

CZAPCZYK Kazimierz¹

Analiza konstrukcji oraz metod zabezpieczeń antykorozyjnych pojazdów kolejowych

Słowa kluczowe: pojazdy kolejowe, wagony, konstrukcje, korozja, materiały, technologia, remonty, modernizacje, regeneracje, bezpieczeństwo.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane konstrukcje pasażerskich wagonów kolejowych, spotykanych w kraju oraz w sąsiadujących krajach Unii Europejskiej. Dokonano analizy pod kątem materiałowym produkowanych pojazdów szynowych w Polsce oraz przedstawiono wpływ możliwych stosowanych materiałów konstrukcyjnych na aspekty związane zarówno z komfortem jazdy, jak i bezpieczeństwem podróży. Ukazano także technologię przygotowania powierzchni elementów konstrukcyjnych wagonu pasażerskiego w trakcie procesu modernizacji.

THE ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS AND METHODS OF CORROSION PROTECTION OF RAIL VEHICLES

Abstract

In the article there have been presented selected constructions of passenger train cars, that are used in Poland and the countries of European Union. There have been written also about analysis of materials for rail vehicles, that are produced in Poland and presented a dependence on aspects of the travel comfort and the travelers safety, by the available construction materials. In the last point, there have been described a technology of surface preparation of construction elements in passenger train cars during a process of modernization.

1. WSTĘP

Wszelkie konstrukcje pojazdów przeznaczone do transportu ludzi przechodziły w ciągu kilkudziesięciu lat ewolucję zwłaszcza w kierunku poprawy bezpieczeństwa oraz komfortu jazdy. Jednak pod kątem rozwoju w różnych dziedzinach techniki w XX oraz na początku XXI wieku można zauważyć przede wszystkim rozwiązania problemów, które spotykane są dzisiaj bardzo powszechnie w różnych gałęziach przemysłu (w szczególności stoczniowym i kolejowym), a jeszcze wiele lat temu pewne problemy wydawały się nie do ominięcia – chociażby stosowanie niemalże perfekcyjnych zabezpieczeń antykorozyjnych elementów stalowych, czyli materiału który znajduje powszechne zastosowanie przy wielu odpowiedzialnych konstrukcjach, gdzie przykładowo bezpośrednio znajdują się lub przemieszczają ludzie. Istnieje spora ilość podobnych pozytywnych przykładów, ale z drugiej strony pozostają albo pojawiają się inne, które wymagają od człowieka tworzenie innych coraz bardziej skomplikowanych technologii, a także przeprowadzanie nowych badań naukowych. Na przykładzie wybranych konstrukcji kolejowych pojazdów szynowych zostanie ukazany zarówno ich rozwój, jak i aktualne problemy związane z korozją. Poza tym na świecie podejmowano wiele istotnych prób dostosowania konstrukcji, m.in. pod względem materiałowym – wykorzystanie lekkich stopów aluminium w celu zwiększenia szybkości, a także przedłużenia żywotności elementów mechanicznych zespołów kołowych (np. łożyska) dzięki zmniejszeniu masy pojazdu w porównaniu z konstrukcjami stalowymi. Kolejnictwo pełni bardzo ważną światową rolę w transporcie ludzi oraz towarów drogą lądową, dlatego warto wziąć pod uwagę aspekty i zagadnienia, dzięki którym będzie można nie tylko odpowiedzieć na ważne pytania z punktu widzenia techniki, ale też być może niektóre rozwiązania można zastosować, np. w przemyśle stoczniowym. Aktualnie istnieje wiele technologii produkcji oraz remontów, jednak pod względem naukowym niektóre aspekty wymagają nie tylko ukierunkowania pod kątem dalszych badań, ale też pewnego usystematyzowania.

Jeżeli chodzi o wagony pasażerskie, od razu można zauważyć niektóre opóźnienia związane z rozwojem lub modernizacją krajowego taboru kolejowego – w przeciwieństwie, np. do kolei zachodnich. Mimo to w ciągu ostatnich lat w wielu kolejowych zakładach produkcyjno – remontowych w Polsce nie tylko produkuje się nowe i nowoczesne pojazdy szynowe, ale też przeprowadza gruntowne remonty (do niedawna nawet w niektórych stocznich), dzięki którym uzyskuje się konstrukcje dorównujące pod względem bezpieczeństwa, jakością wykonania, niezawodnością i komfortem zachodnioeuropejskim pojazdom przeznaczonym do transportu ludzi drogą kolejową. Ponadto krajowe firmy specjalizujące się w remontach i produkcji dla kolejnictwa w znacznym stopniu wykonują zamówienia również dla kolei niemieckich, a także włoskich czy ukraińskich, co świadczy o wysokim uznaniu polskich możliwości przez zagraniczne europejskie spółki kolejowe. Należy przez to powiedzieć, że można się oprzeć na krajowej dostępnej technologii, jeżeli chodzi o ukierunkowanie dalszego rozwoju, a także próbę rozwiązań wspólnie spotykanych problemów.

