

Przyczyny uszkodzeń nawierzchni drogowych w kontekście ich sezonowego utrzymania

W artykule omówiono przyczyny powstawania uszkodzeń nawierzchni drogowych oraz ich związek z eksploatacją i sezonowym utrzymaniem. Autor wyjaśnia, jak ruch pojazdów (zwłaszcza ciężarowych) i warunki klimatyczne prowadzą do deformacji, spękań i zniszczeń powierzchni. Przedstawia także mechanizmy tych uszkodzeń oraz sposoby ich ograniczania poprzez odpowiednie projektowanie konstrukcji nawierzchni i dobór materiałów. W dalszej części opisuje metody napraw.

Causes of road surface damage in the context of seasonal maintenance

This article discusses the causes of road surface damage and its association with operation and seasonal maintenance. The author explains how vehicle traffic (especially heavy goods vehicles) and climatic conditions lead to deformation, cracking, and surface damage. He also presents the mechanisms of this damage and methods for its reduction through appropriate road surface design and material selection. Repair methods are then described.

Keywords: road surface damage, seasonal maintenance, heavy traffic impact, road surface design, repair methods

W czasie eksploatacji wszystkie nawierzchnie drogowe poddawane są działaniu ruchu kołowego i wpływom klimatu, co powoduje powstanie różnych rodzajów uszkodzeń, takich jak [2]:

- deformacje w postaci sfalowań i kolein strukturalnych i funkcjonalnych,
- spękania zmęczeniowe,
- spękania odbite,
- spękania termiczne,
- zniszczenia powierzchniowe.

Zasadniczo trzy rodzaje uszkodzeń: deformacja trwała, spękanie termiczne i spękanie zmęczeniowe tworzą się na powierzchni warstwy ścieralnej lub w warstwie ścieralnej. Pozostałe, takie jak [2]:

- spękania odbite,
- spękania zmęczeniowe w spodzie warstw bitumicznych,
- spękania zmęczeniowe w spodzie podbudowy związanej,
- deformacje trwałe podłoża,

związane są bezpośrednio z grubością warstw bitumicznych, które limitują powstawanie deformacji nawierzchni i ich zasięg.

W zapobieganiu występowania wymienionych zniszczeń podstawową rolę podczas projektowania nawierzchni odgrywają [2]:

- układ warstw odpowiednich rodzajów i grubości,
- zastosowanie asfaltu o odpowiednich właściwościach,
- właściwy skład mieszanek mineralno-bitumicznych.

Główną przyczyną większości rodzajów zniszczeń nawierzchni są koła pojazdów, a więc na trwałość nawierzchni wpływają [2]:

- Obciążenie osi pojazdów – im jest większe, tym gorzej. Działa tu tak zwane prawo czwartej potęgi, według

którego niszczące działanie pojazdów na nawierzchnię rośnie w funkcji potęgowej obciążenia. Przejazd jednego samochodu ciężarowego (obciążenie osi 100 kN) znaczy tyle dla nawierzchni drogi (rys. 1) co przejazd ►



Fot. 1. Nawierzchnia drogi zniszczona przez samochody ciężarowe

Rodzaje uszkodzeń nawierzchni drogowych i metody ich zapobiegania

- Strukturalne deformacje nawierzchni są spowodowane odkształceniami całej konstrukcji nawierzchni, wszystkich jej warstw. Przyczyną takiego rodzaju zniszczenia jest niewłaściwy dobór układu warstw lub ich parametrów wytrzymałościowych (głównie pod względem sztywności). W efekcie naprężenia ściskające przekazywane na podłoże gruntowe są zbyt duże i powodują jego odkształcenie. Brzegi koleiny są łagodne, a jej szerokość jest duża.
- Zapobieganie: projektowanie konstrukcji nawierzchni o odpowiedniej grubości i parametrach mechanicznych poszczególnych warstw osiągalnych przez dobór asfaltu o odpowiednich właściwościach, i właściwie uziarnienie mieszanki mineralnej.
- Deformacje funkcjonalne nawierzchni pojawiają się wtedy, gdy w nawierzchni występują warstwy bitumiczne podatne na deformacje leżące na podbudowie o odpowiedniej sztywności. Można wtedy zaobserwować zjawisko „rozpychania” warstw bitumicznych w śladach kół, a głębokość kolein może sięgać podbudowy. Zarys brzegów koleiny jest wyraźny.
- Zapobieganie: podstawową rolę w zapobieganiu odgrywają właściwy projekt mieszanek mineralno-asfaltowych wszystkich warstw bitumicznych, wybór odpowiedniego rodzaju asfaltu i uziarnienie mieszanki mineralnej.
- Spękania zmęczeniowe spowodowane są uginaniem nawierzchni na skutek przejeżdżających pojazdów. Powodują one powstanie naprężeń rozciągających w dolnej strefie warstw bitumicznych. Powtarzające się rozciąganie powoduje zniszczenie nawierzchni przez pęknięcie na skutek wyczerpania jej wytrzymałości zmęczeniowej.
- Zapobieganie: projektowanie konstrukcji nawierzchni o odpowiedniej grubości, zapewniającej właściwą nośność. Ogromny wpływ na wytrzymałość zmęczeniową nawierzchni mają właściwości i ilość asfaltu w najniższej warstwie bitumicznej.
- Spękania, tak zwane odbite, powstają w przypadku ułożenia warstw bitumicznych związanych cementem. Warstwy

