



# LABORATORIUM WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

Data:

|                                    |   |                 |
|------------------------------------|---|-----------------|
| <b>Dane wykonującego ćwiczenie</b> | Grupa dziekańska:                             | Zespół:         |
|                                    | Wydział:                                      | Kierunek:       |
|                                    | Rodzaj studiów (dzienne, zaoczne, mgr, inż.): | Rok akademicki: |
|                                    | Imię i nazwisko:                              | Nr indeksu:     |

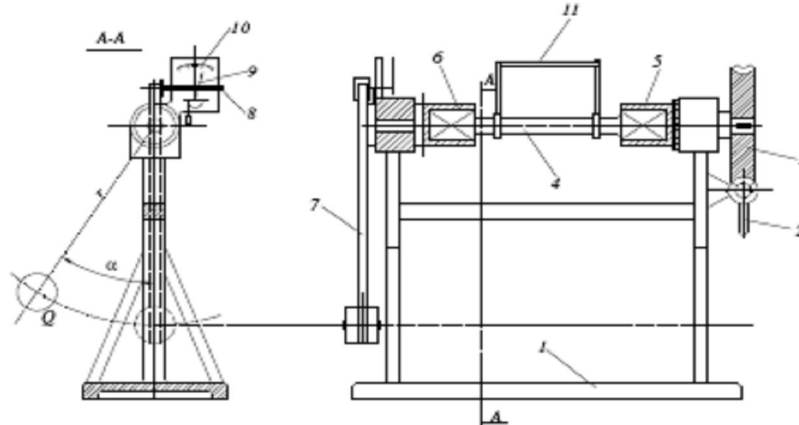
## SPRAWOZDANIE

Ćwiczenie 7

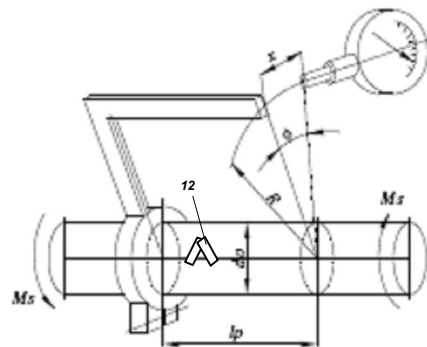
### WYZNACZANIE MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI POSTACIOWEJ $G$ ORAZ NAPRĘŻEŃ SKRĘCAJĄCYCH METODĄ TENSOMETRYCZNĄ

Cel ćwiczenia

Schemat układu pomiarowego



$d_0=20 \text{ mm}$   
 $l_p=200 \text{ mm}$   
 $R=100 \text{ mm}$   
 $G_{\text{teor}}=82 \text{ GPa}$



1. -
2. -
3. -
4. -
5. -
6. -
7. -
8. -
9. -
10. -
11. -
12. -

| <b>Tabela pomiarowa dla wału o przekroju kołowym</b>  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>L.p.</th> <th><math>M_s</math><br/>[Nm]</th> <th>Wskazanie czujnika <math>A_i</math><br/>[mm]</th> <th>Przyrost <math> A_i - A_{i-1} </math> między kolejnymi obciążeniami<br/>[mm]</th> <th>Wskazanie mostka <math>B_i</math><br/>[‰]</th> <th>Przyrost <math> B_i - B_{i-1} </math> między kolejnymi obciążeniami<br/>[‰]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>120</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Suma <math> A_i - A_{i-1} </math> :</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Suma <math> B_i - B_{i-1} </math> :</td> </tr> </tbody> </table> | L.p.          | $M_s$<br>[Nm]                    | Wskazanie czujnika $A_i$<br>[mm]                                 | Przyrost $ A_i - A_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami<br>[mm] | Wskazanie mostka $B_i$<br>[‰]                                   | Przyrost $ B_i - B_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami<br>[‰] | 1. | 0 |  |  |  |  | 2. | 60 |  |  |  |  | 3. | 120 |  |  |  |  | 4. | 60 |  |  |  |  | 5. | 0 |  |  |  |  | Suma $ A_i - A_{i-1} $ : |  |  |  | Suma $ B_i - B_{i-1} $ : |  |  |
|---|--|---------------|----------------------------------|--|--|---|---|----|---|--|--|--|--|----|----|--|--|--|--|----|-----|--|--|--|--|----|----|--|--|--|--|----|---|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--------------------------|--|--|
|   | L.p.   | $M_s$<br>[Nm] | Wskazanie czujnika $A_i$<br>[mm] | Przyrost $ A_i - A_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami<br>[mm] | Wskazanie mostka $B_i$<br>[‰]                                    | Przyrost $ B_i - B_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami<br>[‰] |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
|   | 1.   | 0             |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
|   | 2.   | 60            |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
|   | 3.   | 120           |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
|   | 4.   | 60            |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| 5.  | 0  |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| Suma $ A_i - A_{i-1} $ :  |  |               |                                  | Suma $ B_i - B_{i-1} $ :   |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Obliczenia modułu odkształcenia postaciowego G</b>   | $\Delta x_{\acute{s}r} = \frac{\sum  A_i - A_{i-1} }{4} =$ $\Delta \varphi_{\acute{s}r} = \frac{\Delta x_{\acute{s}r}}{R} =$ $I_0 = \frac{\pi \cdot d^4}{32} =$ $G = \frac{\Delta M_s l_p}{\Delta \varphi_{\acute{s}r} I_0} =$   |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Warunek naprężeń dopuszczalnych</b><br>(dla wału o przekroju kołowym)<br>$\tau_{\max} = \frac{M_{s \max}}{W_0} \leq k_s$ | $k_s = 80 \text{ MPa}$<br>$W_0 = \frac{\pi \cdot d_0^3}{16} =$<br>$\tau_{\max \text{ teor}} = \frac{M_{s \max}}{W_0} =$  |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Wyznaczenie przyrostu kąta odkształcenia postaciowego</b>  | $\Delta \gamma = 2 \frac{\sum  B_i - B_{i-1} }{2 \cdot 4 \cdot 1000} = \frac{\sum  B_i - B_{i-1} }{4000} =$  |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Obliczenia największych naprężeń skręcających</b>  | $\Delta \tau = G \cdot \Delta \gamma =$<br>$\tau_{\max} = 2 \cdot \Delta \tau =$   |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Błąd pomiaru metodą czujnika zegarowego dla wału o przekroju kołowym</b>   | $\delta G_b = \frac{ G - G_{\text{teor}} }{G_{\text{teor}}} \cdot 100\% =$   |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>Błąd pomiaru metodą tensometryczną</b>   | $\delta \tau_b = \frac{ \tau_{\max} - \tau_{\max \text{ teor}} }{\tau_{\max \text{ teor}}} \cdot 100\% =$  |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |
| <b>WNIOSKI</b>  |  |               |                                  |  |  |   |   |    |   |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |     |  |  |  |  |    |    |  |  |  |  |    |   |  |  |  |  |                          |  |  |  |                          |  |  |

