

# Technologia naprawy wysięgніка ładowarko-koparki przy wspomaganii MES

## The repair technology of digger-excavator boom made with the support of FEM

### Streszczenie

Opracowanie przedstawia w sposób syntetyczny problematykę związaną z przygotowaniem i technologią spawania w naprawie ustrojów nośnych urządzeń dźwigowych.

Na przykładzie naprawy wysięgnika ładowarko-koparki zilustrowano wpływ zastosowanej metody naprawczej ustroju nośnego na jego trwałość eksploatacyjną. Wykazano, że przeprowadzenie naprawy w sposób niewłaściwy, bez przestrzegania zasad ujętych w odpowiednich normach, stanowi jedynie działanie doraźne, które rozwiązuje problem na krótki okres czasu, po którym wymagana jest kolejna naprawa.

Opracowania odpowiedniej technologii naprawczej, zapewniającej wymaganą trwałość eksploatacyjną ustroju nośnego, dokonano przy wsparciu metodą symulacji numerycznej MES.

**Słowa kluczowe:** MES, naprawa, trwałość eksploatacyjna

### Abstract

The paper presents in a synthetic way the problems connected with the preparation and welding technology in the repair of lifting equipment superstructures.

For example, repairing the boom digger-excavator illustrate the effect of the method of repair superstructure of its service life. It has been shown that the repairs done improperly, without compliance with the principles set out in the relevant standard is only a temporary solution, which solves the problem for a short period of time after which another repair is required.

Develop appropriate technology repair, providing the required service life of the superstructure, made with the support of numerical simulation FEM.

**Keywords:** repairing, FEM, service life

## Wstęp

W wyniku wieloletniej eksploatacji spawanych ustrojów nośnych dźwignic, w których głównymi elementami nośnymi są blachownice, dźwigary blachownicowe i skrzynkowe, następuje w różnym nasileniu proces zmęczenia materiału konstrukcji. Zmęczenie może objawiać się trwałymi odkształceniami przekrojów dźwigarów oraz również lokalnymi pęknięciami zmęczeniowymi pasów i środników. Pęknięcia zmniejszają czynny przekrój tych elementów aż do wyczerpania się zapasu wytrzymałości i w efekcie dochodzi do zniszczenia

ustroju nośnego. Pociąga to za sobą konieczność wyłączenia maszyny z dalszej eksploatacji i poddania jej procesowi naprawczemu.

W praktyce spotyka się wykonywanie napraw ustrojów nośnych dźwignic bez należytego przygotowania procesu spawalniczego. W efekcie po kilku a najwyżej kilkunastu miesiącach eksploatacji problem naprawy powraca.

Systemowe rozwiązanie technologii naprawy ustrojów nośnych ma duże znaczenie, gdyż poprawnie wykonana naprawa, praktycznie w 100% przywraca pierwotną funkcję maszyny.

**Prof. dr hab. inż. Zbigniew Mirski; dr inż. Tomasz Wojdat** – Politechnika Wroclawska; **prof. dr inż. Kazimierz Banyś** – Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe, Wrocław; **mgr inż. Zbigniew Fałek** – Biuro Projektowo-Badawcze MIFA-Projekt Oława.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: zbigniew.mirski@pwr.edu.pl

## Wysięgnik ładowarko-koparki, charakter pracy, wymagania

Ładowarko-koparki zaliczane są do maszyn roboczych ciężkich. Wyposaża się je najczęściej w wymienny osprzęt do przenoszenia ładunków i do kopania. Te dwa układy robocze oraz możliwość zastosowania w każdym z nich dodatkowego osprzętu wymiennego powodują, że są to maszyny o bardzo wszechstronnym zastosowaniu. Pracują one w cyklu przerywanym, tzn. pomiędzy kolejnymi etapami pracy osprzętu roboczego, występują etapy pomocnicze, takie jak np. przeniesienie urobku, jego opróżnienie i powrót do pozycji pracy.

Czynności robocze ładowarko-koparek realizowane są za pomocą wysięgników napędzanych hydraulicznie. Wysięgniki projektuje się tak, aby miały małą masę a jednocześnie dużą wytrzymałość zmęczeniową. Ze względu na charakter pracy należą one do ustrojów nośnych w których najczęściej występuje zmęczenie materiałów nieobrobionych cieplnie. Proces ten objawia się lokalnymi pęknięciami pasów i środników lub złamaniem wysięgnika.

