

Tomasz Rochatka

Problemy budowy i eksploatacji współczesnych nadwozi izotermicznych i chłodniczych

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.465

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono opis konstrukcji nadwozi izotermicznych i chłodniczych, ich wrażliwość na uszkodzenia głównie mechaniczne oraz przykłady różnych typów uszkodzeń. Przedstawiając uszkodzenia nadwozi opisano mechanizm powstania, zobrazowano uszkodzenia za pomocą zdjęć termowizyjnych i omówiono konsekwencje tych uszkodzeń. Artykuł zawiera opis metod badania uszkodzeń nadwozi, przedstawiając zalety i wady metod badawczych. Wyniki badań mogą być podstawą do podjęcia decyzji o dalszej eksploatacji lub kwalifikacji do naprawy.

Słowa kluczowe: nadwozie izotermiczne i chłodnicze, uszkodzenie nadwozia, termowizja.

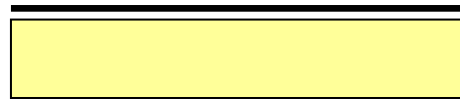
Wstęp

Transport artykułów żywnościowych – szczególnie żywności łatwopsujących się – ale również wyrobów farmaceutycznych, kosmetyków, wrażliwych na zmiany temperatury substancji chemicznych, dzieł sztuki i innych towarów specjalnych powinien być dokonywany za pomocą środków transportu umożliwiających kontrolowanie temperatury / temperatury i wilgotności wewnątrz przestrzeni ładunkowej. Aby zapewnić właściwy poziom i stabilność warunków temperaturowych (temperaturowych i wilgotnościowych) w przestrzeni ładunkowej stosuje się urządzenia chłodnicze, grzewcze, klimatyzacyjne. Aby minimalizować straty ciepła / chłodu nadwozia pojazdów przeznaczonych do transportów towarów wrażliwych na zmiany temperatur, powinny być wyposażone w osłony termiczne ograniczające do minimum wymianę ciepła między wnętrzem zabudowy chłodniczej (w której powinna panować temperatura wymagana do transportu towaru wrażliwego) a otoczeniem. Ilość oraz jakość izolacji ciepło / zimnochronnej nadwozi izotermicznych i chłodniczych odgrywa decydującą rolę w utrzymaniu wymaganych warunków temperaturowych (temperaturowo-wilgotnościowych) przez przewożony towar.

Narastająca konkurencja na rynku producentów nadwozi izotermicznych i chłodniczych wywiera presję na producentach aby konstrukcje zapewniały większą uniwersalność nadwozi, większą ładowność. W konstrukcji nadwozi coraz częściej stosuje się tworzywa sztuczne aby ograniczyć masę własną nadwozia, co przy niezmiennej dopuszczalnej masie całkowitej pojazdu oznacza wzrost ładowności nadwozi. Aby sprostać wymaganiom ograniczenia wymiany ciepła między wnętrzem nadwozia (o temperaturze odmiennej od otoczenia) a otoczeniem konstruuje się coraz bardziej skomplikowane nadwozia. Niestety konstruowanie coraz lżejszych nadwozi pociąga za sobą ograniczanie ilości stosowanych w budowie nadwozi tworzyw metalowych na rzecz tworzyw sztucznych, przez co nadwozie jako całość staje się coraz mniej sztywne a to rodzi kolejne problemy w obrębie drzwi szczególnie tylnych bardzo narażonych na obciążenia mechaniczne.

Wytrzymałość mechaniczna materiałów izolacyjnych stanowiącego główną barierę ograniczającą wymianę ciepła między wnętrzem i otoczeniem jest niska w porównaniu z tworzywami konstrukcyjnymi

stosowanymi do budowy nadwozi, ponadto materiał izolacyjny jest wrażliwy na wpływ środowiska – głównie wody – dlatego należy go chronić od czynników mogących pogorszyć własności izolacyjne. Podstawową metodą ochrony materiału izolacyjnego przed wpływem otoczenia jest stosowanie materiałów poszyciowych. Zadaniem poszycia jest zapobieganie przed wniknięciem wody, zanieczyszczeń lub promieniowania UV, do materiału izolacyjnego. Do budowy nadwozi stosuje się blachy stalowe lakierowane oraz coraz częściej tworzywa sztuczne – laminaty. Laminaty są lżejsze od stali i są bardziej odporne na czynniki korozyjne – sól (chlorek sodu), którą posypuje się drogi w okresie zimy w czasie opadów śniegu dla zwiększenia przyczepności opony z asfaltem. Typową konstrukcją panelu z którego buduje się nadwozia chłodnicze przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Panel izolacyjny stosowany do budowy izolacji ciepło / zimnochronnej nadwozi izotermicznych i chłodniczych (opis w tekście)

Jako rdzeń izolacyjny stosuje się poliuretan lub styrofoam (polistyren ekstrudowany). Przeciętna grubość rdzenia izolacyjnego w panelu to 40-60mm, choć są konstrukcje wymagające zastosowania 150mm rdzenia izolacyjnego – lodownie do transportu lodów i mrozonek w dystrybucji.

