

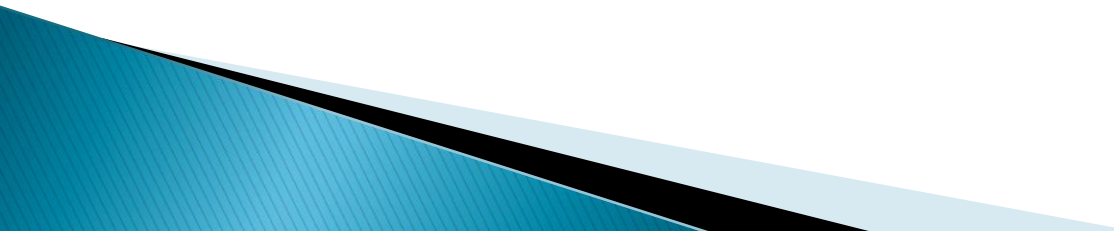
# Chemicko–tepelné zpracování termodifúzní sycení

J.Kubíček  
2018 FSI Brno

- ▶ Chemicko–tepelným zpracováním označujeme způsoby **difúzního sycení povrchu různými prvky**. Nasycujícími (resp. legujícími) prvky mohou být kovy i nekovy. Cílem chemicko–tepelného zpracování bývá nejčastěji zvýšení tvrdosti povrchu, odolnosti proti opotřebení, zvýšení odolnosti proti cyklickému namáhání (únavě) – to vše při zachování houževnatého jádra. Další způsoby chemicko–tepelného zpracování zvyšují hlavně odolnost proti korozi a žáru (termodifúzní pokovování).

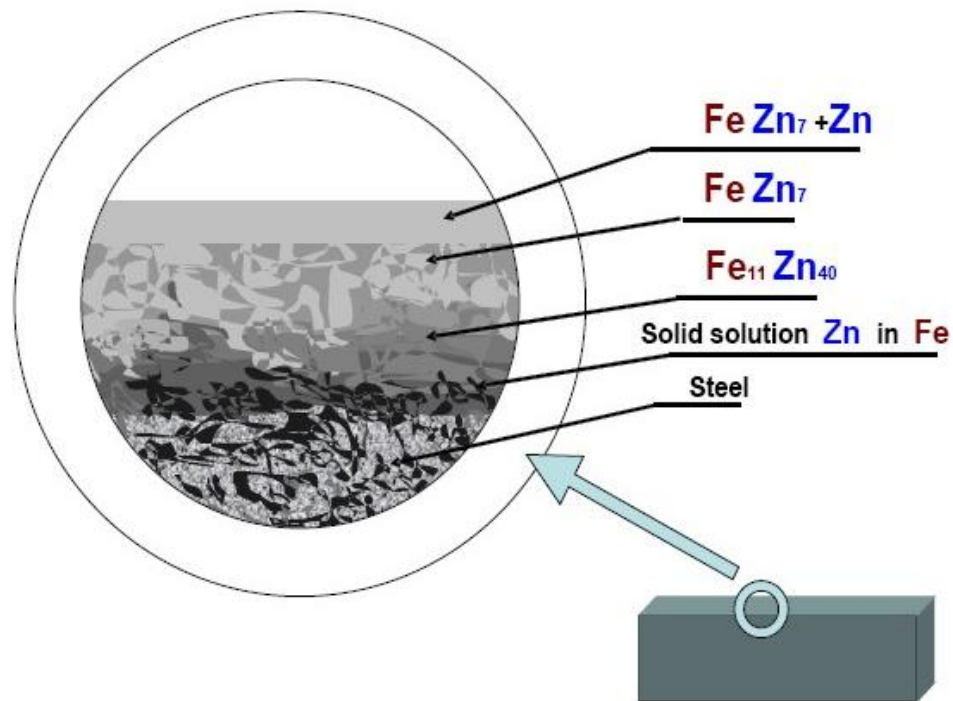
- ▶ Při dostatečně vysoké teplotě ve styku s povrchem kovu se ve většinou práškovém prostředí uvolňuje rozkladem molekul sloučenin (disociace) příslušný prvek na tzv. aktivní atomy, které vstupují do povrchu (adsorpce) a pohybují se mřížkou (difúze) ve směru koncentračního spádu.