## Materiał wysięgnika i jego spawalność

Elementy składowe ustrojów nośnych wysięgników są wykonane najczęściej ze stali o podwyższonej wytrzymałości. Są to stale niestopowe, węglowo-manganowe ( $R_m > 510$  MPa). Charakteryzują się one strukturą ferrytyczno-perlityczną ze zwiększoną zawartością perlitu.

Polepszenie właściwości mechanicznych (wytrzymałości, plastyczności i udatności) tych stali następuje w wyniku umocnienia roztworu stałego poprzez oddziaływanie Mn i Si oraz rozdrobnienie ziaren w strukturze stali.

Najczęściej stosowanym gatunkiem materiału na ustroje nośne koparko-ładowarek jest stal S355K2G3 (wg PN-EN 10025-1:2007) o składzie chemicznym (dla  $g \leq 40$  mm) w % wag.: C < 0,2; Mn  $\leq$  1,60; Si  $\leq$  0,55; P  $\leq$  0,035; S = 0,035; reszta Fe [7]. Równoważnik węgla Ce, dla maksymalnych wartości poszczególnych składników, wynosi ok. 0,46%. Naprawiany wysięgnik ładowarko-koparki wykonany był ze stali St52-3 wg DIN 17100.

W zależności od warunków spawania, właściwości mechaniczne i technologiczne w SWC, ulegają znacznym zmianom w porównaniu z analogicznymi właściwościami materiału podstawowego. W wyniku cieplnego cyklu spawania oraz szybkiego chłodzenia spoiny i sąsiedniego obszaru w zakresie temperatury przemian austenitu, powstają struktury hartownicze z udziałem martenzytu. Zjawisko to sprzyja pojawianiu się pęknięć zimnych i kruchych struktur w tym obszarze [1].

Ograniczenie przemian strukturalnych w spoinie i jej sąsiedztwie osiąga się najczęściej poprzez zastosowanie odpowiedniej technologii spawania, a mianowicie [1]:

- podgrzewanie wstępne strefy złącza, szczególnie w obniżonej temperaturze spawania,
- wykonywanie spoin dużą energią liniową łuku,
- spawanie prostym cyklem spawalniczym.

Dla wyrobów charakteryzujących się niewielką grubością i dużą swobodą ruchów dylatacyjnych w czasie spawania, można zrezygnować z podgrzewania wstępnego i zastąpić je odpowiednio zwiększoną energią liniową łuku. Twardość złączy spawanych nieobrobionych cieplnie nie powinna przekraczać wartości 380 HV 10 [2].

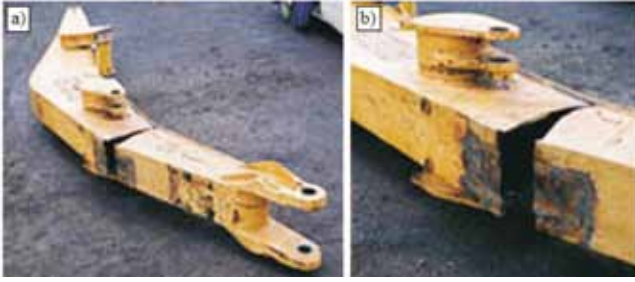
## Naprawa niepoprawna, popełnione błędy

W skrzynce wysięgnika ładowarko-koparki (LIE-BHERR 932) uwidoczniło się pęknięcie pasa górnego i przyległej strefy środnika. Grubość tych elementów wynosiła odpowiednio 12 i 10 mm.

Aby zahamować dalsze rozprzestrzenianie się pęknięcia, istniejące uszkodzenie zaspawano od zewnątrz (bez odpowiedniego przygotowania technologicznego) a następnie wzmocniono nakładką z blachy o grubości 10 mm. Blachę połączono z pasem wysięgnika, obwodową spoiną pachwinową o grubości  $a = 6-7$  mm. Złącze wykonano technologią ręcznego spawania elektrodami otulonymi, stosując elektrody rutyłowe typu ER1 46.

