

KONTROLA JAKOSTI OCHRANNÉHO POVLAKU

Znaky jakosti povlaku

- Barva povlaku
- Lesk/matnost povlaku
- **Tloušťka povlaku**
 - Druh povlaku
 - Základní materiál
 - Provozní podmínky
- **Pórovitost povlaku**
 - Ochranná účinnost
 - Korozní hnízda
- ...

Místo kontroly

Mezioperační kontrola

- Stupeň odmaštění
- Drsnost povrchu
- Kvalita konverzních vrstev
- Tloušťka povlaku

Konečná výstupní kontrola

- Vzhledové vlastnosti
 - Celistvost, barva
 - Lesklost, matnost

Místo kontroly

Konečná výstupní kontrola

– Funkční vlastnosti

- Přílnavost
- Drsnost
- Tvrdost
- Vnitřní pnutí
- Odolnost proti otěru
- El. vlastnosti
- Pájitelnost

Místo kontroly

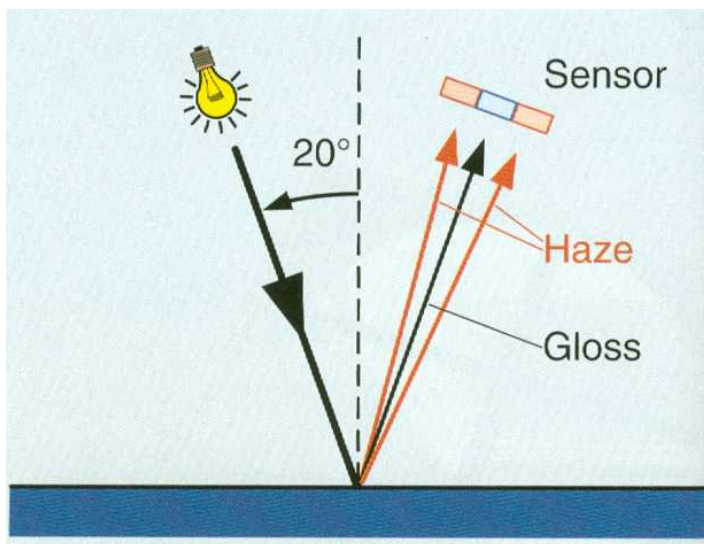
Konečná výstupní kontrola

- Ochranné vlastnost
 - Tloušťka
 - Pórovitost

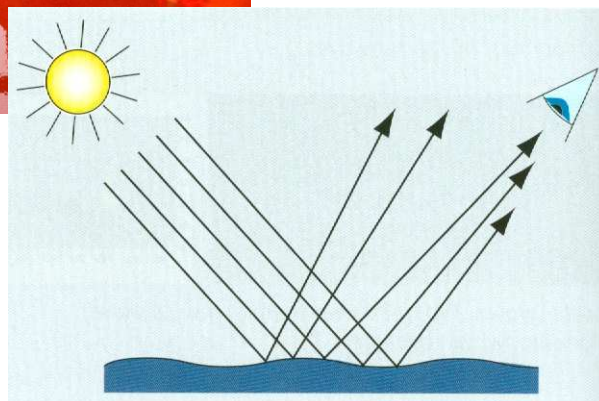
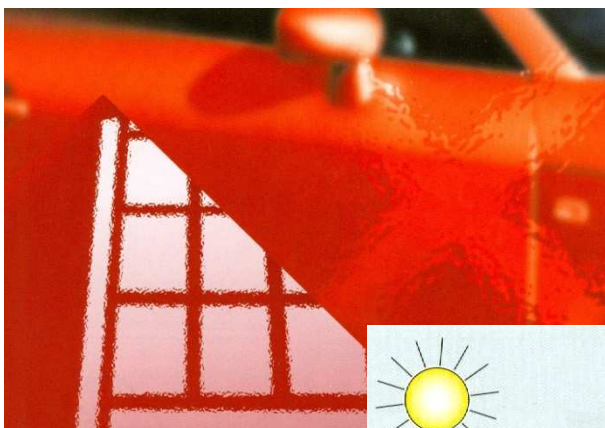
Kontrolované znaky

- Znak jakosti se kontroluje:
 - Zkoušením (destruktivní)
 - Měřením (nedestruktivní)

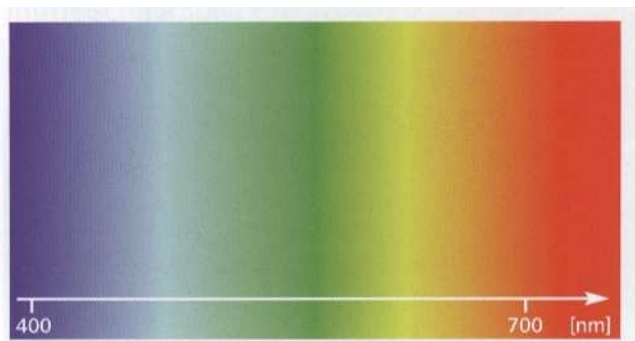
Lesk/matnost



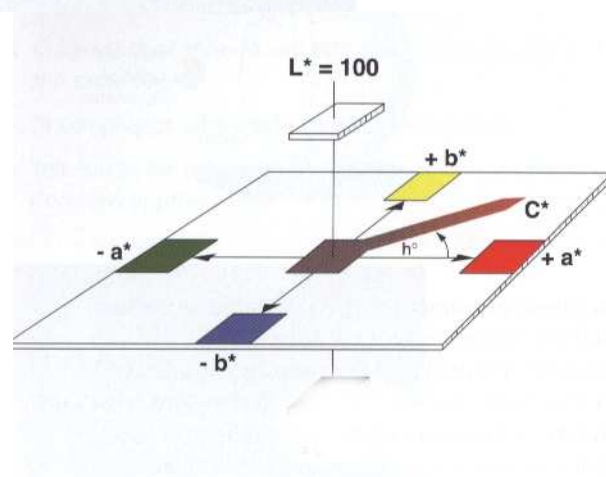
Pomerančová kůra



Barva



White daylight dispersed into the spectral colors (rainbow)



Tloušťka povlaku

Tloušťka = povrch – fázové rozhraní

Rozlišuje se:

- Místní tloušťka (obvykle na ploše $\varnothing$ 3,5 mm)
- Průměrná tloušťka

Podle typu povlaku:

- Jednovrstvý povlak
- Vícevrstvý povlak (Cu/Ni/Cr)
- Slitinový povlak (Pb-Sb)

Tloušťka povlaku

Hodnoty tloušťky:

- Nátěrové povlaky μm
- Žárové povlaky g.m^{-2}

$$h = k.G \quad k_{\text{Sn}} = 0,137$$

$$k_{\text{Zn}} = 0,15$$

Význam kontroly tloušťky:

- 1 – zásadní
- 2 – doplňující
- 3 – bez významu

Destruktivní metody

Metoda snímací (chemická, elektrochemická)

Tloušťka je určována jako rozdíl hmotnosti výrobku s povlakem/bez povlaku

$$h = \frac{m_1 - m_2}{\rho \cdot S}$$

Přesnost měření závisí na:

- Selektivitě snímacího roztoku
- Přesnosti stanovení velikosti povrchu
- Stanovení hmotnosti vzorku

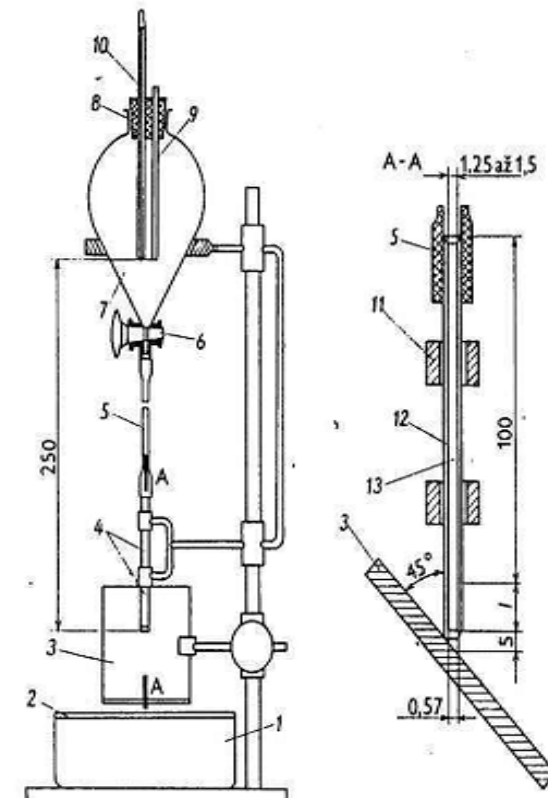
Destruktivní metody

Metoda praménková

Laboratorní metoda pro:

- Tloušťky min. $5 \mu\text{m}$
- Plochy nad $0,5 \text{ cm}^2$

Tloušťka (h) se určuje z doby (t) chemického rozpouštění povlaku $h = k \cdot t$



Destruktivní metody

Metoda kapková

Jednoduchá, laboratorní metoda na stanovení místní tloušťky:

Tloušťky od 2 do 10 μm

$$h = k \cdot (n - 1)$$

Na odmaštěný povrch se nanáší kapátkem, kapilárou kapka

- Ni, Cd, Sn doba reakce 30 s
- Cu, Zn, Ag 60 s

Po uplynutí reakční doby se kapka odsaje a nanese nová kapka

Destruktivní metody

Metoda coulometrická

Princip – anodické rozpouštění povlaku za řízených elektrochemických podmínek

Tloušťka povlaku (z Faradayova zákona):

$$h = \frac{I \cdot t \cdot k \cdot r}{S \cdot \rho}$$

Za konstantních elektrochemických podmínek $h = c \cdot t \cdot I$

C – experimentální konstanta

Destruktivní metody

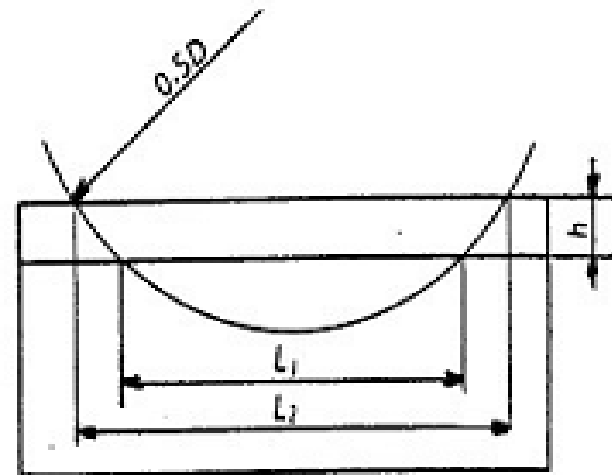
Metoda výbrusu

Univerzální destruktivní metoda pro tloušťky od 2 μm uznávaná jako rozhodčí (soudní) metoda

Tloušťka povlaku:

$$h = \frac{L_1^2 - L_2^2}{4R}$$

Nejpřesnější metoda
(chyba $\pm 1\%$)



Nedestruktivní metody

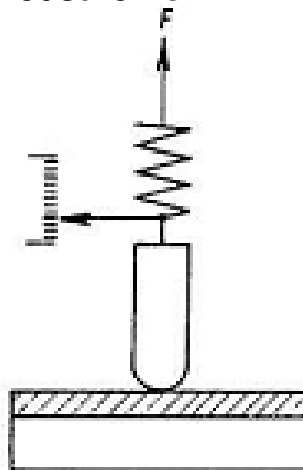
Metoda magnetická

- Nejjednodušší způsob měření tloušťky nemagnetických povlaků na magnetickém podkladu
- Měřicí rozsahy
 - Kovové povlaky až do 100 μm
 - Organické povlaky až do 1000 μm
- Přesnost závisí na permeabilitě, drsnosti, tloušťce základního materiálu

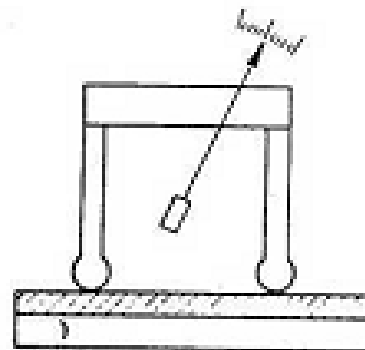
Nedestruktivní metody

Metoda magnetická

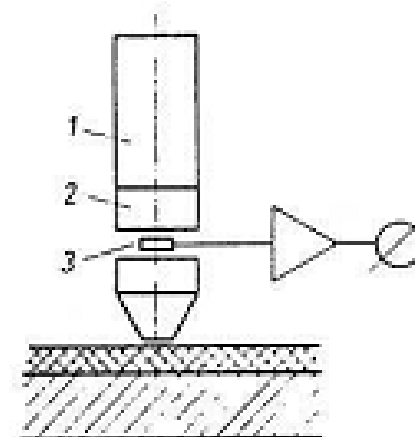
Tloušťkoměr METRA 643



Princip odtrhové magnetické metody



Princip metody indukční změny magnetického pole



Princip metody indukční magnetický tok /1- permanentní magnet, 2-pólový nástavec, 3-čidlo/

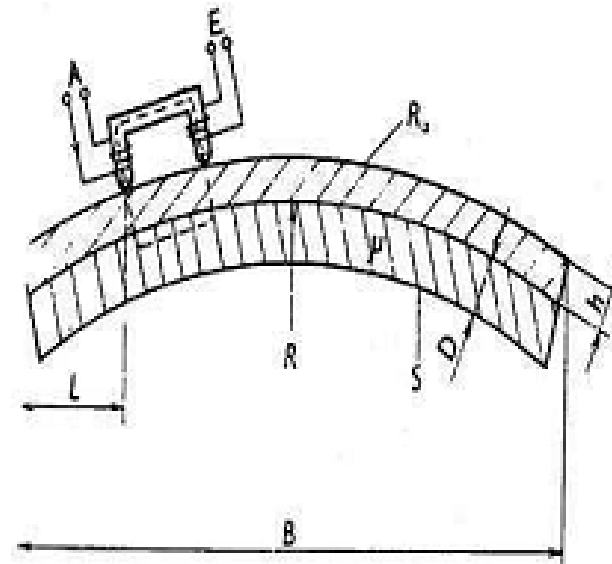
Nedestruktivní metody

Metoda elektromagnetická

Obdoba magnetické metody

Umožňuje měřit s větší přesností (3 až 6 %)

Vhodné pro náročnější měření



Nedestruktivní metody

Metoda vířivých proudů

- Princip – využití vzniklých vířivých proudů vznikajících v elektricky vodivém materiálu
- Metoda vhodná pro:
 - Izolant/vodivý podklad
 - Vodivý povlak/izolant
 - Vodivý povlak/vodivý podklad
- Nejobvyklejší aplikace Al_2O_3 (0 až 50 μm), organické povlaky na Al, Cu, Zn.
- Pro rozsahy 0 až 500 $\mu\text{m} \pm 5 \%$

