

Andrzej POSMYK

WPŁYW NOWYCH TECHNOLOGII I MATERIAŁÓW NA POPRAWĘ JAKOŚCI TRANSPORTU

Streszczenie. W artykule przedstawiono wpływ nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych i technologii materiałowych na poprawę jakości transportu. Opisano możliwości zmniejszenia kosztów jakości przez zastosowanie kompozytowego tłoka w silniku spalinowym oraz poprawy jakości przez wykorzystanie nanotechnologii, tj. strukturyzowanych na wzór powierzchni liści lotosu hydrofobowych powłok tlenkowych na aluminiowych elementach poszycia pojazdów oraz folii z tworzywa sztucznego, stosowanych na znakach drogowych.

Zastosowanie nowoczesnych materiałów i technologii przyczynia się do zmniejszenia kosztów zapewnienia jakości zarówno tych oczywistych, jak i niezauważanych w dotychczasowych systemach zarządzania jakością.

Słowa kluczowe. poprawa jakości, koszty jakości, środki transportu, nanomateriały, nanotechnologie, kompozyty

ACTING OF NEW TECHNOLOGIES AND MATERIALS ON THE TRANSPORT QUALITY IMPROOVEMENT

Summary. In this paper the acting of modern technologies and materials on the transport quality improvement has been described. The possibility of quality costs decreasing by using of composite piston in combustion engine as well as the quality improvement by using of nanotechnologies, i.e. structured like a lotus leaf surface hydrophobic electrolytic oxide layers on aluminium vehicle body paneling and plastic foil used on road signs have been described.

Using of modern materials and technologies causes decreasing of ensuring of alike the evident and the not perceived quality costs in current quality management systems.

Keywords. quality improvement, quality costs, transport means, nanomaterials, nanotechnologies, composites

1. WPROWADZENIE

Od lat osiemdziesiątych XX wieku w Polsce miały miejsce olbrzymie zmiany ilościowe w technicznych środkach transportu. Zakupiono nowe lub sprowadzono używane pojazdy do przewozu osób i towarów zarówno w transporcie wodnym, lądowym, jak i powietrznym. Zmiany ilościowe nie zawsze szły w parze ze zmianami jakościowymi. Dla zapewnienia jakości transportu, w tym bezpieczeństwa, jest konieczne wykorzystanie nowoczesnych technologii informatycznych (telematyka) i materiałowych oraz technologii wytwórczych i eksploatacyjnych. Wpływ technologii informatycznych na zapewnienie jakości transportu

jest badany w wielu ośrodkach naukowych i przemysłowych w Polsce i zagranicą. Informacje na ten temat można znaleźć w licznej literaturze [1, 2]. Nowoczesnym technologiom transportowym też poświęcono wiele uwagi [3, 4]. W dostępnej literaturze trudniej znaleźć informacje na temat wpływu technologii materiałowych i wytwórczych na zapewnienie jakości transportu. Niniejszy artykuł jest próbą przedstawienia wpływu nowoczesnych materiałów i technologii materiałowych na zapewnienie jakości technicznych środków transportu.

Zapewnienie jakości transportu jest to spełnienie wymagań i oczekiwań klientów korzystających z usług transportowych. Podstawowym działaniem transportowym jest przewóz towarów i ludzi z jednego miejsca na drugie w określonym czasie, z zachowaniem zadanych warunków przewozu i po ustalonych kosztach. Istotny wpływ na spełnienie tych wymagań w transporcie lotniczym mogą mieć nowoczesne materiały i technologie, np. zastosowanie kompozytów z osnową polimerową na kadłuby samolotów pozwoliło na zmniejszenie ich masy (Aerobus - A380 i Boeing - 787 Dreamliner), co skutkuje znaczącym zmniejszeniem zużycia paliwa, a tym samym kosztów przewozu. Zastosowanie na poszycie kadłubów samolotów blach ze stopów aluminium pokrytych powłokami hydrofobowymi utrudni ich brudzenie, co zmniejszy zużycie paliwa, spowodowane turbulencjami przy powierzchni oraz zmniejszy koszty utrzymania samolotów. Zmniejszenie turbulencji przypowierzchniowych poprawi komfort lotu. Podobne efekty można osiągnąć stosując na poszycia statków morskich hydrofobowe nanopowłoki zapobiegające osadzaniu się organizmów żywych, dzięki czemu poprawia się komfort pasażerów i zmniejsza się zużycie paliwa. Powłoki te zwiększają też odporność na korozję, co zmniejsza koszty utrzymania statków.

