

**Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství  
Ústav strojírenské technologie , odbor svařování a PÚ**

**RENOVACE A POVRCHOVÉ ÚPRAVY**  
**v.1.3**

**Pouze pracovní verze bez konečné úpravy a bez řady aplikací**

**Brno 11.12.2006**

**Autor: ing. Jaroslav Kubíček**

# OPRAVY A RENOVACE SVAŘOVÁNÍM A NAVAŘOVÁNÍM

## Renovace a opravy

Obnova poškozené součásti z hlediska – tvarového (opravení odlomených částí, doplnění povrchového opotřebení) - funkčního (odolnost proti opotřebení, třecí vlastnosti, odolnost proti vysokým teplotám) - provozní schopnosti - bezpečnosti (spolehlivost součásti při dlouhodobém zatížení)

Poškození povrchových vrstev je hlavní příčinou vyřazování opotřebovaných součástí z provozu. Toto poškození povrchu lze předpokládat u přibližně 80 - 90% vyřazovaných strojních dílů.

Navarování je významnou technologií renovací opotřebovaných součástí, při kterém se získávají původní rozměry a tvar součásti se stejnými, ale častěji lepšími vlastnostmi povrchu a tím výrazně vyššími užitnými vlastnostmi.

Efektivita renovací navařováním se pohybuje do cca 70% ceny nového náhradního dílu nebo nástroje. Závisí na řadě faktorů: ceny a dostupnosti nové součásti, pracnosti výroby, dostupnosti potřebných zařízení, rozsahu poškození, nutnosti dokončovacích operací a cenou přídavných materiálů (dále PM).

Hlavní podmínkou úspěšnosti renovace je správná analýza druhu opotřebení, vlivu prostředí, pracovních podmínek a na základě tohoto rozboru návrh odpovídající technologie navařování a výběr příslušného přídavného materiálu.

## Rozdělení:

**opravy** – oprava vadných svarů (trhliny, bubliny) → svar vydrážkovat a následně svařit za stejných podmínek (mat.+PM) dle původní postupu WPS

- opravy destrukce po haváriích (přetížení – jeřáb, most), deformace konstrukcí

**renovace** – zvýšení užitné hodnoty součásti –lepší se mechanické a fyzikální vlastnosti mat. 90% poškození se děje z povrchu, součást je vyřazena z provozu

renovace se provádí se rozdílným materiálem, podmínky specifické dle materiálu, široké spektrum možností a druhů přídavných materiálů.

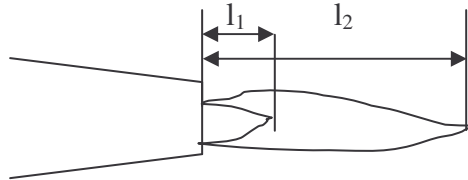
## **Postup renovace:**

- Posouzení charakteru a rozsahu vady (opotřebení)
  - princip vzniku opotřebení (přetížení, druh opotřebení, medium)
  - volba metody renovace
  - parametry renovace (předehřev, dohřev, parametry navařování)
- Identifikace druhu a stavu ZM – odjiskření a spektrometru, odvrtání, u neželezných mat. kapkovou metodou pomocí hydroxidů.
- Vypracování technologického postupu – WPS → parametry navařování, ochranný plyn, tavidlo, tep. předehřevu, ochlazení, ...
- Vlastní provedení

## NAVAŘOVÁNÍ PLAMENEM

- používá se převážně na speciální aplikace, plamen redukční s přebytkem acetylénu 7,5% .

$l_2/l_1$	1	2	3	4	5	6
Přeb. [%]	0	3,5	7,5	12	16	22
$C_2H_2$						



Plamen by měl mít malou výstupní rychlost → MĚKKÝ do 90m/s (rovinnost návaru)

Postup: 1.) přehřev povrchu na cca 1200°C (↑obsahu C v tl. 0,1÷0,2mm získáme litinu)

2.) povrch se nataví 0,2mm

3.) Podávání PM bez kontaktu s tavící lázní (bez zředění)

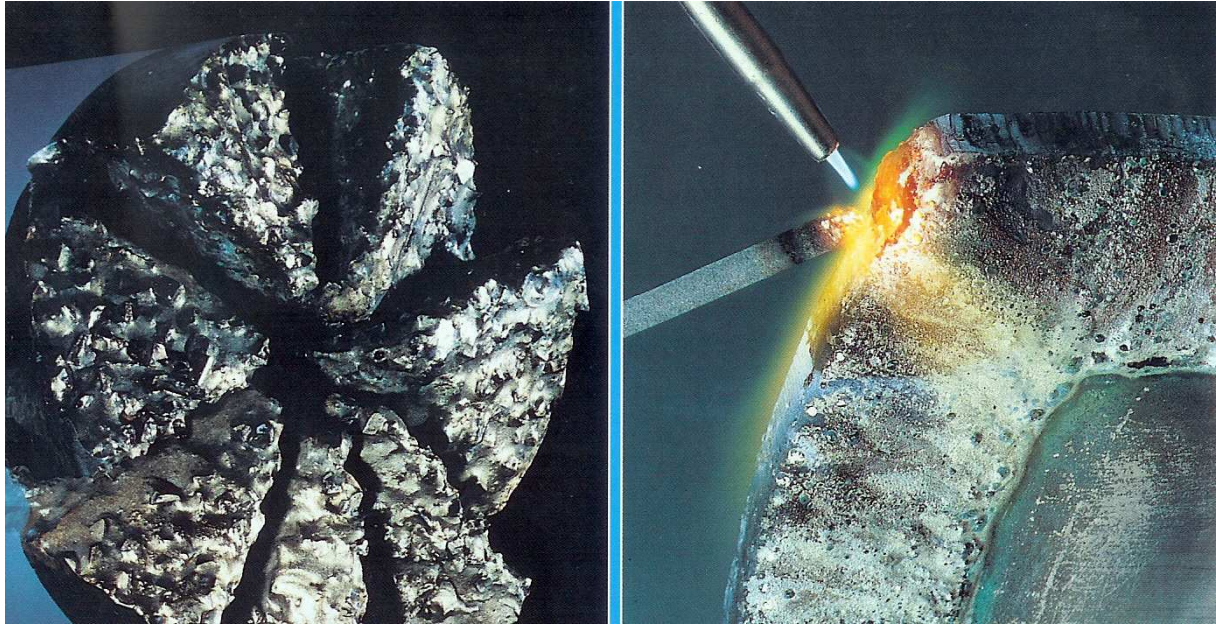
4.) Doba tavení na vyčištění, únik plynů a nečistot

5.) Ukončení: - celkový mírný ohřev → vyrovnání napětí

### Charakteristické rysy navařování plamenem:

- návar bez propalu prvku (oxidace prvku je minimální)
- s minimálním zředěním se ZM (nepromísí se do návaru základní materiál)
- plošné tepelné zatížení (→ relativně nižší napětí v návaru)
- relativně vysoký přehřev brání k praskání návaru
- při správném seřízení → hladký povrch bez nerovností

Pro tenké plechy: ZM se podloží Cu, protože dobře odvádí teplo a ZM se nepřehřeje.



### Materiály pro plamenové technologie

V oblasti návaru se používají slitiny na základě Fe, Co a Ni.

#### **Návarové trubičky:**

- Fe, Ni trubičky plněné karbidy WC-Co (vel. 0,5÷8mm) použití: šneky dopravníků hornin
  - kobaltové a niklové slitiny (STELLIT, NIMONIC, HASTELLOY)
    - dobrá odolnost při zadírání, ušlechtilé kovy, použití na dosedací plochy ventilů, čerpadla a armatury
- Př: - Slitiny STELLIT složení: Co základ, cca 25%Cr, 6÷18%W, 0,2÷2,5%C.





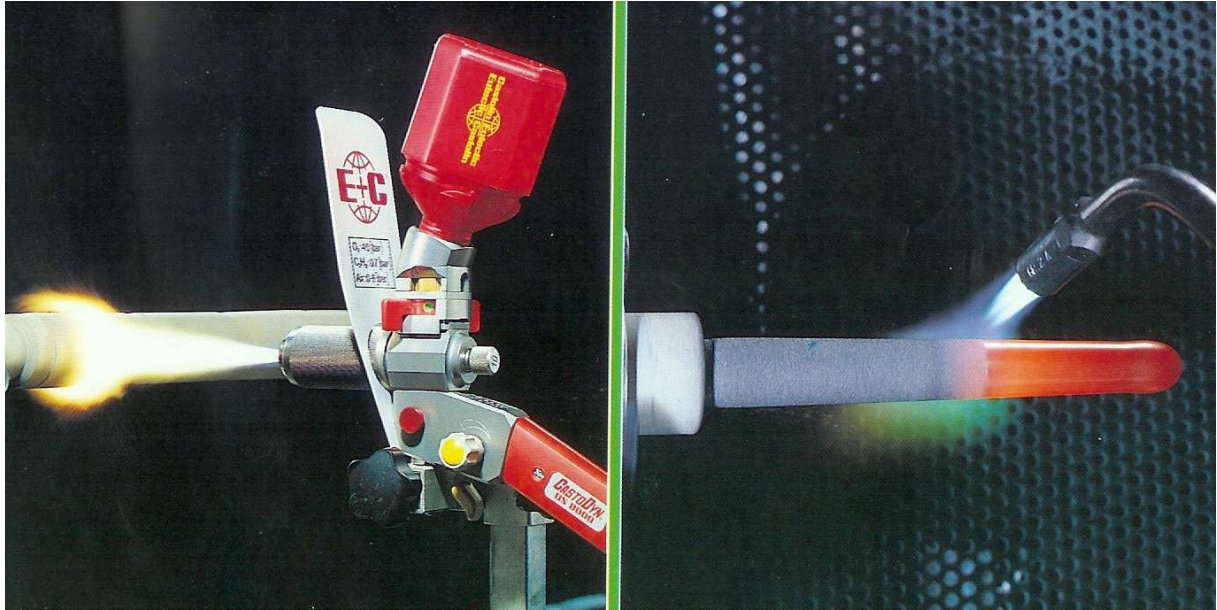


### DVOUFÁZOVÝ NÁVAR

Technologie založená na přetavení nanoseného povlaku materiálu na bázi niklu.

#### Postup:

- 1.) Předehřev – z důvodu lepší přilnavosti a omezení odrazu částic PM ( $T_p=300^\circ\text{C}$ )
- 2.) Nástřik – celé plochy → protioxidační povlak  $0,3\pm 0,5\text{mm}$
- 3.) Přetavení (a přidáváním PM) protioxidačního povlaku na tl. cca  $0,1\text{mm}$  tl. bez PM
  - tep. přetavení  $T_{př}=1100^\circ\text{C}$  s nízkou rychlostí plamene  $v_{PL}<90\text{m/s}$
  - požadavkem je vysoký výkon hořáku → rychleji se nataví povrch



Přídavný materiál – základ Ni, B, Si tvrdost v rozmezí 20÷65HRC dle legujících přísad – Cr, W, Mo, V, atd.

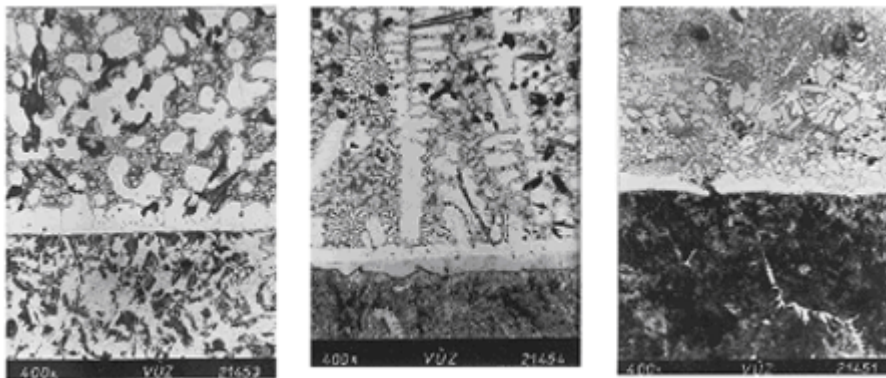
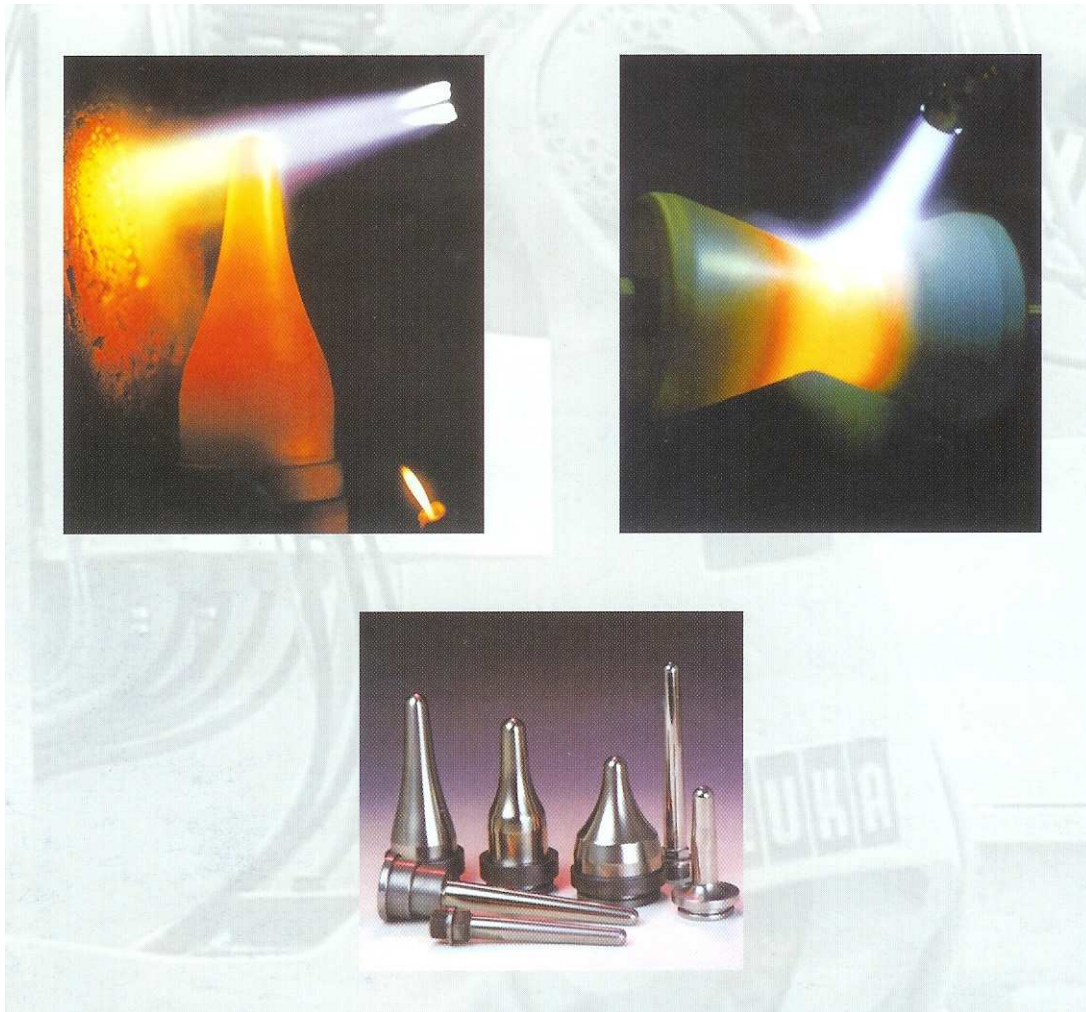
Tvrdost zajišťují a boridy a silicidy → Cr, B, Cr<sub>3</sub>B<sub>2</sub>, CrB<sub>2</sub>, Ni<sub>3</sub>B, Ni<sub>3</sub>B<sub>4</sub>+Si

B působí jako tavítko

Další leg. prvky: C, Cr, W, Mo, Cu tvoří karbidy - WC, W<sub>2</sub>C, Cr<sub>3</sub>C<sub>3</sub> – vynikající vlast. odolnost proti zadírání do 550°C při měr. zatížení 55Mpa (dobré kluzné vlast.)

Využití: - třecí dvojice, uložení (ložiska)





## NAVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM

**Charakteristika:** - bodové tepelné zatížení, rychlost navařování je mnohem vyšší než u plamene, díky bod. tep. zatížení je nebezpečí vzniku trhlin (nad 0,3%C v ZM) → jeden z důvodů přehřevu, při navařování obloukem první vrstva vykazuje zředění cca 50% → pokles tvrdosti, vysoká rychlost ochlazení způsobí zakalení.



Metoda	Promísení [%]	Počet vrstev	Síla [mm]
Navářování plamenem	3 - 5	1 - 3	3
Ruční obalenou elektrodou	10 - 30	2 - 4	3 - 6
TIG-navářování	7 - 15	1 - 3	3
MIG-navářování	13 - 30	2 - 4	6
MIG-PULS	6 - 20	2 - 3	4 - 8
MIG + studený drát	5 - 15	1 - 2	4 - 8
MAG-navářování	25 - 45	3 - 5	6
Pod tavidlem- jeden drát	30 - 50	3 - 4	10
Pod tavidlem- více drátů	15 - 30	2 - 3	6
Pod tavidlem - páska	8 - 20	1 - 3	4 - 6
PLASMA- horký drát	7 - 60	1 - 3	2 - 7
Elektro struskové- páska	5 - 10	1 - 2	4 - 5
MOG-trubičky s vlastní ochrannou	20 - 40	2 - 3	4 - 8

## NAVAŘOVÁNÍ RUČNÍ OBALENOU ELEKTRODOU

### Zásady pro navářování ruční obalenou elektrodou:

- použití elektrody s bazickým nebo rutilovým obalem
- sušení elektrod 100°C/h + 350°C/2h, krátké housenky (50mm)
- používá se bazický obal → rafinace ↓P,S a dezoxidace ↓O<sub>2</sub>
- tzv. studená struska má velký vliv na propal legujících prvků. Samotné legování lze provádět obalem. – vodivý obal - obsahuje kovy → oblouk se dá zapálit přes obal.
- požadavek na vodorovné navářování z hora (vysoká tekutost návarových kovů)
- krátký oblouk bez rozkyvu → doporučuje se rovné vedení
- předeřev → snížení teplotního rozdílu mezi místem svařování a materiálem a prodloužení doby tuhnutí, vyrovnání tep. roztažností mat. a návarového mat.
- dohřev buď v peci nebo zábalu, zásypu

**nenavařuje se:** - nitridový povrch → nitridovou vrstvu je třeba odstranit, na zakalený povrch → součást se musí vyžítat

**Renovace:** při velkých tl. návarů možnost podložení svarovým kovem nízkouhlíkové oceli, nebo navářením austenitické CrNi oceli z důvodu lepší vazby mezi návarem a ZM a vyrovnání teplotní roztažnosti návaru a ZM.







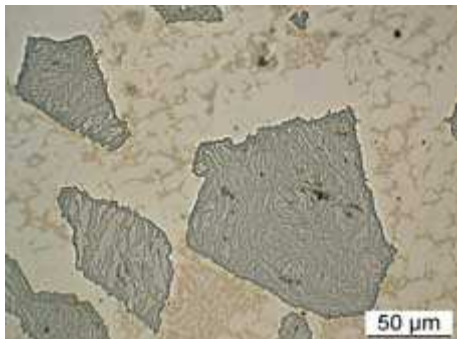
**Navarování v ochranných plynech:** MIG/MAG, WIG, Používají se především plněné dráty s náplní legujících prvků, karbidů a struskotvorných přísad.

Rozměry plněných drátů od 1,2 do 4,0 mm

Př.: Železné slitiny na bázi Fe s legováním Cr 5 ÷ 30%, obsah C 0,2 ÷ 3,8%, v některých typech až 5,5% a pro zvýšení pevnosti Mo až do 16%. Náplně většinou karbidické.

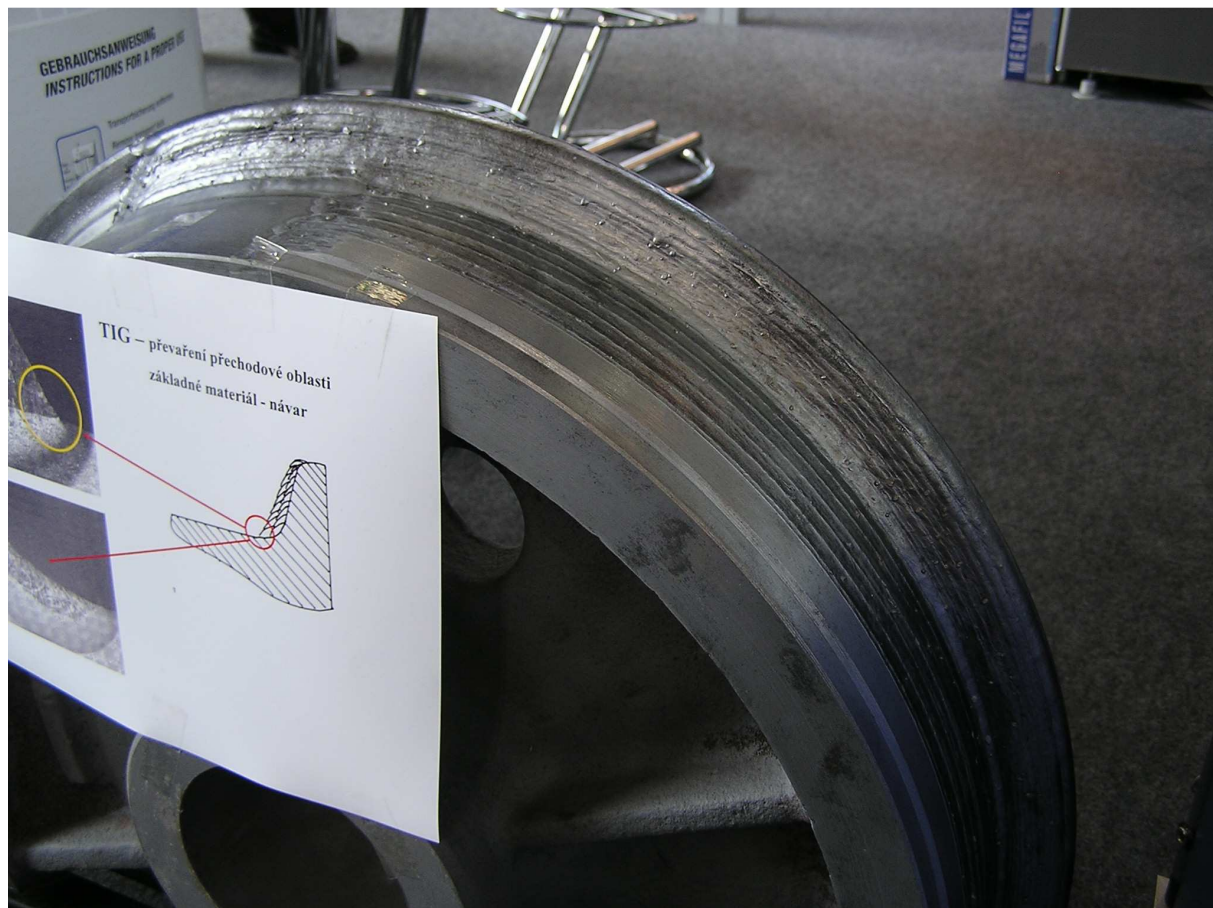
WIG – zde se spec. vyrábí návarové mat. v oblasti NO → tlakové lití, zápustky, formy, .....

- nízký proud, dlouhé pulzy ØW elektrody 0,5mm









**Návary pod tavidlem:** používají se všechny druhy drátů, plněných drátů, pásků a plněných pásků.

**Návary:** • korozivzdorné → jedná se o páskový PM tl. 0,5-š.20-60mm (na plošný návar)  
• navařovací plněné pásky → tl 1÷3mm š. 20÷40mm, chem složení PM je až ve 3 vrstvách návaru a v těch prvních dvou jsou návary zředěné.

**Legování tavidlem:** př.: drát A-102 + tavidlo F104 → s.k. -0,2%C – 0%Cr – tvrdost 200HB,  
A-102 + legující tavidlo FK504 → s.k. -0,5%C – 3,5%Cr – tvrdost 500HB

**Navařování plazmou:** charakteristika: - penízkovitý vzhled návaru, promísení do 1%,  
výťažnost prášku 95%, vysoká čistota a hladkost návaru.

