

ANALIZA PRZYCZYŃ PĘKNIĘCIA ZAWIESZENIA WYSIĘGNIKA PRZECIWWAGI KOPARKI WIELOCZERPAKOWEJ

Marcin KOWALCZYK*, Jerzy CZMOCHOWSKI*, Eugeniusz RUSIŃSKI*

*Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

marcin.kowalczyk@pwr.wroc.pl, jerzy.czmochowski@pwr.wroc.pl, eugeniusz.rusinski@pwr.wroc.pl

Streszczenie: Pęknięcie zawieszenia przeciwwagi spowodowało poważną awarię koparki wieloczerpakowej kołowej w kopalni węgla brunatnego. W celu określenia przyczyn powstania pęknięcia przeprowadzono badania symulacyjne przy zastosowaniu współczesnych metod numerycznych dla obciążeń wyznaczonych według aktualnych norm. Ponadto wykonano badania materiałowe elementów, w których wystąpiło pęknięcie. Obliczenia wytrzymałościowe i analiza miejsca pęknięcia wskazała na błędy konstrukcyjne i technologiczne.

1. WPROWADZENIE

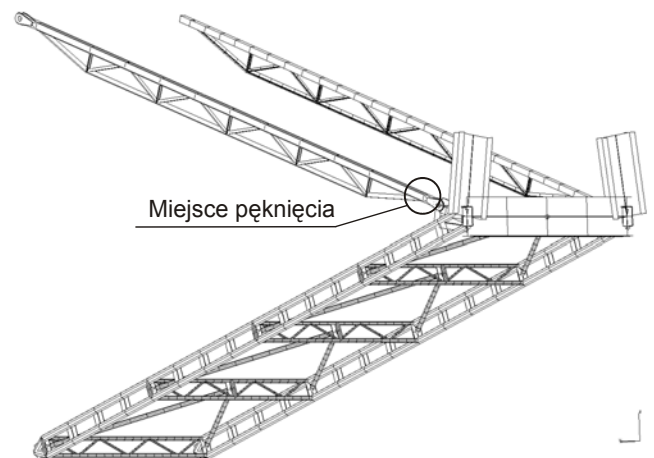


Rys. 1. Widok koparki po zerwaniu cięgna zawieszenia przeciwwagi

Przedmiotem analiz jest koparka wieloczerpakowa kołowa eksploatowana w kopalni węgla brunatnego. Koparka ta podczas urabiania nadkładu, kiedy to wysięgnik koła czerpakowego znajdował się w dolnym położeniu, uległa poważnej awarii. Mianowicie pęknięciu uległo lewe zawieszenie wysięgnika przeciwwagi (rysunek 1). Awarie tego typu maszyn powodują bardzo duże straty materialne. Przyczyny awarii wynikają z błędów konstrukcyjnych, technologicznych lub eksploatacyjnych (Babiarz i inni, 2007). Dlatego podejmuje się różnego rodzaju zabiegi mające na celu wczesne wykrycie lub zapobieżenie zagrożeniu. W celu wykrycia niekorzystnych zjawisk stosowane są różnego rodzaju metody diagnostyczne (Bartelmus, 1998; Kowalczyk, 2005). W celu zapobieżenia wystąpieniu przeciążeń stosowane są układy zabezpieczające. Z uwagi na to, że często maszyny eksploatowane w naszych kopalniach węgla brunatnego ma okres eksploatacji przekraczający 30 lat przeprowadza się okresowo pomiary obciążeń, stanu naprężeń i

drgań (Czmochowski, 2008; Rusiński i inni, 2001). Współczesne metody numeryczne, symulacje komputerowe pozwalają dokładniej zlokalizować miejsca zagrożeń w postaci koncentracji naprężeń lub wskazać warunki powstawania drgań rezonansowych (Rusiński, 2000). Często przeprowadzając badania i analizy wytrzymałościowe tego typu maszyn obserwuje się miejsca, gdzie konstruktor lub technolog popełnił błąd postępując niezgodnie ze sztuką projektowania spawanych konstrukcji stalowych (Ferenc i inni, 2000). W analizowanym przypadku awarii opracowano modele komputerowe zawieszenia wysięgnika przeciwwagi i przeprowadzono obliczenia MES dla obciążeń normowych. Przyczyn pęknięcia zawieszenia poszukiwano również w badaniach materiałowych.

