

Naprężenia termiczne w chłodnicach powietrza doładowanego powstające w procesie ich walidacji

Piotr Tutak

STRESZCZENIE

Niniejsza praca jest poświęcona badaniom nad poprawą wytrzymałości konstrukcji chłodnicy powietrza doładowanego na naprężenie cieplne powstające podczas testu cykli termicznych. Konstrukcja chłodnicy powietrza doładowanego będącej przedmiotem tej rozprawy doktorskiej została stworzona na podstawie standardowej koncepcji konstruowania tego typu wymienników ciepła dla tak ściśle określonej przez producenta przestrzeni w zabudowie auta. Jednak w tym przypadku osiągnęła ona znacząco większe gabaryty w porównaniu z innymi tego typu konstrukcjami, wymaganymi, aby uzyskać odpowiedni poziom wydajności cieplnej. Miało to znaczący wpływ na wzrost wartości sił i momentów działających na konstrukcję chłodnicy powietrza doładowanego. Spowodowało to wraz z bardziej wymagającymi pod względem wytrzymałościowym nowymi parametrami testu cykli termicznych, że tak skonstruowana chłodnica nie jest w stanie spełnić wymogów nowej specyfikacji testu i po wykonaniu 50 % wymaganej liczby cykli pękają jej rurki, z których następnie pojawia się przeciek przekraczający znacząco ustalony w specyfikacji limit. Wcześniejsze specyfikacje testu nie zakładały tak szybkiej zmiany temperatury powietrza przepływającego przez układ chłodnicy, jak również jej maksymalnej wartości jakie wymagała nowa specyfikacja testu, według której został wykonany niezaliczony test.

W celu rozwiązania problemu pękających rurek chłodnicy postanowiono opracować model komputerowy symulujący test cykli termicznych oraz wykonać równoległe badania doświadczalne dostarczające informacji o zachowaniu się rurek chłodnicy podczas testu. Opracowany model komputerowy chłodnicy powietrza doładowanego wskazał jako najbardziej obciążone miejsca konstrukcji skrajne rurki po stronie wlotowej króćca, co pokryło się z miejscami uszkodzeń w chłodnicy podczas rzeczywistych testów. Ze względu na przyjęte założenia w pierwszej symulacji o równomiernym rozkładzie temperatury w rurkach strony wlotowej chłodnicy, wyniki analizy wskazały największe naprężenia na wszystkich czterech skrajnych rurkach strony układu wlotowego. Dopiero dane pomiarowe z przeprowadzonych badań doświadczalnych pokazały rzeczywisty rozkład temperatury w rurkach na podstawie których zaktualizowano warunki brzegowe modelu komputerowego otrzymując w rezultacie poprawny wynik, wskazujący maksymalne naprężenia na skrajnych rurkach po stronie króćca wlotowego. Lokalizacje największych naprężeń wskazane przez symulację pokryły się z miejscami występowania pęknięć w chłodnicy podczas testu cykli termicznych, co potwierdza słuszność tak opracowanego modelu. Z kolei przeprowadzone badania doświadczalne umożliwiły nie tylko określenie wpływu danego parametru testu na odkształcenia rurek, ale także stworzyły pewien rodzaj bazy danych określającej zależność pomiędzy konstrukcją chłodnicy a konkretną specyfikacją testu cykli termicznych. W badaniach pokazano jak na poziom odkształcenia rurek chłodnicy wpływa dany parametr testu cykli termicznych.

Na podstawie wykonanych badań doświadczalnych i symulacji można ocenić wynik testu dla określonej specyfikacji testu cykli termicznych. Ostatecznie, szereg wykonanych symulacji, fizycznych testów i przeprowadzonych badań doświadczalnych uzupełnionych o dane pomiarowe z prototypowych samochodów pozwoliły nie wprowadzać żadnych zmian konstrukcyjnych w analizowanej chłodnicy powietrza doładowanego. Dla nowego czasu zmiany temperatury powietrza doładowanego 30 sekund chłodnica powietrza doładowanego przeszła pozytywnie 8 000 cykli testu i została zatwierdzona do produkcji seryjnej. Wykonana praca przyczyniła się również do rozwoju nowych koncepcji konstrukcji chłodnicy powietrza doładowanego poprawiających jej wytrzymałość na naprężenia cieplne.