

# Objektivní měření mrakovitosti

## Mottling – rovnoměrná distribuce metalického pigmentu při lakování v automobilovém průmyslu

### 1. Úvod

V dnešní době jsou velmi vysoké nároky na kvalitu povrchových úprav v automobilovém průmyslu z pohledu jednotnosti vzhledu a barevného odstínu. Je ověřeno, že výborný vzhled laku karoserie pozitivně působí na vnímání kvality celého vozu a rozhodování zákazníka o jeho koupi. Z toho důvodu je důležité, aby měla karoserie vozu a všechny exteriérové díly jednotný vzhled a barevný odstín. Jednotný vzhled je hlavním kritériem kvality.

Mrakovitost není ničím novým, výrobci automobilů tento efekt vizuálně kontrolují již řadu let. Vizuální kontrola však má jeden velký nedostatek – podle čeho pozorovatel rozhodne zda je vzhled dílu vyhovující či nikoliv? Vnímání efektu mrakovitosti je velmi subjektivní a proto je potřeba měřicího přístroje, který jej objektivně změří a výsledek zobrazí ve formě hodnoty, pro kterou lze nastavit toleranci. Mrakovitost spočívá v malých rozdílech světlosti barevného odstínu v ploše a je nejlépe pozorovatelná na světlých metalických barvách. Tento efekt může být způsoben nesprávnou formulací barvy (rozdíly v množství, typu, velikosti metalického pigmentu) nebo špatným nastavením procesu lakování. Například: nerovnoměrná tloušťka vrstvy barvy (base coat) nebo špatná orientace částic metalického pigmentu.

Za vývojem přístroje cloud-runner stojí skupina odborníků z automobilky, výrobců nátěrových hmot pro automobilový průmysl, výrobců aditiv a pigmentů, a výrobců lakovacích zařízení. Tato skupina odborníků měla za úkol ohodnotit velké množství vzorků s různými velikostmi a viditelností mraků. Vývoj přístroje se podířil jednomu zásadnímu faktu – výsledky přístroje musí bezvadně souhlasit s tím, co vidí lidské oko.

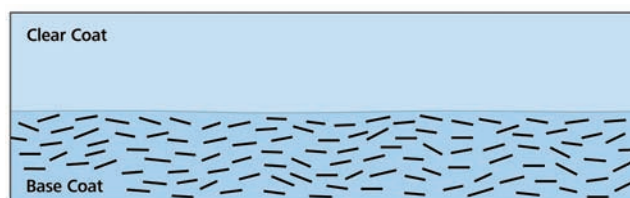
### 2. Vizuální vyhodnocení mrakovitosti a její možné příčiny

Vzhled karoserie vozu a dalších lakovaných částí je popsán ve standardech jednotlivých automobilky. Ve standardech jsou popsány požadavky na vzhled a nežádoucí defekty lakovaných dířů. Mrakovitost je jedním z nechtěných defektů lakovaného povrchu. Co tedy je mrakovitost? Rozdíly ve světlosti barevného odstínu na ploše, které jsou viditelné a popsatelné jako: textura, pruhy, fleky, mraky. Tyto defekty mohou nabývat různé velikosti a jsou dobře pozorovatelné především na velkých plochách karoserie jako jsou kapota nebo dveře.

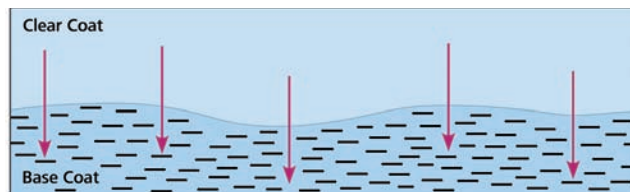
Některé automobilky používají pro vizuální posouzení mrakovitosti referenční panely s různými stupněmi tohoto defektu. Ovšem vizuální posouzení není vždy dokonalé a záleží na řadě vnějších vlivů: spektrum okolního světla a jeho intenzita, vzdálenost od pozorovaného povrchu, úhel pozorování vzhledem ke karoserii a vzhledem ke zdroji světla, atd... Nemalý podíl na posouzení dobrého či špatného vzhledu má i citlivost jedince, který objekt hodnotí.

