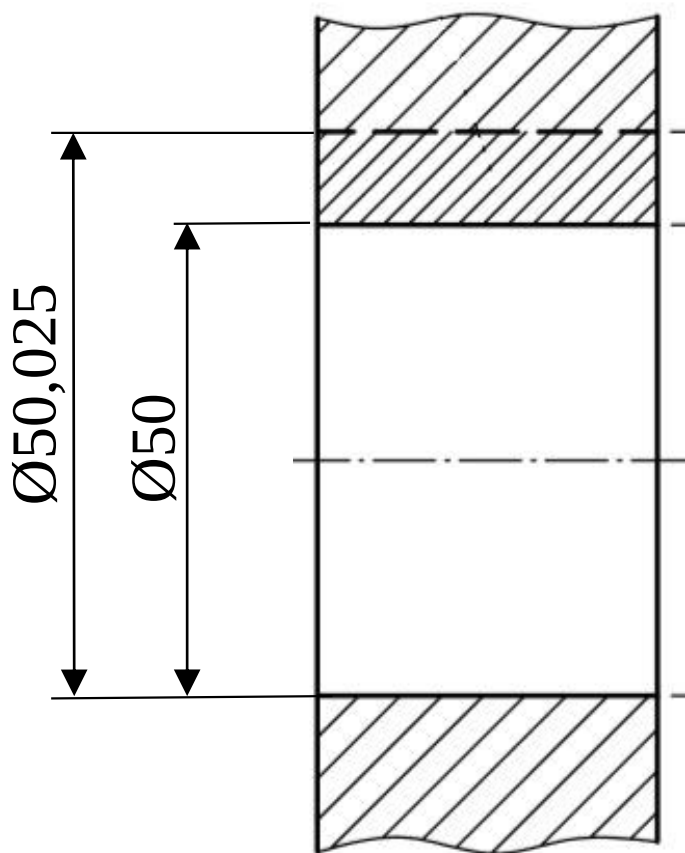
Во согласност со стандардот, на страна 35 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 50\text{p6}$ и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50,026$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50,042$.



Налегнување со преклоп

7

Толеранција за отвор, читање на податоци од табела во согласност со стандардот MKS EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 50$ H7/p6.

Номинален дијаметар на отворот е $\varnothing 50$.

Во согласност со стандардот, на страна 12 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 50$ H7 и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50,025$.



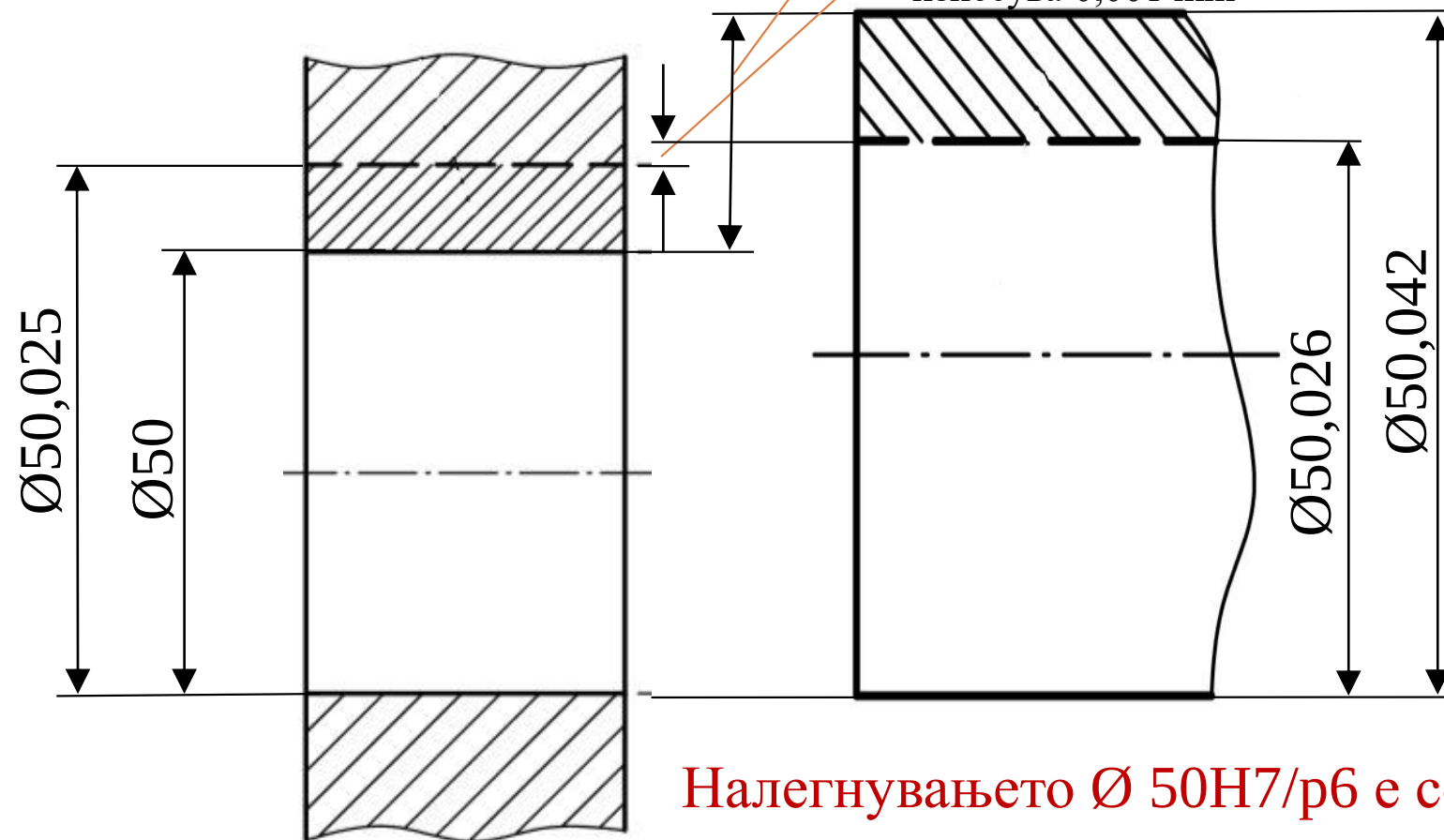
Налегнување со преклоп

8

Максимален преклоп
изнесува 0,042 mm

Минимален преклоп
изнесува 0,001 mm

Налегнување $\varnothing 50\text{H7/p6}$.



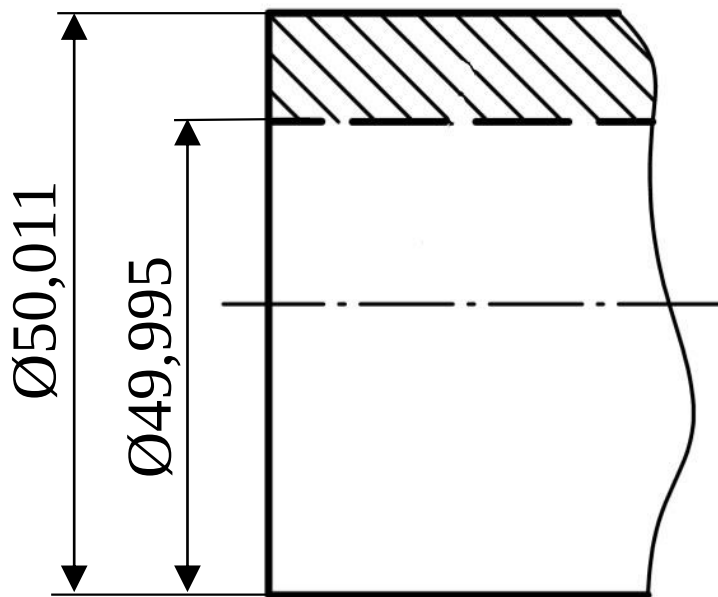
Налегнувањето $\varnothing 50\text{H7/p6}$ е со преклоп!



Неизвесно налегнување

9

Пример 3: Толеранција за оска, читање на податоци од табела во согласност со стандардот МКС EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 50\text{H}7/\text{j}6$.

Номинален дијаметар на оската е $\varnothing 50$.

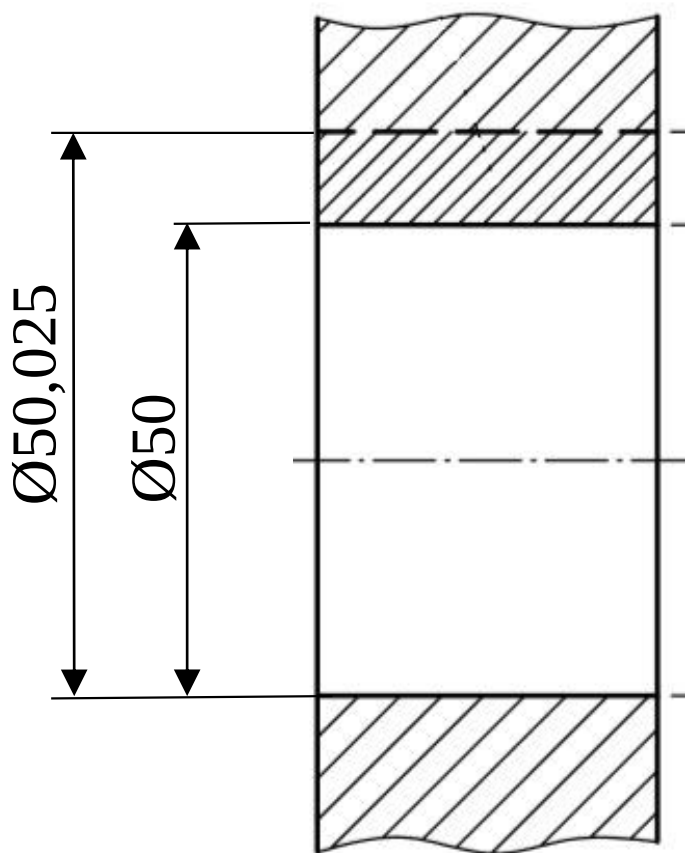
Во согласност со стандардот, на страна 33 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 50\text{j}6$ и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 49,995$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50,011$.



Неизвесно налегнување

10

Толеранција за отвор, читање на податоци од табела во согласност со стандардот MKS EN ISO 286-2:2012.



Налегнување $\varnothing 50$ H7/j6.

Номинален дијаметар на отворот е $\varnothing 50$.

Во согласност со стандардот, на страна 12 се отчитуваат граничните вредности за $\varnothing 50$ H7 и тоа, минималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50$ и максималната гранична мерка изнесува $\varnothing 50,025$.



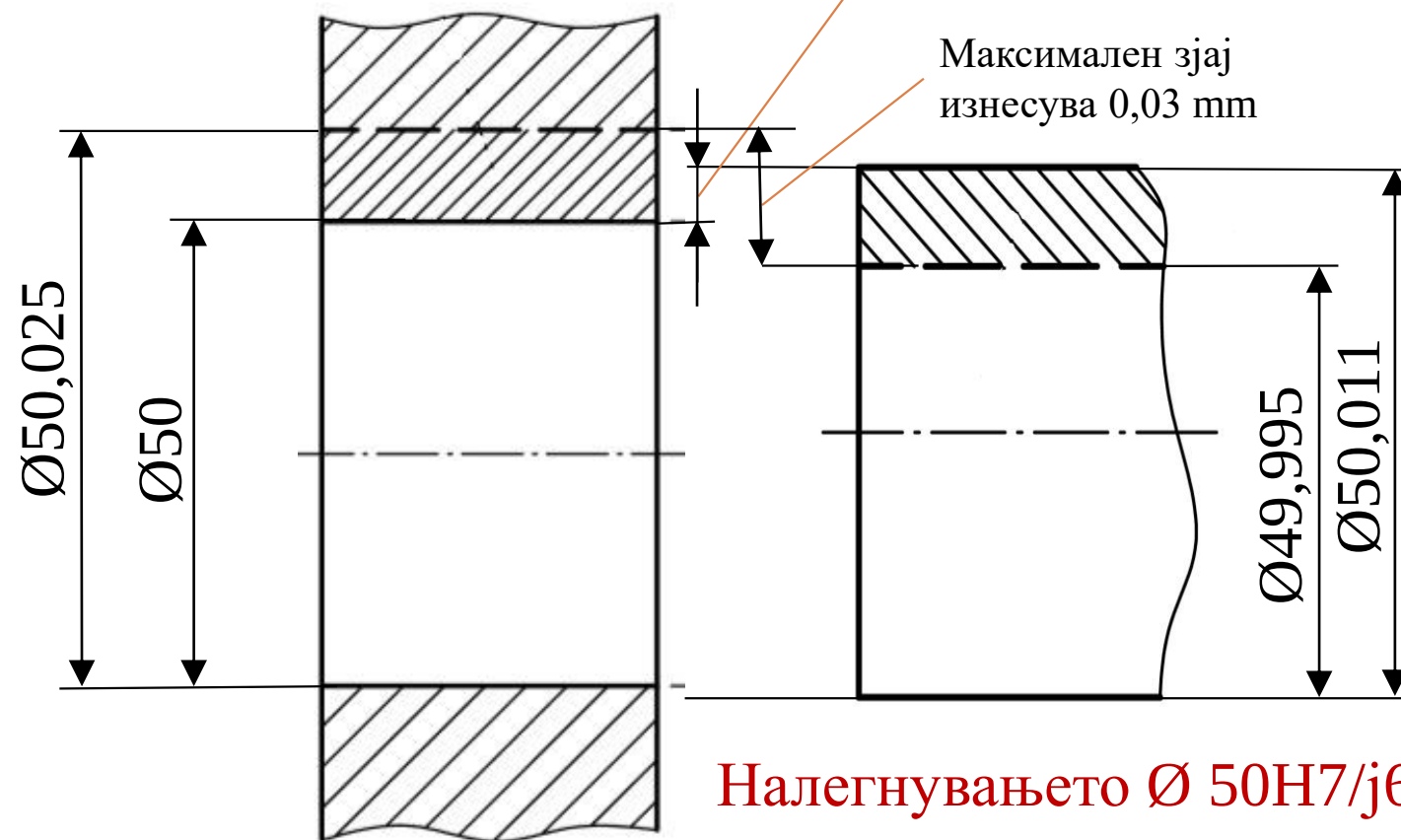
Неизвесно налегнување

11

Налегнување $\varnothing 50\text{H7/j6}$.