| <p><b>Tabela pomiarowa dla wału o przekroju prostokątnym</b></p> <p><math>a=50\text{ mm}</math><br/><math>b=10\text{ mm}</math></p>                 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>L.p.</th> <th><math>M_s</math> [Nm]</th> <th>Wskazanie czujnika <math>A_i</math> [mm]</th> <th>Przyrost <math> A_i - A_{i-1} </math> między kolejnymi obciążeniami [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>60</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>120</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>60</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Suma <math> A_i - A_{i-1} </math> :</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>                                      | L.p.                          | $M_s$ [Nm]  | Wskazanie czujnika $A_i$ [mm] | Przyrost $ A_i - A_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami [mm] | 1.    | 0     |       |       | 2.    | 60       |    |          | 3.       | 120   |       |       | 4.    | 60    |       |       | 5.    | 0     |       |       | Suma $ A_i - A_{i-1} $ : |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L.p.  | $M_s$ [Nm]   | Wskazanie czujnika $A_i$ [mm] | Przyrost $ A_i - A_{i-1} $ między kolejnymi obciążeniami [mm] |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.  | 0  |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2.  | 60   |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.  | 120  |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.  | 60   |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5.  | 0  |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Suma $ A_i - A_{i-1} $ :  |  |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <p><b>Tabela pomocnicza do wyznaczenia współczynników <math>\alpha</math> i <math>\beta</math></b></p>  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>1</th> <th>1,5</th> <th>2</th> <th>2,5</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> <th><math>\infty</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0,208</td> <td>0,231</td> <td>0,246</td> <td>0,258</td> <td>0,267</td> <td>0,282</td> <td>0,293</td> <td>0,299</td> <td>0,307</td> <td>0,313</td> <td>0,333</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0,141</td> <td>0,196</td> <td>0,229</td> <td>0,249</td> <td>0,263</td> <td>0,281</td> <td>0,293</td> <td>0,299</td> <td>0,307</td> <td>0,313</td> <td>0,333</td> </tr> </tbody> </table> | a/b                           | 1   | 1,5                           | 2   | 2,5   | 3     | 4     | 5     | 6     | 8        | 10 | $\infty$ | $\alpha$ | 0,208 | 0,231 | 0,246 | 0,258 | 0,267 | 0,282 | 0,293 | 0,299 | 0,307 | 0,313 | 0,333 | $\beta$                  | 0,141 | 0,196 | 0,229 | 0,249 | 0,263 | 0,281 | 0,293 | 0,299 | 0,307 | 0,313 | 0,333 |
| a/b   | 1  | 1,5                           | 2   | 2,5                           | 3   | 4     | 5     | 6     | 8     | 10    | $\infty$ |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\alpha$  | 0,208  | 0,231                         | 0,246   | 0,258                         | 0,267   | 0,282 | 0,293 | 0,299 | 0,307 | 0,313 | 0,333    |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\beta$   | 0,141  | 0,196                         | 0,229   | 0,249                         | 0,263   | 0,281 | 0,293 | 0,299 | 0,307 | 0,313 | 0,333    |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <p><b>Obliczenia modułu odkształcenia postaciowego <math>G</math></b></p>   | $\Delta x_{sr} = \frac{\sum  \Delta x }{6} =$ $\Delta \varphi_{sr} = \frac{\Delta x_{sr}}{R} =$ $G = \frac{\Delta M_s l_p}{\beta \cdot a \cdot b^3 \cdot \Delta \varphi_{sr}} =$   |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <p><b>Warunek naprężeń dopuszczalnych (dla wału o przekroju prostokątnym)</b></p> <p><math>\tau_{\max} = \frac{M_{s \max}}{W_0} \leq k_s</math></p> | <p><math>k_s = 80\text{ MPa}</math></p> <p><math>W_0 = \alpha \cdot a \cdot b^2 =</math></p> <p><math>\tau_{\max \text{ teor}} = \frac{M_{s \max}}{W_0} =</math></p>   |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <p><b>WNIOSKI</b></p>   |  |                               |   |                               |   |       |       |       |       |       |          |    |          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |