

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

obor 23 - 07- 8

strojírenská technologie

Zaměření

tváření kovů a plastických hmot

katedra tváření a plastů

VLIV DEFORMACE NA TLOUŠŤKU VRSTVY
POVLAKU OCELOVÉHO POKOVENÉHO PLECHU

Miroslav S t ř e d u l a

KFT - 298

Vedoucí práce: Ing. Jan Jungwirt - VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 63

Počet příloh a tabulek ... 14

Počet obrázků 9

Květen 1989

Vysoká škola: **strojní a textilní**
Katedra: **tváření a plastů**

Fakulta: **strojní**
Školní rok: **1988/89**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Miroslava S t ř e d u l u**
obor **23-07-8 strojírenská technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Vliv deformace na tloušťku vrstvy povlaku
oslového pokoveného plechu**

Zásady pro vypracování:

1. Seznáňte se s povrchově upravenými plechy pro automobilový průmysl
2. Prostudujte metodu provádění korozních zkoušek a jejich vyhodnocování
3. Seznáňte se se způsoby měření tloušťky kovových povlaků
4. Zjistěte vliv deformace na tloušťku povlaku z hlediska koroze.

V 164/295

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LMBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

*Práce zpracována - provedena
deformace*

TRKPT

Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího DP**

Rozsah průvodní zprávy: **35 - 45 stran**

Seznam odborné literatury:

**Tměj, J. a kol.: Mezní stavy při zpracování tenkého povrchově
upraveného ocelového plechu tažením. Dílčí
zpráva za léta 1986 - 1987. VŠST Liberec 1987**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Jungwirth**

Datum zadání diplomové práce: **26. 9. 1988**

Termín odevzdání diplomové práce: **2. 6. 1989**



Prof. Ing. Jaroslav Tměj, CSc.
Vedoucí katedry

Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

v **Liberci** dne **26. 9.** 198**8**

M Í S T O P Ř Í S E Ž N Ě P R O H L Á Š E N Í
- - - - -

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

M i r o s l a v S t ř e d u l a

V Liberci dne 30. 5. 1989

Miroslav Středula

O B S A H

1.	ÚVOD	8
2.	POVRCHOVÉ UPRAVENÉ PLECHY PRO AUTOMOBILNÍ PRŮMYSL	9
2.1.	Úvod - koroze automobilů	9
2.2.	Možnostní snížení korozních účinků u automobilových karoserií	9
2.3.	Současný stav ve výrobě ocelových plechů s ochrannými povlaky	10
2.3.1.	Plechý galvanicky pozinkované	11
2.3.2.	Plechý žorově pozinkované	12
2.4.	Výroba karosářských plechů s ochrannými povlaky v ČSSR	14
3.	KOROZNÍ ZKOUŠKY A JEJICH VYHODNOCENÍ	15
3.1.	Optimalizace korozní ochrany	15
3.2.	Formy koroze	16
3.3.	Korozní zkoušky	17
3.4.	Stanovení korozní odolnosti	18
3.5.	Vyhodnocení korozních zkoušek	22
4.	ZPŮSOBY MĚŘENÍ TLOUŠŤKY POVLAKŮ	22
4.1.	Tloušťka povlaku	23
4.2.	Volba měřicí metody	24
4.3.	Hlediska ovlivňující volbu měřicí metody	24
4.3.1.	Význam měření tloušťky	24
4.3.2.	Způsob kontroly	25
4.3.3.	Volba měřeného místa	26
4.3.4.	Možnosti měření	29
4.4.	Destruktivní metody	30
4.4.1.	Chemické měřicí metody	32
4.4.2.	Elektrochemické měřicí metody	33
4.4.3.	Mechanické měřicí metody	36
4.5.	Nedestruktivní metody	38
4.5.1.	Magnetické měřicí metody	40
4.5.2.	Metoda elektromagnetická	42
4.5.3.	Metoda vířivých proudů	45
4.5.4.	Metody izotopové	46
4.5.5.	Metoda termoelektrická	46

4.5.6.	Metoda průrazného napětí	46
4.5.7.	Optické metody	46
5.	VLIV DEFORMACE NA TLOUŠŤKU POVLAKU	48
5.1.	Stanovení měřicí metody	48
5.2.	Použité přístroje	48
5.3.	Příprava měřeného místa	51
5.4.	Průběh měření	51
5.4.1.	Měření tloušťky povlaku Zn na nedeformovaném ocelovém plechu a zhodnocení měření	51
5.4.2.	Měření tloušťky povlaku Zn po deformaci ocelového plechu a zhodnocení měření	54
5.4.3.	Vyhodnocení metalografické metody	58
6.	ZÁVĚR	61

