

Tomasz WIĘCKOWSKI

## PROFILE OPTYCZNE POWŁOK LAKIEROWYCH – ANALIZA I ZASTOSOWANIA PRZEMYSŁOWE

**STRESZCZENIE** *Samochodowe powłoki lakierowe nie tylko chronią ale i zdobią. Lśniąca, jednolita w odbiorze wizualnym powłoka lakierowa w eleganckim kolorze świadczy również o wysokiej jakości produktu, nadaje mu luksusowy charakter. Te własności wizualne, opisywane do tej pory dość dowolnie i subiektywnie, możemy dziś wyrazić liczbami. Oprócz barwy i połysku, których skale i systemy funkcjonują już od dawna, przemysł samochodowy i współpracujące z nim laboratoria technologiczne i kontroli jakości opracowały standardy oceny struktury powłok lakierowych. Ich pomiar i ocena polega na skanowaniu profili optycznych powłok oraz analizie zdolności odwzorowywania obrazów przez powłoki lakierowe. Niniejsze opracowanie stanowi wprowadzenie do tych zagadnień na przykładzie rozwiązań wiodącego producenta oprzyrządowania – niemieckiej firmy BYK Gardner GmbH.*

**Słowa kluczowe:** *powłoki lakierowane, profile optyczne*

### 1. WSTĘP

---

Całościowe wrażenie wizualne zależy od trzech podstawowych wielkości:

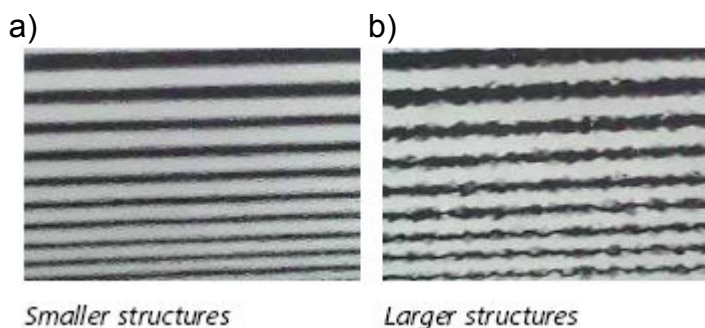
- rozmiarów struktury powłoki lakierowej
- odległości obserwacji
- zdolności formowania obrazów

---

**mgr inż. Tomasz WIĘCKOWSKI,**  
e-mail: [biuro@eurotom.pl](mailto:biuro@eurotom.pl)

EUROTOM Sp. z o.o.  
Miejscowość: WARSZAWA

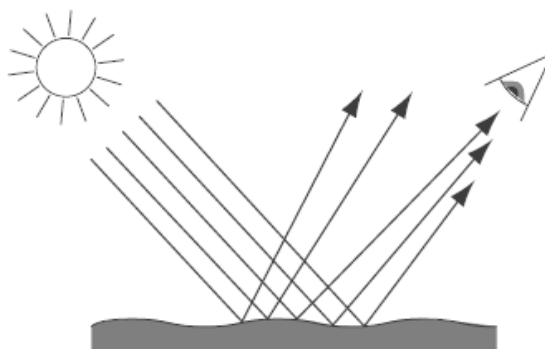
I tak powierzchnie o różnej strukturze będą różniły się wizualnie:



**Rys. 1. Różnice wizualne powierzchni o różnej strukturze:** a) mniejsze struktury, b) większe struktury

Powłoki samochodowe charakteryzują się zakresem struktur od ok. 0,1 mm do 30 mm.

Zjawisko pofalowania powierzchni lakierowej bywa oceniane wizualnie i określane jako „skórka” lub „struktura”. Ta tzw. „skórka pomarańczowa” obserwowana jest na powierzchniach wysoko połyskliwych w formie pofalowanego wzoru stref ciemnych i jasnych. W zależności od nachylenia zbocza fali (elementu struktury) światło odbijane jest w różnych kierunkach i pod różnym kątem. Jedynie obszary odbijające światło w kierunku obserwatora zostaną zarejestrowane jako jasne.



