ANSYS - NARZĘDZIEM DO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA OBUDÓW ŚCIANOWYCH W FABRYCE FAZOS S.A.

Monika POLAK - MICEWICZ
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Opolska
Fabryka Zmechanizowanych Obudów Ścianowych FAZOS S.A., Tarnowskie Góry

Streszczenie. W pracy przedstawiono możliwości inżynierskiego programu ANSYS wykorzystywanego podczas wirtualnego prototypowania obudów ścianowych w fabryce FAZOS S.A. Analiza numeryczna podzespołów pozwala na optymalizację konstrukcji pod względem wytrzymałościowym i materiałowym. Symulacje wykonuje się nie tylko dla głównych elementów obudowy ścianowej, ale również innych części maszyn i urządzeń współpracujących z sekcją. W pracy zaprezentowano przykłady zastosowania programu ANSYS oraz wyniki obliczeń MES, które zostały zweryfikowane eksperymentalnie. Podnoszenie wiedzy, wdrażanie nowoczesnych narzędzi projektowych umożliwia rozwój produktów, przez co FAZOS S.A. systematycznie poprawia swoją pozycję na rynku producentów zmechanizowanych obudów ścianowych.

l. WSTĘP

Przystępując do konstruowania sekcji obudowy ścianowej należy w szczególny sposób podejść do warunków w jakich konstrukcja będzie badana, jak i eksploatowana. Konstrukcja obudowy ścianowej musi spełniać założone wymagania wytrzymałościowe, jednakże koszty jej wytworzenia nie powinny być zbyt wysokie. Powinna również posiadać cechy niezawodności, co jest istotnym atutem dla użytkownika. Aby te założenia spełnić należy przyjrzeć się obliczeniom wytrzymałościowym, w których określa się współczynnik bezpieczeństwa. Wiadomo, że współczynnik ten uzależniony jest od wymagań normowych oraz wiedzy inżynierskiej. Dokładniejsza analiza pozwala na zmniejszenie tego współczynnika. W obecnym czasie podzespoły sekcji obudowy ścianowej przelicza się metodami numerycznymi. [1] Zmechanizowana obudowa ścianowa posiada model wirtualny i fizyczny. Projektowanie odbywa się zgodnie z normami europejskimi, które w jednoznaczny sposób opisują wymagania bezpieczeństwa. Każda obudowa wyprodukowana w fabryce FAZOS S.A. posiada sekcję prototypową, która poddawana jest badaniom stanowiskowym w laboratorium jednostki certyfikującej. Po badaniach konstrukcja podlega kontroli pod kątem ewentualnych pęknięć i deformacji, a następnie po pozytywnych ocenach sekcja może być wdrożona do produkcji i dopuszczona do eksploatacji w kopalni.

Celem pracy jest przedstawienie sposobu projektowania zmechanizowanej obudowy ścianowej w fabryce FAZOS S.A. Praca przedstawia również wyniki naprężeń H-M-H oraz deformacje dla spągnicy podpartej symetrycznie i niesymetrycznie. Poniższa praca zawiera również wyniki analiz numerycznych dla poszczególnych podzespołów sekcji traktowanych całościowo oraz pojedynczo. Program Ansys pozwala także na lepsze projektowanie innych elementów poddanych obciążeniom, tj.: korekcję boczną spągnic czy przyrządów wspomagających montaż obudowy. Przykłady zastosowania programu numerycznego ANSYS Design Space v.12 zaprezentowano w niniejszym artykule.

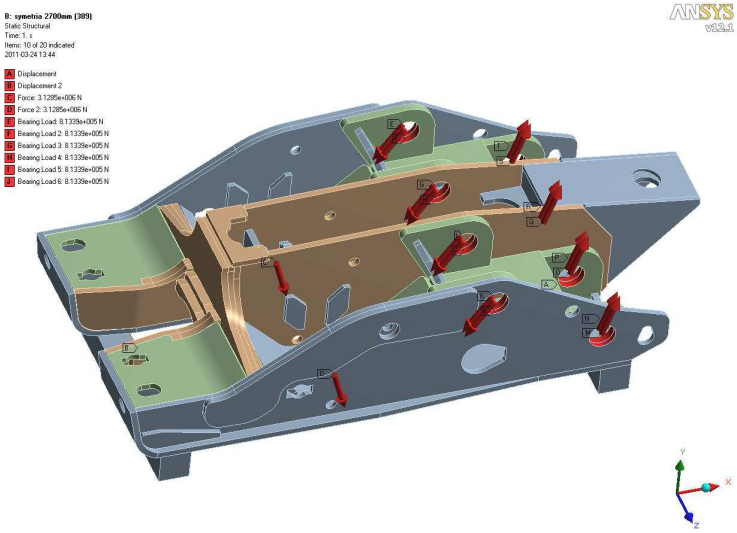
2. OBLICZENIA NUMERYCZNE SPĄGNICY

2.1. Przygotowanie modelu numerycznego i założenie warunków brzegowych

Do analizy wytrzymałościowej spągnicy zastosowano metodę elementów skończonych. Obszar spągnicy poddano dyskretyzacji za pomocą 8- węzłowych sześciennych elementów skończonych typu bryłowego. Model spągnicy zawierał 58177 elementów przy 119656 węzłach. Na rysunku 1 przedstawiono zastosowaną siatkę podziału elementów skończonych. W przedstawionej analizie przyjęto liniowy model materiałowy. Dla uzyskania większej dokładności obliczeń, a jednocześnie nie spowalniania procesu obliczeniowego siatka elementów skończonych została podzielona w taki sposób, by na grubości blachy występował jeden element skończony Dodatkowo nałożono warunek, aby element skończony nie był większy niż 20mm.

Rys. 1 Model spągnicy z nałożoną siatką elementów skończonych

W procesie obliczeniowym pominięto wpływ spoin, dlatego zastosowano połączenie typu „przyklejenie” pomiędzy poszczególnymi blachami. Założono, że model spągnicy jest ciałem jednorodnym i izotropowym. Obliczenia wykonano dla jednego wariantu obciążeń, gdy obudowa jest rozparta na wysokości 2700mm i obciążona z siłą próbną 1,05 krotności siły stojaków. Schemat podparcia i obciążenia modelu pokazano na rysunku 2. Wartości sił działających na spągnicę wyznaczono zgodnie z kinematyką sekcji w programie Inventor 2011 - symulacja dynamiczna. Siły modelujące obciążenie spągnicy w przegubach łączących ją z łącznikami lemniskatowymi przyłożono w węzłach stosując tzw. podparcie pochodzące od sworznia (bearing load). Siły modelujące obciążenia od stojaków przyłożono do powierzchni z uwzględnieniem kąta tych stojaków. Podparcie spągnicy zamodelowano jako belkę i odebrano jej na krawędzi odpowiednie stopnie swobody (rys. 2).



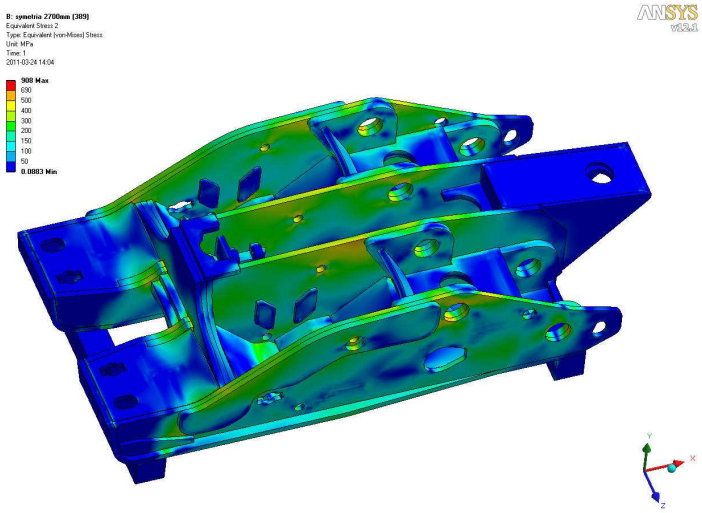
Rys. 2 Sposób podparcia i obciążenia modelu spągnicy

2.2. Wyniki obliczeń numerycznych

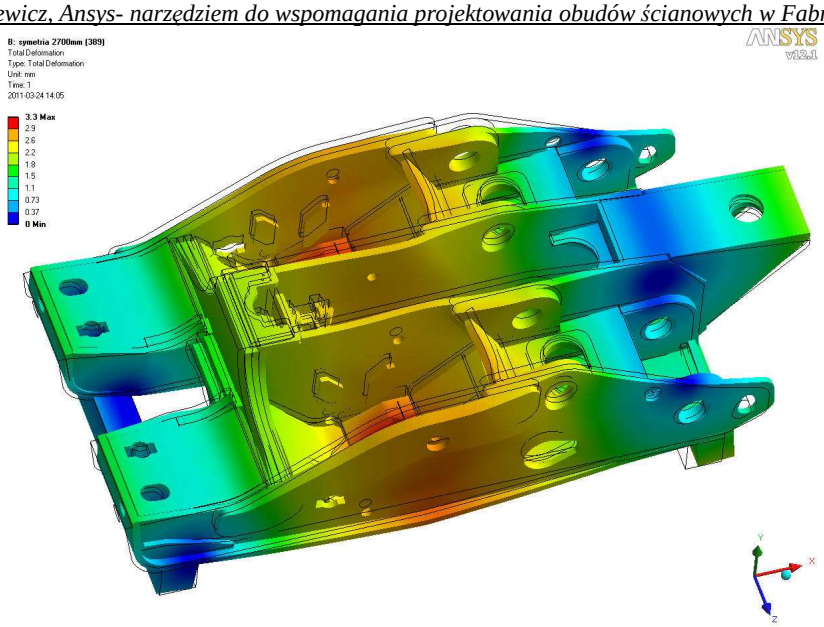
W wyniku przeprowadzonych symulacji numerycznych otrzymano barwne mapy naprężeń, przemieszczeń i odkształceń (rys 3-5). Wyniki symulacji zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Zestawienie otrzymanych wyników

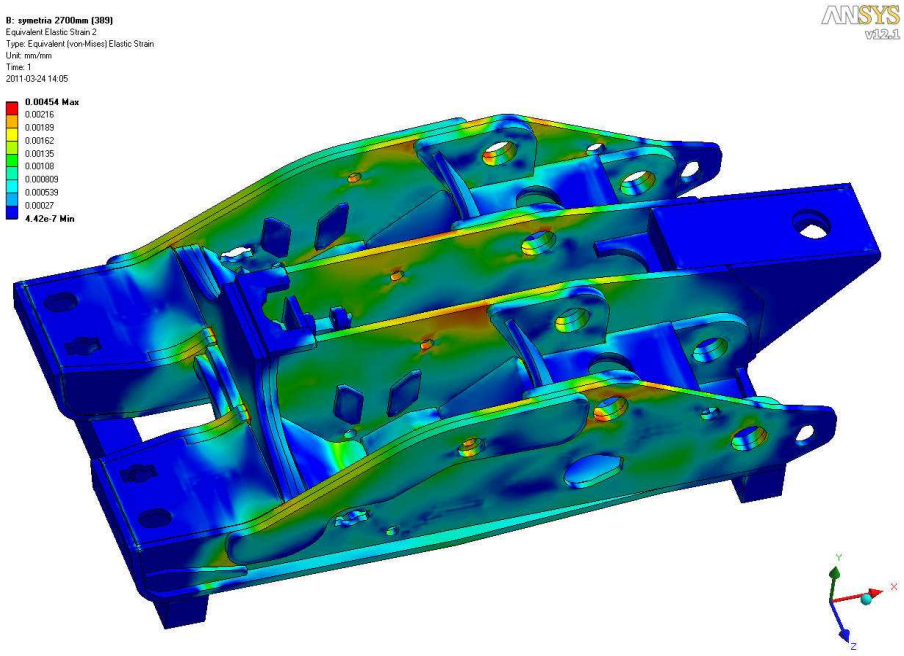
Maksymalne naprężenia wg hipotezy Von Misesa (Hubera) [MPa]	Maksymalne odkształcenia	Maksymalne przemieszczenia [mm]			
		po osi X	po osi Y	po osi Z	sumarycznie
907	0,00453	1,99	1,92	1,09	3,30



Rys. 3 Mapa naprężeń zredukowanych wg H-M-H



Rys. 4 Mapa przemieszczeń



Rys. 5 Mapa odkształceń

2.3. Wnioski

1. W wyniku przeprowadzonych symulacji z wykorzystaniem MES modelu numerycznego, spągnica zachowywała się poprawnie tzn. pod wpływem działającego obciążenia naprężenia rozkładały się na całej powierzchni siatki, a największe ugięcia wystąpiły w okolicach gniazd stojakowych.
2. Naprężenia zredukowane przekraczają lokalnie naprężenia dopuszczalne, dlatego też proponuje się obliczenie w tym miejscu naprężeń z zastosowaniem modelu sprężysto - plastycznego.[2]
3. Stosowanie obliczeń numerycznych wykorzystujących tylko liniową zależność powoduje znaczne przewymiarowanie konstrukcji. Sugeruje się przyszłościowo obliczenia nieliniowe, co poprawi proces optymalizacji konstrukcji pod względem ekonomicznym.

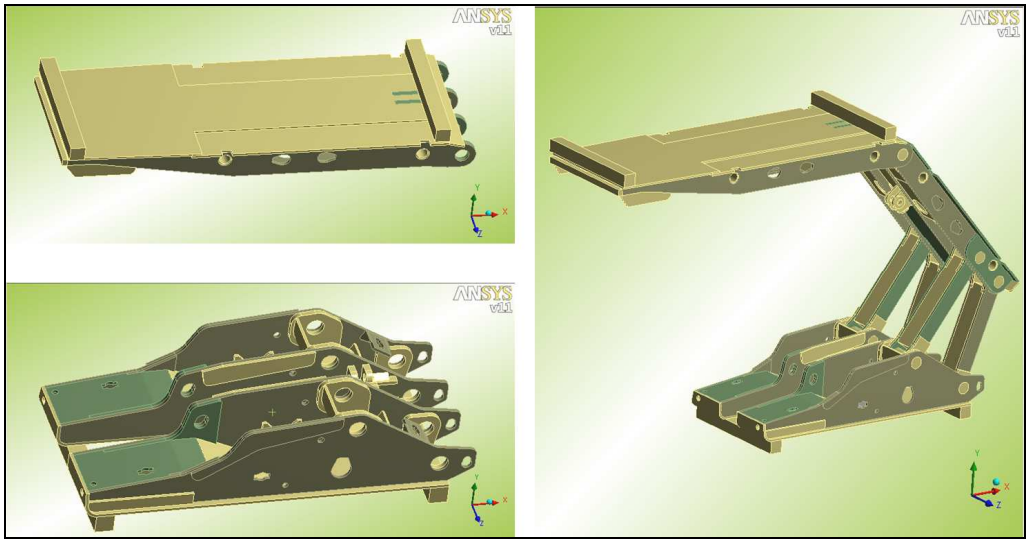
3. WERYFIKACJA OBLICZEŃ OBUDOWY ŚCIANOWEJ

3.1. Wstęp

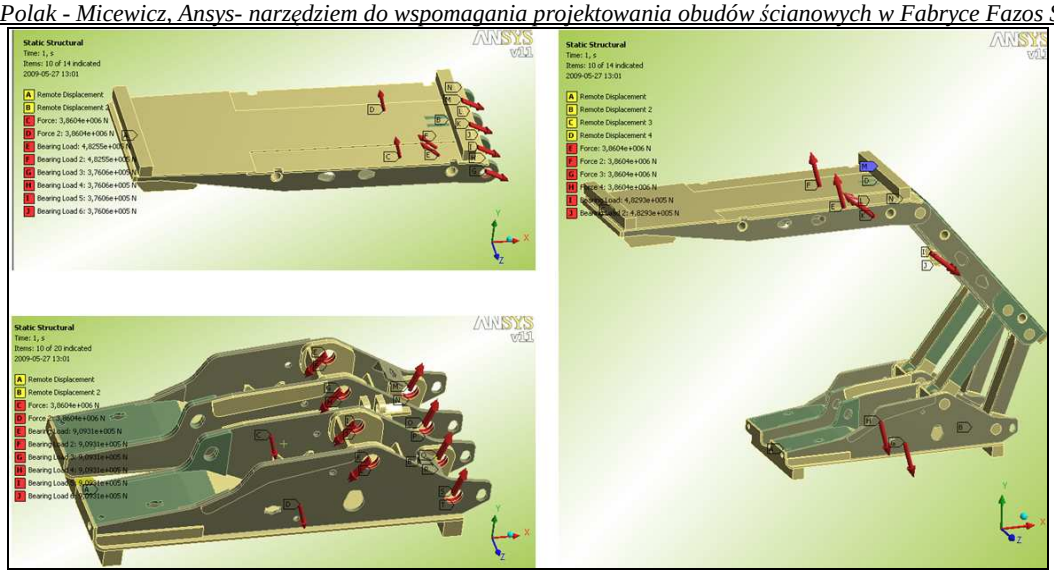
W dostępnej literaturze prezentującej aktualny stan wiedzy występują różne sposoby obliczenia obudowy zmechanizowanej w oparciu o metody elementów skończonych. Norma PN-EN 1804-1[3], według której projektuje się obudowy mówi o współczynnikach bezpieczeństwa oraz wariantach podparcia, jednakże nie ma pełnego wyjaśnienia, co do obliczeń numerycznych. Nie podano czy konstrukcję obudowy ścianowej traktować jako jeden element czy jako wyodrębnione podzespoły. W związku z powyższym podjęto próby porównawcze naprężeń i deformacji dla dwóch różnych sposobów obliczeń przy podparciu symetrycznym i niesymetrycznym. Na tej podstawie sformułowano odpowiednie wnioski, które przyczynią się do lepszego projektowania zmechanizowanej obudowy ścianowej.

3.2. Wyniki obliczeń numerycznych

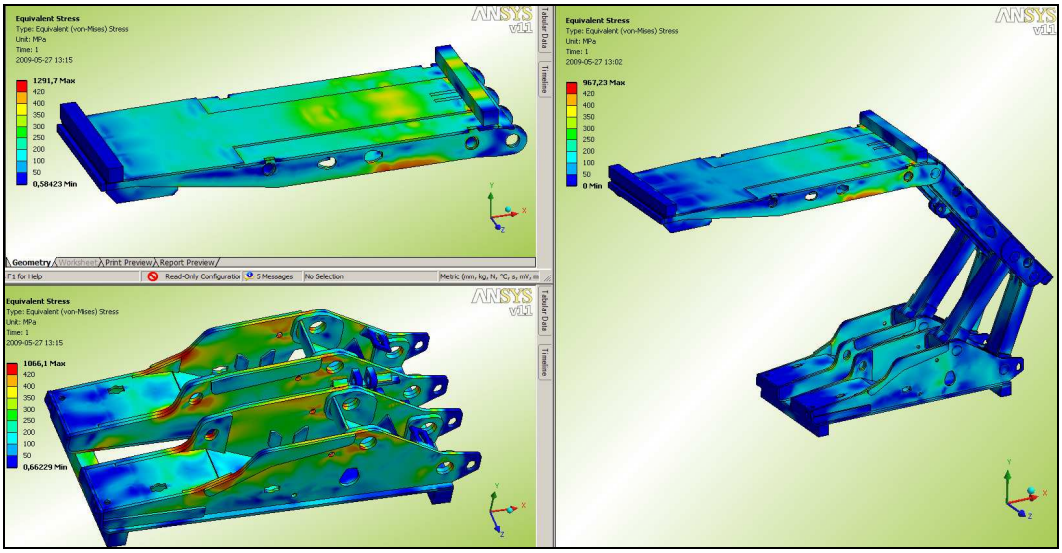
Przeprowadzając obliczenia wszystkich podzespołów obudowy ścianowej zdefiniowano dwa przypadki obciążenia: symetryczne i niesymetryczne. Siły obciążające konstrukcję oraz parametry siatki posiadają te same wartości i parametry. W obliczeniach pominięto połączenia sworzniowe i zastąpiono je elementami sztywnymi. Poniżej przedstawiono wyniki symulacji dla spągnicy i stropnicy przy podparciu symetrycznym (rys.6-10) i niesymetrycznym (rys. 11-14).



