



## Analiza rozkładu naprężeń krzesła stalowo-polimerowego wykonana w programie SolidEdge

P. Lipiński<sup>a</sup>, D. Krysiak<sup>a</sup>, S. Jaskros<sup>a</sup>, A. Śliwa<sup>b</sup>, M. Sroka<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny  
email: electricfire@o2.pl

<sup>b</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych  
email: agata.sliwa@polsl.pl, marek.sroka@polsl.pl

**Streszczenie:** W niniejszej pracy przedstawiona została analiza rozkładu naprężeń krzesła stalowo-polimerowego wykonana w programie SolidEdge. Naprężenia powstały w wyniku obciążenia krzesła biurowego siłami odpowiadającymi wagom osób: szczupłych, z prawidłową wagą, z nadwagą oraz otyłych. W pracy zostały określone miejsca z największymi naprężeniami podczas ugięcia.

**Abstract:** this paper presents the analysis of stress distribution in office chair by using SolidEdge. These stresses are caused by the load equivalent to weight of people, which are slim, in standard, with overweight and obese. In this paper locations with the highest tension while bending were specified.

**Słowa kluczowe:** SolidEdge, rozkład naprężeń, krzesło stalowo-polimerowe

### 1. WPROWADZENIE

Krzesłem nazywa się mebel do siedzenia, ruchomy, jednoosobowy, przeważnie o konstrukcji szkieletowej, z oparciem, bez poręczy, pod względem konstrukcyjnym jest to rozwinięcie taboretu. W zależności od konstrukcji i wykończenia może być twardy lub miękki; może służyć do siedzenia bądź spełniać również inne funkcje. Model wybrany przez nas to krzesło Stama – jego cechą charakterystyczną jest brak tylnych nóg oraz wykonanie z jednej rury stalowej spiętej od frontu poprzeczką [1]. Przykładowe krzesło, które jest przedmiotem pracy zostało przedstawione na rysunku 1.

Wiele gałęzi współczesnego przemysłu wykorzystuje metodę elementów skończonych. Metoda ta wykorzystywana jest także do sprawdzania wykonanych wcześniej obliczeń analitycznych, czy zaprojektowana wcześniej konstrukcja faktycznie wytrzyma warunki pracy i czy dobrano odpowiedni materiał. Pozwala to na pominięcie prób na gotowym (nie rzadko kosztownym) elemencie lub jest nawet jedyną możliwością sprawdzenia danej konstrukcji [2,3].

W celu analizy naprężeń oraz w celu zamodelowania krzesła użyty został program SolidEdge w wersji ST5. Jest to program, który umożliwia zarządzanie całym cyklem życia

produktu, począwszy od projektowania w 3D, symulacji, a skończywszy na wytwarzaniu i zarządzaniu projektem [4]. Model krzesła, który został użyty w tej pracy został stworzony od podstaw przez studentów.



Rysunek 1. Zdjęcie przykładowego krzesła biurowego Stama [5]

Figure 1. Photo of an exemplary Stam office chair [5]

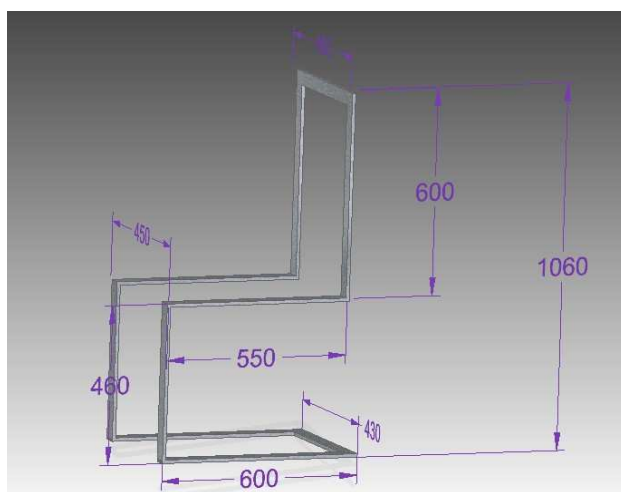
## 2. ZAŁOŻENIA MODELOWE

W niniejszej pracy analizie zostało poddane krzesło biurowe typu Stama (potocznie nazywanym krzesłem „na fince”) – model SFINKS z asortymentu sklepu MEBLOWNIA. Materiał na wykończenie został zmieniony na polipropylen (rys. 2). Wymiary krzesła zostały częściowo zaczerpnięte z informacji podanych przez producenta krzesła, a szczegółowo zostały one przedstawione na rysunku 3. Model stworzony został przy użyciu programu SolidEdge w wersji ST5. Rama krzesła została wykonana z profili stalowych o wymiarach zewnętrznych 40 mm x 10 mm (ściana 3 mm). Krzesło w uproszczonym modelu jest przytwierdzone do podłogi w celu zbadania naprężeń podczas ugięcia. Siła statyczna została przyłożona pionowo na siedzenie oraz na oparcie. W pracy została użyta analiza liniowo statyczna z czworosieczną siatką.