¹Akademia Morska w Gdyni, ul. Morska 81 – 87, 81 – 225 Gdynia, tel. (58) 6218997, e-mail: kcz@am.gdynia.pl

2. KONSTRUKCJE WAGONÓW KOLEJOWYCH ORAZ ICH ROZWÓJ

Rozważając konstrukcje kolejowe należy rozważyć materiał z którego jest ona wykonana. Pomimo dominacji konstrukcji wykonywanych ze stali wielokrotnie podejmowano i podejmuje się próby szerszego zastosowania chociażby stopów aluminium, dzięki czemu uzyskuje się szereg korzyści. Z upływem czasu stworzono konstrukcję, której nie tylko okucia, ramy okienne, listwy pokrywające i dekoracyjne, ale całe pudło, podwozie oraz nadwozie sporządzono ze stopu aluminium. Pierwsze takie wagony kolejowe weszły do użytku już po 1920 roku. Dzięki temu uzyskano przede wszystkim niewielki ciężar właściwy przy dość dużej wytrzymałości – co z kolei daje zmniejszenie ciężaru własnego, nacisku na oś, a także oszczędności energii trakcyjnej. Korzyści można rozpatrywać na kilka różnych sposobów, tzn.:

- możliwość zwiększenia ciężaru użytkowego,
- zwiększenie przyspieszenia i wzrost szybkości jazdy przy pozostawieniu bez zmian energii trakcyjnej,
- zwiększenie przepustowości na torach o słabszej nawierzchni.

Jednak przy uzyskaniu znacznie mniejszego ciężaru, najbardziej zwraca się uwagę na wpływ na inne elementy konstrukcyjne wagonów narażonych na obciążenia, jak. np. obudowa łożysk, dźwignie hamulcowe, sprzęgi, zderzaki, itp. Dzięki tym zabiegom niektóre elementy zużywają się w znacznie mniejszym stopniu aniżeli przy wykorzystaniu standardowych konstrukcji stalowych.

Z drugiej strony do tej pory napotymano na przeszkody uniemożliwiające powszechniejsze wykorzystanie stopów aluminium w przemyśle kolejowym. Największymi trudnościami są: cena, remonty i naprawy, a także technologia.

Wiele krajów na Świecie próbowało wdrożyć stopy aluminium w szerszej produkcji, np. Francja, Niemcy, Anglia, Belgia, Austria, Szwajcaria, Włochy, Węgry, USA albo Kanada. Świadczy to o dużym zainteresowaniu lekkimi metalami, których zalety podczas eksploatacji są ekonomicznie niepodważalne. Najpopularniejszymi stopami do zastosowań w konstrukcjach kolejowych są przede wszystkim stopy spawalne oraz samoulepialne gatunku Al – Mg lub Al – Zn – Mg. Do łączenia części stosuje się dostępne metody spawalne (elektrodą wolframową albo topliwą pod osłoną argonu lub łukowe), jednak dawniej wykorzystywano tzw. nitowanie. Ponadto za pomocą klejenia również można łączyć niektóre elementy – zwłaszcza te mniej obciążone.

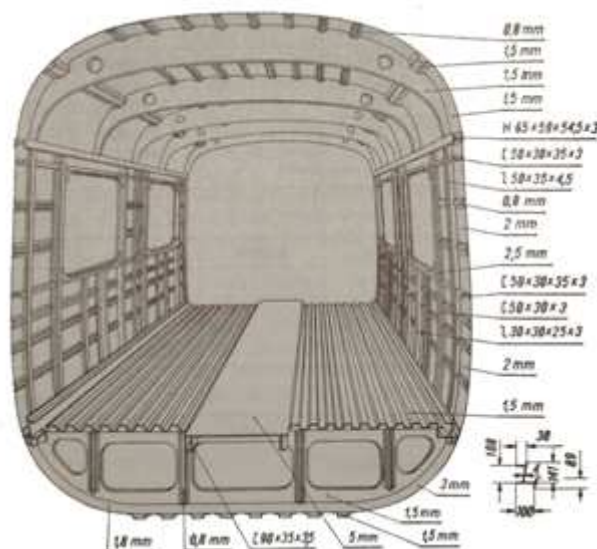
Zwłaszcza na Węgrzech wykorzystywano niegdyś stopy AlMg4,5, przyjmując jednocześnie wymagania wytrzymałościowe dla obciążeń dynamicznych oraz zmiennych. Stosowano również materiał układu Al – Zn – Mg, który spełnia nie tylko warunki wytrzymałościowe, ale jest jednocześnie znacznie lepszy pod względem odporności na korozję. Warto wspomnieć, że powyższe stopy aluminium szeroko wykorzystuje się też w okrętownictwie.