Koszty zapewnienia jakości nie zawsze są widoczne i oczywiste. W literaturze z inżynierii jakości [5] można znaleźć termin „góry lodowej” kosztów jakości. Wierzchołek tej góry wystaje nad powierzchnię wody i symbolizuje koszty oczywiste w ilości 5-8% ogólnych kosztów jakości. Część zanurzona góry symbolizuje koszty niezauważalne w ilości 15-25% ogólnych kosztów. Łączne koszty zapewnienia jakości są mniejsze, jeżeli w jakość zainwestuje się już na etapie przygotowania projektu, co skutkuje znacznym obniżeniem kosztów usuwania braku jakości. Zastosowanie materiałów kompozytowych i nanotechnologii powoduje zwiększenie nakładów na etapie projektowania i wytwarzania, ze względu na wyższe koszty zakupu i obróbki, ale znacząco zmniejsza koszty na etapie użytkowania technicznych środków transportu. Zastosowanie silanowania karoserii samochodowych (Opel w 2008 r., Peugeot w 2009 r.) zwiększa odporność na korozję i wydłuża istotnie czas użytkowania oraz zmniejsza zużycie energii o 40% i wody o 70% podczas nakładania powłok w porównaniu do dotychczas stosowanego fosforanowania cynkowego [6].

2. WPŁYW NOWYCH MATERIAŁÓW NA JAKOŚĆ TRANSPORTU

Opracowane, przebadane i wprowadzone do praktyki przemysłowej w drugiej połowie XX wieku materiały kompozytowe przyczyniły się do zwiększenia niezawodności i wydłużenia trwałości technicznych środków transportu dzięki ich właściwościom, takim jak:

- zwiększenie wytrzymałości przy zachowaniu gęstości,
- zwiększenie odporności na zużycie tribologiczne i spowodowane czynnikami atmosferycznymi,
- zwiększenie wytrzymałości tworzyw o małej gęstości, których dotychczasowa wytrzymałość nie pozwalała na zastosowanie np. w wytwarzaniu samolotów czy łodzi,
- hydrofobowe i superhydrofobowe działanie powierzchni.

Do wytwarzania środków transportu są stosowane materiały kompozytowe na osnowie stopów metali lekkich, np. aluminium i magnezu oraz tworzyw sztucznych. Zastosowanie kompozytów z osnową ze stopów aluminium pozwala zmniejszyć masę pojazdów od 10% do 30%, ponieważ ich wytrzymałość na zrywanie (R_m) jest od 10% do 30% większa niż wytrzymałość osnowy. Wpływ zawartości fazy zbrojącej na właściwości wybranych kompozytów przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1
Wybrane właściwości fizyczne kompozytów AC-47000/SiC/20p i AC-42000/SiC/20p (F3D.20S i F3N.20S) oraz ich osnów [7]

Właściwość Materiał	Gęstość kg/m ³	Przewodność cieplna, λ W/mK w 22°C	Rozszerzalność cieplna, α $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Temp. topnienia °C
AC-47000	2740	96,2	22	540-595
AC-42000	2630	113	21	551-596
AC-47000/SiC/20p	2820	144	16,9	524-571
AC-42000/SiC/20p	2710	168,1	16,6	575-600

Tabela 2
Wybrane właściwości mechaniczne kompozytów AC-47000/SiC/20p i AC-42000/SiC/20p (F3D.20S i F3N.20S) oraz ich osnów [7]