- ▶ **Termodifúzní chromování (inchromování).** Účelem difúzního chromování je získání povrchové vrstvy se zvýšeným obsahem chromu, vyznačující se odolností proti opotřebení, zvýšenou povrchovou tvrdostí a odolností proti atmosférické korozi i tepelné oxidaci.
- ▶ Princip spočívá v difúzním sycení povrchu ocelového předmětu chromem při teplotách v rozmezí 900 až 1200 °C v příslušném prostředí (tuhém, kapalném i plynném), obvykle halových sloučenin chromu.

- ▶ Tloušťky vrstev dosahují 0,05 až 0,3 mm a doba inchromování je podle způsobu 1 až 12 hodin.
  - ▶ Tvrdost chromové vrstvy na nízkouhlíkatých ocelích dosahuje 150 až 300 HV (tuhý roztok).
  - ▶ Karbidické vrstvy mají tvrdost 1200 až 1300 HV (obvyklé tloušťky 0,025 až 0,030 mm).
- 

- ▶ **Termodifúzní zinkování** se provádí dvěma způsoby. Nejčastější je způsob nízkoteplotního zinkování tzv. sherardování. Je dobrou ochranou tam, kde se nepožaduje velký lesk povrchu. Vrstva sleduje obrysy povrchu (např. vnitřní závity), neodlupuje se a je vhodná pro spojovací materiál.
- ▶ Vlastní proces spočívá v žíhání předmětů v rotační peci ve směsi práškového zinku s příměsí oxidu zinečnatého (zinkového prachu) nebo křemičitého písku k zabránění slepování. Proces probíhá při teplotách pod bodem tání zinku, tj. 350 až 400 °C, po dobu 1 až 10 hodin. Dosahuje se tloušťek vrstev 0,03 až 0,08 mm.

▶ Výsledkem procesu je vznik vnější vrstvy ocele napuštěné zinkem na povrchu chráněných ocelových předmětů. Takto vzniklá povrchová vrstva se vyznačuje mimořádnou antokorozní ochranou bez změny původních rozměrů předmětů. Termodifuzní metoda se dále vyznačuje bezkonkurenční odolností na otěr díky absenci nanesené a tedy odloupnutelné vrstvy. Díky nižším teplotám nedochází ke změně vnitřní ocelové struktury a je tak vhodná například i k ochraně pružin a podobných tepelně upravených elementů.