Čím může být mrakovitost způsobena? Příčiny lze rozdělit do dvou skupin:

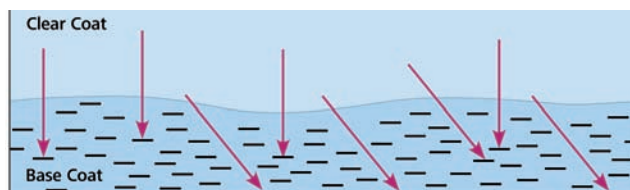
1. **formulací nátěrové hmoty** – například použitím nevhodného aditiva, které neumožní správné rozložení částic metalického pigmentu ve vrstvě (obrázek 1), popřípadě použitím jiného typu metalického pigmentu.
2. **nastavením podmínek procesu lakování** – například rozdílnou tloušťkou aplikované vrstvy, která způsobí prosvítání podkladu (obrázek 2, 3).  
Současná změna šarže barvy a nastavení podmínek lakování pak může snadno způsobit naprosto odlišný vzhled a značnou mrakovitost.



Obrázek 1: Špatná orientace částic metalického pigmentu



Obrázek 2: Rozdílná tloušťka barvy



Obrázek 3: Rozdílná tloušťka barvy

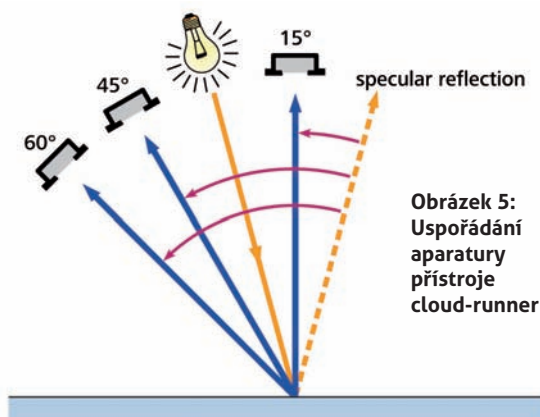
To vše jsou pádné argumenty proč mrakovitost měřit a větší na výrobců nátěrových hmot tak činí pomocí víceúhlných spektrofotometrů na měření barevného odstínu. Takový postup je však velmi náročný (vyžaduje velmi vysoký počet měření, zpravidla 100 a více) a v podmínkách běžné lakovny v automobilce neaplikovatelný.



Obrázek 4: Příklad vlivu pozorovací vzdálenosti na vnímání efektu mrakovitosti.

### 3. Objektivní měření mrakovitosti

Pro objektivní posouzení mrakovitosti je potřeba změřit změnu světlosti na velké ploše, pod různými pozorovacími úhly (obrázek 5, 6).



Obrázek 5: Uspořádání aparatury přístroje cloud-runner



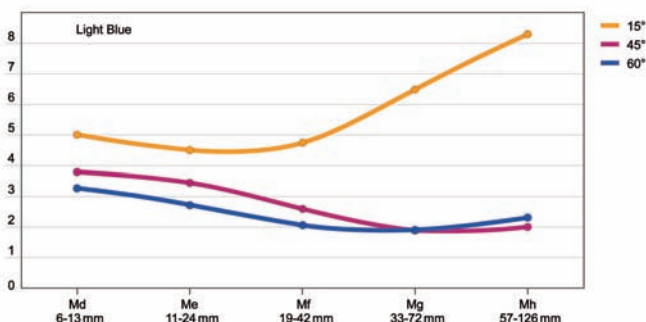
Obrázek 6: Přístroj cloud-runner

Přístroj cloud-runner při měření automaticky zaznamenává změnu světlosti odraženého světla od povrchu, který je osvětlen LED světelným zdrojem umístěným 15° od kolmice k povrchu. Záznam odraženého světla pak probíhá na senzorech, které jsou umístěny v úhlech 15°, 45°, 60° od pomyslného úhlu odrazu světla. Měření probíhá na dráze 10–100 cm (lze nastavit podle velikosti měřeného dílu) a při posunu přístroje se neustále vyhodnocuje změna světlosti (obrázek 7).



