

Patryk RÓŻYŁO, Katarzyna FALKOWICZ, Paweł WYSMULSKI

ANALIZA NUMERYCZNA POZIOMU NAPRĘŻEŃ SAMOCHODOWEGO PODNOŚNIKA TRAPEZOWEGO

Streszczenie

W artykule ukazano poziom krytycznych naprężeń występujących w podnośniku trapezowym BD-02B2. Model wstępny wykonano w Catii v5, natomiast badania MES przeprowadzono w środowisku Abaqus 6.10. Poziom naprężenie przedstawiono w większości elementów, a główną uwagę skupiono na podzespołach, których wartości naprężeń przekroczyły granicę plastyczności pod zadaniem obciążeniem. Naprężenia zostały wywołane siłą osiową działającą bezpośrednio na koronę podnośnika. Analiza numeryczna pozwoliła na wyodrębnienie newralgicznych obszarów w obrębie badanego modelu. Analizy MES stanowią potężne narzędzie służące obliczeniom wytrzymałościowym konstrukcji. Wyznaczone rozkładu naprężeń zredukowanych według hipotezy wytrzymałościowej Hubera-Misesa-Hencky'ego konfrontowano z właściwościami materiałowymi modelu. Obliczenia numeryczne stanowiły podstawę do określenia stanu wytrzymałości mechanizmu.

WSTĘP

Podnośniki samochodowe są jednymi z najpotrzebniejszych narzędzi do pracy przy zawieszeniu samochodowym. Pozwalają na samodzielną wymianę długo eksploatowanych zużytych części. Dzięki nim można przeprowadzać wiele prac przy samochodach, przy użyciu odpowiednich narzędzi.

Podnośnik trapezowy BD-02B2 jest narzędziem mającym duży wpływ na poprawę warunków eksploatacyjnych pojazdu. Przeznaczony jest do pracy przy autach osobowych, których masa własna nie przekracza 15000N. Podczas podnoszenia pojazdu nacisk wynikający od masy auta nigdy nie równa się naciskowi dopuszczalnemu podnośnika, gdyż jednocześnie podnoszona jest jedynie część pojazdu. W rzeczywistości siła obciążająca podnośnik byłaby zdecydowanie niższa, zatem naprężenia pojawiające się w modelu uległyby zmniejszeniu.

Istotą przeprowadzenia analizy numerycznej podnośnika trapezowego jest wyznaczenie rozkładów naprężeń w całym modelu oraz ukazanie stref newralgicznych w poszczególnych podzespołach.

W publikacjach [4, 5] autor przedstawia proces projektowania w Catii v5 oraz wykonywanie prostych symulacji kinematycznych, ukazujących poprawne zaprojektowanie przygotowanych modeli. W ramach pracy wykonano model podnośnika w oparciu o środowisko Catii opisywane przez autora, a także uruchomiono kinematykę modelu.

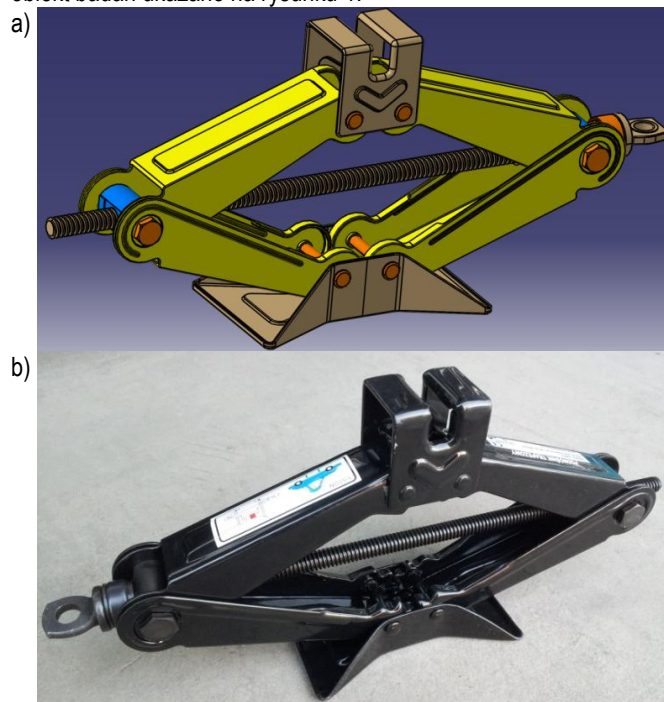
W pozycjach literaturowych [2, 3] autorzy ukazują proces wykonania podstawowych analiz numerycznych w środowisku Abaqus 6.10 wraz z ogólnym zapoznaniem z programem i jego funkcjami. W przeprowadzonej analizie w przedstawionej pracy opisano analizę wytrzymałości konstrukcji w oparciu o wspomniane wyżej prace zgodne z tematyką badawczą.