Rysunek 2. Geometryczny model krzesła (kolor żółty – siedzisko i oparcie wykonane z polipropylenu)

Figure 2. Finished model of chair (yellow color – seat and support made from polypropylene)



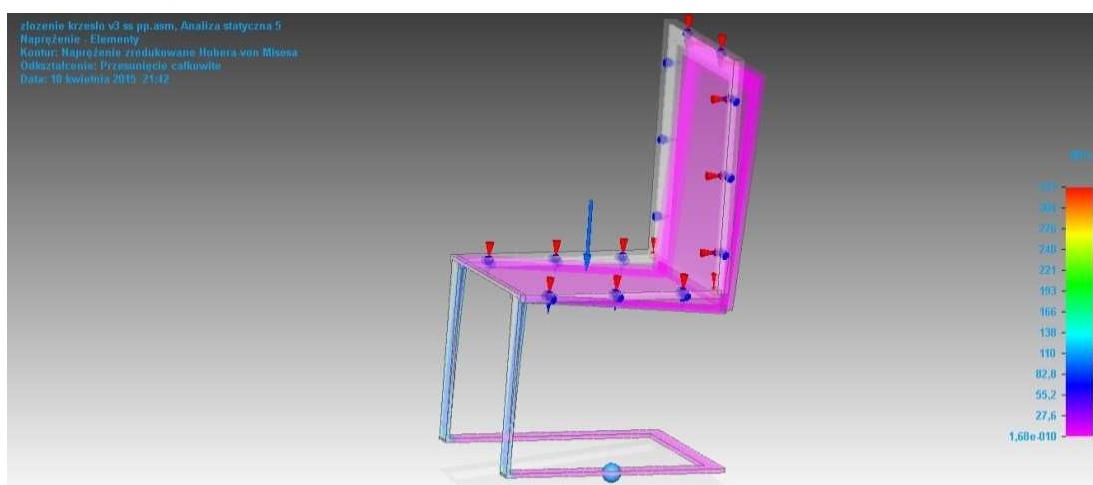
Rysunek 3. Geometria i pełne wymiary szkieletu analizowanego krzesła  
*Figure 3. Geometry and full sizes of analysed chair*

Przeanalizowano wpływ obciążenia na konstrukcję krzesła biurowego Stama wykonanego ze stali nierdzewnej i polipropylenu w czterech wariantach obciążenia:

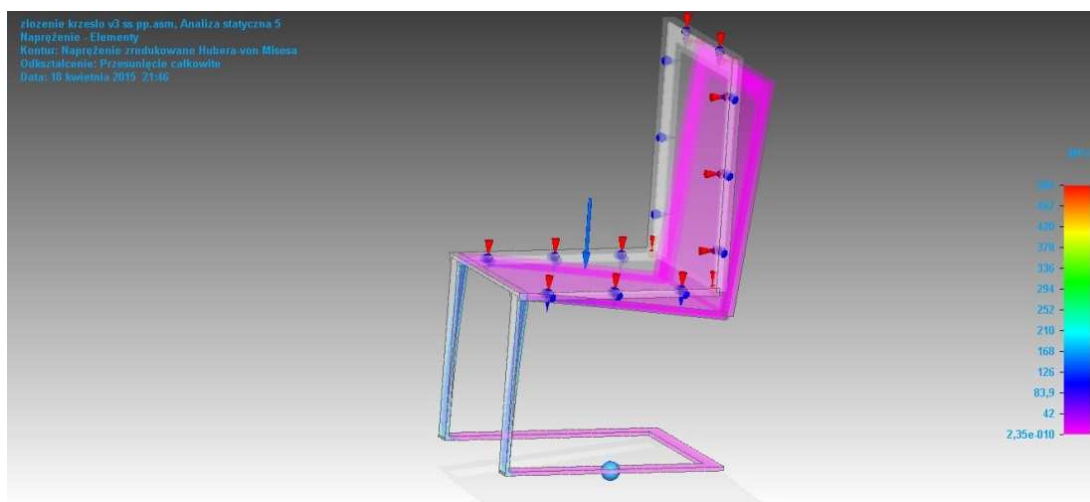
- obciążenie lekkie – 60 kg, łącznie na oparcie i siedzisko – 580 N [6],
- obciążenie standardowe – 90 kg, łącznie na oparcie i siedzisko – 882 N [6],
- obciążenie wysokie – 120 kg, łącznie na oparcie i siedzisko – 1176 N [6],
- obciążenie bardzo wysokie – 140 kg, łącznie na oparcie i siedzisko – 1372 N [6].