Obrázek 7: Záznam změny světlosti povrchu při skenování

Zaznamenaný výsledek se automaticky přepočítá do šesti základních hodnot, které odpovídají velikosti jednotlivých mraků a jejich viditelnosti. Záznam skenování probíhá automaticky pro všechny tři pozorovací úhly a výsledek je následně přenesen do grafu: osa X (6 skupin velikosti mraků), osa Y (viditelnost mraků – vyšší hodnota = lépe viditelný mrak) – viz obrázek 8.



Obrázek 8: Záznam měření mrakovitosti pro 3 detekční úhly současně

Mottle Size	
Md	6 - 13 mm
Me	11 - 24 mm
Mf	19 - 42 mm
Mg	33 - 72 mm
Mh	57 - 126 mm
Mi	100 - 200 mm

### 4. Souvztažnost naměřených výsledků s tím, co vidí lidské oko

Většina jedinců nejlépe rozeznává mraky s velikostí 50 až 100 mm. Z toho důvodu je potřeba použít pro vizuální posouzení i měření dostatečnou plochu o minimálních rozměrech 30×50 cm. Tento fakt byl potvrzen nezávislou studií výrobců barev pro automobilový průmysl, kteří hodnotili různé velikosti mraků na různých barevných odstínech. Jak je popsáno již výše, malé velikosti defektů – malé mraky jsou způsobeny formulací a běžně jsou popsány jako TEXTURA. Tato textura má vliv na viditelnost velkých mraků – MRAKOVITOST. Příklad: mrakovitost stříbrné metalické barvy bude lépe viditelná při jemnější textuře a naopak hůře viditelná při vyšší textuře.

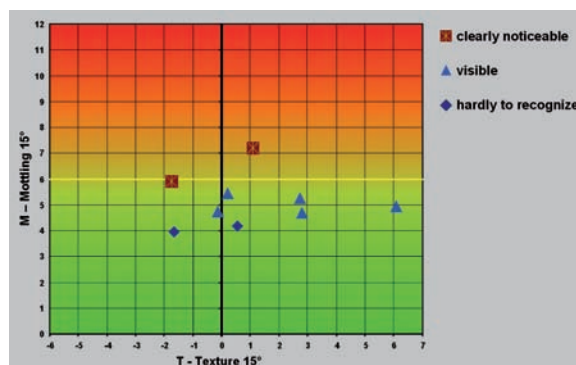
Aby bylo možné zavést tolerance pro mrakovitost, bylo potřeba zjednodušit výsledek měření. Výsledkem tohoto zjednodušení je souhrnná hodnota pro velké mraky (M):

$$M = LM * (1 - f * T) \quad \text{kde } LM = (0.5M_f + \max(M_g, M_h))/1.5$$

A souhrnná hodnota pro malé defekty, tj. Texturu (T):

$$T = (M_d + 0.5M_e)/1.5 - 6$$

Pro snažší vyhodnocení výsledků se hodnoty M (Mraky) a T (Textura) přenesou do grafu Mottle-Chart (obrázek 9), který může být použit pro kontrolu kvality nebo pro optimalizaci mrakovitosti. Pro účely kontroly kvality lze nastavit toleranci (zelená – oranžová – červená) pro hodnotu M.

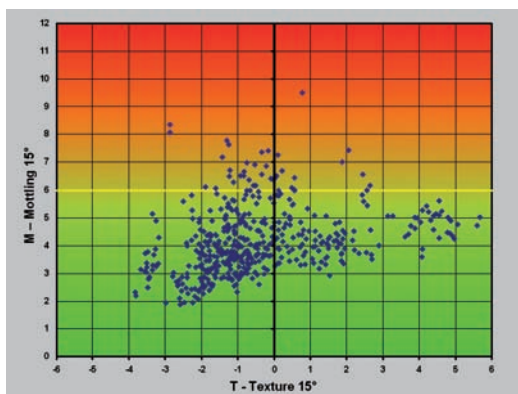


Obrázek 9: Mottle-Chart

## 5. Praktické případy použití přístroje cloud-runner v praxi

### Běžná kontrola kvality:

Jak již bylo zmíněno, mrakovitost je závislá na nastavení procesu lakování. Z toho důvodu je potřeba objektivně kontrolovat proces lakování, zejména při zavádění změn jako jsou: náběhy nových barev, změna šarže barvy, změna nastavení lakovacích robotů, atd... Obrázek 10: výsledky měření 100 karoserií s různými barevnými odstíny a různou texturou. Byla nastavena tolerance pro hodnotu M 15°. Uživatel dostane jasný přehled o stavu měřených vozidel.



