

# REŠENJA ZADATAKA – UTICAJ PROMENE TEMPERATURE NA PROMENU NALEGANJA

## Zadatak 1

Odrediti temperaturu na koju treba zagrejati elemenat sa unutrašnjom merom, sklopa  $\phi 30H7/r6$ , da bi se obezbedio minimalni zazor  $Z_{dv} \geq 5\mu\text{m}$ , koji obezbeđuje lako sklapanje. Element sa unutrašnjom merom napravljen je od aluminijuma.

### Rešenje zadatka:

Prvo je potrebno naći visine tolerancijskih poja za dati prečnik i kvalitet tolerancije, tabela sa visinama tolerancijskih polja (**tabela P.2**) nalazi se u knjizi na strani 379, slika 1.

Табела П.2: Вредности основних толеранција у  $\mu\text{m}$  за подручје називних мера до 500 mm према ISO 286

ISO квали- тет	Подручје називних мера у mm												
	1 до 3	3 до 6	6 до 10	10 до 18	18 до 30	30 до 50	50 до 80	80 до 120	120 до 180	180 до 250	250 до 315	315 до 400	400 до 500
IT01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
IT0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
IT1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
IT4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
IT5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
IT6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
IT7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
IT8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
IT9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
IT10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
IT11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
IT13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
IT14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT17	-	-	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT18	-	-	-	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700

Напомена: При читавању толеранције, на пример, за пречник 10 њена вредност се читава из колоне од 6 до 10.

Slika 1. Očitavanje visine tolerancijskih polja

$$IT7 \Rightarrow T = 21\mu\text{m} = 0,021\mu\text{m}$$

$$IT6 \Rightarrow t = 13\mu\text{m} = 0,013\mu\text{m}$$

Dalje je potrebno naći vrednosti gornjih i donjih graničnih odstupanja datih tolerancija. Donja granična vrednost tolerancijskog polja H je poznata, potrebno je izračunati vrednost gornjeg graničnog odstupanja.

$$EI = 0$$

$$T = ES - EI$$

$$\Rightarrow ES = T + EI$$

$$\Rightarrow ES = 0,021 + 0$$

$$\Rightarrow ES = 0,021\text{mm}$$

Iz **tabele P.3** (str. 381) očitava se vrednost donjeg graničnog odstupanja tolerancijskog polja r za dati prečnik.

$$e_i = 0,028 \text{ mm}$$

$$t = e_s - e_i$$

$$\Rightarrow e_s = t + e_i$$

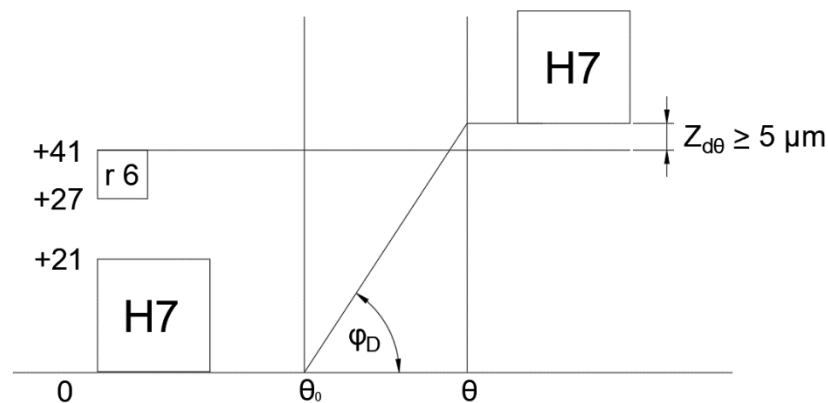
$$\Rightarrow e_s = 0,013 + 0,028$$

$$\Rightarrow e_s = 0,041 \text{ mm}$$

Dalje se tolerancija naleganja može zapisati kao:

$$\phi 30 \begin{array}{l} \text{H7} \\ \text{r6} \end{array} \begin{array}{l} \frac{+0,021}{0} \\ \frac{+0,041}{+0,028} \end{array}$$

Tolerancijska polja pre i posle zagrevanja se mogu grafički prikazati kao:



Slika 2. Grafički prikaz uslova zadatka

Za materijal od kog je izrađen element sa unutrašnjom merom (aluminijum) uz pretpostavku da povišena temperatura neće biti veća od  $100^\circ\text{C}$  za interval temperatura ( $0 \div 100^\circ\text{C}$ ) prema **tabeli 2.1** na strani 11 u knjizi se očitava vrednost koeficijenta linearnog širenja.

$$\Rightarrow \alpha_D = 23,8 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Važi sledeća zavisnost:

$$Z_d + \Delta D = Z_{d0} + \Delta d$$

Ako se zna da se materijal od kog je izrađen element sa spoljašnjom merom ne zagreva, tada važi da je promena dimenzija osovine:

$$\Delta d = 0$$

$$\Rightarrow \Delta D = Z_{d0} - Z_d$$

Prema izrazu za izračunavanje promene dimenzije dela, može se dalje zapisati.

$$\Delta D = D \cdot \alpha_D \cdot \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = \frac{Z_{d0} - Z_d}{D \cdot \alpha_D}$$

$Z_{d0}$  je zadato uslovom zadatka kao  $Z_{d0} \geq 5 \mu\text{m}$ , a  $Z_d$  se određuje kao:

$$Z_d = EI - es$$

$$\Rightarrow Z_d = 0 - 0,041$$

$$\Rightarrow Z_d = -0,041 \text{ mm}$$

Negativna vrednost zazora se posmatra kao preklap, sledi da je  $P_g = 0,041 \text{ mm}$ .

