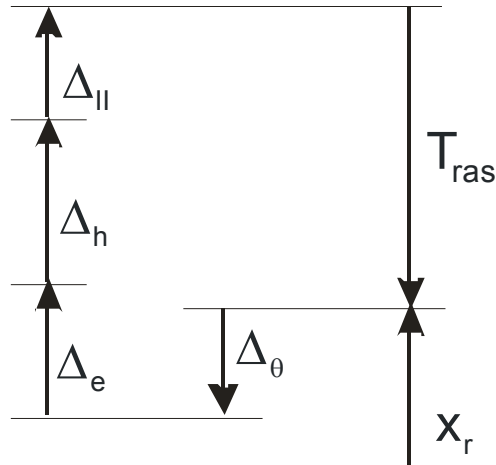


PRVA GRUPA – REŠENJA**1. ZADATAK (Analitički metod)**

Ukupna greška obrade mora biti manja od raspoloživog dela tolerancijskog polja T_{ras} :

$$\Delta e + \Delta h - \Delta \theta + \Delta_{II} \leq T_{ras} \quad (1)$$



Slika 2: Ilustracija raspoloživog dela širine tolerancijskog polja

Pošto radna mera nije zadata tekstem zadatka, uzimamo da je ona na sredini tolerancijskog polja koje je zadato, odnosno:

$$T_{ras} = \frac{T}{2} = \frac{x_g - x_d}{2} = \frac{x_{nom} + \varepsilon_g - (x_{nom} + \varepsilon_d)}{2} = \frac{\varepsilon_g - \varepsilon_d}{2} = \frac{0.06 - (-0.04)}{2} = 0.05 \text{ mm}$$

Za **1. režim** važi:

$$\Delta_{e(1)} = \frac{2F_{2(1)}}{K_S} = \frac{2 \cdot 420 \cdot a_{(1)} \cdot s_{(1)}^{0.6}}{2.8 \cdot 10^4} = \frac{2 \cdot 420 \cdot 1.8^{0.9} \cdot 0.15^{0.6}}{2.8 \cdot 10^4} = 0.016$$

$$\Delta_{\theta(1)} = \Delta_{\theta(2)} = 2\Delta l = 2 \cdot 0.015 = 0.03 \text{ mm}$$

$$d_{2(n=7)} = 2,704 \text{ (UKP, M1, tab.V)}$$

$$\Delta_{sl(1)} = \Delta_{sl(2)} = \frac{6\bar{R}}{d_{2(n=7)}} = \frac{6 \cdot 0.010}{2.704} = 0.022$$

$$\Delta_{m(1,2)} = \Delta_{p(1,2)} = 0.015 \text{ mm}$$

$$\Delta_{n(1,2)} = \frac{\Delta_{sl(1,2)}}{\sqrt{n_{pk(1,2)}}} = \frac{\Delta_{sl(1,2)}}{\sqrt{5}} = \frac{0.022}{\sqrt{5}} = 0.010 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \Delta_{II(1,2)} = \sqrt{\Delta_{sl}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_p^2 + \Delta_n^2} = \sqrt{0.022^2 + 0.015^2 + 0.015^2 + 0.010^2} = 0.032 \text{ mm}$$

$$(1) \Rightarrow \Delta_{h(1)} = \frac{T}{2} - \Delta_{e(1)} + \Delta_{\Theta(1)} - \Delta_{ll(1)} = 0.05 - 0.016 + 0.03 - 0.032 = 0.032 \text{ mm}$$

$$\Delta_{h(1)} = 2 \cdot B_{r(1)} = 2 \cdot C \cdot 10^{-5} \cdot t_{(1)}^{1.8} = 0.032 \text{ mm} \quad (2)$$

