

## Analiza numeryczna własności wytrzymałościowych drążka do podciągania w zależności od zastosowanego obciążenia

Amadeusz Dziwis, Wojciech Mikołajko, Agata Śliwa, Marek Sroka, Zuzanna Zielińska, Ewa Lewandowska, Rafał Szymik, Jakub Jabłoński

Silesian University of Technology, Institute of Engineering Materials and Biomaterials,  
Konarskiego St. 18a, 44-100 Gliwice, Poland  
Corresponding author: amadeusz.dziwis@polsl.pl

### Wprowadzenie

Szeroko rozumiany sprzęt sportowy jest obecnie jednym z najczęściej sprzedawanych produktów ze względu na korzyści płynące z uprawiania sportu. Na efekty ćwiczeń poza rodzajem stosowanego sprzętu istotny wpływ odgrywa jego jakość. Jednakże im prostsze ćwiczenie tym prostsze mogą być owe przyrządy sportowe. Do jednych z najpopularniejszych sprzętów sportowych należą drążki które możemy podzielić na drążki rozporowe oraz drążki mocowane do ścian i sufitu. Rozporowe to najprostsze dostępne na rynku drążki treningowe. Ich zaletą jest sposób mocowania nie wymagający wykonywania otworów na śruby jak w przypadku drążków mocowanych do ścian i sufitu. Tym samym sposób demontażu jest równie prosty. Są one popularne wśród osób nie posiadających wydzielonych miejsc do ćwiczeń. Ich montaż polega na umieszczeniu ich w wąskich przejściach, często futrynach drzwi i poprzez rozpięcie usztywnieniu ich w wybranym miejscu. Alternatywą do drążków rozporowych są drążki na stałe przytwierdzone do ściany albo sufitu. Podciąganie się na drążku jest jednym z najbardziej podstawowych i najskuteczniejszych ćwiczeń budujących siłę górnych partii ciała. Ćwiczenie to wzmacnia mięśnie głębokie poprawiając sylwetkę i postawę a jedynym wymogiem ćwiczenia jest posiadanie drążka przeznaczonego do podciągania. Jest to bardzo popularny sprzęt sportowy powszechnie spotykany na siłowniach czy w parkach. Regularne ćwiczenie poprzez podciąganie się kreuje silne mięśnie pleców chroniące ramiona przed urazami i pozwolą utrzymać prawidłową, wyprostowaną postawę.



Rys 1. Przykładowy drążek do ćwiczeń firmy KDSport

Drążki do podciągania są wykonywane najczęściej z metali i ich stopów oraz tworzyw sztucznych. Wynika to z dobrej wytrzymałości tych materiałów, stosunkowo niskiej ceny oraz w przypadku polimerów oraz części stali odporności korozyjnej. W przeprowadzonej symulacji zdecydowano się na zastosowanie nierdzewnej stali ferrytycznej i określenie czy jest to materiał właściwy na tego typu wyrób.

Analizie numerycznej poddano model drążka do podciągania powszechnie stosowanego do ćwiczeń. Drążki te dają szeroki wachlarz możliwości ćwiczenia górnych partii mięśni oraz ćwiczenia prawidłowej postawy ciała. Model geometryczny drążka został przedstawiony na rysunku nr. 3 natomiast rysunek nr. 4 przedstawia model z nałożoną siatką elementów brzegowych. Zastosowano siatkę o najmniejszych rozmiarach oferowany przez firmę KDSport w programie SolidWorks2022.



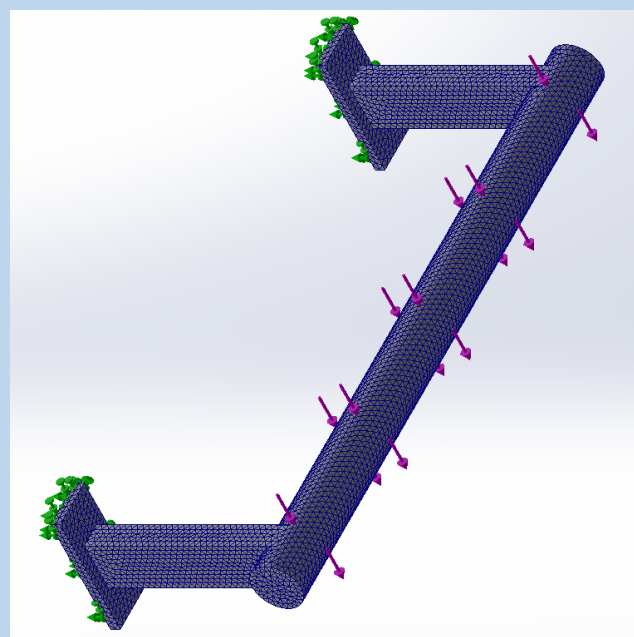
Rys 3. Model geometryczny drążka do podciągania



Rysunek 4. Model geometryczny drążka do podciągania z nałożoną siatką elementów skończonych

Zastosowane siły mają symulować obciążenie drążka w trakcie ćwiczenia i mają określić czy przyjęty materiał wytrzyma w trakcie pracy drążka, granica plastyczności dla stali 201 wynosi 290 MPa. Pozostałe wartości materiałowe użytej stali przedstawiono w tabeli nr 1. Model z nałożoną siatką elementów skończonych oraz zastosowanymi warunkami brzegowymi przedstawia rysunek 5.