zawierające cement ulegają skurczowi technologicznemu, na skutek którego tworzą się w nich mikrospeknięcia. Po ułożeniu warstw bitumicznych i obciążeniu ruchem speknięcia się powiększają, a w warstwach bitumicznych leżących nad spekaniem pojawiają się naprężenia rozciągające i ścinające. Po pewnym czasie speknięcia stają się widoczne na powierzchni drogi w postaci zwykle pojedynczego głębokiego speknięcia.

- Zapobieganie: projektowanie konstrukcji nawierzchni bez warstw związanych cementem. W przypadku projektowania warstwy podbudowy cementowej należy przewidywać stosowanie specjalnych membran przeciwspękaniowych z siatek lub geotekstyliów oraz dorabianie asfaltu o odpowiednich właściwościach (dużej kohezji) w warstwach leżących na takiej podbudowie.
- Spękania termiczne. Podczas szybkiego ochładzania powietrza (np. zimna noc pod słonecznym dniem) powierzchniowa warstewka warstwy ścieralnej ulega skurczowi. Pojawiające się wtedy naprężenia rozciągające mogą doprowadzić do powierzchniowego pęknięcia nawierzchni. Tak pęknięta nawierzchnia pod wpływem działania ruchu, wody i mrozu ulega dalszemu zniszczeniu.
- Zapobieganie: jedynym sposobem zapobiegania jest stosowanie w warstwie ścieralnej asfaltu o odpowiednich właściwościach – dużej elastyczności i kohezji w niskiej temperaturze.
- Zniszczenia powierzchniowe (rys. 2). Ten rodzaj uszkodzeń nawierzchni przejawia się przez wypadanie ziaren kruszywa oraz zaprawy z warstwy ścieralnej. Duże natężenie tej szkody może powodować powstawanie wybojów sięgających nieraz na głębokość całej warstwy. Przyczyn tego zjawiska może być wiele, od niewłaściwego zagęszczenia do złej jakości materiałów. Często przyczyną są zbyt słabe właściwości adhezyjne asfaltu do kruszywa, jest to tak zwany stripping, dlatego należy zwracać na nie uwagę podczas wyboru asfaltu i kruszywa. Zniszczenia powierzchniowe może spowodować źle wykonany remont cząstkowy drogi.



Fot. 2. Zniszczenia powierzchniowe warstwy ścieralnej

▼ 25 000 samochodów osobowych. A więc to nie samochody osobowe niszcą nawierzchnię drogi.

- Liczba pojazdów, czyli natężenie ruchu, mierzone liczbą pojazdów przejeżdżających w ciągu doby określonym odcinkiem drogi. Im jest ich więcej, tym gorzej. Żywotność, czyli trwałość nawierzchni, obliczana jest właśnie według natężenia ruchu pojazdów ciężarowych. Według tej liczby projektuje się grubości poszczególnych warstw nawierzchni, tak aby wytrzymała ona taki ruch przez na przykład okres 20 lat.

- Prędkość pojazdów ciężarowych – im jest mniejsza, tym gorzej. Każdy widział koleiny na drodze przy podjazdach pod górę, gdzie samochody ciężarowe jadą najwolniej, co działa katastrofalnie na nawierzchnię bitumiczną drogi. Nawierzchnia drogi ulega zniszczeniu również bez działania ruchu pojazdów. Są to czynniki związane z klimatem. Niskie temperatury, wielokrotne „przejścia temperatury przez zero” oraz upały powodują [2]:

- pękanie i wykruszanie się nawierzchni w zimie,
- powstawanie kolein i deformacji w lecie,
- powstawanie przełomów na wiosnę.