Seznam použitých zkratek

- NE - nemagnetický, elektrický vodivý materiál
- I - izolant, elektrický nevodivý materiál
- M - označuje ferromagnetický materiál
- X_A - rozsah prorozavění v %
- n_A - součet délek všech rovnoběžek na povrchu pokrytí rzi v /mm/
- N_A - součet délek všech rovnoběžek na povrchu v /mm/
- X_B - rozsah prorozavění v %
- n_B - počet čtverců pokrytých z 50% nebo více % rzi
- N_B - celkový počet čtverců napovrchu
- h - tloušťka povlaku v / μ m/
- m - plošná hmotnost v / $g\bar{m}^2$ /
- k, k - konstanty
- G_1 - hmotnost výrobku s povlakem v /g/
- G_2 - hmotnost výrobku s rozpuštěným povlakem v /g/
- d - měrná hmotnost kovu povlaku v / g/cm^3 /
- p - pokovená plocha v / cm^2 /
- k_1 - konstanta
- n - počet kapek zkušební roztoku spotřebovaného na odleptání povlaku
- i - anodický rozpouštěcí proud v /A/
- t - doba rozpouštění v /sec/
- r - proudová účinnost rozpouštění v /%/
- K - elektrochemický ekvivalent povlaku v /mg/A.sec/
- P - odleptávaná plocha
- c - konstanta povlaku
- z - měřicí funkce
- x - popisuje elektrické a magnetické vlastnosti materiálu povlaku a základu
- y - popisuje tvar a geometrické rozměry měřeného předmětu
- z - popisuje charakteristiky střídavé energie napájecího měřicího obvodu
- φ, φ - velikost hlavních deformací
- b - šířka vzorku

S e z n a m p ř í l o h

Příloha č. 1 - Diagram hodnot hlavních deformací
v místě mezní tloušťky povlaku

1. ÚVOD

Jedním z hlavních úkolů vycházejících ze závěrů XVII. sjezdu KSČ souvisejících neustále s rostoucí strojírenskou výrobou, je snižování materiálové a energetické náročnosti a zabezpečení racionalizace spotřeby kovů.

Vědecko technický rozvoj socialistické výroby je založen na vývoji techniky a urychlení využití poznatků vědeckotechnického pokroku ve výrobní praxi.

Karosářský (automobilní) průmysl je důležitou součástí celé strojírenské výroby, proto se musí zabývat všemi nejnovejšími poznatky vědy a zároveň je využívat v zavádění nejmodernější průmyslové technologie. Samotným problémem karosářských plechů se denně zabývají vědci na celém světě. Je-li navíc jezdí po světě desítky miliónů osobních a nákladních automobilů, včetně prostředků hromadné dopravy, je nutné se tímto problémem zabývat.

V současné době je kladen velký důraz na optimalizaci jakosti povrchových úprav. Zajištění produkce spolehlivých povlaků, které by optimálně zabezpečovaly požadované funkční, vzhledové i ochranné vlastnosti po celou dobu životnosti výrobků má i výrazný ekonomický efekt. Dokonalé zabezpečení těchto opatření znamená značný růst významu oboru kontroly kvality protikorozní ochrany.

V diplomové práci, která je součástí širšího zkoumání chování ocelových plechů s povlaky kovů, je i dílčí zkoumání, které má přispět k objasnění mechanismu porušování povlaku po tváření. Jedním z charakterizujících údajů povlaků je jeho tloušťka. Proto je změna tloušťky povlaku po deformaci jedním z důležitých ukazatelů změny ochranné funkce povlaku.

2. POVRCHOVĚ UPRAVENÉ PLECHY PRO AUTOMOBILNÍ PRŮMYSL

2.1. Úvod - koroze automobilů [1]

V zemích s chladnějším klimatem a hustou silniční a dálniční sítí se v důsledku nezbytné zimní údržby komunikací stala závažným problémem koroze automobilů. Značně vzrostly požadavky spotřebitelů na jakost protikorozi ochrany automobilových karoserií, protože životnost automobilů je do značné míry ovlivňována životností ocelové karoserie.

Chemické a posypové materiály, většinou na bázi chloridu sodného, používáme k odstranění náledí. Spolu s abrazivními účinky tradičních materiálů, jako je písek, škvára, které výrazně ovlivňují korozi plechů na vozidle. Rovněž ke korozi přispívá i stále se zhoršující životní prostředí průmyslových zemí s obsahem plynných a pevných emisí stimulujících korozi kovových materiálů.

2.2. Možnosti snížení korozních účinků u automobilových karoserií

Náročné požadavky na protikorozi ochranu již nelze splnit pouze dalším zlepšením chemické předúpravy a technologií nanášení základních nátěrů až při výrobě automobilů.