Využití: - dosedací plochy výfukových ventilů navařené STELLITEM

## NAVAŘOVÁNÍ PLAZMOU A MIKROPLAZMOU

Svařování a navařování plazmou je metoda známá a používaná relativně dlouhou dobu. Pro stabilizaci elektrického oblouku a vznik koncentrovaného plazmového paprsku je nutno ionizovat min. 30% plazmového plynu nejčastěji Ar, Ar + H<sub>2</sub>, He + Ar, N<sub>2</sub>. Plazmový paprsek dosahuje vysokých teplot až 16 000 K a hustota energie plazmy se pohybuje kolem 10<sup>6</sup> W.cm<sup>-2</sup>. Rychlost ohřevu tímto zdrojem tepla je tedy velmi vysoká a specifické vnesené teplo do základního materiálu je nízké. S tím úzce souvisí i malá tepelně ovlivněná oblast, nízká úroveň deformací, minimální natavení základního materiálu a velmi malé promísení

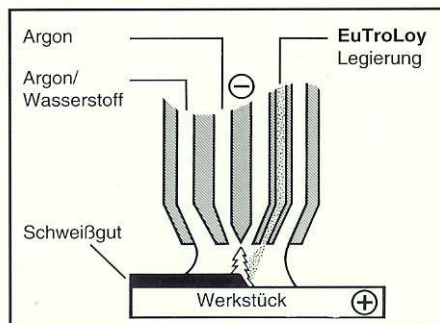
návaru se základním materiálem. Vrstva promísení nad 10% je maximálně do hloubky 0,5 mm od rozhraní základní materiál – návar. Požadované vlastnosti návaru deklarované složením přídatného materiálu lze očekávat od tloušťky návaru cca 1 mm. K minimalizaci tepelného ovlivnění přispívá také možnost impulsního průběhu proudu s regulací frekvence v rozmezí 0 až 1000Hz.

Další výhody navařování plazmou jsou:

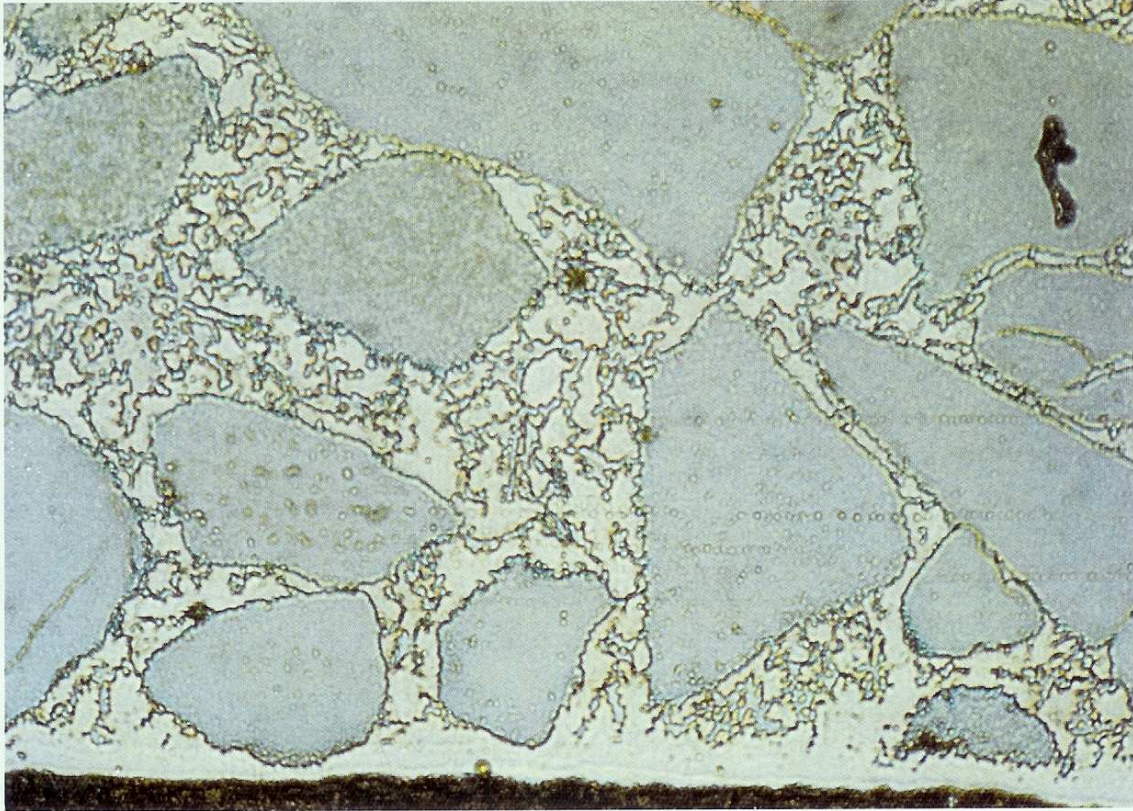
- návary bez pórů, bublin a ředin s metalurgickým spojením se základním materiálem, -velmi malé přídavky na opracování návaru cca 0,5mm, -minimální propal legujících prvků,
- velmi vysoká výtěžnost práškových přídatných materiálů (nad 90%), -široký sortiment druhů přídatných materiálů ( dráty, tyčinky, trubičky a prášky), -možnost automatizace, - snížení doby navařování, -zvýšení technické úrovně a bezpečnosti práce.

Jako přídatné materiály se v současnosti používají především slitiny na bázi kobaltu, niklu a vysokolegovaných ocelí s tvrdostí od 250 HB do 70 HRC (FeCrNbVSiMnBC, ) a tepelnou odolností vybraných superslitin (CoCrNiMoC) do 900°C.

Vysokou stabilitu plazmového paprsku lze využít i při velmi malých proudech. Tzv. mikroplazma umožňuje svařování i při proudech 0,05 A s energií paprsku soustředěnou na malou plochu. Těto možnosti se využívá pro svařování tenkých folií 0,025 až 0,5 mm a také pro navařování hran střížných a obráběcích nástrojů pomocí nástrojových ocelí případně slitin na bázi kobaltu nebo niklu. Mikroplazmu lze také úspěšně použít pro navařování plošných návarů například poškozených vtokových kanálů, erodovaných stěn forem nebo funkčních ploch při havarijních situacích. Nejvhodnější složení přídatných materiálů je stejné jako základní materiál forem.







VAUTID ULTRA III with 80 % in weight W2C content

Scale 1:250

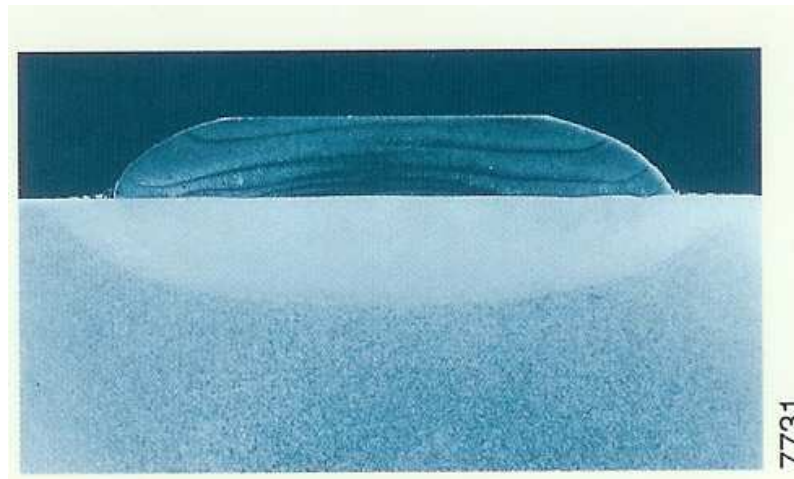


Alloy	Nominal Compositions										Description	
	HRC	Co	Cr	W	C	Ni	Mo	Fe	Si	B		
<b>Cobalt Base</b>												
Deloro Stellite 7	30-35	Bal.	26	6	0,4						High temperature alloys having a good resistance to creep, thermal shock and oxidation. Used for gas turbine blades, brass casting dies, extrusion dies.	
21	30-35	Bal.	27	8	0,2	2	6					
31	30-35	Bal.	26	7	0,5	10						
Deloro Stellite 6	39-43	Bal.	28	5	1							Less ductile than Stellite 7,21 and 31 but more resistant to wear and having good resistance to shock. Used for steam and chemical valve seats.
Deloro Stellite 4 12	45-49 47-51	Bal. Bal.	33 29	14 8	1 1,8			1				
Deloro Stellite 3 20 1040	51-58 55-59 56-60	Bal. Bal. Bal.	30 33 33	13 18 18	2,4 2,5 2,0							Posses high abrasion resistance for applications not subject to thermal or mechanical shock e. g. pump sleeves and rotary seal rings, wear pads, bearing sleeves, homogeniser parts, can rolls, plastic extrusion liners.
Deloro Stellite 250 251	19-29 23-35	Bal. Bal.	28 28		0,1 0,3			20 18	Nb 2			
Tribaloy T 400 T 800	51-58 54-62	Bal. Bal.	8,5 17,5		0,1 0,1		28 28	3 3	2,6 3		Combines excellent mechanical wear resistance with good corrosion resistance. Used for wedge gate valves at elevated temperatures and corrosive environments as well as for plastic twin extrusion liners.	

#### Nickel Base

Nistelle (Hastelloy*) C C4 B	17-27 13-20 13-25		17 17	5 5	0,1 0,01 0,1	Bal. Bal. Bal.	17 17 29	6 6 6			Designed primarily for high corrosion resistance, these alloys are used for pump and valve parts, etc. in the chemical industry.
Deloro alloy 40 G 42 K 44 K 50 60	29-35 30-35 38-43 48-52 59-62		7,5		0,3 0,1 0,1 0,4 0,5	Bal. Bal. Bal. Bal.		5 1 3 4 4	4 3 4 4 4,5	1,2 2 2 1,8 3,5	
Deloro alloy 1068	23-26		38		0,1	Bal.	5	1	1	Mn 1	Extremely good corrosion resistance at elevated temperatures in sulphuric acid environments, used for pump parts etc.
Tribaloy T 700	42-48	3	15		0,1	Bal.	32		3,4		





### **Navařování laserem**

Využití laseru v technické praxi je skutečně velmi široké. Navařování fokusovaným svazkem fotonů je jen další z možných aplikací. Princip navařování spočívá v tavení PM deponovaného na povrch žárovým nástřikem, pojivem nebo galvanicky, nejčastěji však tavením práškového PM neseného na povrch substrátu inertním plynem. V závislosti na rozložení energie laseru na ploše a rychlosti pohybu svazku je možné tavit prášek do návaru s difúzním spojením se substrátem, nebo částečně natavit i základní materiál s metalurgickým spojením. Optimální hustota energie laseru se pohybuje mezi  $10^5$  až  $10^6$   $\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  a navařovat lze rovinné plochy a rotační vnější i vnitřní plochy v tloušťkách 50 až 1000  $\mu\text{m}$ . Nejčastěji používané PM jsou na bázi železných a kobaltových slitin s tvrdostí cca 60 HRC, niklových slitin s tvrdostí 64 HRC, karbidů wolframu a molybdenu s tvrdostí 1600 HV, karbidu niobu o tvrdosti 2000 HV a materiálu s nejvyšší tvrdostí 3200 HV karbidu titanu.



## Laser Cladding Powders

PRAXAIR PRODUCT	PARTICLE SIZE (μ)	MFG METHOD MORPHOLOGY	NOMINAL CHEMISTRY									TRADE NAMES	
			Ni	Co	Fe	Cr	Al	W	Mo	Ti	Other		
CO-114	*	Gas Atomized Spherical	5	Bal		28			19.5			V 1	CM-64
CO-222	*	Gas Atomized Spherical	10	Bal		23.5			7			Ta 3.5	MAR-M-509
CO-273	*	Gas Atomized Spherical	22	Bal		22			14.5			Si 0.35 La 0.03	HS-188
FE-206	*	Gas Atomized Spherical	4		Bal	16.1						Cu 3.1 Si 0.75	17-4 PH
NI-111	*	Gas Atomized Spherical	Bal	1.5	18.5	21.5			0.6	9			HASTALLOY X
NI-183	*	Gas Atomized Spherical	Bal	9.5			14	3	4	4	5		RENÉ 80
NI-202	*	Gas Atomized Spherical	Bal		18	19		0.5		3	1	Nb 5.1	IN-718
NI-284	*	Gas Atomized Spherical	Bal	8.5			16	3.5	2.6	1.8	3.5	Ta 1.75	IN-738
NI-328	*	Gas Atomized Spherical	Bal			21.5				9		Nb 3.6	IN-625
NI-335	*	Gas Atomized Spherical	Bal	10			8.4	5.5	10		1.1	Ta 3 Hf 1.4	MAR-M-247
NI-365	*	Gas Atomized Spherical	Bal	12			6.8	6.2	4.9	1.5		Re 2.8 Ta 6.4 Hf 1.5	RENÉ 142
NI-378	*	Gas Atomized Spherical	Bal	10			9	5.5	10		1.5	Ta 2.5 Hf 1.2	MAR-M-002
NI-396	*	Gas Atomized Spherical	Bal				12	6		4.5	0.7	Nb 2	IN-713
NI-413	*	Gas Atomized Spherical	Bal	19			22.5	1.2	2		2.3	Ta 1 Nb 0.8	GTD 222
NI-490	*	Gas Atomized Spherical	Bal		7		15.5	0.7			2.5	Nb 1	IN-X750
NI-492	*	Gas Atomized Spherical	Bal	13.5			19.5	1.2		4.2	3		WASPALLOY

### Elektrovibrační navařování

Je založeno na metodě MIC/MAG → založené na pohybujícím se drátu

- Ø drátu 1,4÷1,6mm (i plněné), Obvodová rychlost 60m/hod,
- Frekvence kmitání  $f = 60\div 90\text{Hz}$ ,
- Nízké napětí  $U=10\text{V}$ ,  $I=70\div 150\text{A}$ , Amplituda  $a = 0,5\div 3\text{mm}$

Ochrana: PLYN ( $\text{CO}_2$  čili  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ), KAPALINA ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaCO}_3$ , GLYCERIN, OLEJ)

Princip: Drát se přiblíží k základnímu mat. a zapálí se oblouk, pak se drát oddaluje a oblouk stále hoří s přenosem kovu → vznikne bodový návar a drát se stále oddaluje, až oblouk zhasíná a drát se zastaví. Pak se celý proces opakuje.

Použití: spíše rotační součásti (hřídele, ložisková uložení železničních soukolí, .....



### **Elektrokontaktní navařování**

Bylo vyvinuto pro navařování pístů hydraulických válců stojek pro důlní zařízení.

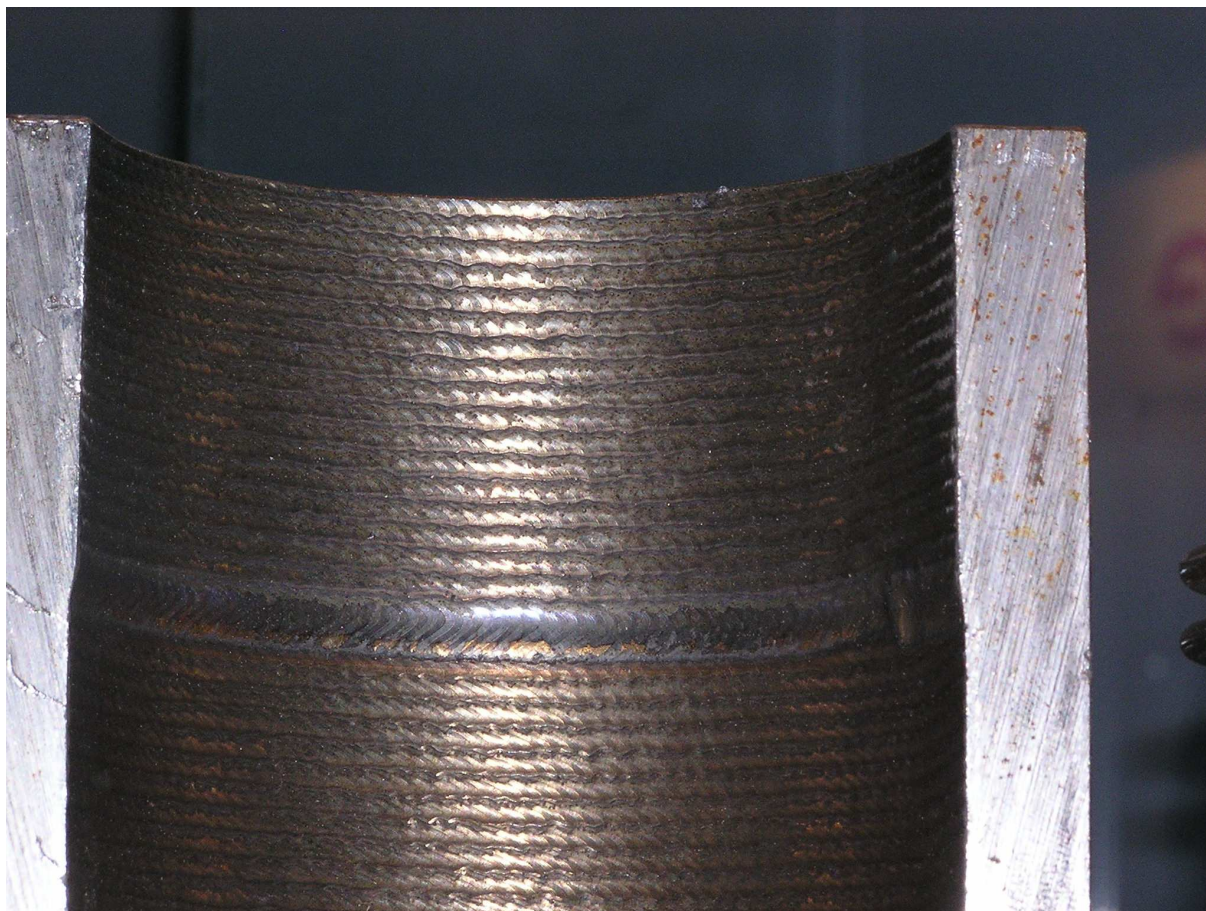
Rotační součást se otáčí mezi dvěma Cu kladkami a impulzním proudem s vysokou intenzitou probíhá ohřev ve dvou kontaktních místech.

V místě 1. dochází k deformaci drátu a navaření a v místě 2 slouží dochází k zahlazení návaru.

$T_{\text{ohřevu}} = 0,8 \div 0,9 T_{\text{tavení}}$ ,  $I = 8 \div 10\ 000\text{A}$ , Bez promísení se ZM, Ø1,6 mm drátu dá tl. návaru cca 0,4÷0,6mm

Přídavný materiál: - martenzitická nerezavějící ocel, berilylová bronz (vynikající tvrdost a kluzné vlastnosti.)





## MIKRONAVAŘOVÁNÍ

Specifickým problémem renovací je oprava poškozených a opotřebených nástrojů.

Hlavním požadavkem při renovacích forem a nástrojů je minimalizovat tepelné ovlivnění základního materiálu. Při běžných způsobech svařování a navařování (ROE, MAG, MIG, WIG, atd.) vzniká značně rozsáhlá tepelně ovlivněná oblast šířky 1 - 4 mm.

Tyto technologie se využívají především pro renovace silně poškozených nástrojů např. zápustek pro zápustové kování nebo vylomených hran velkých střížných nástrojů. Pro tyto technologie je nabízen velmi široký sortiment přídatných materiálů.

Tepelně ovlivněná oblast vlivem prodělané transformační přeměny vykazuje rozdílné strukturní složení, velikost zrn a rozdílnou tvrdost. Výsledkem je změna napjatosti v okolí svaru, která spolu s tvrdými a křehkými fázemi může iniciovat vznik trhlin. Z těchto důvodů je doporučeno pro celou řadu aplikací zařadit po navařování tepelné zpracování. Někdy je tepelné zpracování nutné i pro dosažení odpovídajících mechanických vlastností návaru. V každém případě jakéhokoliv lokálního tepelného zatížení přesných forem (např. na plasty) kokil na tlakové lití nebo tvářecích nástrojů vede k prostorovým deformacím a změnám rozměrů.

V současnosti existuje několik metod, které umožňují navařování s minimálním tepelným



zatížením základního materiálu a tím omezení degradačních pochodů.

Mikronavařování je užitečné pro opravu nástrojů, licích kokil a forem pro plasty, pryž a keramiku.

Výhody: - vlivem nízkého vneseného tepla nedochází k degradaci ZM a jeho deformaci, velmi malá tepelně ovlivněná oblast, v návarech nejsou vlivem vyvozeného tlaku žádné bubliny a póry, dokončovací operace broušením, leštění bez problému, dostatečný sortiment PM.

- možnost aplikací na všechny druhy poškození forem a nástrojů, rychlé a jednoduché ovládání, svařování bez ochranných plynů a tavidel, ekologická technologie

Použití: - poškození střížných hran, kolíkových otvorů, dělicích rovin, vyhazovačů, jader, oprava povrchu svarů po klasických metodách svařování, oprava poškozených ploch rýhováním, erozí taveninou, studeným spojem, odstranění chyb třískového a elektroerozního opracování, při konstrukčních změnách, vzorkových formách.

## **IMPULSNÍ MIKRONAŘOVÁNÍ**

Impulsní mikrosvařování je nová technologie jejíž princip je založen na tavení PM elektrickými impulsy rotující elektrody. Zdroj dává krátký, ale velmi vysoký proudový impuls, proud je  $20 \div 1100A$ , doba impulsu je v mikrosekundách.

Frekvence proudových impulsů je velmi malá ( doba mezi impulsy je 0,5 s ) takže nedochází k difúzi tepla do materiálu a teplota okolí svaru se udrží pod teplotou popouštění nástrojových ocelí. Společně s PM se nataví tenká vrstva základního materiálu a vytváří se metalurgický spoj s velmi dobrou vazbou. Tloušťka návaru se pohybuje mezi 0,1 - 0,4 mm a v případě požadavku větší tloušťky se navařuje na několik vrstev. Rotační elektroda připojena na kladný pól zdroje zajišťuje pomocí magnetické vložky nesení práškového PM, které jsou po natavení tlakem ruky tvarovány do požadovaného tvaru. Požadovaný tvar povrchu se dosáhne použitím vhodného rozměru elektrody ( průměry 2, 2,4 a 5 mm, magnetické 3 a 4 mm ) a regulací parametrů svařování ( proud, taktová frekvence impulsů ).

Přídavné materiály se dodávají v těchto formách: práškové PM o zrnitosti  $100\mu m$ , pásy tloušťky 0,1 - 0,2 mm šířky 5 - 30 mm nebo drátky  $\phi$  0,2 - 0,4 mm.

Pro tuto technologii je nabízeno více než 20 typů různých PM především vysokolegovaných a nástrojových ocelí, ale také niklové a kobaltové slitiny. Snahou je zvolit pro renovaci stejný materiál jako základní materiál.

Metoda impulsního mikronavařování byla poprvé použita v roce 1990 k opravám funkčních ploch forem na plasty a dále se rozšířila na formy pro tlakové lití a pryž, lze renovovat obráběcí a tvářecí nástroje např. hrany střížnic a střížníků, razníky, ostří odvalovacích fréz nebo výstružníků. V současnosti tato zařízení nabízí pražské zastoupení firmy EOC Normalien a praktické zkušenosti má firma ALFA - CHROM, Bruntál.

## **ELEKTROJISKROVÉ MIKRONAŘOVÁNÍ**

Další metoda vhodná pro renovace i tvorbu nových povrchů je elektrojiskrové navařování založené na principu elektroeroze. Elektroda tvořená např. karbidem wolframu je připojena na kladný pól stejnosměrného zdroje vybaveného kondenzátory a elektronickým řízením výstupních parametrů. Pomocí vibrátoru se elektroda rozkmitá na 100 Hz a přiblíží k povrchu součásti. Při krátkodobém doteku  $1/100$  s je povrch nástroje vystaven impulsům elektrického výboje a lokálně ohřát nad teplotu překrytality, čímž dojde k zakalení v tloušťce několika desítek mikrometrů. Současně je při výboji povrch elektrody přehřátý a částice WC, W<sub>2</sub>C se nataví na povrch nástroje kde rychle chladnou. Současně se vytváří

mikroplazma kde disociovaný vzdušný dusík s uhlíkem a zákl. materiálem vytvářejí chemickou vazbu a přispívají k vytvrzení povrchu materiálu na tvrdost až 75 HRC. Samotný návar má tloušťku 2 - 40  $\mu\text{m}$  a tvrdost dosahuje až 82 HRC. Kromě WC se jako PM používá vysokolegované a nástrojové oceli v zušlechťeném stavu. Povlaky se vyznačují vynikající přilnavostí k ZM a lze je táhnout, ohýbat a snášejí i rázové zatížení. Povlak se dá leštit diamantem nebo SiC, zvyšuje žáruvzdornost a odstranit se dá tryskáním korundem.

Zařízení vyrábí firma JOKE pod označením TUCADUR 2020.

Některé příklady aplikací:

- postupový střížný nástroj na motorové plechy. Renovace - hrany a plochy propadu. Životnost vzrostla o 220%.
- kombinovaný střížný a ohybový nástroj na zámkové štítky. Renovace - ohybová čelist (studené spoje) a otvory střížnice. Životnost vzrostla o 280%.
- protlačování za studena, nástroj na ochrannou objímku. Renovace - rádius průtlačníku a hrany průtlačnice (zadirání a připékání mat.). Životnost se zvýšila na 600%.
- protlačování za tepla, nástroj na hliníkový profil. Renovace - průchod průtlačnice (přepékání hliníku) Životnost vyšší o 660%.

## **ODPOROVÉ MIKRONAVAŘOVÁNÍ**

Nový typ odporového mikrosvařování firmy NOVAPAX pod označením SPOTRON TZ 100 umožňuje opravy forem a nástrojů krátkým vysokoenergetickým výbojem kondenzátorového obvodu. Výstupní energie dosahuje až 100 W při proudu 0 - 3000 A a napětí 0 - 10 V.