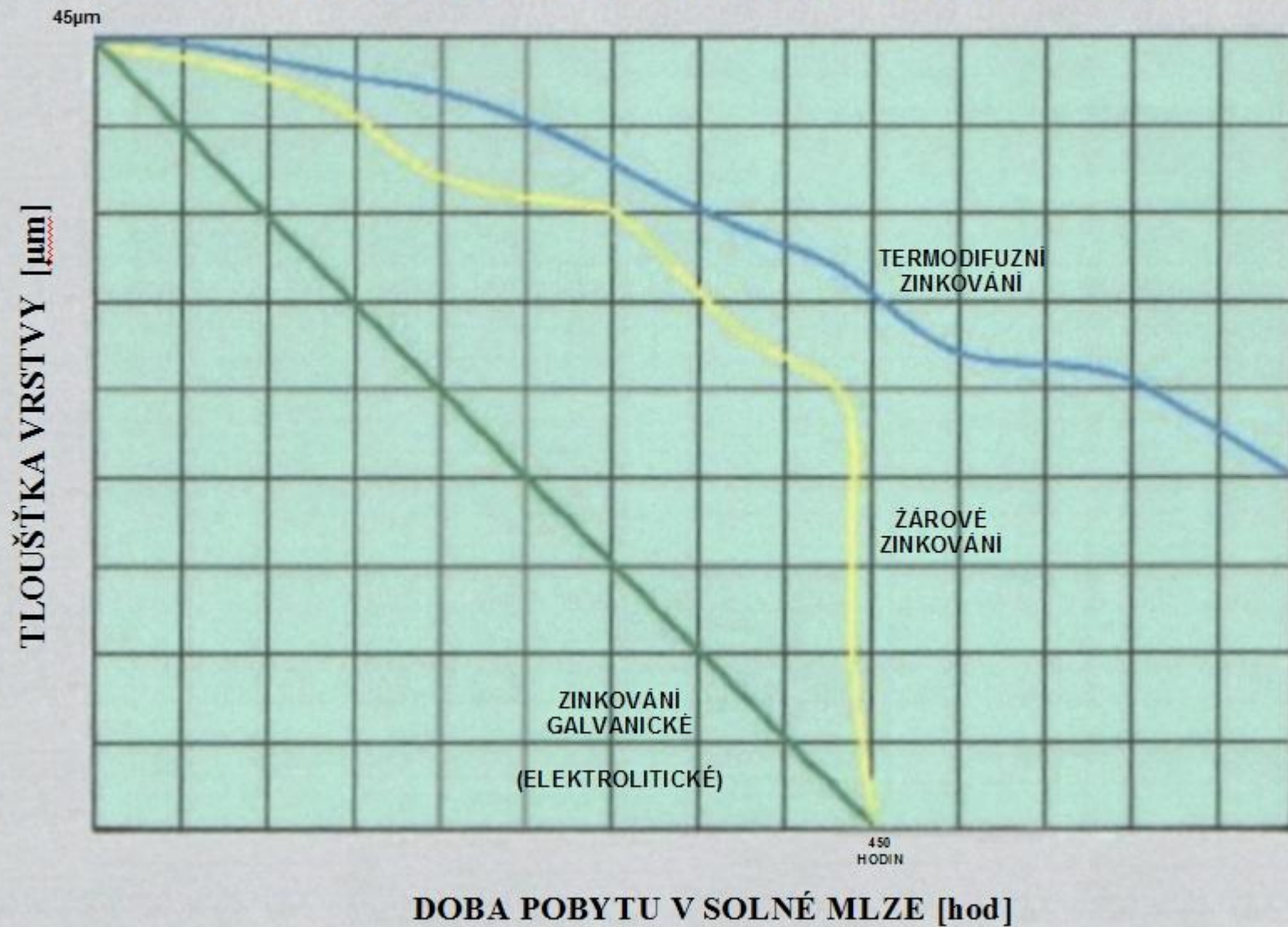




# Srovnání různých metod zinkování

	Zárové zinkování	Galvanické zinkování	Difuzní zinkování	Mechanická metalizace	Lakování zinkovou barvou	Termodifuzní zinkování
Je možné zinkování bez vstupní předúpravy?	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
Antikorozní odolnost	Velmi vysoká	Nízká	Střední +	Střední +	Střední	Velmi vysoká
Tloušťka zinkového povlaku ( $\mu\text{m}$ )	50 – 120	5 – 15	5, 15, 30	kolem 20	kolem 10	15 – 120
Přesnost pokrytí	Nízká	Vysoká	Střední	Střední	Vysoká	Vysoká
Výsledná kvalita a jednotnost zpracování	Nízká	Střední +	Střední +	Střední +	Vysoká	Vysoká
Je možná následná odlišná povrchová úprava (jako lakování, pogumování, oplastování) bez dodatečné vstupní povrchové úpravy?	Ne	Ne	Ano	Ano	Netýká se	Ano
Je proces ekonomickým z pohledu využívání pracovních sil?	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
Je možné zpracování malých dílů?	Tloušťka povlaku do 20 $\mu\text{m}$	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
	Tloušťka povlaku od 20 do 50 $\mu\text{m}$	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano
	Tloušťka povlaku nad 50 $\mu\text{m}$	Ano, ale pouze ve vřívce	Ne	Ne	Ne	Ano
Stupeň kontaminace a nároků na životního prostředí	Velmi vysoký	Vysoký	Střední +	Střední +	Vysoký	Nízký
Škodlivost technologie ke zdraví obsluhy	Velmi vysoká	Vysoká	Střední -	Střední -	Střední -	Nízká

# ZMĚNA TLOUŠTKY VRSTVY V SOLNÉ MLZE



- ▶ **Termodifúzní hliníkování.** Účelem termodifúzního hliníkování je získání povrchové vrstvy se zvýšeným obsahem hliníku, vyznačující se po případném difúzním žíhání především  
odolností proti oxidaci do teploty 900 °C a  
korozní odolnosti proti sirovodíku do 600 °C.