Blachy stalowe lakierowane stosowane na poszycia mają grubość 0,5-1,0mm natomiast grubość laminatu stosowanego do budowy nadwozi wynosi zwykle 1,5-2,5mm. Od strony technologicznej panele wytwarza się wtryskując ciekłe składniki pianki poliuretanowej w blaszane formy poszyc lub coraz częściej sklejając arkusze rdzenia izolacyjnego styrofoam'u (polistyren ekstrudowany) z laminatem na stole próżniowym. Gotowe panele cechują się dobrymi własnościami izolacyjnymi i zadowalającą wytrzymałością mechaniczną.

Pod pojęciem zadowalającej wytrzymałości mechanicznej należy rozumieć fakt, że panel jest w stanie przenosić obciążenie od ciężaru własnego, natomiast obciążenia skupione np. od zamontowanego na ścianie przedniej agregatu (750-950kg), zamontowanych wewnątrz płyt eutektycznych (do 80kg/szt) zamontowanych na ścianie tylnej i/lub bocznej skrzydła drzwi (75kg), nie mówiąc o nadwoziach służących do transportu półtuszy wieprzowych w których 25 ton towaru jest podczepiona do dachu, wymaga zastosowania wzmocnień konstrukcyjnych.

Poszycie konstrukcji panelowej nie jest również odporne na uszkodzenia mechaniczne. Każde drobne otarcie o rampę załadowniczą, dok załadowniczy, czasami nawet gałąź drzewa rosnącego zbyt blisko pasa drogowego a w porę nie usuniętego przez służby drogowe powoduje rozdarcie lub w najlepszym razie wgniecenie poszycia.

Kolejną poważną wadą łączenia ze sobą materiałów o różnych własnościach konstrukcyjnych (z których jest zbudowany panel

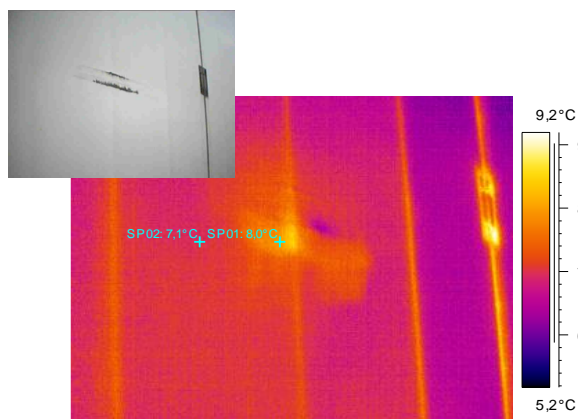
izolacyjny) jest konieczność zabezpieczenia krawędzi otworów. Zabezpieczenie: krawędzi skrzydła drzwi, krawędzi ramy drzwi, otworu do zamontowania agregatu typu monoblok, to miejsca o potencjalnie sprzecznych wymaganiach: dobrze zaizolowane w celu minimalizacji strat ciepła nie są wystarczająco wytrzymałe mechanicznie, dobrze wzmocnione mechanicznie generują duże straty ciepła. Przedstawione powyżej często sprzeczne wymagania między wytrzymałością mechaniczną a zapewnieniem minimalizacji strat ciepła są przyczyną intensywnych prac konstrukcyjnych producentów nadwozi izotermicznych i chłodniczych. Powstają nowe rozwiązania konstrukcyjne newralgicznych miejsc w nadwoziu, stosuje się nowe materiały, nowe elementy wykończeniowe.

Gdy wyprodukowane nadwozie trafia do rąk klientów pojawia się kolejna grupa problemów związana z eksploatacją. Nieumiejętne obchodzenie się z nadwoziami lub narzędziami transportu jednostek paletowych – wózkami paletowymi skutkują wystąpieniem wcześniej czy później uszkodzeniami nadwozia.

1. Uszkodzenia mechaniczne nadwozi izotermicznych i chłodniczych

Generalnie uszkodzenia mechaniczne można podzielić na uszkodzenia powierzchni poszycia bez przzerwania poszycia oraz uszkodzenia nadwozia z przzerwaniem poszycia [1]. Kolejna grupa uszkodzeń to uszkodzenia krawędzi często skrzydeł drzwi ale również krawędzi nadwozia szczególnie po stronie zewnętrznej. Wśród uszkodzeń nadwozia występują również uszkodzenia łączników – nitów i śrub, uszkodzenia uszczelnień skrzydeł drzwi. W eksploatowanych nadwoziach izotermicznych i chłodniczych występuje jeszcze jedna grupa uszkodzeń – niefachowo wykonane naprawy przez różne osoby lub firmy.