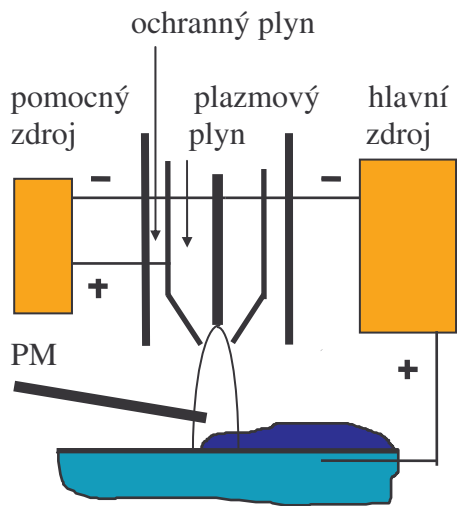
Průměr elektrod je 2,3 a 5 mm, PM je opět nabízen ve formě prášků cca 80  $\mu\text{m}$ , pásků tl. 0,1 až 0,2 mm o rozměrech 5 x 150 mm, nebo drátků průměrů 0,2 - 0,3 mm.

## **VÝHODY TECHNOLOGIE MIKRONAVAŘOVÁNÍ**

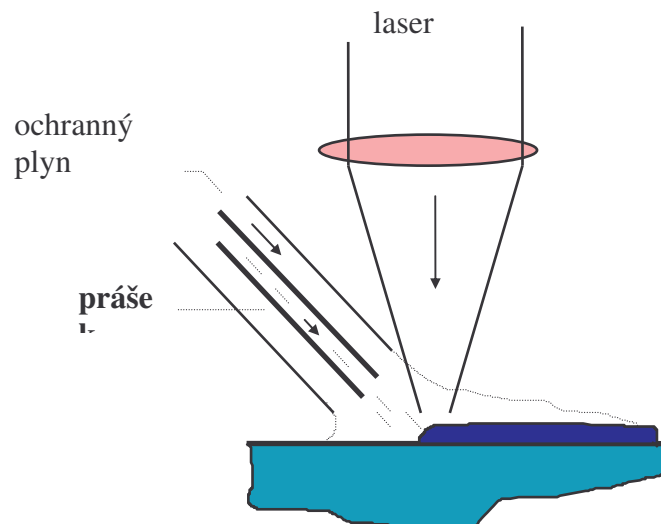
- vlivem velmi malého množství vneseného tepla nedochází k degradaci základního materiálu a jeho deformaci
- velmi malá tepelně ovlivněná oblast
- v návarech nejsou vlivem vyvozeného tlaku žádné bubliny a póry
- dokončovací operace leštění, broušení bez problémů
- dostatečný sortiment PM
- možnost aplikací na všechny druhy poškození forem a nástrojů
- rychlé a jednoduché ovládání
- svařování bez ochranných plynů a tavidel
- ekologické technologie

## **OBLASTI POUŽITÍ**

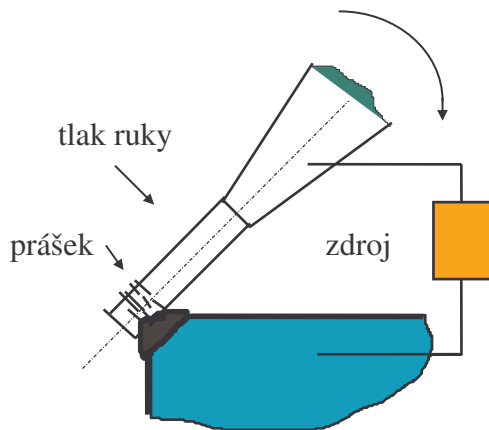
- poškození střížných hran, kolíkových otvorů, dělicích rovin, vyhazovačů, jader
- oprava povrchu svarů po klasických metodách svařování
- oprava poškozených ploch rýhováním, erozí taveninou, studeným spojem
- odstraňování chyb třískového a elektroerozivního opracování
- při konstrukčních změnách, vzorkových formách a modifikacích



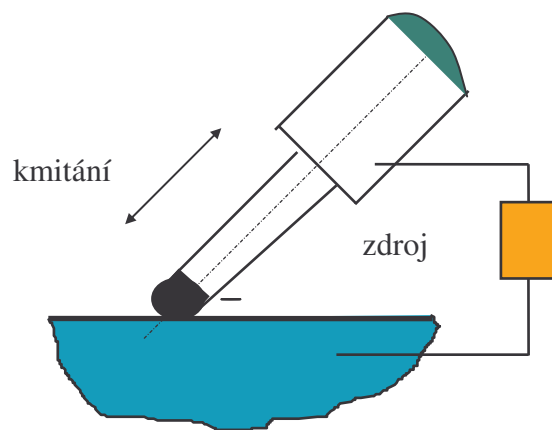
Obr.1 Navařování mikroplazmou.



Obr. 2 Navařování laserem.



Obr. 3 Impulsní mikronavařování.



Obr.4 Elektrojiskrové mikronavařování.

## OPRAVY LITINOVÝCH ODLITKŮ

Litínové odlitky nesvařuje jako konstrukční celky – téměř vždy se jedná o opravy slévarenských vad nebo prasklé odlitky po přetížení.

Pro svařování litiny, tak můžeme použít také nízkouhlíkovou ocel. Ovšem v přechodových vrstvách tepelně ovlivněné oblasti vznikají tvrdé vrstvy → nízkouhlíkový martenzit přiléhající k oceli, dále vysokouhlíkový martenzit ve střední vrstvě a pokud se zvýší obsah uhlíku nad 2,5%, tak v důsledku ochlazení vzniká karbid železe – bílá litina (ledeburit - tvrdá, křehká fáze).

Litina vykazuje při svařování charakteristické rysy : - vznik trhlin lokálním ohřevem – malá plasticita litiny, malý interval tuhnutí, litina rychle oxiduje nad  $T_{OX}=1350^{\circ}C$ , nevyrovnává tep. pnutí → nutnost svarového kovu s vysokou plasticitou nebo vysoký předehřev u svařování Litina vystavená delší dobu vysokým teplotám je prakticky nesvařitelná a spálený povrch není možné odstranit v dostatečné hloubce. Nelze úspěšně svařovat spálenou litinu z důvodu oxidace hranic zrn – postupné vytavování bez vzniků tavné lázně.



na mastnou litinu použít polštářování, které se opracuje , v TOO vznik TROSTITU, MARTENZITU, LEDEBURITU.

Svary – délka 30÷45mm, při svařování za studena se dají ještě temovat, (spec. kladívkem se vnáší do svaru tlakové napětí)

Při svařování tvárné litiny v místě svaru vzniká šedá litina – absence očkovacích prvků Mg .

## **Příprava svarových ploch**

Vadné místo na odlitku je zapotřebí řádně očistit, tzn. zbavit veškerých zbytků písku, rzi a organických látek, popř. odstranit vrstvy nasycenou dusíkem, nachromované plochy, křemíkové plochy apod.

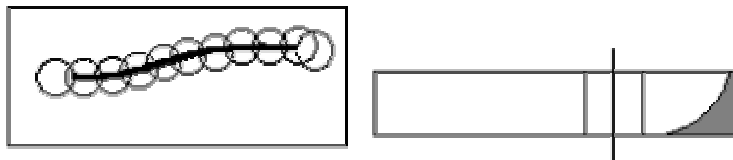
Obzvláště při svařování za studena je nutné součást důkladně odmastit, nejlépe vyvařením v odmašťovacím prostředku.

Svařovaný odlitek může být napaden také chemickou korozí. V tomto případě musíme napadenou povrchovou vrstvu odstranit

### Zjišťování rozsahu poškození

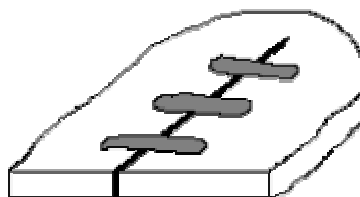
Při vzniku trhlin na odlitku mohou mít tyto trhliny rozdílný tvar, rozsah a umístění. Bývají většinou patrné pouhým okem, avšak u větvených trhlin musíme pro zajištění celého rozsahu trhliny použít některou z nedestrukčních zkoušek, nejčastěji prázdkovou magnetickou nebo penetrační.

Poté, kdy je trhlina řádně označena, provádí se její úprava pro svařování. Konce trhliny se odvrtají. Tím se zamezí další šíření trhliny. Dále se odvrтанé konce spojí, dle možností řadou vyvrtaných otvorů, frézováním, vydrážkováním či vysekáním. Odvrтанý konec trhliny se buďto zcela zavaří, nebo se při méně důležitých opravách tzv. zazátkuje. Vhodný je plynulý výběh za odvrтанou dírou až k povrchu odlitku.



Při úpravě trhliny drážkováním je třeba počítat se vznikem bílé litiny ve vrstvě 1-2 mm, která znesnadňuje vlastní svařování. Drážkování tedy použijeme pouze v případě, kdy je svařované místo nedostupné pro běžné způsoby třískového obrábění. V tomto případě musí být konce trhliny opatřeny stehovým svarem, nejlépe je ovšem opět odvrtat.

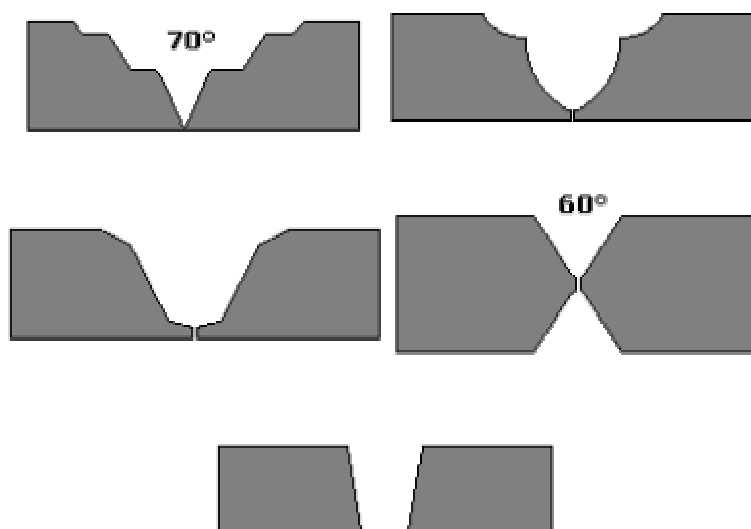
V některých případech se trhlina stáhne příčnými stehy, přičemž se využívá zmenšování objemu chladnoucího kovu. Takový steh může udržet tlak vody až 3 atm.



### Volba úkosů

Při svařování větších tloušťek se svarové hrany úkosují. Tvar úkosů se volí takový, aby zaručoval dobrou přístupnost. Tvar úkosu závisí hlavně na použité technologii. Při svařování větších tloušťek se používá V-tvar s úhlem rozevření 90°, popř. V-tvar se zvětšenou smáčecí plochou a úhlem rozevření asi 70°. Je-li přístupná také odvrácená strana odlitku, používá se X-tvar s úhlem rozevření asi 60°. Materiály tloušťek do 3-4 mm se neúkosují.

Různé tvary úkosů znázorňují obr.:



### Jak odhadnout svařitelnost šedé litiny

Pro uspokojivý výsledek svařování je nutné alespoň předem odhadnout svařitelnost šedé litiny. V praxi při opravách zejména starších odlitků zpravidla není k dispozici dokumentace ohledně použitého materiálu a chemický rozbor většinou není možné dělat z časových či finančních důvodů. Proto je nezbytné k neznámému odlitku přistupovat intuitivně a řídit se dle následujících orientačních bodů:

	Svařitelnost dobrá	Svařitelnost obtížná
Vzhled lomu	Jemnozrný čistý a pravidelný lom	Hrubozrný lom s velkými vločkami grafitu či dokonce s póry
Barva lomu	Světle šedá	Tmavě šedá až černá
Zkouška sekáním	Tříška se sbaluje	Tříška se drobí
Zkouška poklepem	Kovově zvoní, vyšší tón	Zvoní dutě

Zkouška návarem	Roztavené kapky přídavného materiálu dobře smáčí základní materiál a tvoří tavnou lázeň	Kapky se koulejí po základním materiálu, nedochází k vytvoření tavné lázně
Vzhled náváru	Jemnozrný povrch	Pórovitý hrubozrný povrch
Barva tavné lázně	Tmavě červená	Ostře bílá
Výbrus	Jemně a pravidelně rozdělený grafit	Nepravidelné shluky grafitu

### Způsoby svařování litin

Svařování za tepla 550÷650°C: u součástí, které můžeme celé ohřát na danou teplotu. Součásti do 1000kg

- plamenem – litinové tyče, které mají 3,5%C a 3÷3,5%Si., tavidlo, je to podobné jako u pájení na základě bóru, poškození vydrážkujeme a zasypeme tavidlem, pak v tavidle tavíme tyčinku. Plamen mírně redukční.

- el. oblouk – holá litinová elektroda, tavení pod vrstvou tavidla, teplota se musí držet na konstantní hodnotě a na závěr je nutný dohřev s mírným poklesem teploty v peci. (3 - 5hod) z důvodu snížení tvrdosti.

Svař. za poloohřevu při tep. 200÷250°C: – PM jako za studena, pro tenkostěnné, tvarově náročné součásti.

Svař. za studena 20 – 50°C :

- elektrický oblouk – obalené elektrody na základě vysoce plastických kovů:
  - Ni+6%Mn nebo 2%Fe. Nákladná. Není vhodná na opracované plochy – lesklé plochy,
  - Ni+Fe(50/50) po smísení s litinou se vytváří stříbrná skvrna, vytváří oblasti austenitické oceli.
  - Ni+Cu (70/30÷75/25) se barevně blíží barvě litiny, proto se může použít na opracované plochy.
  - Fe+Cu (75/25) ostrůvky mědi v železe.
  - Bronzová elektroda CuSn5-cínový bronz, barevně odlišné od litiny, velmi dobré plastické vl. Využívá se zřídka.
  - plněné dráty – Ni je základ, podobné jako Ni+Fe.
  - pájení mosaznou pájkou, vhodné i pro tvárnou a temperovanou litinu.

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Účel PÚ: - protikorozní ochrana
- dekorativní funkce
  - změna fyzikálních vlastností povrchu (tvrdost, změna koeficientu tření, změna tepelné a elektrické vodivosti povrchu, zvýšení otěruvzdornosti, reflexivity atd.)

Pochody při vytvoření povrchové vrstvy: chemická, fyzikální nebo difúzní cesta.



## Povrchové vrstvy lze rozdělit na:

- Anorganické – vytvořené nebo nanesené,
- Kovové povlaky,
- Tenké vrstvy PVD a CVD,
- Organické nátěry a plastické hmoty

## PŘEDÚPRAVY

Předepsaná úprava povrchu součásti před vlastním pochodem je nutnou podmínkou pro získání kvalitního a trvanlivého povlaku, nebo vrstva s odpovídajícími vlastnostmi.

### Zahrnuje:

Odmašťování, moření, tryskání, omílání, broušení, leštění, kartáčování.

## ODMAŠŤOVÁNÍ

Odmašťování – velmi důležitá operace: odstranění tuků, prachových částic, zbytků po tryskání, kovové třísky a vody. Nečistoty jsou vázány fyzikální adsorpcí a adhezními silami. Odmašťování následuje po hrubém odstranění oxidů a hydroxidů.

### **Rozdělení:**

- 1) v organických rozpouštědlech - neutrální reakce  
v alkalických roztocích - alkalická reakce
- 2) elektrolytické odmašťování
- 3) emulzní odmašťování
- 4) ultrazvukové odmašťování
- 5) pomocí páry

### **Odmašťování v organických rozpouštědlech.**

Odmašťování rozpouštědly znamená obvykle použití chlorovaných uhlovodíků (CHC), alkoholů, ketonů, benzenu, lakového benzínu nebo uhlovodíků. V minulosti byly vzhledem k jejich dobré odmašťovací účinnosti a universálními použitím, rychlému vysychání a nehořlavosti používány CHC, ale nyní je jejich používání omezováno předpisy na ochranu zdraví a životního prostředí. Všechna rozpouštědla ovlivňují centrální nervovou soustavu a jejich používání je nutné kontrolovat.

### Používají se dva způsoby odmašťování:

- **odmašťování za studena:** Díly a/nebo polotovary jsou ponořeny do rozpouštědla nebo jsou čištěny v proudu rozpouštědla. V některých případech je rozpouštědlo přečerpáváno tak, že se odebírá těsně pod úrovní hladiny v zásobní nádrži. Na dně nádrže se hromadí nečistoty. Nádrž je pravidelně čištěna.
- **odmašťování v parách:** Rozpouštědlo se odpaří z vestavěné nádrže a studené díly jsou vloženy do par. Na povrchu dílů páry zkondenzují, rozpustí mastnotu, odkapou a povrch dílů zůstane čistý a suchý. Většina běžných rozpouštědel jsou chlorované uhlovodíky. Protože jejich páry jsou těžší než vzduch, zůstávají v nádrži. Lze použít i uhlovodíky.

Výběr rozpouštědla závisí na řadě faktorů zahrnujících čištěný podklad, typ pleje nebo mastnoty, které mají být odstraněny, předcházející způsob opracování a požadovanou čistotu povrchu. Chlorované etany a etylény napadají hliník a nemohou být ve styku s povrchy, nádržemi, válci a pod. vyrobenými z hliníku. Dichloretyny nesmí být za žádných okolností ve styku s mědí, protože mohou vznikat výbušné acetylidy.

Ketony, aceton a lakový benzín lze použít, ale jedná se o hořlaviny. Z řady rozpouštědel, která rychle vysychají z povrchu dílů, mají vyšší uhlovodíky s úzkým destilačním rozpětím nejvyšší bod vzplanutí.

#### Environmentální hlediska

Některé uhlovodíky jsou zařazeny jako možné karcinogenní látky a jsou nebezpečné z hlediska znečištění vod a emisí do ovzduší, a proto je jejich používání výrazně omezeno. Většina ostatních rozpouštědel nejsou hořlaviny nebo se za běžných podmínek neodpařují.

#### **Odmašťování v alkalických roztocích.**

Alkalické – pomocí vodních roztoků

Aplikace ponorem nebo postřikem, zpravidla, při teplotě 60 až 90°C při koncentraci 1 až 10%. Doba odmašťování se řídí mírou znečištění a pohybuje se mezi 5 až 10 min.

Vodné odmašťování (za tepla)

Díly jsou ponořeny do pracovního roztoku po dobu několika minut nebo jsou postříkány odmašťovacími roztoky. Roztoky jsou obvykle alkalické nebo neutrální, ale mohou být i kyselé, a obvykle pro zvýšení odmašťovacího účinku pracují při zvýšených teplotách (50 – 90°C). Hlavní složkou těchto vodných odmašťovacích roztoků jsou hydroxidy NaOH, nebo kyseliny, NaCO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, uhličitany, křemičitany, polyfosfáty, soda, křemičitany, fosforečnany, boritany a komplexotvorné látky a smáčedla. Smáčedla, povrchově aktivní látky – tenzidy (snížení povrchového napětí), emulgační přísady sbalují tuky a vytěsňují je na hladinu.

. Vodné odmašťovací roztoky pracují jako nestabilní emulze (tzv. de-emulzní roztoky) nebo jako stabilní

Vodné chemické roztoky nahrazují rozpouštědla. Čištěné díly mohou zůstat mokré v případě, že následující proces probíhá ve vodném prostředí, např. elektrolytické pokovování. Tyto odmašťovací roztoky mají omezenou životnost v závislosti na zpracovávaném množství dílu a na stupni jejich zamaštění. Účinnost vodných odmašťovacích roztoků je daná typem a koncentrací použitých chemikálií, případným mechanickým působením, teplotou a dobou působení. Mechanického působení je možné dosáhnout při postřiku, rychlostí proudění, promícháváním roztoku, pohybem dílů nebo použitím ultrazvuku.

K účinnému odstranění olejů a vazelin lze použít i horkou vodu, především při čištění ocelových desek. Tento postup je běžně používán v automobilovém průmyslu.

#### Environmentální hlediska

Spotřeba energie: Odmašťovací roztoky pracují při teplotách 50 – 90<sup>0</sup>C a mohou vyžadovat odsávání pro odstranění vodní páry a dýmů kyselin nebo hydroxidů.

Před vypouštěním je nutné upravovat hodnotu pH oplachových vod (včetně vod z vypírání odsávaných emisí).

Z povrchu podkladu se mohou uvolňovat kovy (včetně stopových prvků jako je olovo, které mohou mít toxický vliv). Tyto kovy je nutné po úpravě hodnoty pH oddělit.

Při úpravách je někdy nutné oddělit odmašťovací roztoky od ostatních vypouštěných lázní, aby nedošlo k nadměrnému zvýšení koncentrace povrchově aktivních látek v čističce odpadních vod.

### **Elektrolytické odmašťování.**

Alkalický roztok, součást zapojená jako katoda – elektrolýza, vytvoření silně alkalické vrstvy při současném vylučování vodíku. Odtrhávání nečistot a redukce oxidů vodíkem. Teplota 80<sup>0</sup>C, proudová hustota min 10 A. dm<sup>-2</sup>, napětí 7 – 9 V.

### **Ultrazvukové odmašťování.**

Alkalický roztok, profilované a složité součásti. Ultrazvukový kmitač je připojen na nádobu, na povrchu dochází ke vzniku mikrokavitačních dutin a při zanikání těchto dutin vznikají velké rázové vlny, které pomáhají uvolňovat tuky. Frekvence kmitů je 25 – 50 kHz, kapalina se začne pohybovat ve vlnách s danou frekvencí. Převod vysokofrekvenční energie do nádrže s roztokem. Vysoká účinnost

## **MOŘENÍ**

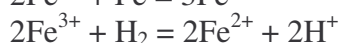
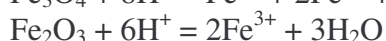
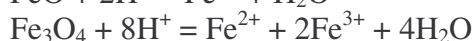
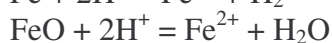
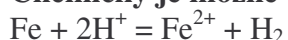
Moření je odstranění oxidů: u ocelí pomocí kyselin, u hliníku je to moření v hydroxidu sodném. Pro oceli se používají dvě kyseliny – sírová, v této se rozpouští hlavně FeO, velmi těsně přiléhající k povrchu, je pórovitý a tak podleptává stabilnější oxidy – železitý a železato železitý. FeO se rozpouští rychleji a rovnoměrněji.. FeO se nejlépe rozpouští v kyselině sírové o koncentraci 8 – 14%, při pracovní teplotě 60 – 80<sup>0</sup> C, expoziční doba 5 až 10 min.

Chlorovodíková, moření je podobné jako u sírové. Nevýhoda rychlá koroze konstrukce. Pak oplach a pasivace v Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Předúprava pro galvanické pokovení, nátěry a smaltování.

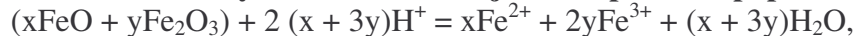
Z pohledu předúpravných operací patří moření mezi klíčové operace. Náročnost moření je dána jednak rozdílným stupněm naoxidování povrchu, jednak velmi širokým sortimentem zinkovaných dílů. Procesem moření se odstraňují z povrchu materiálu hlavně oxidační zplodiny a některé další nečistoty. Z oxidů se zásadně jedná o FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Nejlépe se rozpouští FeO, nejhůře Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Při moření dochází současně i k rozpouštění čistého železa, které se rozpouští rychleji než oxidy, za současného vývoje vodíku.

### **Chemicky je možné tento proces popsat rovnicemi:**





### **Pro libovolnou kyselinu a směs okují lze rozpouštění popsat obecnou rovnicí:**



kde  $x$  a  $y$  mohou nabývat libovolných kladných hodnot včetně nuly. V současné době se minimálně 90% mořených materiálů moří v anorganických kyselinách, z toho nejvíce v kyselině chlorovodíkové, méně v kyselině sírové a zanedbatelně v kyselině fosforečné nebo ve směsi kyselin. Volbu druhu mořící kyseliny provádíme podle typu mořeného materiálu, stupně oxidace jeho povrchu a podle technologie, která za mořením následuje. Každá z mořících kyselin má své přednosti a nedostatky. Při moření v kyselině chlorovodíkové je výhodou, že lze získat pěkný, hladký a téměř lesklý povrch, moření lze provádět s dostatečnou účinností již při běžné teplotě okolo 20°C při nízkém naleptávání základního materiálu. Zvýšením mořící teploty o 10°C se zvýší rychlost moření o 100% a naopak. Současně při rozpouštění oxidů železa dochází i k rozpouštění čistého kovu za vzniku vodíku. Mimo naleptávání vlastního povrchu má i vzniklý vodík negativní vliv na následující technologie povrchové úpravy. Část vodíku má snahu pronikat do kovu, zhoršovat jeho mechanické vlastnosti, které se souhrnně nazývají vodíková křehkost.