Минимален преклоп
изнесува 0,011 mm

Максимален зјај
изнесува 0,03 mm



Налегнувањето $\varnothing 50\text{H7/j6}$ е неизвесно!



Калкулатор за налегнувања

12

<https://amesweb.info/fits-tolerances/tolerance-calculator.aspx>

Налегнување $\varnothing 80J7/k6$.

Limits, Fits and Tolerance Calculator:

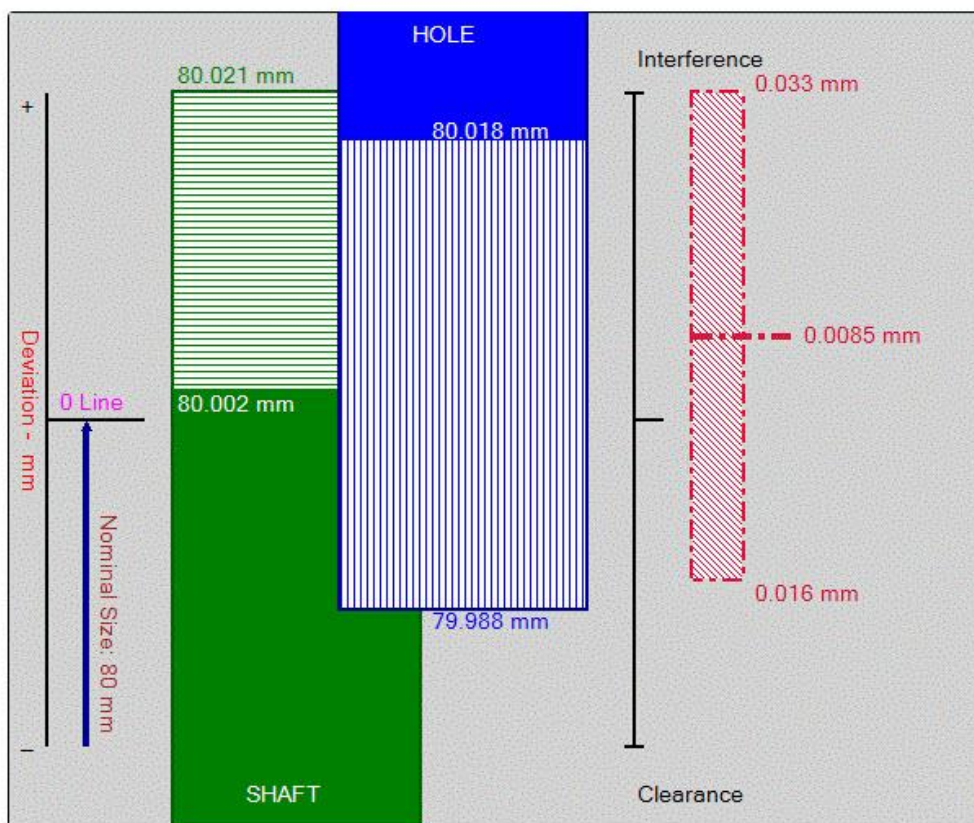
INPUT PARAMETERS			
Parameter	Value		Unit
Nominal Size	80		mm
Hole Tolerance	J	7	---
Shaft Tolerance	k	6	---
Calculate			



Калкулатор за налегнувања

13

<https://amesweb.info/fits-tolerances/tolerance-calculator.aspx>



Schematic Representation Of Fit



Геометриски Толеранции

Проф. д-р Татјана Кандикјан

Вонр. проф. д-р Иле Мирчески

Универзитет Св. Кирил и Методиј

Машински факултет - Скопје

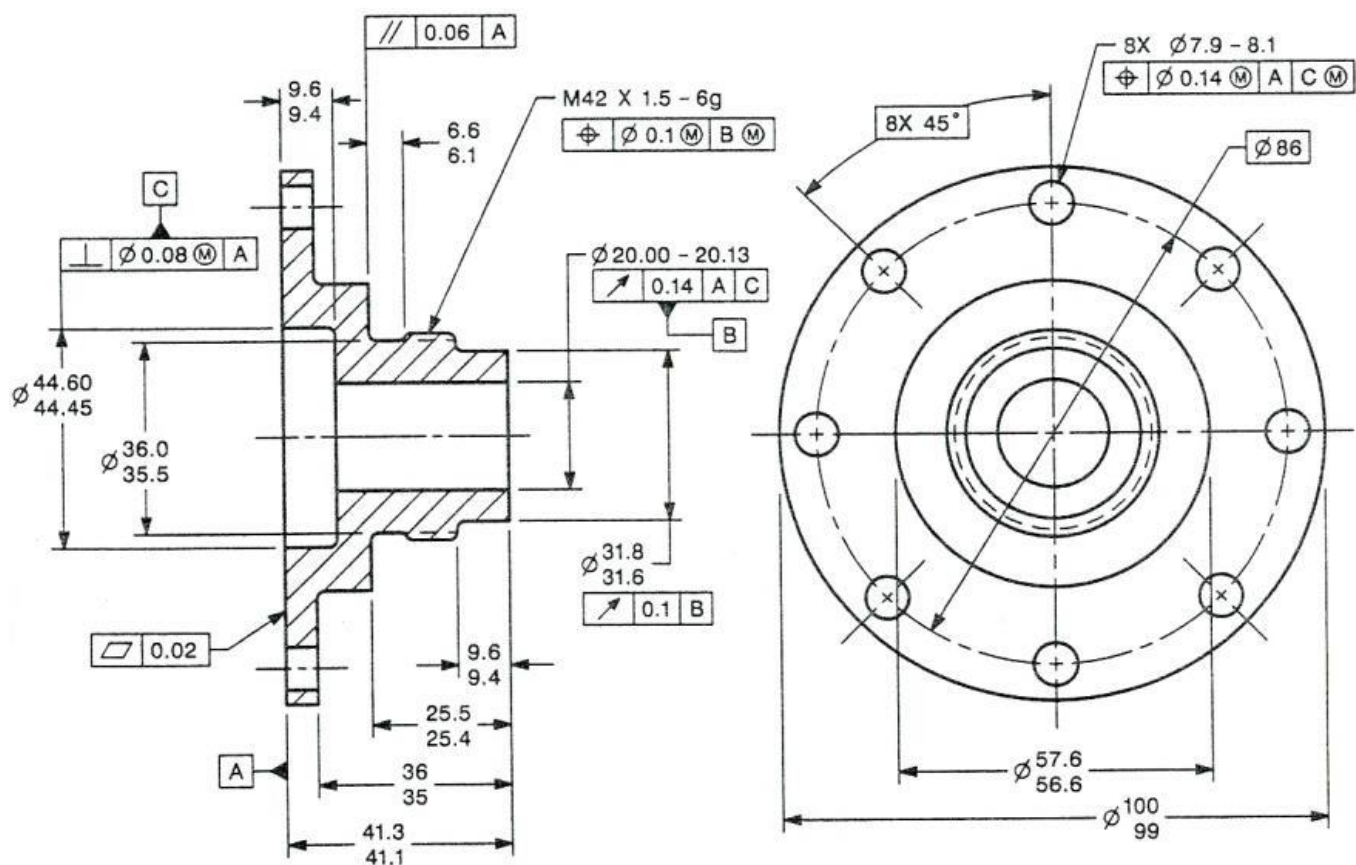
Користена литература:

- 1) Конструирање, Татјана Кандикјан, книга, 2014 година.
- 2) The Geometrical Tolerancing Desk Reference, Creating and Interpreting ISO Standard Technical Drawings, Paul Green, book, 2005
- 3) Handbook of Geometrical Tolerancing, Design, Manufacturing and Inspection, G.Henzold, 1995
- 4) ASME Y14.5M-1994, Dimensioning and Tolerancing, 1995
- 5) ISO 1101:2014-04

Примери

15

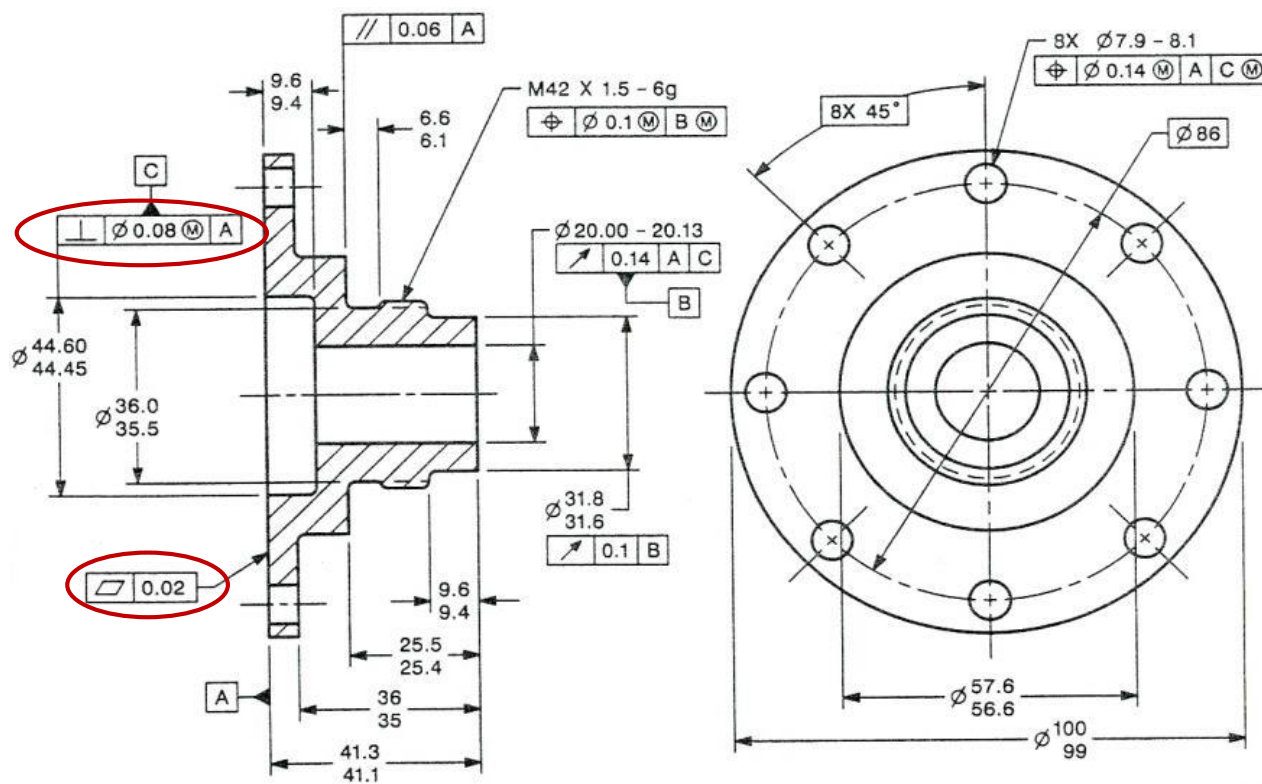
Работилнички цртеж:



Примери

16

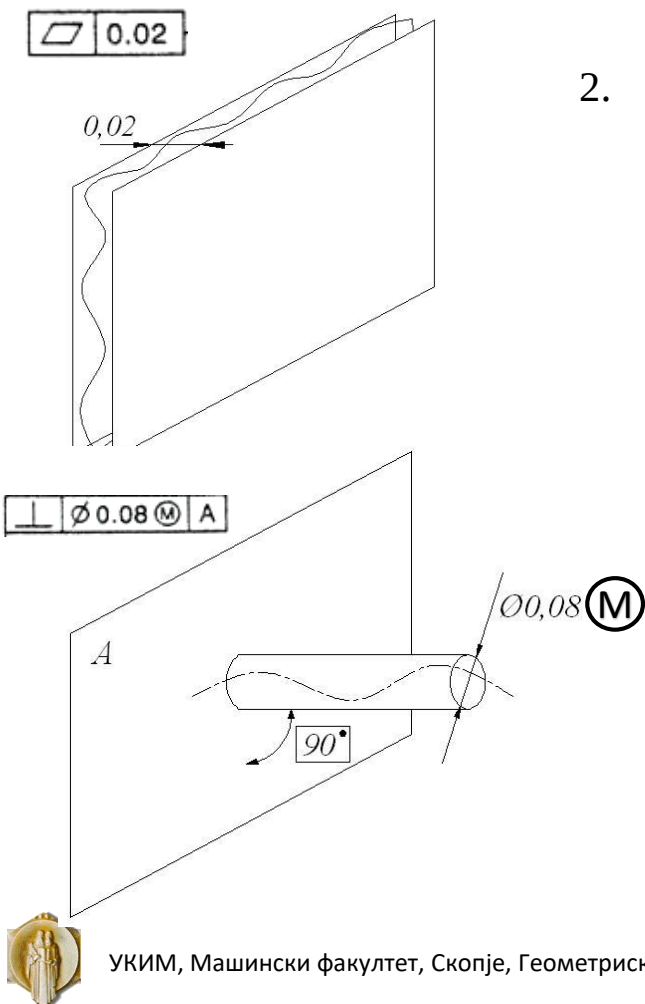
Работилнички цртеж:



Примери

17

Решение:



1. Зададена е геометриска толеранција за рамност на левата челна страница на делот.
2. Големината на толерантното поле е определена помеѓу две паралелни рамнини на меѓусебно растојание од 0,02 mm. Сите точки земени од реалната површина на страницата од делот треба да се наоѓаат внатре во толерантното поле.