$$\text{Tloušťka } d = 5,1 \cdot 10^2 (\sigma \cdot f)^{1/2}$$

Nedestruktivní metody

Metoda izotopová

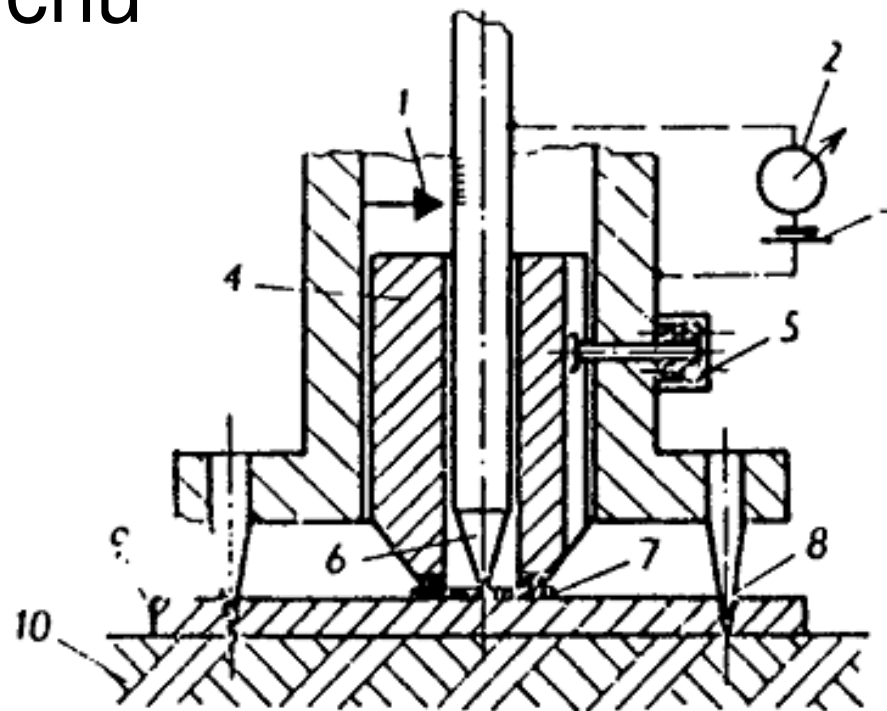
- Odrazová
- Fluorescenční

Intenzita záření β
odraženého od
povrchu je úměrná
tloušťce povlaku



Doplňkové metody

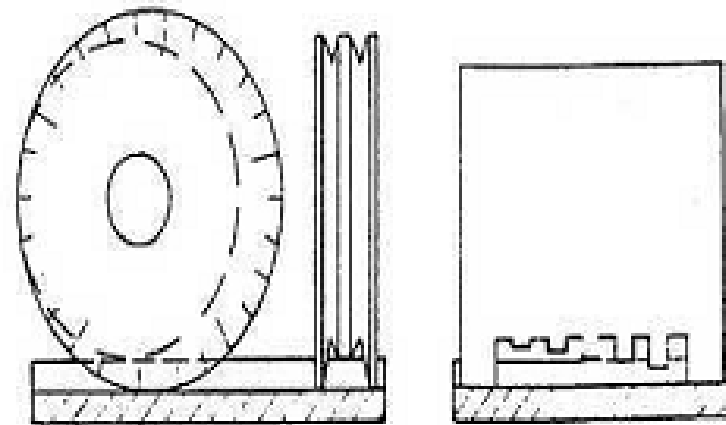
Metoda vpichu



Doplňkové metody

Metoda mokré stopy

Na mokrý (nezaschlý) nátěr
se vloží odvalovací kotouč
nebo měřící pravítko



Doplňkové metody

Metoda tužková

Tužkou se přejíždí nátěr pod úhlem 30° a tlakem 300 g.

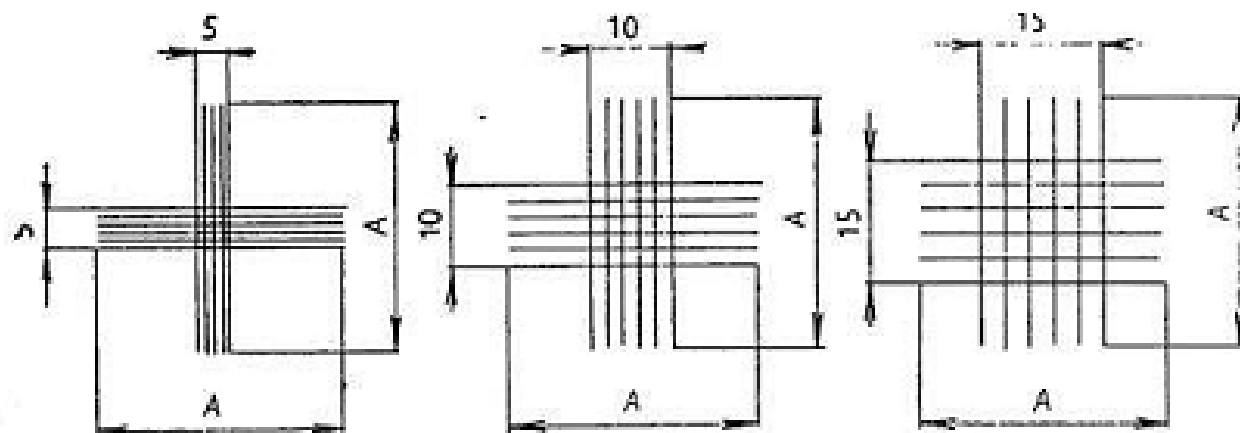
Začíná se nejměkčí tužkou

Zkouška je ukončena po získání vrypu, který nelze setřít

Číslo tužky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tvrdost tužky	3B	2B	B	HB	F	H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H

