



POLE PRZEKROJU POPRZECZNEGO
(początkowe – przed zniszczeniem)

$$A_0 = \frac{\pi \cdot (d_0)^2}{4} \quad [mm^2]$$

d_0 – początkowa średnica badanej próbki
(przed zniszczeniem) $[mm]$



POLE PRZEKROJU POPRZECZNEGO
(końcowe – po zniszczeniu)

$$A = \frac{\pi \cdot (d)^2}{4} \quad [mm^2]$$

d – końcowa średnica badanej próbki
(po zniszczeniu) $[mm]$



GRANICA PROPORCJONALNOŚCI

$$R_H = \frac{F_H}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_H – siła odpowiadająca końcowi odcinka prostoliniowego na wykresie zależności siły od wydłużenia bezwzględnego [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm²]



GRANICA SPRĘŻYSTOŚCI (umowna)

$$R_{0,05} = \frac{F_{0,05}}{A_0} \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$F_{0,05}$ – siła, po której przyłożeniu, a następnie zdjęciu (odciążeniu próbki), wydłużenie względne próbki powinno wynosić $\varepsilon_{||} = 0,05\%$ [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm^2]



GRANICA PLASTYCZNOŚCI (wyrażna)

$$R_e = \frac{F_e}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_e – siła, po osiągnięciu której, obserwuje się wyraźny wzrost długości rozciąganej próbki bez dalszego wzrostu obciążenia [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm²]



GÓRNA GRANICA PLASTYCZNOŚCI (występuje oscylacja)

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_{eH} – siła odczytana z odcinka wyraźnej oscylacji siły na wykresie, odpowiadająca pierwszemu szczytowi, po którym następuje spadek wartości siły i dalsza oscylacja [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm²]



DOLNA GRANICA PLASTYCZNOŚCI (występuje oscylacja)

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_{eL} – siła odczytana z odcinka wyraźnej oscylacji siły na wykresie, odpowiadająca ostatniemu spadkowi siły, po którym następuje już tylko narastanie jej wartości [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm²]



GRANICA PLASTYCZNOŚCI (umowna)

$$R_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$F_{0,2}$ – siła, po której przyłożeniu, a następnie zdjęciu (odciążeniu próbki), wydłużenie względne próbki powinno wynosić $\varepsilon_{||} = 0,2\%$ [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm^2]



WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE

$$R_m = \frac{F_m}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_m – maksymalna siła na wykresie zależności siły od wydłużenia bezwzględnego [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki (przed zniszczeniem) [mm²]



NAPRĘŻENIE ROZRYWAJĄCE

$$R_u = \frac{F_u}{A} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F_u – siła, przy której następuje zniszczenie (zerwanie) badanej próbki [N]
 A – końcowe pole przekroju poprzecznego próbki (po zniszczeniu) [mm²]



NAPRĘŻENIE NORMALNE

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \left[MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

F – aktualna siła obciążająca próbkę [N]

A_0 – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki
(przed zniszczeniem) [mm²]



ODKSZTAŁCENIE WZGLĘDNE PODŁUŻNE (całkowite)

$$\varepsilon = \varepsilon_{\parallel} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad [-]$$

l_0 – początkowa długość badanej próbki
(przed zniszczeniem) [mm]

l – końcowa długość badanej próbki
(po zniszczeniu) [mm]



ODKSZTAŁCENIE WZGLĘDNE POPRZECZNE

$$\varepsilon = \varepsilon_{\perp} = \frac{d - d_0}{d_0} \quad [-]$$

d_0 – początkowa średnica badanej próbki
(przed zniszczeniem) [mm]

d – końcowa średnica badanej próbki
(po zniszczeniu) [mm]



ODKSZTAŁCENIE BEZWZGLĘDNE
= WYDŁUŻENIE PRÓBKII
dla pojedynczego kroku obciążeniowego

$$\Delta l_{i,krok} = l_{i(aktualne)} - l_{i(poprzedzające)} [mm]$$

$i = 1, 2$ – nr czujnika zegarowego

$l_{i(aktualne)}$ – wskazanie czujnika dla aktualnego obciążenia [mm]

$l_{i(poprzedzające)}$ – wskazanie czujnika dla obciążenia
bezpośrednio poprzedzającego aktualne [mm]



ODKSZTAŁCENIE BEZWZGLĘDNE =
WYDŁUŻENIE PRÓBKII (bieżące)

$$\Delta l_{i,bieżące} = l_{i(aktualne)} - l_{i(początkowe)} [mm]$$

$i = 1, 2$ – nr czujnika zegarowego

$l_{i(aktualne)}$ – wskazanie czujnika dla aktualnego obciążenia [mm]

$l_{i(poprzedzające)}$ – wskazanie czujnika dla obciążenia początkowego [mm]



ODKSZTAŁCENIE BEZWZGLĘDNE
= CAŁKOWITE WYDŁUŻENIE
(średnie z dwóch czujników)

$$\Delta l_{\text{śr}} = \frac{\Delta l_{1,\text{bieżące}} + \Delta l_{2,\text{bieżące}}}{2} \quad [mm]$$

$\Delta l_{1,\text{bieżące}}$ – wydłużenie próbki na podstawie odczytów z czujnika nr 1 [mm]

$\Delta l_{2,\text{bieżące}}$ – wydłużenie próbki na podstawie odczytów z czujnika nr 2 [mm]



MODUŁ SPRĘŻYSTOŚCI PODŁUŻNEJ (moduł Younga)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\parallel}} = \frac{F}{A_0} \cdot \frac{l_0}{\Delta l_{sr}} \quad [MPa]$$

σ – naprężenie normalne odpowiadające przyłożonemu obciążeniu [MPa]

$\varepsilon_{\parallel}$ – odkształcenie względne próbki, zarejestrowane przy przyłożonym obciążeniu [–]



MODUŁ SPRĘŻYSTOŚCI PODŁUŻNEJ (moduł Younga)

$$E = \frac{F \cdot l_0}{\Delta l_{sr} \cdot A_0} \quad \left[MPa = \frac{N \cdot mm}{mm \cdot mm^2} \right]$$

F – aktualna siła obciążająca próbkę [N]

l_0 – długość odcinka pomiarowego wynosząca 100 mm dla próbki rozciąganej proporcjonalnej dziesięciokrotnej (tj. $l_0 \approx 10d_0$) [mm]

Δl_{sr} – odkształcenie bezwzględne – odpowiadające całkowitemu wydłużeniu zarejestrowanemu dla aktualnego obciążenia [mm]

A_0 – pole przekroju poprzecznego – początkowe [mm²]