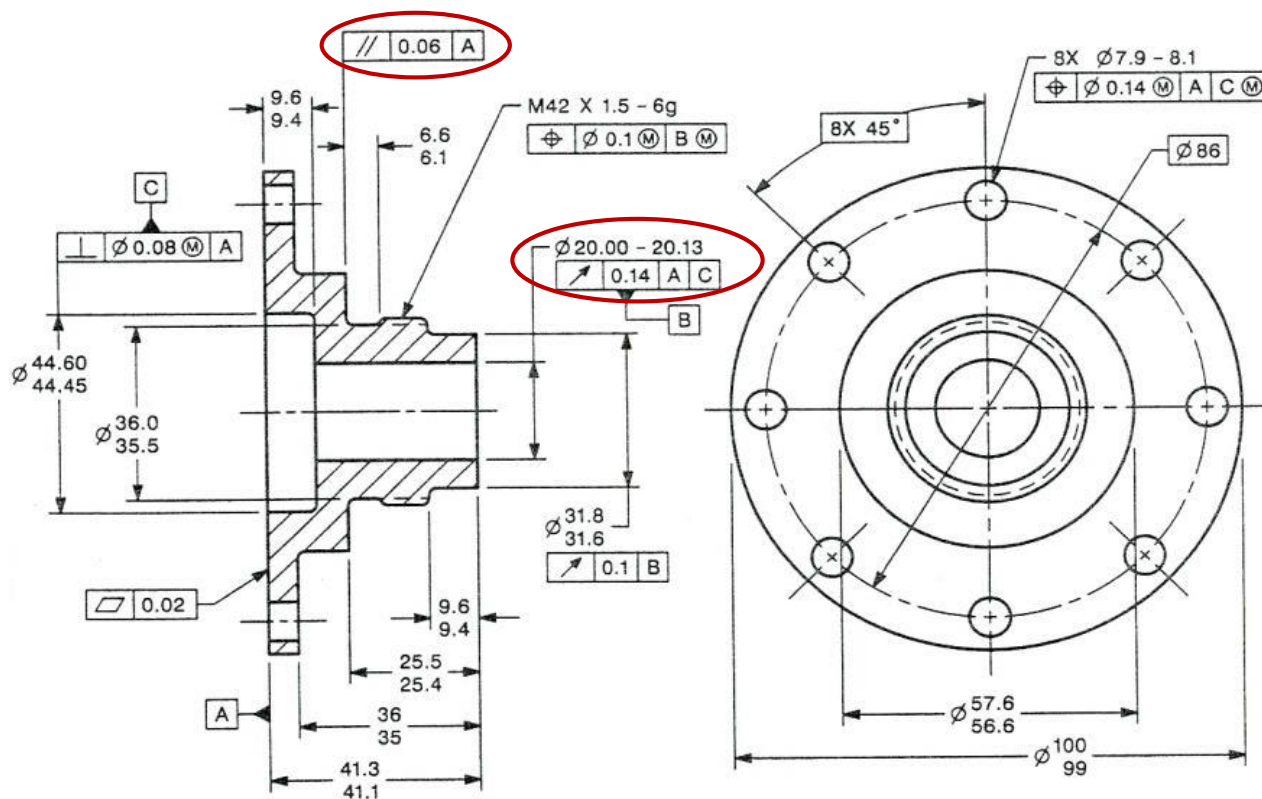
1. Зададена е геометриска толеранција на нормалност за оската на отворот со дијаметар $\varnothing$ (44,45 – 44,6) mm.
2. Толерантното поле за оската е идеален цилиндер со дијаметар $\varnothing$ 0,08 mm при максимум материјал.
3. Толерантното поле стои нормално во однос на референтната рамнина A.



Примери

18

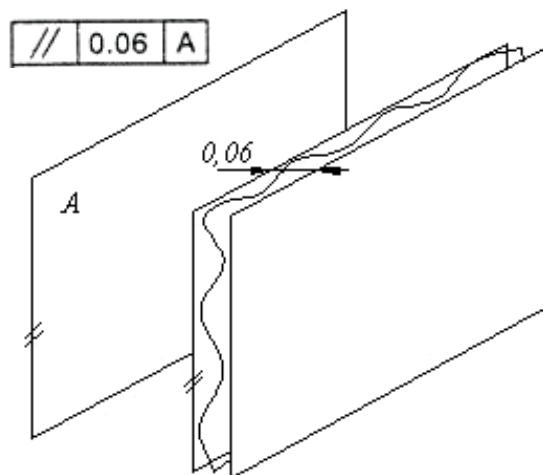
Работилнички цртеж:



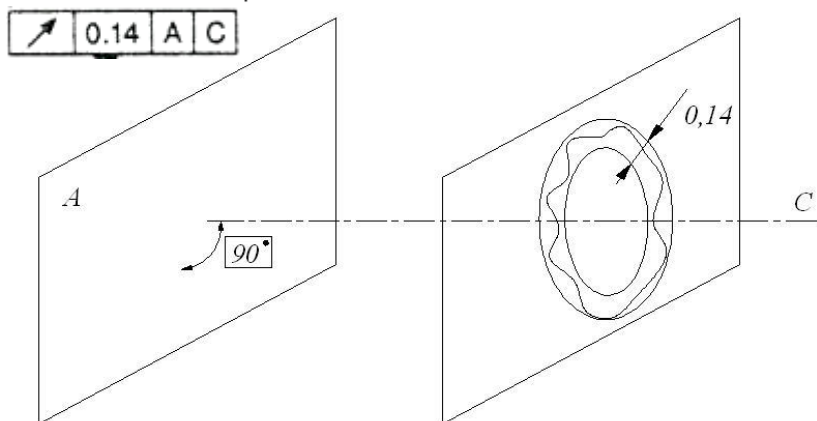
Примери

19

Решение:



1. Зададена е геометриска толеранција на паралелност за левата челната рамна страница од делот.
2. Толерантното поле се наоѓа помеѓу две паралелни рамнини на растојание 0,06 mm.
3. Толерантното поле е паралелно во однос на референтната рамнина A.



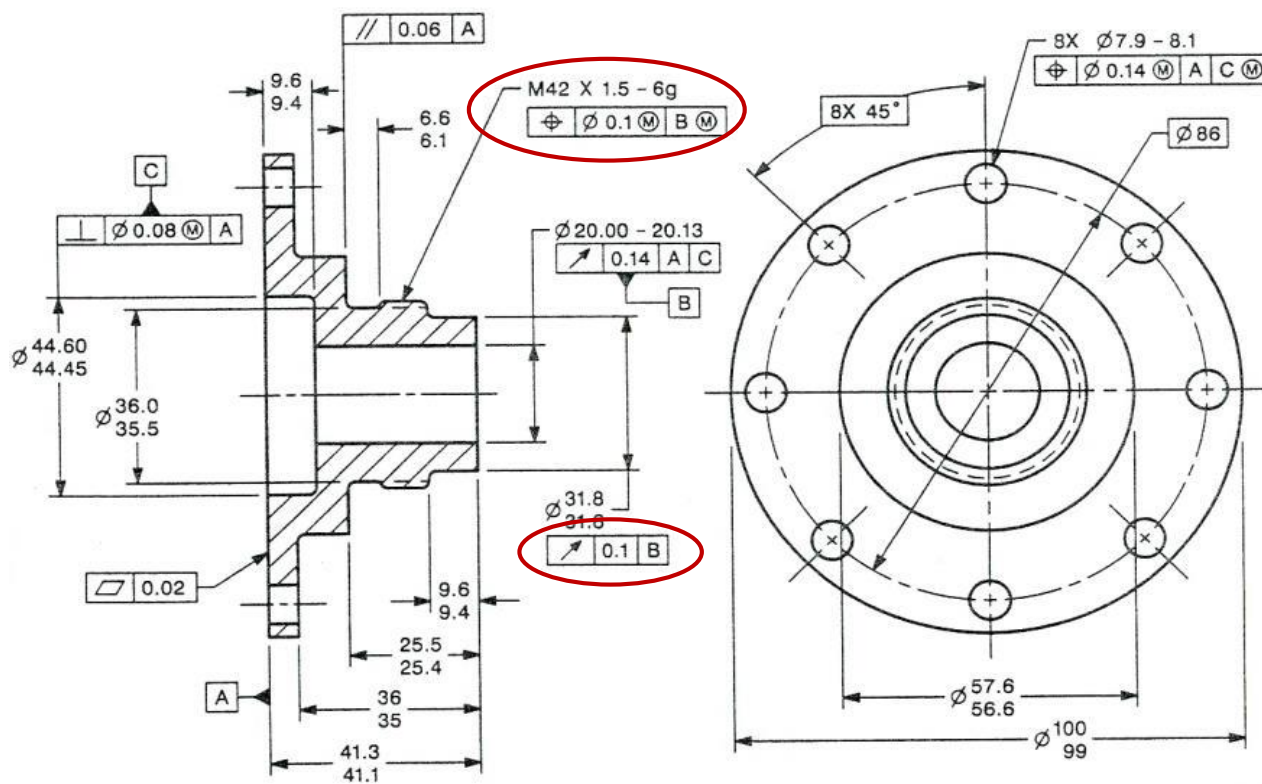
1. Зададена е геометриска толеранција за кружна радијална издаденост за кружните изводници на цилиндричната површина на отворот.
2. Во било кој напречен пресек, толерантното поле се наоѓа помеѓу две идеални концентрични кружници на меѓусебно растојание од 0,14 mm.
3. Толерантното поле е паралелно со референтната рамнина A, а центарот на толерантното поле е определен од референтната оска C.



Примери

20

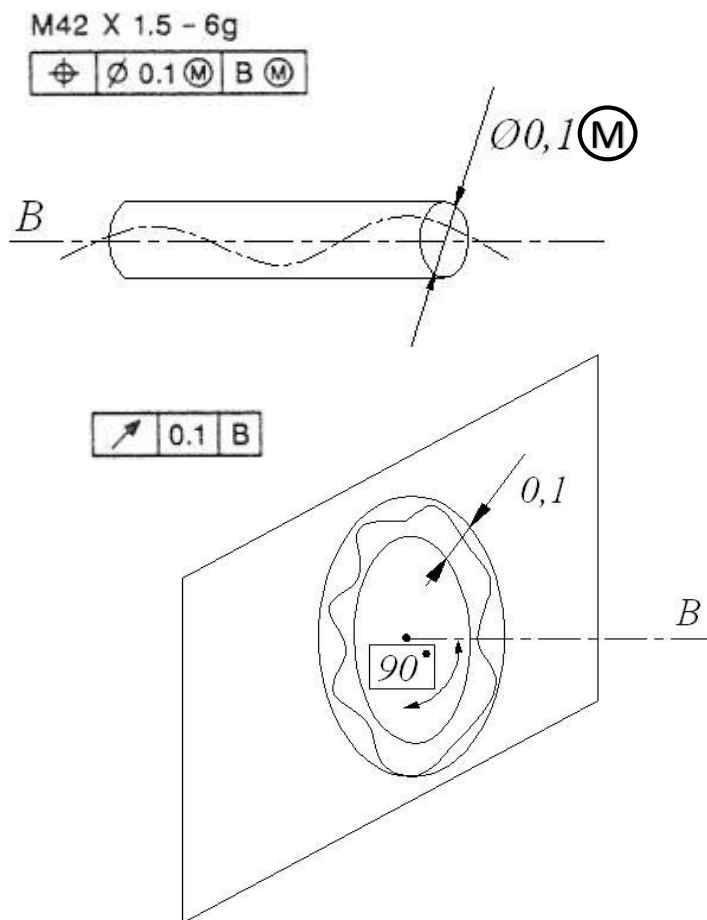
Работилнички цртеж:



Примери

21

Решение:



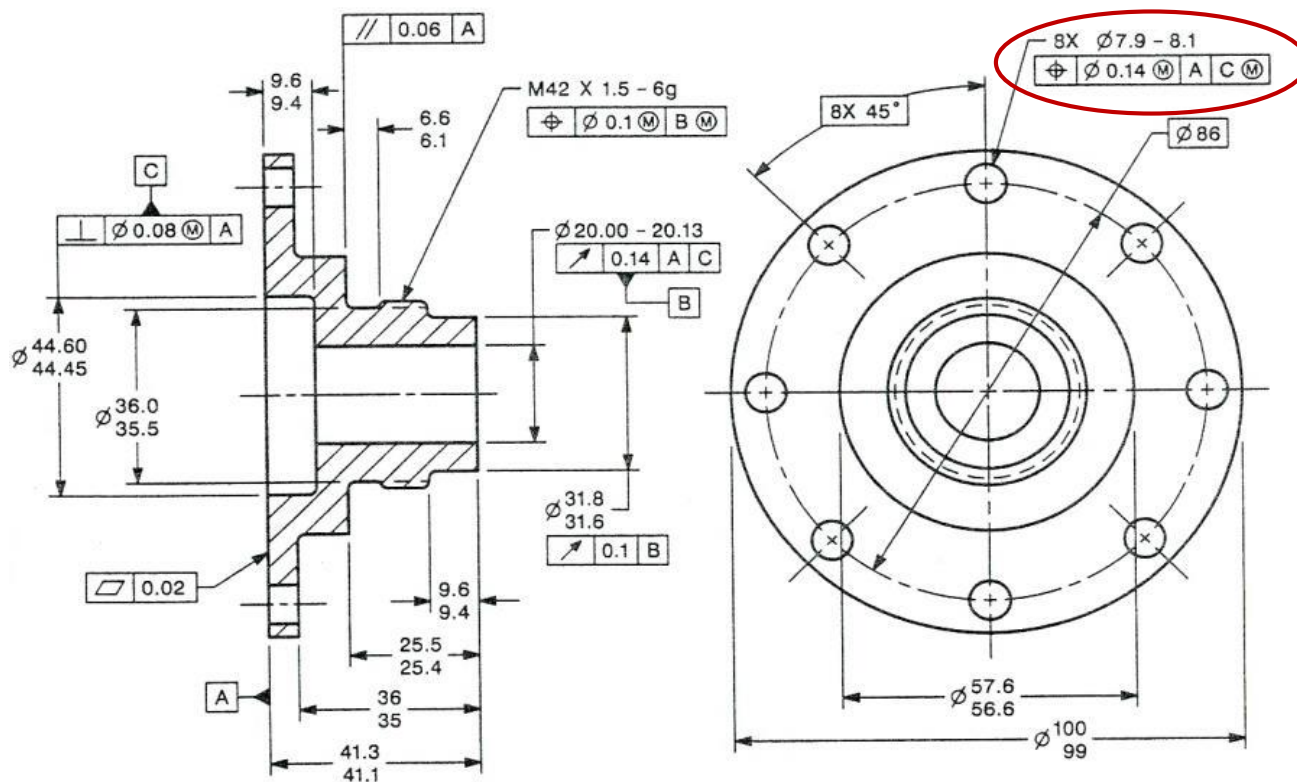
1. Зададена е геометриска толеранција за положба на оската од навојот M42X1,5.
 2. Толерантното поле е цилиндрично со дијаметар $\varnothing 0,1\text{mm}$ при максимум материјал.
 3. Толерантното поле е поставено коаксијално во однос на референтната оска B (растојание 0 помеѓу оските).
-
1. Зададена е геометриска толеранција за кружна радијална издаденост за кружните изводници на цилиндричната површина.
 2. Во било кој напречен пресек, точките земени од реалната контура треба да се сместат во толерантното поле кое е помеѓу две концентрични кружници на меѓусебно растојание од 0,1 mm.
 3. Толерантното поле е со центар во референтната оска B.



Примери

22

Работилнички цртеж:



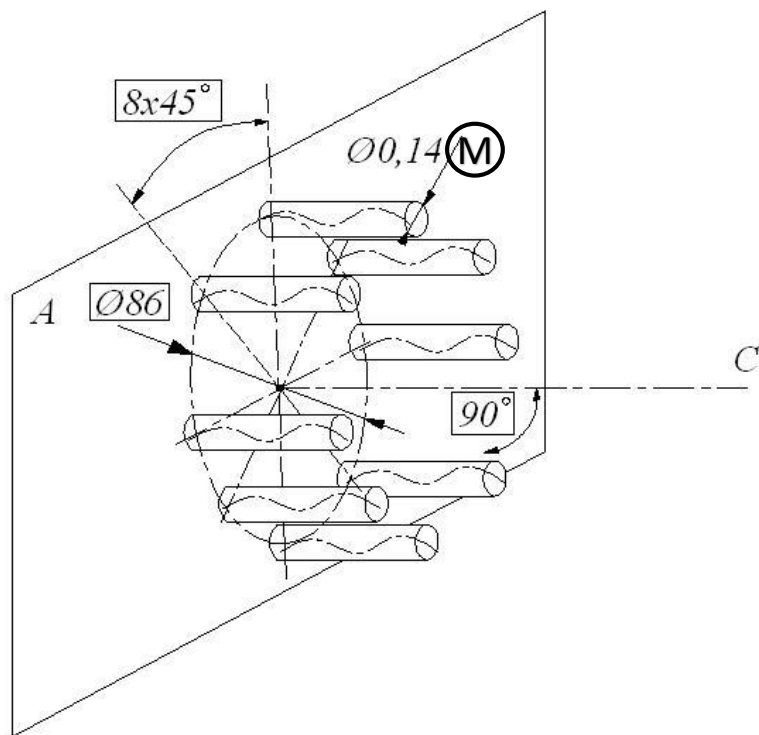
Примери

23

Решение:

— 8X $\varnothing 7.9 - 8.1$

$\oplus \varnothing 0.14 \text{ (M)} \text{ A C (M)}$



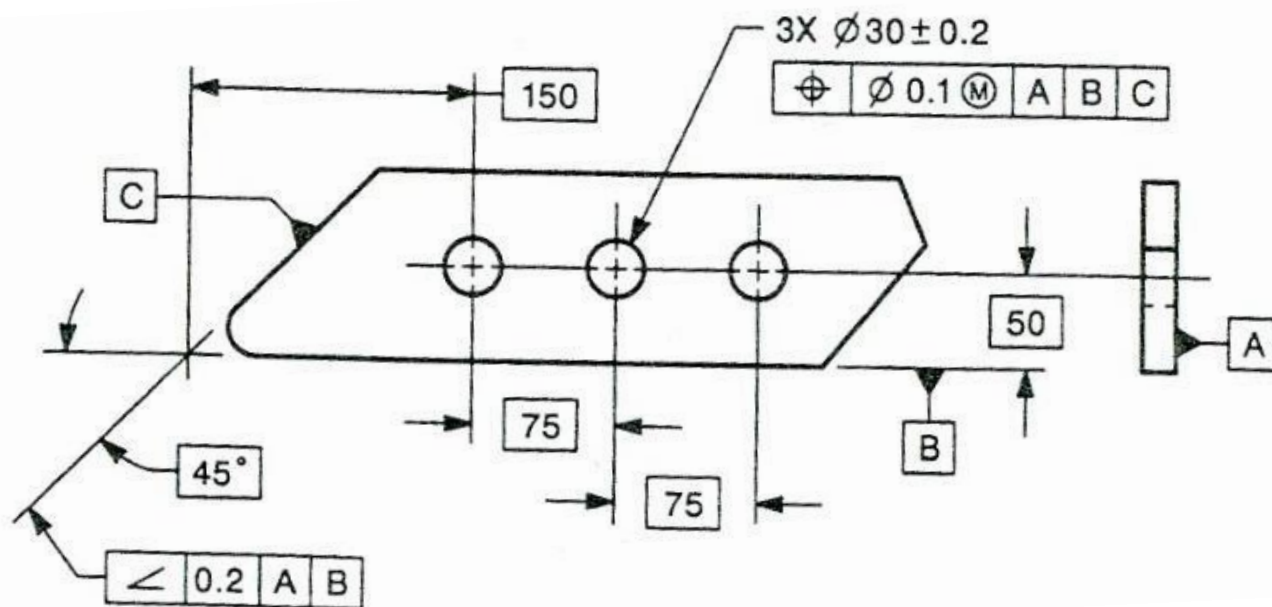
1. Зададена е геометриска толеранција за положба на оските на група од осум отвори со дијаметар $\varnothing (7,9 - 8,1) \text{ mm}$.
2. Толерантните полиња се цилиндрични со дијаметар $\varnothing 0,14 \text{ mm}$ при максимум материјал.
3. Толерантните полиња се нормални на референтна рамнина А. Толерантните полиња се рамномерно распоредени по кружница со теоретски точен дијаметар $\varnothing 86$ чиј центар е во референтната оската С при максимум материјал и се меѓусебно распределени под агол од 45° .



Примери

24

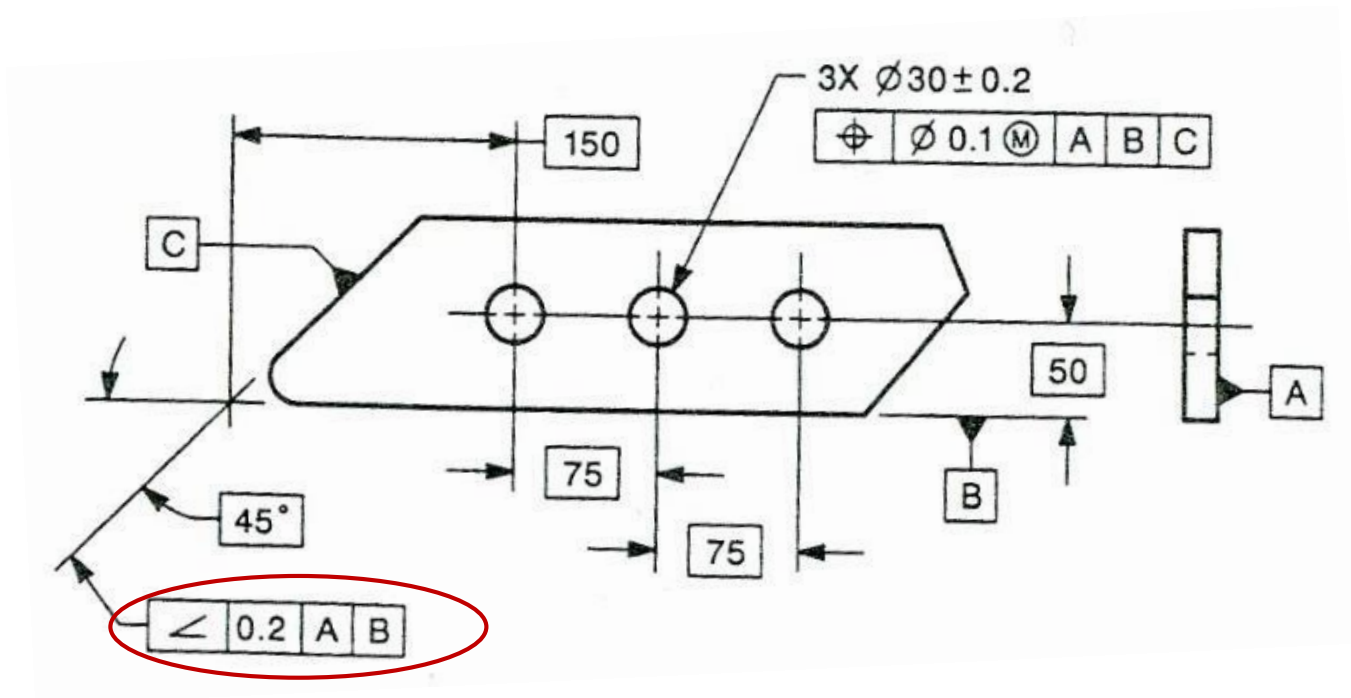
Работилнички цртеж:



Примери

25

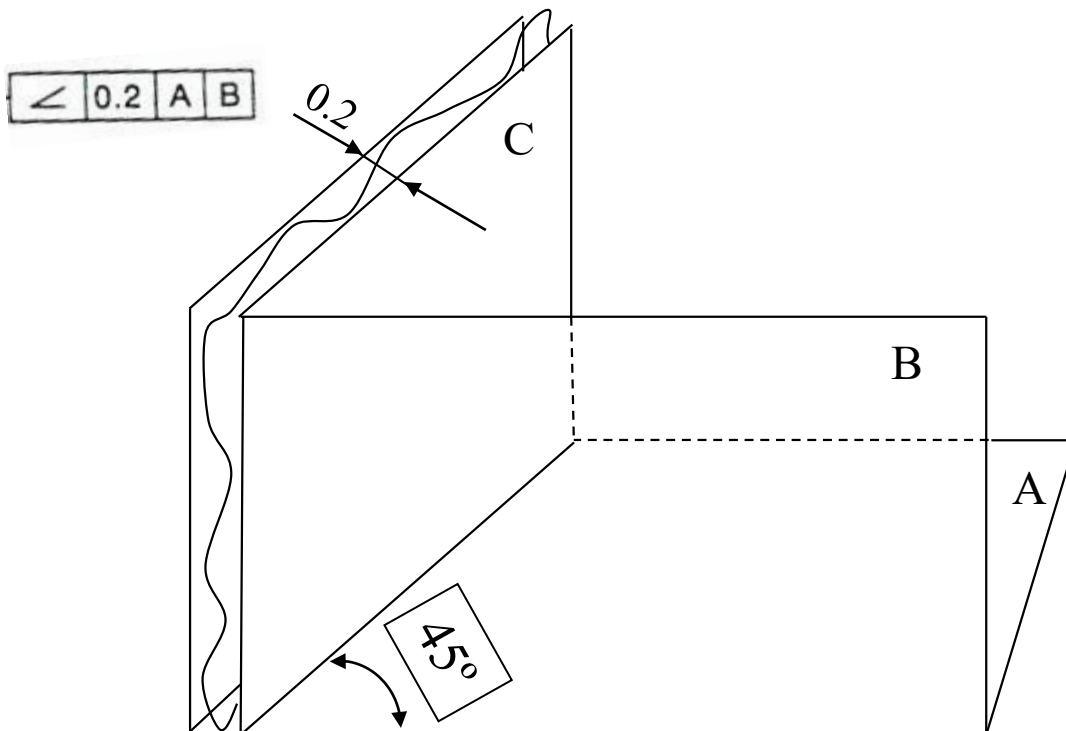
Работилнички цртеж:



Примери

26

Решение:



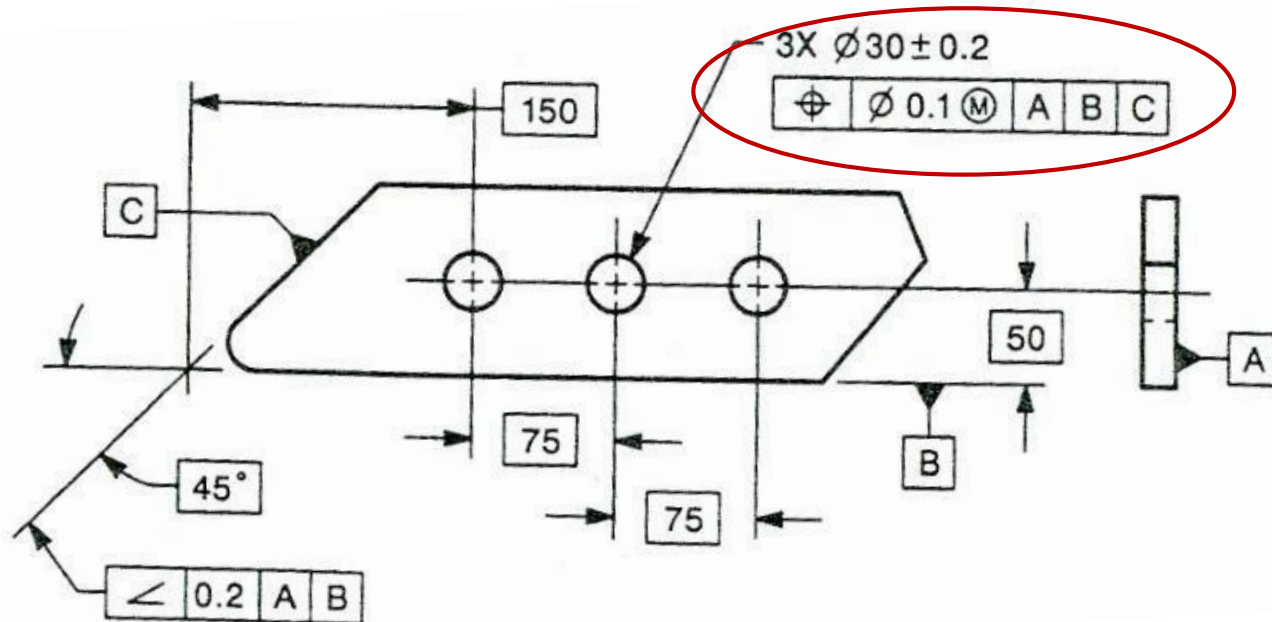
1. Зададена е геометриска толеранција на аголноост на косата страница од делот.
2. Толерантното поле се наоѓа помеѓу две паралални рамнини на растојание 0,2 mm. Сите точки земени од косата страница на делот треба да се наоѓаат помеѓу двете паралални рамнини на растојание 0,2.
3. Толерантното поле е нормално на референтната рамнина A и е под теоретски точен агол од 45° во однос на пресечната линија со референтната рамнина B.