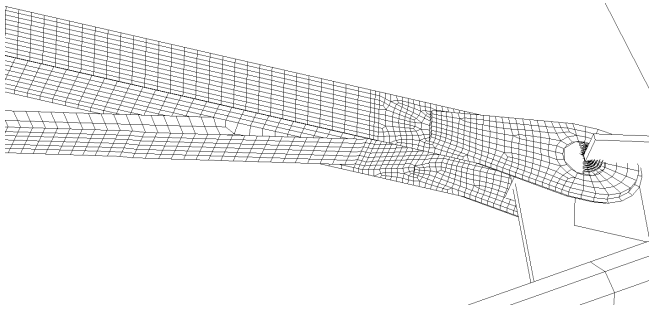
2. SYMULACJE KOMPUTEROWE



Rys. 2. Model dyskretny zawieszenia wysięgnika przeciwwagi

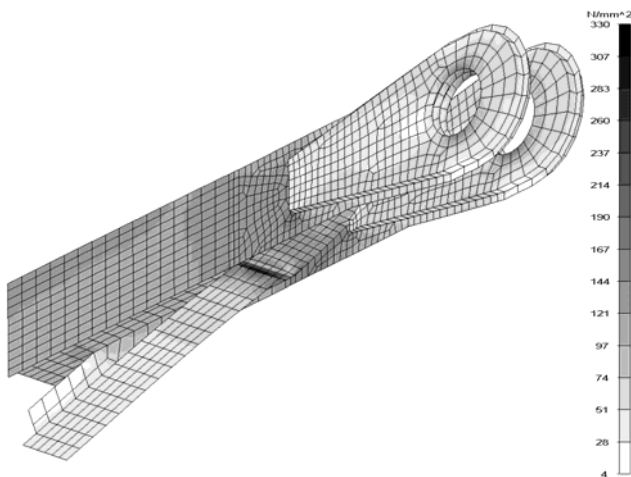
Jednym z celów obliczeń MES było poznanie przestrzennego pola naprężeń od obciążeń eksploatacyjnych koparki oraz określenie jego wpływu na trwałość cięgien.

Większość elementów konstrukcyjnych zamodelowano elementami belkowymi. Jedno z dwóch cięgien wysięgnicy zamodelowano z użyciem elementów powłokowych rysunki 2 i 3. Modele powłokowe w porównaniu z modelami belkowymi dostarczają precyzyjniejszych wyników uwzględniając sposób łączenia elementów konstrukcyjnych i ich wpływ na pole naprężeń, np. w sąsiedztwie połączeń spawanych. Modele belkowe pomijają wpływ sztywności połączeń elementów w węzłach konstrukcyjnych, ale uzyskiwane wyniki obliczeń są bardziej zbliżone do wyników obliczeń analitycznych niż w przypadku modeli powłokowych.



Rys. 3. Fragment modelu dyskretnego w sąsiedztwie węzła, w którym wystąpiło pęknięcie

Obliczenia przeprowadzono dla obciążeń określonych w normie PN-G-47000 (odpowiednik normy DIN 22261). Analizowano obciążenia stałe i zmienne, które są określone w tej normie jako przypadki H1a i H1b. Źródłem obciążeń zmiennych są oddziaływania dynamiczne (Czmochocki, 2008), siły masowe od ruchów technologicznych (Pieczonka, 2007), pochylenia, obciążenia od urobku, siły urabiania.



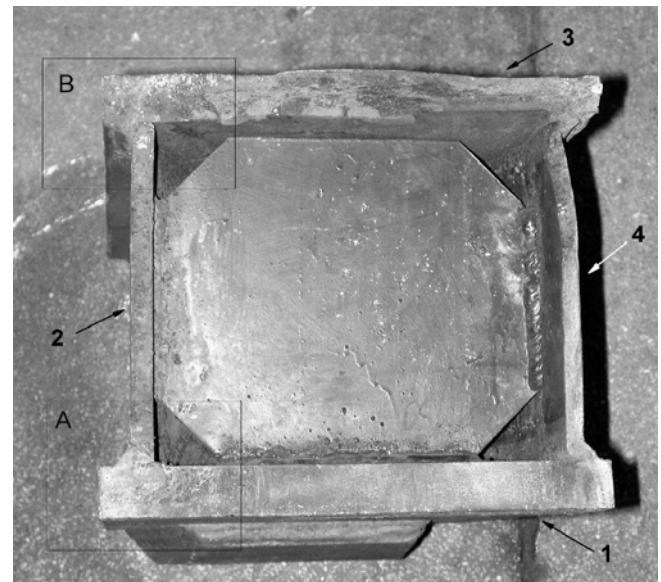
Rys. 4. Warstwy naprężeń zredukowanych w cięgnię dla przypadku H1a

Wyniki otrzymane z obliczeń wytrzymałościowych potwierdziły występowanie koncentracji naprężeń w miejscu pęknięcia dla przypadku H1a (rysunek 4) oraz przekroczenie naprężeń dopuszczalnych od obciążeń zmiennych H1b, które określa norma na podstawie klasy karbu połączenia spawanego, poziomu naprężeń średnich i zakresu zmian