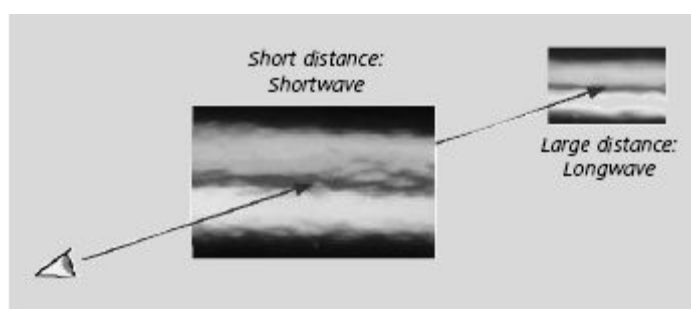
**Rys. 2. Rejestracja światła odbitego**

Widoczność struktur związana jest z kolejnym ważnym parametrem - dystansem obserwacji. Wraz ze wzrostem odległości obiekty obserwowane wydają się mniejsze. Struktury o wielkości 10 do 30 mm są najlepiej widoczne z odległości ok. 3 m, mniejsze struktury zaś, te w zakresie 0,1 do 1 mm najlepiej oceniać z dystansu czytania.

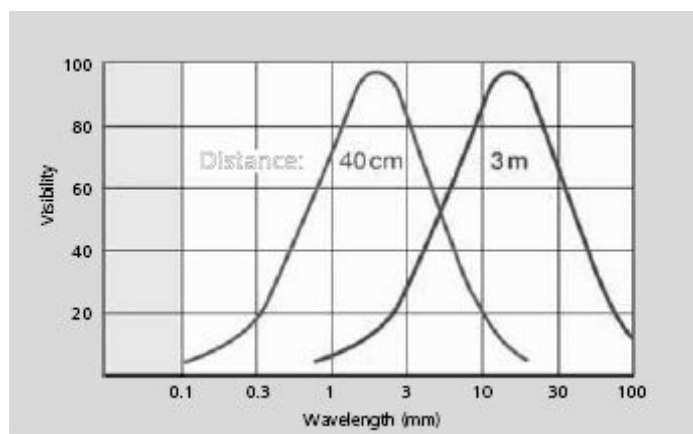
Należy przypomnieć o kluczowej roli, jaką odgrywa fizjologicznie uwarunkowana rozdzielczość wzroku. Struktury poniżej 0,1 mm nie będą już

rozpoznawane jako czarno-białe pasma, nawet w bardzo bliskim oglądzie. Ale wynikiem ich obecności i natężenia będzie utrata zdolności odwzorowywania obrazu w odbiciu przez daną powierzchnię. Przy obserwacji z odległości 3 m struktury o wielkości 1 do 3 mm są z trudem widoczne, lecz mają wpływ na całościowe wrażenie wizualne.

Małe i mikro-struktury decydują o lepszych lub gorszych właściwościach odwzorowania obrazu w odbiciu. Dobra jakość odwzorowania obrazu rozpoznawalna jest po ostrych, kontrastowych liniach granicznych w obrazie odbitym.



**Rys. 3.** Krótki dystans obserwacji uwidacznia tzw. falę krótką (SW); fala długa (LW) staje się widoczna z dalszej odległości

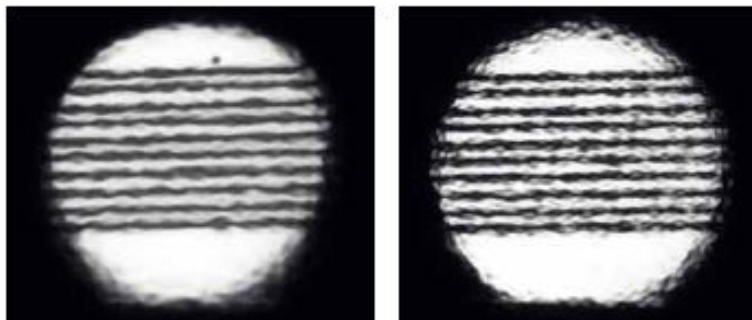


**Rys. 4.** Widzialność detali w funkcji wielkości struktur powierzchni. Parametrem jest odległość obserwacji

#### Zdolność odwzorowania z małej odległości:

Distinctness of Image (DOI) = wyrazistość obrazu

DOI określane bywa również jako ostrość, klarowność lub krystaliczność. Wielkość ta jest redukowana przez pojawienie się na powierzchni struktur poniżej 0,3 mm, na granicy rozdzielczości optycznej ludzkiego oka.