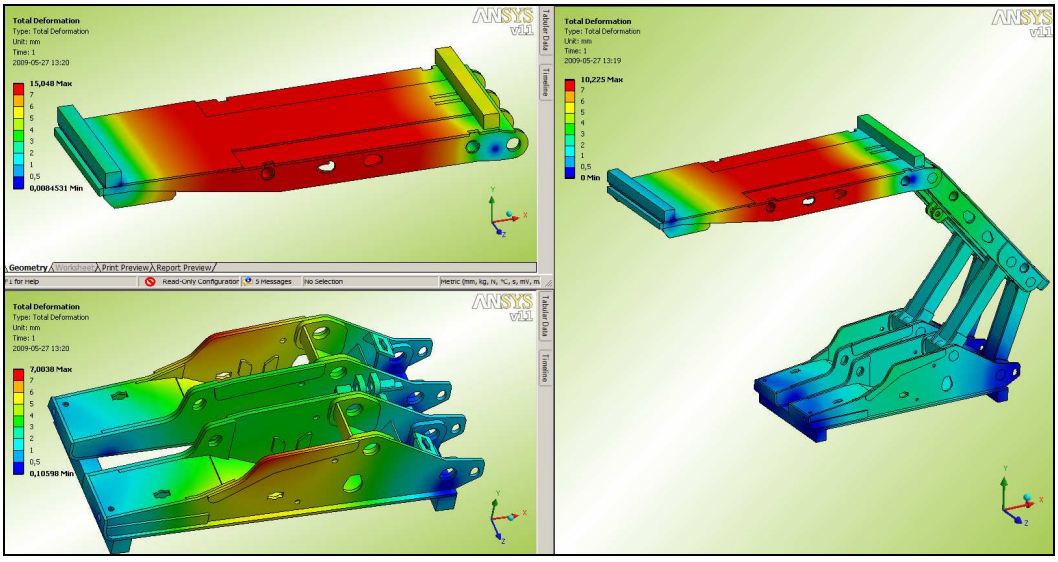
Rys. 6 Przygotowane modele geometryczne



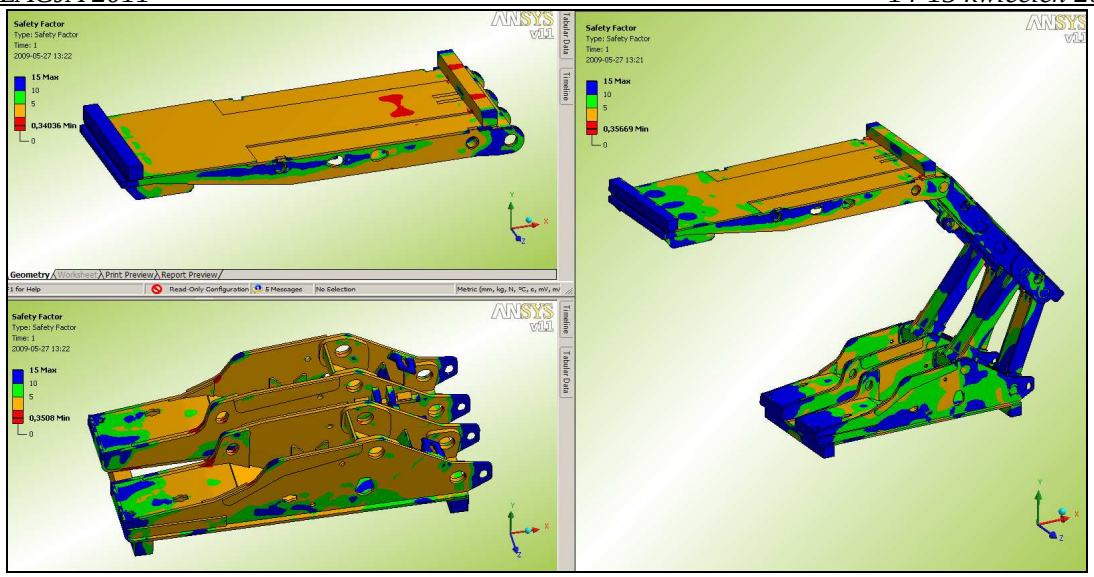
Rys. 7 Warunki początkowe dla podparcia symetrycznego



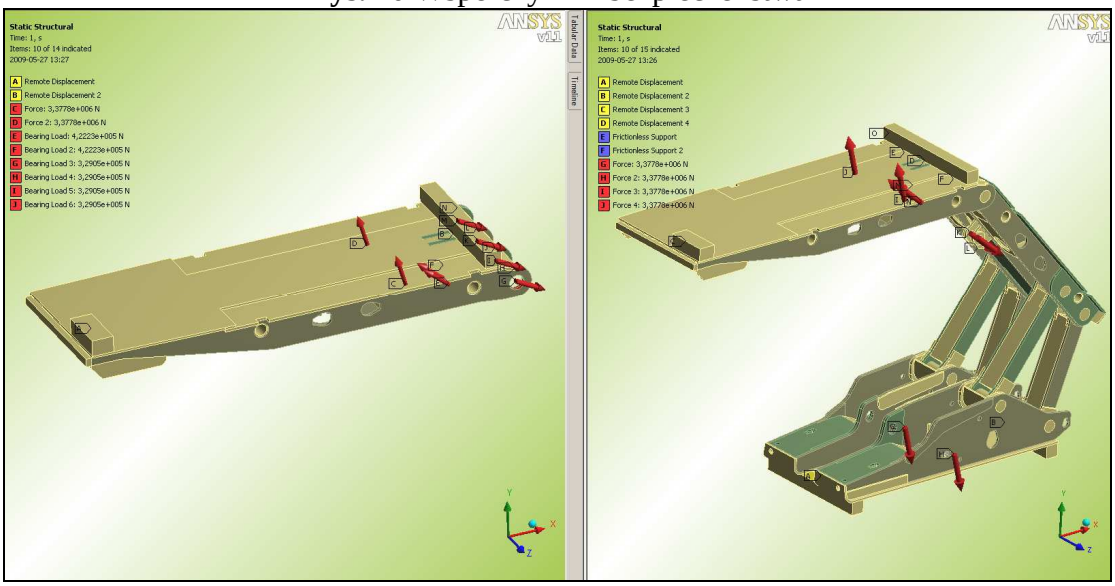
Rys. 8 Mapa naprężeń H-M-H dla podparcia symetrycznego