### **PŘÍDAVEK INHIBITORŮ A POZNATKY**

K zamezení tohoto vlivu jsou do mořících lázní přidávány látky, které se sorbují na čistý povrch železa, tento povrch blokují, a tím výrazně snižují jeho další napadání čili další rozpouštění železa. Tyto látky jsou nazývány inhibitory rozpouštění. Dnes existuje celá řada těchto přípravků. Obvykle se nejedná o chemické individuum, nýbrž o směs látek, vzájemně se doplňujících v inhibičních schopnostech za různých podmínek. Často se do mořících lázní při aplikaci inhibitorů přidává ještě malé množství smáčedla, které jednak doodmastí mořený díl, jednak sníží povrchové napětí mořící lázně a umožní její rychlejší a dokonalejší odkapání. Tyto přípravky jsou např. dodávány pod obchodním označením Inhibitor P 29, Tenzogal P 30. Zvýšení rychlosti moření až o 30% lze dosáhnout mícháním mořící lázně míchacími injektory. Jejich instalace je jednoduchá a provoz nenáročný.

### **Dosavadní vývoj ukazuje, že:**

- inhibiční účinek inhibitoru (Inhibitor P 29) se projevuje při moření železných kovů již v mořících časech okolo pěti minut. Jeho účinnost roste s narůstající dobou moření. V případě moření za zvýšené teploty a míchání se inhibitor uplatňuje ihned,
- vliv inhibitoru se uplatňuje více tam, kde je povrch materiálu nepravidelně zoxidován a kde je čistý povrch vystaven působení mořících lázní,
- inhibitor působí efektivně již při koncentraci 0,75%. Jeho účinek však roste s rostoucí koncentrací. Ekonomicky jsou zajímavé koncentrace inhibitoru do 3%,
- se zvyšující se teplotou roste i inhibiční účinek inhibitoru,

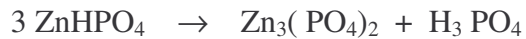
aplikací inhibitoru dojde ke snížení napadání a naleptávání (přemoření) povrchu výrobku, k výraznému snížení vývoje vodíku a tím i zamezení jeho negativních vlivů na materiál včetně snížení úniku kyselého aerosolu do ovzduší, úspore mořící kyseliny a snížení nákladů na likvidaci mořících lázní.

### **FOSFÁTOVÁNÍ**

**Použití :** železné, zinkové slitiny, i většinu dalších kovů.

Chemická úprava povrchu kovů, kdy se z terciálního rozpustného fosforečnanu Zn, Mg, Ca, Fe tvoří nerozpustný terciární fosforečnan. Primární fosforečnan kyselého charakteru

s určitým podílem volné kyseliny fosforečné. Teplota procesu 30 -70<sup>0</sup>C a při aplikaci metodou ponorem je doba 3 – 10 minut. Při nanášení postřikem je doba 1 - 3 minuty. Lze použít urychlovačů pro zkrácení doby a zvýšení tloušťky povlaku je 2 - 8 g/m<sup>2</sup> a bez urychlovače je to 15 - 30 g/m<sup>2</sup>. Větší tloušťka má větší zrno a pórovitost. Kvalita povlaku odpovídá povrchu kovu.



Fosfát má velmi dobrou přilnavost, je levný proces, má dobré kluzné vlastnosti, vytváří šedou, na dotek sametově působící vrstvu.

Funkce: korozní ochrana, podklad pro velmi dobré zakotvení nátěrových hmot ( na Al,Mg,Zn), Použití nosný povlak pro mazivo u tváření, tažení drátu a hluboké tažení.

## OXIDAČNÍ PROCESY

### ALKALICKÉ ČERNĚNÍ

Vyleštěný povrch, dekorační funkce, mírná protikorozní ochrana.

Černění (brunýrování) – tloušťky stejné jako u chromátování. Je to barvení oceli, litiny, mědi, mosazi, zinku, nerezavějící oceli a patinování některých slitin pomocí oxidační reakce povrchu.

Oxidace v pecích – používá se velmi málo, závisí na přesném přístupu kyslíku a dané teplotě.

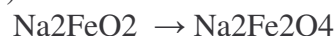
Oxidace v solných lázních – kde jsou roztavené soli, průmyslová záležitost, soli jsou směsi dusičnanů a dusitanů, případně chloridů, pro jiné materiály než ocel, tloušťka asi 10 um, na povrchu lázně u ocelí se vytvoří vrstva oxidů a hydroxidů železa. Využití oblast zbraní a optická zařízení, domácí elektronika – povrchová úprava vyšší třídy.

Vrstva oxidů a hydroxidů železa, tl. 5 až 20 μm,

Rozpouštění železa v alkalické lázni

– vznik soli železnaté (železnatanu sodného)  $\text{Fe} \rightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_2$

2. Oxidace soli železnaté na sůl železitou ( železitan sodný) – vznik soli železnaté (železnatanu sodného)



3. Reakce soli železnaté a železité

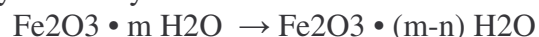
-vznik oxidu železnato železitého



4. Hydrolýza soli železité na hydrát oxidu železitého



5. Částečná dehydratace hydrátu oxidu železitého



Lázně: roztoky alkalických louhů při zvýšené teplotě s vysokou koncentrací.

Například černění oceli:

150 kg louh sodný  
 5 kg dusičnan sodný  
 1 kg dusitan sodný  
 100 l vody

Pracovní teplota 130° až 140° C , doba barvení 3 – 10 min.

Barvení ocel: hnědá, modrá, černá.

měď: černá, hnědá až žlutá.

mosaz: černá, patinová.

## **CHROMÁTOVÁNÍ**

Levné a účinné, vrstvy vytvořené při oxidaci v kyselině chromové

Pasivační vrstva obvykle dvojjchromanu draselného – ochrana před lehkým korozním napadením, především Zn povlaků ( spojovací materiál – žlutý, modrý, zelený, černý nebo bezbarvý chromát).

Používá se jako úprava před nanášením organických nátěrů.

## **ANODICKÁ OXIDACE HLINÍKU - ELOXOVÁNÍ**

Získání tvrdého, odolného povrchu s možností barevných úprav, dekorativní funkce, tvrdě eloxované povrchy pístů spalovacích motorů.

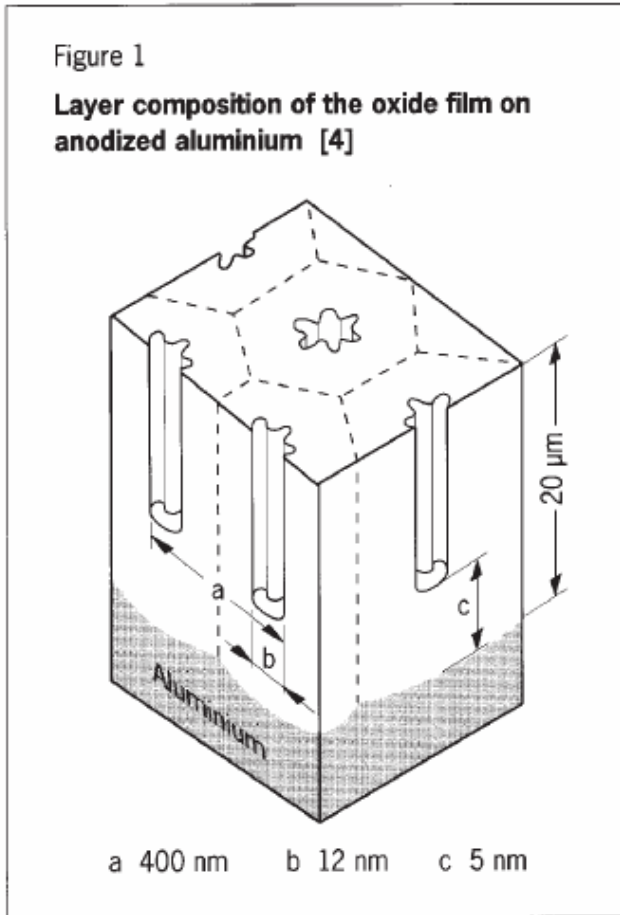
Princip elektrolýzy - vyloučení uměle připraveného oxidu hlinitého, celý proces se děje pomocí galvanické – anodická oxidace. Probíhá v kyselině sírové pomocí stejnosměrného proudu. Rozkladem prostředí se uvolní iont OH a reakcí s hliníkem vzniká hydroxid, který má vysoký elektrický odpor. Při průchodu elektrického proudu dochází k ohřevu hydroxidu – dehydratace (vyloučení vody z hydroxidu), kdy se na povrchu utvoří oxid hlinitý.

Tloušťka  $Al_2O_3$  závisí na druhu materiálu a podmínkách elektrolýzy – pohybuje se od 15 do 20 $\mu$ m.

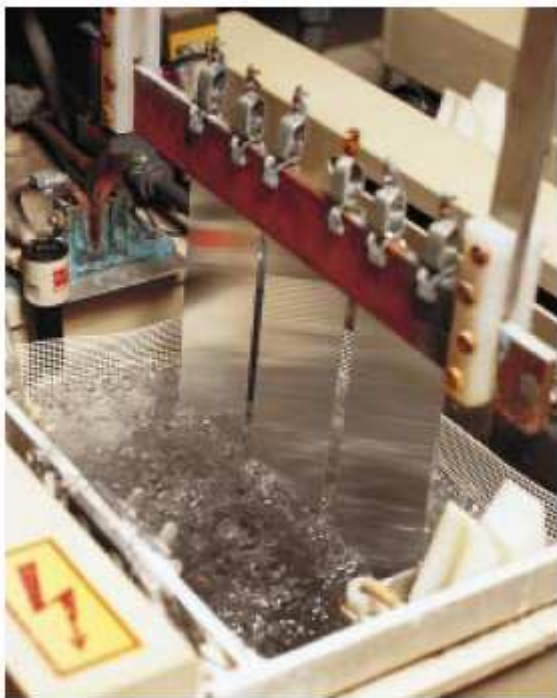
Technologický postup – leštění povrchu, odmašťování, moření v NaOH při 50 – 80° C, oplach, zesvětlení v  $HNO_3$ , vlastní anodická oxidace, povlak porézní a dá se barvit.

Př.: stavebnictví, obklady stanic metra, sportovní náčiní, rámy a ráfky kol,





Obr. Póry v zrnech oxidu hlinitého vyloučeného eloxováním



Obr. Póry v zrnech oxidu hlinitého vyloučeného eloxováním

Eloxování v kyselině sírové, stejnosměrným proudem  $1,5 \text{ A/dm}^2$ - transparentní až mléčné povlaky : nejpoužívanější aplikace.

Kys. sírová – st. proud  $2 - 6 \text{ A/dm}^2$  nízká teplota – šedé až černé povlaky: tvrdý elox.

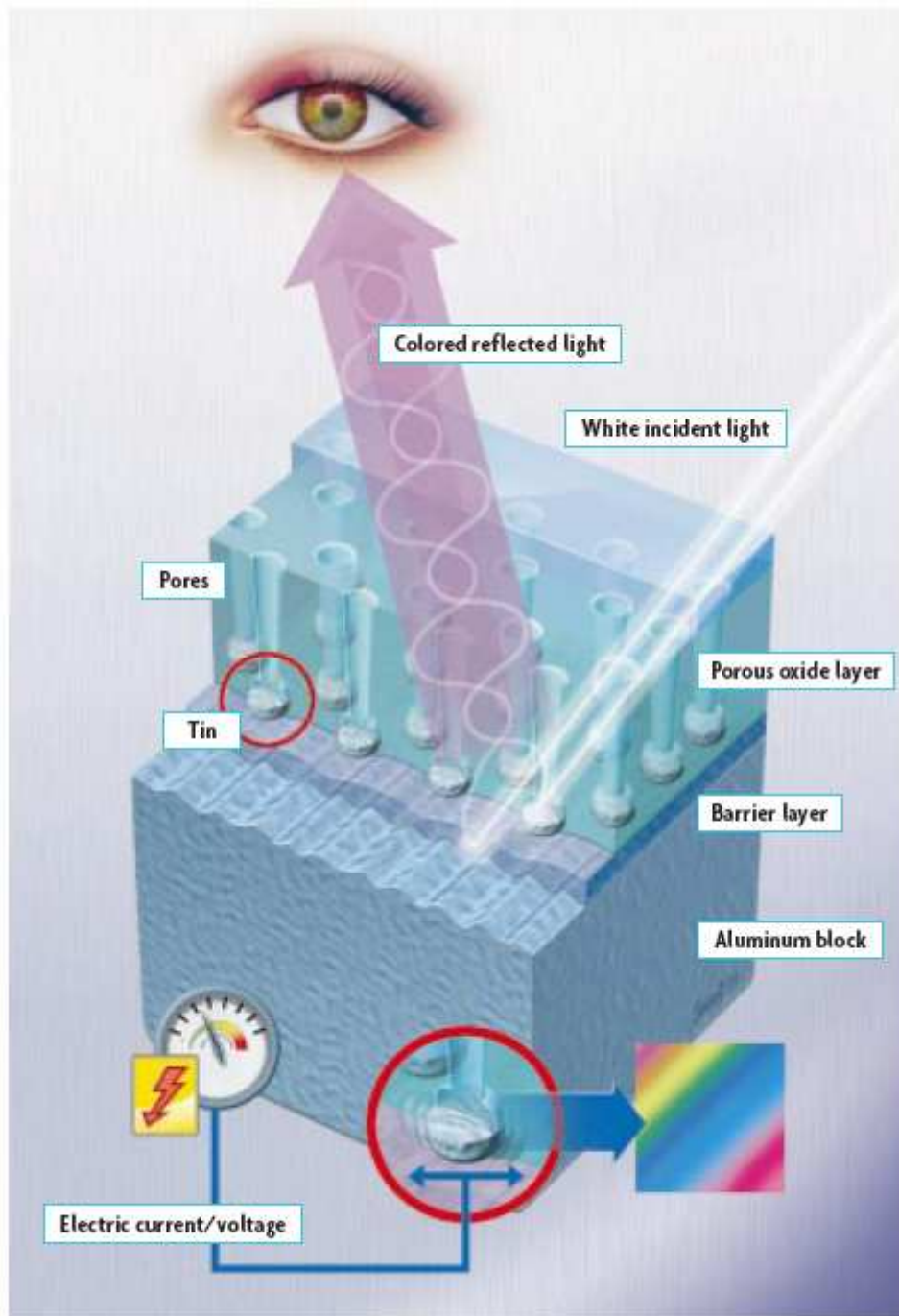
Kys. chromová  $0,3 - 1 \text{ A/dm}^2$  - nazelenalé povlaky : letectví.

Kys. šťavelová  $0,5 - 3 \text{ A/dm}^2$  – žluté tvrdé povlaky: dekorativní.

Tvrdé eloxování – probíhá v 15 % kyseliny sírové, která je chlazená na  $-7$  až  $+5^0 \text{ C}$ , tloušťka povlaku závisí na teplotě, proudová hustota  $J = 2,5$  až  $5 \text{ A/dm}^2$ . Napětí se pohybuje na  $70 \text{ V}$  ale při konci oxidace na  $200 \text{ V}$ , tloušťky  $30$  až  $75 \mu\text{m}$ . Povlaky dosahují dvojnásobné tvrdosti než obvyklé povlaky  $700$  až  $1\ 100 \text{ HV}$ . Použití brzdové plochy, písty spalovacích motorů, třecí dvojice, ráfky kol, ojnice...

Slitiny pro eloxování – Nejlépe se eloxuje čistý hliník, dobře slitiny AlMg, AlMgSi, nutnost je eloxovat dural – AlCuMg z důvodu jeho malé korozní odolnosti.

Obtížně se eloxují odlitky z důvodu trhlin a ředin, kyselina se nevyplavuje. U svarů je jiné zbarvení v závislosti na heterogenitě.



**A něco pro domácí kutily ( staženo z internetu bez úpravy):**

**Jenom eloxovaný povrch učiní hliník odolný proti korozi a pěkný. Ukážeme Vám, jak můžete sami barevně eloxovat hliníkové díly.**

Jako vysloveně lehký, stabilní a zvětrávání odolný materiál můžeme dnes hliník najít skoro všude. Vozidla, díly budov a strojů se stále více z důvodů nízké váhy a zvláštních vlastností při zpracování zhotovují z hliníku. Také se z něj nezřídka zhotovují střenky a jiné součásti nožů.

Hliník však vůbec není „nerezavějící“. Oxiduje, jestliže se dostane do styku s kyslíkem. Každý kov vytváří při oxidaci jiný oxid kovu. U železa je to známá rez, která se vyskytuje jako chemická sloučenina  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  a  $\text{FeO}$ . U mědi se vytváří patina z  $\text{CuCO}_3$  a  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Jestliže porovnáme rez s měděnkou, zjistíme, že rez železo silně napadá, zatímco patina dokonce chrání pod ní ležící měď před další oxidací.

To závisí na různých vlastnostech kysličníků kovů, které při reakci se vzdušným kyslíkem vznikají z kovu a na něm. Oxid mědi, patina, je objemově téměř totožný s mědí. Tak může vytvořit nad kovem pevně lpící vrstvu, která chrání před další oxidací. Kysličník železa, rez, má naproti tomu větší objem než železo. To znamená, že kov při rezavění nabývá na objemu a oddrobuje se, čímž může pod ním ležící železo dále oxidovat při styku se vzduchem.

U hliníku to s oxidem hliníku funguje velmi podobně jako u mědi. Jestliže se vytvoří vrstva oxidu, nemůže pod ní ležící hliník dále reagovat se vzdušným kyslíkem. Kvůli jednoduché vrstvě nemusíme kov dokonce ani upravovat, vznikne přirozeně. Tato přirozená vrstva oxidu ovšem není příliš tvrdá a je jen velmi tenká.

Silnější a odolnější je vrstva oxidu, která je nanесena elektrolyticky. Jestliže uměle oxidujeme hliník, vznikne na povrchu velmi tvrdá, stejnoměrná ochranná vrstva s drobnými póry. To propůjčuje hliníku zvláštní schopnosti barvení, protože určité barvy mohou vniknout hluboko do pórů kysličníku kovu a po stabilizaci jsou v materiálu pevně uloženy. To je výhodnější než lakování nebo potahování, protože barvivo může být jen těžko odřeno nebo uvolněno při ohýbání materiálu.

To nejlepší na tomto procesu je, že není ani zdaleka tak komplikovaný, jak se zdá. K eloxování malých hliníkových předmětů nepotřebujeme ani laboratoř, ani chemickou továrnu. S trochou citu a cviku to jde v každé malé dílně. Kromě příslušného opracovávaného dílu potřebujeme jen některé materiály a chemikálie, které se dají lehce a docela levně obstarat (viz seznam materiálů na konci). Až na barviva dostaneme zpravidla všechny chemikálie v každé lékárně. Barviva je možno dostat ve speciálních obchodech (např. u firmy Electronic Things, tel. 02651-498991, [www.el-th.de](http://www.el-th.de)). Všechno ostatní najdeme v Baumarktu, pokud to náhodou už nemáme v dílně.

Dříve než začneme s eloxováním, musí být zpracovávaný díl absolutně čistý. I nejmenší znečištění povrchu nebo otisky prstů mohou výsledek silně poškodit. Po očištění trochou prostředku na mytí nádobí nebo tekutého písku bychom tedy měli zpracovávaný díl krátce ponořit do louhu sodného. Protože sodný louh je silně agresivní, je nejlépe díl připevnit na provázek nebo stahovací pásek na kabely a podržet ho v nádobce s roztokem. Následně ho důkladně opláchneme pod tekoucí vodou.

Nyní je díl připraven k eloxování. Malý problém je spojit zpracovávaný díl s kladným pólem elektrického zdroje tak, aby bod kontaktu nebyl na viditelném místě. V místě kontaktu totiž mohou vzniknout zřetelné nepravidlosti v oxidové vrstvě. Nejlépe k tomu použijeme drát z ušlechtilé oceli, protože ten při reakci téměř neoxiduje a je většinou odolný proti kyselinám. Díl nyní úplně ponoříme do nádoby s 15 až 20% roztokem kyseliny sírové tak, aby celý povrch byl v kontaktu s kyselinou.



Nyní spojíme se záporným pólem zdroje olovený nebo hliníkový plech a rovněž ho zavěsíme do lázně. Protože tento materiál slouží jenom jako katoda a není vystaven žádné chemické reakci, není jeho čistota a úplné ponoření důležité. V lázni se nesmí zpracováváný díl dotýkat katody, protože by vznikl zkrat.

Sestavu nyní spojíme se zdrojem napětí přibližně 12 voltů. Jakmile se na katodě začnou vytvářet bublinky, reakce probíhá. Nyní je však třeba dávat pozor, protože uvolňující se plyn je vodík, který je ve styku se vzduchem lehce zápalný. Proto je třeba místnost dobře větrat a rozhodně se vyhnout přítomnosti otevřeného ohně!

Doba eloxování závisí na velikosti povrchu dílu a výkonu zdroje proudu. Při povrchu 100 cm<sup>2</sup> a zdroji s proudem 5 ampér je třeba přibližně 10 až 11 min. Z tohoto příkladu můžeme odhadnout dobu eloxování u jiných velikostí povrchu a jiných výkonů zdroje. Všeobecně je radno vždycky eloxovat o několik minut déle.

Když zpracováváný díl důkladně očistíme od kyseliny, můžeme se rozhodnout, jestli ho ještě budeme barvit nebo jestli hned uzavřeme povrch. Pokud se vzdáme barvení, bude mít díl matně stříbrný vzhled, který známe z běžných hliníkových předmětů. Barvení je však zajímavý proces, který se dá s vhodnými barvivy lehce zvládnout. K tomu potřebujeme barevnou lázeň, která by měla mít teplotu přibližně 50 st. Celsia. Lázeň připravíme z destilované vody a barviva. Jako barvivo se hodí mnohé barvy na textil. Profesionální barvy na eloxování jsou však vhodnější. Většina výrobců přikládá doporučení k dávkování.

Intenzita zbarvení závisí na mnoha faktorech, jako např. na době eloxování a barvení nebo na typu a koncentraci použitého barviva. Potřebná doba barvení v lázni se tak může měnit od 2 do 20 min. Lehkým pohybáním předmětu v lázni ji můžeme zkrátit, protože se tak mohou barevné pigmenty rychleji dostat do pórů povrchu.

Nakonec přijde uzavření povrchu – důležitý proces, ale také ten nejjednodušší. Zpracováváný díl nyní asi na 1 hodinu zavěsíme do vařící vody. Tak se uzavřou póry povrchu, které vznikly při eloxování a jsou případně vyplněny barvou, čímž povrchová vrstva získá svoji mimořádnou tvrdost. Doporučuje se použít destilovanou vodu, protože tak nevzniknou žádné vápenaté usazeniny.

Jestliže tyto kroky provedeme pečlivě, měli bychom dostat použitelný výsledek. Je však třeba bezpodmínečně dbát na to, že některé použité látky zdaleka nejsou nevinné. Až na barviva můžeme všechno, co už nebudeme potřebovat, po zředění vylít do odpadu. Při ředění je třeba vždy lít chemikálii do vody a NIKDY vodu do chemikálie. Použitá barviva musí být zlikvidována podle údajů na jejich obalu.

Autor: Florian Porsch

Seznam materiálů

K eloxování malých hliníkových dílů potřebujeme kromě zpracovávaného dílu (pokud možno čistý hliník, neeloxovaný) toto:

- kyselina sírová (cca 15-20%, 1 litr)
- hydroxid sodný (cca 1 litr)
- destilovaná voda (cca 5 litrů)
- barviva (nejlépe speciální barvy na eloxování)
- nabíječka baterií, laboratorní zdroj nebo zdroj konstantního proudu
- hliníkový nebo olověný plech
- drát z ušlechtilé oceli
- velké plastové nebo skleněné nádoby

## **KOVOVÉ POVLAKY**

– vznikají z roztavených kovů a vylučované z roztoků.

– Katodické – povlak funguje proti ZM jako katoda a na základě chemických potenciálů nekoroduje. Povlaky Ni, Cu, Cr, Mo, Sn a ochrana Zn je zajištěna bariérovým efektem.

– Anodické – převádí Zn elektrochemicky do katodické oblasti a přednostně koroduje povlak. Povlaky Zn, Al, Mg. Korozní odolnost povlaků zajišťuje dlouhodobou stabilitu systému.

## **CHEMICKY (BEZPROUDOVĚ) NANESENÉ POVLAKY**

Vylučování kovů bez vnějšího zdroje proudu. ( proud vzniká vlivem rozdílných elektrochemických potenciálů roztoku solí vylučovaného kovu a pokovovaného materiálu).

Vylučování ušlechtilějšího kovu na méně ušlechtilém:

a) Výměna iontů mezi kovovým předmětem a roztokem solí ( Cu na Fe, Ag na mosazi) velmi tenké.

b) Vyredukování kovu z roztoku ( Ni fosforanovými ionty) silnější vrstvy.

Jednoduchý proces, vysoká hloubková účinnost, malé tloušťky.

