



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała MIROSA

nt: „Wpływ napraw spawalniczych na właściwości eksploatacyjne elementów nośnych pojazdów ciężarowych”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Tomasz WĘGRZYN, prof. nzw. w Politechnice Śląskiej

Podstawa opracowania opinii: pismo Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej z dnia 27.05.2010 r.

1. Wybór problematyki

Eksploatacja pojazdów wywołuje degradację własności mechanicznych elementów nośnych i ich połączeń. Stąd do powszechnie wykorzystywanych technologii napraw należą metody spawalnicze. Złącze spawane znajduje się w złożonym i zmiennym stanie obciążenia. Od jakości technologicznej, metalurgicznej i konstrukcyjnej spoiny zależy nośność graniczna pojazdu i jego bezpieczeństwo bierne.

Jakość spoiny jest limitowana głównie relacją jej struktury z własnościami mechanicznymi tworzywa konstrukcyjnego. Relacje te są podstawą racjonalnego wyboru metody spawalniczej. Jest to główna intencja rozprawy zasługująca na jej wysoką wartość naukową i praktyczną.

Praca ma charakter doświadczalny i dotyczy napraw ram pojazdów ciężarowych metodami spawalniczymi. W rozprawie przeanalizowano możliwości napraw ram różnymi metodami spawalniczymi. Dobór metody spawania ma zasadniczy wpływ na udarność stopiwa i spoiny. Na udarność spoin ma wpływ skład chemiczny stopiwa. Poza takimi podstawowymi pierwiastkami stopowymi stali stosowanymi na ramy pojazdów jak węgiel, mangan, krzem, siarka, fosfor, nikiel, molibden, ważny jest udział azotu i tlenu, które mogą mieć zasadniczy wpływ na udarność spoin. W związku z tym, że stosowane procesy do napraw ram pojazdów ciężarowych są przeważnie niskoazotowe (poniżej 80 ppm N), w rozprawie postanowiono przeanalizować poznanie wpływu zawartości tlenu w połączeniach spawanych na właściwości eksploatacyjne naprawianych elementów nośnych ram pojazdów ciężarowych metodami spawalniczymi. Każda z zalecanych przez producentów

spawalniczych metod charakteryzuje się różną zawartością tlenu w stopiwie. Ma to związek z własnościami plastycznymi spawanej ramy pojazdu ciężarowego. Zależność ta jest w spawalnictwie mało rozpoznana, a w spawaniu ram pojazdów ciężarowych całkowicie nie stosowana.

Dotychczas stosowanym do wyboru metod spawalniczych kryterium jest głównie podział bazujący na zawartości wodoru w stopiwie elektrodowym. W świetle obecnego stanu wiedzy kryterium wodorowe jest niewystarczające.

Prezentowana rozprawa proponuje stosowanie metod spawalniczych w oparciu o kryterium tlenowe, które akcentuje priorytet wpływu zawartości tlenu na kruchość i plastyczność spoiny.

Jest to stosunkowo nowe podejście i nie jest dotychczas wykorzystywane w budowie i eksploatacji pojazdów.

W konsekwencji przedstawiono następujące cele pracy:

- 1) systematykę zalecanych do napraw oraz przebudów ram pojazdów ciężarowych metod spawania,
- 2) wybór właściwych metod spawalniczych do naprawy oraz przebudowy ram pojazdów ciężarowych gwarantujących otrzymanie połączenia o odpowiednich właściwościach eksploatacyjnych.

Konsekwentna realizacja celów została potwierdzona wynikami badań doświadczalnych udowadniając następujące tezy:

- 1) w ocenie przydatności różnych metod spawalniczych do napraw ram pojazdów ciężarowych celowe jest uwzględnienie kryterium zawartości tlenu w stopiwie,
- 2) naprawy i przebudowy wykonywane metodami spawalniczymi elementów nośnych pojazdów ciężarowych powinny być przeprowadzane z użyciem procesów niskotlenowych.

Uważam, że podjęta w rozprawie problematyka, tezy i cele pracy są naukowo aktualnym i trudnym zadaniem mechaniki i eksploatacji pojazdów. Mają przy tym duże znaczenie praktyczne. Wynika to na przykład z braku opartych na analizie naukowej instrukcji i wytycznych napraw ram pojazdów metodami spawalniczymi.

2. Ocena merytoryczna i formalna.

Rozprawa jest dość obszerna, zawiera 127 stron i składa się z części opisowej i badawczej, w których zamieszczono 89 rysunków i 15 tablic. Zamieszczona bibliografia

zawiera 133 pozycje, z czego większość stanowią aktualne publikacje zagraniczne, wydane po roku 2000.

Po wyczerpującym przedstawieniu przesłanek motywujących wybór tematyki badawczej doktorant formułuje cele i tezy pracy, których ocenę omówiono w punkcie poprzednim.

Praca została podzielona na trzynaście rozdziałów. W trzech ostatnich rozdziałach pokazano własne wyniki badań. Pierwsze dziewięć dotyczą opisu stanu zagadnienia i prezentację literatury.

Są one napisane miejscami rozwlekle i mało precyzyjnie. Dotyczy to głównie opisu stanu naprężeń i odkształceń w ramach.

Oryginalne, wartościowe naukowo wyniki badań doświadczalnych zawierają rozdziały: dziesiąty, jedenasty, dwunasty i trzynasty.

W rozdziale 10 pt. „*Program badań i jego uzasadnienie*” badania podzielone zostały na badania wstępne oraz zasadnicze.