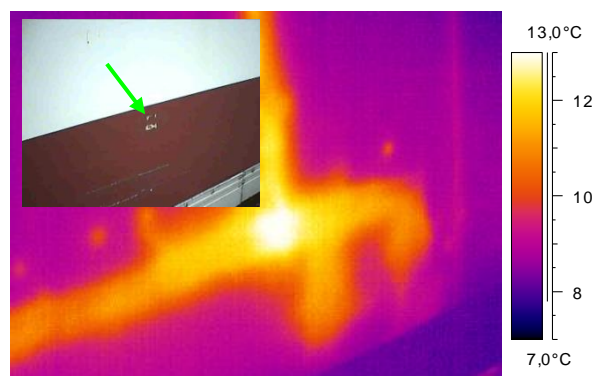
Uszkodzenie bez przzerwania poszycia cechuje się zachowaniem ciągłości bariery zabezpieczającej materiał izolacyjny przed wnikaniem wody. Uszkodzenie bez przzerwania poszycia to generalnie drobne otarcia które w większości przypadków nie wpływa znacząco na wzrost strat ciepła przez uszkodzone miejsce. Ze względu na pęknięcie laminatów pod wpływem siły zewnętrznej, uszkodzenia bez przzerwania poszycia występują częściej w nadwoziach z poszyciami metalowymi. Gdy uszkodzenie jest znaczne, ale nie nastąpiło jeszcze przzerwania bariery dla wody, występuje również uszkodzenie struktury materiału izolacyjnego a to pociąga za sobą redukcję grubości materiału izolacyjnego i wzrost lokalnego współczynnika przenikania ciepła K [W/m^2K] (w budownictwie U [W/m^2K]). Obraz uszkodzenia bez przzerwania poszycia zarejestrowany kamerą termowizyjną przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Uszkodzenie bez przzerwania poszycia

Dla materiału izolacyjnego zdecydowanie gorszą jest sytuacja, gdy nastąpi przzerwanie poszycia. Gdy bariera chroniąca materiał

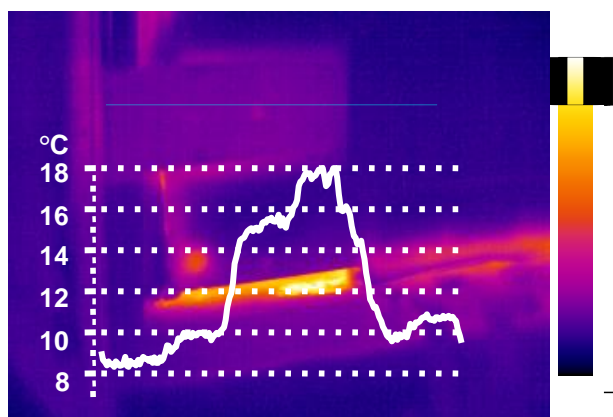
izolacyjny przed wnikaniem wody przestaje pełnić swoją funkcję z czasem można zaobserwować powiększanie się miejsca o gorszych właściwościach izolacyjnych i przez to wzrost strat ciepła w miejscu uszkodzenia. Przyczyną powiększania się miejsca o gorszych właściwościach izolacyjnych jest woda, której obecność w materiale izolacyjnym powiększa współczynnik przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego. Jednak w przypadku uszkodzenia poszycia obserwujemy reakcję łańcuchową: miejsce o gorszej izolacji związanej z uszkodzeniem powoduje większy strumień ciepła przenikający przez uszkodzony fragment, jeżeli uszkodzenie znajduje się po stronie cieplejszej przegrody (na zewnątrz nadwozia gdzie temperatura otoczenia jest wyższa niż wewnątrz w trakcie przewozu towaru schłodzonego lub zamrożonego), obserwuje się wykraplanie się wilgoci i dostarczanie nowych porcji wody do materiału izolacyjnego powodując powiększanie się strefy o pogorszonych właściwościach izolacyjnych. Dodatkowo cykliczne zamrażanie i rozmrażanie wody w materiale izolacyjnym związane z transportami różnych towarów w różnych temperaturach dodatkowo pogarszają właściwości izolacyjne nadwozia wpływając na wzrost strat ciepła / chłodu przez przegrody nadwozia [2]. Na rys. 3 przedstawiono niestabilne uszkodzenia. Porównanie wielkości uszkodzenia obserwowanego w świetle widzialnym i w podczerwieni (wielokrotnie większym od uszkodzenia obserwowanego w świetle widzialnym) pozwala wnioskować o charakterze dynamicznym procesu destrukcji materiału izolacyjnego pod wpływem wody.