Bezprudé niklování – chloridová lázeň (chlorid nikelnatý), síranová lázeň (síran nikelnatý). Teplota 95° C, tloušťka 10 až 100µm nutnost regenerovat lázeň po vyčerpání,

## **BEZPROUDÉ NIKLOVÁNÍ**

Niklovací lázeň NI-1 výrobce, firmy Elchemco. Lázeň NI-1 je koncentrát, sloužící pro přípravu 1000 ml niklovací lázně. Prodává se v bezpečnostní lahvičce o obsahu 200 ml, na provozní hustotu se ředí destilovanou vodou v poměru 1:4. Vzhledem k tomu, že lázeň je stabilní, doporučuji naředění celého objemu - koncentrát při pokojové teplotě obsahuje cca 1/5 objemu směsi nerozpuštěného fosforečnanu a mléčnanu nikelnatého, proto je dávkování a odměřování menších objemů problematické. Lázeň pracuje při teplotách 95-98° C a neutrálním až mírně kyselém pH. Zatížitelnost lázně činí cca 1 dm<sup>2</sup> na 1000 ml lázně, vydatnost je udávána 50 dm<sup>2</sup>, rychlost vylučování 10 um/hod.

Vyloučený povrch není tvořen čistým niklem, ale slitinou Ni-P, přičemž obsah fosforu je značně závislý na kyselosti lázně, s rostoucí kyselostí roste i obsah fosforu. Takto vzniklá

slitina není bez předchozí aktivace silně kyselými činidly pájitelná ani svařovatelná v důsledku možnosti migrace fosforu do sváru. Pozitivní je naopak velmi nízká pórovitost chemického niklu a jeho velmi vysoká přilnavost spojená v výborném opakováním tvaru povrchu základního kovu.

Pokovování bez použití elektrického proudu, prováděné tzv. chemickým způsobem, je velmi výhodné vzhledem k menší nákladnosti v porovnání s elektrolytickým pokovováním (nejsou zapotřebí zdroje stejnosměrného proudu, měřicí přístroje regulační zařízení atd.). Pracovní postupy při chemickém pokovování jsou dosti jednoduché, vrstva se vytvoří v krátké době, ovšem není možné vytvořit tlusté vrstvy jako při elektrolytické metodě. Chemicky lze pokovovat i součásti nekovové, z plastů, skla, keramiky, kůže, dřeva apod.

### **NIKLOVÁNÍ** – využití:

Spojovací technika, elektrotechnika, galvanoplastika, pokovení nevodivých hmot.

#### **Niklovací lázeň**

Niklové povlaky se vyloučí na oceli, mědi nebo mosazi ponořením do roztoku

- 1000 ml vody
- 60 g chloridu nikelnatého krystalického
- 70 g síranu nikelnatého krystalického
- 10 g fosforanu sodného
- 30 g citranu sodného

Hodnota pH lázně má být 5. Pracovní teplota lázně je 95 stupňů Celsia. Očištěné a odmaštěné součástky se pokoví podle požadované tloušťky vyloučené vrstvy za 3 až 5 hodin.

#### **Niklovací lázeň**

- 1000 ml vody
- 40 g chloridu nikelnatého krystalického
- 10 g fosforanu sodného
- 10 g chloridu amonného

Hodnota pH lázně je 8 až 9 (upraví se přidáním malého množství amoniaku). S lázní se pracuje při teplotě 90 stupňů Celsia. Předměty se nechají ponořené 1 až 3 hodiny. Součásti s nanesenou vrstvou niklu se omyjí ve vodě a vysuší. Lze je také opatrně přešetřit.

### **MĚDĚNÍ**

#### **. Mědicí lázeň**

Měď se vylučuje chemickým způsobem dosti snadno a na železe, oceli nebo slitinách lze získat vyhovující povlak. Použije se roztok

- 1000 ml vody
- 8 až 50 g síranu měďnatého
- 8 až 50 g kyseliny sírové koncentrované

Pokovení se provede po dobrém očištění a odmaštění pouhým ponořením do uvedené lázně na dobu několik sekund. Poměděné součásti se vyjmou, opláchnou se vodou a osuší.

## **Mědicí lázeň**

### **Roztok A**

- 115 g kyselého vinanu draselného
- 143 g uhličitanu sodného krystalického
- 500 ml vody

### **Roztok B**

- 63 g síranu měďnatého
- 500 ml vody

Po rozpuštění se oba roztoky (A a B) smísí.

## **CHROMOVÁNÍ**

### **Chromovací lázeň**

Součásti z oceli, mědi a mosazi se chemicky chromují v lázni, která se získá rozpuštěním

- 1000 ml vody
- 1 g chloridu chromitého
- 14 g fluoridu chromitého
- 7 g fosforanu sodného
- 7 g citranu sodného
- 10 ml kyseliny octové ledové koncentrované
- 10 ml 20% hydroxidu sodného

Pracovní teplota lázně je asi 80 stupňů Celsia. Očištěné a odmaštěné součásti se pokovují 3 až 8 hodin. Při chemickém chromování ocelových předmětů se doporučuje předem je chemicky pomědit.

Použití: potravinářský, chemický průmysl, energetika, dutiny a členité součásti, úprava pro pájení součástí z nerezavějící oceli.

Bezproude mědění.

Roztok síranu měďnatého. Mědění drátu před tažením,

## **ELEKTROCHEMICKÉ (GALVANICKÉ) VYLUČOVÁNÍ KOVOVÝCH POVLAKŮ**

Princip elektrolýzy. Rozpustná anoda uvolňuje kladné ionty kovu do roztoku, které se na katodě vylučují jako čistý kov. Vyloučení kovů v hydratovaném kationu, rozhraní, roztok, povrch je určité krystalizační napětí do 100  $\mu\text{m}$ , kovový iont je neutralizován do mřížky.

**Mikrostruktura** – sloupcová, 5  $\mu\text{m}$  a rovnoměrné vyloučení krystalů.

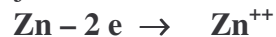
vláknitá – vysoká rychlost usazování do 50  $\mu\text{m}$ , jemnozrnná, tloušťka až 100  $\mu\text{m}$ , tvořena komplexními ionty.

– lamelární – tloušťka 10 až 100  $\mu\text{m}$ , vysoký lesk, charakteristické pro chromové a niklové povlaky.



Elektrolyt tvoří roztok soli vylučovaného kovu a vodící sůl pro zvýšení elektrické vodivosti.

Na anodě probíhá jí reakce:



Na katodě:



Pro pochod galvanického pokovení platí Faradayovy zákony.

$$M = A_e \cdot I \cdot t \quad (\text{g})$$

Množství vyloučeného kovu **M** je přímo úměrné elektrochemickému ekvivalentu **A<sub>e</sub>**, proudu **I** a času **t**.

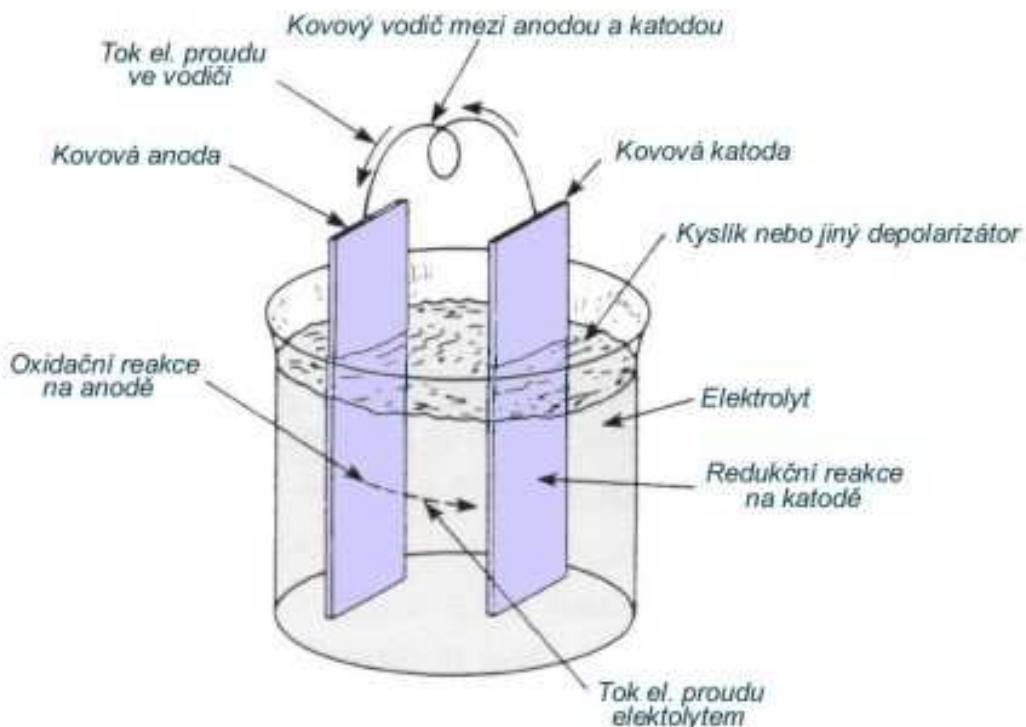
**Pracovní parametry** : proudová hustota-A/dm<sup>2</sup>, teplota- °C, čas- min, pH lázně, hustota lázně - Be., vylučovací rychlost - μm/min při dané proudové hustotě.

Lázně - kyselé ( obsah solí kovu )

- alkalické ( obsah alkalických lázní s kyanidy )

Obě prošly vývojem - kyselé dříve méně kvalitní dnes na úrovni alkalických  
- odstranění kyanidů z alkalických.

Zařízení – plastové, keramické, ocelové vany s pryžovou výstelkou, vyhřívané nebo ne, míchání pohybem katodové tyče nebo provzdušňováním kyslíkem. Závěsy měděné nebo ocelové s naneseným plastovým povrchem, i titanové, které se nemusí chránit, protože mají vysokou odolnost proti korozi.



Galvanický člunek



Plně automatická galvanická linka pro stříbření kontaktů elektronických prvků. Kombinovaná linka závěs - bubny. Kombinovaný výkon: 4500 dm<sup>2</sup>/2 směny.

**Galvanické chromování** - dekorativní funkce, ochrana proti korozi, tvrdost a otěruvzdornost. Elektrolytické nanášení chromu je jedním z nejdůležitějších a nejrozšířenějších druhů pokovování. Vyloučené chromové povlaky mají výjimečné chemické a fyzikální vlastnosti. Především je to velká odolnost proti korozi, a to za normální i zvýšené teploty, dále značná tvrdost s malým součinitelem tření, odolnost proti mechanickému opotřebení a odrazivost světla.

Chromové povlaky se používají na niklové, měděné, mosazné nebo zinkové podklady jako antikorozi ochranná vrstva, při ozdobném pokovování apod. Speciálními tvrdými povlaky se zlepšuje odolnost proti opotřebení různých ocelových a litinových součástí, popřípadě se zvětšují i rozměry (např. dílců, jejichž parametry jsou vlivem opotřebení již mimo tolerance) na požadované hodnoty, takže se mohou opět použít.

Anoda není rozpustná a vyloučený Cr je dodáván formou aniontů z elektrolytu tvořeného kyselinou chromovou. Nositelem kovu je tedy oxid chromitý, který se uvolňuje z kyseliny chromité. Musí být vhodně zvolen poměr přísady 3 a 6 mocného chromu. Anoda je slitina olova s 6 % Sb. Plocha katody je dvojnásobná než anody. Přísady fluoru a fluorokřemičitany.





Dvě skupiny:

**dekorativní chromování**, většinou v triplexu Cu – Ni – Cr.

Ozdobné chromování – vodovodní baterie, kuchyňské a koupelnové doplňky, atd.

**tvrdé chromování** , bez mezivrstev přímo na ocel, tl. od 2  $\mu\text{m}$  do 1 mm.

Tvrdé chromování – použití proti opotřebení a korozi (válce spalovacích motorů, válce spalovacích motorů, hydraulické válce na stavebních strojích). Chromuje se na míru přesný rozměr nebo na broušení s přídavkem. Tvrdé chromování – funkční plochy odolné proti opotřebení ( hřídele,vačky, lisovací formy), renovace součástí.

Mikrotrhlinkové chromování – dvě vrstvy chrómu. Mikroporézní chromování.

Černé chromování - optický průmysl, spotřební průmysl, elektronika.

Vzhled, lesk a struktura povlaku je závislá na pracovních podmínkách.



#### **Chromovací lázeň pro matné povlaky**

400 g/l oxidu chromového

58 g/l hydroxidu sodného

7,5 g/l sloučeniny chromité(síran chromitý, síran chromito-draselný, chroman chromitý apod.)

0,75 g/l kyseliny sírové

Pracovní teplota lázně je 20 až 30 stupňů Celsia, hustota proudu je 25 až 50  $\text{A}/\text{dm}^2$ , poměr plochy anody k ploše katody je 2:1. Vyloučené matné povlaky je možné velmi dobře leštit.

#### **Chromovací lázeň pro tvrdé povlaky**

250 g/l oxidu chromového

10 g/l kyseliny sírové koncentrované

Pracovní teplota lázně je 25 až 65 stupňů Celsia, hustota proudu je 20 až 100  $\text{A}/\text{dm}^2$ .

#### **Chromovací lázeň pro dekorativní povlaky**

385 g/l oxidu chromového

10 g/l kyseliny šťavelové



4 g/l kyseliny sírové

Pracovní teplota lázně je 35 až 45 stupňů Celsia, hustota proudu(po dobu 30 s až 1 min) je 30 až 60 A/dm<sup>2</sup> a později se zmenší na 10 až 20 A/dm<sup>2</sup>.

### **Galvanické mědění**

Samostatné mědění se používá málo, ale je velmi používáno pro mezivrstvy pro cínování, zlacení, stříbření, niklování nebo dekorace. Čistě měděné povlaky bez další ochranné vrstvy se nepoužívají ani jako antikorozi ochrana, ani pro ozdobné účely, pouze některé plochy ocelových součástí se chrání tímto pokovením před cementací. Měděné povlaky se naopak velmi rozšířily v galvanoplastice(výroba tiskařských forem, válců, v gramofonovém průmyslu a i při výrobě lisovacích nástrojů), kde se používají stejné typy mědicích lázní jako při pouhém pokovování. Nutno ošetřit proti korozi oxidací. Používají se kyanidové nebo kyselé lázně. Kyanidové vylučují měď i na méně vhodných materiálech, ale jsou nebezpečné.

Nositelem kovů je kyanid měďný.

Proudová hustota 0,5 až 1,5 A/dm<sup>2</sup>, teplota kolem 50<sup>0</sup> C. Kyselé lázně nejsou jedovaté a mají vyšší proudovou hustotu 2 až 6 A/dm<sup>2</sup>, teplota 25<sup>0</sup> C. Proudový výtěžek u kyselých až 100%, u kyanidových 75 %.

### **Mědicí lázeň pro matné povlaky**

- 160 až 230 g/l síranu měďnatého
- 60 až 78 g/l kyseliny sírové koncentrované

S lázní se pracuje při normální teplotě, doporučuje se míchání elektrolytu. Hustota proudu je 2 až 6 A/dm<sup>2</sup>.

### **Mědicí lázeň pro lesklé povrchy**

- 200 g/l síranu měďnatého
- 50 g/l kyseliny sírové koncentrované
- 0,04 g/l thiomocoviny
- 0,8 g/l melasy(nebo se obsah thiomocoviny zvýší na 0,4 g/l)

Pracovní teplota lázně je maximálně 20 stupňů Celsia, míchání není nutné. Hustota proudu je maximálně 7 A/dm<sup>2</sup>.

### **Rychlomědicí lázeň**

- 250 g/l síranu měďnatého
- 20 g/l kyseliny sírové koncentrované
- 2 g/l oxidu chromitého

Pracovní teplota lázně je 18 až 25 stupňů Celsia, doporučuje se míchání. Hustota proudu je 5 A/dm<sup>2</sup>.

**Mosazení** – využití pro drobné předměty, pro ocel, pryž. Nositelem kovu v lázni je kyanid měďnosodný a kyanid zinkosodný. Proudová hustota 0,5 až 3,0 A/dm<sup>2</sup>. Teplota 20 až 30<sup>0</sup> a výtěžek až 75 %.

### Galvanické niklování.

Bez mezivrstvy zvyšuje odolnost proti opotřebení a s mezivrstvou mědi jsou to dekorativní a ochranné povlaky.

Niklové povlaky se používají v průmyslu jako nejčastější pokovování všech významnějších základních materiálů (měď, mosaz, ocel, zinek, litina), a to buď jako antikoroziní ochrana, nebo pro ozdobné účely. Povlaky vyloučené z běžných niklovacích lázní jsou matné až pololesklé. V nedávné době byl vyvinut nový typ lázní pro tzv. *lesklé niklování*, takže niklové povlaky vzniklé v takových lázních není třeba upravovat dodatečným leštěním jako povrchy matné a pololesklé.

Velice často jako mezivrstva u chromování - triplexní povlak Cu 5  $\mu\text{m}$  – Ni 15 až 20  $\mu\text{m}$  - Cr 1 až 2  $\mu\text{m}$ .

Sůl kovů je síran nikelnatý a vodící soli je chlorid nikelnatý, Proudová hustota 2 až 5 A/dm<sup>2</sup>.

Speciální lázně Ni – SEAL – s přísádkem nevodivých součástí umožňují mikroporézní vyloučení následné chromové vrstvy.

Saténové niklování – vylučování nekovových částic větších rozměrů. Podíl keramiky je 15 %, můžeme vyučovat lesklé nebo matné povlaky. Dá se vyloučit černý nikl – pro optický průmysl. Dále Zn, S, siřník zinečnatý.

Disperzní niklové povlaky – pro zvýšení odolnosti proti opotřebení, kde se usazuje povlak s karbidy diamantového prachu nebo skla. Disperzní povlaky – Ni + SiC +P , Ni + TiC, Ni + diamant ( odolnost proti opotřebení ).

Karbidy Si, Ti, W, množství 20 až 50 g/l a velikost 2 až 16  $\mu\text{m}$ . Intenzivní míchání.

### **Černě niklující lázeň**

- 65 g/l síranu nikelnatého
- 39 g/l síranu nikelnato-amonného
- 33 g/l síranu zinečnatého
- 14 g/l rhodaninu sodného

Pracovní teplota lázně je 25 až 30 stupňů Celsia, hustota proudu je 0,05 až 0,15 A/dm<sup>2</sup>, hodnota pH je 5,8 až 6,1.

### **Leskle niklující lázeň**

- 240 g/l síranu nikelnatého
- 30 g/l chloridu nikelnatého
- 45 g/l mravenčanu nikelnatého
- 2,50 g/l formaldehydu
- 0,75 g/l síranu amonného
- 30 g/l kyseliny borité
- 4,5 g/l síranu kobaltnatého

Pracovní teplota lázně je 60 až 70 stupňů Celsia, hustota proudu je 0,7 až 10 A/dm<sup>2</sup>, hodnota pH je 3,7.

### **Niklovací lázeň s hloubkovou účinností(pro složité součásti)**

- 170 g/l síranu nikelnatého
- 120 g/l síranu sodného

- 20 g/l chloridu sodného
- 20 g/l kyseliny borité

Pracovní teplota lázně je 30 až 40 stupňů Celsia, hustota proudu je 1,5 až 2,5 A/dm<sup>2</sup>, hodnota pH je 5,3.



**Galvanické zinkování** – ochrana ocelových předmětů před korozí tl do 30μm

Lázně – alkalické ve formě zinečnanu sodného, pro hromadné zinkování (matné nebo lesklé), slabě kyselá lázeň. Vodicí solí je chlorid amonný, vysoká rychlost, dobrá kvalita, hloubková účinnost, více omezené, leskutvorné přísady(organické látky). Spojovací materiál, drobné předměty, pozinkovaný hlubokotažný plech na karoserie automobilů, atd.  
Leskle pracující Zn vytlačuje chrom.



Galvanické niklování



Galvanické zlcení



## Zlacení

Kombinace vrstev	Základní materiál	Způsob galvanizace		Tloušťka vrstvy	
		Závěs	Bubínek	Závěs	Bubínek
Au přímo	Cu a její slitiny, Ag, nerez ocel	450x450x100(mm)	Max. 3 kg	Max. 0,1µm	Max. 0,1µm
Cu/(Cu lesklá)/ (mezivrstva)/Au*	Ocel, Cu a její slitiny, Zn a jeho slitiny, Ag, (Al)**	450x450x100(mm)	Max. 3 kg	Max. do 5,0µm	Max. 0,1µm
Cu/Ni/Au	Ocel, Cu a její slitiny, Zn a jeho slitiny, Ag	450x450x100(mm)	Max. 3 kg	Max. do 5,0µm	Max. 0,1µm

\*) symboly v závorce znamenají možnost vrstvy

## GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ NEVODIVÝCH MATERIÁLŮ

V technické praxi je často nutné pokovit nevodivé součásti se skla, porcelánu, keramiky nebo plastů (termoplastů, reaktoplastů).

Aby bylo možné vytvořit kovové povlaky na nevodivých materiálech galvanickou cestou, je třeba nejprve vyloučit na povrchu těchto hmot vodivou vrstvu, na kterou pak lze galvanickou cestou nanést žádanou kovovou povrchovou úpravu.

Vyloučení vodivé vrstvy (většinou chemickým bezproudovým stříbřením) však musejí předcházet ještě některé další operace, které umožňují zvětšit adhezi jak stříbrné vrstvy, tak i galvanického povlaku k povrchu nevodivého materiálu.

### **Před vlastním pokovením se doporučuje tento postup:**

**1) Důkladné odmaštění.** Pokud se použijí organická rozpouštědla, je nutné dbát na to, aby se omašťovaný povrch neporušil, nenaleptal. Pro tento účel je výhodné použít k odmašťování vídeňské vápno v kašovitě podobě, smíšené s vodou. K čištění se používá vlasový kartáč.

Potom se předmět omyje tekoucí vodou.

**2) Speciální moření** povrchu nevodivého materiálu. Provádí se hlavně u plastů a zvláště se osvědčuje u akrylonitril-butadienstyrenových kopolymerů, nazvaných ABS plasty, které kromě vynikajících fyzikálních a mechanických vlastností mají po příslušné úpravě velkou přilnavost ke kovovým vrstvám. Tyto velmi výhodné plasty se nejen dovážejí (např. z NSR od

firmy BASF pod názvem Terluran a od firmy Bayer pod názvem Novodur(*kdo by to byl řekl z předchozího popisu:-), přece jen je to postarší knížka, no:-), pozn. HejtmaMa*), z Anglie od firmy Marbon Chemical pod názvem Cyclolack, ale již se vyrábějí i u nás(Chemopetrol, k.p. Kaučuk Kralupy pod názvem Forsany)).

Zmíněné moření vytváří totiž ne povrchu plastu mikroskopické dutiny s negativními úhly, které dále slouží k pevnějšímu uchycení kovového povlaku.

Moření se provádí ponořením do lázně obsahující:

- 1000 ml kyseliny sírové
- 10 g dvojjodanu draselného

Lázeň je předem ohřátá na teplotu 50 až 70 stupňů Celsia a předměty určené k moření se máčejí po dobu asi 10 až 25 min. Po ukončení moření se materiál dobře opláchne tekoucí vodou.

**3) Zcitlivění** neboli **aktivace** je další nutná operace; spočívá v krátkém ponoření do 10% aktivačního vodného roztoku, který musí být vždy čerstvě připraven ze zásobního koncentrátu ve složení:

- 200 g chloridu cínatého
- 340 g kyseliny solné koncentrované
- 50 ml destilované vody

Koncentrát musí být stále zcela čirý; objeví-li se případné usazeniny a zákaly, je nutné ho přefiltrovat.

Aktivace se provádí ve skleněné, kameninové nebo porcelánové nádobě(popřípadě v nádobě z novoduru) po dobu asi 3 až 4 min. Pak se materiál opět opláchne pod tekoucí vodou.

**4) Chemické stříbření** se na zcitlivěném materiálu provede bezproudovou metodou, nejlépe v amoniakálním roztoku dusičnanu stříbrného pomocí redukčního roztoku např. vinanu sodno-draselného(viz podrobně popsany postup v receptuře č. 227).

Vyloučená jemná a stejnoměrná vrstva stříbra se pevně uchytí na mikroskopických nárůstcích cínaté soli, vzniklých během aktivace v dutinách vytvořených předcházejícím mořením.

Tím je dán základ k vodivé podložní vrstvě pevně lpící na základním nevodivém materiálu.

Po stříbření se opět výrobky důkladně opláchnou.

**5) Chemické pomědění** se provede opět bezproudově, na stříbrném povlaku, tlustší vrstvou mědi, která více odolává poškození. Může se použít některá receptura obsažená v kap. IX. **6)**

**Konečný galvanicky vyloučený povlak**(niklový, chromový apod.) je pak již možné provádět na takto upraveném povrchu nevodivých materiálů podle obvyklých metod a receptur U větších součástí a dílců se předcházející operace(moření, aktivace, stříbření, mědění) i konečné galvanické pokovování provádí s výrobky upevněnými jednotlivě na závěsech; drobné výlisky a sytké předměty se zpracovávají až po chemickém mědění, nejlépe v koších z plastů, (novodur, polyetylén) a galvanické pokovení se provede ve speciálních pokovovacích zvonech či bubnech.