Celem prowadzonych obliczeń numerycznych było wyznaczenie rozkładów naprężeń w obszarze całego obiektu oraz poszczególnych podzespołów osobno, dla wartości pionowej siły $P=15000\text{N}$, stanowiącej maksymalne obciążenie.

1. PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań był podnośnik nożycowy przeznaczony do pracy przy autach osobowych o masie do 15000N. Podnośnik zaprojektowano w Catii v5, natomiast szczegółową analizę numerycz-

ną ukazującą stan wytrzymałości modelu przeprowadzono w środowisku Abaqus 6.10. Model wykonany w Catii oraz rzeczywisty obiekt badań ukazano na rysunku 1.



Rys. 1. Podnośnik trapezowy: a) mechanizm wykonany w Catii, b) rzeczywista postać mechanizmu

Model podnośnika zaprojektowano w oparciu o pomiary dokonane na rzeczywistym modelu. Rzeczywisty model podnośnika waży około 16 N, natomiast po przypisaniu cech materiałowych zgodnych z właściwościami stali konstrukcyjnej C45, masa podnośnika w programie Catia wynosiła 16,3 N. Znikoma różnica masy rzeczywistej od masy uzyskanej drogą komputerową świadczy o dokładnym odwzorowaniu modelu.

Badany podnośnik był w pozycji maksymalnej wysokości podnoszenia równej 345 mm, podczas analizy numerycznej. Wszelkie obliczenia numeryczne oparto wyłącznie o obliczenia związane ze statyką, zatem nie uwzględniono masy obiektu. Obliczenia numeryczne zgodne były z hipotezą wytrzymałościową Hubera-Misesa.

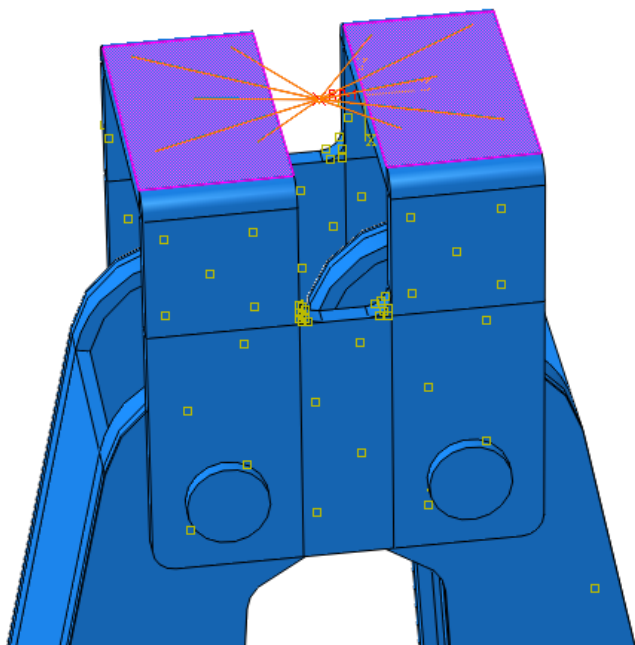
Materiał z którego wykonano podnośnik wraz z jego stałymi cechami charakterystycznymi, na których odwzorowano model zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Cechy materiałowe stali [1]