Примери

27

Работилнички цртеж:

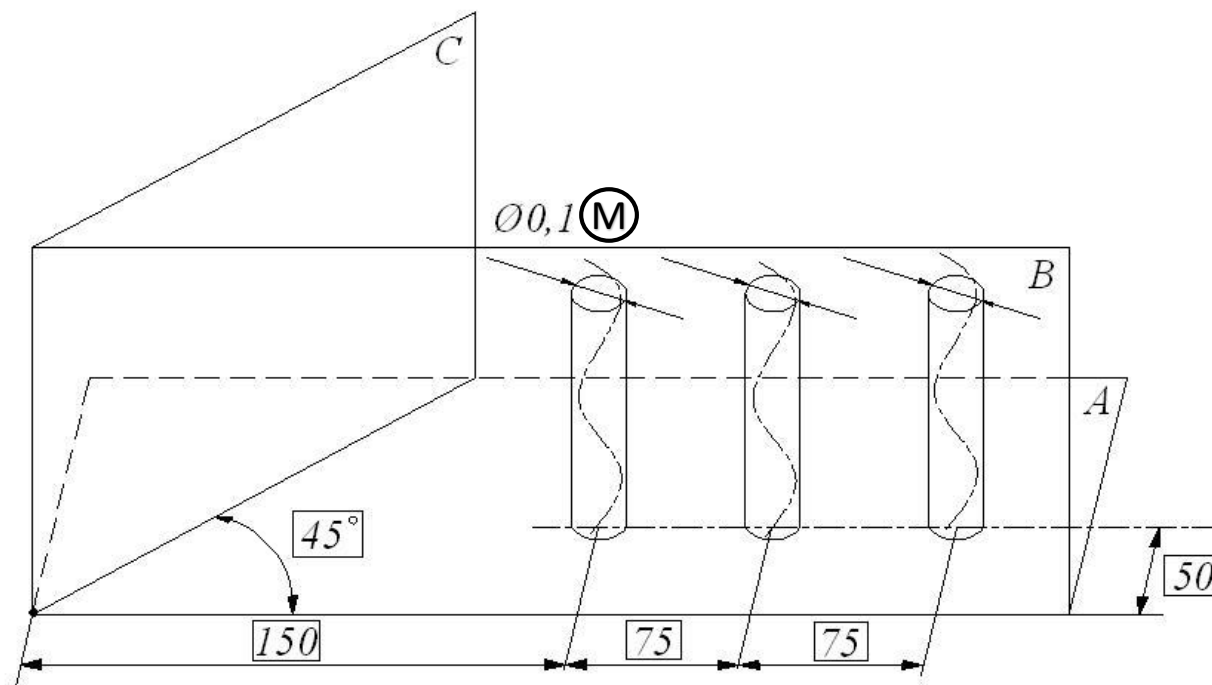
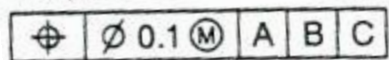


Примери

28

Решение:

3X $\varnothing 30 \pm 0.2$



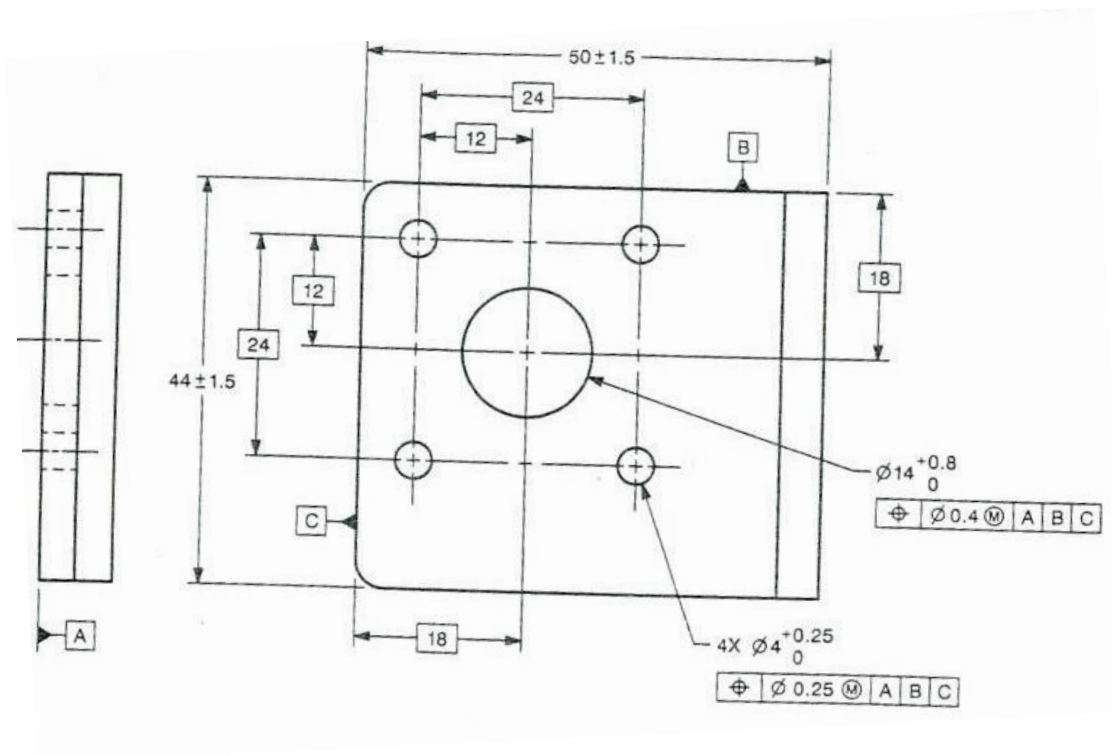
1. Зададена е геометриска толеранција на положба за оските на група од три отвори со дијаметар $\varnothing 30\text{ mm}$.
2. Толерантните полиња се цилиндрични со дијаметар $\varnothing 0,1\text{ mm}$ при максимум материјал.
3. Толерантните полиња се нормални на референтна рамнина А, се оддалечени на теоретско точно растојание од 50 mm од пресечната линија со референтната рамнина В и првото толерантно поле е оддалечено од точката во пресекот на референтните рамнини А, В и С за точна мерка 150 mm , а потоа толерантните полиња за оските се на меѓусебно точно растојание од 75 mm , според скицата.



Примери

29

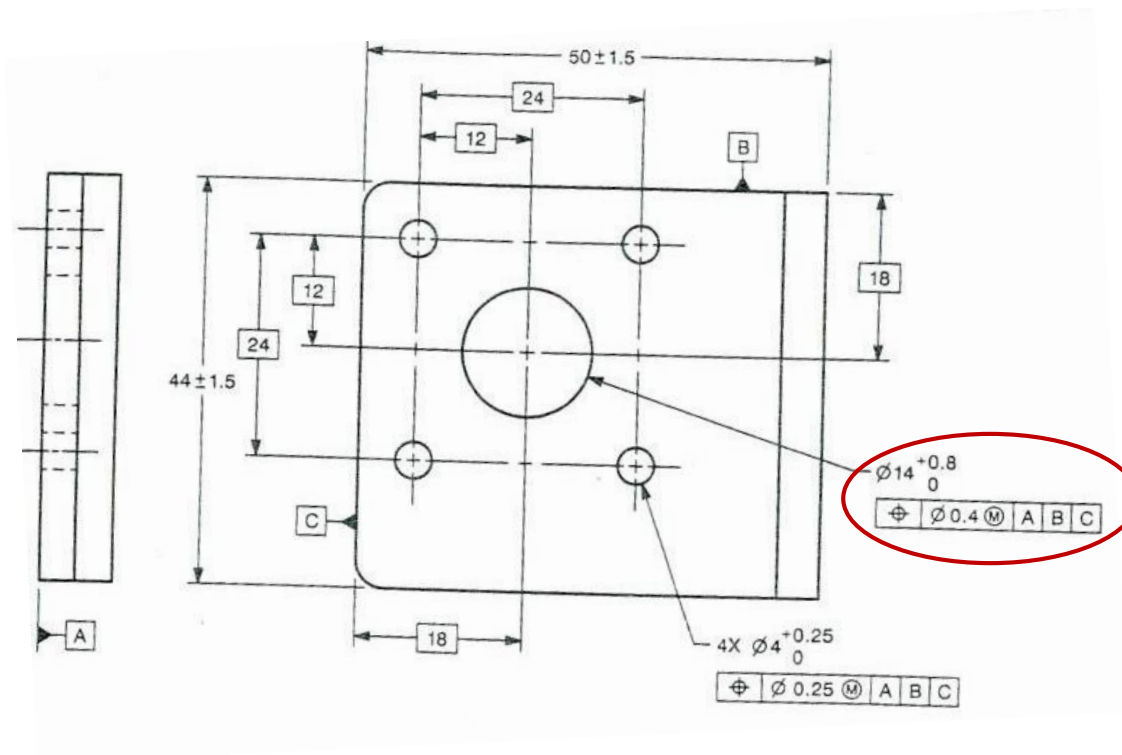
Работилнички цртеж:



Примери

30

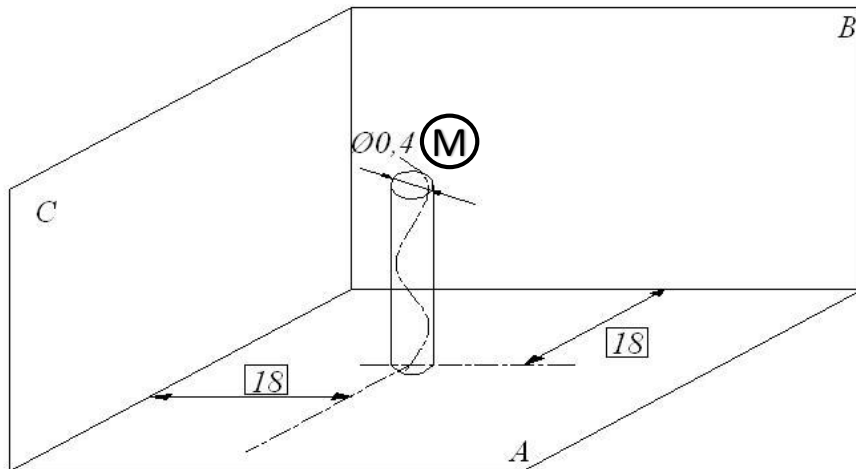
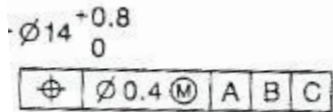
Работилнички цртеж:



Примери

31

Решение:



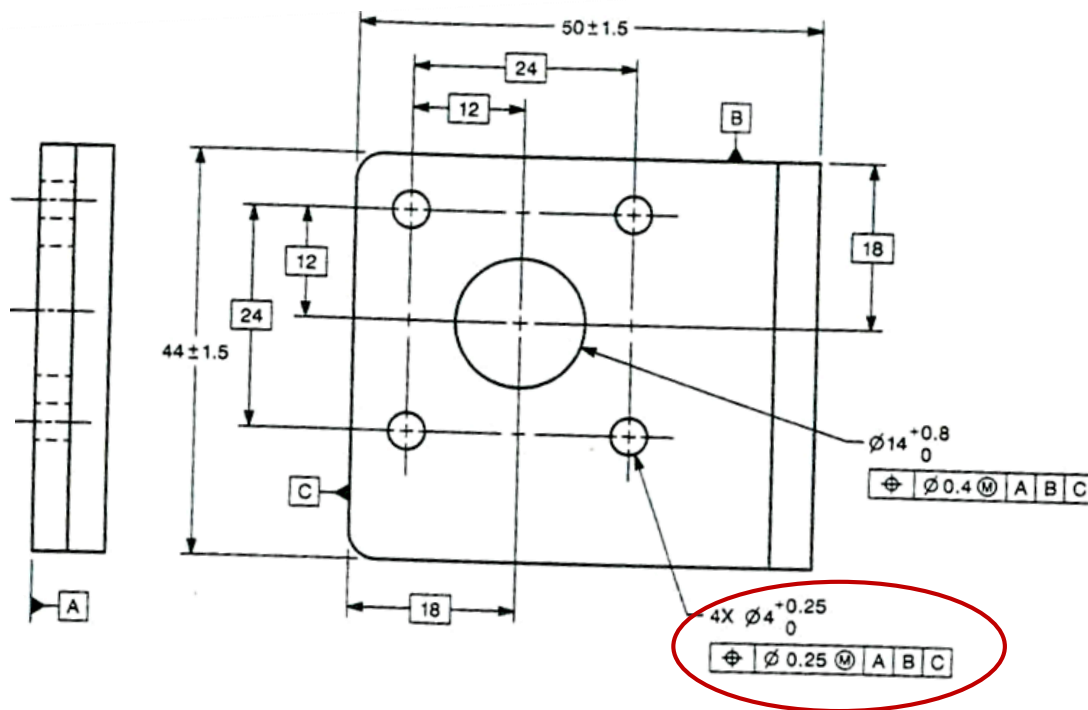
1. Зададена е геометриска толеранција за положба на оската на отворот со дијаметар $\varnothing 14 \text{ mm}$.
2. Толерантното поле за оската е цилиндрично со дијаметар $\varnothing 0,4 \text{ mm}$ при максимум материјал.
3. Толерантното поле е нормално на референтна рамнина А и одалечено од референтните рамнини В и С за точна мерка од 18 mm .