Dalsze zmniejszenie ciężaru umożliwia zastosowanie konstrukcji, tzw. mieszanych. Odpowiednio do tego można uzyskać kilka ewentualnych konfiguracji:

- podwozie i szkielet pudła wykonuje się całkowicie ze stali, a zewnętrzne pokrycie z aluminium,
- podwozie ze stali, a nadwozie z aluminium,
- podwozie i pudło o budowie mieszanej,
- podwozie o budowie mieszanej, a pudło z aluminium.[1]

Można zauważyć, że niekoniecznie trzeba się ograniczać do jednego rodzaju i typu materiału, ale istnieje możliwość dość swobodnego połączenia wielu gatunków, dzięki czemu uzyskuje się wymaganą konfigurację w zależności, np. od przeznaczenia danego pojazdu szynowego.

Przykładową konstrukcją wagonu kolejowego wykonanego w całości ze stopów aluminium przedstawiono w przekroju poprzecznym na rysunku 1. Dokładniej konstrukcja przedstawia się następująco: ściana podłużna stanowi wysoką belkę, której górny pas jest częścią dachu, dolny pas podłużną belką podwozia i częścią blachy podłogowej, jej środkikiem jest blacha pokrywająca ściany boczne usztywnione słupkami. [1] Jednak jest to konstrukcja raczej niespotykana na krajowych polskich torach.



Rys. 1. Przykładowa konstrukcja aluminiowa pudła oraz podwozia wagonu kolejowego TEE, Schmucker. [1]

Samo pudło wagonu jest istotną częścią, która służy do przewozu ładunków i osób – w krytych wagonach pudło składa się ze ścian bocznych, czołowych oraz podłogi i dachu. Natomiast w otwartych: ze ścian bocznych, czołowych i podłogi.

W konstrukcji wagonów pasażerskich najważniejsze jest uzyskanie dużej prędkości jazdy, maksymalnego bezpieczeństwa pasażerów i komfortu podróżowania. [8]

Wagony pasażerskie zostały podzielone na wagony do przewozu osób oraz tzw. „restauracyjne”. Pod względem mechanicznym ogólnie w każdej konstrukcji wyróżnia się kluczowe urządzenia oraz elementy tj.: układ biegowy, ostoję, pudło, urządzenia hamulcowe, ciągnowo – zderzne, itp. Każda z grup urządzeń składa się z elementów, które muszą zapewniać bezpieczną i spokojną jazdę wagonu. Z drugiej strony wagony pasażerskie posiadają w swoim wyposażeniu niezbędne instalacje elektryczne, źródła zasilania, oświetlenie, ogrzewanie (parowe, wodne, elektryczne), wentylację i ew. klimatyzację, urządzenia radiowe oraz sanitarne. [3]

Ponadto wagony kolejowe muszą posiadać odpowiednią wytrzymałość i stateczność, gdyż podczas eksploatacji podlegają różnorodnym obciążeniom (stałe, zmienne w czasie, losowe). Rozpatruje się przemieszczenia wagonów i ich elementów w różnych warunkach eksploatacji oraz siły dynamiczne towarzyszące tym przemieszczeniom. Pudło wagonu osobowego jest układem przestrzennym, gdzie pojawia się złożony stan naprężenia podczas eksploatacji, dlatego należy wprowadzać coraz bardziej efektywne metody badań eksperymentalnych statycznych i dynamicznych. Siły wzdłużne, rozciągające albo ściskające są przyłożone w osi sprzęgu samoczynnego lub w osi zderzaków. Ogólnie wobec wagonów uwzględnia się następujące obciążenia:

- użyteczne,
- masę własną konstrukcji,

oraz siły:

- wzajemnego oddziaływania wagonów,
- hamowania,
- bezwładności,
- powstające podczas wpisywania się wagonu w łuki toru,
- aerodynamiczne,

a także:

- przy pracach ładunkowych,
- podczas napraw,
- wywołane działaniem mechanizmów i urządzeń na wagonach,
- wywołane czynnikami technologicznymi,
- umowne obciążenia awaryjne. [3]

Jeszcze na etapie projektowania części oraz węzły wagonów są obliczane pod kątem najbardziej niekorzystnych jednocześnie działających obciążeń.