Steel C45		
Moduł Younga [Mpa]		210000
Współczynnik Poissona		0.3
Granica Plastyczności [Mpa]		360
Granica Wytrzymałości [Mpa]		610
Wydłużenie procentowe [%]		16

Praca mechanizmu odbywa się poprzez przyłożenie siły skupionej w punkcie referencyjnym o wartości 15000N do korony podnośnika. Punkt ten sprzężony jest ściśle z całą górną płaszczyzną korony, tak aby zachodziło odwzorowanie rzeczywistego nacisku wynikającego z masy własnej pojazdu. Przemieszczenie korony odbywa się zgodnie z kierunkiem osi X.

Sprzężenie punktu opcją „Coupling” z odpowiednimi płaszczyznami, na które oddziałuje w rzeczywistości obciążenie, przedstawiono poniżej.

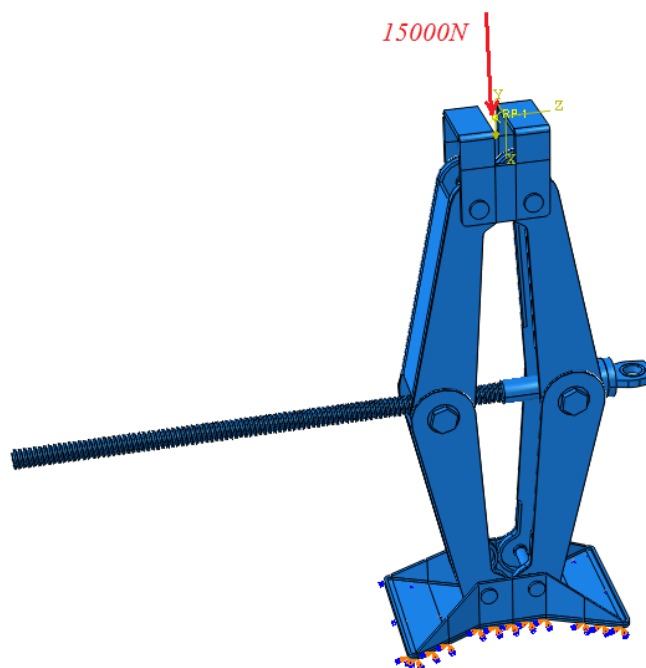


Rys. 2. Sprzężenie punktu z płaszczyzną celem równomiernego rozłożenia przykładanego obciążenia

Warunki brzegowe związane były z całkowitym utwierdzeniem dolnej płaszczyzny podstawy podnośnika oraz przyłożeniem maksymalnego obciążenia do korony, co zostało ukazane na rysunku 3.

Panujące w modelu interakcje związane były wyłącznie z kontaktem „surface-to-surface contact” na kierunku stycznym „Penalty” i normalnym „Hard” Contact, między współpracującymi powierzchniami elementów, przy uwzględnionym współczynniku tarcia charakterystycznym dla stali, równym 0.15.

W obszarze współpracy śruby z nakrętką został przypisany więz typu „Tie” – celem zablokowania możliwości przemieszczenia się mechanizmu pod zadaniem obciążeniem, w tym miejscu gdzie występuje połączenie gwintowe.



Rys. 3. Warunki brzegowe

Obiekt badawczy składał się z kilkunastu elementów i niezbędne było wygenerowanie odpowiedniego typu siatki MES do dalszych obliczeń. Większość modeli dokładnie partycjonowano, celem uzyskania najlepszych typów siatek. Takim sposobem udało się otrzymać dla większości podzespołów siatkę typu heksagonalnego. Jedynie śruba, nakrętka i element prowadzący śrubę mają przypisaną siatkę typu tetragonalnego o zwiększonym zagęszczeniu.