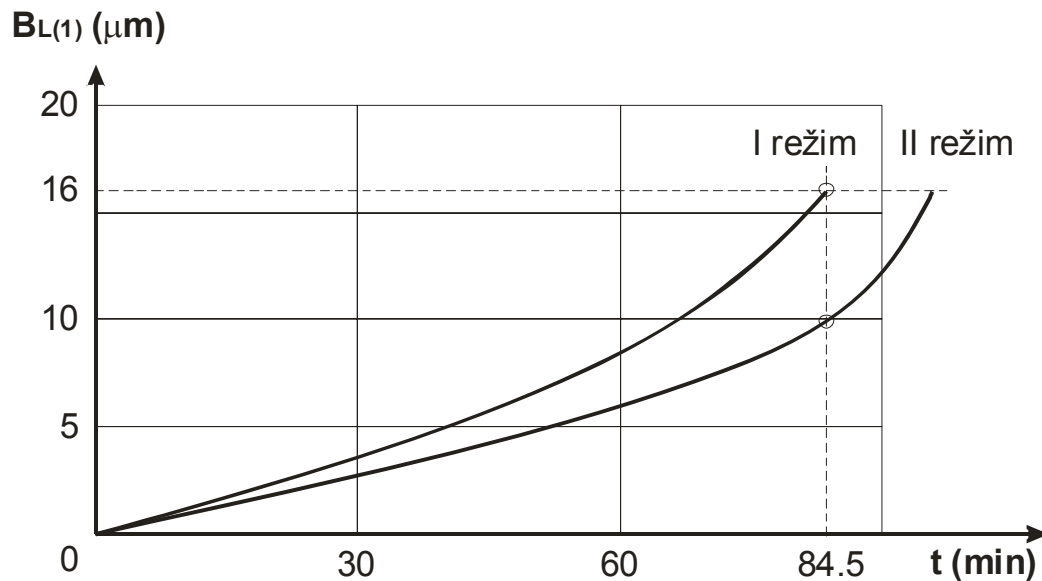
Vreme koje odgovara trenutku zatupljenja alata pri prvom režimu obrade dobija se iz obrasca:

$$t_{(1)} = \frac{(d + 2a_{(1)}) \pi \cdot \frac{L}{s_{(1)}} \cdot N_{(1)}}{v_{(1)}} = \frac{(30 + 2 \cdot 1.8) \cdot \pi \cdot 55 \cdot 120}{55 \cdot 10^3 \cdot 0.015} = 84.446 \text{ min.} \quad (3)$$

$$(2,3) \Rightarrow 2 \cdot C \cdot 10^{-5} \cdot 84.446^{1.8} = 0.032 \Rightarrow C = 0.545$$

U trenutku zatupljenja alata:

$$B_{r(1)}^{\text{zat.}} = \frac{\Delta h_{(1)}^{\text{zat.}}}{2} = \frac{0.032}{2} = 0.016 \Rightarrow B_{r(2)}^{\text{zat.}} = \frac{B_{r(1)}^{\text{zat.}}}{1.6} = 0.010$$



Slika 3: Uporedan prikaz krive habanja alata u prvom i drugom režimu.

b) Za **2. režim**:

$$\Delta e_{(2)} + \Delta h_{(2)} - \Delta \Theta_{(2)} + \Delta_{ll(2)} \leq \frac{T}{2} = T_{\text{ras}}$$

$$2 \cdot \frac{420 \cdot a_{(2)}^{0.9} \cdot s_{(2)}^{0.6}}{K_s} + \frac{\Delta_{h(1)}(t)}{1.6} - \Delta_{\Theta(2)} + \Delta_{ll(2)} \leq \frac{T}{2}$$

$$2 \cdot \frac{420 \cdot 2^{0.9} \cdot 0.1^{0.6}}{2.8 \cdot 10^4} + 2 \cdot \frac{0.545}{1.6} \cdot 10^{-5} \cdot t^{1.8} - 0.03 + 0.032 \leq 0.05$$

$$\Rightarrow 0.01406 + 0.68125 \cdot 10^{-5} \cdot t^{1.8} + 0.002 \leq 0.05$$

$$0.68125 \cdot 10^{-5} \cdot t_{(2)}^{1.8} = 0.03394$$

$$\Rightarrow t_{(2)} = \sqrt[1.8]{4982.018} = 113.270 \text{ min}$$

Trenutku zatupljenja alata pri II režimu odgovara sledeći maksimalni broj komada:

$$t_{(2)} = \frac{\pi(d + 2a_{(2)}) \cdot L \cdot N_{(2)}}{v_{(2)} \cdot s_{(2)}} \Rightarrow N_{(2)} = \frac{t_{(2)} \cdot v_{(2)} \cdot s_{(2)}}{(d + 2a_{(2)}) \cdot L \cdot \pi}$$