Po kilku miesiącach eksploatacji wysięgnik ładowarko-koparki uległ ponownej awarii, lecz tym razem nastąpiło złamanie w miejscu wykonywanej naprawy – w całości pozostał tylko odkształcony pas dolny (rys. 1). Złamanie wysięgnika nastąpiło w wyniku naprawy w sposób niewłaściwy, bez uwzględnienia wymagań PN-M/06515:1979 [6] oraz z zaniechaniem podstawowych zasad wykonywania tego typu czynności naprawczych. Główne przyczyny złamania wysięgnika po naprawie to:

- nie zdemontowanie wysięgnika z ładowarko-koparki w celu jego odpowiedniego przygotowania i dokonania naprawy w pozycjach niewymuszonych,
- nie oczyszczenie strefy złącza z korozji, zanieczyszczeń i pokryć ochronnych (na skorodowanej powierzchni po usunięciu nakładki znajdują się również resztki przepalanej farby - rys. 1b),
- brak wycięcia fragmentu pasa górnego o długości min. 80 mm, z każdej strony złamania (w celu wyeliminowania krzyżowania się spoin po naprawie środnika i pasa górnego),
- brak ukosowania pasów wysięgnika w strefie pęknięcia,
- nie zastosowanie podkładki do wykonania pełnego przetopu spoiny jednostronnej,
- nie wykonanie naprawy pękniętego środnika,
- zastosowanie nakładki ze stali o nieokreślonym gatunku.



**Rys. 1.** Złamany wysięgnik ładowarko-koparki LIEBHERR 932: widok ogólny wysięgnika (a) i szczegół strefy złamania (b)  
**Fig. 1.** Broken boom digger-excavators LIEBHERR 932: general view of the boom (a) and detail of the fracture zone (b)

## Naprawa kolejna, rozwiązanie konstrukcyjne, technologia spawania

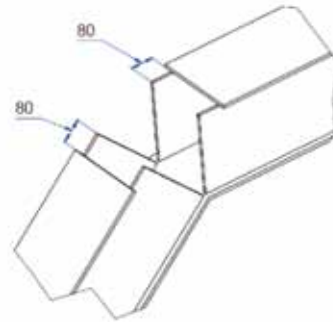
Złamany wysięgnik poddano ponownej naprawie, lecz na podstawie opracowanego procesu technologicznego i WPS. Spawanie przeprowadzono metodą MAG w osłonie mieszanki gazowej M21 (82% Ar, 18% CO<sub>2</sub>). Jako spoiwa użyto drutu SpG4S o średnicy 1,2 mm.

Technologia naprawy obejmowała następujące zalecenia:

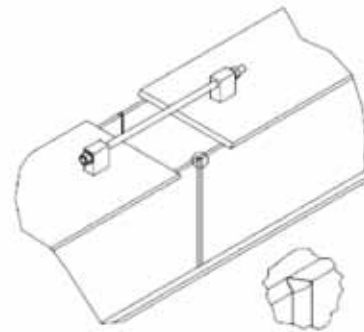
- 1) Wycięcie obustronnie fragmentu pasa górnego o wymiarze min. 80 mm wg rysunku 2.
- 2) Oczyszczenie obustronnie strefy złącza na szerokość min. 20 mm.
- 3) Ukosowanie środników.
- 4) Ukosowanie pasów górnych.
- 5) Doprowadzenie kształtu i położenia złamanego wysięgnika do stanu pierwotnego, za pomocą ściązacza wg rysunku 3.
- 6) Podgrzanie osuszające strefy złącza do temperatury 50 °C.
- 7) Wykonanie połączenia spawanego środników wysięgnika wg rysunku 3.
- 8) Usunięcie ściązacza.
- 9) Zeszlifowanie na płasko spoin technologicznych po usunięciu ściązacza.
- 10) Wykonanie rowków w graniach spoin środników (wycięcie spoin graniowych).
- 11) Podpawanie wyciętych rowków grani.
- 12) Przyspawanie spoinami szczelnymi podkładek ze stali S235J2G3 o wymiarach 20x3 mm, wg rysunku 4.
- 13) Wykonanie wstawki ze stali S355K2G3 o grubości 12 mm i szerokości równej szerokości wysięgnika w miejscu brakującego fragmentu pasa.
- 14) Wykonanie ukosowania wstawki.
- 15) Przyspawanie wstawki spoinami szczelnymi (rys. 5).
- 16) Przyspawanie punktowymi spoinami szczelnymi płytek dobiegowo-wybiegowych - wymiary płytek: 12x40x40 mm (rys. 5).
- 17) Wykonanie połączenia spawanego wstawki (rys. 5).
- 18) Odcięcie płytek dobiegowo-wybiegowych, oznakowanie stemplem identyfikacyjnym spawacza i przekazanie do dyspozycji KJ (kontroli jakości).
- 19) Oszlifowanie na płasko miejsc po odcięciu płytek

dobiegowo-wybiegowych.  
 20) Oznakowanie połączeń spawanych stemplem identyfikacyjnym spawacza.