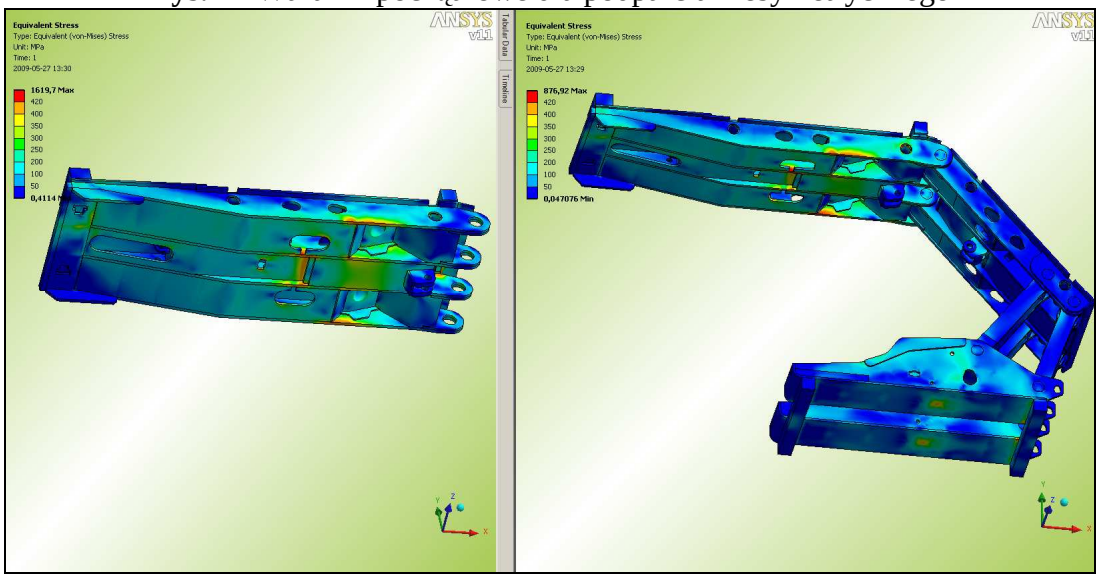
Rys. 9 Przemieszczenia



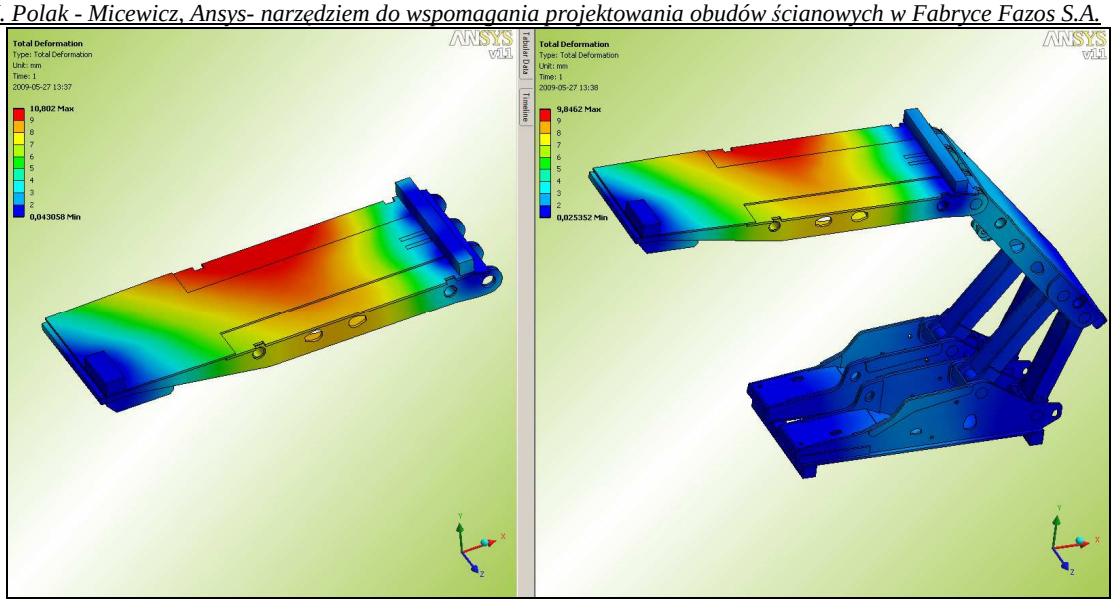
Rys. 10 Współczynnik bezpieczeństwa



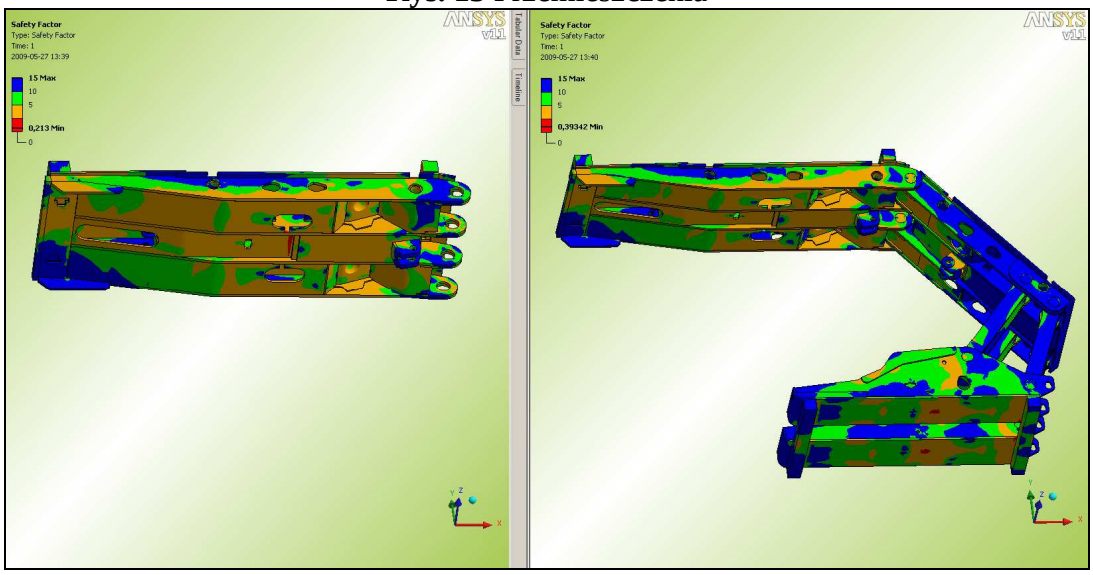
Rys. 11 Warunki początkowe dla podparcia niesymetrycznego



Rys. 12 Mapa naprężeń H-M-H dla podparcia niesymetrycznego



Rys. 13 Przemieszczenia



Rys. 14 Współczynnik bezpieczeństwa

3.3. Wnioski

Po wykonaniu symulacji numerycznych otrzymano rozkłady naprężeń, przemieszczeń i zakres współczynnika bezpieczeństwa. Wyniki symulacji zestawiono w tabeli 2. Analizując wyniki można stwierdzić, że większe wartości otrzymano w wariancie, gdzie podzespoły są traktowane jako osobne elementy. Stwierdzono przekroczenia wartości naprężeń dopuszczających, proponuje się zatem dla miejsc krytycznych dokładniejsze obliczenia z wykorzystaniem modelu sprężysto - plastycznego. [4] W fabryce Fazos S.A. przeprowadza sie analizy w taki sposób, aby uwzględniały najgorsze z możliwych przypadków obciążeń, co podwyższa bezpieczeństwo i niezawodność konstrukcji. Należy nadmienić, że istnieje wiele czynników zewnętrznych, które mają znaczny wpływ na wytrzymałość konstrukcji, a które nie są uwzględniane w obliczeniach numerycznych. Od kilku lat taki algorytm obliczeniowy gwarantuje poprawną eksploatację obudowy ścianowej w kopalniach. Pamiętać również należy o różnicach pomiędzy testami stanowiskowymi, a pracą w kopalni. Stosowanie obliczeń numerycznych oraz zbieranie doświadczeń przyczynia się do ciągłego podwyższania jakości produkowanych obudów w Fabryce Zmechanizowanych Obudów Ścianowych Fazos S.A.