Rys. 5. Zdolność odwzorowania z a) małej i b) dużej odległości

#### **Zdolność odwzorowania z małej odległości:**

Distinctness of Image (DOI) = wyrazistość obrazu

DOI określane bywa również jako ostrość, klarowność lub krystaliczność. Wielkość ta jest redukowana przez pojawienie się na powierzchni struktur poniżej 0,3 mm, na granicy rozdzielczości optycznej ludzkiego oka.

#### **Zdolność odwzorowania z dużej odległości:**

Wet look = „mokry wygląd”

O zdolności odwzorowania przy odległości obserwacji ok. 3 m decydują struktury o wielkości 1 – 3 mm. Dobre własności charakteryzuje „mokry” wygląd powierzchni.

## **2. SYMULACJA WRAŻENIA WIZUALNEGO**

Skanowanie profilu optycznego.

W celu symulacji wrażenia wizualnego skonstruowano przyrząd skanujący powierzchnię lakierową promieniem laserowym pod kątem 60° i detektorem analizującym promień odbity pod kątem padania. Jest to układ pomiarowy geometrycznie odpowiadający normatywnemu pomiarowi połysku na powierzchniach średniopołyskliwych. Istotną różnicę stanowi użyte tu źródło światła – laser. Przyrząd przemierza zdefiniowany odcinek skaningowy dokonując pomiaru refleksyjnego i zdejmując profil optyczny powierzchni.

Wave-scan – pod taką nazwą handlową przyrząd oferowany jest na rynku – analizuje struktury za względu na ich wielkość; by odnieść wynik do

dystansu obserwacji, wyniki filtrowane są matematycznie i przedstawiane w formie „spektrum strukturalnego”.

Wyróżniono następujące zakresy struktury:

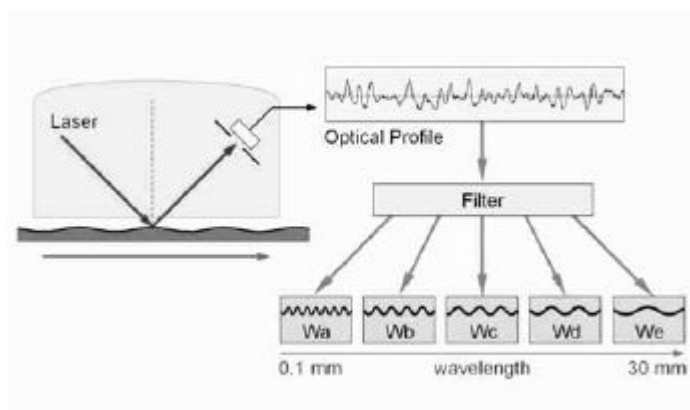
Zakres *Wa*: od 0,1 do 0,3 mm

*Wb*: od 0,3 do 3,0 mm

*Wc*: od 1,0 do 3,0 mm

*Wd*: od 3,0 do 10 mm

*We*: od 10 do 30 mm



Rys. 6. Schemat działania Wave-scan

Wave-scan – pod taką nazwą handlową przyrząd oferowany jest na rynku – analizuje struktury za względu na ich wielkość; by odnieść wynik do dystansu obserwacji, wyniki filtrowane są matematycznie i przedstawiane w formie „spektrum strukturalnego”.