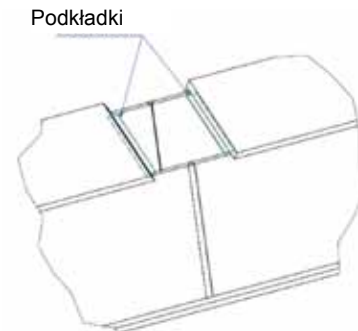
**Uwaga:** Na zastosowane elementy naprawcze i technologiczne wymagane są atesty materiałowe.



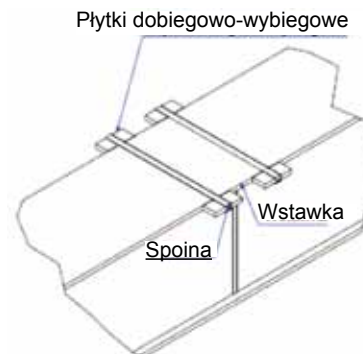
**Rys. 2.** Wycięcie fragmentów pasa górnego  
**Fig. 2.** Cut-out portions of the upper belt



**Rys. 3.** Ustalenie pierwotnego kształtu złamanego wysięgnika za pomocą ściązacza  
**Fig. 3.** Fixing the original shape of a broken boom using a puller



**Rys. 4.** Przyspawanie podkładek  
**Fig. 4.** Welding washers



**Rys. 5.** Przyspawanie wstawki z płytkami dobiegowo-wybiegowymi  
**Fig. 5.** Welding inserts with run-on and run-off plates

## Odbiór po naprawie i badaniach

Zadaniem kontroli jakości wysięgnika po naprawie było udokumentowanie zarówno samego procesu kontroli, jak też jego wyników.

Odbiór jakościowy wysięgnika wykonano na podstawie norm:

- 1) PN-EN ISO 5817:2009 [3] – badania wizualne VT (ang. Visual Test) w celu sklasyfikowania poziomu jakości połączeń spawanych - wymagany poziom jakości C.
- 2) PN-EN 1043-1:2000 [5] – pomiar twardości HV 10 w złączach płytek dobiegowo-wybiegowych, max. dopuszczalna twardość 380 HV 10. Wartość dopuszczalna nie została przekroczona.
- 3) PN-EN ISO 13920:2000 [4] – pomiary wymiarów liniowych i kątów oraz kształtów geometrycznych i położenia wysięgnika po naprawie – wymagane tolerancje wykonania:
  - wymiary liniowe i kąty wg klasy B,
  - prostoliniowość, płaskość i równoległość wg klasy F.

Odbiór jakościowy wysięgnika po naprawie potwierdzono stemplem identyfikacyjnym KJ.

Po odbiorze jakościowym wysięgnik pomalowano w kolorze ładowarko-koparki.

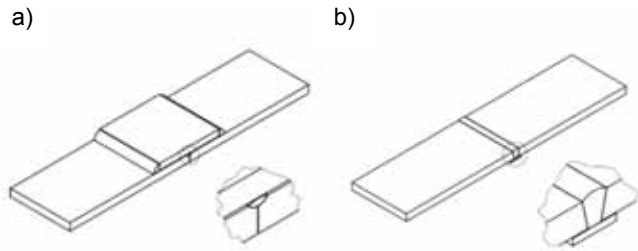
Na rysunku 6 przedstawiono ten sam wysięgnik po ponownej naprawie. Ładowarko-koparka pracowała z tym wysięgnikiem bezawaryjnie przez kolejne 5 lat, tj. do czasu wycofania jej z eksploatacji. W okresie eksploatacji nie stwierdzono objawów zmęczenia wysięgnika w obszarze wykonanej naprawy.



Rys. 6. Wysięgnik po naprawie  
Fig. 6. Boom after repair

## Rozkład naprężeń, odkształceń i współczynnika bezpieczeństwa na podstawie modelowania MES

W celu zobrazowania zachowania się wysięgnika podczas pracy po naprawie, dokonano symulacji numerycznej MES (metoda elementów skończonych), na modelach odpowiadających pierwszej i drugiej metodzie naprawczej, z pominięciem połączeń spawanych pasa ze środkami (rys. 7).