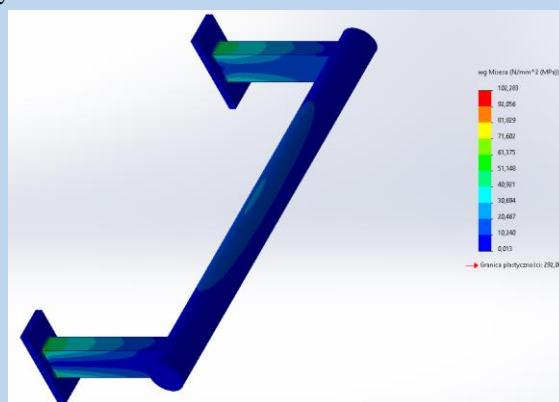
Właściwości	Wartość	Jednostki
Granica plastyczności	2,92*10 <sup>8</sup>	N/m <sup>2</sup>
Wytrzymałość na rozciąganie	6,85*10 <sup>8</sup>	N/m <sup>2</sup>
Współczynnik sprężystości wzdłużnej	2,07*10 <sup>8</sup>	N/m <sup>2</sup>
Współczynnik Poissona	0,27	–
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	1,7*10 <sup>-5</sup>	Kelvin
Masa właściwa	7 860	kg/m <sup>3</sup>



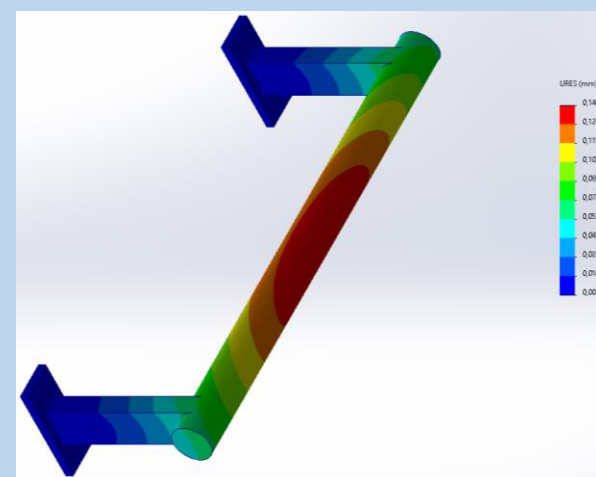
Rysunek 5. Warunki brzegowe drążka do podciągania

### Wyniki i dyskusja

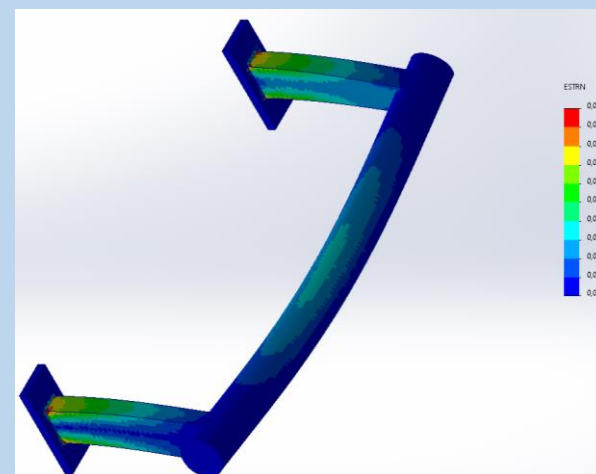
Otrzymane wykresy przedstawiające rozkłady naprężeń, przemieszczeń i odkształceń przedstawiono poniżej a zestawione maksymalne wartości zamieszczono w tabeli nr 2. Rysunek 6 przedstawia wyniki analizy naprężeń, rysunek 7 przemieszczeń a rysunek 8 odkształceń.



Rysunek 6. Wartości przemieszczeń dla siły 200 N



Rysunek 7. Wartości przemieszczeń dla siły 500 N



Rysunek 8. Wartości odkształceń dla siły 1000 N

Tabela 2 zestawienie otrzymanych wyników

Wartości przyłożonej siły [N]	Naprężenia [MPa]	Przemieszczenia [mm]	Odkształcenia
200	102,283	0,057	0
500	255,707	0,144	0,001
1000	511,414	0,287	0,001

### Podsumowanie

Artykuł przedstawia wpływ ustalonych wartości siły na model drążka do podciągania wykonanego z założonego materiału. Wyniki pokazały, że stal 201 nie jest odpowiednim materiałem do stosowania na drążki do podciągania. Pomimo niskich wartości odkształceń granica plastyczności w przypadku przyłożenia 1000 N została przekroczona co świadczy o zniszczeniu drążka. W przypadku obciążenia wynoszącego 200 N drążek jest w stanie bez większego problemu wytrzymać trening na nim natomiast w przypadku obciążenia wynoszącego 500 N Granica plastyczności nie została przekroczona natomiast wartość naprężeń jest zbyt wysoka by drążek wykonany z tego materiału mógł być bezpiecznie użytkowany. W przypadku przemieszczeń widoczny jest trend do lokalizowania się ich w centralnej części drążka w przypadku każdej z użytych obciążeń. Miejscami występowania największych naprężeń są obszary łączenia się drążka z elementami przymocowywanymi do ściany. Oznacza to, że istnieje możliwość zoptymalizowania kształtu całego sprzętu sportowego pod wybrany w artykule materiał.