Doplňkové metody

Metoda mřížková



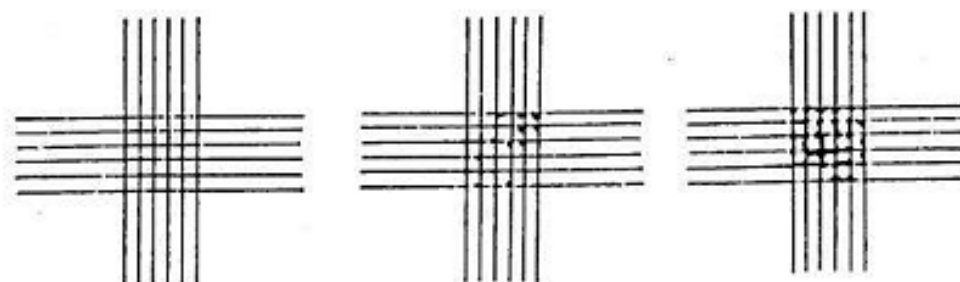
do 60

60 až 120

120 až 200 μm

Doplňkové metody

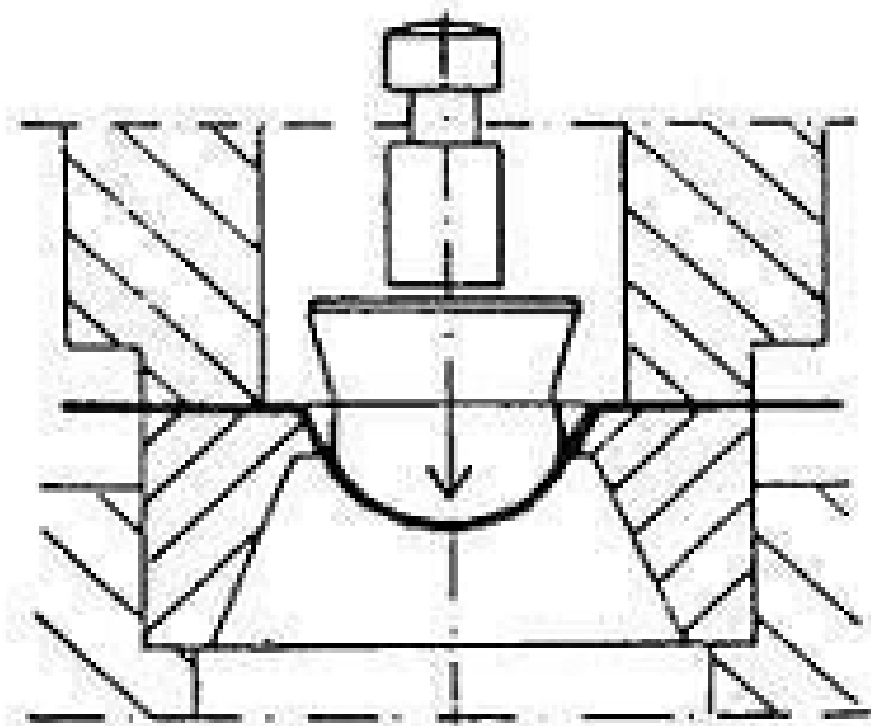
Metoda mřížková



Stupeň	Výsledky zkoušky
1	Čtverečky mřížky pevně lpí na podkladu, okraje řezů jsou ostré a hladké
2	čtverečky pevně lpí na podkladu, okraje řezů jsou neostré a roztržené (porušení max. 5 % plochy)
3	čtverečky mřížky se ojediněle odlupují od podkladu, (porušení od 5 do 35 % plochy)
4	cca polovina čtverečků odloupnuta od podkladu, v čarách řezu mimo mřížku lpí pevně
5	většina čtverečků odloupnuta, nátěr se zvedá a odlupuje v pruzích již při prvním rovnoběžném řezu

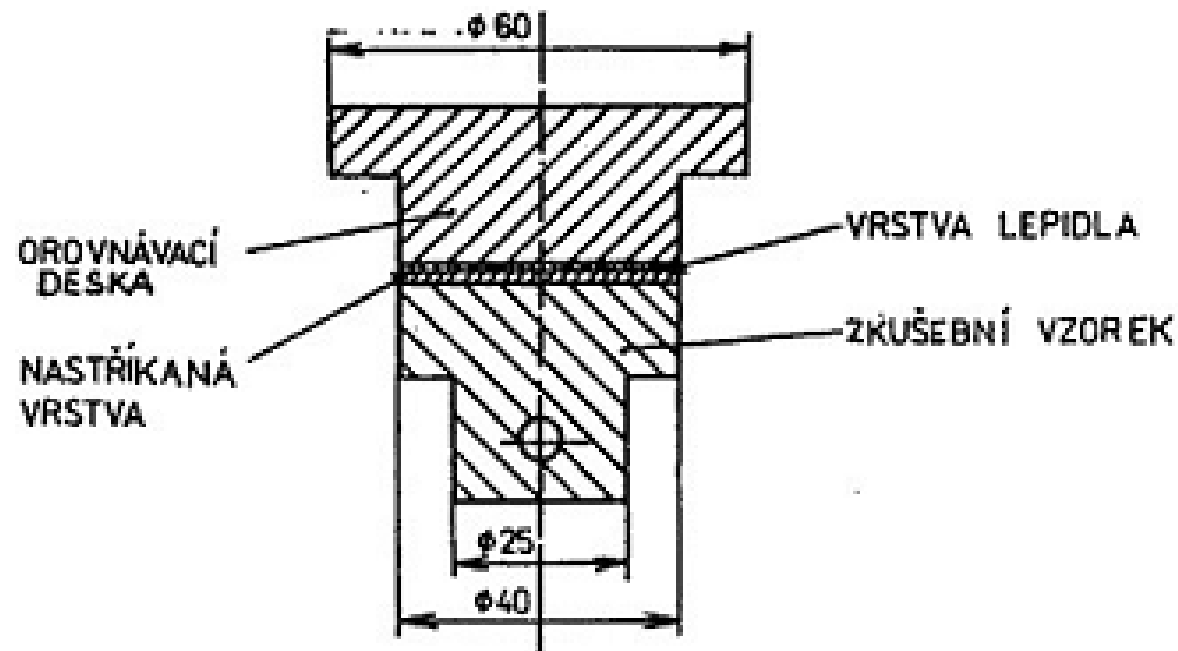
Doplňkové metody

Metoda úderem (Erichsenova metoda)