Wyróżniono następujące zakresy struktury:

Zakres: *Wa*: od 0,1 do 0,3 mm

*Wb*: od 0,3 do 3,0 mm

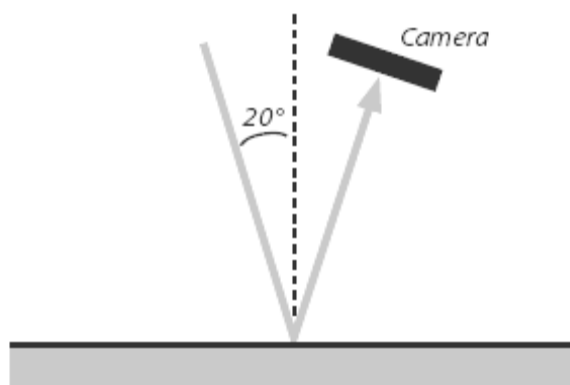
*Wc*: od 1,0 do 3,0 mm

*Wd*: od 3,0 do 10 mm

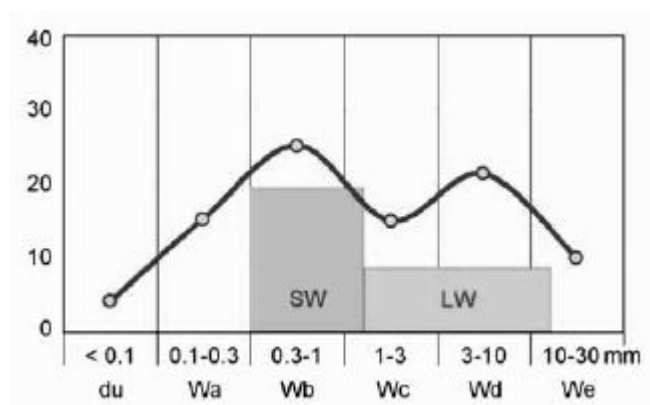
*We*: od 10 do 30 mm

Dla scharakteryzowania stref ważnych w odbiorze wizualnym wyróżniono obszary SW (short wave = fala krótka) w zakresie 0,3 do 1,2 mm oraz LW (long wave = fala długa) w zakresie 1,2 do 12 mm.

Dla struktur poniżej 0,1 mm, także wpływających na całość wrażenia wizualnego, wyznaczono obszar oznaczony  $du$  (dullness = nieostrość). Własności optyczne w tym zakresie struktury mierzone są układem mini-projektora rzucającego wzór geometryczny na badaną powierzchnię i kamery CCD analizującej odbicie tego obrazu pod kątem  $20^\circ$ .



Rys. 7. Badanie przy pomocy miniprojektora



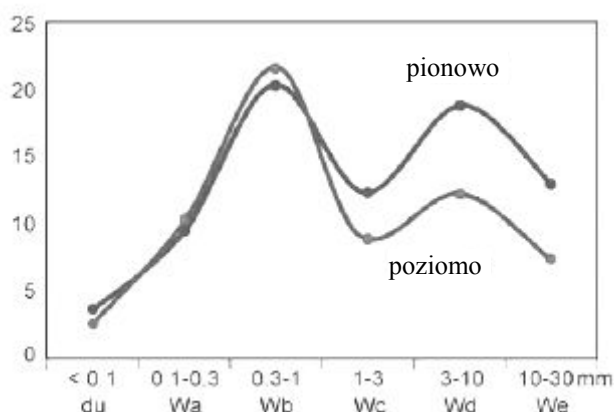
Rys. 8. Spektrum strukturalne

Wartości uzyskane w wyniku analizy matematycznej i rozkładu spektralnego profilu optycznego przedstawiane są w obszarach  $du$  oraz od  $Wa$  do  $We$  jako tzw. spektrum strukturalne. Na osi odciętych naniesiono względną amplitudę fali profilu. Tego rodzaju prezentacja daje szerokie możliwości analizy i obserwacji wpływów parametrów fizycznych materiałów oraz procesów utwardzania na finalną strukturę powłoki lakierowej i jej własności wizualne.