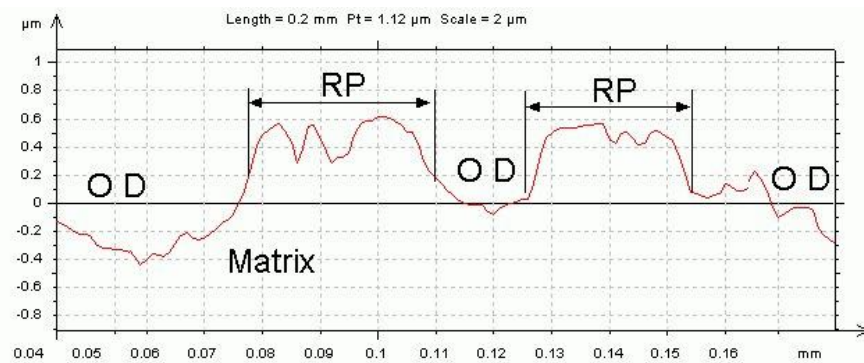
Właściwość Materiał	R_m , MPa	Re	Zgo	A %	Twardość
AC-47000	317	160	140	3,5	80 HB
AC-42000	303	170	140	3,2	75 HB
AC-47000/SiC/20p	345	303	152	0,4	82 HRB
AC-42000/SiC/20p	303	320	-	0,5	73 HRB

– Brak danych

Na podstawie danych zawartych w tabelach 1 i 2 można zauważyć, że wytrzymałość na rozciąganie kompozytu (R_m) i wytrzymałość zmęczeniowa (Z_{go}) są o około 10% większe, co pozwala zmniejszyć masę części pojazdów, np. tłoków silników i tarcz hamulcowych. Właściwości wytrzymałościowe kompozytów na osnowie stopów do przeróbki plastycznej, np. do wytwarzania tłoków kutych jest większa nawet o 30%. Mniejsza masa części poruszających się z dużą prędkością (tłok do 25 m/s) zmniejsza siły bezwładności, co zredukuje drgania i hałas emitowany przez pojazdy poprawiając jakość transportu dla pasażerów oraz jakość życia otoczenia infrastruktury liniowej transportu. Mniejsza masa pojazdów skutkuje również mniejszym zużyciem paliwa i mniejszą ilością emitowanych spalin oraz mniejszym zużyciem infrastruktury liniowej. Dodanie SiC do aluminium poprawia jego przewodność cieplną i zmniejsza rozszerzalność, co poprawia warunki pracy grupy tłokowej silników zmniejszając ich zużycie, co nie pozostaje bez wpływu na jakość usług transportowych, ponieważ większe luzy skutkują pogorszeniem jakości spalin i zwiększeniem hałasu. Dzięki wykonaniu tłoka z kompozytów o mniejszej niż osnowa rozszerzalności cieplnej zmniejsza się luzy montażowe pomiędzy górną częścią tłoka a tuleją cylindrową (rys. 2a), co zmniejsza ilość szkodliwych składników w spalinach oraz zużycie paliwa (rys. 2b).

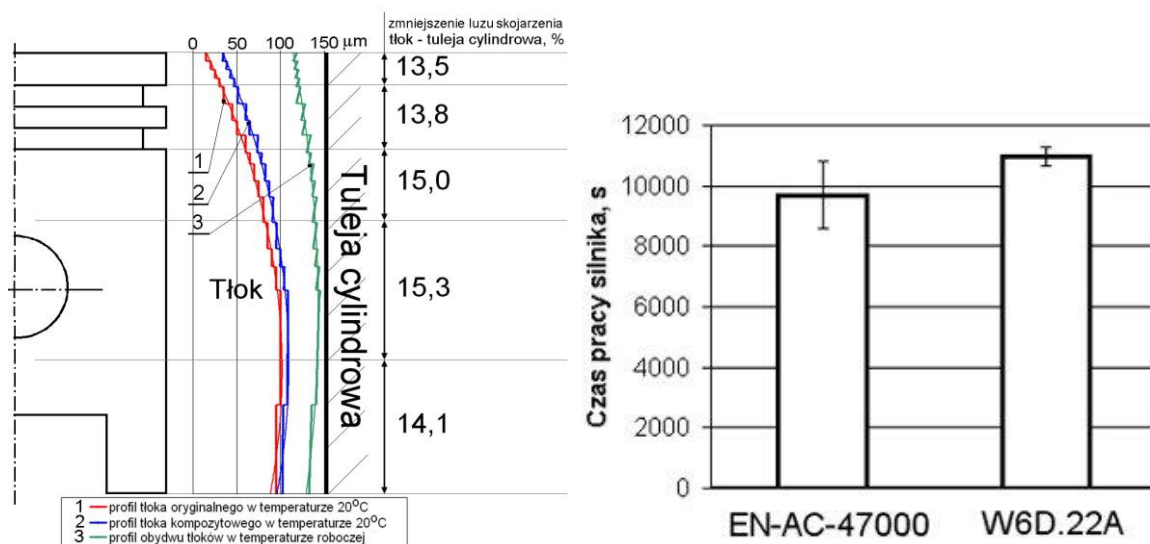
Topografia powierzchni kompozytów metalowych zawierających ceramiczną fazę zbrojącą ułatwia smarowanie części maszyn wykonanych z tych kompozytów. Topografia sprzyjająca smarowaniu powstaje podczas obróbki kształtującej (toczenie) i wykończeniowej