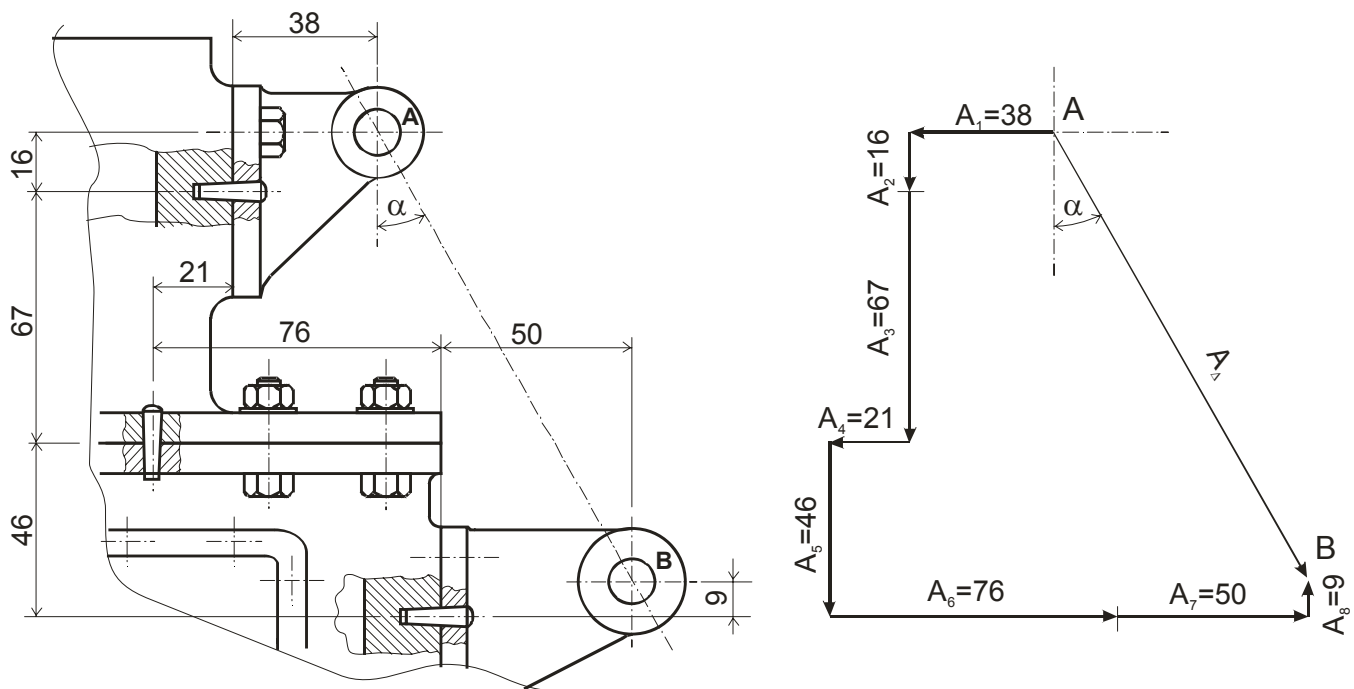
$$\Rightarrow N_{(2)} = \frac{113.270 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 0.10}{(30 + 2 \cdot 2) \cdot 55 \cdot \pi} = 134.965 \Rightarrow N_{(2)} = 134 \text{ komada.}$$

Tabela 1: Pad proizvodnosti.

Režim	t	N	N/t
I	84.446	120	1.42
II	113.270	134	1.18

U drugom režimu proizvodnost je opala za $1.42 - 1.18 = \underline{0.24 \text{ kom/min}}$.

2. ZADATAK – Ravanski merni lanac – metod nepotpune zamenljivosti



Slika 4: Merni lanac.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_{IIx}}{A_{IIy}} = \frac{-9 + 83 + 16}{50 + 55 - 38} = \frac{90}{67}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 1.343 \Rightarrow \varphi = 53.334^\circ$$

$$\text{Uvećavajući članovi: } A_2, A_3, A_4 \text{ i } A_5 \Rightarrow a_2' = a_3' = a_4' = a_5'$$

$$\text{Umanjujući članovi: } A_1 \text{ i } A_6 \Rightarrow a_1' = a_6' = -1$$

$$\text{Simpsonov raspored: } \Rightarrow k = 1.22; d = 0$$

Nominalna mera završnog člana:

$$A_{\Delta_s} = \sum_{i=1}^{m-1} a_i \left(A_{Si} + \alpha_i \frac{\delta_i}{2} \right) = \sum_{i=1}^{m-1} a_i \left(A_{Si} + \alpha_i \frac{\delta_i}{2} \right) \cos \varphi_i; \quad (m = 1 = \text{ukupan broj članova mernog lanca})$$

$$\text{Pošto je } \alpha_i (i = 1, \dots, 6) = 0 \Rightarrow A_{\Delta_s} = \sum_{i=1}^{m-1} a_i' A_{Si} \cdot \cos \varphi_i$$