Rys. 3. Uszkodzenie z przzerwaniem poszycia, widoczny efekt powiększania się obszaru o gorszych właściwościach izolacyjnych w stosunku do obszaru uszkodzenia poszycia

Drzwi tylne jako elementy ruchome są szczególnie narażone na uszkodzenia mechaniczne. Źródłem problemu jest przygotowanie do procesu załadunku lub wyładunku nadwozia. Kierowca przed podjechaniem pod rampę lub dok załadowczą/czy musi otworzyć drzwi tylne o kąt 270° , w tej pozycji zabezpieczyć przed samoczynnym zamknięciem i dopiero wtedy nadwozie może podjechać do rampy lub doku w celu załadunku / wyładunku towaru. Otwarte drzwi są narażone na uszkodzenie, zahaczenie o różne osłony ramp czy doków, a ponieważ same krawędzie skrzydeł drzwi ze względu na ograniczenie strat ciepła są coraz mniej odporne na uszkodzenia mechaniczne to uszkodzenia w tej części nadwozia są częste. Dodatkowo skrzydła drzwi w czasie jazdy są jednymi z bardziej obciążonych dynamicznie elementów nadwozia. Przednia część nadwozia złożona z połączonych na stałe ścian, dachu i podłogi wykazuje sztywność, ale część tylna nadwozia jest wyposażona w drzwi tylne dwuskrzydłowe zajmujące całą tylną ścianę nadwozia, przez co ta część nie ma stałego usztywnienia i krawędzie drzwi uderzają przez uszczelnienie o ramę drzwi powodując mikropęknięcia i rozwarstwienie się panelu z którego zbudowane jest skrzydło drzwi.

W obrębie drzwi tylnych występuje jeszcze jeden czynnik pogarszający właściwości izolacyjne nadwozia – uszczelnienia. Aby można było otwierać drzwi między ramą a skrzydłem musi być niezbędny luz ok. 10-15mm ale z punktu wymiany ciepła luz ten stanowi drogę przenikania powietrza, które niesie ciepło i wilgoć. Aby zminimalizować wymianę powietrza w obrębie drzwi i umożliwić zachowanie niezbędnych luzów do otwarcia drzwi stosuje się uszczelnienia. Współpracujące ciemne elementy nadwozia – uszczelnienie skrzydeł drzwi – rama drzwi w obecności zanieczyszczeń np. piasku skutkują wycieraniem się uszczelnienia, które musi być wymieniane, aby spełniało swoje zadanie. Jeżeli nie jest systematycznie konserwowane i wymieniane a do tego pojawiający się luz na mocowaniu zawiasów nie zostanie w porę usunięty doprowadzając do obwieszenia się skrzydeł drzwi, luz skrzydła drzwi – rama w dolnej części drzwi stanie się zbyt mały dla zamontowanej uszczelki i uszczelka zostanie uszkodzona lub wyrwana. Rys. 4. przedstawia zdjęcie termowizyjne uszkodzonej uszczelki.

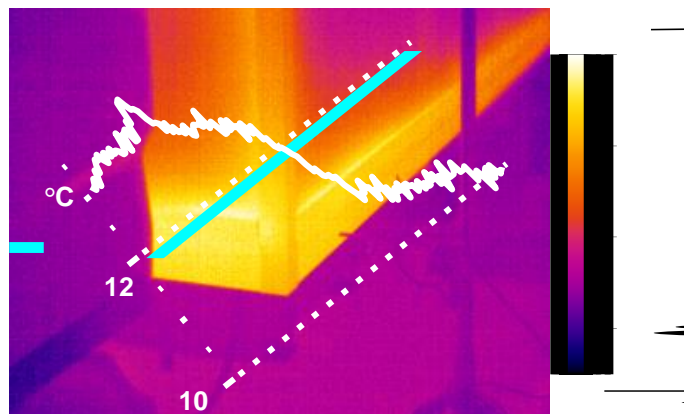


Rys. 4. Zdjęcie uszkodzonej uszczelki

Uszkodzenia lub poluznienia łączników – nitów i śrub – występują jako skutki obciążeń dynamicznych poruszającego się po drogach nadwozia. Warunkiem pełnienia funkcji ochronnej materiału izolacyjnego przez poszycie jest ciągłość poszycia. Ale nadwozie składa się ze ścian, dachu oraz podłogi i te elementy muszą być ze sobą połączone – ze względu na redukcję mas nadwozia – najczęściej klejone. Łączenia elementów konstrukcyjnych osłania się listwami narożnymi, które mocuje się do poszyci elementów nadwozia za pomocą nitów zrywalnych. Elementy wywierające znaczne obciążenie punktowe (zawieszenie agregatów, zawieszenie skrzydeł drzwi i systemu zamknięć, mocowanie listew drugiej podłogi) jest realizowane za pomocą śrub. Zarówno nity jak i śruby do poprawnego zamocowania wymagają przerwania ciągłości poszycia (wykonania otworu). Do puki łączniki przylegają do poszycia i są szczelne wilgoć nie ma możliwości wniknięcia w głąb materiału izolacyjnego. Jednak pod wpływem drgań nadwozia poruszającego się po drogach następuje poluznienie otworów montażowych nitów i śrub a dzięki temu otwiera się droga do wnikania wody w głąb materiału izolacyjnego i rozpoczyna się proces pogarszania się właściwości izolacyjnych pod wpływem wilgoci.