Rys. 7. Modele połączeń do analizy metodą MES: model z połączeniem nakładkowym – naprawa niepoprawna (a), model z połączeniem doczołowym – naprawa poprawna (b)

Fig. 7. Models of joints for analysis by FEM: a model with an overlay joint – incorrect repair (a) a model with a butt joint – correct repair (b)

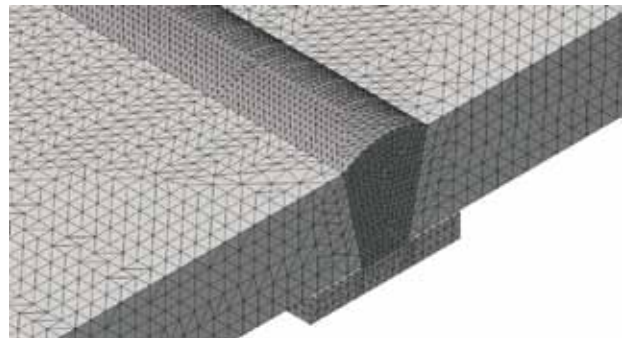
Parametry modeli:

- wymiary pasa – 200x100x12 mm,
- wymiary nakładki – 100x100x10 mm,
- gatunek materiału pasa i nakładki – stal S355J2G3,
- grubość obliczeniowa spoiny pachwinowej  $a=6$  mm,
- grubość obliczeniowa spoiny czołowej – 12 mm,
- obciążenie symulacyjne – 140 kN.

Szerokości pasów modeli i obciążenia dobrano tak, aby pod statycznym obciążeniem symulacyjnym, współczynnik bezpieczeństwa w spoinie czołowej wynosił ok. 2. Ponadto w założeniach przyjęto, że właściwości mechaniczne spoiny i strefy wpływu ciepła odpowiadają analogicznym właściwościom materiału rodzimego.

Modele poddano badaniom numerycznym, przy użyciu programu Autodesk Inventor Professional 2013, pod obciążeniem statycznym, symulującym siłę rozciągającą  $F = 140$  kN, przy zagęszczeniu siatki przedstawionej na rysunku 8.

Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 9÷13.



Rys. 8. Zagęszczenie siatki wszystkich połączeń do analizy MES  
Fig. 8. The density of the mesh all joints to be analyzed by FEM

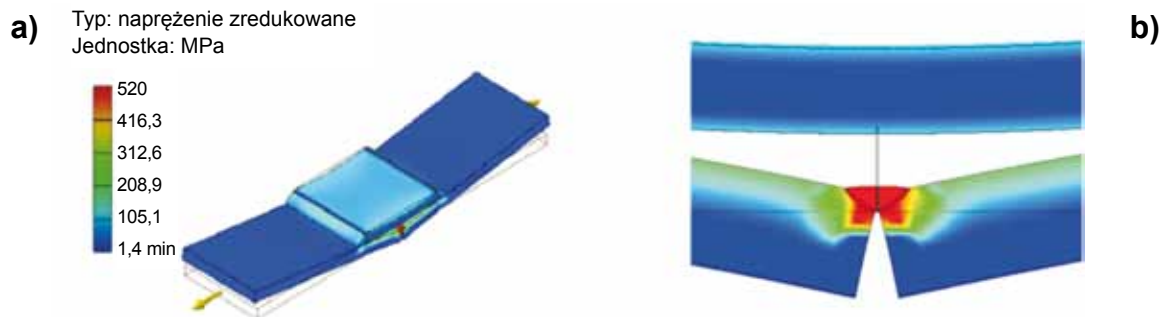
Po przyłożeniu siły symulacyjnej, rozkład naprężeń zredukowanych w modelu połączenia nakładkowego, przedstawiono na rysunku 9a. Wielkość naprężeń w pasach i nakładce jest mniejsza od wartości przyjętych w założeniach. Natomiast naprężenia powstałe w spoinie zespalażącej pas górny w miejscu pęknięcia, przekraczają wytrzymałość na rozciąganie zastosowanego materiału (rys. 8b). Tak duża koncentracja naprężeń w spoinie jest spowodowana nieodpowiednim przekrojem poprzecznym złącza oraz karbem stanowiącym brak pełnego przetopu w strefie pęknięcia.

Zjawisko to wynika z faktu, że naprężenia nie rozłożyły się równomiernie w złączu i nakładce. Naprężenia rozciągające w nakładce (porównywalne z naprężeniami występującymi w pasach – rys. 9a), spowodowały jedynie jej odkształcenie w zakresie naprężeń sprężystych.