### 3. ANALIZA ROZKŁADU NAPRĘŻEŃ

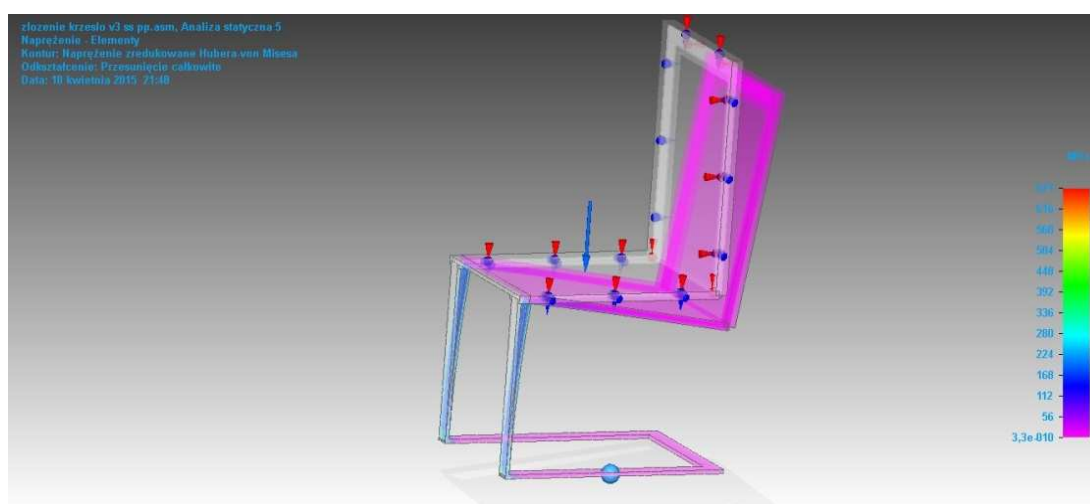
Na rysunkach 4÷7 przedstawiony został rozkład naprężeń analizowanego krzesła biurowego. Można zauważyć, iż we wszystkich wypadkach największe ugięcie następuje w przedniej części nóg krzesła – jest to obszar najbardziej narażony na pęknięcie w krzesłach biurowych Stama.



Rysunek 4. Rozkład naprężeń zredukowanych Hubera-von Misesa przy obciążeniu 60 kg  
*Figure 4. Distribution of Huber-von Mises stress with a load of 60 kg*



Rysunek 5. Rozkład naprężeń zredukowanych Hubera-von Misesa przy obciążeniu 90 kg  
 Figure 5. Distribution of Huber-von Mises stress with a load of 90 kg



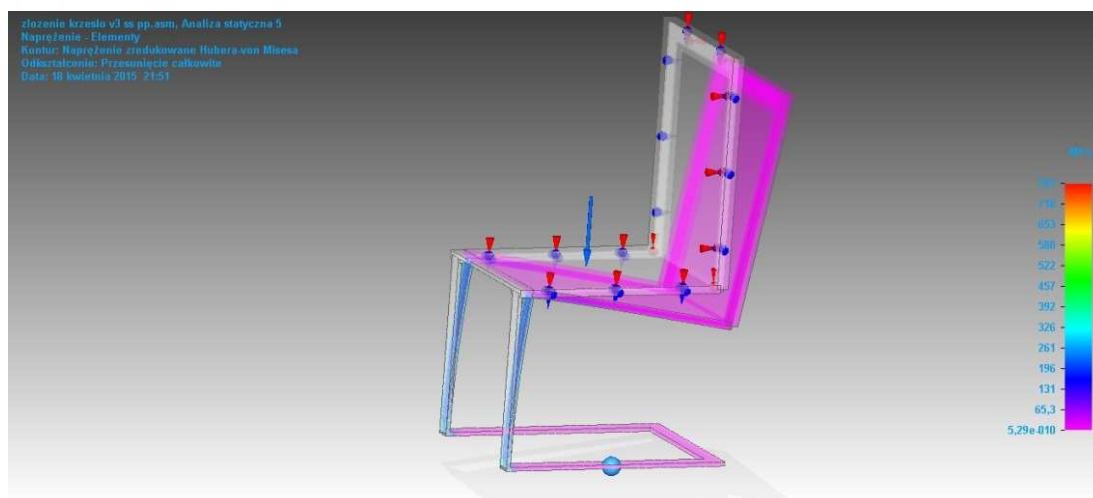
Rysunek 6. Rozkład naprężeń zredukowanych Hubera-von Misesa przy obciążeniu 120 kg  
 Figure 6. Distribution of Huber-von Mises stress with a load of 120 kg

W pierwszym przypadku, naprężenia wywierane na przednie nogi krzesła wahają się w granicach 110÷145 MPa, z kolei naprężenia na siedzisko oraz oparcie ze stalową ramą nie przekraczają 30 MPa.