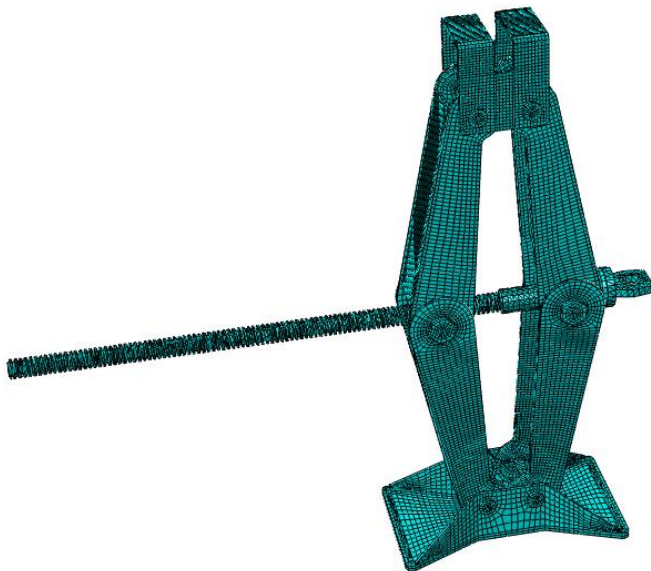
Typ elementów siatki wykorzystanych do analizy to czworokątne C3D4 oraz ośmiowęzłowe o zredukowanym całkowaniu C3D8R. Elementy wykonane z siatki C3D8R charakteryzują się tym, że mają usunięte fałszywe formy deformacji, dzięki redukcji składowych wielomianów wyższych rzędów [6].

Ilość elementów siatki, węzłów oraz typ przedstawiono na poniższym rysunku ukazującym informacje bezpośrednie środowiska Abaqus.

```
Total number of nodes: 63816
Total number of elements: 76276
30782 linear hexahedral elements of type C3D8R
45494 linear tetrahedral elements of type C3D4
```

Rys. 4. Informacje o siatce MES

Postać siatki elementów skończonych wygenerowanej na w obrębie całego modelu ukazano na rysunku 5.