Ke korozi automobilu dochází především na tzv. obvodových místech-lemech, okrajích, spojích, odkud se koroze šíří směrem k vnějšímu povrchu karoserie. Významnou možností zabezpečení náročných požadavků na zvýšení korozní odolnosti automobilových karoserií je proto použití ocelových plechů s účinnou povrchovou ochranou prováděnou přímo u hutního výrobce. U těchto materiálů jsou kromě dobré korozní odolnosti kladeny vysoké požadavky na tvařitelnost, svařitelnost a dodatečnou povrchovou úpravu u výrobce automobilů.

Koroze ocelových automobilových karoserií je obecně způsobena elektrochemickými korozními reakcemi, které vznikají na povrchu kovu za přítomnosti vodného elektrolytu. Zatímco korozní odolnost vnitřních povrchů dílů lze zajistit zejména tlustými kovovými povlaky s katodickým účinkem, vnější povrchy vyžadují spíše povlaky tenké, které lépe vyhovují požadavkům lisovatelnosti, svařitelnosti i následným povrchovým úpravám.

Z těchto důvodů se v zahraničí vyrábějí a při výrobě karoserií používají různé druhy ocelových plechů s povrchovou ochranou, které odpovídají specifickým podmínkám jejich výrobců a zpracovatelů. Při ověřování nových výrobků z oblasti ocelových plechů s povrchovou ochranou sehrávají významnou úlohu korozní zkoušky, jejich volba, analýza a správná interpretace.

2.3. Současný stav ve výrobě ocelových plechů s ochrannými povlaky [3]

Výrobci mají různé názory na volbu ocelového plechu s ochranným povlakem. Podle způsobu výroby a druhu povlaku se používají zejména:

- žárově nebo elektrolyticky oboustraně i jednostraně pozinkované plechy
- plechy se slitinovým povlakem Fe-Zn, tzv. plechy Galvanealed
- plechy s organickými povlaky

Plechů pozinkované

Při povrchové úpravě ocelových plechů kovovými povlaky zaujímá zinek dominantní postavení s ohledem na svou relativně nízkou cenu a vynikající korozní vlastnosti. Poskytuje ocelovému podkladu anodickou ochranu. Zajišťuje i relativně dobrou ochranu střížných hran a drobných mechanických poškození povlaku. Životnost zinkového povlaku je úměrná jeho tloušťce.

Dělení plechů podle složení a počtu vrstev povlaků:

- I. a) jednostranný povlak kovu (Zn, Al)
- b) jednostranný povlak slitin (Zn-Fe, Zn-Ni, Zn-Mn, Zn-Al, Zn-Cu)
- c) vícevrstvé
- d) s jednou vrstvou (organické pojivo a kovový prášek)
- II. a) oboustranný povlak
- b) stejné tloušťky a stejné kvality
- c) různé tloušťky a stejné kvality
- d) různé tloušťky a nestejně kvality

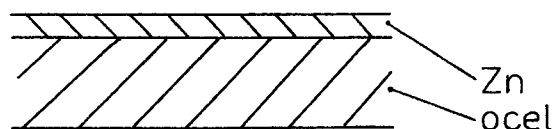
2.3.1. Plechy galvanicky pozinkované [3]

Plechý s povrchovou úpravou se ve světě vyrábějí a do-
dávají pod různým obchodním označením, např.:

Galva-One, Galvanealed, Monogal, Unicote, Zincal, Zinorome-
tal, Zinelite, Welcote. Celkem se vyrábí asi 3,8 mil. tun
elektrogalvanicky pozinkovaného plechu. Pro rok 1987/88 se
počítalo se zvýšením o další 2 mil. tun.

Hlavní výrobci jsou USA a především Japonsko, kde se
tímto problémem zabývá firma Kawasaki steel corporation a to
plechy RIVER ZINC. Je to elektrogalvanicky vyloučený Zn, na-
nášený na ocelové plechy, které jsou válcované za tepla i za
studená.

Problematika tvařitelnosti povrchově upraveného plechu
závisí v nejvyšší míře na kvalitě základního materiálu. Dle
nároků na zpracovatelnost tvářením výrobci plechů volí růz-
né základní materiály a nabízejí povrchově upravené plechy
pro různé užití (běžný, tažný, hlubokotažný, hlubokotažný
odolný vůči stárnutí). Povrchová úprava a hlavně samotná
vrstva má vliv na součinitel normálové anizotropie.