Tabela 2 Zestawienie otrzymanych wyników

SYMETRIA		
	PODZESPOŁY WYODRĘBNIONE	*PODZESPOŁY CAŁOŚCIOWO*
	Spągnica	
naprężenia H-M-H [MPa]	1291 (powyżej R_e)	967 (powyżej R_e)
przemieszczenia [mm]	15	10
współczynnik bezpieczeństwa	0,34	0,35
	Stropnica	
naprężenia H-M-H [MPa]	1066 (powyżej R_e)	
przemieszczenia [mm]	7,00	
współczynnik bezpieczeństwa	0,35	
ASYMETRIA		
	PODZESPOŁY WYODRĘBNIONE	*PODZESPOŁY CAŁOŚCIOWO*
	Stropnica	
naprężenia H-M-H [MPa]	1919 (powyżej R_e)	876 (powyżej R_e)
przemieszczenia [mm]	10,8	9,8
współczynnik bezpieczeństwa	0,21	0,39

4. PROJEKTOWANIE KOREKCJI BOCZNEJ SPĄGNIC

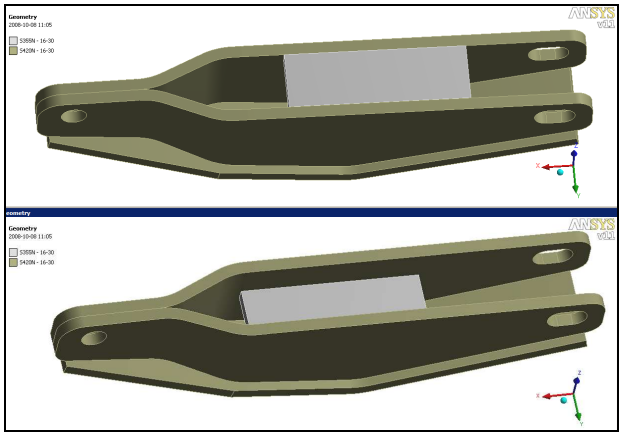
4.1. Wstęp

Program Ansys wspomaga proces projektowania nie tylko podstawowych podzespołów obudów ścianowych produkowanych w FAZOS S.A., lecz również innych, mniejszych elementów wchodzących w jej skład takich jak np.: ramię korekcji bocznej spągnic czy belki układu przesuwnego. W pracy przedstawiono wpływ położenia żebra w ramieniu korekcji bocznej na wytrzymałość całego elementu. Korekcja boczna spągnic stabilizuje położenie sekcji obudowy w trakcie jej eksploatacji w wyrobiskach ścianowych o dużym nachyleniu. Z tego powodu bardzo istotna jest bezawaryjna praca tego urządzenia.

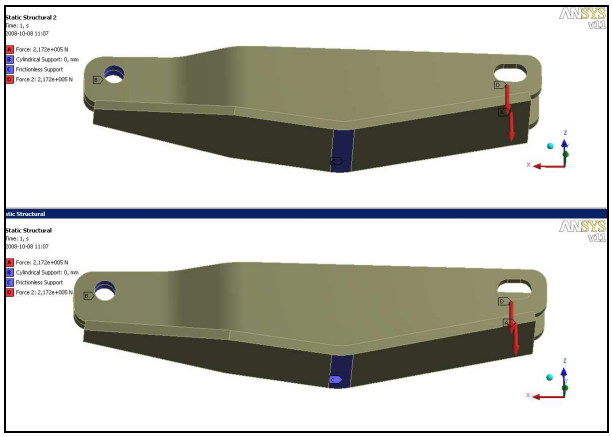
Konstruktor dzięki komputerowemu wspomaganiu projektowania analizuje przebieg pracy w warunkach obciążenia oraz występujące rozkłady naprężeń. Dzięki symulacjom można tak zaprojektować elementy, aby zoptymalizować postać konstrukcyjną pod względem wytrzymałościowym unikając jednocześnie karbów geometrycznych.

4.2. Wyniki i wnioski z obliczeń numerycznych

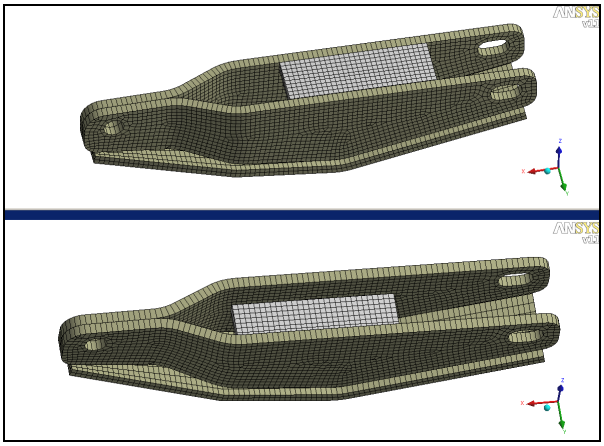
Poniżej przedstawiono na rysunkach (15-23) dwa sposoby mocowania żebra poprzecznego. Ostatecznie podjęto decyzję, że żebro będzie obniżone o 30mm i tak została przygotowana dokumentacja do produkcji. Zmniejszono ilość operacji w procesie produkcyjnym ze względu na fazowania pod spoiny. Konstrukcja ramienia pracuje obecnie na kopalni. Klient nie zgłasza żadnych nieprawidłowości, oznacza to, że geometria oraz dobór materiałowy spełniają swoje zadanie.