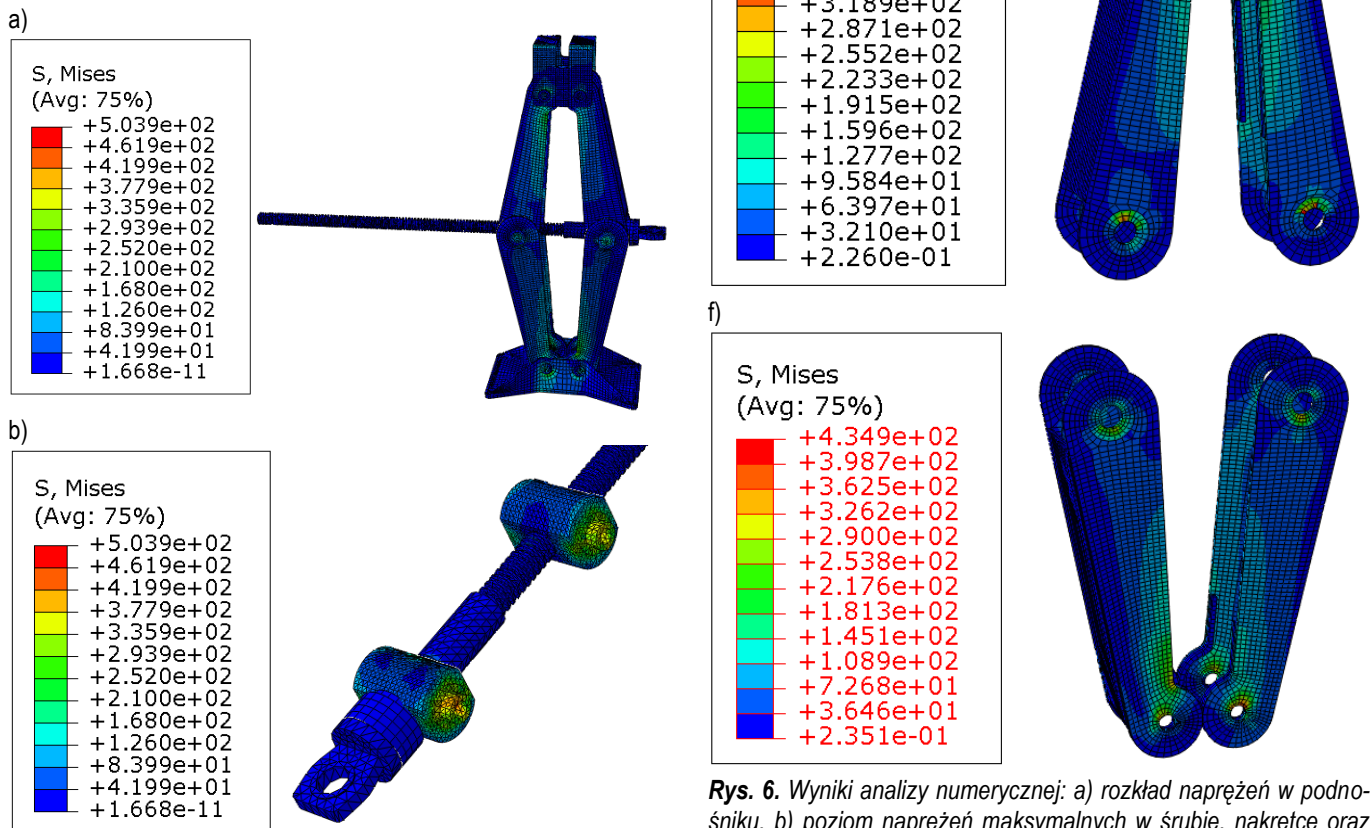


Rys. 5. Siatka MES

2. WYNIKI ANALIZY

Analiza MES przedstawia rozkład naprężeń zredukowanych w badanym mechanizmie przy zadanych warunkach brzegowych i zadanej obciążeniu. Badanie numeryczne wykazało, iż podzespół o najwyższym poziomie naprężeń, to element prowadzący śrubę, w którym naprężenia wyniosły 503,9MPa. W pozostałej części modelu otrzymano symetryczny charakter rozkładu naprężeń zredukowanych.

Poziom naprężeń w obrębie całego modelu oraz poszczególnych części ukazano na rysunku 6.



Rys. 6. Wyniki analizy numerycznej: a) rozkład naprężeń w podnośniku, b) poziom naprężeń maksymalnych w śrubie, nakrętce oraz elemencie prowadzącym śrubę, c) naprężenia w koronie, d) naprężenia w podstawie, e) naprężenia ramion górnych, f) naprężenia ramion dolnych

Wszystkie główne elementy podnośnika doznają przekroczenia granicy plastyczności materiału przy zadanim obciążeniu maksymalnym. W rzeczywistości mechanizm nie będzie nigdy narażony na nacisk równy 15000N, gdyż jednocześnie podnośnik unosi zaledwie pewną część masy pojazdu. Dzięki temu naprężenia przy normalnym użytkowaniu będą znacznie niższe od tych, jakie występują w podnośniku przy poddaniu wartości krytycznej obciążenia.

Analiza wykazała brak przekroczenia granicy wytrzymałości mechanizmu, zatem układ nie będzie narażony na trwałe uszkodzenia.

W pracy przedstawiono rezultaty analizy jedynie dla obciążenia krytycznego. Obliczenia numeryczne prowadzono z uwzględnieniem zagadnienia nieliniowego geometrycznie przy jednoczesnym wykorzystaniu metody Newtona-Raphsona.

