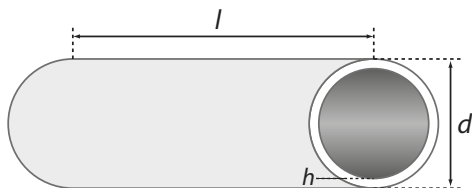


Naprężenie mierzy się w tych samych jednostkach, co ciśnienie, a mianowicie jako siłę na jednostkę powierzchni. Ale gdy ciśnienie działa na powierzchnię skórki kiełbasy, naprężenie działa na przekrój poprzeczny skórki. Na przykład cienka skórka pęka przy tym samym ciśnieniu prędkiej – właśnie dlatego, że jej przekrój poprzeczny jest cieńszy i na ten sam materiał działa większe naprężenie.

Jeśli kiełbaska była kulą, to naprężenie byłoby rzeczywiście wszędzie takie samo – kula nie ma szczególnych punktów na powierzchni. Aby obliczyć naprężenie w kiełbasce, najpierw trochę uproścmy jej kształt – wyprostujemy ją tak, aby stała się cylindrem z półkolistymi końcami. Końce zanedbajmy, interesuje nas tylko naprężenie w części cylindrycznej. Nasza kiełbaska wygląda tak:

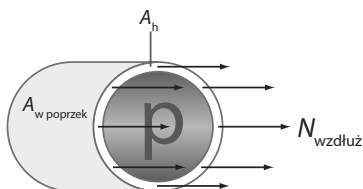


Ma długość  $l$ , średnicę  $d$ , a skórka ma grubość  $h$ . Nie dziwny się, że możemy zajrzeć do środka kiełbaski – służy to tylko wyraźniejszemu jej przedstawieniu, w rzeczywistości kiełbaska jest oczywiście zamknięta.

Gdy ogrzewamy kiełbaskę, wzrasta ciśnienie wewnętrzne  $p$ . Powoduje, że siły działają we wszystkich kierunkach, a mianowicie zawsze taka sama siła na jednostkę powierzchni.

W pierwszej kolejności interesuje nas naprężenie działające wzdłuż kiełbaski, które ją niejako rozciąga. Aby je

określić, przyjrzyjmy się przekrojowi parówki w dowolnym miejscu.



Siła działająca wzdłuż kiełbaski to ciśnienie razy powierzchnia przekroju:

$$F_{\text{wzdłuż}} = p \cdot A_{\text{w poprzek}}$$

Powierzchnię natomiast obliczamy ze wzoru na pole powierzchni koła:

$$A_{\text{w poprzek}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Siła  $F$  rozciąga skórę kiełbaski, czyli ciemnoszare koło na rysunku. Jej powierzchnię przekroju można by obliczyć dokładnie, ale ponieważ grubość skórki w porównaniu do średnicy parówki jest dość mała, możemy przyjąć ten wzór, mnożąc grubość skórki przez obwód kiełbaski:

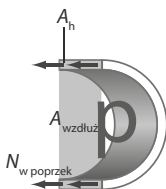
$$A_h \approx \pi \cdot d \cdot h$$

(Znak w kształcie fali oznacza „jest równe w przybliżeniu” – używany jest go często, gdy chcemy sobie oszczędzić wysiłku dokładnego obliczania!)

Naprężenie zatem to siła podzielona przez powierzchnię przekroju poprzecznego skórki

$$N_{\text{wzdłuż}} = \frac{F_{\text{wzdłuż}}}{A_h} = \frac{p \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}}{\pi \cdot d \cdot h} = \frac{p \cdot d}{4 \cdot h}$$

A jaka siła rozciąga skórkę w poprzek? Aby ją określić, rozetnijmy w myśli kielbaskę wzdłuż.



Znowu chodzi o obliczenie siły działającej na powierzchnię przekroju poprzecznego:

$$F_{\text{w poprzek}} = p \cdot A_{\text{wzdłuż}}$$

Powierzchnie można tym razem łatwiej obliczyć:

$$A_{\text{wzdłuż}} = d \cdot l$$

$$A_h = 2 \cdot h \cdot l$$

Cała siła działa znowu na niewielką powierzchnię przekroju poprzecznego skórki parówki:

$$N_{\text{w poprzek}} = \frac{F_{\text{w poprzek}}}{A_h} = \frac{p \cdot d \cdot l}{2 \cdot h \cdot l} = \frac{p \cdot d}{2 \cdot h}$$

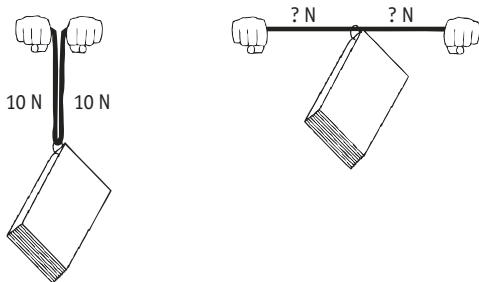
Co z tych dwóch równań można wyczytać?

- Długość parówki  $l$  w nich nie występuje – czyli dla naprężenia długość kiełbaski nie ma żadnego znaczenia!
- Czym większe są ciśnienie wewnętrzne i średnica parówki, tym większe jest naprężenie.
- Mianownik naprężenia wzdłużnego jest dwa razy większy niż naprężenia w poprzek, zatem naprężenie wzdłuż jest dwa razy mniejsze niż w poprzek, czyli:

$$N_{\text{w poprzek}} = 2 \cdot N_{\text{wzdłuż}}$$

A to znaczy: w poprzek do długości kiełbaski ciśnienie wewnętrzne rozrywa skórkę dwa razy silniej, wskutek czego kiełbaska łatwiej pęka wzdłuż!

**TWOJA KOLEJ.** Silny mężczyzna trzyma dwukilową książkę telefoniczną na dwóch linach wiszących w dół (patrz rysunek). Utrzymując ciężar, każdą ręką musi działać siłą o wartości 10 niutonów. Potem rozkłada ramiona, aż lina znajdzie się w pozycji poziomej. Jakiej siły musi użyć każdą ręką, aby utrzymać ciężar książki telefonicznej?



Rozwiązanie na s. 223.