Jako cel badań wstępnych obrano wyjaśnienie mechanizmów strukturalnych związanych z oddziaływaniem różnych ilości tlenu w złączu.

Celem badań zasadniczych było ustalenie wytrzymałości doraźnej, wytrzymałości zmęczeniowej oraz udarności złącz spawanych, charakteryzujących się różną zawartością tlenu oraz różnymi udziałami fazy – ferrytu drobnoziarnistego (ferrytu AF). Kolejnym celem badań zasadniczych było określenie wartości naprężeń w spawanej ramie pojazdu ciężarowego.

W rozdziale 11 pt. „*Wytypowanie metod badawczych*” wytypowano metody badawcze do rozwiązania poszczególnych problemów. Wytypowano również spawania objęte badaniami. Wybrane metody spawania uwzględniały metody zalecane przez producentów pojazdów ciężarowych do napraw oraz modyfikacji ram pojazdów. Metody te reprezentowały zarazem procesy o różnej zawartości tlenu w stopiwie (procesy średniotlenowe oraz wysokotlenowe).

W rozdziale 12 pt. „*Badania wstępne*” Autor opisał wyniki badań metalograficznych i składu chemicznego ujawnionego w stopiwach wtrąceń niemetalicznych. Ustalono zawartość tlenu w stopiwach. Przeanalizowano wielkości oraz skład chemiczny ujawnionych w stopiwach wtrąceń niemetalicznych. Określono udziały powierzchniowe, procentowe fazy-ferrytu drobnoziarnistego.

Na podstawie uzyskanych wyników wyprowadzono wzór wiążący ilość tlenu z wielkością najczęściej występujących wtrąceń niemetalicznych w stopiwie. Wyprowadzono

również wzór wiążący ilość tlenu z udziałami drobnoziarnistego ferrytu AF w strukturze metalograficznej stopiwa.

W rozdziale 13 pt. „*Badania zasadnicze*” Autor opisał wyniki badań o charakterze eksploatacyjnym. Przeanalizowano udarność złączy spawanych o różnych zawartościach tlenu. Dodatkowym punktem badań była analiza udarności złączy spawanych wstępnie odkształconych obciążeniami o różnych charakterach (statycznie i dynamicznie) oraz następnie wyprostowanych. Przeprowadzono badania wytrzymałości doraźnej stopiw oraz wytrzymałości zmęczeniowej.

W rozdziale tym przedstawiono również wyniki badań mających na celu określenie wartości naprężeń w spawanej ramie pojazdu ciężarowego w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

W części opisowej Autor przedstawił rozwiązania konstrukcyjne, warunki pracy oraz opis materiałów, z jakich wykonywane są ramy pojazdów ciężarowych. Opisane zostały metody spawalnicze zalecane przez producentów do spawania ram pojazdów ciężarowych. Metody te w świetle analizowanego w pracy doktorskiej kryterium tzw. tlenowego, reprezentowały procesy średiotlenowe oraz niskotlenowe. Jasno przedstawiono obszary wiedzy jeszcze niepoznane w analizowanym kryterium tlenowym. Z części literaturowej wynikało, że nieujednolicony jest pogląd na mechanizm przemiany związany z przemianą



podczas formowania się struktury metalograficznej złącza spawanego. Ustalenie mechanizmów związanych z przemianą żelaza gamma w ferryt drobnoziarnisty w analizowanym obszarze metod spawalniczych stało się celem badań wstępnych.

Uważam, że taka logika badań wynikająca ze studialnej części rozprawy zasługuje na wysoką ocenę naukową wniosków literaturowych.

Podstawową wartość naukową stanowią jednak wyniki zależności zawartości tlenu w spoiwie od średniej średnicy wtrąceń (wzór 4 str. 73) oraz związek tlenu z udziałem drobnoziarnistego ferrytu AF (wzór 5 str. 74).

Omawiane związki prowadzą do wniosków określających optymalną zawartość tlenu w stopiwie, która prowadzi do maksymalnej nośności granicznej połączenia spawanego.

Praca jest napisana i opracowana starannie. Zwraca tu uwagę kompleksowość analizy doświadczalnej i obliczeniowej.

3. Uwagi krytyczne

Pracę cechuje dobry poziom merytoryczny. Doktorant nie ustrzegł się jednak pewnych niedociągnięć:

- Została zachwiana równowaga objętościowa części literaturowej nad częścią prezentującą oryginalne wyniki badań.
- Słabością pracy jest brak pogłębionych wniosków odnośnie wpływu zawartości tlenu na własności mechaniczne spoiwa. Występują też nieprecyzyjne określenia rodzajów stanu naprężenia i odkształcenia w ramie.

Powyższe uwagi nie obniżają jednak mojej wysokiej oceny pracy i wynikają z braku doświadczenia publicystycznego Autora.

4. Wniosek końcowy

Mgr inż. Michał Miros wniósł oryginalne elementy do inżynierskiej mechaniki pojazdów. Wykazał to nową propozycją kryterium jakości spoiny wiążącej zawartość tlenu ze średnicą wtrąceń i udziałem drobnoziarnistego ferrytu AF.

Doktorant wykazał się również umiejętnością korzystania z programów numerycznych.

Jednocześnie wykonał dużo doświadczeń związanych z wyznaczeniem własności mechanicznych spoin.

Doktorant udokumentował dobrą wiedzę naukową i techniczną z zakresu mechaniki, konstrukcji i eksploatacji pojazdów.

Uwzględniając oryginalne wyniki doktoranta i możliwość ich wdrożeń uważam, że recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Mirosa do publicznej obrony.

Jan Piwnik