3. Dyskusja

Niezbędne jest wyjaśnienie celowości omawianego zagadnienia. Warto zastanowić się głębiej nad problematyką analiz numerycznych. Każdy z nas zdaje sobie sprawę do czego używa się podnośników samochodowych. Praktycznie każdemu posiadaczowi auta przypadło je także praktycznie zastosować.

Czy metody numeryczne są w stanie usprawnić proces produkcyjny? Z pewnością tak. Warto zatem przeanalizować numerycznie mechanizmy, gdyż już na drodze projektowania możliwe jest uniknięcie wad konstrukcyjnych. Co więcej, odpowiednio przygotowany model można dostatecznie zoptymalizować i poprawić wydajność produkcji mechanizmów.

Jak więc widać metody numeryczne stanowią doskonałą podstawę do sprawdzenia poprawności wykonania elementów pod względem konstrukcyjnym, a także wspomagają analizy wykonane drogą eksperymentalną. Jedną z kluczowych metod badań wytrzymałości materiałów, jest stałe konfrontowanie wyników analiz z cechami materiałowymi i wytrzymałościowymi danego materiału.

Wnioski

Na podstawie wyników uzyskanych przy realizacji badania numerycznego, można sformułować kilka wniosków końcowych. Dzięki wykonanej symulacji numerycznej dowiedziono, iż:

- analizy numeryczne pozwalają na ukazanie stref newralgicznych mechanizmów, zagrażających poprawnej eksploatacji,
- pomimo przekroczenia granicy plastyczności, mechanizm nie będzie narażony na trwałe uszkodzenia, gdyż rzeczywisty nacisk wynikający z masy pojazdu jest znacznie niższy,
- analizy MES pozwalają na wykonywanie badań symulacyjnych na podzespołach konstrukcji przed ich produkcją, celem uniknięcia późniejszych wad mechanizmów.

W obecnych czasach istotne jest częste przeprowadzanie analiz numerycznych, poprzez szerokie zastosowanie symulowania procesów fizycznych we współczesnych skomplikowanych zagadnieniach inżynierskich.

Bibliografia

1. Banaszek J.: *Examples of calculations within machines constructions basics Part II*. The University Publishing House, 1996, Pages 196-197.
2. Kałol W., Łodygowski T.: *Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich*. Politechnika Poznańska, 2003.
3. Kleiber M.: *Wprowadzenie do metody elementów skończonych*, Biblioteka Mechaniki Stosowanej IPPT PAN, PWN, Warszawa-Poznań, 1985.

4. Wyleżoł M.: *Modelowanie bryłowe w systemie CATIA. Przykłady i ćwiczenia*, 2002.
5. Wyleżoł M.: *Catia v5. Modelowanie i analiza układów kinematycznych*, 2007.
6. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L.: *Finite Element Method (5th Edition) Volume 2 – Solid Mechanics*, 2000, Elsevier.
7. Informacje dotyczące analizy związanej z metodą elementów skończonych i jej poszczególnych etapów badawczych, http://pl.wikipedia.org/wiki/Metoda_element%C3%B3w_sko%C5%84czonych (10.2014r)

NUMERICAL ANALYSIS OF THE LEVEL OF STRESS IN THE CAR SCISSOR JACK

Abstract

In the article shown the critical stress level occurring in the scissor jack BD-02B2. Preliminary model performed in CATIA V5, while the MES tests carried out in an Abaqus 6.10. Stress levels are shown in most of the designed elements. The main attention is focused on components whose values of the stress exceed the yield strength at a given load. The stresses are induced by axial force acting directly on the crown of scissor jack. Numerical analysis allowed for isolating sensitive areas within the tested model. FEA provide a powerful tool for structural strength calculations. Reduced stress distribution determined by testing the hypothesis Huber-Mises-Hencky were compared with the material properties of the model. Numerical calculations were the basis to determine the strength of the mechanism.

Autorzy:

Różyło Patryk, Falkowicz Katarzyna, Wysmulski Paweł - Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, telefon: 603359217, p.rozylo@pollub.pl