## LEŠTĚNÍ KOVŮ CHEMICKÝM A ELEKTROLYTICKÝM ZPŮSOBEM V LÁZNÍCH

Kovy lze leštit také chemickým způsobem, a to pouhým ponořením do speciálních lázní bez použití elektrického proudu. V menším měřítku se pro tyto lázně použijí laboratorní skleněné

nebo porcelánové kádinky nebo vaničky. Větší vany se zhotovují ze speciálních ocelí(např. AKV - extra S)

### **Leštící lázeň**

- 920 g kyseliny fosforečné koncentrované
- 60 g kyseliny dusičné koncentrované
- 20 g dusičnanu sodného
- 1 g síranu nebo dusičnanu měďnatého
- 0,1 g smáčedla(Syntapon CP nebo Neokal)

Pracovní teplota lázně je 90 až 100 stupňů Celsia.

Při leštění, které probíhá asi 1/2 až 4 minuty, se vyvíjí značné množství dusivých a jedovatých výparů. Proto je nutné připojit k vanám účinné odsávací zařízení nebo provádět leštění v digestoři.

### **Elektrolytické leštění**

Velmi dokonale se kovové součásti leští *elektrolytickým způsobem* ve speciální lázni pomocí elektrického proudu. Používá se stejnosměrný proud a leštěné předměty se zavěšují do lázně jako anody.

### **Leštění oceli, železa a jeho slitin**

Do skleněné, kameninové nebo porcelánové nádoby se připraví tato lázeň:

- 300 ml kyseliny sírové koncentrované
- 600 ml kyseliny fosforečné koncentrované
- 100 ml vody

Teplota lázně se udržuje na 70 stupních Celsia, hustota proudu na 60 až 70 A/dm<sup>2</sup> při stejnosměrném napětí max. 15V. Leštění trvá 1 až 5 minut. Vyleštěné součásti se po vyjmutí z lázně opláchnou tekoucí vodou, ponoří se do 10% roztoku uhličitanu sodného a znovu se opláchnou tekoucí vodou. Nakonec se osuší proudem teplého vzduchu. Katody jsou z olova nebo z titanového pásu.

### **Univerzální leštící lázeň**

V této lázni se kromě ocelových a železných předmětů mohou leštit i předměty chromové, kadmiové, olověné, kobaltové, hliníkové apod.

Lázeň se připraví tak, že se 185 ml kyseliny chloristé za stálého míchání a chlazení po částech přilévá do 765 ml anhydridu kyseliny octové. Teplota nesmí přestoupit 30 stupňů Celsia; hotová lázeň se nechá 24 hodin stát.

Nejvyšší pracovní teplota lázně je 30° Celsia, hustota proudu je 4,5 až 12 A/dm<sup>2</sup> při napětí 50V. Leštění je ukončeno po 10 až 12 minutách. V čerstvé lázni se doporučuje vyleštit předem několik předmětů z hliníku; po částečném nasycení roztoku hliníkem je možné již spolehlivě leštit ostatní kovy.

### **Leštící lázeň pro nerezavějící oceli**

Velmi osvědčená lázeň pro leštění součástí z nerezavějící oceli má toto složení:

- 370 ml kyseliny fosforečné koncentrované
- 560 ml glycerinu
- 70 ml vody

Pracovní teplota lázně je 100 až 120 stupňů Celsia, hustota proudu je 80 až 160 A/dm<sup>2</sup>. Povrch se vyleští během 5 až 10 minut. Katody jsou z nerezové oceli, maximální stejnosměrné napětí je do 15V.

## **POVLAKY NANÁŠENÉ V ROZTAVENÝCH KOVECH**

**Žárové zinkování** – nepoužívanější způsob anodických povlaků, provádí se při teplotě  $T=470^{\circ}\text{C}$ . Při  $520^{\circ}\text{C}$  dochází k rozpouštění oceli.

**Technologický postup** – odmaštění, moření (kys.sírové a chlorovodíková),

**Vlastní zinkování** – **Suché** (tavidlo chlorid zinečnatý-amonný) nanáší se z roztoku a pak se suší. Po vysušení se ponoří do zinkové lázně bez tavidla.

**Mokrý** – zinkovací lázeň je pokryta roztaveným tavidlem - chloridem zinečnatým. Průchod taveninou pod tavidlem, odpadá sušící pec.

**Beztavidlové zinkování** – zinkování drátů a pásů, v ochranné redukční atmosféře odstranění nečistot, pak do zinkové lázně. Vhodné pro kontinuální procesy – dráty, pásy.

Zinek rozpouští ocel a rozhraní vznikají intermetalické slitinové fáze, které se mohou dostat na povrch nebo hranice zrn. Jsou tvrdé a křehké.

**Přísadové prvky** – nejvýznamnější Al, potlačuje vliv křehkých mezivrstev Fe, Zn, zvyšuje lesk a tvoří povrchové květy. Působí jako dezoxidovadlo a zabraňuje oxidaci roztaveného Zn, zvyšuje měkkost povlaku. Sn 0,2 % - zvyšuje lesk povlaku. Pb + Ni 0,1% zvyšuje houževnatost povlaku.

**Nanášení hliníku z roztaveného kovu** – výfuky automobilů, teplota procesu  $700 - 720^{\circ}\text{C}$ , používá se tavidlo vodní roztok boraxu, doba procesu 5 min, při teplotě  $720^{\circ}\text{C}$  vzniká tloušťka 0,01 mm,  $800^{\circ}\text{C}$  tloušťka 0,05 mm.

Na rozhraní oceli vzniká křehká a tvrdá mezivrstva  $\text{Al}^3\text{Fe}$ . Tvoří difúzní bariéru.

Vlastnosti – zvyšuje se creepové vlastnosti, únavové vlastnosti a odolnost proti oxidaci do teploty  $900^{\circ}\text{C}$ .

**Cínování v roztaveném cínu** – povlak chrání ocel proti korozi a zvyšuje lesk povrchu, dá se použít i na Cu, mosaz, bronz a litinu.

## **TERMODIFÚZNÍ POKOVENÍ**

– je založeno difúzi v plynném, kapalném nebo tuhém stavu, při odpovídající teplotě, probíhá v uzavřených nádobách, jedná se o sycení povrchu.

– **Difúze zinku** – sheradování, použití tam, kde nepotřebujeme lesklý povrch pro malé zboží (matice, šrouby), provádí se v bubnech plněné práškovým Zn a oxidem zinečnatým,  $T=300 - 400^{\circ}\text{C}$ , doba 1 – 10 hod, dobře se nasytí i vnitřní závit.

– **Difúze síry** – sulfinizace, difúzní hloubka do 0,05mm, účelem je odolnost proti zadírání a opotřebení, součásti vystavené kluznému tření při vysokém měrném tlaku (pístní kroužky).

– **Difúze hliníku** – alitování, ocel se žílá ve směsi 50% Al a 50% Fe prášku při  $T=1000^{\circ}\text{C}$ , výrazně se zvyšuje odolnost oceli proti opalu až do  $1000^{\circ}\text{C}$ .



- Difúzní borování – vznik boridu železa při 600<sup>0</sup>C. Borování se děje v plynné formě, výhoda snížení koeficientu tření o 100%.
- Titanování – vznik TiC
- Beriliování – zvýšení odolnosti proti korozi při vysokých teplotách.
- Křemíkování – odolnost proti kyselinám, tepelné oxidaci a opotřebení.

## **FYZIKÁLNÍ METODY NANÁŠENÍ POVLAKŮ VE VAKUU**

Povlaky nanášené ve vakuu jsou řádově v  $\mu\text{m}$

Využití:

1. tenké kovové a nekovové povlaky pro účely optiky a elektroniky, kovy nebo oxidy, přesná výroba zrcadel s přední odrazovou plochou (dominantní Al je stálejší a má větší přilnavost než Ag). Povlaky z Cr a Pt mají větší přilnavost ke sklu a odolnost proti opotřebení – brýlová skla. Povlaky z rhodia, korozní prostředí odrážejí jen 80%. Částečné propustné vazby – povlaky oxidu železa a oxidu titaničitého. Štěpí bílé světlo na jednotlivé vlnové délky.
2. povlaky kovové, využívané s povlaky organickými
3. antikorozi povlaky
4. otěruvzdorné povlaky na obráběcí nástroje s vysokou tvrdostí a povlaky s definovanými třecími vlastnostmi.

### **Fyzikální metody nanášení povlaků – PVD — physical vapor deposition**

Vakuové napařování – odpaření kovu ve vakuu, a jeho kondenzace na substrátu. Materiál substrátu – ocel, neželezné kovy, plasty a sklo. Bez přivedeného napětí.

Teplota 80 až 550 C, tlak v komoře 10<sup>-2</sup> Pa. Tloušťka do 5 $\mu\text{m}$ .

Aplikace: tónovaná autoskla, automobilní reflektory.

Vakuové napařování – odpařování materiálu se děje klasickým elektrickým obloukem, nízkonapěťovým el. obloukem, elektronovým svazkem, laserem. Přivádí se inertní plyn Ar, který ionizuje v doutnavém výboji, dopadá na substrát a rozprašuje jej s nábojem energie částic kovu 5–10 eV,

– Katodové a magnetronové - Při magnetronovém napařování dochází ke zvýšenému počtu vyražených atomů, rozprašovaného materiálu aktivací procesu.

- Tlak v komoře 0,01Pa, ohřev má vliv na rychlost nanášení, kondenzace par kovů na předmětech, při použití reaktivního plynu N vznikají nitridy. bez ohřevu při teplotě 550<sup>0</sup> C a níže, napařování hliníkových vrstev, teplota substrátu má vliv na vzhled, tloušťka povlaku je 5 – 7  $\mu\text{m}$ .

Iontové plátování – vychází z libovolného způsobu napařování či napařování avšak je substrát je navíc bombardován atomy s vyšší energií. Atomům deponovaného kovu lze tuto energii dodat např. vložením pomocného napětí na substrát. Podmínkou výrazným plazmový výboj, kdy částice dostávají vysokou energii 100 - 300 eV, napětí pro vznik plazmy je 5 000 V. Vysoká rychlost růstu vrstvy, rovnoměrnost a přilnavost vrstvy.

### **Chemické metody nanášení povlaků CVD – chemical vapor deposition**

Ve vakuu reakce mezi parami Ti a plynu M, nebo páry C, kdy vznikají karbidy, nitridy nebo karbonitridy.

Dále se používá směs  $\text{TiCl}_4 + \text{H}_2 + \text{CH}_4$  nebo  $\text{N}_2$ , která se potom přivede do nádoby. Vznik vysokotavitelných a tvrdých sloučenin  $\text{TiN}$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HfN}$ . Tloušťka je od 3 – 15  $\mu\text{m}$  na ocelích nebo slinutých karbidech pro zlepšení tření a opotřebení.

Chemická reakce plynných složek za vysoké teploty 900 až 1050 °C.



Tvorba  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiAlN}$ ,  $\text{TiCN}$ .

Kombinace povlaku :

malé tření, malý otěr.

$\text{TiC/SiC}$ ,  $\text{TiC/TiC}$ ,  $\text{TiC/WC}$ ,

velké tření, malý otěr.

$\text{TiC/Fe}_x\text{B}_y$ ,  $\text{TiN/TiN}$ ,  $\text{SiC/TiN}$ ,

## SMALTOVÁNÍ

Vytvoření křemičitých sklovitých povlaků s vysokým podílem krystalické fáze (do 30%) žárovým způsobem.

Výroba smaltovaného povlaku je nanášením práškového základu na mořený kovový povrch. Základní složení smaltu a přísady  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CoO}$ , živce, uhličitany a fluoridy vápenaté. Tento komplex se vyrábí tavením do vody, kde vznikají kuličky, které se drtí a melou na prášek zrnitosti 1  $\mu\text{m}$ . Pak nanášení tzv. břechky, což je suspenze s vodou, nanášení ponorem nebo stříkácí pistolí, také suchým způsobem – elektrostaticky. Další možnost je elektroforéza, vodní roztok pomocí katodforézy.

Sklotvorné minerály a oxidy:

- kyselé – křemen, kys. boritá, oxid titaničitý,
- neutrální – živce, kaolin, borax
- zásadité – soda, potaš, vápenec

Příprava zpravidla 2 stupně:

základový smalt, vrchní barevný smalt

Způsob nanášení:

- a) za mokra – „břechka“ po nanesení a vysušení se smalt vypaluje při teplotě 800 až 900° C
- b) za sucha – prášek se nanáší na přehřátou součást

Současnost - převod na jednofázové systémy , rozvoj automatizace a mechanizace.

Vlastnosti:

Vysoká chemická odolnost proti kyselinám a povětrnostním vlivům. Odolnost proti teplotě do 400 – 500° C , speciální druhy žáruvzdorných smaltů do 1000° C.

Vlastnosti – pro zlepšení korozní odolnosti a zlepšení tvrdosti je požadováno 30 % krystalické fáze, zlepšení křehkolomových vlastností smaltu, zlepšení odolnosti proti teplotním skokům. Teplotní odolnost je do 600<sup>0</sup> C, speciální smalty mají odolnost až 1000<sup>0</sup> C. Vynikající antikorozní odolnost proti kyselinám, horší proti zásadám. Tvrdost mezi 5 až 7 stupněm Mohsovy stupnice, 5 x více než ocel.

Mechanické vlastnosti smaltu – pevnost v tahu je malá (vznik trhlin a šíření trhlin nebrání žádná plastická deformace) 70 až 90 MPa, pevnost v tlaku 700 až 13 000 MPa.

Charakteristika ocel. plechu vhodného pro smaltování – nízkouhlíková ocel s C=0,1%, neuklidněná ocel, mangan zhoršuje moření a snižuje rychlost oxidace Mn=0,2 %. S=0,03 % zachycení vodíku na sulfidech. Ti váže C na karbid, zvyšuje teplotu přeměny A<sub>3</sub>. Dále se smaltují vysokolegované CrNi oceli, Al, litina. Ochlazování na vzduchu není možné, pracujeme při 200 až 250<sup>0</sup> C.

Aplikace: Kouřovody a výměníky tepla,  
Energetika, součásti topenišť, pecí, spalovací turbíny,  
Stavebnictví, obklady stěn tunelů, staveb.  
Zemědělství, nádrže na odpady, chemická hnojiva.  
výroba, domácnost ...

## NÁTĚROVÉ SYSTÉMY

Organické povlaky (nátěrové hmoty) hlediska tvoří 80% povlaků.

Rozdělení podle pigmentů: a.) pigmentové – email má nízký obsah pigmentu, barva vysoký  
b.) transparentní: - laky, fermež, napouštědlo

Rozdělení podle účelu: - napouštění nátěrové hmoty (dřevěné podklady a porézní)

- základní nátěrové hmoty (jak porézní tak i pro kovové podklady)

- tmely: - stříkáací nebo stěrkové

- podkladové nátěrové hmoty (plniče →vyrovnání nerovností)

Rozdělení nátěrů podle použití:

- vnitřní – dekorativní
- venkovní – odolný povětrnostním podmínkám, mořské vodě, vyšším teplotám, chem. prostředí
- speciální – olejovoodový povlak
- světelný povlak
- elektrovedivé

Přehled nátěrových hmot:

- asfaltové – odolné proti kyselinám
- celulózové – v domácnosti, zasychají za malou dobu, tvrdé, pevný film
- chlorkaučukové – odolné proti vodě, ale neodolají org. Kyselinám
- olejové – ředidlo je benzín, odolné proti povětrnostním podmínkám
- syntetické – rozpouštědlo benzín, dobrá přílnavost na hl. plochy, průmysl
- vodou ředitelné – polyuretanové
- epoxidové (pryskyřice) – vytvrzované tvrdidlem, teplem, mohou být tvrdé
- lihové – elektrotechnika
- emulzní – vodou ředitelné

### Podle způsobu vytvrzení filmu:

- fyzikálně zasychající
- odpařování rozpouštědel
- vytvrzovací chemickým pochodem – oxipolymerační (zasychání na vzduchu vlivem kyslíku)
- reakcí s tvrdidlem (dvousložkové)
- reakcí za zvýšené teploty (polyuretanové)
- reakcí na UV, IR záření

### Složení nátěrových hmot:

- 1.) pojivo – nejdůležitější. Součást, má vliv na vazbu a na tloušťku
  - zakládá se z filmotvorných látek, vysychavé oleje (někdy), pryskyřice přírodní nebo syntetická
  - deriváty celulózy a deriváty kaučuku někdy asfalty a smalty
- 2.) rozpouštědla – po odpaření vznikne povlak
  - terpentín, benzín, benzen, alkohol, étery
- 3.) pigmenty a plniva – dávají charakter povlaku, tvrdost, elek. vodivost, kluzné vlastnosti

### Nanášení nátěrových hmot

**Ředitelné nátěrové hmoty se nanášejí:** – štětcem, namáčením (ponorem), válečkem, nástřik stlačeným vzduchem (musí být bez olejů), stěrky.

**Nátěrové systémy práškové:** - pouze nástřikem a to v elektrostatickém poli, kde je napětí 10÷10000V, vypalovací teploty 160÷200°C.

- elektrokineticky → založeno na tření
- nanášení pomocí fluidního lože → mat musí být předehřátý, aby se prášek natavil
- elektroforéza – anoforéza nebo katoforéza ve vodní lázni

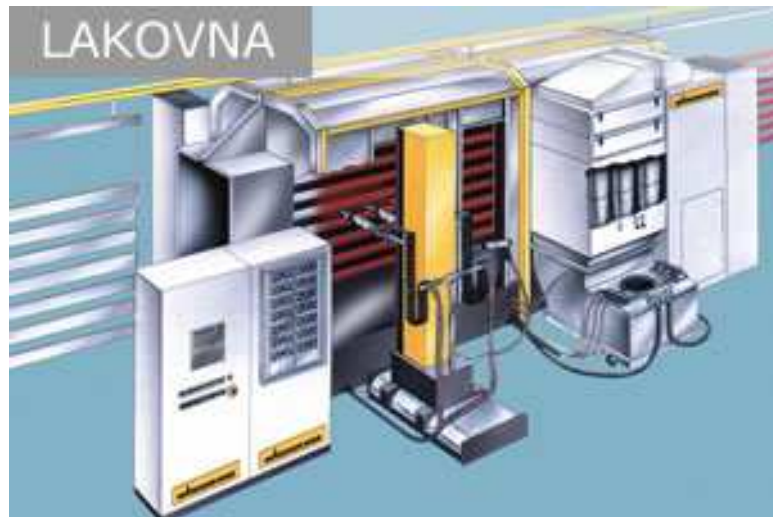
### **Povrchová úprava kovů práškovými plasty.**

Někdy nazývaný také **komaxitování**.

Základním předpokladem pro úspěšné nanesení práškové nátěrové hmoty (PNH) je čistý povrch podkladu. Součástí výrobní linky je chemická předúprava. Tato předúprava je prováděna postřikovým způsobem ve čtyřech stupních, které zahrnují odmaštění s antikorozi a kotvící pasivací fosfátováním, teplý oplach, oplach demineralizovanou vodou a sušení. Další předúpravy, mohou být žárové či galvanické zinkování a chromátování (na hliník). Po provedení správné předúpravy povrchu výrobku lze nanést PNH.

Dnes se prakticky veškeré PNH nanášejí stříkáním v elektrostatickém poli. Společnou vlastností všech procesů toho druhu je, že částice prášku se elektricky nabíjejí, zatímco lakovaný předmět je uzemněn. Výsledná elektrostatická přitažlivá síla stačí k vytvoření dostatečné vrstvy prášku na předmětu a udrží suchý prášek na místě, dokud se prášek neroztaví a nepřilne k povrchu. Částice prášku se elektrostaticky nabíjejí buď průchodem prášku vysokonapětovým elektrostatickým polem – korunou, kde je napětí až 10000V, (**statika**) nebo třením prášku o teflonovou výstupní trysku (**tribo**). Poté jsou součásti umístěné do vypalovací pece. Vypalovací teploty práškových NH jsou 160÷200°C.







**Materiál vhodný k povrchové úpravě:**

ocel, pozinkovaná ocel, hliník, MDF deska

**Typy práškových nátěrových hmot a druhy povrchů:**

**Epoxidové (EP)**, určené výhradně pro použití v interiéru. Velmi dobře odolávají korozi a některým chemickým látkám.

**Epoxipolyesterové (PEP)**, tzv. hybridní, nebo též zlidověle „mixy“, jsou dnes nejvíce používanými práškovými barvami. Jsou určeny především do vnitřního prostředí, ale lze je používat i na výrobky krátkodobě vystavované povětrnostním vlivům.

**Polyesterové** práškové barvy (PES) jsou určeny především k použití v exteriéru pro vysokou odolnost proti UV záření a ostatním povětrnostním vlivům.

**Polyuretanové** práškové barvy (PUR), které jsou velmi odolné vůči povětrnostním vlivům. Transparentní polyuretanové práškové laky vykazují vysokou čírost.

**Akrylátové** práškové barvy (AC) je možné používat i pro použití do exteriéru, jejich silnou stránkou je mj. jejich vysoká odolnost vůči chemickým látkám.

Výhody: - stejnoměrné pokrytí povlakem v nedostupných místech

- celková účinnost využití 95÷99%
- vysoce automatové systémy, vysoká hustota ukládaných dílů
- zcela uzavřené systémy znečištění odpadních vod a vzduchu
- vysoká korozní odolnost, vytvrzovací teplota 180÷190°C, tl.15÷20μm.





## Ukázka základních vzorků DECORAL



Zlatý dub



Mahagon

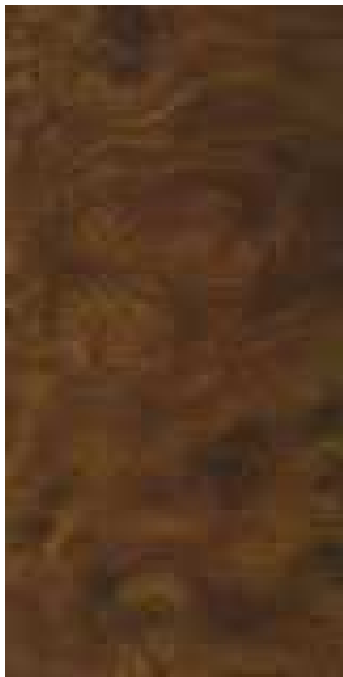




Borovice



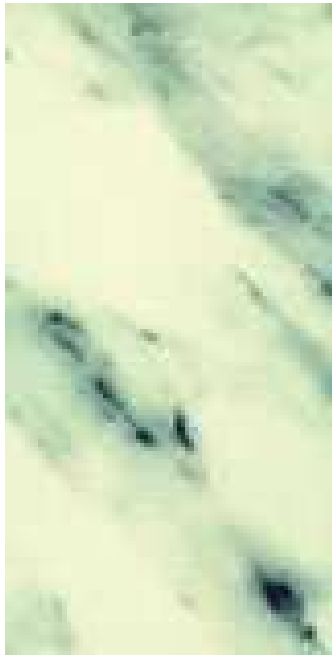
Zelený dub



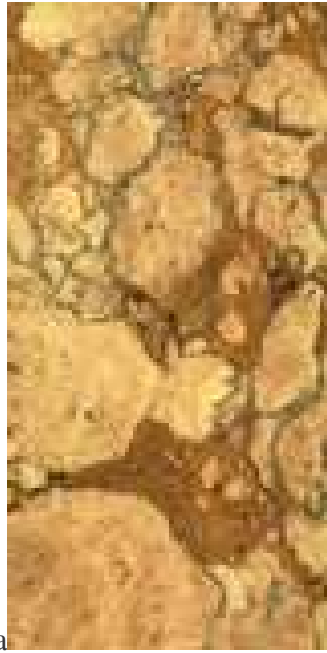
Kořenový vzor



Zelená žula



Marmo carrara



Rosso verona













**Nátěry s mikrolamelami Al a Zn:** - lamely jsou po vytvrzení dostatečně vodivě spojeny pro vytvoření katodické ochrany, tl.  $8\div 25\mu\text{m}$


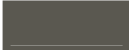








- použití na šrouby, matice, pružiny, kování, .....
- odolnost v solné mlze až 500hod.


## FLUOROPOLYMEROVÉ POVLAKY

- nosná pryskyřice (pojivo), PTFE, vypalovací teplota  $400^{\circ}\text{C}$
- tl  $20\div 40\mu\text{m}$  a pro chem. průmysl až  $100\text{ky}\mu\text{m}$
- důležité je, aby při vytvrzování se tvořil gradient objemu
- nesmáčivý povrch, chemická odolnost velmi vysoká i odolnost proti UV záření
- aplikace: antiadhézní povlaky, formy pro zpracování pryže a plastů, lakovny - pro povrch lakovaných stojanů, ocelové, Al odlitky.