Obr. 1 - RIVER ZINC - jednostraně pozinkován
vrstva 60 - 100 g/m², max. tloušťka = 2,3 mm

Tyto povlaky mají aplikaci v automobilovém průmyslu, kde jsou požadovány vysoké nároky na odolnost v agresivním prostředí, vysoké nároky na zpracovatelnost tvářením (tažení složitých nepravidelných tvarů) a značné nároky na odporové svařování, případně na vynikající lakovatelnost u povrchových dílů. Zejména je však požadována vysoká korozní odolnost po složitých stavech deformace, nutných pro nabytí potřebného tvaru. Z hlediska typu povlaku zcela vítězí vrstva Zn nebo slitin Zn-Fe, Zn-Ni u galvanicky pokovovaných plechů.

Princip galvanizace: průchodem stejnosměrného elektrického proudu roztokem soli příslušného kovu se kov vylučuje na záporném pólu zdroje - katodě a krystalizuje.

2.3.2. Plechy žárově pozinkované[2]

Pozinkování, zejména žárové, patří k ekonomicky nejefektivnějším procesům povrchových úprav ocelových pásů. Výrobci v USA a Japonsku přešli na vývoj pozinkovaných plechů s rozdílnou hmotností povlaku na obou stranách plechů tzv. diferencování pozinkovaných plechů a nakonec k vývoji plechů jednostraně pozinkovaných. Ty sice nejsou levnější, ale jsou více žádány pro své lepší vlastnosti. V poslední době je znovuoživení výroby a používání oboustraně žárově pozinkovaných plechů se zlepšeným povrchem, povrchem s určením pro vnější díly automobilových karoserií.

Na žárově pozinkovaných linkách typu Sendzimir, které jsou běžně k výrobě pozinkovaných plechů používány, není možné získat ocelový pás s vysokými plastickými vlastnostmi, vhodný pro hluboké tahy.

Zlepšení plastických vlastností je možno docílit žíháním při 320°C a následným převálcováním. Potlačení tvorby zinkového "květu", který je průvodním jevem při žárovém pozinkování. Způsoby, jak toho dosáhnout, jsou:

- zvýšení rychlosti ochlazování tekutého zinkového povlaku
- zvětšením počtu krystalizačních center při tuhnutí povlaku
- snížení obsahu olova v zinkové lázni
- lehké převálcování pozinkového pásu

Poslední vývoj v oblasti výroby plechu s povrchovou úpravou určených pro karosérie automobilů lze charakterizovat:

- zvyšování korozní odolnosti zinkového povlaku legováním některými kovy Ni, Co, Cu
- zdokonalování dosavadních a vývojem nových technologií povrchových úprav
- snahou o snížení výrobních nákladů
- snižování tloušťek povlaků se zvýšenou korozní odolností
- zlepšování zpracovatelnosti povrchově upravených plechů (tvařitelnost a svařitelnost) přímo související s nižší tloušťkou povlaku a jeho složením

V současné době stojí automobilový průmysl před nezbytností zabezpečení zpřísněných požadavků nejen na zamezení koroze proděravěním, ale rovněž na snížení výskytu tzv. kosmetické koroze. V souvislosti s tím vyvstává otázka nutnosti oboustranné ochrany plechu.

Nelze jednoznačně tvrdit, že těmto požadavkům budou plně vyhovovat žárové pozinkované plechy nebo plechy s organickými povlaky. Lze spíše předpokládat, že se ve zvýšené míře uplatní plechy elektrolyticky pozinkované.

Velké naděje se vkládají zejména do plechů s novými typy slitinových povlaků na bázi zinku, které se vyznačují kromě vynikající korozní odolnosti i dobrou přilnavostí k nátěrovým hmotám, a to i při velmi malé tloušťce povlaku. Jedná se o povlaky Zn-Ni, Zn-Fe a vícevrstvé povlaky.

Významní světoví výrobci ocelových plechů např. Nippon Steel, intenzivně pracují na vývoji plechů uvedených typů se zlepšenou korozní odolností, lakovatelností, tvařitelností, a lze očekávat, že plech s těmito vlastnostmi bude brzy uveden na trh.

2.4. Výroba karosářských plechů s ochrannými povlaky v ČSSR [2]

Pro potřeby čs. automobilového průmyslu jsou v ČSSR vyráběny tenké za studena válcované plechy se zaručenými mechanickými vlastnostmi s hliníkem uklidněné, nestárnoucí oceli pod označením KOHAL.

První kroky při aplikaci ocelových plechů s povrchovou ochranou v autom. průmyslu v ČSSR představují díly karoserií autobusů KAROSA řady 730 z pozinkovaných plechů vyrobených na spojitě žárově pozinkovací lince typu Sendzimír.

Pro tento účel byl ve VSŽ Košice vyvinut hlubokotažný žárově pozinkovaný plech s potlačeným "květem". Povrchové upravené ocelové plechy vhodné pro výrobu karoserií osobních automobilů se v ČSSR zatím nevyrábějí.