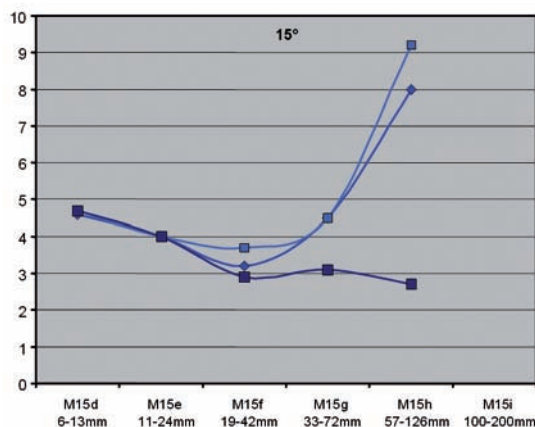
Obrázek 10: Výsledky měření 100 karoserií v grafu Mottle-Chart

### Vznik pruhů:

Klasickým příkladem špatně nastaveného procesu lakování je vznik tzv. pruhů (obrázek 11).



Obrázek 11: Pruhů



Obrázek 12: Výsledky měření kompletního spektra mrakovitostí vyhovujících dílů (dveře) a nevyhovujících dílů (kapota)

Obrázek kompletního spektra mrakovitosti (obrázek 12) zobrazuje výsledky měření na stříbrné metalické barvě. Výsledná křivka zobrazuje zvýšení hodnoty M<sub>15</sub>, pro měření na kapotě vozu, zatímco na dveřích vozu tato hodnota zůstává nízká.

Pro správnou detekci defektu – pruhů v tomto případě, bylo potřeba měření na dostatečné vzdálenosti a současně správné orientace měření – kolmo vůči směru lakování.

## 6. Závěr

Pro zaručení dobrého jednotného vzhledu lakovaného povrchu je zapotřebí profesionální měřicí techniky. Vizualní posouzení je nedostatečné, neboť závisí na řadě vnějších vlivů, které nemůžeme ovlivnit a které v prostředí sériové výroby nejsou vhodné. Pro vizualní posouzení nelze stanovit tolerance. Při měření přístrojem je výsledkem číslo, pro které lze stanovit jasnou toleranci.

*Autor: Gabriele Kigle-Böckler, Global Business Manager  
Přeložil: Jan Vláčil, Sales Manager Czech Republic & Slovakia  
Firma: BYK-Gardner GmbH, Lausitzerstr.8, 82538 Geretsried, Germany*

**Uspadněte si práci, použijte měřicí přístroj a lepší výsledky se rychle dostaví!**

### Použitá literatura:

- Alman, D. H., „Directional Color Measurement of Metallic Flake Finishes“, Proceedings of the ISCC Williamsburg Conference on Appearance, 53 (1987)
- Baba, G., Kondo, A., and Mori, E., „Goniometric Colorimetry“, Proceedings of the 6<sup>th</sup> Congress of the AIC, Vol. II, 213, Buenos Aires (1989)
- Eierhoff, D., Wigger, D., „On Cloud Nine – A Potential Evaluation Tool for Local Fluctuations of the Viewing Angle Dependent Brightness of Automotive Effect Coatings“, Proceedings of the 7<sup>th</sup> COSI 2011 Coatings Science International Conference, Noordwijk (2011)
- Kigle-Böckler, G., „New and Innovative Testing Technologies for Effect Finishes“, Proceedings of the 11<sup>th</sup> AIC Color Congress, Sydney (2009)
- Kirchner, E. J. J., van den Kieboom, G. J., Njo, S. L., Super, R., Gottenbos, R., „The Appearance of Metallic and Pearlescent Materials“, COLOR research and applications, 2006 Wiley Periodicals, Inc.