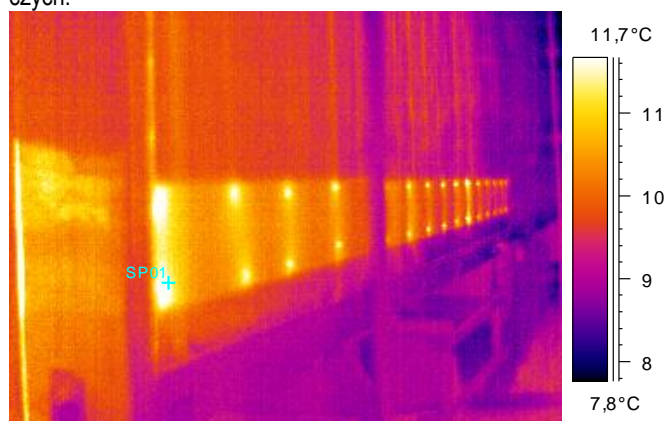
Konsekwencją złego dobrania nadwozia do wymagań przewożonego ładunku przedstawia kolejne zdjęcie termowizyjne (rys. 5). Nadwozie wykonane w wersji standard służyło do realizacji transportów ryb w stanie świeżym. Generalnie owoce morza w stanie świeżym powinno się transportować w temp. ok. 0°C przesypane lodem. Lód w czasie transportu topnieje i wylewa się na podłogę nadwozia. Gdy uszczelnienie podłogi nie jest zrealizowane w oparciu o tzw. wannę tylko listwy przypodłogowe zamontowane na silikon (jak to ma miejsce w nadwoziu standard) to jest kwestią czasu (1/2 roku do roku eksploatacji), kiedy silikon przestanie pełnić swoją

funkcję i woda z topniejącego lodu przedostanie się do materiału izolacyjnego. Na rys. 5 przedstawiono obraz termowizyjny standardowej podłogi bez specjalnych uszczelnień, dostosowujących nadwozie do specjalnych transportów po dwóch latach eksploatacji.



Rys. 5. Standardowa podłoga po dwóch latach transportu ryb w lodzie.

Nadwozie chłodnicze to skomplikowany obiekt i aby pełnił przez lata swoje funkcje (magazynowanie towarów w wymaganej temperaturze i przemieszczanie na różnych etapach podróży od producenta do konsumenta) należy zapewnić konserwację na odpowiednim poziomie. W trakcie eksploatacji w ciągu roku nadwozie może przejechać 100-200 tys. km. W tym czasie mogą się zdarzyć uszkodzenia które na bieżąco powinny być usuwane. Gdy uszkodzeniu podlegają części mechaniczne często firmy transportowe mają swoje zaplecze techniczne, zdolne do wykonania drobnych napraw. Ale uszkodzeniom podlega również nadwozie, gdy następuje uszkodzenie poszycia lub izolacji cieplnej nadwozia – obiektu technicznie skomplikowanego – naprawa nawet drobnych uszkodzeń może sporo kosztować. Stąd u wielu właścicieli rodzi się myśl, aby we własnym zakresie naprawić uszkodzenie. Niestety naprawy często są wykonane przez ludzi lub firmy przypadkowe, bez odpowiedniej wiedzy, umiejętności, zaplecza technicznego, które z punktu widzenia wymiany ciepła nie redukują strat ciepła przez uszkodzone miejsca nadwozia a wręcz powiększają strumień ciepła przez źle wykonaną naprawę. Rys. 6, rys. 7. i rys. 8 przedstawiają skutki „napraw” różnych uszkodzeń nadwozi izotermicznych i chłodniczych.

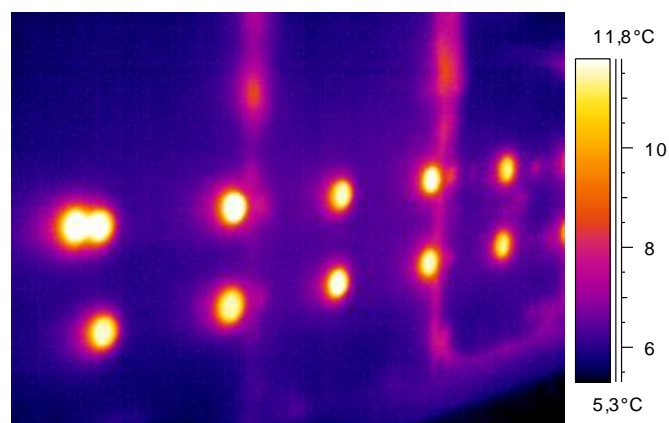


Rys. 6. Skutki „naprawy” uszkodzenia poszycia

2. Metody badania stanu izolacji nadwozia

Wymiana ciepła przez przegrody to skomplikowany proces i pomiar do łatwych nie należy. Do badań wymiany ciepła stosuje się metody jakościowe i ilościowe. Do metod jakościowych można zaliczyć pomiary za pomocą termometrów stykowych, kamerą

termowizyjną, metod ilościowych można zaliczyć pomiary przetwor-
nikiem gęstości strumienia ciepła oraz wyznaczanie globalnego



Rys. 7. Skutki „naprawy” uszkodzeń listew cokołowych



Rys. 8. Skutki „naprawy” uszkodzeń krawędzi drzwi współczynnika
przenikania ciepła nadwozia - test ATP.