Znajomość mechanizmów powstawania zniszczeń nawierzchni oraz czynników, które je powstrzymują, daje możliwość opracowania metod zwiększenia trwałości drogi. W dalszej części niniejszego artykułu przedstawiono schematy powstawania zniszczeń nawierzchni [2].

Powierzchniowe utwalenie w naprawie nawierzchni drogowych

Na przestrzeni ostatnich lat wzrosła intensywność ruchu samochodowego na drogach, a tym samym konieczność ich napraw. Ograniczone środki finansowe jednostek odpowiedzialnych za utrzymanie dróg wymuszają stosowanie tańszych technologii. Jedną z nich, która znalazła w ostatnich latach szerokie zastosowanie, jest powierzchniowe utwalenie nawierzchni drogowych. Polega ono między innymi (typ LG) na skropieniu na-

wierzchni drogowej warstwą lepiszcza i pokryciu jej warstwą grysów [1-3].

Taka technologia stwarza jednak zagrożenie ze strony sypkich grysów, co ogranicza jej stosowanie w miastach. Jeżeli nośność konstrukcji drogi jest wystarczająca i na jej powierzchni występują jedynie drobne spękania, można powstrzymać destrukcję nawierzchni poprzez zamknięcie drobnych spękań cienką warstwą lepiszcza.

Uwaga! Powierzchniowe utwalenie może być wykonane jedynie na nawierzchniach o bardzo dobrym stanie warstw leżących poniżej.

Przesadne stosowanie technologii powierzchniowego utwalenia może powodować wtórne powstanie uszkodzeń na nawierzchni drogi, które ujawniają się zazwyczaj w dwa do czterech lat od wykonania naprawy.

Pierwszym zjawiskiem wskazującym na powstanie nowych uszkodzeń związanych z zastosowaniem utwalenia nawierzchni jest miejscowe wykruszanie się kruszywa spowodowane niejednorodną strukturą warstw leżących niżej, stanowiących podłoże nawierzchni. Ta niejednorodność struktur podłoża utrudnia właściwe dozowanie lepiszcza, co znajduje następnie odbicie w wypadaniu kruszywa i traceniu przez nawierzchnię szorstkości [2].

Bardzo często powstanie wyrw w nawierzchni lub niszczenie dużych powierzchni nawierzchni to kolejny przejaw uszkodzeń w wyniku zastosowania technologii powierzchniowego utwalenia.

Problem polega na tym, że większość obecnych technologii powierzchniowego utwalenia daje w efekcie wodoszczelną izolującą warstwę, a woda, jak wiadomo, jest największym wrogiem wszystkich typów nawierzchni.

Jeżeli w istniejącym podłożu występują miejscowe lub rozległe otwarte struktury, a nawierzchnia zostanie przykryta izolacją wodo- i paroszczelną, to proces jej niszczenia rozpoczyna się wraz ze wzrostem temperatury powietrza i samej nawierzchni. Powoduje to powstanie pod warstwą ścieralną pary wodnej o wysokim ciśnieniu, tym bardziej że jeden litr wody daje 540 litrów pary. W takim środowisku wzrasta możliwość występowania tak zwanego zjawiska o nazwie *stripping*, czyli zanikania przyczepności asfaltu do kruszywa. Środowisko takie stwarza ponadto optymalne warunki dla rozwoju mikroorganizmów, co dodatkowo potęguje proces niszczenia nawierzchni. Jedynie pytanie, które w tej sytuacji może powstać, to pytanie o przyczynę obecności wody mimo szczelnej izolacji. Otóż woda ma duże zdolności przenikania w najbardziej niedostępne miejsca i trudności z ponownym wydostaniem się z nich. Sytuacja pogarsza się, gdy wbudowane zostają dwie warstwy, jedna na drugiej. Może zdarzyć się wówczas, że warstwa wierzchnia zostaje mocno wyparta w górę po pierwszym okresie upałów i cała nawierzchnia ulega zniszczeniu. Gdy powierzchniowe utwalenie wykonane zostało na niewłaściwym podłożu, istnieje w zasa-

dzie tylko jeden sposób ponownego naprawienia szkody, a mianowicie usunięcie nawierzchni na całej głębokości i ponowne ułożenie nowej warstwy asfaltobetonowej. W przypadku dużych powierzchni jest możliwość wykonania recyklingu [1, 2].