Z analizy tego zjawiska wynika, że:

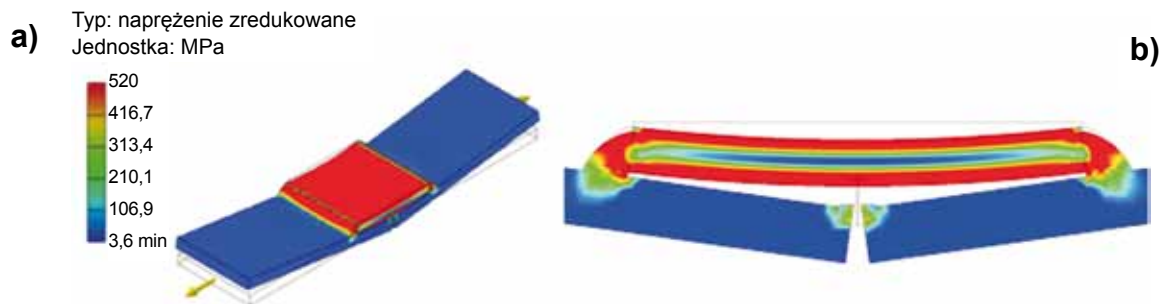
– do czasu gdy spoina zespalająca pęknięcie pasa

górnego przenosi obciążenia, zastosowana na niej nakładka nie spełnia oczekiwanego zadania – rozkład naprężeń w spoinach zespalających pęknięcie i mocujących nakładkę nie jest równomierny (rys. 9b), – ze względu na wielkość naprężeń, dopiero utrata spójności złącza w miejscu pękniętego pasa spowodowała, że nakładka przejęła funkcję dźwigara (rys. 10).



**Rys. 9.** Rozkład naprężeń zredukowanych w modelu połączenia nakładkowego: widok perspektywiczny z góry (a), umiejscowienie maks. naprężeń (b)

**Fig. 9.** Reduced stress distribution in the model of overlay joint: a top perspective view (a), the location of maximum stress (b)

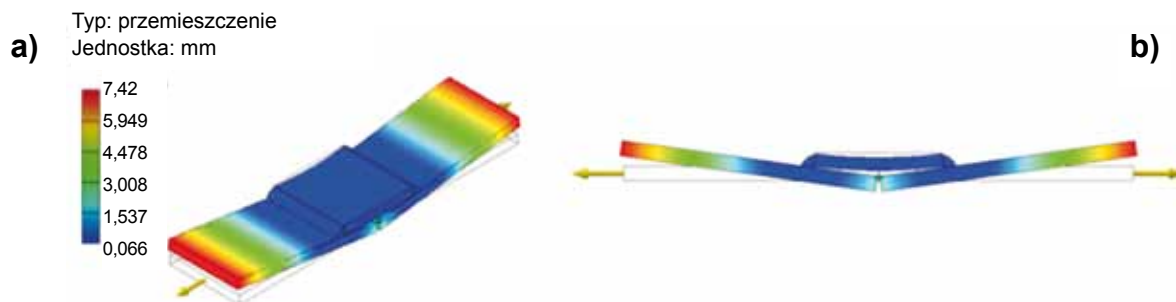


**Rys. 10.** Rozkład naprężeń zredukowanych w modelu połączenia nakładkowego po utracie spójności w spoinie eliminującej pęknięcie pasa górnego: widok perspektywiczny z góry (a), widok z boku (b)

**Fig. 10.** Reduced stress distribution in the model overlay joint after the loss of coherence in the weld crack eliminate the upper belt: a perspective view from the top (a), side view (b)

Po rozerwaniu spoiny zespalającej pęknięcie pasa górnego, naprężenia w pasie pozostały na stałym poziomie, natomiast na powierzchniach nakładki wystąpiło odkształcenie plastyczne (zginanie – strefa środkowa nakładki nie uległa odkształceniu plastycznemu), a w spoinach montażowych naprężenia ścinające przekroczyły wytrzymałość materiału, co w efekcie również doprowadziło do jego rozerwania.

Obciążony model połączenia nakładkowego, ulega także znacznej deformacji w wyniku asymetrycznego rozłożenia naprężeń, co również wpływa niekorzystnie na funkcję wykonanego złącza – deformacja sprzyja odrywaniu spoin montażowych nakładki od pasa (rys. 11). W warunkach rzeczywistych deformację eliminuje spoina łącząca pas górny ze środkiem.