Примери

32

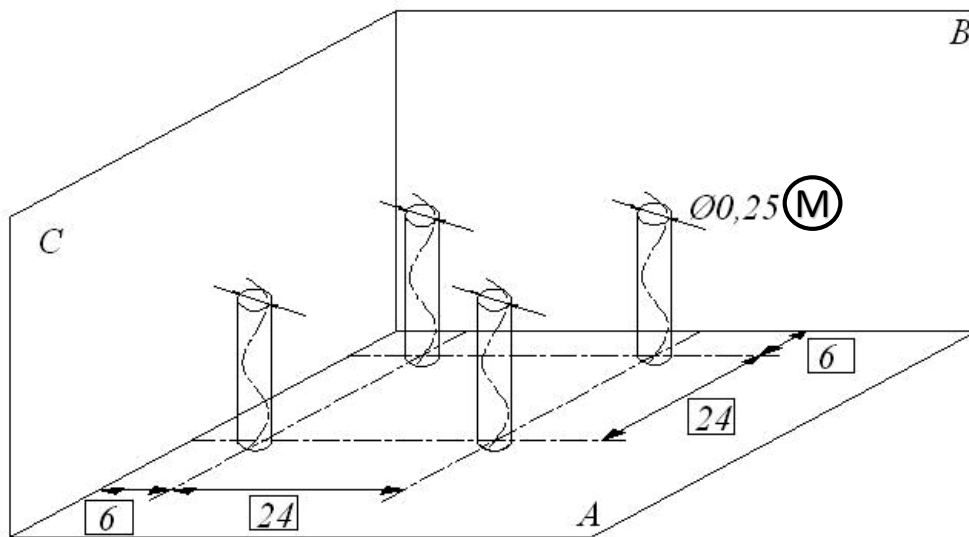
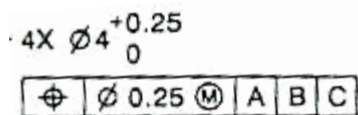
Работилнички цртеж:



Примери

33

Решение:



1. Зададена е геометриска толеранција за положба на оските од група од четири отвори со дијаметар $\varnothing 4$ mm.
2. Толерантните полиња за оските се цилиндрични со дијаметар $\varnothing 0,25$ mm при максимум материјал.
3. Толерантните полиња се нормални на референтна рамнина A , оддалечени од референтна рамнина B за точна мерка од 6 mm и 24 mm како на скицата, и оддалечени од референтна рамнина C за точна мерка од 6 mm и 24 mm како на скицата.

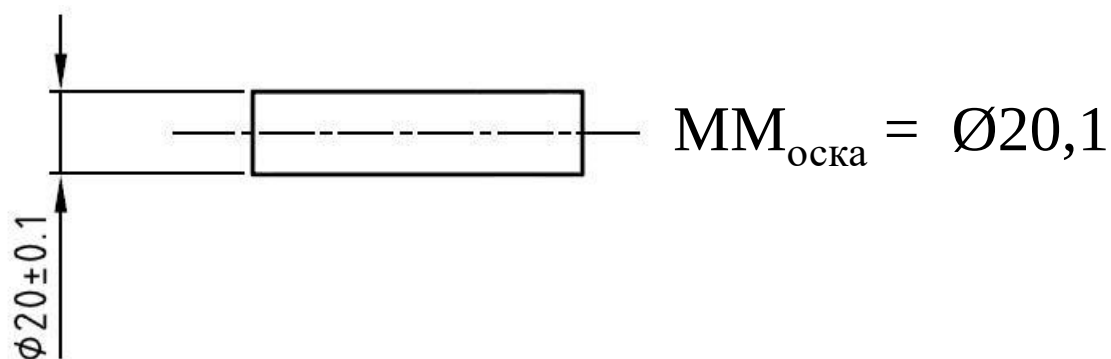


Мерка максимум материјал

34

Максимум материјал (ММ) е мерката при која делот содржи максимум материјал во рамките на толерантното поле за мерка.

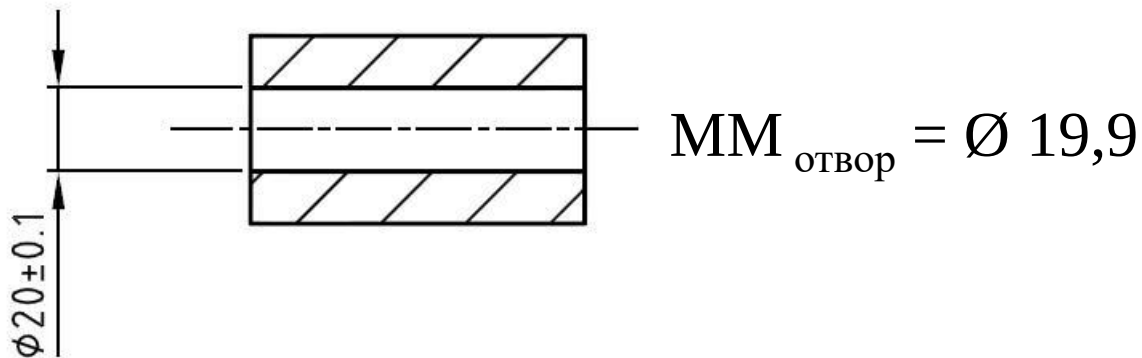
Пример 1: За оска, мерката ММ е најголемиот дозволен дијаметар на оската.



Мерка максимум материјал

35

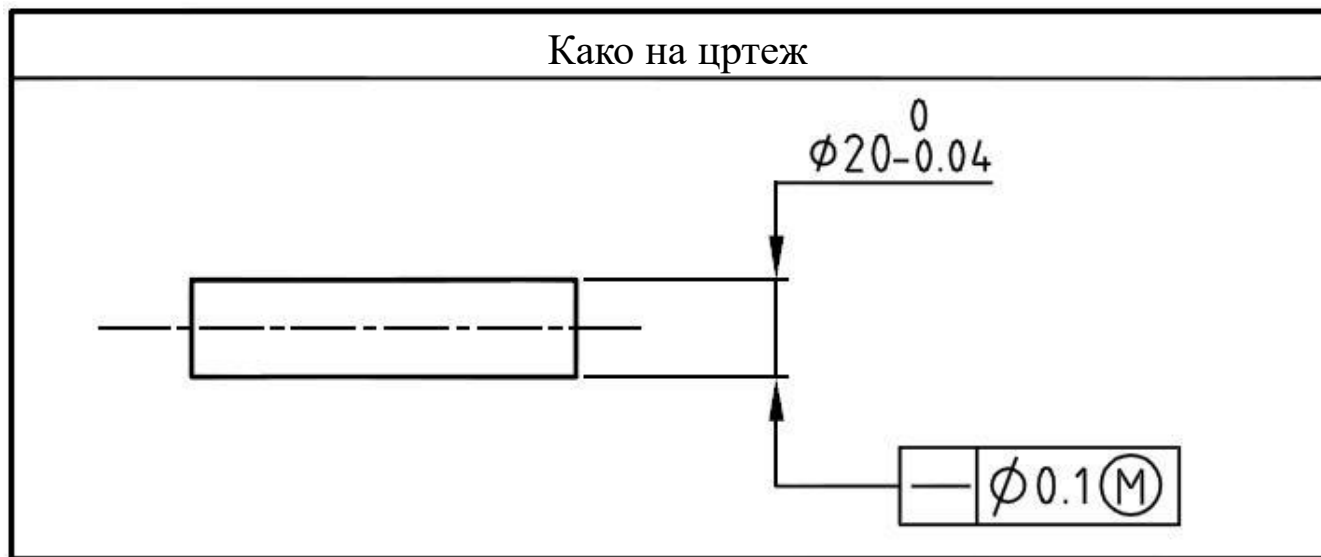
За отвор, мерката ММ е најмалиот дозволен дијаметар на отворот.



Услов на максимум материјал

36

Пример 2: Условот на максимум материјал се применува само кај геометриски елементи со ОСКА или СРЕДИШНА РАМНИНА. Се користи кај спој со зјај.



Зададена е толеранција на правост на оската при максимум материјал. Ако делот е изработен блиску до мерката максимум материјал $\phi 20$, дозволената толеранција за правост е 0.1, но ако е изработен помал $\phi 19.96$, тогаш дозволената толеранција за правост е 0.14. За сите големини од $\phi 19.96$ до $\phi 20$, збирот на мерката и толеранцијата на правост е колку виртуелната граница. Толеранцијата за правост варира од 0.1 до 0.14 во зависност со изработената големина на оската.



Услов на максимум материјал

37

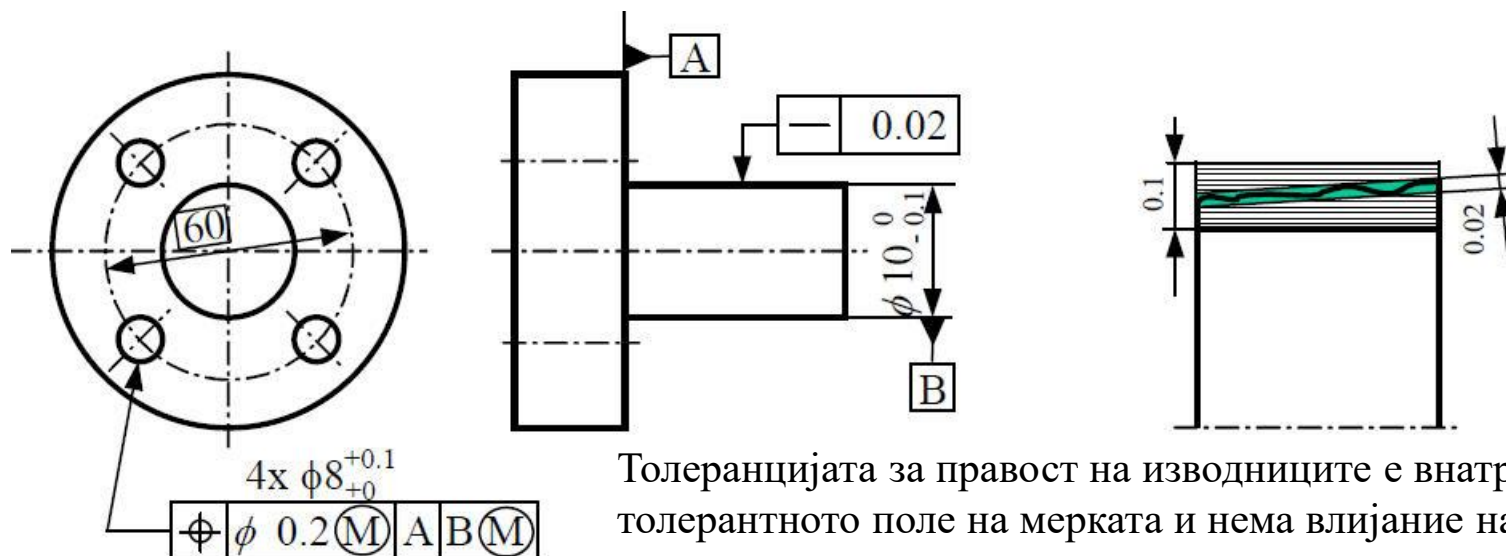
Виртуелната граница при максимум материјал



Без услов на максимум материјал

38

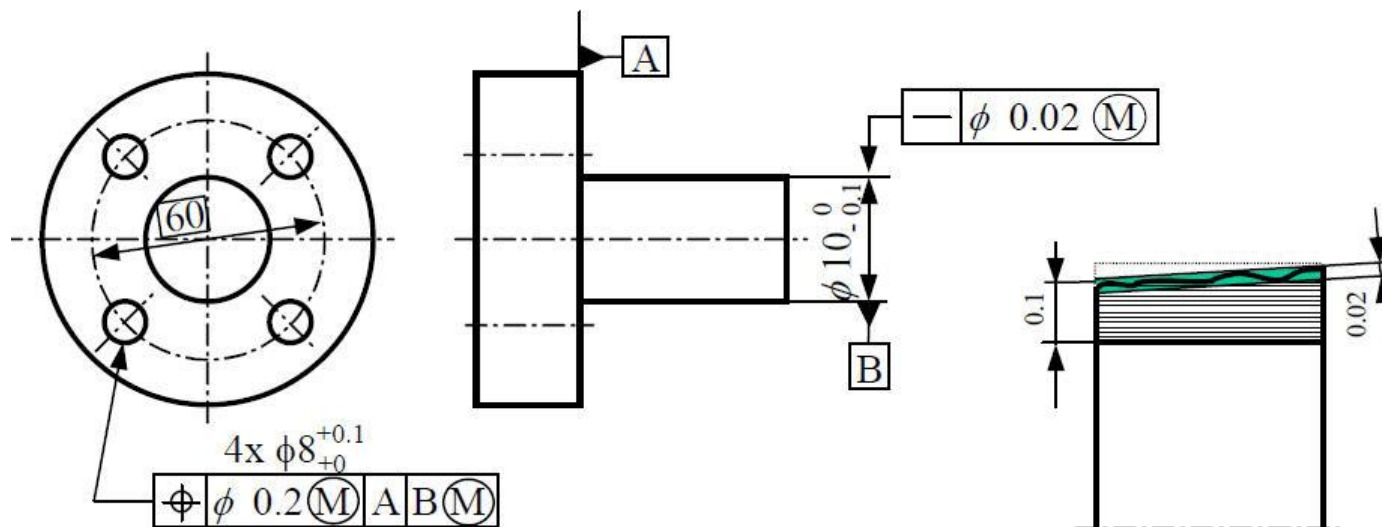
Пример 3: За средишниот цилиндер на сликата е зададена толеранција на правост на изводниците 0.02 и отстапување на материјалната мерка $\varnothing 0.1$. Толеранцијата за правост на изводниците не е зададена при условот на максимум материјал и таа не ги менува границите на дозволеното отстапување за чепот. Толерантното поле на дијаметарот на чепот има константна големина 0.1 и е одредено со отстапување на дијаметарот, а толерантното поле за правост на изводниците од 0.02 треба да е внатре во толерантното поле на дијаметрот. Најголемата мерка е мерката максимум материјал за чепот, односно $\varnothing 10$.



Услов на максимум материјал

39

Пример 4: За разлика од претходниот случај, на сликата е дадена толеранција за правост на оска $\phi 0.02$ при условот за максимум материјал (УММ). Тоа значи дека при мерката максимум материјал имаме дополнително дозволено геометриско отстапување. Виртуелната граница се добива со собирање на геометриската толеранција $\phi 0.02$ и мерката максимум материјал $\phi 10$, при што се добива $\phi 10.02$ (колку што изнесува виртуелната граница).