Pomimo wielu negatywnych zjawisk, opisanych powyżej, technologii powierzchniowego utrwalenia nie uważa się za złą. Wprost przeciwnie, jest to wyjątkowo dobry i tani typ nawierzchni, gdy tylko jest prawidłowo stosowany. Wobec tego celami powierzchniowego utrwalenia nawierzchni jako zabiegu utrzymaniowego powinno być [2]:

- wytworzenie szorstkiej warstwy ścieralnej,
- uszczelnienie nawierzchni drogowej przez przenikaniem wody,
- powstrzymanie destrukcji nawierzchni,
- wykonanie warstwy ścieralnej o jednolitym wyglądzie i poprawionej estetyce.
- Do wykonania powierzchniowych utrważeń można zastosować następujące lepiszcza:
 - asfalty, ok. D200 na gorąco,
 - miękkie asfalty modyfikowane na gorąco,
 - asfalty upłynnione,
 - asfalty modyfikowane upłynnione,
 - emulsje asfaltowe 65% i 70%,
 - emulsje asfaltowe modyfikowane 70%,
 - asfalt spieniony na gorąco.

Stosowanie lepiszczy modyfikowanych polimerami znacznie rozszerza zakres wykonywanych utrważeń. Dodatek polimerów do lepiszczy asfaltowych modyfikuje ich jakość w wieloraki sposób, zależnie od użytego polimeru. Zmniejsza wrażliwość lepiszcza na działanie temperatury, polepsza adhezję w niskiej temperaturze oraz elastyczność wypełnienia pęknięć włoskowatych. Poza tym przyspiesza przyczepność lepiszcza do grysów i polepsza ogólną trwałość nawierzchni [2, 3].

Rozróżnia się kilka podstawowych rodzajów powierzchniowego utrwalenia w zależności od liczby i kolejności układanych warstw kruszywa i lepiszcza. Litera G g oznaczają grys grubo i drobny, natomiast litera L – lepiszcze [2]:

- Pojedyncze powierzchniowe utrwalenie (LG). Polega ono na skropieniu nawierzchni drogowej warstwą lepiszcza i pokryciu jej warstwą grysów.
- Klinowane powierzchniowe utrwalenie (LGg). Polega ono na ułożeniu pierwszej warstwy grysów w ilości 90% w porównaniu z pojedynczym, a następnie ułożeniu drugiej warstwy drobniejszych grysów, które klinując większe grysy tworzą stabilny układ warstw. Tego typu powierzchniowe utrwalenie stosowane jest na drogach o ruchu szczególnie ciężkim lub szybkim.
- Podwójne powierzchniowe utrwalenie (LGLg). Polega ono na dwukrotnym wykonaniu zabiegu pojedyncze-

go powierzchniowego utrwalenia z użyciem grubszego kruszywa na pierwszą warstwę.

- Pojedyncze powierzchniowe utrwalenie z podkładem grysowym typu „sandwich” (GLg). Polega ono na ułożeniu pierwszej warstwy grysów bezpośrednio na podłożu (bez skropienia lepiszczem), a potem wykonaniu powierzchniowego utrwalenia. Tego rodzaju utrwalenia wykonuje się na nawierzchniach z nadmiarem lepiszcza.
 - Podwójne powierzchniowe utrwalenie z podkładem grysowym (GL-GLg). Polega ono na ułożeniu pierwszej warstwy grysów bezpośrednio na podłożu (bez skropienia lepiszczem), a potem wykonaniu podwójnego powierzchniowego utrwalenia.
- Aby powierzchniowe utrwalenie nawierzchni drogi zdało egzamin, przed odnową nawierzchni należy [2]:
- wypełnić duże szczeliny,
 - usunąć stare łąty z asfaltu lanego i zastąpić je materiałem nieprzeasfaltowanym,
 - prawidłowo wyremontować wszystkie inne uszkodzenia,
 - uporządkować otoczenie drogi.

W przeciwnym przypadku prowadzone roboty mogą okazać się tylko stratą pieniędzy.

Nawierzchnie typu „beton na asfalt”

W celu zabezpieczenia przed koleinowaniem wyeksploatowanych nawierzchni bitumicznych oraz w celu ich wzmocnienia wprowadzono specjalną technologię napraw znaną w Europie jako *whitetopping*. Nawiązuje ona do amerykańskich doświadczeń ze stosowania nakładek z betonu cementowego na zniszczone nawierzchnie bitumiczne. W Polsce wzmocniono w ten sposób odcinek drogi Mircza – Borsuk. Warstwa betonu cementowego dzięki swej sztywności powoduje równomierne rozłożenie w starej nawierzchni lub podbudowie drogi obciążeń związanych z ruchem pojazdów oraz chroni nawierzchnię bitumiczną przed zbytnim nagrzewaniem [1-3].