V období 1986 - 1990 se uvažuje s výrobou ocelových plechů s povlakem Al-Zn, která by měla uspokojit první zájemce o tyto materiály a nahradí stávající žárově pozinkované plechy. S výrobou elektrolyticky pozinkovaných plechů a plechů typu Zincrometal se prozatím v ČSSR do roku 2000 neuvažuje.

3. KOROZNÍ ZKOUŠKY A JEJICH VYHODNOCENÍ

3.1. Optimalizace korozní ochrany [6]

Úroveň protikorozní ochrany je nedílnou a významnou složkou jakosti každého technického zařízení. Ovlivňuje zejména jeho životnost, provozní spolehlivost a tím i časovou využitelnost, pohotovost, nároky na údržbu atd. Nedostatečná úroveň protikorozní ochrany může v mnoha případech znehodnotit jinak vynikající technologické dílo.

Význačným průvodním jevem technizace života lidské společnosti je růst napjatosti vztahů mezi nároky na nové výrobky s dostupnými materiálovými energetickými zdroji a potřebami živé práce. V této souvislosti se začíná uvažovat o optimalizaci jakosti výrobků z hlediska jejich celospolečenské užitelnosti. Každý nový výrobek by měl být dimenzován tak, aby jeho životnost odpovídala maximálně dosažitelnému společenskému užitku. To platí zejména u častěji obměňovaných výrobků jako jsou vozidla všeho druhu a další technické výrobky spotřebního charakteru.

Je-li nesporně protikorozní ochrana významnou složkou celkové jakosti výrobku, je třeba ji také dimenzovat tak, aby napomohla k maximální efektivnosti výroby i využití zařízení. V tomto smyslu je možno definovat pojem optimalizace protikorozní ochrany - jde o soubor konstrukčních, technologických, provozovatelských a organizačních opatření, které zabezpečí, aby úhrnné náklady na ochranu proti korozi ve výrobě a při provozování zařízení po celou dobu ekonomické životnosti zařízení byly co nejnižší.

3.2. Formy koroze [4]

Definice koroze - je každé nežádoucí znehodnocení materiálů, způsobené chemickými a fyzikálně chemickými ději mezi materiálem a prostředím.

Výsledkem je zhoršení některých funkčně významných vlastností výrobků, které zmenšují jeho spolehlivost, zvěšují jeho poruchovost a zkracují životnost, zhoršují jeho estetické hodnoty.

Kovové materiály mohou být korozi napadány:

- rovnoměrně s relativně stejnoměrným pronikem do hloubky po celém povrchu kovu
- nerovnoměrně, kdy koroze postihuje jen určitá místa povrchu kovu a to dále dělíme podle velikosti a tvaru napadení na korozi:
 - a) bodovou
 - b) důlkovou
 - c) skvrnitou
 - d) nitkovou
- strukturně, kdy je rozrušována vnitřní struktura materiálu, což je spojeno s prudkým poklesem jeho mechanických vlastností. Patří sem:
 - a) mezikrystalová
 - b) selektivní
 - c) extrakční

Koroze se hlavně projevuje změnou barvy, popraskáním nebo jiným narušením jejího povrchu (bobtnání), úbytkem tloušťky materiálu, změnou mechanických vlastností, změnou ochranných schopností povrchové úpravy (odlupování povlaku), změnou elektrických vlastností.

3.3. Korozní zkoušky [5]

Cílem korozního výzkumu je určení trvanlivosti daného materiálu za určitých korozních podmínek.

Máme zkoušky použitelné pro výzkum koroze k praktickým účelům. Podle toho dělíme zaměření korozních zkušebních metod na:

- a) vyšetření mechanismu koroze materiálu a zákonitosti jimiž je řízen

- b) výběr nejlepšího materiálu pro použití v daném korozním prostředí
- c) kontrolní zkoušky neměnné jakosti výrobku
- d) přezkoušení účinku navržené protikorozní ochrany

Dále se stanovuje stupeň znehodnocení koroze, rychlost jakou koroze vzniká nebo pokračuje. Hodnoty se nanášejí do grafu, který umožňuje extrapolací určit rychlost koroze i dopředu.

Dělení korozních zkoušek dle prostředí:

- A/ zkoušky provozní a) v terénu
 - b) v průmyslových provozech
- B/ zkoušky laboratorní a) napodobené
 - b) nepřímé
 - c) urychlené - nejrozšířenější

3.4. Stanovení korozní odolnosti [5]

Při výrobě se antikorozi vlastnosti kontrolují nepřímo měřením veličin, které jsou snadno a rychle stanovitelné a které mají dominantní vliv na antikorozi vlastnosti (tloušťka a pórovitost povlaku).