Doplňkové metody

Metoda odtrhová



Další metody měření

Metoda termoelektrická

- Využití termoelektrického napětí na rozhraní Ni – základní materiál
- Vhodné pro jednovrstvé Ni povlaky tl. od 5 do 25 μm
- Snímač vytemperován na cca 180 °C

Další metody měření

Metoda průrazného napětí

- Laboratorní metoda pro Al_2O_3 tl. Od 2 do 25 μm
- Rostoucí stejnosměrné napětí od 200 V do 3 kV
- Tloušťka je funkce el. pevnosti

Pórovitost povlaku

Význam pórovitosti

- Účel povlaku
- Mechanismus působení

Výskyt pórů znamená

- Narušení ochranného účinku
- Možnost vzniku mikročlánku
- Rozpouštění nosného kovu
- Zhoršení vzhledu/funkce

Pórovitost povlaku

Důsledek pórovitosti

- Kovové povlaky
 - Ubývání tloušťky
 - Pokrývání povrchu korozními zplodinami
- Organické povlaky
 - Snížení barierového efektu
 - Znehodnocení vzhledu

Pórovitost povlaku

Pórovitost je definována:

- Stupněm nepokrytého podkladu
- Množstvím pórů
- Velikosti pórů
 - Makroskopické ($> 100 \mu\text{m}$)
 - Mikroskopické ($1 \text{ až } 100 \mu\text{m}$)
 - Submikroskopické ($0,001 \text{ až } 0,1 \mu\text{m}$)

Pórovitost povlaku

Pórovitost je definována:

- Orientace pórů
 - Kolmé (korozně nejvýznamnější)
 - Šikmé
 - Paralelně s povrchem

Měření pórovitosti

Kvalitativní metody

Vizuální hodnocení počtu pórů v předepsaných podmínkách

Kvantitativní metody

Počet pórů na zvolené ploše (index pórovitosti)

Z hlediska metodických postupů, metody:

- chemické
- elektrochemické
- fyzikální

Metody chemické

- Princip – reakce zkušebního prostředí (kapalného, plynného) s materiálem základu
- V místech reakce v pórech barevné skvrny
- Metody umožňují kvantitativní a kvalitativní stanovení pórovitosti

Metody chemické

Aplikace zkušebního roztoku může být:

- Ponorová varianta
- Místní varianta (roztok nanášen na vymezenou plochu)
- Komorová varianta

Vyhodnocení pórovitosti (měrná mřížka)

$$P = \frac{n}{N}$$

N – počet čtverců měrné mřížky

n – počet čtverců obsahující póry

Metody chemické

Porovitost Ag a Pd povlaku gelovou elektrografií
(ČSN EN ISO 15720)

- Měřicí napětí v rozmezí 2,0 V a 2,1 V
- První póry po 2 min se projeví jako barevné tečky
- Přesnost postupu po pěti testech v jedné laboratoři

Metody chemické

Zkouška TAA (ČSN ISO 4538) thioacetamidem

Odolnost proti korozi a černání v atmosféře obsahující těkavé sulfidy

- Roztok trihydrátu octanu sodného v destilované vodě
- Savý papír napuštěný roztokem
- Nepropustná nádoba, na vodorovné desce je 50 mg/dm² thioacetamidu

Metody chemické

Zkouška TAA (ČSN ISO 4538) thioacetamidem

Odolnost proti korozi a černání v atmosféře obsahující těkavé sulfidy

- Teplota 20 ± 5 °C
- Trvání zkoušky 1, 2, 4, 8 h 1, 2, 4 dny
- Vyhodnocení
 - Vzhled vzorku
 - Výskyt korozních zplodin
 - Počet a rozložení pórů

Metody chemické

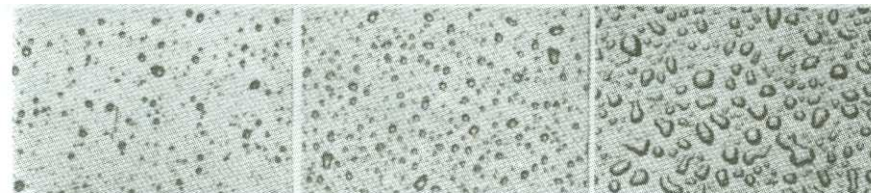
Zkouška SD (ČSN EN ISO 4536) kovové a anorganické povlaky