Należy przy okazji wspomnieć o możliwości zastosowań połączeń ważnych elementów podczas produkcji wagonów kolejowych. Istotne są rodzaje połączeń w konstrukcji wagonów i stosuje się zarówno połączenia nierozłączne jak i rozłączne, czyli dopuszcza się: spawanie, zgrzewanie, a także połączenia śrubowe i nitowe. Jednak w nie każdej sytuacji można zastosować każdą ewentualność. Poza tym naprężenia w najmniej wytrzymałym elemencie odniesione do przekroju oraz naprężenia w spoinach, nitach lub śrubach powinny być równe odpowiednim naprężeniom dopuszczalnym.

Jeżeli chodzi o połączenia spawane, to ze względu na obecność odpowiedzialnych węzłów unika się nadmiaru spoin w jednym miejscu, łączenia trzech elementów za pomocą jednej spoiny, kładzenia dwóch spoin prostopadłych do kierunku strumienia przenoszonych sił, w odległości mniejszej niż 50 mm. Ponadto podczas spawania elementów nośnych nie zezwala się stosowania spoin nieciągłych, a także dospawania dodatkowych części do tych elementów. Spoiny czołowe w ramach i wózków wagonów przeważnie są spawane dwustronnie, niezależnie od kształtów przygotowanych krawędzi. Części usztywniające są rozmieszczane z uwzględnieniem naprężenia w przekroju zasadniczym.

Natomiast połączenia zgrzewane wykorzystuje się głównie do łączenia takich elementów jak przykładowo ściany wagonów, tzn. elementów pracujących na ścinanie. Jednak nie mogą one być narażone na odrywanie, chociaż uwzględnia się warunki pracy zgrzeiny na zrywanie. Poza tym tego typu połączenia muszą zostać odpowiednio zabezpieczone przed korozją.

Biorąc pod uwagę połączenia śrubowe i nitowe, to znajdują one głównie zastosowanie wobec elementów narażonych na obciążenia udarowe oraz wibracyjne. Z drugiej strony elementy pracujące na odrywanie nie mogą zostać połączone poprzez nitowanie. Nity i śruby rozmieszcza się symetrycznie, a także pamiętać o warunkach zapisanych w normach.

Wspomniane wcześniej konstrukcje wagonów wykonane ze stopów aluminium zwłaszcza częściowo w konstrukcjach mieszanych wymusza również dobór odpowiedniego połączenia elementów wytworzonych ze stopów aluminium z innymi materiałami. Wiele nadwozi szybkich zespołów oraz wagonów pasażerskich wykonuje się właśnie jako konstrukcje aluminiowe albo kombinowane, tzn. stal – aluminium. W tym wypadku połączenia mogą być zarówno nierozłączne za pomocą spawania, zgrzewania, nitowania, jak i rozłączne – śrubowe, kształtowe.

Istnieją również odpowiednie kryteria wyboru materiałów na konstrukcje wagonów i są one następujące:

- wytrzymałość statyczna i zmęczeniowa,
- sztywność,
- stateczność,

- odporność na korozję – obecnie rozpatrywane zagadnienie, które zostało szerzej przedstawione jako poważny problem w kolejnictwie,

- wpływ gatunku materiału na koszty wytwarzania.

Uogólniając, materiały stosowane do budowy wagonów są różne, dlatego projektant musi posiadać aktualną wiedzę dotyczącą zasad realizacji wymagań technologicznych, określających wpływ wyboru materiału oraz obróbki i montażu. Natomiast same rodzaje materiałów można podzielić pod względem zastosowania na mniej lub bardziej odpowiedzialne elementy, tzn. nośne wagonów pasażerskich, które są wytwarzane przede wszystkim ze stali niestopowych oraz stali niskostopowych. Elementy nośne określają przykładowo części nadwozia i podwozia, podwieszenia urządzeń, zbiorniki, ramy wózków, wieszaki resorów, sworznie, ciągła, itp. Innymi dopuszczalnymi materiałami są specjalnie opracowane stale dla kolejnictwa ze szczególnym przeznaczeniem, jak np. na koła bosc, osie wagonów, haki ciąglowe, obręcz wagonów. Ponadto wykorzystuje się staliwa węglowe w zastosowaniach na maźnice wagonów, koła zębate, głowice sprzęgów, koła bosc.