Urychlené korozní zkoušky.

Ty se provádějí vždy při povinném testování výrobků v autorizovaných zkušebnách, málo již při provozní kontrole pokovení.

K hodnocení antikorozi vlastností u ozdobně ochranných povlaků se používají metody:

- a) Corrodokote ČSN 03 8142 - nanesení pasty připravené z kaolinu, dusičnanu měďnatého, chloridu železitého, chloridu amonného na zkoušené předměty, po zaschnutí se předměty vloží do vlhkostní komory s 38⁰C, 94 % vlhkostí a cyklus 16 h.

- b) CASS - ČSN 03 8144 vhodná pro hodnocení dílů pokovených pro stupeň jakosti III a IV. Vzorky se vystaví ve zkušebních komorách působení solné mlhy z roztoku 50 g/l NaCl a 0,26 g/l CuCl_2 , okyseleného kyselinou octovou na $\text{pH } 3,2 \pm 0,1$. Roztok se trvale rozprašuje při teplotě $50^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, aby spad na vodorovnou plochu 80 cm^2 byl $1,5 \pm 0,5 \text{ ml/h}$, cyklus 16 nebo 24 hod.
- c) AST - ČSN 03 8143 - obdoba CASS, neobsahuje roztok CuCl_2 a teplota je $35 \pm 2^\circ\text{C}$, cyklus je 8, 24, 96 a 144 hod.

Výsledky korozních zkoušek předmětu se hodnotí dle normy ČSN 03 8153 metodou C. Stupeň napadení se vyjadřuje buď v počtu napadených čtverců v % nebo stupnicích $C_0 - C_{10}$ viz dále.

Pro urychlené zkoušky ochranných povlaků Zn je doporučena zkouška v kondenzační komoře dle ČSN 03 8131 buď v čistém prostředí nebo za přítomnosti 0,01 objemového % SO_2 . Tato zkouška má srovnávací a orientační charakter, proto nejsou pro jednotlivé stupně jakosti stanoveny doby zkoušek. Při hodnocení se obvykle uvádí čas do vzniku prvních zplodin koroze, do pokrytí 50 % povrchu vzorku korozními zplodinami nebo se sledují váhové úbytky povlaku za den, měsíc, rok.

3.5. Vyhodnocení korozních zkoušek

ČSN 03 8153 - ST SEV 1255-78

Podstata metody D

Metoda je založena na porovnání vyhodnoceného povrchu vzorku výrobku s příloženými obrazovými etalony.

Postup vyhodnocování:

Vyhodnocený povrch se porovnává s obrazy uvedenými v příloze a stupeň prorezavění D se určí podle tabulky I.

Zpracování výsledků:

rozsah prorezavění v % se podle tabulky převede na odpovídající stupeň prorezavění D. Pokud je prorezavění vyšší než odpovídá poslední skupině obrazu v příloze 2, vyhodnotí se jako prorezavění stupně 3.

Tab. I.

Stupeň prorezavění D	Rozsah prorezavění v %
10	bez porušení
9	do 2,5
8	od 2,5 do 5
7	od 5 do 10
6	od 10 do 15
5	od 15 do 20
4	od 20 do 30
3	nad 30

Metoda lineárně integrační A a metoda B umožňují přesnější vyjádření v % porušení povrchu povlaku a jsou tedy určeny pro výzkumné účely. U metody B se používá čtvercová síť. Délka strany čtverců se volí podle velikosti převažujících plošek rzi.

Metoda C je pro technickou praxi pro napadené plechy menší než 8 %.

Metoda D - porovnání vyhodnoceného povrchu se sadou obrazových etalonů je se změněným způsobem označení jednotlivých stupňů prorezavění zařazena pouze v ČSSR. Slouží k rychlé orientaci v provozu o velikosti poškozeného povrchu.

Výsledek vyhodnocení se vyjadřuje ve stupních prorezavění, před jejichž číselnou hodnotou se uvádí smluvní označení metody, kterou bylo vyhodnocení provedeno.

Metoda A

Podstata - povrch vyhodnoceného vzorku (výrobku) se protne rovnoměrně od sebe vzdálenými rovnoběžkami a vypočte se % poměr součtu délek úseků pokrytých rží k celkovému součtu délek všech rovnoběžek. Vzorek - je kovová deska nebo povrch výrobku má povlak, který byl vyroben ke zvýšení odolnosti a byl podroben korozní zkoušce.

- vzorek musí být rovný, připouští se malá vypouklost
- musí být zbaven nečistot, omyje se v teplé vodě s mycími prostředky
- pro zvýraznění bodu rží se vloží vzorek do vlhkostní komory s kondenzační teplotou 40 % na 24 hod.