Wymiana ciepła to proces, który można łatwo zakłócić a uzy-
skane wtedy wyniki są mało wiarygodne. Temperatura, prędkość
wiatru, natężenie promieniowania słonecznego, wypromieniowanie
energii cieplnej przez czysty nieboskłon to czynniki, które skutecznie
utrudniają wykonanie wiarygodnych pomiarów na otwartej prze-
strzeni. Ww czynniki dużo łatwiej wyeliminować w wydzielonej
przestrzeni zamkniętej dzięki czemu można stabilizować temperatu-
rę, wilgotność i prędkość powietrza w otoczeniu badanego nadwo-
zia a zakłócenia od pochłoniętego promieniowania słonecznego lub
wypromieniowania energii cieplnej do nieboskłonu zostają wyelimi-
nowane.

Warunkiem koniecznym przepływu ciepła z jednego ośrodka do
drugiego jest występowanie różnicy temperatur. Gdy obciążymy
cieplnie nadwozie chłodnicze różnicą temperatur, ciepło od ośrodka
cieplejszego zacznie wnikać do ściany warstwowej, z której jest
zbudowane nadwozie, następnie drogą przewodzenia przenikać
przez kolejne warstwy materiałów ściany aby następnie drogą
przejmowania zostało oddane do ośrodka o niższej temperaturze.
Przeważnie dla nadwozia izotermicznego i chłodniczego układ
temperaturowy jest taki, że wewnątrz nadwozia jest chłodniej a na
zewnątrz cieplej czyli ciepło wnika do wnętrza nadwozia przez
ściany, dach i podłogę nadwozia.

Miejsca uszkodzeń nadwozi na skutek pogorszenia własności
izolacyjnych gorzej chronią przed wymianą ciepła i wzrasta lokalnie
strumienia ciepła przenikający przez uszkodzone miejsce. Ten wzrost
strumienia ciepła skutkuje wzrostem temperatury powierzchni po
stronie zimnej przegrody (spadkiem temperatury powierzchni po
stronie cieplej przegrody). Za pomocą termometru stykowego moż-

na zmierzyć temperaturę w miejscu uszkodzenia i w większej odle-
głości od uszkodzenia, wykreślając profil temperatury można wnio-
skować o rozmiarach uszkodzonego obszaru. Jest to metoda
żmudna, wymagająca skrupulatności i nadaje się raczej do wstę-
pnych badań.

Dużo wygodniejszą w użyciu do pomiarów jakościowych jest
kamera termowizyjna, która w kilka chwil pozwala objąć całą ścianę
i ocenić, gdzie występują problemy z własnościami izolacyjnymi
związanymi z uszkodzeniami nadwozia chłodniczego. Niestety
kamera termowizyjna jako narzędzie jest trudna w obsłudze i wy-
maga od operatora dużej ilości ćwiczeń i doświadczenia, zanim z
metody jakościowej przejdzie się do wyników ilościowych. Niestety
będą to tylko wyniki ilościowe pomiaru temperatury a nie ilości
ciepła przenikającego przez nadwozie lub miejsce uszkodzenia.