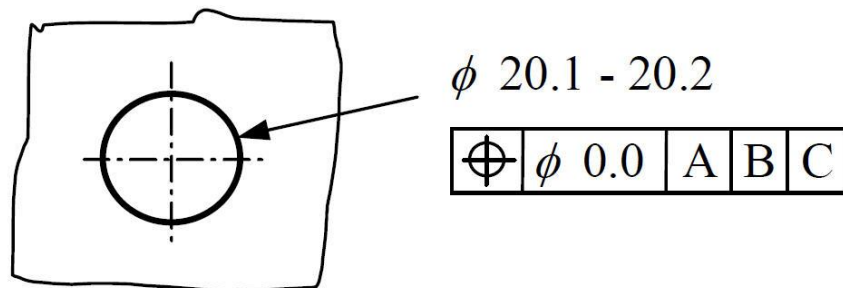
Толерантното поле за правост на оската при УММ дозволува чепот да може да се најде и надвор од толерантното поле на мерката, односно во рамките на виртуелната граница $\phi 10.02$



Услов за максимум материјал

40

Пример 5: На сликата е направена грешка при задавањето на толеранцијата на положба. Толеранцијата на положба не може да биде нула во случај кога не е применет условот на максимум материјал. Ако вака се зададе толеранцијата, тоа ќе значи дека положбата на изработениот отвор треба да биде идеално нула, што не можа да се реализира.



Погрешно зададена толеранција на положба

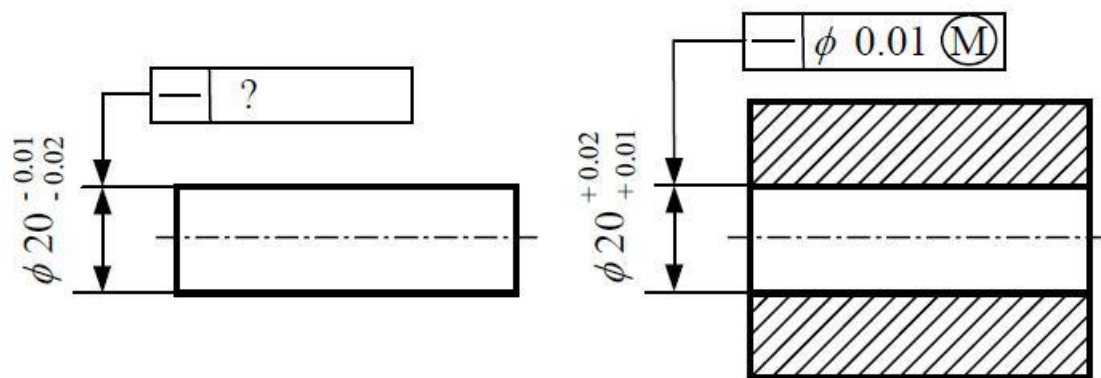
Напомена: Кај условот на максимум материјал, толерантното поле е варијабилно и кога стои 0 при максимум материјал, толерантното поле варира од 0 до големината на толерантното поле на мерката. Тоа значи дека за геометриското отстапување се користи само толерантното поле на мерката, без да се користи зјајот.



Услов за максимум материјал

41

Пример 6: На сликата се прикажани отвор и оскачка кои треба непречено да се спојуваат при монтажа. Тolerанциите за отворот се потполно зададени. Се бара да се определи колкава треба да биде геометриската толеранција на осовинката за да може да се спои отворот и притоа да се применат економични толеранции (со најшироко дозволено толерантно поле). При решавањето на задачата е применето правилото на еднаквост на виртуелната граница за отворот и осовинката.



Услов на максимум материјал применет при толеранцијата на правост на оската

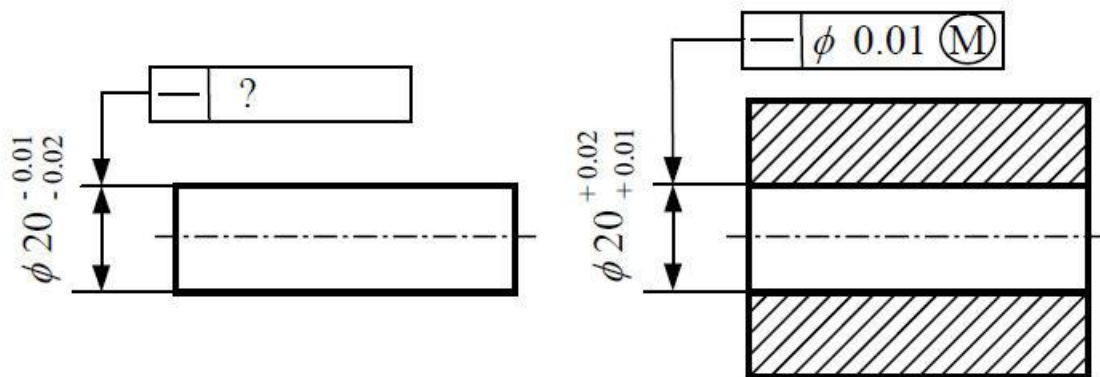


Услов за максимум материјал

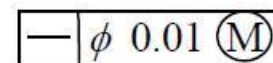
42

Пример 6: Решението на задачата е следното:

- мерата при максимум материјал за отворот е $\phi 20.01$,
- виртуелната граница за отворот е $20.01 - 0.01 = \phi 20$
(мера при ММ за отворот - толеранција при УММ)
- мера на максимум материјал за осовинката е $\phi 19.99$
- геометриската толеранцијата (правост на оската) на осовинката е $20 - 19.99 = \phi 0.01$ (виртуелната граница - мера при ММ за чепот)



Резултат:



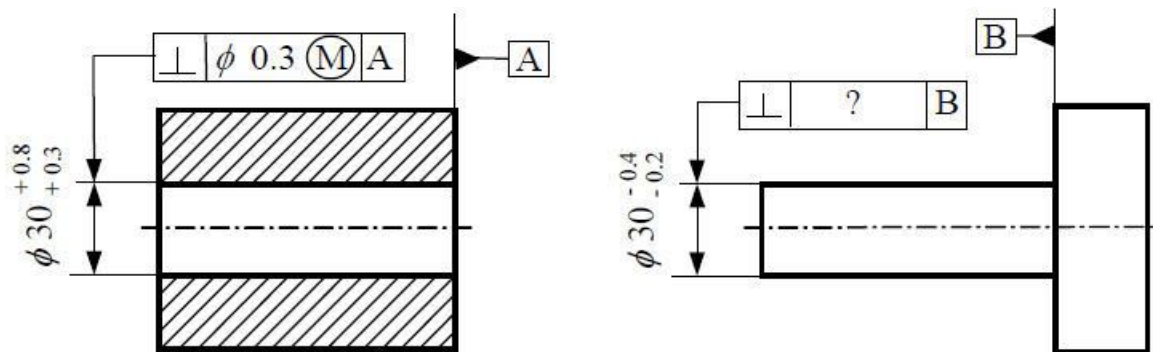
Услов на максимум материјал применет при толеранцијата на правост на оската



Услов за максимум материјал

43

Пример 7: На сликата се прикажани два дела со толеранција на нормалност при условот на максимум материјал. Толеранциите за чепот се целосно зададени, а се бара да се одреди големината на толеранцијата за нормалност на оската на отворот, за тој да може да се спои непречено со чепот при примена на економични толеранции.



Одредување на геометриската толеранција за делови кои се спојуваат

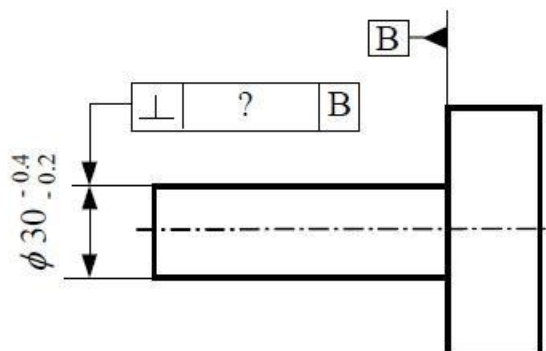
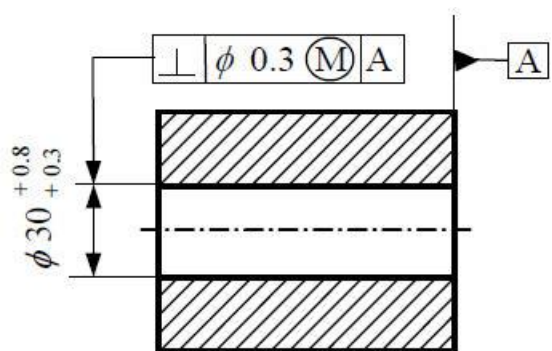


Услов за максимум материјал

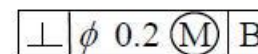
44

Пример 7: Решението на задачата е следното:

- мерата при максимум материјал за отворот е: $\phi 30.3$
- толеранција на нормалност при УММ за чепот е $\phi 0.3$
- виртуелна граница за отворот е: $30.3 - 0.3 = \phi 30$
(виртуелната граница на чепот се зема иста)
- мерата максимум материјал за чепот е $\phi 29.8$
- толеранцијата за нормалност на осовината при УММ: $30 - 29.8 = \phi 0.2$



Резултат:



Одредување на геометриската толеранција за делови кои се спојуваат

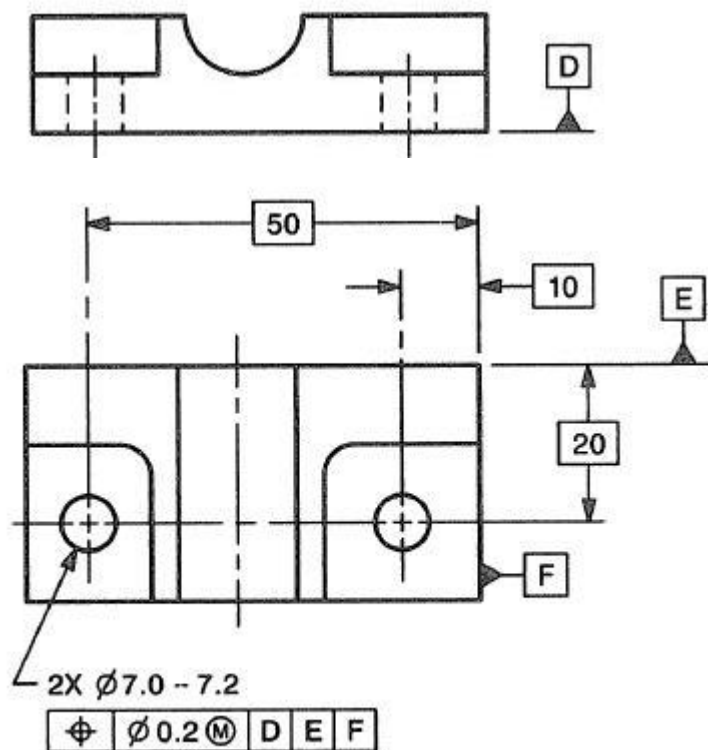


Примери

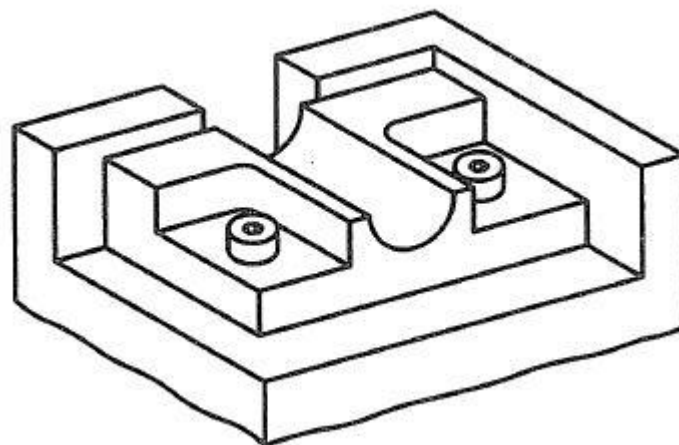
45

Пример 8:

Работилнички цртеж:



Делот поставен во помагало:



Мерката при максимум материјал изнесува $\Phi 7$.
Толеранцијата за положба изнесува $\Phi 0.2$.
Виртуелната граница за отворот е: $\Phi 7 - \Phi 0.2 = \Phi 6.8$



Толеранции на слободни мерки

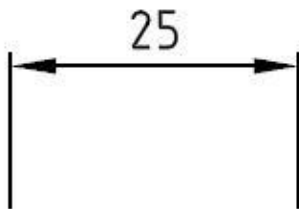
46

Доколку на цртежот не се пропишани толеранции на мерките и геометриските толеранции, во тој случај важат толеранциите на слободни мерки.

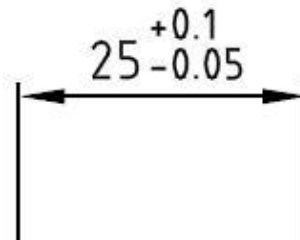
Секоја компанија интерно може да ги пропише толеранциите на слободни мерки во зависност со машинскиот парк кој е на располагање.

Доколку компанијата нема пропишано свои мери, тогаш важат толеранции на слободни мерки пропишани во стандардот.

Должинска мерка без толеранција (се применуваат толеранции на слободни мерки)

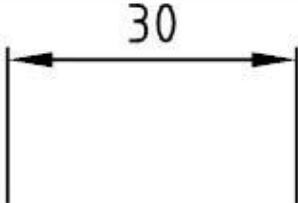
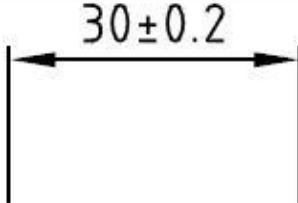


Должинска мерка со толеранција (не се применуваат толеранции на слободни мерки)



Толеранции на слободни мерки

47

Должинска мерка без толеранција (важат толеранции на слободни мерки)	Според ISO 2768-1 толеранцијата е иста со толеранција на слободна мерка.
 30	 30 ± 0.2

Толеранции на слободни мери за должинска мерка во согласност со стандардот ISO 2768-1.