Biorąc pod uwagę część jezdnią wyróżnia się także stale resorowe, które nie będą podlegały szczegółowym rozważaniom. Wspomniane wielokrotnie stopy aluminium obecnie znajdują dość szerokie zastosowanie głównie na mniej obciążone elementy – chociażby materiał PA2 lub PA4, które podlegają normalizacji i można w pewnym stopniu przeprowadzić badania pod kątem korozji naprężeniowej, biorąc pod uwagę warunki w jakich są eksploatowane wszystkie spotykane pojazdy szynowe. Wytrzymałość metali i stopów istotnie zależy od parametrów statycznych obciążeń. Jednak badania wytrzymałości wagonów przeprowadza się przeważnie na obiektach w naturalnej wielkości. [3], [4], [5]

3. KOROZJA ZEWNĘTRZNYCH POWIERZCHNI WAGONÓW KOLEJOWYCH

Elementy konstrukcyjne pudła nadwozia typowego pojazdu szynowego i jego poszycie zewnętrzne były dawniej wykonywane ze stali lub stopów aluminium i malowane farbami. Należy przy okazji zaznaczyć, że farby, którymi pokrywa się poszycie zewnętrzne, poza właściwościami pod względem zabezpieczenia antykorozyjnego oraz ewentualnymi walorami estetycznymi, bierze się również pod uwagę inne właściwości, np. pod kątem bezpieczeństwa pożarowego – chociaż dotychczasowe badania wykazały, że nie mają one większego wpływu na bezpieczeństwo pod względem pożarowym. [6]

Korozja jest trudną przypadłością zarówno pasażerskich jak i towarowych wagonów kolejowych, jednak biorąc pod uwagę tylko wagony pasażerskie można zauważyć, że istnieją pewne newralgiczne miejsca szczególnie narażone na procesy korozyjne. Głównie są to miejsca połączeń różnych elementów, np. ramy okiennej ze ścianą boczną. Sama rama okienna przeważnie jest wytworzona ze stopu aluminium, dzięki czemu jest znacznie mniej narażona na poważny ubytek materiału aniżeli obszar wokół otworu pudła wagonu. Dla wzmocnienia ochrony przeciwkorozyjnej stosuje się specjalną naklejaną folię między framugę okienną, a krawędzie otworu na okno. Jednak pomimo tym zabiegom zabezpieczającym nadal spotykane jest zjawisko korozji, chociaż już w zauważalnie mniejszym stopniu. Innym miejscem, które jest bardzo wystawione na działanie szkodliwych czynników są stopnie, drzwi oraz miejsca łączeń drzwi ze ścianą boczną wagonu. Oba miejsca przeznaczone do usunięcia produktów korozji oraz ich regeneracji zostały ukazane na rysunku 2 oraz 3.



Rys. 2. Korozja pudła wagonu pasażerskiego DB w okolicy schód oraz framugi okiennej. [fot. autora]



Rys. 3. Korozja pudła wagonu pasażerskiego PKP w miejscach łączeń w okolicach drzwi. [fot. autora]

Co prawda podczas trwania procesów korozyjnych w pewnym momencie dochodzi do utworzenia tzw. warstwy pasywnej tlenków, jednak praktyka pokazuje, że to nie wystarcza do zahamowania korozji, gdyż prędzej czy później

dochodzi do zniszczenia tej warstwy. Poza tym należy również brać pod uwagę poważniejsze skutki związane chociażby z pękaniem korozyjnym związanym np. z korozją zmęczeniową.

Pozostają jeszcze inne mniej zauważalne części, które ulegają powolnemu niszczeniu w trakcie eksploatacji nie tylko poprzez korozję, ale też inne czynniki atmosferyczne jak wilgoć, słoneczne promienie UV, wysokie i niskie temperatury, nagłe zmiany temperatur albo erozja. Istnieją także fizyczne uszkodzenia materiału spowodowane przez człowieka, np. poprzez uderzenie danego elementu, nieodpowiednie użytkowanie lub na etapie produkcji niewłaściwy montaż i pasowanie współpracujących zewnętrznych części. Na starszych wagonach można często dostrzec przykładowo pęknięcia powłoki zewnętrznej, które skutkują swobodnym dostępem nie tylko powietrza do materiału, ale przede wszystkim wodę i wilgoć, które znacznie przyspieszają procesy korozyjne.