Postup vyhodnocování: povrch vzorku se protne rovnoběžkami, které jsou od sebe stejně vzdálené. Vzdálenost mezi nimi se stanoví v závislosti na velikosti převládajících skvrn v rozmezí od 1 do 5 mm. Při měření délek je přípustná odchylka 0,5 mm.

Zpracování výsledku: rozsah prorezavění X_A v % se stanoví podle vzorce $X_A = \frac{n_A}{N_A} \cdot 100 \%$ (1)

kde n_A - součet délek všech rovnoběžek na povrchu pokrytých rží v mm

N_A - součet délek všech rovnoběžek na povrchu v mm

Rozsah prorezavění X_A v % se podle tabulky II převede na odpovídající stupeň prorezavění.

Tab. II.

stupeň prorezavění A	Rozsah prorezavění v %
10	bez porušení
9	do 1
8	od 1 do 2,5
7	od 2,5 do 5,0
6	od 5,0 do 10
5	od 10 do 30
4	nad 30

Protokol vyhodnocení obsahuje

1. metodu vyhodnocení
2. označení základ. kovu
3. druh povlaku
4. metodu korozní zkoušky
5. rozměry vyhodnocení povrchu
6. způsob úpravy povlaku před vyhodnocením
7. součet délek úseku rovnoběžek na povrchu pokrytých rží
8. součet všech rovnoběžek na povrchu
9. rozsah prorezavění X_A v %
10. stupeň prorezavění

Metoda B

Podstata - na povrch vzorku se přiloží šablona z průhledného materiálu na níž je vyražena síť čtverců. Vypočte se % poměr čtverců, jejichž plocha je z 50 nebo více % pokryta rží k celkovému počtu čtverců.

Vzorek - povrch nesmí být při rovnoměrném rozložení korozních skvrn menší než 100 cm^2 . Při nerovnoměrném rozložení korozních skvrn se musí vyhodnotit celý povrch vzorku s minimální plochou 100 cm^2 .

Postup vyhodnocení - přiloží se šablona z průhledného materiálu, na níž je vyznačena síť čtverců velikosti $1 \times 1,5 \times 5$ nebo $10 \times 10 \text{ mm}$. Strana čtverců musí být podstatně menší než průměrná velikost korozních skvrn. Sečtou se čtverce, jejichž plocha je z 50 nebo více % pokryta rží. Stékající rez se při výpočtu neuvažuje.

Zpracování výsledku - rozsah prorezivění X_B v % se stanoví dle

$$X_B = \frac{n_B}{N_B} \cdot 100 \% \quad (2)$$

kde n_B - počet čtverců pokrytých z 50 nebo více % rží

N_B - celkový počet čtverců na povrchu

Rozsah prorezivění X_B v % se podle tabulky II převede na odpovídající stupeň prorezavění.

Stanovení stupně prorezavění se nesmí srovnávat metody A s B.

4. ZPŮSOBY MĚŘENÍ TLOUŠŤKY POVLAKŮ [6]

4.1. Tloušťka povlaku

Tloušťka naneseného povlaku je jedním ze základních nepřímých ukazatelů očekávané účinnosti ochrany proti korozním vlivům vnějšího prostředí. Její význam, průkaznost a schopnost výpovědi jako samostatného kritéria kvality závisí na typu povlaku a mechanismu jeho ochranného, protikorozního působení. Na tloušťce je přímo závislý bariérový efekt povlaku, jeho dokonalá celistvost a nepórovitost.

Obecně platí: čím tlustší povlak, tím obvykle méně pórovitý. U ochranných povlaků je tloušťka povlaku přímo úměrná životnosti součástí. Zásadně rozlišujeme: střední a místní tloušťku.

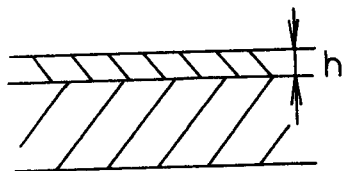
Střední tloušťka: to je průměrná tloušťka povlaku po celé součásti. Stanovuje se snímací metodou - povlak se rozpustí bez narušení povrchu základu. Střední tloušťka se vypočte z úbytku hmotnosti vzorku, z povrchu součásti a hustoty povlaku viz ČSN 03 8510.

Místní tloušťka: mnohem významnější z kategorie měření:

- a) nedestruktivní - bez porušení měřeného povlaku
- b) destruktivní - porušení povlaku nebo i celé součásti

Tloušťka povlaku je určena jako vzdálenost mezi povrchem povlaku a jeho fázovým rozhraním se základním materiálem. Je určována jako místní (změřena na ploše do max. \emptyset 3,5 mm s výjimkou uplatnění dvoupolového snímače, který udává střední hodnotu měřenou mezi oběma póly) a průměrná (zjištěna na velkém povrchu).