	Deviation from the nominal size range (mm)			
DIMENSION	0.5 to 6	over 6 to 30	over 30 to 120	over 120 to 400
TOLERANCE	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
	Tolerances below 0.5mm (nominal size) must be stated on the dimension			
	Tolerances above 400 (nominal size) to be ± 0.8 unless otherwise stated			
	Example: For a dimension 5.5 the dimension will be taken as 5.5 ± 0.1			



Проф. д-р Татјана Кандикјан

Вонр. проф. д-р Иле Мирчески

Универзитет Св. Кирил и Методиј

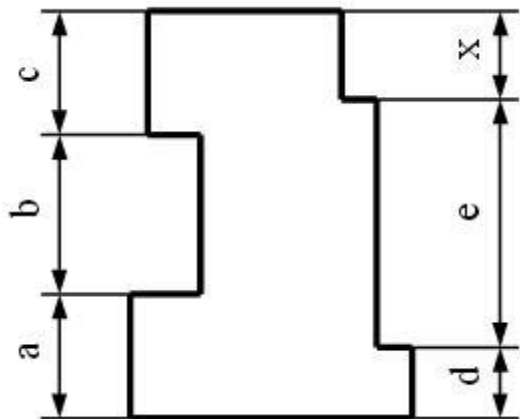
Машински факултет - Скопје

Користена литература:

- 1) Конструирање, Татјана Кандикјан, книга, 2014 година.
- 2) The Geometrical Tolerancing Desk Reference, Creating and Interpreting ISO Standard Technical Drawings, Paul Green, book, 2005
- 3) Handbook of Geometrical Tolerancing, Design, Manufacturing and Inspection, G.Henzold, 1995
- 4) ASME Y14.5M-1994, Dimensioning and Tolerancing, 1995

Методот на потполна заменливост

49



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

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

$$x_d = a_d + b_d + c_d - d_g - e_g$$

$$T_a = a_g - a_d;$$

$$T_b = b_g - b_d;$$

$$T_c = c_g - c_d;$$

$$T_d = d_g - d_d;$$

$$T_e = e_g - e_d;$$

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

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

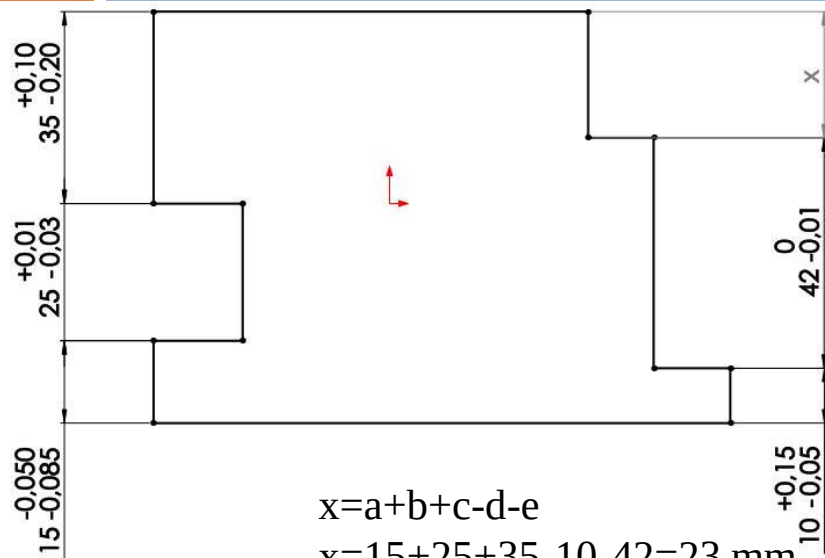
$$T_x = \sum T_i$$

T_x претставува толеранцијата на завршниот член.



Пример 1

50



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

$$x = 15 + 25 + 35 - 10 - 42 = 23 \text{ mm}$$

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

$$x_d = a_d + b_d + c_d - d_g - e_g$$

$$x_g = 14.95 + 25.01 + 35.1 - 9.95 - 41.99 = 23.12 \text{ mm}$$

$$x_d = 14.915 + 24.97 + 34.8 - 10.15 - 42 = 22.535 \text{ mm}$$

$$x = \begin{matrix} +0.120 \\ 23 - 0.465 \end{matrix}$$

$a = 15 \text{ mm};$
 $b = 25 \text{ mm};$
 $c = 35 \text{ mm};$
 $d = 10 \text{ mm};$
 $e = 42 \text{ mm};$

Задача: Да се определат отстапувањата на зависната мерка и толеранцијата на зависната мерка со потполна заменливост.

$$T_a = a_g - a_d = 14.95 - 14.915 = 0.035 \text{ mm}$$

$$T_b = b_g - b_d = 25.01 - 24.97 = 0.04 \text{ mm}$$

$$T_c = c_g - c_d = 35.1 - 34.8 = 0.3 \text{ mm}$$

$$T_d = d_g - d_d = 10.15 - 9.95 = 0.2 \text{ mm}$$

$$T_e = e_g - e_d = 42 - 41.99 = 0.01 \text{ mm}$$

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

$$= 0.035 + 0.04 + 0.3 + 0.2 + 0.01 = 0.585 \text{ mm}$$

Проверка:

$$T_x = x_g - x_d = 23.12 - 22.535 = 0.585 \text{ mm}$$



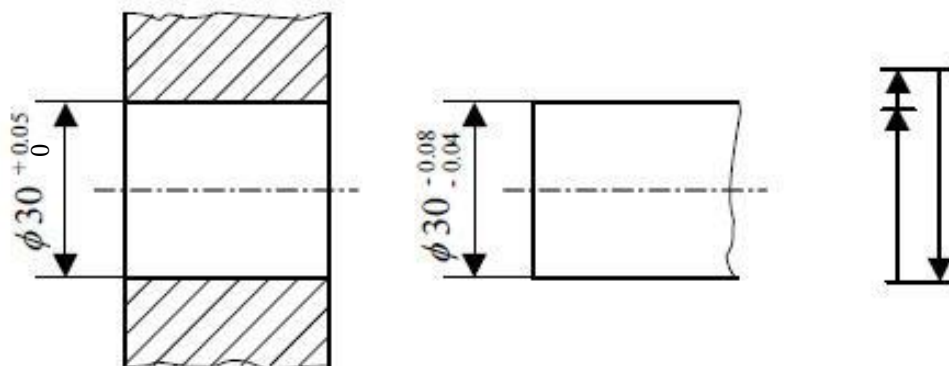
Пример 2

51

Задача: Да се определат максималниот и минималниот зјај на спојот помеѓу осовина и отвор според вредностите дадени на сликата.

$$X_g = 30.05 - 29.92 = 0.13$$

$$X_d = 30.0 - 29.96 = 0.04$$

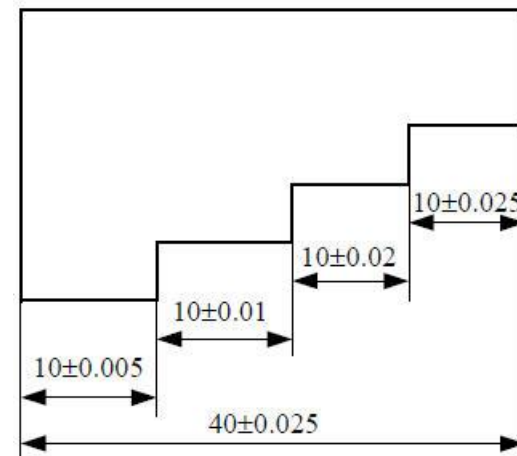


Пример 3

52

За делот прикажан на сликата треба да се определи:

- колкава треба да биде толеранцијата на мерката 40 во случај на потполна заменливост
- колкава треба да биде толеранцијата на оваа мерка во случај на непотполна заменливост
- процентот на прифаќање на мерката 40 ако нејзината толеранција е $\pm 0,025$



$$T = 0.01 + 0.02 + 0.04 + 0.05 = 0.12$$

$$T_s(\pm 3\sigma) = \sqrt{0.01^2 + 0.02^2 + 0.04^2 + 0.05^2} = 0.0678$$

$$\sigma = 0.0678 / 6 = 0.011$$

$$t = x / \sigma = 0.025 / 0.011 = 2.2 \quad x = T_x / 2$$

За $t = 2.2$ од табела 10.1 се отчитува $q = 2.78$, а процентот на прифатените делови изнесува:

$$100 - 2.78 = 97.22 \%$$

Ова значи дека 3 дела од 100 ќе бидат шкарт ако толеранцијата на мерката 40 е $\pm 0,025$.

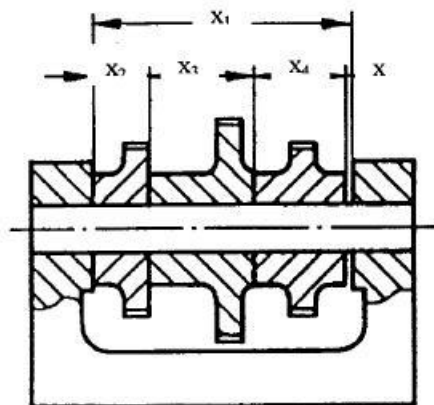


Пример 4

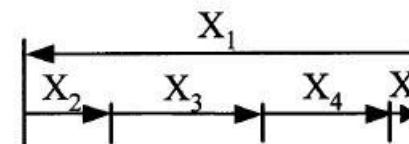
53

За склопот прикажан на сликата треба да се определи:

- колку се отстапувањата од мерката x
- колкава треба да биде толеранцијата на мерката x во случај на потполна заменливост
- колкава треба да биде толеранцијата на мерката x во случај на непотполна заменливост
- колкав е процентот на прифаќање на мерката x ако толеранција е $\pm 0,076$



$$\begin{aligned} x_1 &= 45 \pm 0,01 & x_3 &= 20 \pm 0,02 \\ x_2 &= 10 \pm 0,01 & x_4 &= 15 \pm 0,03 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} x &= 45 - 10 - 20 - 15 = 0 \\ x_g &= 45.01 - 9.99 - 19.98 - 14.97 \\ x_g &= 0.07 \text{ mm} \\ x_d &= 44.99 - 10.01 - 20.02 - 15.03 \\ x_d &= -0.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ отстапувањата од мерката x :

$$x = 0 \pm 0,07$$

➤ потполна заменливост :

$$\begin{aligned} T_x &= 0.02 + 0.02 + 0.04 + 0.06 \\ T_x &= 0.14 \text{ mm} \end{aligned}$$

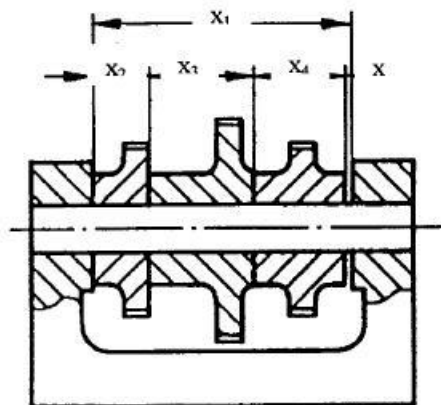
➤ непотполна заменливост :

$$T_s(\pm 3\sigma) = \sqrt{0.02^2 + 0.02^2 + 0.04^2 + 0.06^2} = 0.077$$

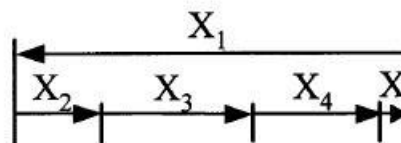


Пример 4

54



$$\begin{aligned} X_1 &= 45 \pm 0,01 & X_3 &= 20 \pm 0,02 \\ X_2 &= 10 \pm 0,01 & X_4 &= 15 \pm 0,03 \end{aligned}$$



$$\sigma = T_s / 6 = 0.077 / 6 = 0.0128$$

$$x = T_x / 2 = 0.076 / 2 = 0.038$$

$$t = x / \sigma = 0.038 / 0.0128 = 2.97$$

Од табела 10.1 за вредноста на $t=2.97$ се отчитува вредноста на $q=0.27$

$100-0.27=99.73\%$ процент на прифатливост на склопови.

Тоа значи дека 3 дела од 1000 ќе бидат шкарт.



Пример 5

55

Номиналниот дијаметар на осовината и отворот прикажани на сликата треба да биде 10 мм, а зјајот помеѓу нив треба да се движи во границите од $Z_{\min}=0,05$ до $Z_{\max}=0,2$. Да се определат толеранциите на осовината и отворот во случај на:

- примена на методот на потполна заменливост,
- примена на методот на непотполна заменливост

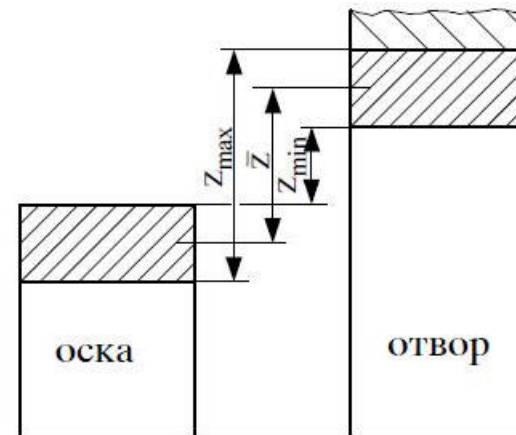
Средната големина на зјајот е:

$$\bar{z} = \frac{z_{\min} + z_{\max}}{2} = \frac{0.05 + 0.2}{2} = 0.125$$

$$\Delta z = \frac{z_{\max} - z_{\min}}{2} = \frac{0.2 - 0.05}{2} = 0.075$$

Средното отстапување на зјајот е:

$$z = 0.125 \pm 0.075$$



При 100% заменливост, толерантното поле на отворот и на осовината треба да биде 0,075 (ако се распредели подеднакво на два дела). При примена на системот заеднички отвор, мерката на отворот треба да се движи во границите 10 до 10,075, а мерката на осовината во границите 9.875 до 9.95. При 99,73% заменливост, односно при толерантно поле со големина $\pm 3\sigma$, толерантното поле на осовината и отворот изнесува $0,075 \cdot 1,41 = 0,1$. Ако се распределат толерантните полиња, мерката на отворот треба да биде од 10 до 10,1, а мерката на осовината 9,875 до 9,975.