Nakładki z betonu cementowego można wykonywać w następujących technologiach [2]:

- Konwencjonalny *whitetopping* – to nakładka z betonu cementowego, zwykle o grubości powyżej 10 cm, układana bezpośrednio bez przygotowania powierzchni starej nawierzchni bitumicznej, najczęściej w dekowaniach stałych. Konwencjonalna nakładka betonowa jest zalecana w przypadku silnie zniszczonych nawierzchni, kiedy podwyższenie niwelety nawierzchni nie spowoduje dużych kłopotów z wyjątkiem powstania uskoków między starym poboczem a krawędzią nakładki betonowej.
- Cienka nakładka, czyli *ultra-thin whitetopping* (UTW), to nakładka z betonu cementowego, zwykle o grubości poniżej 10 cm, układana na starej nawierzchni bitumicznej po jej wyrównaniu masą mineralno-asfaltową o śred-

- ▼ niej grubości około 5 cm lub sfrezowaniu nawierzchni zniszczonej. Cienkie nakładki służą głównie jako środek zaradczy przeciw koleinom. Podstawową cechą ich konstrukcji jest związanie betonu z warstwą bitumiczną i późniejszy, po upływie 8-16 godzin od chwili ułożenia mieszanki betonowej, podział betonu na płyty szczelinami pozornymi, i pełnymi wykonanymi za pomocą przecinarek. Szczeliny pełne, dylatacyjne wypełnia się masą zalewową. Cienkie nakładki wykonuje się na odcinkach dróg, gdzie istnieje wystarczająca grubość warstw bitumicznych, gwarantująca odpowiednie podparcie.
- Wylewki betonowe, czyli *concrete inlay*, to nakładka z betonu cementowego układana w „rynny” powstałej przez wyfrezowanie części warstwy bitumicznych. Warunkiem wykonywania wylewek jest odpowiednia grubość wszystkich warstw bitumicznych, gwarantująca, że po sfrezowaniu części z nich pod nawierzchnią betonową pozostanie jeszcze wystarczająca grubość „bitumicznego podparcia”. Technologia ta stosowana jest tam, gdzie należy wymienić nawierzchnię tylko na jednym pasie ruchu lub przy dojazdach do skrzyżowań w miejscach występowania tak zwanej tarki.
- Skład betonu do wykonywania cienkich nakładek zasadniczo nie różni się od stosowanego przy wykonywaniu nawierzchni betonowych. Nakładki o grubości

5-10 cm o wysokiej wytrzymałości wymagają betonu wzmocnianego włóknami i domieszek uplastyczniających, które zwiększają spistość mieszanki betonowej i poprawiają odporność betonu na starzenie się oraz uderzenia, zwłaszcza w obrębie połączenia beton/asfalt. W przypadku potrzeby szybkiego oddania nawierzchni do ruchu stosuje się betony szybkotwardniejące serii „Fast Track Concrete” [2].

Nakładki z betonu cementowego można wykonać tradycyjnym sprzętem za pomocą układarki z deskowaniem ślizgowym, wibratorami buławowymi umieszczonymi w koszu zasypowym układarki, belki wibracyjnej i wibratorów oraz za pomocą deski równającej z wibratorem. Uszorstnienie tekstury powierzchni betonu można wykonać za pomocą: szczotki, ryflowania, wymywania zaczynu cementowego, wyciskania lub uszorstnienia pneumatycznego (pod ciśnieniem) stwardniałego betonu [2].

Uwaga! Nawierzchnię wyremontowaną nakładkami z betonu cementowego można oddać do eksploatacji dopiero po 24 godzinach. □

Piśmiennictwo

1. Gawel J., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. Warszawa 2001.
2. Jodłowski M.: *Operator maszyn do robót drogowych*. Krosno 2009.
3. Rolla S., Sawicki E.: *Technologia robót w budownictwie drogowym*. Warszawa 1992.

reklama

 Drogowo-Mostowy.pl



Prenumerata roczna:
380 zł brutto
 (324,07 zł netto
 + 8% VAT
 oraz koszty pakowania
 i wysyłki)

**WIEDZA,
 KTÓRA BUDUJE
 TWÓJ SUKCES**

- **praktyczne artykuły** – wsparcie oraz źródło inspiracji w codziennej pracy
- **najnowsze technologie** stosowane w budownictwie drogowym
- ciekawe **wywiady** i opinie ekspertów z branży,
- tematyczne **przeгляdy** stosowanych materiałów, przepisów i technologii
- **analizy zagadnień prawnych** związanych z budownictwem drogowym

**Zostań
 prenumeratorem!**



 **Elamed**
 MEDIA GROUP

Zamów: dla **Specjalistów.pl**

tel. 32 788 51 28, Infolinia: 801 888 980