V oblasti povrchových úprav se tloušťka udává v μ m (mikrometrech). Pouze u povlaků vytvářených ponorem do roztaveného kovu (Sn, Zn) bývá udávána jako plošná hmotnost. Oba údaje lze převádět.



$$h = k \cdot m \quad (3)$$

$$m = k' \cdot h \quad (4)$$

Obr. 2. Tloušťka povlaku na ocelovém plechu a její měření

kde

h - je tloušťka povlaku v mikrometrech

m - plošná hmotnost (g m^{-2})

k, k' - konstanty, $k_{\text{sr}} = 0,137$; $k'_{\text{sn}} = 7,28$, $k_{\text{zn}} = 0,14$;

$$k'_{\text{zn}} = 7,13$$

při $h \leq 2 \mu\text{m}$ metoda coulometrická

$h > 2 \mu\text{m}$ metoda výbrusu

Při kontrole kvality je zjištěný údaj tloušťky povlaku buď jedním z řady kritérií, která ve svém celku dávají možnost odhadu očekávané životnosti a spolehlivosti ochrany, nebo někdy je jediným rozhodujícím měřítkem kvality protikorozi ochrany.

Kontrola tloušťky povlaku se stala nedílnou součástí výroby a je jedním z kontrolních postupů ve zkušebnách při hodnocení kvality. V průběhu posledních let se rozšiřují moderní metody měření, ať již destruktivního nebo nedestruktivního charakteru. Rozpracování a zavedení norem kontroly tloušťky je věnována mimořádná pozornost. Hlavním cílem je unifikace měřících metodik, vytvoření jednotlivých postupů při kontrole tloušťky nanesených povlaků i maximálně jednotného přístrojového vybavení.

4.2. Volba měřící metody

Před zahájením měření tloušťky povlaku je nezbytné provést rozhodnutí o vlastním způsobu kontroly. Volba měřící metody a kontrolního zařízení, případně typu přístroje je ovlivněna celou řadou požadavků kladených na měření i možnostmi jednotlivých metodik a přístrojové techniky.

Podle významnosti je možno jednotlivá hlediska ovlivňující volbu měřicí metody schematicky uspořádat podle následujícího přehledu:

- požadovaný charakter kontroly
- velikost a geometrický tvar měřeného místa
- fyzikálně-chemické vlastnosti měřené kombinace povlak - základní materiál
- požadovaná přesnost měření

Posouzením uvedených podmínek i požadavků, s ohledem na jejich vzájemné podmiňující vazby, je možno volit optimální měřicí metodu, kontrolní zařízení i přístroj pro daný případ. Často je třeba vytvořit kompromisy mezi možnostmi a požadavky, aby bylo možno vůbec dostatečně zajistit tloušťky.

4.3. Hlediska ovlivňující volbu měřicí metody

4.3.1. Význam měření tloušťky

Významnost tloušťky jako kritéria ochranné účinnosti jednotlivých typů povlaků není ve všech případech stejná. Závisí na účelu vytvořeného povlaku a na mechanismu jeho ochranné funkce.

4.3.2. Způsob kontroly

Při návrhu měřicí metody, výběru vhodného typu přístroje je nezbytné nutně přihlížet k předpokládanému charakteru kontroly. Celá řada měřících podmínek je vynucena druhem provozu, typem produkovaných výrobků, zaměřením a významem kontroly.

Zásadně je možné určovat měřicí podmínky a tím definovat charakter kontroly podle několika, vesměs alternativních hledisek

- A - kontrola provozní
kontrola laboratorní
- B - kontrola mezioperační
kontrola výstupní, finální
- C - měření statické
měření kontinuální
- D - měření kontaktní, dotykové
měření bezkontaktní
- E - kontrola výběrová
kontrola hromadná
- F - měření ruční
měření automatické

Mnohdy je sice možné navrhnout přizpůsobení měřicí metodiky, případně atypickou variantu provedení měřicího přístroje, k vytvoření podmínek pro splnění zadání. Často však je zapotřebí po vytypování měřicí metodiky posoudit její mezní možnosti včetně provedení přístrojů a korigovat původní požadavky tak, aby byly zachovány optimální podmínky pro měření.

4.3.3. Volba měřeného místa

Základním hlediskem při volbě kontrolovaného místa na povrchu výrobku je jeho korozní významnost. Vycházíme-li z hlavního účelu nanášení ochranného povlaku, potom možnost kontrolovat tloušťku přímo na určeném pro korozní ochranu výrobku kritickém místě, je optimální pro průkaznost a dosažení předpokládané kvality ochrany.