Z powodu problemu jaki stanowi korozja elementów konstrukcyjnych oraz możliwości wykorzystania stopów aluminium, które wprowadzają szereg korzyści w trakcie eksploatacji, wykonywane są aktualnie badania odporności korozyjno – naprężeniowej przy udziale środowiska korozyjnego 3,5% NaCl w warunkach polaryzacji elektrochemicznej z różnymi dobranymi potencjałami względem potencjału stacjonarnego badanych stopów aluminium, oraz wytrzymałości zmęczeniowej i zmęczeniowo – korozyjnej dla różnych stanów naprężeń wobec tych samych wybranych stopów. Stanowisko do przeprowadzania badań nad odpornością korozyjno – naprężeniową przedstawiono na rysunku 4. Uzyskane wyniki pozwolą dokonać oceny odporności korozyjnej badanych materiałów poddanych jednoczesnym obciążeniom mechanicznym. Konstrukcje pojazdów kolejowych muszą być odporne na warunki korozyjne, które obniżają właściwości wytrzymałościowe stali i stopów aluminium, oraz na jednoczesne działanie różnych obciążeń mechanicznych.

Początkowo wybrano następujące potencjały elektrochemiczne: -50mV, -100mV, +50mV, +100mV względem potencjału stacjonarnego. Bazując na wynikach przeprowadzonych wcześniej badań (nad stopami układu Al – Mg oraz Al – Zn – Mg) przy stałym naprężeniu próbek oraz przy tych samych wymienionych powyżej potencjałach zostanie dokonana analiza porównawcza z trwającymi badaniami przy stałym odkształceniu próbek aż do momentu zerwania. Dla zwiększenia miarodajności, próbki zostały poddane badaniom od 500 do 1000 godzin.



Rys. 4. Stanowisko do przeprowadzania badań nad odpornością korozyjno – naprężeniową z komputerowym zapisem siły rozciągającej i odkształcenia.

4. TECHNOLOGIA PRZYGOTOWANIA POWIERCHNI PRZED ZASTOSOWANIEM POWŁOKI MALARSKIEJ

Problem korozji dotyczy w znacznie mniejszym stopniu pojazdów szynowych wykonanych w całości ze stopów aluminium lub nawet o budowie mieszanej niż pojazdów wytworzonych całkowicie ze stali. Obecnie w zakładach naprawczych w Polsce przeprowadza się nie tylko modernizację wagonów kolejowych, ale przede wszystkim remonty, dzięki którym są one przydatne do bezpiecznej jazdy. Poza elementami mechanicznymi regeneruje się również część wagonu najbardziej widoczną od zewnątrz, tzn. pudło wagonu, które ulega korozji po dłuższym czasie eksploatacji. Ponadto obecnie wciąż dominują wagony, które są przygotowane i zabezpieczone antykorozyjnie dawniejszymi metodami pochodzącymi jeszcze z poprzedniej „epoki” – przez co może zmniejszać się przy okazji ich estetyka.

Wagony osobowe, podobnie jak wagony towarowe, są poddawane naprawom i przeglądom okresowym, mającym na celu utrzymanie wagonów w należytych stanie technicznym. Ustalenie określonej struktury cyklu naprawczego zależy od poznania szybkości zużywania się części i zespołów wagonów. Szybkość ta zależy od przebiegu i czasu eksploatacji.

Czynnik czasu oddziałuje głównie na części, które bezpośrednio stykają się z powietrzem lub wodą powodującymi ich korozję. Natomiast czynnik przebiegu najbardziej wpływa na szybkość zużycia części układu biegowego. [7, 2]

Aktualnie przeprowadza się remonty m.in. w taki sposób, aby można było przekształcić dany wagon pasażerski na wagon o innym układzie – przykładowo przedziałowy na bezprzedziałowy. Spotykane są różne zamówienia od strony spółek kolejowych, jednak przeważają gruntowne remonty i modernizacje wagonów pasażerskich. Nawet zagraniczni kontrahenci decydują się na wyremontowanie swoich jednostek w polskich zakładach produkcyjno – remontowych. Na rysunku 5 przedstawiono wagon pasażerski kolei niemieckich DB w trakcie demontażu.



Rys. 5. Remont pasażerskiego wagonu kolejowego z Republiki Federalnej Niemiec na zamówienie kolei niemieckich. [fot. autora]

Po przekazaniu wagonu do odpowiedniej firmy specjalizującej się w remontach pojazdów szynowych, wagon przygotowuje się do demontażu wszystkich jego elementów, składających się na wyposażenie wewnętrzne, a także części mechaniczne, np. zespoły kołowe. W przypadku pudła i części mechanicznych, podlegają one naprawie oddzielnie. Przed regeneracją powierzchni pudła usuwa się dotychczasowe zespoły kołowe, a korzysta z tymczasowych zespołów na potrzeby transportowe w obrębie hali warsztatowej.