Vzorky se postříkají neutrálním solným roztokem



Jasně definované
pravidelné rozložení
kapiček

Složka	Koncentrace (g/l)
Chlorid sodný (NaCl)	26,5
Chlorid hořečnatý (MgCl ₂)	2,4
Síran hořečnatý (MgSO ₄)	3,3
Chlorid vápenatý (CaCl ₂)	1,1
Chlorid draselný (KCl)	0,73
Hydrogenuhličitan sodný (NaHCO ₃)	0,20
Bromid sodný (NaBr)	0,28



a) Slabý postřik
(příliš malé)

b) Střední postřik
(správné)

c) Silný postřik
(příliš velké)

Metody chemické

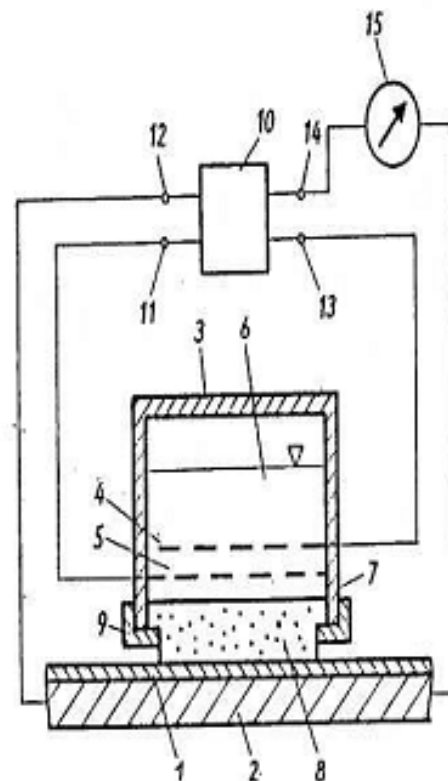
Zkouška SD (ČSN EN ISO 4536)

- Doba trvání zkoušky 2, 6, 24, 48, 96, 240, 720 h
- Oplach čistou vodou při 40 °C
- Vyhodnocení po zkoušce
 - Vzhled vzorků
 - Počet a rozmístění korozních vad (důlků, trhlin, puchýřů)
 - Doba do jištění prvních vad

Metody elektrochemické

Podkladový materiál je za kontrolovaných elektrochemických podmínek anodicky rozpouštěn

- 1 – povlak
- 2 – podklad
- 6 – zkušební roztok
- 8 – pórovité těsnění
- 10 - potenciostat



Metody fyzikální

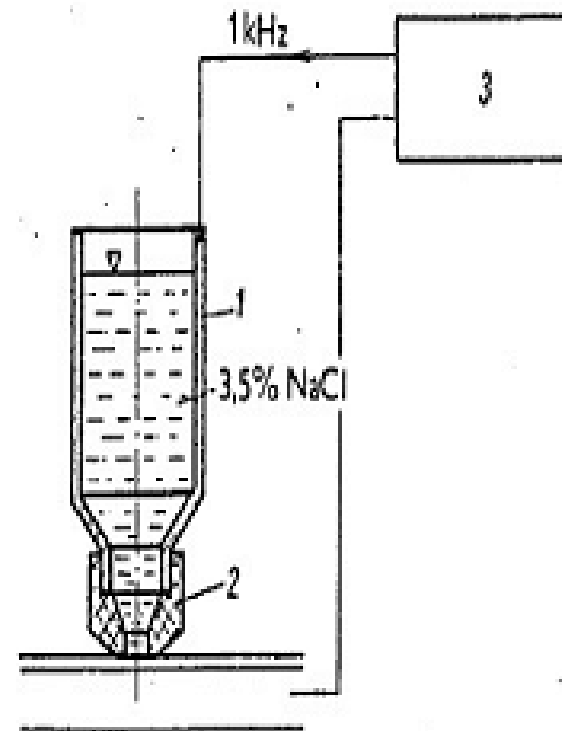
Používané principy:

- Optická metoda - množství světla prošlého/odraženého povlakem
- Plynová metoda – tlakový rozdíl
- Izotopová metoda – množství prošlého záření
- Vysokonapěťová metoda – náběhový ionizační proud mezi elektrodou snímače a podkladovým materiálem

Metody fyzikální

Používané principy:

- Impedanční metoda



Metody fyzikální

Používané principy:

Vizuální hodnocení (Gradamová lampa s mřížkou)