W drugim przypadku, naprężenia wywierane na przednie nogi wahają się w granicach 160÷195 MPa; naprężenia wywierane na siedzisko oraz oparcie również sukcesywnie się zwiększają, lecz nie przekraczają 40 MPa.

W trzecim analizowanym przypadku naprężenia znacząco wzrastają, osiągając wartości z przedziału 230÷265 MPa dla przednich nóg krzesła, a dla siedziska oraz oparcia nie przekraczają one 50 MPa.

W czwartym przypadku naprężenia osiągają wartości z zakresu od 265 do nawet 300 MPa dla przednich nóg krzesła, jednak nie przekraczają 65 MPa dla siedziska oraz oparcia.



Rysunek 7. Rozkład naprężeń zredukowanych Hubera-von Misesa przy obciążeniu 140 kg  
*Figure 7. Distribution of Huber-von Mises stress with a load of 140 kg*

Norma PN-EN 10088 definiuje, iż wartość naprężeń, które jest w stanie wytrzymać stal nierdzewna waha się od 400 MPa (w przypadku stali ferrytycznych) aż do nawet 1000 MPa (w przypadku stali duplex) [7]. Można więc zauważyć, iż naprężenia wywołane przez czwarty przypadek nie zbliżają się znacząco do wartości granicznej nawet najgorszej stali nierdzewnej, tak więc można wywnioskować, iż jest to stop nadający się na krzesła biurowe Stama.

#### 4. PODSUMOWANIE

W niniejszej pracy przedstawiono analizę naprężeń krzesła stalowo-polimerowego przy różnym obciążeniu roboczym, używając oprogramowania firmy SolidEdge w wersji ST5. Praca z wykorzystaniem ww. oprogramowania pozwala na zredukowanie kosztów i czasu testowania wykonanego mebla. Dzięki programowi SolidEdge mamy możliwość łatwego i szybkiego wprowadzania zmian w modelu, co w wypadku rzeczywistego krzesła byłoby o wiele trudniejsze. Rezultaty otrzymane w wyniku analizy naprężeń pozwalają stwierdzić, iż stal nierdzewna jest dobrym materiałem na ramę krzesła biurowego Stama, a to z kolei pozwala na użytkowanie krzesła przez długi okres czasu nawet przez otyłych ludzi. Kolejne badania należy przeprowadzić w materiale stosowanym na wypełnienie, szczególnie uwzględniając sposób łączenia materiałów (stal nierdzewna – polipropylen) ze sobą.

#### LITERATURA:

1. I. Grzeluk, Słownik terminologiczny mebli, Ośrodek Dokumentacji Zabytków, 1998, str. 60, 65.
2. M. Łodygowski, W. Kąkol, Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich, skrypt nr 1779, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1994.
3. G. Rakowski, Z. Kacprzyk, Metoda Elementów Skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005.

4. Strona internetowa producenta oprogramowania SolidEdge: [http://www.plm.automation.siemens.com/pl\\_pl/products/solid-edge/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/pl_pl/products/solid-edge/index.shtml), dostęp: 20/04/2015.
5. Oferta sklepu meblowego MEBLOWNIA na portalu olx.pl: [http://olx.pl/oferta/krzeslo-metalowe-sfinks-ekoskora-finka-ploza-CID628\\_ID83WwF.html](http://olx.pl/oferta/krzeslo-metalowe-sfinks-ekoskora-finka-ploza-CID628_ID83WwF.html), dostęp: 20/04/2015.
6. Wyniki badań statystycznych Biura Badania Opinii i Rynku Estymator: [http://www.estymator.com.pl/WYNIKI/WAGA\\_I\\_NADWAGA\\_POLAKOW\\_\\_komunikat.pdf](http://www.estymator.com.pl/WYNIKI/WAGA_I_NADWAGA_POLAKOW__komunikat.pdf), dostęp: 20/04/2015.
7. Norma PN-EN 10088-1:2014-1 2 – stale odporne na korozję – część 1: wykaz stali odpornych na korozję – tabela właściwości mechanicznych stali odpornych na korozję.