**Rys. 11.** Rozkład przemieszczeń w modelu połączenia nakładkowego pod obciążeniem krytycznym, po utracie spójności w spoinie eliminującej pęknięcie pasa górnego: widok perspektywiczny z góry (a), widok z boku (b)

**Fig. 11.** The distribution of displacements in the model of overlay joint on critical load, the loss of coherence in the weld eliminates broken belt top: top perspective view of (a), side view (b)

Na rysunku 12 przedstawiono rozkład naprężeń w modelu połączenia doczołowego. Wygenerowany obraz modelu przedstawia stan, jakiego oczekuje się od poprawnie zaprojektowanego i wykonanego złącza. Świadczą o tym m.in.:

- równomierny rozkład naprężeń rozciągających,
- brak naprężeń ścinających,
- minimalna koncentracja naprężeń w strefach przejścia lica spoiny w materiał rodzimy,
- nieodkształcony model,
- naprężenia maks. nie przekraczają naprężeń dopuszczalnych,
- minimalny współczynnik bezpieczeństwa oscyluje w granicach wartości przyjętej w założeniach wstępnych.

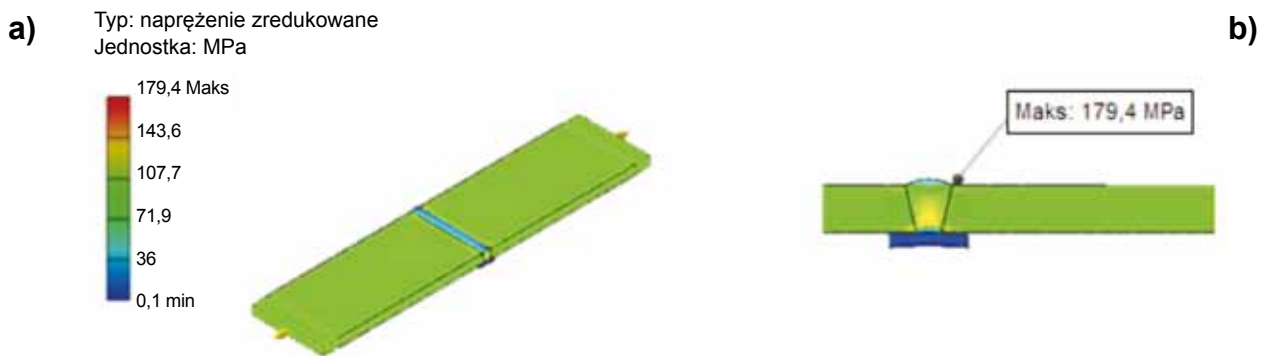
Rozkład wartości współczynnika bezpieczeństwa przedstawiono na rysunku 13. Jego minimalną wartość wynoszącą 1,98 zanotowano przy przejściu lica spoiny w materiał rodzimy (rys. 13b). Dlatego też przy

opracowywaniu technologii spawania, tak wielką wagę przywiązuje się do zabiegów technologicznych przy wykonywaniu tego typu złącza.

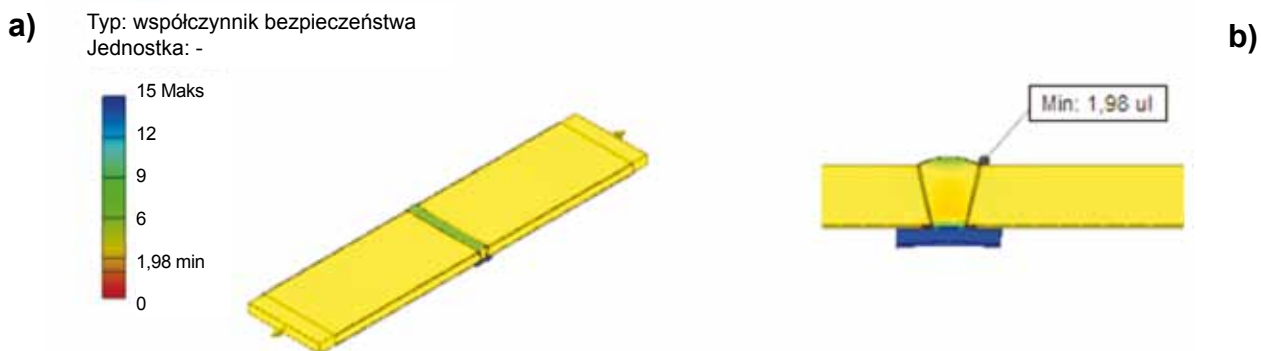
Pozytywne wyniki badań modelu z połączeniem spawanym doczołowo należy traktować tylko pogładowo. Wg założeń wstępnych, nie uwzględniają one bowiem rzeczywistych właściwości mechanicznych złącza.