### Přehled barev dle vzorníku RAL

RAL 1000		RAL 4007		RAL 7008	
RAL 1001		RAL 4008		RAL 7009	
RAL 1002		RAL 4009		RAL 7010	
RAL 1003		RAL 5000		RAL 7011	

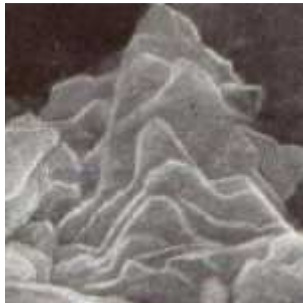
RAL 1004		RAL 5001		RAL 7012	
RAL 1005		RAL 5002		RAL 7013	
RAL 1006		RAL 5003		RAL 7015	
RAL 1007		RAL 5004		RAL 7016	
RAL 1011		RAL 5005		RAL 7021	
RAL 1012		RAL 5007		RAL 7022	
RAL 1013		RAL 5008		RAL 7023	
RAL 1014		RAL 5009		RAL 7024	
RAL 1015		RAL 5010		RAL 7026	
RAL 1016		RAL 5011		RAL 7030	
RAL 1017		RAL 5012		RAL 7031	
RAL 1018		RAL 5013		RAL 7032	
RAL 1019		RAL 5014		RAL 7033	
RAL 1020		RAL 5015		RAL 7034	
RAL 1021		RAL 5017		RAL 7035	
RAL 1023		RAL 5018		RAL 7036	
RAL 1024		RAL 5019		RAL 7037	
RAL 1027		RAL 5020		RAL 7038	
RAL 1028		RAL 5021		RAL 7039	
RAL 1032		RAL 5022		RAL 7040	
RAL 1033		RAL 5024		RAL 7042	
RAL 1034		RAL 6000		RAL 7043	
RAL 2000		RAL 6001		RAL 7044	
RAL 2001		RAL 6002		RAL 7045	
RAL 2002		RAL 6003		RAL 7046	
RAL 2003		RAL 6004		RAL 7047	
RAL 2004		RAL 6005		RAL 8000	
RAL 2008		RAL 6006		RAL 8001	
RAL 2009		RAL 6007		RAL 8002	
RAL 2010		RAL 6008		RAL 8003	

RAL 2011		RAL 6009		RAL 8004	
RAL 2012		RAL 6010		RAL 8007	
RAL 3000		RAL 6011		RAL 8008	
RAL 3001		RAL 6012		RAL 8011	
RAL 3002		RAL 6013		RAL 8012	
RAL 3003		RAL 6014		RAL 8014	
RAL 3004		RAL 6015		RAL 8015	
RAL 3005		RAL 6016		RAL 8016	
RAL 3007		RAL 6017		RAL 8017	
RAL 3009		RAL 6018		RAL 8019	
RAL 3011		RAL 6019		RAL 8022	
RAL 3012		RAL 6020		RAL 8023	
RAL 3013		RAL 6021		RAL 8024	
RAL 3014		RAL 6022		RAL 8025	
RAL 3015		RAL 6024		RAL 8028	
RAL 3016		RAL 6025		RAL 9001	
RAL 3017		RAL 6026		RAL 9002	
RAL 3018		RAL 6027		RAL 9003	
RAL 3020		RAL 6028		RAL 9004	
RAL 3022		RAL 6029		RAL 9005	
RAL 3027		RAL 6032		RAL 9006	aluminium
RAL 3031		RAL 7000		RAL 9007	aluminium
RAL 4001		RAL 7001		RAL 9010	
RAL 4002		RAL 7002		RAL 9011	
RAL 4003		RAL 7003		RAL 9016	
RAL 4004		RAL 7004		RAL 9017	
RAL 4005		RAL 7005		RAL 9018	
RAL 4006		RAL 7006			



## **KLUZNÉ LAKY**

- jsou založeny na sirníku molybdenu  $\text{MoS}_2$
- pryskyřice pojivo  $\rightarrow$  vypalovací nebo samozasychávající
- povlak má šedou až černou barvu (vačkové hřídele, povrch pístů, spojovací materiál, třecí dvojice .....)
- kluzné laky umožňují zlepšení třecích vlastností a při velmi malých pohybech a velkých měrných tlacích zabraňují zadírání.



Obr. 1 sirník molybdeničitý 1:5000 zřetelně viditelná lamelární struktura

Kluzné laky jsou disperze zvláště připravených kombinací tuhých maziv (sirníku molybdeničitého  $\text{MoS}_2$ , teflonu, grafitu, atd.) v anorganických nebo organických pojivech s rozpouštědly. Po vytvrzení se na povrchu vytváří suchý, pevně lpící kluzný film s nejvyššími účinky s dlouhodobě neměnnými vlastnostmi i při extrémních podmínkách. Suché a čisté povrchy kluzných laků umožňují úpravu a skladování montážně připravených dílů. Tímto jsou zvláště vhodné pro použití tam, kde jejich nasazení je praktičtější než používání olejů, past nebo plastických maziv.

### **Přednosti kluzných laků**

pevně lpící, suchý, kluzný film  
extrémní odolnost tlaku (až na mez kluzu nejpoužívanějších kovů)  
nejkrajnější odolnost chladu i horku  
umožňují nouzová mazání  
velmi nízké koeficienty tření  
žádné stárnutí, žádné koksování

### **Speciální vlastnosti kluzných laků**

zlepšují záběhové procesy, pomocí plastické deformace drsného povrch (vyhlazování tečením)  
prodlužují životnosti  
chrání proti poškození povrchů  
snižují opotřebení při vysokých tlacích  
oddělují povrchy proti studeným svarům (např. u hliníku, ušlechtilé oceli, plastů)  
podporují procesy tečení při lisování za studena  
zamezují trhavému pohybu při nízkých rychlostech

### **Příklady použití kluzných laků**

- jako samostatného maziva  
mechanismy v jemné mechanice

osy vypínačů/přepínačů  
jádra magnetů  
pneumatické válce  
těsnění  
kloubová ložiska  
řetězy odmašťovacích zařízení a přístrojů, kde olej nebo plastické mazivo je nežádoucí  
šroubové spoje (také z titanu)  
zajišťovací matky  
šrouby do dřeva (např. upínací šrouby)  
pohybové šrouby  
kloubové závěsy, kování  
kluzné páry z ušlechtilých ocelí

- ve spojení s dalšími mazivy

kluzná ložiska, křížové klouby, vrchlíková ložiska, ložiskové pánve  
svazkové pružiny, talířové pružiny, drážkované profily  
ozubená kola velkých převodovek (při záběhu)  
protahováky  
obrážecí nože  
závitníků  
pilové listy  
vysoce zatížená kluzná místa (s nepatrnými kluznými rychlostmi)



## ŽÁROVÉ NÁSTRÍKY

Renovace i prvovýroba.

Princip: natavení částic přídavného materiálu zdrojem tepla a urychlení směrem na podložku.

Dopadající částice rychle tuhne a další dopadající částice dopadá už na ztuhlou částici.

Stavba povlaku: Povlak – je část součásti, která narůstá od ZM na povrchu, může být tvořen více vrstvami Dopadající částice nejsou v povlaku vzájemně metalurgicky spojeny, ale existují zde vazby difúzní, fyzikální působení typu Van der Waalse a mechanického zakotvení. Stejná vazba existuje mezi podložkou a povlakem.

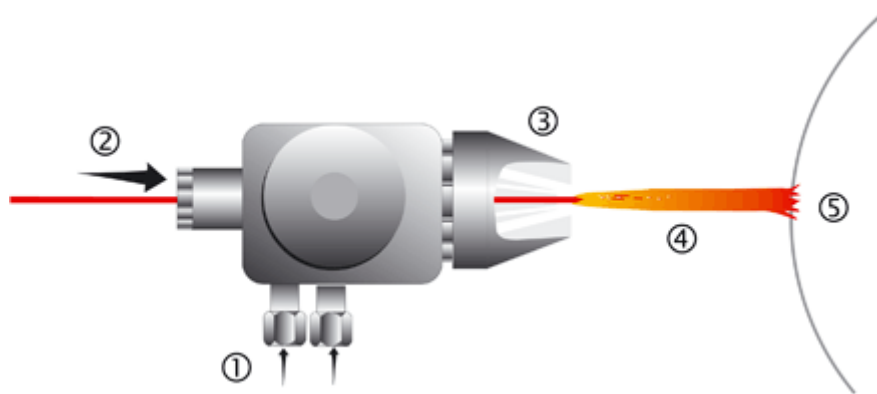
Proces nástřiku (natavení a urychlení částic) se rozděluje podle zdroje tepla:

Proces	Teplota zdroje °C	Rychlost dopadu částí m.s <sup>-1</sup>	Pórovitost %	Přilnavost MPa
Plamen	3200	80 - 100	10 - 18	do 15
Elektrický oblouk	4000-8000	120- 150	7 - 15	10 – 15
Plazma	16000	150 - 250	3 - 10	13 – 35
Vysokorychlostní nástřiky	2800- 3600	400 - 1200	0,5 - 3	70 – 90

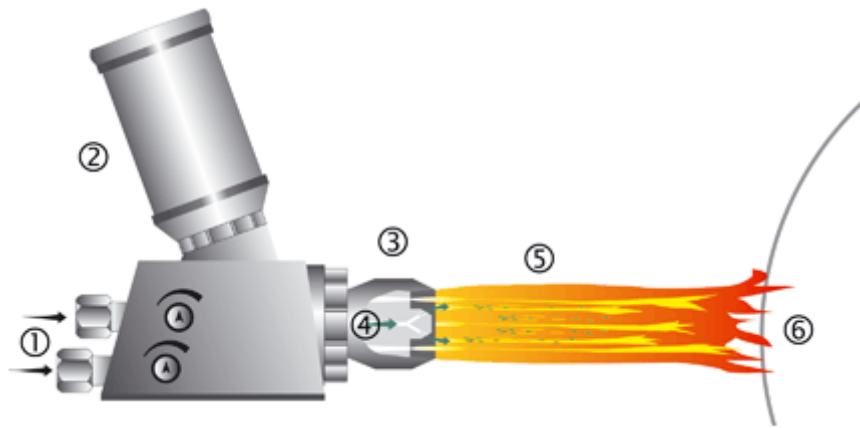
### Metody žárových nástřiků

**Plamen:** - dráty, kov. tyčinky, plastové trubičky - keram. tyčinky Ø6,28÷600, prášky, ochrana plynem - T=3200°C, v<sub>DOP</sub>=80÷100m/s, pórovitost 10÷15%, přilnavost 8÷20Mpa

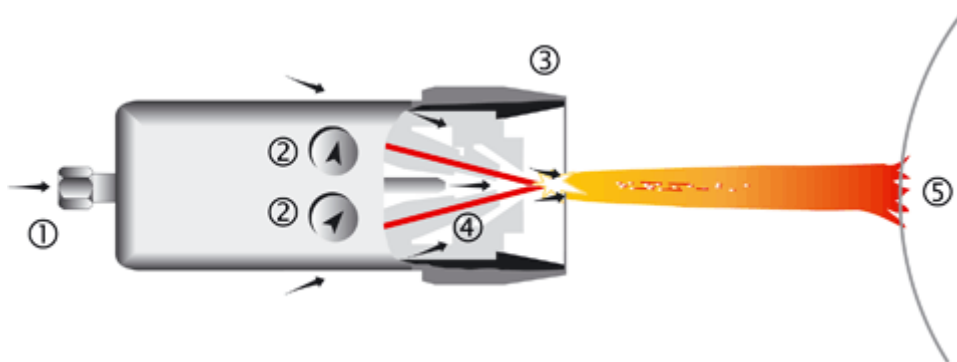
- mobilní metoda, pohon drátu do hořáku elek. reg. - využití méně náročné povlaky, spíš proti korozi





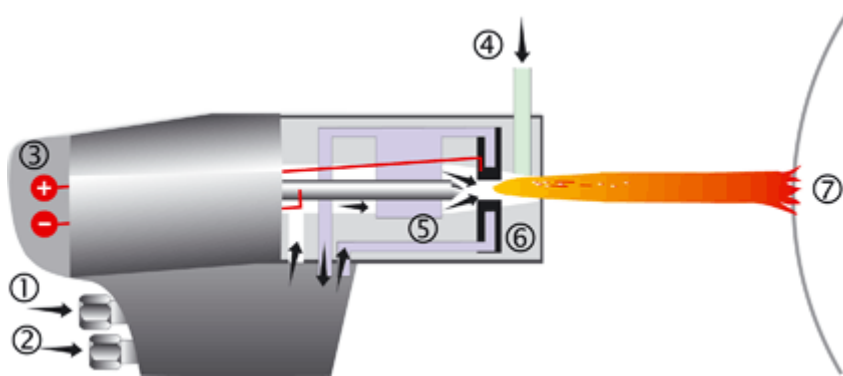


**Elek. oblouk:** - mat., které jsou vodivé (dráty, kov. tyčinky) náplň je většinou karbidy, nejvíce nastříkaného kovu na časovou jednotku, vysoký výkon,  $T=6000\div 8000^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{DOP}}=150\text{m/s}$ , pórovitost  $5\div 10\%$ , přilnavost  $15\div 20\text{Mpa}$

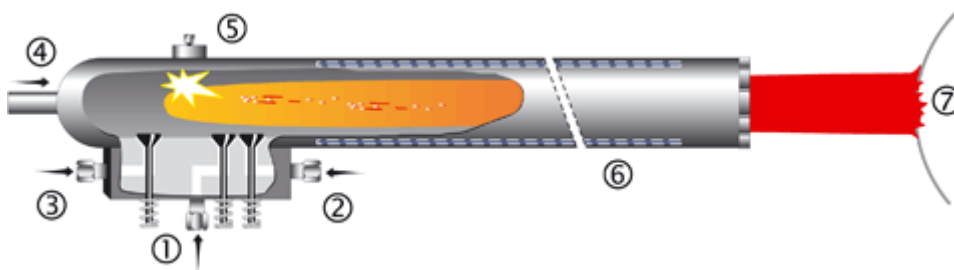


**Plazma:** -  $T=16000\div 20000\text{K}$ ,  $v_{\text{DOP}}=150\div 250\text{m/s}$ , pórovitost  $3\div 10\%$ , přilnavost  $15\div 35\text{Mpa}$ ,  
 PM jsou jen prášky ( $5\div 100\mu\text{m}$ ),  
 biokeramika  $160\mu\text{m}$ ,

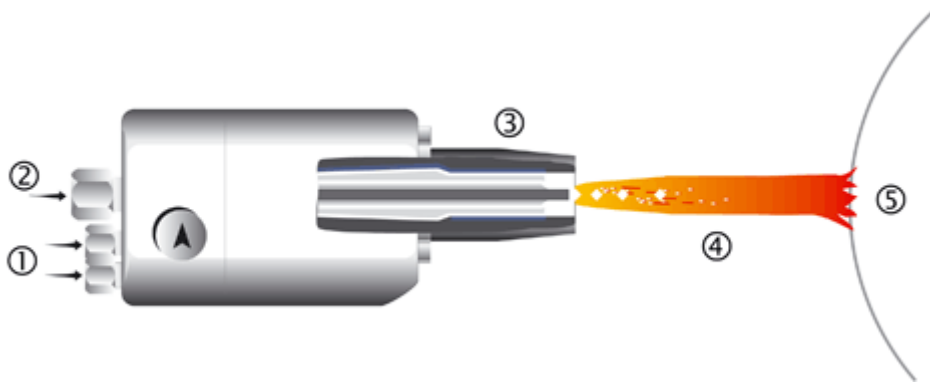
Plazma:  $\text{H}_2 + \text{E}_{\text{DIS}} \rightarrow 2\text{H}$      $\text{H} + \text{E}_{\text{ION}} \rightarrow \text{H}^+ + \text{e}^-$   
 $\rightarrow \text{OCHLAZENÍ} \rightarrow \text{REKOMBINACE}$  (díky tomu jsou PM ohřáty).



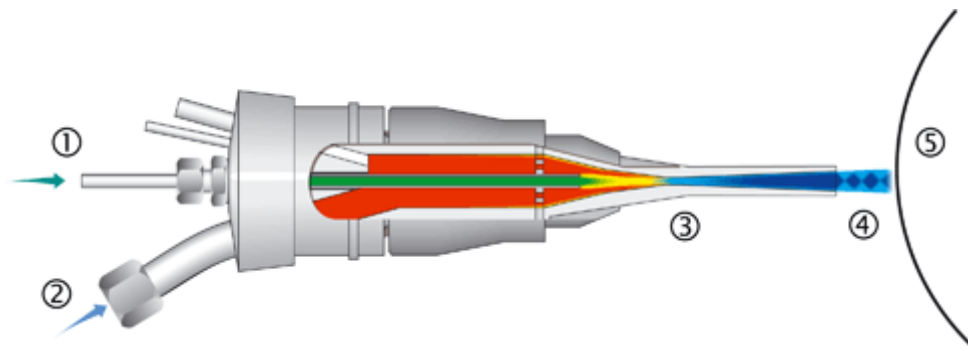
**Detonační:** -  $T=2500\div 3200^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{DOP}}=600\div 800\text{m/s}$ , pórovitost  $1\div 3\%$ , přilnavost  $50\div 80\text{Mpa}$ ,  
 frekvence výstřelu  $f=6\div 10\text{Hz}$ , dopadová plocha odpovídá  $\varnothing$  trysky, PM kov a karbidy, délka  
 hlavě je až  $600\text{mm}$  a po celou délku jsou částice urychlovány



**Vysokorychlostní:** HVOF -  $T=3200\div3600^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{DOP}}=800\div1200\text{m/s}$ , pórovitost  $0,5\div2\%$ , přilnavost  $70\div90\text{Mpa}$ , PM prášky, povlak má nerozložené karbidy  
 Všechny parametry nástřiku závisí na druhu přídavného materiálu, vzdálenosti, úhlu dopadu a dalších okolnostech procesu.



**Nástřik studeným plynem** Používá se dusík teplota  $400-600^{\circ}\text{C}$ , materiály plastické – Al, Cu, austenitická ocel, nikl... vysoké dopadové rychlosti  $v_{\text{DOP}}=900\div1200\text{m/s}$



### Práškové PM

Vliv na jakost prášku: 1.) Metoda přípravy.

2.) Velikost a tvar částic – výrazně ovlivňuje tekutost – ostré hrany → snižují tekutost a opotřebovávají podavač. Lepší jsou oválné částice.

3.) Optimální velikost okolo  $50\mu\text{m}$  – malé částice  $5\div10\mu\text{m}$ , vlivem vlhkosti vzduchu tvorba shluků

4.) Nutnost rovnoměrného dávkování – tvorba konstantní tloušťky povlaku.

### **Výroba prášku:**

- 1.) Atomizace – vlivem Ar a N<sub>2</sub> a odstředivých sil, možnost využití vakuového procesu (dobrý tvar částic - globulární), výtěžnost 20÷60kg/min, výroba kovových prášků
- 2.) Drcené: - pro keramické materiály – ostrohranné prášky (ale dají se ještě přetavit plazmou-zaoblení tvaru)
- 3.) Agromerace – vytvoření kašovitě hmoty, z organického pojiva a vody, přivede se to do atomizéru a rozstřík do sušící komory, je-li prášek jemný → možnost spékání
- 4.) Sintrování: - spékání pod tep. tavení jednotlivých komponentů, spékají se nadrcené jemné částice.
- 5.) Povlakované prášky: - ochrana proti rozkladu (plazma), např. Al –Ni při ohřevu vzniká exotermická aluminotermická reakce, která zvyšuje teplotu částic a tím přilnavost.

### **Technologický postup:**

- 1) Opracování: opracuje se jen požadovaná plocha → hloubka bude odpovídat tl. povlaku, u renovace opracování pod hloubku trhlin, protože trhliny se mohou projevit v povlaku.
- 2) Odmaštění: - pokud je povrch mastný, tak klesá přilnavost.  
Tryskání umělým korundem ( odstranění oxidů, zdrsnění povrchu, aktivace povrchu, zvětšení povrchu),
- 3) Vlastní nástřik – parametry nástřiku, chlazení povrchu,
- 4) Opracování povlaku – soustružení – jen měkké kovy, ostatní povlaky pouze broušení, keramika - kotouči diamantovými nebo SiC, KNB.
- 5) Povlaky vystavené povětrnostním podmínkám nebo oxidačnímu prostředí se utěšňují, nebo opatřují nátěrem.

### **Přídavné materiály:**

Dráty – kovové materiály s dostatečnou tažností.  
Trubičkové dráty – kovové trubičky plněné nejčastěji karbidy.  
Plastové trubičky s náplní oxidické keramiky nebo karbidů.  
Keramické tyčinky oxidické keramiky.  
Prášky na bázi kovů, keramiky, cermetů a plastů. Rozmezí 5 až 120μm,

### **Základní vlastnosti povlaků obecného charakteru jsou platné pro všechny druhy přídavných materiálů. :**

- Přilnavost povlaku k základnímu materiálu – jedna z nejdůležitější vlastností povlaků. Je dána výsledkem působení sil mechanického zakotvení, slabých sil vzájemného působení (Van der Waalse), sil chemické vazby kovalentního a kovového druhu a metalurgickými procesy probíhajícími v těsné blízkosti mikrosvarů. V závislosti na technologii nástřiku a použitém materiálu se přilnavost pohybuje od 10 MPa u nástřiku plamenem do 90 MPa u supersonických metod typu HVOF.
- Kohezní pevnost povlaku - je závislá na technologii nástřiku a vlastním přídavném materiálu. Obecně mají kovové povlaky vyšší hodnoty kohezní pevnosti než keramické materiály.
- Tloušťka povlaku – obecná vlastnost, která je vztažena na typ materiálu a druhu aplikace. S rostoucí tloušťkou obecně klesá přilnavost, poněvadž roste tahové napětí v povlaku. Pro plazmový nástřik hydroxyapatitu na dentální implantáty stačí 0,05mm tl povlaku, keramické povlaky odolné proti opotřeбенí se nanášejí v rozsahu 0,15 až 0,4 mm. Naopak tepelné bariéry tvořené oxidem zirkonu



můžeme nanášet do tl. 3 mm a kovové povlaky typu 12% Cr oceli při renovaci odlitků turbínových lopatek a savky dosahují v závislosti na kavitačním opotřebením až 8 mm.

- Tvrdość, mikrotvrdość - vlastnoř silně závislá na typu přídavného materiálu a použité technologii nástřiku. Má přímý vliv na odolnoř proti opotřebením především adhezím a erozím. Obecně nejvyšší tvrdosti jsou dosažené u karbidů W,Cr a Ti, které jsou využitelné ve formě tzv. cermetů. Odolnoř proti opotřebením nese karbid a pojivová složka je tvořena tvárným kovem např. Co, Ni nebo slitinou NiCr v poměru 75/25.
- Pórovitoř povlaku - závisí na zvolené technologii a použitých parametrech nástřiku. Pohybuje se v rozmezím od 0,5 do 10%. V případě požadavků je možné pórovitoř zvýřit.
- Drsnost povlaku – souvisí s velikostí nanášených částic, jejich dopadovou rychlostí a druhem materiálu povlaku. Řada aplikací je charakteristická neopracovaným povrchem povlaku ( trubkové systémy kotlů, elektroizolační povlaky, renovační povlaky vodních turbín ), ale větřina povlaků především v oblasti strojírenství, automobilního a leteckého průmyslu se opracovávají především brouřením.
- Lomová houževnatost souvisí s kohezní pevností povlaků, složením povlaků a má vliv na životnoř součástí.
- Teplotní a tepelná roztažnoř je vlastnoř, která má dominantní vliv na výběr materiálů pro tepelné aplikace. Optimální stav představují stejné koeficienty tepelné roztažnoři u základního materiálu i povlaku. Především u keramických materiálů jsou však rozdíly koeficientů značné a částečné vyrovnání zniklých napětí se řeří kovovou mezivrřtvou.

Na zjiřřování těchto základních vlastnoř povlaků existuje celá řada norem a metodik, které se však liří dle pracoviřřte původu postupu zkouřením vlastnoř. Vzhledem k různým postupům při vyhodnocování výře uvedených vlastnoř, nelze ve větřině případů porovnávat naměřené hodnoty získané různými metodikami na různých pracoviřřřích.

Velmi důležité jsou **speciální** vlastnoř, které mají přímý vliv na výběr daného přídavného materiálu a úspěřnoř aplikace povlaků vytvořených technologiím žárového nástřiku:

Jedná se o vlastnoř specifické pro přesně dané materiály nebo skupiny materiálů :

- Odolnoř proti opotřebením – především adhéznímu a abrazivnímu.
- Odolnoř proti erozi v plynech a kapalinách
- Odolnoř proti roztaveným kovům
- Odolnoř proti korozi a oxidaci za nízkých a vysokých teplot
- Odolnoř proti tepelným šokům
- Odolnoř proti kavitaci
- Nízký koeficient tření
- Tepelně izolační vlastnoř
- Elektricky izolační vlastnoř.

## Nástřikové materiály a aplikace:

### Kovy:

ocel – uhlíková – jako výplňový materiál pro rozsáhlé renovace,  
12% Cr ocel – odolnost proti opotřebení,  
CrNi austenitická ocel – odolnost proti opotřebení, korozivzdornost, chem. průmysl  
Ni – ve slitinách:  
NiCr 80/20 - mezivrstva pod keramické povlaky,  
NiAl 95/5 - mezivrstva s exotermickými účinky,  
NiSiB, NiCrSiCB, - slitiny pro tzv. ztavované povlaky s tvrdostí od 20 do 60 HRC, odolnost proti zadírání, třecí dvojice,  
NiCrAlY – superslitina s vysokou odolností proti vysokoteplotní korozi, lopatky leteckých motorů,  
CoCrAlY – superslitina s vysokou odolností proti vysokoteplotní korozi,  
Mo - výborné třecí vlastnosti, odolnost proti opotřebení, lamely spojek, pístní kroužky, synchronní kužely do převodovek,  
Ti – čistý, nástřik ve vakuu – povlak umělých kloubů,  
Al – odolnost proti atmosférické korozi a proti mořské vodě, dnes se používá častěji ve slitině AlZn 85/15, stožáry, lodě, mosty, stavby, elektrifikace železnic,  
Cu a litiny – dekorativní, třecí vlastnosti,

### Keramika:

#### Oxidická keramika:

$Al_2O_3 + 3-30\% TiO_2$  – odolnost proti opotřebení, elektrický izolant,  
 $Cr_2O_3$  - vysoká tvrdost, odolnost proti opotřebení, velmi dobré třecí vlastnosti, těsnící plochy, plunžry,  
 $ZrO_2 + MgO, CaO, nebo Y_2O_3$  - tepelné bariéry, odolnost proti oxidaci za vysokých teplot a proti roztaveným kovům -- dno pístů spalovacích motorů, výfukové ventily, plamence leteckých motorů, rozváděcí lopatky plynových turbín.