### 3. PRZYKŁADY:

#### Wpływ pozycji utwardzania termicznego:

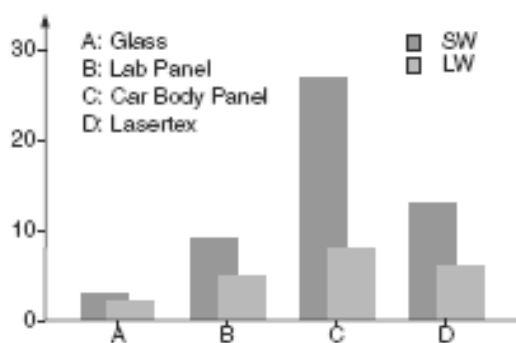
Charakterystyka niebieska pokazuje elementy karoserii, gdzie lakier utwardzono w piecu lakierniczym w pozycji pionowej (drzwi, słupki, pionowe obszary błotników). Krzywa czerwona to elementy poziome – maska, dach, pokrywa bagażnika.



Rys. 9. Wyniki badań na pionowych i poziomych elementach karoserii

#### Wpływ podłoża:

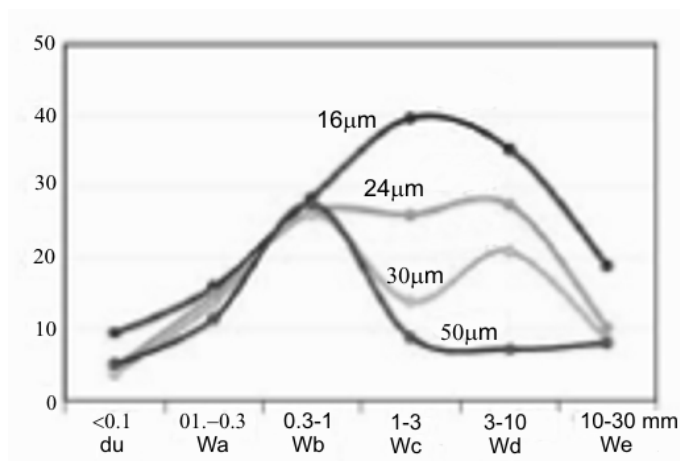
Poniższy wykres uwidacznia wpływ podłoża na strukturę wierzchniej powłoki lakierowej. Podłoże przebija się do najwyższych warstw i wpływa znacząco na wyrazistość ostatniej powłoki. Próbka D to wymalowanie na podłożu lasertexu, materiału do specyficznej strukturze, redukującej pofalowanie w obszarze SW.



Rys. 10. Wpływ podłoża na strukturę wierzchniej powłoki lakierowej

**Wpływ grubości powłoki:**

Spektrum strukturalne może pomóc w optymalizacji wyglądu powłoki lakierowej, m.in. przez dobór odpowiedniej grubości poszczególnych powłok składowych. Podwyższenie grubości powłoki wierzchniej (clear coat) poprawia rozlewność i ściekalność. Odzwierciedlają to niższe wartości w obszarach Wc i Wd.



**Rys. 11. Wpływ grubości powłoki na spektrum strukturalne**

Trwają prace teoretyczne nad „przestrzenią strukturalną”, budowaną na analogicznych zasadach do przestrzeni barw w systemie CIELab.



**Rys. 12. Wave-scan DUAL do pomiarów struktury na powłokach o wysokim i średnim połysku.**

*Rękopis dostarczono dnia 3.12.2008 r.*

**Opiniował: prof. dr hab. inż. Jacek SOSNOWSKI**



## OPTICAL PROFILES OF PAINT COATINGS AND FINISHES – ANALYSIS AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

Tomasz WIĘCKOWSKI

**ABSTRACT** *The paint finish of a car has two main requirements: protect the surface underneath and enhance the quality and appearance of the overall product. Eye catching finishes should not only have a beautiful and rich color, but look like a mirror: high gloss and perfectly smooth. These properties should of course not diminish over time. A range of measuring instruments has been developed in order to express the appearance phenomena in digital terms. In addition, the measured data can be used for trouble shooting to improve the quality. The obtained so-called structure spectrum supports process and material engineering to optimize material properties and application parameters. This paper is based on BYK-Gardner GmbH technical information data sheets – i.e. it is coming from the most advanced technology source in the field.*