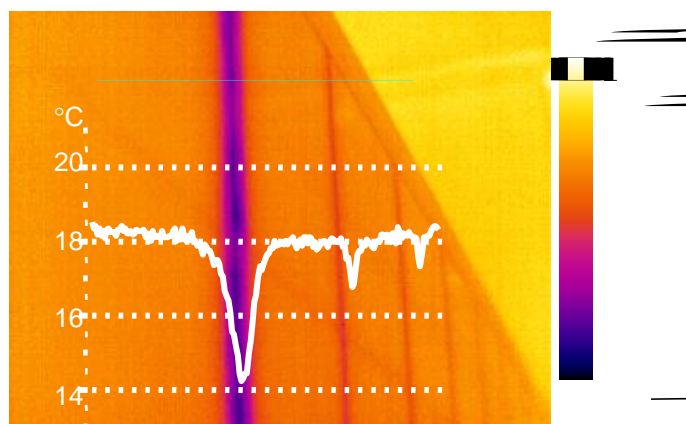
Ocena ilościowa strumienia ciepła przenikającego przez nad-
wozie lub jej fragment wymaga zastosowania miernika i czujników
gęstości strumienia ciepła lub hali wyposażonej w urządzenia zdol-
ne do kontrolowania temperatur i mocy grzewczych oraz chłodni-
czych w czasie wyznaczania strat ciepła nadwozia chłodniczego.
Zastosowanie czujników gęstości strumienia ciepła umożliwia po-
miar strumienia ciepła przejmowany przez obszar obejmowany
przez czujnik. Generalnie czujnik gęstości strumienia ciepła uśred-
nia strumień ciepła na obszarze obejmowanym przez jeden czujnik
stąd zastosowanie czujników gęstości ciepła do pomiarów w obrę-
bie obszarów uszkodzeń, gdzie występują gradienty strumienia
ciepła mijają się z celem. Czujniki gęstości strumienia ciepła sprawd-
zają się na obszarach o jednorodnym strumieniu ciepła, a więc w
miejscach bez uszkodzeń przegrody termicznej. Z kolei wyznacza-
nie globalnego współczynnika przenikania ciepła nadwozia chłodni-
czego (test ATP) ocenia własności izolacyjne nadwozia jako całości
a nie poszczególnych fragmentów – obszarów uszkodzeń. Są co
prawda metody polegające na wyizolowaniu fragmentów nadwozia
za pomocą skrzynki grzewczej i wyznaczaniu strat ciepła w obrębie
obszaru obejmowanego przez skrzynkę grzewczą, ale zastosowa-
nie samej skrzynki grzewczej napotyka na problemy – inna skrzynka
grzewcza na powierzchni płaskiej, inna skrzynka grzewcza na
łączenia płyt czy inne uszkodzone fragmenty nadwozia np. narożni-
ki. Dodatkowo w miejscu przylegania skrzynki do ściany z badanym
uszkodzeniem nie mogą występować nierówności, np. listwy przy-
podłogowe, listwy naścienne do mocowania ładunku, system zawie-
si hakowych do transportu półtuszy wieprzowych w pozycji wiszącej
itp.

Na Politechnice Poznańskiej od kilku lat trwają prace nad opra-
cowaniem metody oceny stanu izolacji lub oceny uszkodzenia
izolacji na podstawie wyników pomiarów zapisanych w postaci
zdjęcia termowizyjnego [3]. Zaletą metody wyznaczania strat ciepła
w obrębie uszkodzenia nadwozia na podstawie zdjęcia termowizyj-
nego jest monitorowanie strat ciepła obszarów nieregularnych z
gradientami strumienia ciepła. Rozdzielczość optyczna kamery
termowizyjnej pozwala na ocenę na poszczególnych pikselach
obrazu co przy odległości obserwacji 1m pozwala wyznaczać stru-
mienie ciepła na obszarach o rozmiarach pojedynczych milimetrów.
Czujniki gęstości strumienia ciepła mają zazwyczaj średnicę kilku-
dziesiąt do kilkuset milimetrów i nie nadają się do pomiarów
strumienia ciepła przez mały obszar. Z kolei duże uszkodzenia np. o
pow. 2-3 m² są zbyt duże aby obszar uszkodzenia pokryć dziesiąt-
kami lub setkami czujników gęstości strumienia ciepła. Kamera
termowizyjna ma tę zaletę, że można zredukować dystans między
obiektywem kamery a badanym obszarem o niewielkich rozmiarach
lub zwiększyć dystans gdy uszkodzony obszar jest duży aby w
całości zmieścił się w obiektywie kamery.

Naprawa uszkodzonych nadwozi izotermicznych i chłodniczych
nie jest łatwa. Firma naprawiająca nadwozia musi zatrudniać prze-

szkolonych pracowników, rozumiejących problemy wymiany ciepła, umieć wykorzystywać materiały do budowy nadwozi izotermicznych i chłodniczych, dysponować technologią produkcji i organizacją pracy zdolną do zbudowania nowego nadwozia.

Nie zawsze występuje uszkodzenie o rozmiarach szkody całkowitej i konieczności budowy nadwozia od podstaw. Jednak jeżeli się wstawia fragment ściany bocznej lub drzwi należy wykonać ten fragment tak samo lub prawie tak samo jak nadwozie wyprodukowane w fabryce i wykorzystać te same lub porównywalne jakościowo materiały do wykonania naprawy. Przykład naprawy fragmentu nadwozia przedstawia rys. 9. Lewa część ściany przedstawia stary fragment nadwozia a prawa część naprawiany fragment nadwozia. Oba obszary mają porównywalną temperaturę powierzchni. Najtrudniejszym fragmentem naprawy jest łączenie nowego fragmentu ściany ze starym. Na rys. widać obniżenie temperatury (ciemniejsze barwy na skali temperatur oznaczają niższą temperaturę powierzchni) czyli wzrost strat ciepła w obrębie łączenia naprawianego obszaru ze starą częścią nadwozia.