Sve A_{Si} jednake su nominalnim vrednostima A_i jer je u tekstu rečeno da je tolerancija simetrično raspoređena oko nominalne mere kod svih sastavnih članova.

$$\Rightarrow A_{\Delta_s} = -A_1 \cdot \cos(90 - \varphi) + A_2 \cdot \cos \varphi + A_3 \cdot \cos(90 - \varphi) + A_4 \cdot \cos \varphi + A_5 \cdot \cos(90 - \varphi) - A_6 \cdot \cos \varphi$$

$$A_{\Delta_s} = -9 \cdot \sin 53.334^\circ + 50 \cdot \cos 53.334^\circ + 83 \cdot \sin 53.334^\circ + 55 \cdot \cos 53.334^\circ + 16 \cdot \sin 53.334^\circ - 38 \cdot \cos 53.334^\circ$$

$$\Rightarrow A_{\Delta_s} = -A_1 \cdot \cos(90 - \varphi) + A_2 \cdot \cos \varphi + A_3 \cdot \cos(90 - \varphi) + A_4 \cdot \cos \varphi + A_5 \cdot \cos(90 - \varphi) - A_6 \cdot \cos \varphi$$

$$\Rightarrow A_{\Delta_s} = -9 \cdot 0.802 + 50 \cdot 0.597 + 83 \cdot 0.802 + 55 \cdot 0.597 + 16 \cdot 0.802 - 38 \cdot 0.597$$

$$A_{\Delta_s} = (-9 + 83 + 16) \cdot 0.802 + (50 + 55 - 38) \cdot 0.597$$

$$A_{\Delta_s} = 90 \cdot 0.802 + 67 \cdot 0.597 \Rightarrow A_{\Delta_s} = 112.179 \text{ mm}$$

Tolerancija završnog člana

$$\delta_{\Delta} = \frac{1}{K_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} a_i^2 \cdot k_i^2 \cdot \delta_i^2} = \frac{1}{K_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} a_i^2 \cdot k_i^2 \cdot \delta_i^2 \cdot \cos^2 \varphi_i}$$

Napomena: prema centralnoj graničnoj teoremi, za veliki broj članova mernog lanca ($m=7$) i međusobno nezavisne mere sastavnih članova, sledi da se mera završnog člana raspoređuje po normalnom zakonu $\Rightarrow k_{\Delta} = 1$.

$$\delta_{\Delta} = \frac{1}{1} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} a_i'^2 \cdot \cos^2 \varphi_i \cdot k_i^2 \cdot \delta_i^2} \quad (\delta_i = 0.03, k_i = 1.22, i = 1 \dots 6)$$

$$\delta_{\Delta} = k_i \cdot \delta_i \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} a_i'^2 \cdot \cos^2 \varphi_i} = 1.22 \cdot 0.03 \left(\cancel{-0.802} + \cancel{0.597} + \cancel{0.802} + 0.597 + 0.802 - \cancel{0.597} \right) =$$

$$= 1.22 \cdot 0.03 \cdot (0.597 + 0.802) \Rightarrow \delta_{\Delta} = 0.051 \text{ mm}$$

Gornja i donja granična mera završnog člana:

$$A_{\Delta g,d} = A_{\Delta s} \pm \frac{1}{2} \delta_{\Delta} \Rightarrow$$

$$A_{\Delta g} = 112.179 + \frac{1}{2} 0.051 = 112.2045 \approx 112.204 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta d} = 112.179 - \frac{1}{2} 0.051 = 112.1535 \approx 112.154 \text{ mm}$$

Konačna vrednost kote završnog člana:

$$A_{\Delta} = 112_{+154}^{+204}$$

Napomena: u zadatku 2 iz aprila 2002. može se naći tabelarni metod za rešavanje ovog tipa zadataka, koji je posebno podesan kada je broj članova mernog lanca veliki.