(szlifowanie), dzięki czemu można zmniejszyć koszty wytwarzania tulei cylindrowych maszyn tłokowych, ponieważ nie jest wymagana operacja gładzenia typu plateau, której celem jest wytworzenie zasobników utrudniających spływanie oleju. Profil chropowatości powierzchni kompozytu (W-Al1,8Mg0.8Si+22% Al₂O_{3p}) po obróbce skrawaniem i szlifowaniu papierem ściernym 500 zawierającej zasobniki na środki smarowe, zanieczyszczenia i produkty zużycia (OD) umieszczone pomiędzy wystającymi nad powierzchnię osnowy cząstkami zbrojącym (RP) przedstawiono na rysunku 1. Profil wyznaczono metodą kontaktową profilometrem Talysurf 2.



Rys. 1. Topografia powierzchni kompozytu W6D.22A po obróbce skrawaniem i szlifowaniu papierem 500: RP – cząstka zbrojąca, OD – zasobnik na środek smarowy

Fig. 1. Surface topography of W6D.22A composite after machining and abrasive paper 500 grinding: RP- reinforcing particle, OD – oil deposit

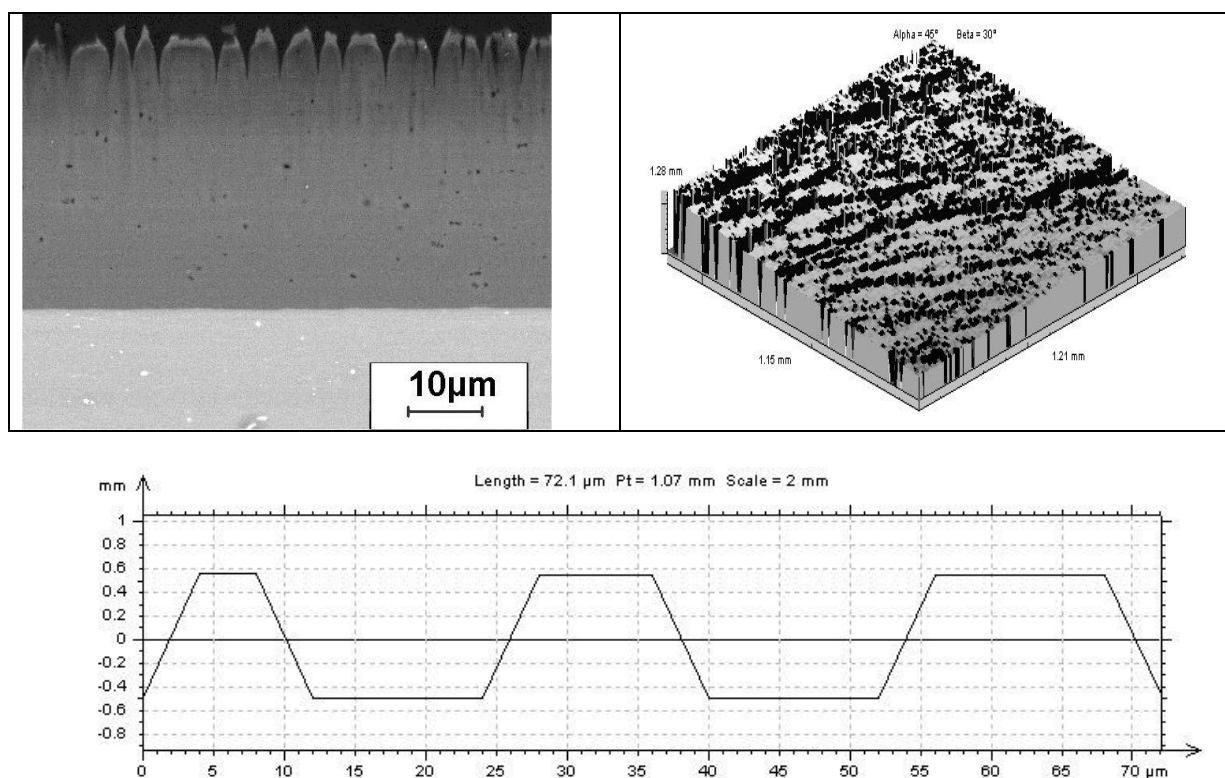


Rys. 2. Wpływ tłoka wykonanego z kompozytu W6D.22A na luzy montażowe (a) i czas pracy silnika spalinowego w teście „jednego litra”(b) z tłokami siluminowym i kompozytowym [8]

Fig. 2. Influence of W6D.22A-composite piston on assembly clearance (a) and engine working time during the “1 liter” test (b) with silumin and composite piston

3. WPŁYW NOWYCH TECHNOLOGII NA JAKOŚĆ TRANSPORTU

Największy potencjał poprawy jakości transportu tkwi w nowych nanotechnologiach, wykorzystujących nanomateriały do wytwarzania tworzyw konstrukcyjnych o lepszych właściwościach mechanicznych oraz do wytwarzania materiałów eksploatacyjnych, takich jak oleje i smary oraz powłoki nakładane na części technicznych środków transportu. W praktyce sprawdziły