Rys. 9. Poprawnie wykonana naprawa ściany bocznej

Na podstawie wyników pomiarów właściciel lub użytkownik może podjąć decyzję o dalszej eksploatacji lub zakwalifikowania nadwozia do naprawy wskazując obszar, który powinien podlegać naprawie. Te same narzędzia pomiarowe, które służyły do identyfikacji uszkodzenia mogą posłużyć do oceny skuteczności naprawy. Jeżeli naprawa powinna przywrócić określoną cechę urządzenia (w rozpatrywanym przypadku właściwości izolacyjne nadwozia) to za pomocą narzędzi pomiarowych można ocenić stopień przywrócenia cechy podlegającej naprawie.

3. Konsekwencje braku naprawy nadwozi izotermicznych i chłodniczych

Skoro naprawy uszkodzeń nadwozi chłodniczych nie należą do łatwych a przez to tanich, rodzi się pytanie czy naprawiać uszkodzenia. Odpowiedź na to pytanie jest tylko jedna tak i to jak najszybciej po wystąpieniu uszkodzenia ale fachowo. Brak fachowo wykonanej naprawy nadwozia powoduje powiększanie strat ciepła związanego z wnikaniem wody do materiału izolacyjnego, a to powoduje wzrost kosztów paliwa potrzebnego do zasilania silnika spalinowego pracującego agregatu i wzrost wyemitowanego do środowiska dwutlenku węgla CO₂ oraz NO_x. Częstsza praca agregatu chłodniczego w uszkodzonym nadwoziu wymusza częstsze prace serwisowe powodując wzrost kosztów utrzymania nadwozia. Natura działania agregatu chłodniczego - parownika - wykrapla się wilgoć z powietrza w przestrzeni ładunkowej a ta jest uzupełniania kosztem wody zawartej w przewożonych produktach spożywczych -

powstaje ususzka której konsekwencją jest pogorszenie jakości przewożonego produktu spożywczego.

Brak naprawy widocznego uszkodzenia w nadwozia chłodniczego oprócz względów ekonomicznych i estetycznych ma jeszcze jeden ważny aspekt, a mianowicie praktycznie gwarantowaną odmowę wypłacenia odszkodowania w przypadku zgłoszenia szkody na przewożonym ładunku. Znane są przypadki, gdy firmy ubezpieczeniowe nie wypłacają odszkodowania w sytuacji gdy znajdują uszkodzenia lub wgniecenia na nadwoziu w którym z jakiegoś powodu nastąpiło uszkodzenie ładunku chłodniczego tłumacząc się, że uszkodzenie izolacji nadwozia spowodowało straty a właściciel / użytkownik nie „... nie wykazał się dokonaniem wszelkiej staranności aby zminimalizować ryzyko uszkodzenia towaru ...”. Niestety klient – użytkownik nadwozia – firmy ubezpieczeniowej ma niewielkie szanse dochodzenia swoich praw a jeżeli się decyduje na drogę sądową to musi się liczyć z kosztami i długim czasem dochodzenia swoich praw.

Wnioski

Nadwozie chłodnicze to skomplikowany technicznie obiekt który jest wrażliwy na uszkodzenia. Jeżeli wystąpią uszkodzenia mechaniczne, to oprócz wystąpienia skutków natychmiastowych – pogorszenia własności izolacyjnych w miejscu uszkodzenia – występują skutki długofalowe związane z wnikaniem wody i zawilgoceniem materiału izolacyjnego powodujące wielokrotnie większe straty ciepła niż początkowe uszkodzenie. Uszkodzone nadwozie mimo dużych kosztów napraw powinno być jak najszybciej i fachowo naprawione aby nie powodować dalszego pogarszania własności izolacyjnych.

Bibliografia

1. Rochatka T.: Termowizja jako narzędzie w diagnostyce uszkodzeń nadwozi izolowanych i chłodniczych. *Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 12/2017, s. 1267-1270
2. Rochatka T.: Wpływ cyklicznego zamrażania i rozmrażania wilgoci zawartej w materiale izolacyjnym na straty ciepła ściany nadwozia chłodniczego, *Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 12/2017, s. 1271-1274
3. Rochatka T., Method elaboration for determining heat losses within head leakage bridges occurring in isothermal and cooling bodies, *Measurement Automation Monitoring - Pomiar Automatyka Kontrola* 6 (61) / 2015

Problems of construction and operation of modern isothermal and refrigerated bodies

The article presents a description of the structure of isothermal and refrigeration bodies, their sensitivity to mainly mechanical damage and examples of various types of damage. Presenting damage to the body, the mechanism of creation is described, damage is shown using thermographic images and the consequences of these damages are discussed. The article contains a description of the methods of examination of body damages, presenting the advantages and disadvantages of the test methods. The test results can be the basis for making a decision about further operation or qualification for repair.

Keywords: isothermal and refrigeration body, damage to the body, thermovision

Autor:

dr inż. **Tomasz Rochatka** – Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Transportu, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, tomasz.rochatka@put.poznan.pl