Kako sada ne postoje dalje nepoznate, može se izračunati promena temperature:

$$\Delta\theta = \frac{0,005 - (-0,041)}{23,8 \cdot 10^{-6} \cdot 30}$$

$$\Delta\theta = 64,4^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \theta = \theta_0 + \theta$$

$$\Rightarrow \theta = 20 + 64,4$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 84,4^\circ\text{C}}$$

Temperatura do koje je potrebno zagrejati element sa unutrašnjom merom je  $84,4^\circ\text{C}$

## Zadatak 2

Odrediti radnu temperaturu do koje se može zagrejati sklop  $\phi 50H8/g7$ , a da pri tome ostane u funkciji, tj. da bude u području labavog naleganja. Osovina je izrađena od čelika, a otvor je u telu od sivog liva.

### Rešenje zadatka:

Kao što je prikazano u prvom zadatku potrebno je odrediti visine tolerancijskih polja kao i vrednosti gornjih i donjih graničnih odstupanja.

Табела П.2: Вредности основних толеранција у  $\mu\text{m}$  за подручје називних мера до 500 mm према ISO 286

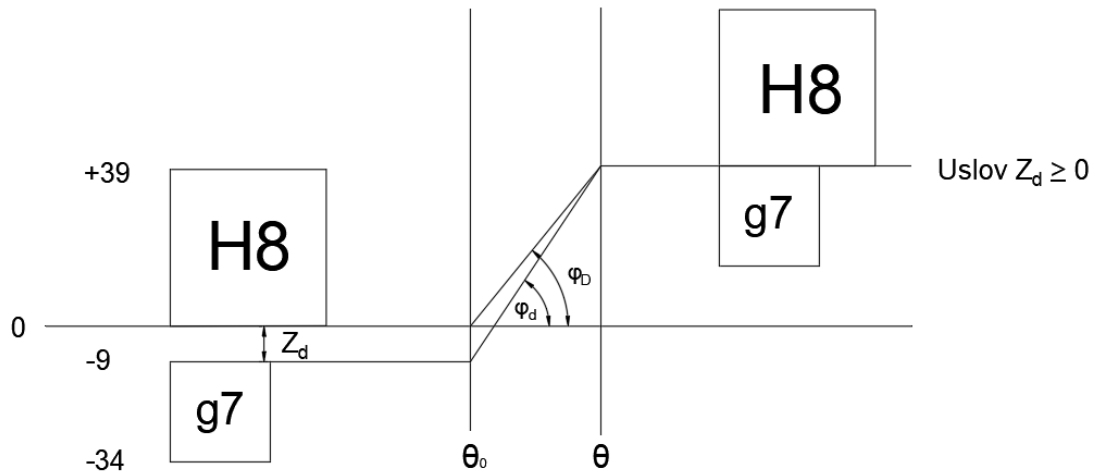
ISO квали- тет	Подручје називних мера у mm												
	1 до 3	3 до 6	6 до 10	10 до 18	18 до 30	30 до 50	50 до 80	80 до 120	120 до 180	180 до 250	250 до 315	315 до 400	400 до 500
IT01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
IT0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
IT1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
IT4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
IT5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
IT6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
IT7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
IT8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
IT9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
IT10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
IT11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
IT13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
IT14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT17	-	-	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT18	-	-	-	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700

Напомена: При читавању толеранције, на пример, за пречник 10 њена вредност се читава из колоне од 6 до 10.

Слика 3. Очитаванје висине толеранцијских полја

$$\phi 50 \begin{array}{l} \frac{H8}{g7} \\ \frac{+0,039}{0} \\ \frac{-0,009}{-0,034} \end{array}$$

Толеранцијска полја пре и после загревања се могу графички приказати као:



Slika 4. Grafički prikaz uslova zadatka

Važi sledeća zavisnost:

$$Z_d + \Delta D = Z_{d0} + \Delta d$$

Prema uslovu zadatka važi:

$$Z_{d0} = 0$$

Iz ovoga se dalje može izvesti:

$$Z_d = \Delta d - \Delta D$$

$$Z_d = (d \cdot \alpha_d - D \cdot \alpha_D) \cdot \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = \frac{Z_d}{d \cdot \alpha_d - D \cdot \alpha_D}$$

$Z_d$  se određuje kao:

$$Z_d = EI - es$$

$$\Rightarrow Z_d = 0 - (-0,009)$$

$$\Rightarrow Z_d = 0,009 \text{ mm}$$

Kako je temperatura zagrevanja nepoznata, potrebno je koeficijent linearnog širanjje odrediti u prolazima (iteracijama). Prvi prolaz se radi za temperaturni opseg  $0 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , za zadate materijale (osovina je od čelika, a telo od sivog liva).

$$\alpha_d = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_D = 10 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = \frac{0,009}{50 \cdot 12 \cdot 10^{-6} - 50 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \theta = \theta_0 + \theta = 20 + 90$$

$$\Rightarrow \theta = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ukupna temperatura zagrevanja prelazi gore zadate granice, tako da je potrebno uraditi još jedan prolaz, ovaj put za temperaturni opseg 0÷200 °C. Očitavamo nove vrednosti koeficijenata linernog širenja:

$$\alpha_d = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_D = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,009}{50 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} - 50 \cdot 11 \cdot 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 120 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \theta = \theta_0 + \theta = 20 + 120$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 140 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Ukupna temperatura se nalazi u zatom opsegu. Maksimalna radna temperatura ovakvog sklopa je 140 °C.