się nanododatki do olejów samochodowych zmniejszające tarcie i zużycie w miejscach narażonych na duże naciski. Od lat 90. XX wieku są prowadzone próby zastosowań tzw. efektu lotosu do wytwarzania powłok hydrofobowych (od pierwszej do czwartej generacji [9]). Zastosowanie strukturyzowanych, na wzór powierzchni liścia lotosu (rys. 3b i 3c), folii z tworzyw sztucznych do pokrywania znaków drogowych poprawiło znacznie ich widoczność w nocy, co ma istotny wpływ na bezpieczny przebieg realizacji zadań przewozowych oraz na ich jakość. Widoczne z daleka znaki informacyjne poprawiają komfort pracy kierowcy. Zastosowanie tych folii do pokrycia wnętrza środków transportu poprawi znacznie ich higienę, co wpływa na jakość przewożonych materiałów delikatnych i łatwo psujących się.



Rys. 3. Zgląd powłoki hydrofobowej wytworzonej elektrolitycznie na powierzchni aluminiowej blachy stosowanej na elementy nadwozi samochodów i poszycia samolotów (a) i profile chropowatości powierzchni liścia lotosu (b i c), będącego pierwowzorem powłoki

Fig. 3. Crosssection of hydrophobic coating produced electrolytically on an aluminium alloy sheet used for car body and airplane paneling (a) and roughness profile from lotus leaf surface (b and c) which is the archetype for hydrophobic layer

W wielu pojazdach samochodowych, łodziach i samolotach stosuje się elementy karoserii i poszycia wykonane ze stopów aluminium. Dzięki technologii elektrolitycznego utleniania, na ich powierzchni można wytworzyć powłoki tlenkowe wykazujące hydrofobowość, tj. zdolność do „zrzucania” kropeł wody. Po utlenieniu powłoki można barwić na wiele kolorów i uszczelniać w sposób praktycznie uniemożliwiający usunięcie barwnika oraz