Samo pudło wagonu początkowo podlega odpowiedniej obróbce tzw. śrutowaniu, które jest poprzedzone odpowiednim przygotowaniem, np. usunięciem poprzedniej powłoki malarskiej – co zostało przedstawione na rysunku 6.



Rys. 6. Pudło wagonu pasażerskiego po usunięciu poprzedniej powłoki malarskiej, produktów korozji i uszkodzeń zewnętrznych oraz przygotowywanego do procesu śrutowania. [fot. autora]

Wcześniej zabezpiecza się przed uszkodzeniem: części i otwory gwintowe, otwory w poszyciu, uziomy, śruby, nakrętki, podkładki oraz wneki stopni. Śrutowanie dotyczy pudła od strony wewnętrznej i zewnętrznej łącznie ze spodem, a także części przyspawane i dach. Ponadto temu zabiegowi poddaje się ponownie elementy po prostowaniu, a także poprawkach spawalniczych oraz próbach szczelności. Przy czym przed samym procesem śrutowania odtłuszcza się miejscowo niektóre elementy oraz uziemia pudło wagonu. W drugim etapie wydmuchuje się śrut z wnętrza i trudno dostępnych miejsc. Dopiero po tych zabiegach sprawdza się stopień czystości według odpowiednich norm. Konstrukcja wagonu pasażerskiego, która została poddana zabiegowi śrutowania została zaprezentowana na rysunku 7.



Rys. 7. Pudło wagonu kolejowego po zabiegu śrutowania, które zostało przygotowane do nałożenia kolejnych warstw i powłok. [fot. autora]

Następnym procesem jest gruntowanie wyśrutowanej powierzchni, przy którym czynności przygotowawcze wyglądają podobnie jak przed śrutowaniem, tzn. zabezpieczanie otworów gwintowych, gwintów, otworów, uziomów, czopów skreću, elementów obrabianych. Bezpośrednio przed samym gruntowaniem dokładnie usuwa się wszelkie zanieczyszczenia. Początkowo maluje się miejsca trudno dostępne gruntem epoksydowym, a następnie pudła wagonów oraz wsporniki sufitu od wewnątrz. Po tych etapach strona zewnętrzna zostaje oczyszczona i pomalowana – zarówno spód jak i ściany boczne oraz dach.

Kolejnym bardzo ważnym zabiegiem jest naniesienie masy gładzącej za pomocą natrysku, przed którym przygotowuje się wagon poprzez oklejanie: okien, drzwi, kątowników, płaskowników, belek nad oknem, środniki elementu szkieletu pudła, części przyspawane, otwory, wsporniki, miejsca przylegania wsporników do sufitów, foteli, wyłożeń ścian bocznych, a także otwory kanałów oraz śruby, nakrętki i podkładki. Masa gładząca ostrożnie наносzona jest na ściany boczne i czołowe, podłogę, kanały, a także elementy szkieletu pudła oraz podwozie. Natomiast w miejscach trudno dostępnych również nakłada się masę gładzącą, ale już ręcznie pędzlem. Po poprawnie wykonanym procesie zdejmuje się osłony zabezpieczające, a następnie dokonuje się miejscowych oczyszczeń.

Po ostatnim etapie wykonuje się malowanie emalią epoksydową za pomocą natrysku podwozia z wnękami oraz podłogę od dołu. Ponadto wielokrotnie szpachluje się ściany boczne, czołowe, dach do pierwszego ryfla, wnęki drzwi, spoin i wgłębienia osłon. Ma to na celu m.in. usunięcie wszelkich ubytków i/lub niepotrzebnych kantów z wykorzystaniem szpachla poliestrowego. Zobrazowanym przykładem jest pudło wagonu tuż po procesie szpachlowania, który został ukazany na rysunku 8.



Rys. 8. Pudło wagonu kolejowego po nałożeniu warstwy szpachlowej przygotowanego do nałożenia warstw powłoki malarskiej. [fot. autora]

Po wyschnięciu szpachli dodatkowo szlifuje się te powierzchnie, a potem przygotowuje do kilkukrotnego natrysku międzywarstwy farby gruntującej powyżej pasa dachowego na całej zewnętrznej powierzchni pudła. W końcowym etapie szlifuje się międzywarstwę oraz przygotowuje do natrysku koloru, odpyła i odkurza. Natryskuje się emalię na pas okienny, pas wąski dolny na ścianach bocznych i ścianach czołowych. Ponownie przygotowuje się wagon do natrysku drugiego koloru, tzn. emalii na pas szeroki na ścianach bocznych, pas okienny, wąski pas nadokienny, wąski pas na ścianach bocznych. Ostatnim elementem jest już wykonanie ewentualnych napisów, a także pokrycie warstwą „anty-graffiti”.