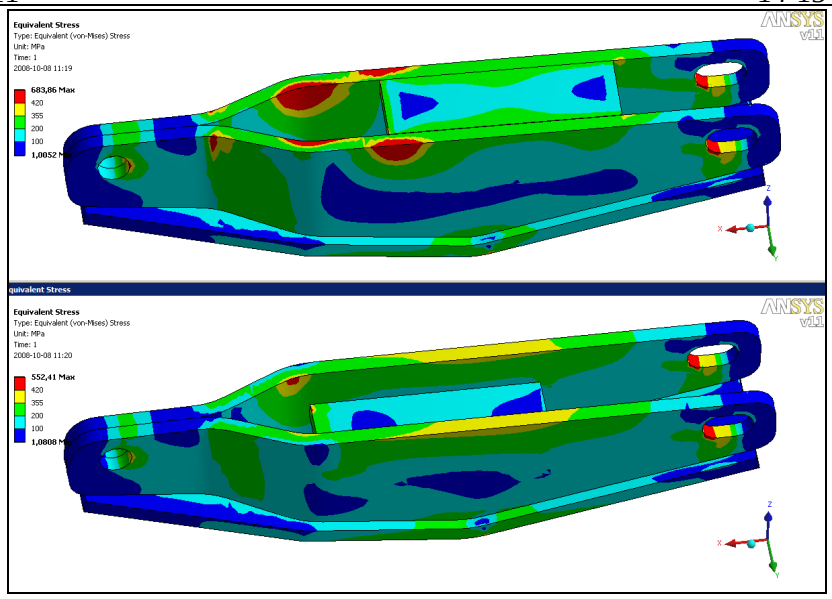
Rys. 15 Modele geometryczne a) wersja pierwotna, b) wersja poprawiona



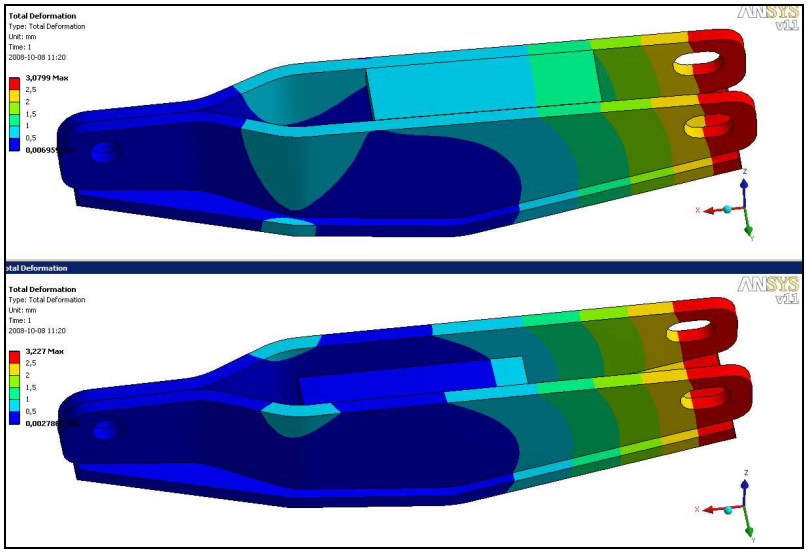
Rys. 16 Warunki początkowe



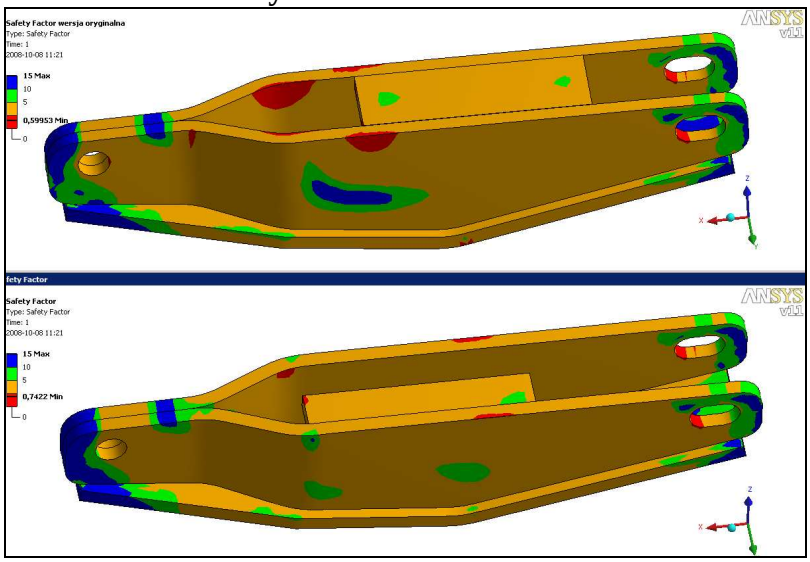
Rys. 17 Modele z nałożoną siatką



Rys. 18 Mapy naprężeń H-M-H



Rys. 19 Przemieszczenia



Rys. 20 Współczynnik bezpieczeństwa

5. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono możliwości inżynierskiego programu Ansys wykorzystywanego w Fabryce Zmechanizowanych Obudów Ścianowych Fazos S.A. Przedstawione w opracowaniu przykłady oraz wyniki stanowią jedynie fragment prac mających na celu opracowanie ścieżki obliczeń numerycznych umożliwiającej szacowanie trwałości zmęczeniowej obudów ścianowych.

Podsumowując należy stwierdzić, że program Ansys jest niezastąpionym narzędziem do wspomagania konstruowania i optymalizacji obudowy w Fabryce Zmechanizowanych Obudów Ścianowych Fazos S.A.

LITERATURA

[1] Polak - Micewicz M., Łagoda T.: Analiza wytrzymałościowa spągnicy w statycznej próbie zginania, XXII Konferencja Naukowa, Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 2010.
[2] Polak - Micewicz M., Łagoda T.: Wyznaczanie naprężeń i odkształceń w krytycznych punktach spągnicy, X Międzynarodowa Konferencja Naukowa COMPUTER AIDED ENGINEERING, Szklarska Poręba 2010.
[3] PN-EN 1804-1: Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.
[4] Polak - Micewicz M.: Badania wpływu wartości średnich i amplitud naprężeń dla spągnicy poddanej obciążeniom cyklicznym, XXIV Konferencja Naukowa, Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 2011.