zabezpieczający przed korozją na kilkadziesiąt lat. Pokrycie karoserii samochodów taką powłoką zmniejszy koszty jej utrzymania. Pokrycie powierzchni skrzydeł i kadłuba samolotu hydrofobowymi powłokami zmniejszy koszty ich mycia oraz, co jest najważniejsze dla zapewnienia bezpieczeństwa i jakości transportu, zapobiegnie ich oblodzeniu. Przykład powierzchni blachy stosowanej na karoserie i poszycia samolotów, pokrytej powłoką hydrofobową przedstawiono na rys. 3a. Dla porównania na rys. 3b i 3c pokazano profile chropowatości powierzchni pierwowzoru powłok hydrofobowych, tj. liścia lotosu z widocznymi regularnymi wierzchołkami chropowatości. Szerokość wierzchołków powłoki jest mniejsza niż liści lotosu oraz odległości pomiędzy wierzchołkami powłoki są mniejsze. Dlatego właściwości hydrofobowe wytworzonej sztucznie powłoki są gorsze niż oryginału. Sterując parametrami utleniania i obróbki wykończeniowej można sterować właściwościami powłoki oraz dostosować wymiary wierzchołków i odstępów do wymiarów cząstek zanieczyszczeń, znajdujących się w otoczeniu eksploatowanych środków transportu, co ułatwi utrzymanie czystości powierzchni oraz zapobiegnie oblodzeniu.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie materiałów kompozytowych do produkcji i eksploatacji technicznych środków transportu ma krótką historię, a już przyczyniło się do istotnej poprawy jakości środków transportu oraz bezpieczeństwa i jakości realizowanych przewozów. Producenci silników spalinowych z kompozytowymi tulejami cylindrowymi dają gwarancję na 1 milion km przebiegu, a blach karoseryjnych pokrytych nanopowłokami na pięć lat. Część pozytywnych skutków tych zastosowań jest dla użytkowników oczywista, ale istnieją jeszcze duże obszary kształtowania jakości, których istnienie jest mało widoczne ze względu na niewystarczające rozpowszechnienie, np. poprawa warunków smarowania grupy tłokowej przyczyniająca się do nieznacznego zmniejszenia zużycia paliwa i zanieczyszczenia środowiska. Istnieją jeszcze obszary w ogóle niezbadane ze względu na zbyt krótki czas stosowania nowych materiałów i technologii. Przykładem może być negatywny wpływ nanomateriałów na organizmy żywe, np. bakteriobójcze działanie zawierających nanosrebro substancji stosowanych do dezynfekcji układów klimatyzacyjnych pojazdów oraz nanorurek węglowych na rozrost komórek i uszkodzenia DNA człowieka [10]. Dlatego systemy zarządzania jakością w transporcie powinny uwzględniać nie tylko pozytywne, ale i negatywne skutki nanomateriałów i nanotechnologii już na etapie projektowania technicznych środków transportu oraz planowania realizacji zadania przewozowego w sposób zapewniający ich bezpieczne użytkowanie.

BIBLIOGRAFIA

1. Mikulski J. (red.): Modern Transport Telematics. 11th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2011, Katowice-Ustron, Poland, October 19-22, 2011, Selected Papers.
2. Frost & Sullivan. Analysis of the European commercial vehicle telematics market. Frost & Sullivan Report B042, 2002.
3. Mindur L.: Współczesne technologie transportowe. Wydawnictwo Pol. Radomskiej, Radom 2004.
4. Mindur L. (red.): Technologie transportowe XXI w. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Warszawa; Radom 2008.
5. Chase N.: Iceberg effect of quality costs. Quality Magazine, (8) 1999, p. 48-50.

6. Oxilan - Innowacyjna technologia przygotowania powierzchni multimetali. Referat na Konferencji Ochrona przed korozją, Sosnowiec 2010.
7. DURALCAN Composites Cast products- Property data, San Diego California 1993.
8. Posmyk A., Witaszek S.: Wpływ podzespołów wykonanych z kompozytów AlMC na eksploatację silnika spalinowego. Kompozyty, Częstochowa 2007, (1), p. 13-18.
9. Dambacher G.: Lotus-Effect auf Kunststoffoberflächen. Selbstreinigung durch bewegtes Wasser. Kunststoffrends 2001. Prospect CREATIVIS Technologies and Innovation Degussa AG, Marl 2001.
10. Hong-Xuan R., Xing Ch., Jin-Huai L., Ning G. and Xing-Jiu H.: Toxicity of single-walled carbon nanotube: How we were wrong? Materials Today. Vol. 13, No 1-2, 2010, p. 6-8.

Praca wykonana w ramach BK-301/RT1/2012