Zdarza się, że niecały wagon wymaga gruntownego remontu i/lub modernizacji, dlatego spotyka się również regenerację stosowaną wybiórczo wobec miejsc, jak np. krawędzie pod framugę okienną – które zostały zobrazowane na rysunku 9.



Rys. 9. Zregenerowane krawędzie otworu na okno pudła wagonu pasażerskiego. [fot. autora]

Wbrew pozorom procesy regeneracji są to złożone i skomplikowane procesy, które muszą zostać idealnie wykonane w odpowiedniej atmosferze i odstępach czasowych przez wykwalifikowanych specjalistów. Można zauważyć, że nawet drobne zanieczyszczenia są znacznym utrudnieniem, gdyż mogą one zakłócić prawidłowe wykonywanie kolejnych etapów lub nawet podczas późniejszej eksploatacji doprowadzić do miejscowych ewentualnych uszkodzeń powierzchni.

Po przeprowadzonych naprawach i regeneracjach powierzchni wagonów pasażerskich dokonuje się montażu poszczególnych części składających się m.in. na komfort i bezpieczeństwo jazdy, tzn. świetlne oznakowania, sygnalizatory, fotele, itp. Przykładowy zmodernizowany polski wagon pasażerski przeznaczony do przejazdów dalekobieżnych został ukazany na rysunku 10.



Rys. 10. Wyremontowany pasażerski wagon kolejowy PKP umieszczony na tymczasowych warsztatowych zespołach kołowych. [fot. autora]

5. WNIOSKI

Przy dominacji konstrukcji stalowych, biorąc pod uwagę korzyści wynikające z szerszego zastosowania stopów aluminium (układu Al - Mg oraz Al - Zn - Mg) w pojazdach kolejowych zarówno na elementy mniej jak i bardziej obciążone należy przeprowadzić badania pod względem ich odporności na korozję, a także wytrzymałości zmęczeniowej w różnych stanach naprężeń. Obecnie przeprowadzane są doświadczalne badania nad korozją naprężeniową oraz nad odpornością zmęczeniową w powietrzu i środowisku korozyjnym przy próbie niskocyklowego i wysokocyklowego zginania oraz skręcania - przy różnym udziale tych obciążeń. Pozwoli to na bardziej szczegółową ocenę przydatności stopów aluminium na wybrane konstrukcje kolejowe.

W celu poprawy bezpieczeństwa i wygody konstrukcje pojazdów szynowych są i muszą być poddawane analizom oraz badaniom, które pozwalają na późniejsze tworzenie bardziej komfortowych oraz wytrzymalszych wagonów kolejowych z wykorzystaniem coraz lepiej opracowywanych materiałów, powłok zabezpieczających i technologii wytwarzania. Skutkuje to uzyskaniem m.in. lepszymi własnościami biegowymi, obniżeniem poziomu szkodliwych drgań i hałasu (izolacja akustyczna), a także jednoczesną poprawą estetyki.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Praca zbiorowa Autorów Czechosłowackich, Niemieckich, Polskich, Węgierskich, *Aluminium Poradnik*, Warszawa, PWN 1967.
- [2] Janiak M., Kalinkowski A., *Normalnotorowe wagony PKP*, Warszawa, WKŁ 1974.
- [3] Gąsowski W., *Wagony kolejowe – Konstrukcja i badania*, Warszawa, WKŁ 1988.
- [4] Praca zbiorowa pod red. Sokołowa S.I., *Badanie dynamiki i wytrzymałości wagonów pasażerskich*, Warszawa, WKŁ 1983.
- [5] Gąsowski W., Nowak R., *Badania wagonów kolejowych*, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1989.
- [6] Kamiński A., *Obecny stan i kierunki rozwoju ochrony przeciwpożarowej taboru kolejowego*, Warszawa, AFK International Sp. z o.o., 2003.
- [7] Janiak M., Kalinkowski A., *Konstrukcja i eksploatacja wagonów kolejowych*, Warszawa, WKŁ 1979.
- [8] Kalinkowski A., Orlik A., *Wagony kolejowe i hamulce*, Warszawa, WKŁ 1981.