Ciepło spawania powoduje przemiany w SWC i samej spoinie. Zmianie ulegają zarówno skład fazowy jak i parametry morfologiczne tych stref. Przemiany te wpływają na zmniejszenie właściwości mechanicznych złącza. Również niezgodności spawalnicze nie pozostają bez wpływu na te właściwości.

Po dokonaniu przeliczeń, zredukowany współczynnik bezpieczeństwa w złączu (w spoinie i strefie wpływu ciepła) podczas rozciągania przyjmie wartość 1,58. Uzyskane wyniki badań po dokonaniu przeliczeń, również potwierdzają poprawność zastosowanej technologii naprawy.



**Rys. 12.** Rozkład naprężeń zredukowanych w modelu z połączenia doczołowego: widok od strony lica (a), szczegół widoku od strony grani (b)  
**Fig. 12.** Reduced stress distribution in the model of butt joint: a view from the side face (a), detail view of the side of the root (b)



**Rys. 13.** Rozkład współczynnika bezpieczeństwa w modelu połączenia doczołowego: widok od strony lica (a), przekrój poprzeczny połączenia (b)  
**Fig. 13.** The safety factor distribution in the model of butt joint: a view from the side face (a), the cross-section of joint (b)

## Wnioski

Przedstawione wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Błędny dobór technologii naprawy ustrojów nośnych prowadzi w efekcie do wystąpienia w nich ponownych pęknięć a w skrajnych przypadkach do niebezpiecznych dla otoczenia awarii.
2. Naprężenia w ustrojach nośnych wywołane siłami roboczymi, nie rozkładają się proporcjonalnie na złącze pękniętego pasa i nakładkę.
3. Wykonane badania numeryczne (choć tylko o charakterze poglądowym) dyskwalifikują technologię naprawy ustrojów nośnych poprzez zastosowanie nakładek w miejscu występowania pęknięć.
4. Poprawnie wykonana naprawa ustrojów nośnych ze złączami doczołowymi, w 100% przywraca ich pierwotną funkcję.

## Literatura

- [1] Pilarczyk J. (red): Poradnik inżyniera. Spawalnictwo, tom 1 i 2, WNT Warszawa 2003, 2005.
- [2] www.e-spawalnik.pl.
- [3] PN-EN ISO 5817:2009 – Spawanie. Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
- [4] PN-EN ISO 13920:2000 – Tolerancje ogólne dotyczące konstrukcji spawanych. Wymiary liniowe i kąty. Kształt i położenie.
- [5] PN-EN 1043-1:2000 – Spawalnictwo. Badania niszczące metalowych złączy spawanych. Próba twardości. Próba twardości złączy spawanych łukowo.
- [6] PN-M-06515:1979 – Dźwignice. Ogólne zasady projektowania stalowych ustrojów nośnych.
- [7] PN-EN 10025-1:2007 – Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy.

## PRÓBA ŁAMANIA ZŁĄCZY SPAWANYCH ATLAS PRZEŁOMÓW JACEK SŁANIA      KRZYSZTOF JANISZEWSKI

Cena 1 egzemplarza książki:  
**Próba łamania złączy spawanych  
Atlas przełomów** wynosi:  
60 zł (w tym 5% VAT)

**W celu zamówienia książki  
w Redakcji należy wypełnić formularz  
zamieszczony obok i przesłać go  
w formie faksu, skanu lub listu na adres:**

**REDAKCJA – Przegląd Spawalnictwa AW SIMP**  
ul. Świętokrzyska 14a, 00-050 Warszawa  
tel.: 22 827 25 42, faks: 22 336 14 79  
e-mail: pspaw@ps.pl

**Wpłaty należy dokonać na rachunek bankowy:**  
Bank BPH S.A. Oddział w Warszawie  
**45 1060 0076 0000 3200 0043 1836**

**Zamawiam książkę:**

*Próba łamania złączy spawanych Atlas przełomów*  
**w Redakcji Przegląd Spawalnictwa w liczbie .... egz.**

Imię i nazwisko

Firma

Adres

NIP

Kontakt do osoby zamawiającej:

Oświadczam, że jestem podatnikiem VAT i upoważniam firmę do wystawienia faktury bez podpisu

\_\_\_\_\_ Podpis