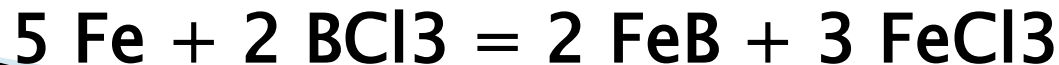
- ▶ **alitování** spočívá v žíhání ocelových předmětů v práškové směsi obsahující 90 % feroaluminia, 9 % oxidu hlinitého a 1 % chloridu amonného. Teplota alitace je 800 až 1050 °C, doba 1 až 10 hodin.
- ▶ Zvolenými podmínkami možno dosáhnout tloušťky vrstvy od 0,06 do 0,8 mm. Získaná vrstva je houževnatá a dobře odolává žáru.

- ▶ **alumetování** je způsob, při kterém se hliník nastříká metalizací na předmět a pod ochranou, např. nátěry vodního skla, se pak difúzně žihá v peci při teplotě 800 až 1000 °C po dobu několika hodin do vytvoření difúzní vrstvy. Tento způsob je vhodný i pro větší části konstrukcí.
- ▶ Chrání proti oxidaci oceli do 900 °C.

- ▶ **Termodifúzní křemíkování** patří k často aplikovaným difúzním procesům. Tyto povlaky vykazují vysokou korozní odolnost proti působení kyselin, tepelné oxidaci a opotřebení.
- ▶ Korozní odolnost se projevuje u křemíkových slitin od 3 % Si, zvláště výhodné jsou slitiny s 14 až 18 % (fersilit).
- ▶ Žíhání se provádí ve směsi prášku karbidu křemíku nebo ferosilicia, písku a chloridu železitého), tak i metody z plynné fáze (přímé působení sloučenin křemíku, hlavně chloridu křemičitého –  $\text{SiCl}_4$ ). Teplota procesu se pohybuje od 700 do 1000 °C.



- ▶ **Termodifúzní boridování** umožňuje vytvořit povrchové vrstvy pozůstávající z boridů železa (resp. komplexních boridů železa a legujících prvků) a tuhého roztoku boru v oceli.
- ▶ Tato povrchová vrstva se vyznačuje vysokou tvrdostí, odolností, proti otěru a zadírání, aniž je nutno po boridování předmět dále tepelně zpracovávat.
- ▶ Bórovaná vrstva na uhlíkových ocelích má tvrdost 1600 – 2000 HV. Tvrdost bórované vrstvy se udrží do 650°C.
- ▶ Např. v plynné fázi spočívá v tom, že za nepřístupu vzduchu se při teplotě 500 až 600°C přehání přes vzorky uložené v křemenné trubici směs trichloru boru s vodíkem :



- ▶ Dvoufázová vrstva se skládá z vnější vrstvy FeB a vnitřní vrstvy Fe<sub>2</sub>B. Borid FeB je tvrdší a podstatně křehčí než borid Fe<sub>2</sub>B. Proto je snaha vytvářet jednofázové vrstvy Fe<sub>2</sub>B.
- ▶ Bórování lze provádět v zásypu (nebo v pastě), v roztoku solí a v plynech. U součástí se obvykle používá zásyp, který se skládá z karbidu bóru (B<sub>4</sub>C), aktivátorů (např. tetrafluoroboritan draselný) a výplňové látky. Karbid bóru je donátor bóru, aktivátor ovlivňuje rovnoměrnost a růst vrstvy. Uhlí obsažené ve výplňové látce zajišťuje redukční atmosféru a zabraňuje spékání bórovacího zásypu. Bórování probíhá v utěsněných krabicích. Teplota bórování se volí v rozmezí 815 – 980°C. Doba procesu je 0,25 – 10 hodin.



- ▶ **Termodifúzní beryliování** zvyšuje odolnost proti různým korozním prostředím především tím, že vrstva oxidů vytvářejících se na povrchu je pevnější a odolnější než obdobné vrstvy (Cr, Si), zejména proti oxidaci spalovacími zplodinami. Beryliování v plynné fázi lze provádět působením chlorovodíku na součásti zasypané v prášku feroberylia, složitější je použití oxidu berylnatého.
- ▶ Charakter beryliové vrstvy závisí na složení základního materiálu, především obsahu uhlíku.
- ▶ U nízkouhlíkových ocelí se tvoří dvě fáze, vnější je tvořena v podstatě intermetalickou fází  $\text{FeBe}_2$ ,