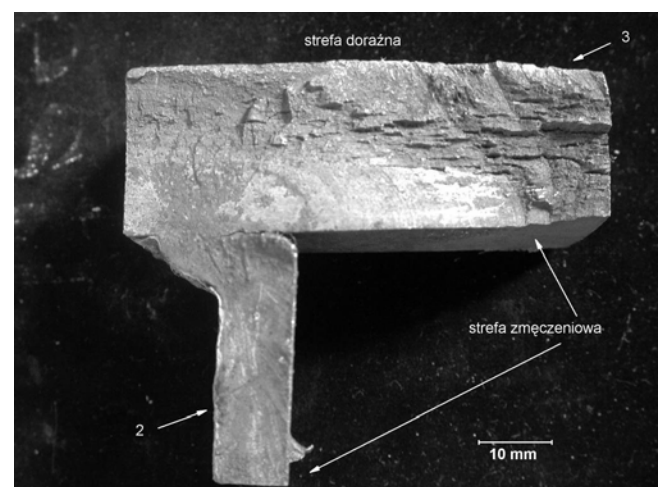
naprężeń. Naprężenia średnie w miejscu koncentracji otrzymano na poziomie $\sigma_m=302\text{MPa}$, przy amplitudzie zmian naprężeń $\sigma_a=31\text{MPa}$. Naprężenie dopuszczalne dla tego przypadku wynosi $\sigma_{dop}=315\text{MPa}$, czyli zostało przekroczone

3. BADANIA MATERIAŁOWE

Z obszaru pęknięcia pobrano fragmenty do badań materiałowych makro i mikroskopowych (rysunek 5). Na obrazie makroskopowym widoczne są linie zmęczeniowe oraz rozwarstwienia materiału w strefie doraźnej (rysunek 6). W strefie spoin stwierdzono strukturę perlytyczno-ferrytyczną o cechach struktury Widmannstättena z lokalnymi wydzieleniami martenzytu lub bainitu, czyli obszarów kruchych, które były załączkiem powstania pęknięcia zmęczeniowego. Te wydzielenia mogły być skutkiem błędów technologii spawania, np. zbyt szybkie chłodzenie.



Rys. 5. Widok przełomu powstałego w cięgnię



Rys. 6. Widok przełomu powstałego w cięgnię

Na pobranych próbkach wykonano również badania wytrzymałościowe, gdzie stwierdzono zastosowanie stali o niższej granicy plastyczności $Re=322\text{MPa}$ w przypadku pasa dolnego, niż jest to wymagane dla zastosowanej stali S355J2G3 (dawniej 18G2A), tj. $Re=355\text{MPa}$. Powoduje to osłabienie przekroju pasa o ok. 10% w przypadku wytrzymałości doraźnej oraz zmniejszenie dopuszczalnych amplitud naprężeń przy analizie zmęczeniowej.

4. PODSUMOWANIE

Zaprezentowano metodykę stosowaną przy badaniu przyczyn poważnej awarii koparki wieloczerpakowej. Zastosowano współczesne metody komputerowe (MES) z wykorzystaniem dokładnych modeli konstrukcji stalowych. Wykonano obliczenia wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej, które wykazały, że analizowany przekrój nie spełnia wymagań określonych w aktualnych normach. Badania materiałowe pokazały błędy technologiczne wykonania połączeń spawanych i własności stali. Obecnie przeprowadza się analizy wytrzymałościowe pozostałych maszyn górnictwa odkrywkowego, które mają podobną budowę zawieszenia wysięgnika przeciwwagi w oparciu o aktualne możliwości symulacji komputerowej i wymogów norm.

LITERATURA

1. **Babiarz S., Dudek D.** (2007), *Kronika awarii i katastrof maszyn podstawowych w polskim górnictwie odkrywkowym*, Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej, Wrocław.
2. **Bartelmus W.** (1998), *Diagnostyka maszyn górniczych*. Górnictwo odkrywkowe, Wyd. Śląsk, Katowice.
3. **Czmochowski J.** (2008), *Identyfikacja modeli modalnych maszyn urabiających w górnictwie węgla brunatnego*, Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej, Wrocław.
4. **Ferenc K., Ferenc J.** (2000), *Konstrukcje spawane. Projektowanie połączeń*, WNT, Warszawa.
5. **Kowalczyk M.** (2005), *Metoda diagnozowania maszyn w stanach rozwijającej się awarii*, Praca Doktorska, IKiEM Polit. Wrocławska PRE 11/05, Wrocław.
6. **Pieczonka K.** (2007), *Inżynieria maszyn roboczych, Część I, Podstawy urabiania, jazdy, podnoszenia i obrotu*, Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej, Wrocław.
7. **Rusiński E., Czmochowski J.** (2001), *Die Modalanalyse des Oberbaus eines Baggers vom Typ SchRs-800, Surface Mining Braunkohle*, Vol. 53 No. 3, 319-324.
8. **Rusiński E., Czmochowski J., Smolnicki T.** (2000), *Zawansowana Metoda Elementów Skończonych*, Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej, Wrocław.

ANALYSIS OF THE CRACK REASON OF THE COUNTERWEIGHT BOOM SUSPENSION OF THE MULTIBUCKET EXCAVATOR

Abstract: The crack of the counterweight suspension has caused the serious failure of the multibucket wheel excavator in the coal mine. In order to determine the reason of the cracking the simulation research was conducted with use of modern numerical method for loading determined according to actual standards. Moreover the material testing of elements where the crack appeared was also conducted. Strength calculations and the analysis of the crack area have indicated the constructional and technological failures.