Neoxidická keramika: karbidy, nitridy, silicidy, boridy – samostatně se nanášejí vyjíměčně. Častěji se nanášejí jako CERMETY – keramika spojená kovem.

WC + Co 8 – 12%, - výborná odolnost proti opotřebení, vysoce namáhané strojní součásti,  
 $Cr_3C_2 + NiCr 25\%$  - výborná odolnost proti opotřebení, vysoce namáhané strojní součásti,

Hydroxyapatit – biokeramika s podobným chemickým složením jako stavba kostí, nástřik umělých kloubů, a zubních implantátů,

#### Těsnící povlaky:

Ni + grafit 75/25 – povlak s nízkou tvrdostí a snadným otěrem, těsnící plochy lopatek turbín, těsnící plochy labyrintových ucpávek,  
Al + PE

#### Plasty:

PE, PTFE (teflon) – protikorozní vlastnosti, kluzné vlastnosti.

Mechanismus opotřebení, odolnost povrchu povlaku	Typické aplikace	Vhodné povlaky
Adheze	Kluzná ložiska, vmačkané plochy čepů válců, vedení	Bronz, kompozice, Mo, Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> /NiCr
Abraze, Eroze	Šneky, plunžry, pístní tyče, části sklářských forem	WC/Co, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiCrBSi
Kavitace	Komory vodních turbín, rozváděcí lopatky vodních turbín, komory čerpadel, vložky válců spalovacích motorů	Chromuhlíková martenzitická nerazavějící ocel, hliníkový bronz, NiCrBSi,
Otěr	Součástky textilních strojů, kluzná uložení, pneumatické a hydraulické prvky, vedení	WC/Co, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mo, NiCrBSi,
Tepelné bariéry	Komponenty komor spalovacích a proudových motorů, části sklářských forem	ZrO <sub>2</sub> /CaO/MgO/Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrSiO <sub>4</sub> ,
Vysokoteplotní koroze	Rozváděcí a oběžné lopatky plynových turbín, pecní systémy	Systémy MCrAlY, NiCr,
Atmosférická koroze	Ocelové konstrukce, případně jiné díly vystavené atmosférické korozi	Al, Zn, Zn/Al, nerezavějící ocel
Chemická koroze	Těsnící a ucpávkové plochy chemických zařízení	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,
Elektrická vodivost	Keramické izolátory	Cu, CuSn10
Elektrická izolace	Izolátory, kondenzátory	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,
Těsnící obrušující se povlaky	Labyrinty břitových těsnění parních a spalovacích turbín	Ni-grafit, AlSi-polyester
Biologické povlaky	Endoprotézy, dentální implantáty	Ti, hydroxylapatit, fluorapatit

### Kovové povlaky

Značný objem aplikací kovových přídatných materiálů je zaměřen na oblast renovací. S kovovými povlaky vytvořenými žárovým nástřikem se můžeme setkat například při renovaci klikových hřídelí nákladních automobilů. Nástřik se provádí elektrickým obloukem drátem z 12% chromové oceli. Po rychlém ochlazení přídatného materiálu je výsledná struktura tvořena martenzitickou částicí s určitým podílem komplexních oxidů železe a chromu. Vysoká tvrdost a částečná pórovitost povlaku přispívá ke zvýšení životnosti klikového hřídele. Zásoba oleje v pórech zajišťuje dočasnou mazací schopnost funkční plochy i po výpadku tlakového mazání motoru. Stejný přídatný materiál se používá i pro renovace funkčních ploch odlitků navíjecích bubnů při tažení drátu. Povlak chromové oceli dobře snáší velké měrné tlaky na kontaktní ploše bubnů. Opakovanou renovací lze výrazně snížit náklady na provoz.

Zajímavou aplikací nástřiku jsou pístní kroužky spalovacích motorů. Jedná se také o litou součást ze speciální litiny, na kterou je před dokončovacím broušením nanesen povlak molybdenu. Povlak molybdenu je nástřikán do drážky a jeho tloušťka se pohybuje od 0,15 do 0,3 mm. Molybden má velmi dobré kluzné vlastnosti což s jeho tvrdostí výrazně zvyšuje

životnost kroužků. Povlak molybdenu je použit také na třecích plochách synchronních kuželů převodovek. Firma TATRA Kopřivnice používá pro kužely nástřík drátu molybdenu plamenem. Při teplotě tavení Mo 2615°C je to technologicky na horní hranici použitelnosti metody. Pro spirální čerpadla jsou důležité vlastní odlitky vřetena, které pracují za velmi tvrdých podmínek vysoké abraze. Povrch je nástříkán povlakem niklové slitiny, která je následně přetavena plamenem. Jedná se o slitiny niklu s křemíkem, borem a uhlíkem, které dosahují tvrdosti od 20 do 40 HRC. Pro zvýšení tvrdosti se legují komplexem karbidotvorných prvků Cr, W, Mo a V, které tvoří karbidy a boridy při zvýšení tvrdosti do 60 HRC. Karbidy wolframu typu WC nebo  $W_2C$  se do povlaku mohou přidávat do tzv. mechanické směsi a mají výrazně větší rozměry (0,3 až 0,8 mm) než vyloučené při krystalizaci. Výsledný povlak má díky karbidům vysokou otěruvzdornost a Ni slitina zajišťuje výborné třecí vlastnosti.

Superslitiny typu NiCrAlY nebo CoCrAlY mají výbornou odolnost proti korozi za vysokých teplot a používají se pro nástřík lopatek plynových turbín na rotorech.

### **Keramické povlaky**

Oblast využití keramických povlaků na odlitky je velice široká. Jednou z reprezentativních aplikací je nástřík odlitků uzavíracích elementů kulových ventilů. Z hlediska odolnosti proti agresivním chemickým látkám se nejlépe osvědčily keramické povlaky na bázi oxidu chromitého, nebo oxidu hlinitého se stabilizací oxidu titaničitého. Především oxid chromitý vykazuje vynikající odolnost proti chemickým vlivům a velmi dobrou odolnost proti mechanickému namáhání, při nízkém koeficientu tření. Tvrdost povlaku  $Cr_2O_3$  dosahuje až 75 HRC a vynikající kluzné vlastnosti dokázaly v mnoha případech nahradit jiné technologie, především tvrdé chromování, kde se dá dosáhnout ve většině případů pěti až deseti násobku zvýšení životnosti.

Velmi je využívána aplikace keramického povlaku na bázi oxidu chromitého na těsnící plochy energetických a chemických zařízení a pracovních strojů. Keramika s vysokou životností složí jako protikus pod gufera, o-kroužky, těsnící šňury, speciální těsnění a uhlíkové kroužky (vysokotlaká čerpadla).

Rovněž ochrana povrchu dílců čerpadel různými typy povlaků výrazně zvýšila životnost těchto zařízení. Jedná se o plunžry, hřídele, ucpávková pouzdra, oběžná kola a vnitřní povrchy skříní.

Příkladem využití keramického povlaku na tlakově litém odlitku je součást doprředacích stavů pro textilní průmysl. Pracovní plochy otvoru odlitku z hliníkové slitiny jsou chráněné proti opotřebení procházejícím vláknem povlakem z keramiky  $Al_2O_3 + 3\%TiO_2$ . Aplikací povlaku se životnost součásti zvýšila až desetinásobně, což výrazně zredukovalo servisní dobu zařízení.

Zajímavé využití keramického povlaku skýtá aplikace pro tepelné bariéry (TBC) při snížení přestupu tepla v řadě vysokoteplotních aplikací.

Využívá se oxidický typ keramiky na bázi  $ZrO_2$ , protože se jedná o keramiku s velmi nízkým koeficientem tepelné vodivosti (cca  $2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ).

Primární funkce TBC je snížit přestup tepla do součásti, současně se využívá materiálu TBC spolu s mezivrstvou (slitina NiCrAlY nebo CoCrAlY) na ochranu proti korozi za vysokých teplot. Materiály na bázi  $ZrO_2$  se vyznačují kromě nízké tepelné vodivosti, vysokým koeficientem teplotní roztažnosti, odolností proti tepelným šokům a roztaveným kovům i velkou chemickou stabilitou v pracovním prostředí - především agresivních oxidů ve spalinách ( $V_2O_5$ ,  $Na_2SO_4$ ). Předpokladem pro funkci tepelných bariér je dostatečná tloušťka povlaku, která dosahuje až 2,5 mm.

Čistý  $ZrO_2$  se pro žárové nástřiky a tepelné aplikace nepoužívá, poněvadž prodělává fázovou transformaci podle schématu :



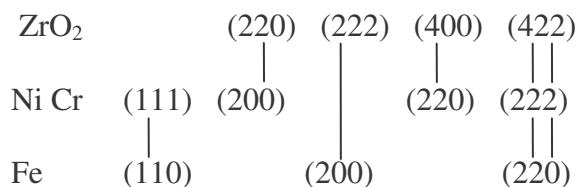
Při těchto transformacích dochází ke změně objemu o 3%, která je příčinou velkých tahových napětí a případných destrukcí povlaků. Těmto transformacím lze zabránit přísadou dopantů  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Y_2O_3$  nebo  $CeO_2$ , které stabilizují kubickou fázi v celém rozsahu teplot. Teplota tavení se tím sníží a pohybuje se v rozmezí 2100 - 2400 °C, což přispívá k snadnějšímu ohřevu a tavení v plazmovém paprsku.

Dle tab. je zřejmé, že  $ZrO_2$  má z běžných keramik nejmenší tepelnou vodivost při vysokém součiniteli teplotní roztažnosti a vysoké lomové houževnatosti.

Charakteristické vlastnosti typických konstrukčních keramik.

Vlastnost	$Si_3N_4$	$SiC$	$Al_2O_3$	$ZrO_2$
Hustota [ $g \cdot cm^{-3}$ ]	3,3	3,2	3,9	6,0
Pevnost v ohybu [MPa]	700-1000	400-700	300-450	700-1200
Tepelná vodivost [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]	20-40	50-170	20	1,7-3,3
Souč.tep.roztažnosti [ $10^{-6} K$ ]	3,2-3,4	4,3-4,8	8,0-9,0	9,0-11,0
Tvrдость [HV]	1400-1700	2400	1500	1300
Modul pružnosti [GPa]	300	400-480	320-370	150-250
Lomová houž. [ $MPa \cdot m^{1/2}$ ]	6,0-7,0	3,0-5,0	2,0-3,0	8,0-15,0

Z technologických vlastností je nejdůležitější přilnavost, která je u  $ZrO_2$  velmi dobrá a lze ji prokázat příbuznými difrakčními liniemi při epitaxiální vazbě krystalů mezi  $ZrO_2$ , NiCr a Fe. V podstatě se jedná o orientovaný růst krystalů jedné látky ve shodných krystalografických rovinách s podložkou tvořenou druhou látkou. Velmi dobrá vazba i lomová houževnatost byla prokázána i při jednoduché zkoušce při šokovém ochlazení vzorku do tekutého dusíku. Při ochlazení vzorku z teploty 20°C nebylo prokázáno žádné poškození povlaku. Teprve při ochlazení povlaku z teploty 750 – 800°C došlo k viditelnému popraskání povlaku a jeho částečné destrukci při ohybu.  
( poznatek autora).



Ukázka epitaxiální vrstvy

Aplikace tepelných bariér můžeme najít na plochách spalovacích motorů – dno pístu, spalovací prostor hlavy válců a povrch výfukových ventilů. Snížením přestupu tepla do pístu a hlavy lze zvýšit teplotu spalování a tím i výkon motoru. Dále TBC zajišťují ochranu u odlitek stacionárních lopatek plynových turbín a leteckých motorů, spalovacích komor leteckých motorů nebo výstupních trysek leteckých motorů bojových letadel.



### **Povlaky tvořené cermety**

Cermety jsou povlaky tvořené neoxidickou keramikou a kovem. Keramiku nejčastěji zastupují karbidy wolframu, chrómu nebo titanu, které zajišťují odolnost proti opotřebení. Vazbu zrn karbidů WC a W<sub>2</sub>C velikosti až 90 μm tvoří kovové matrice čistého kobaltu v množství 8 až 18 %. Karbidy chrómu Cr<sub>3</sub> C<sub>2</sub> jsou spojené slitinou NiCr 80/20, které je v povlaku 7 až 50% a typické aplikace jsou tvářecí zápustky, hydraulické ventily, nástroje a ochranu proti opotřebení hliníkových součástí.

### **Biokeramika**

Vysoce sofistikované jsou povlaky v lékařství. Dominantní využití má biokompatibilní a bioaktivní keramika na bázi hydroxyapatitu Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>. Hydroxyapatit je složením a strukturou velmi blízký bioapatitu, jenž je hlavní anorganickou součástí živé kostní tkáně. Povlaky vytvářejí pevnou vazbu mezi kostní tkání a implantátem bez intermediální vazivové vrstvy. Po implantaci se v pórech povlaku tvoří nová kostní tkáň a na rozhraní se vytváří komplex biokeramiky a živé kostní tkáně. Spojení má výrazně vyšší pevnost než v případě čistého titanového povrchu.

Povlak má určitý poměr mezi skelnou a krystalickou fází daný optimalizovanými parametry plazmového nástřiku. Povlaky se používají na dentální implantáty a funkční části odlitků kloubních náhrad kyčelních a kolenních kloubů. Alternativou k biokeramice je nástřik čistého titanu ve vakuu. Vakuum je nezbytné pro nanášení vysoce reaktivního kovu bez oxidace. Relativně vysoká pórovitost povlaku přispívá k prorůstání kostní tkáně do povlaku a pevnému spojení.

### **Plasty.**

Nástřik plastů je doménou plamenné technologie i když byly pokusy nanášet PTFE – teflon pomocí plazmového paprsku. Práškový přídatný materiál - nejčastěji polyester se nanáší na přehřátý tryskaný povrch. Po dosažení odpovídající tloušťky a pokrytí celého povrchu se provede přetavení plastu a tím se dosáhne slinování částic. Povlaky plastů jsou vysoce korozivzdorné a odolávají i kyselému prostředí. Plastové povrchy se uplatňují především v potravinářském a chemickém průmyslu, při těžbě surovin, v zemědělství a v rozvodech plynu a vody. Jedná se především o tělesa ventilů, čerpadel, motorů, tlakových nádob, zásobníků a podobných aplikací.

## LEPENÍ A TMELENÍ

Charakteristika lepení – výhody – srovnání se svařováním nebo mechanickým spojováním úspora času a hmotnosti P.M., snížení napjatosti v lepeném spoji. Umožnění určité plasticity spoje. Plyno-vodotěsné spojení, spojování dvou různorodých materiálů. Elektroizolační schopnosti, snížení napjatosti u nýtovaných nebo svařovaných spojích. Možnost spojování různých materiálů, není potřeba zdroj tepla.

– nevýhody – pevnost spoje, u kovových materiálů se jedná o pevnost lepidla, kolem 30 MPa až i 50MPa. Šířka spoje a její příprava, teplotní odolnost do 250 °C. Lepený spoj degraduje při teplotě 400°C a víc. Stárnutí spoje (UV záření, vibrace, napětí, teplota).

Princip – mezi molekulami lepidla a povrchem je adhezní vazba a uvnitř lepidla existují vazební síly, které se nazývají koherentní vazba.

Vlastní adheze je vysvětlena několika teoriemi:

1. molekulová teorie – je pravděpodobně největším působením, vzájemné působení mezi atomovou a molekulární vazbou. Jsou to vazby dipól – dipól, Van der Wallsovy síly.

Vodíková vazba ( málo se podílí). Vznik- transport adheziva na povrch. Přiblížení molekul adheziva a povrchu na vzdálenost 5 nm. Dosažení absorpční rovnováhy.

Absorpční rovnováha – nahrazení molekul kyslíku, vody, pevných částic a tuků molekulami lepidla.

2. elektrostatická teorie – obráceně nabitě částice se přitahují.

3. difúzní teorie – jen v určitých kombinacích může probíhat.

4. chemická teorie – opět jen v určitých kombinacích může probíhat.

Nutnou podmínkou pro přiblížení molekul k povrchu je smáčivost povrchu, která je u kovů dobrá a u plastů horší. Je vyjádřena povrchovou energií. Nejmenší má teflon PTFE – 18 mN/m, PE a PVC 30 – 48 mN/m, železo 2000 mN/m, wolfram 2000 mN/m a adherent má 28 – 35 mN/m. Lepení kovů je velmi dobré, u plastů si musíme pomáhat aktivátory.

Příprava povrchů – 1. mechanická úprava – pro zakotvení lepidla je vhodné zdrsňování povrchu (kartáčování, smirkování, tryskání, broušení). Odstranění oxidů, hlavně u ocelí ( $Al_2O_3$  je vhodný). Po této úpravě musí následovat oplach s odmaštěním.

– 2. odmaštění – rozdělení na organická a alkalická rozpouštědla

– 3. chemická příprava – moření, fosfátování, anglická oxidace (vytvoření

$Al_2O_3$  na povrchu), použití aktivátorů. Moření – moří se plasty a sklo.

Kontrola odmaštění – aby lepení bylo dobré kontaktní úhel kapky vody do 15°

### Systémy vytvrzení

**Anaerobní vytvrzení** – spočívá ve vytěsnění molekul kyslíku z lepidla a aktivace lepidla povrchovými ionty kovů. Skladuje se v prodyšných lahvích. Ionty podporují tvorbu molekulárních řetězců.

- aktivní povrch tvoří: ocel, mosaz, Cu, bronz

- pasivní povrch tvoří : nerez. CrNi ocel, Zn, Ag, Sn, plasty, keramika ( nutno použít aktivátory)

Vlastnosti lepidla – vysokou pevnost na smyk, odolnost proti teplotám -55 - +230°C, vysoká rychlost vytvrzování, snadné dávkování, výborné těsnění a odolnost proti médiím, doba skladování min. 1 rok při 20°C, snáší trvalé dynamické zatížení.

**Vytvrzení UV zářením** — založen na hloubkovém vytvrzení  $\lambda = 300 - 400\text{nm}$  do hloubky až 6mm, kde  $\lambda$  je vlnová délka potřebná k vytvrzení, povrchové vytvrzování  $\lambda < 300\text{nm}$ .

Výhody – vysoká pevnost, překlenutí velkých mezer (spár)

**Vytvrzující vzdušnou vlhkostí** – kyanoakryláty (sekundová lepidla) kyselí povrchy reakci zpomalí a zásadité povrchy reakci urychlí. Čas několik vteřin.

Vlastnosti kyanoakrylátů – lepí téměř všechny materiály, vysoká pevnost, vysoká odolnost, vytvrzení, minimální spotřeba, optimální tloušťka spáry 0,1 mm, snadné dávkování.

**Vytvrzování aktivátory** – jsou to modifikovaná akrylátová lepidla

Charakteristika – velmi vysoká pevnost a rázová odolnost, lepí téměř všechny materiály, Lepidlo bez mísení s aktivátorem – na jednu polovinu spoje se nanese lepidlo, na druhou aktivátor a spoj se vytvoří vzájemným kontaktem.

**Vytvrzování okolní vlhkostí** – (silikonová lepidla) – molekula vody se zabudovává do řetězců molekul lepidla. Doba závisí na ploše a průniku vlhkosti.

Vlastnosti – vynikající tepelná odolnost, vynikající vyplnění spáry.

**Vytvrzování teplem** – lepidla založená na pryskyřici, teplotní vytvrzení nad 100°C.

**Vytvrzování pomocí tvrdidel** – lepidla na bázi epoxidových pryskyřic, tvrdidlo např. P11-anhydrid kyseliny ftalové vyžaduje řádní promísení s pryskyřicí, časy vytvrzení 5 – 30 min (úplné po 24 h)








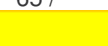



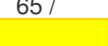
#### Epoxidová lepidla

Položka	Vlastnosti / použití
Epoxidové lepidlo FLEX 11 A	univerzální lepidlo pro kovové díly, ABS lamináty a dřevo. Vysoká viskozita, doba zpracování přibližně 50 min. Pružné spoje dokonce i při nízkých teplotách.
Epoxidové lepidlo FLEX 11 B	používá se pro vytvrzování epoxidového lepidla pro kovové díly FLEX 11 složka A, poměr míchání 100 : 10.
Epoxidové lepidlo FIX BOND 57 A	strukturální lepidlo s extrémní pevností v odlupu a výbornou houževnatostí spoje. Pevný stabilní spoj od 60°C do 100°C.
Epoxidové lepidlo FIX BOND 57 B	používá se pro vytvrzování epoxidového lepidla FIX BOND 57 A, poměr míchání 100 : 140.
5ti minutové epoxidové lepidlo A	standardní pětiminutový epoxid, vytvrzení za 5 minut.
5ti minutové epoxidové lepidlo B	používá se pro vytvrzování 5ti minutového epoxidového lepidla - složky A.






























#### Průmyslová konstrukční lepidla - Araldit® Industrial Range

- Rychle vytvrzující systémy s dobou zpracovatelnosti při 23°C menší než 20 min

## Rychle vytvrzující systémy s dobou zpracovatelnosti při 23°C menší než 20 min

Systém	Základní vlastnosti a použití	Sm.poměr hmot.díly /barva	Viskozita (Pas) / tl. spáry (mm)	Doba zpracovat. 100 g při 23°C	Doba vytvrzení při 23°C	Střihová pevnost při 23°C (N/mm2)	Tg/ provozní teplota °C / °C
AW 2104 + HW 2934	Rychle vytvrzující víceúčelové lepidlo. Další označení: <b>Araldit 2012</b>	100:100 	30 0 – 0.5	4 min	48 hod.	19	40 / 80
XD 4463 + XD 4369	Rychle vytvrzující víceúčelové lepidlo-tekuté.	100:76 	65 0 – 0.5	20 min	48 hod.	26	45 / 60
XD 4443 + XD 4444	Tekuté lepidlo s velkou pevností při odloupení. Další označení: <b>Araldit 2010</b>	100:100 	80 0 – 2	8 min	48 hod.	23	40 / 80
AW 2101 + HW 2951	Tixotropní epoxidové dvoukomponentní lepidlo	100:100 	tixotropní 0 - 4	6 min	48 hod.	20	45 / 80
XD 4662A+ XD 4662B	Tixotropní metakrylátové dvoukomponentní lepidlo. Další označení: <b>Araldit 2022</b>	100:94 	60 0 – 4	10 min	12 hod.	23	45 / 100
XD 4664A+ XD 4664B	Tixotropní metakrylátové dvoukomponentní lepidlo	100:12.5 	150 0 – 4	5 min	12 hod.	12	20 / 80
XD 4661A+ XD 4661B	Tixotropní metakrylátové dvoukomponentní lepidlo. Další označení: <b>Araldit 2021</b>	100:90 	45 0 – 4	3 min	12 hod.	22	65 / 110 
XD 4490 + XD 4491	Vysoce tixotropní epoxidové dvoukomponentní lepidlo	100:104 	tixotropní 0 - 10	9 min	48 hod.	13	55 / 80
XD 4497+ XB 5304	Vysoce tixotropní epoxidové dvoukomponentní lepidlo	100:40 	tixotropní 0 - 15	8 min	24 hod.	20	55 / 80
AV 1580+ HV 1580	Pastovité epoxidové dvoukomponentní lepidlo	100:100 	pastovité 1 - 20	15 min	48 hod.	-	65 / 90 

Teplotní odolnost  >60°C  >80°C  >110°C

Systém	Kovy	Kompozity SMC GRE,GRP	Termoplasty PPS,PEI	Kov/kompozit	Polyamid ABS, PVC, PC	Kov/houževnatý plast	Kov/laminát	Kerami ka, sklo
AW 2104+ HW 2934								
XD 4463 + XD 4369								
XD 4443 + XD 4444								
AW 2101+ HW 2951								
XD 4662 A + B								
XD 4664 A + B								
XD 4661 A + B								
XD 4490 + XD 4491								
XD 4497 + XB 5304								
AV 1580 + HV 1580								

Přehled použití  - vhodné

## Araldit® 2000

- [Použití](#)
- [Základní vlastnosti](#)



### Použití

<b>Základní vlastnosti a použití</b>		Ocel, hliník	Měď	Zinek	GRP SMC GRE	ABS PVC	Akryl poly-carb.	Poly-amid	Pryž	Sklo, křemík	Keramik	Wood
2010	Rychletvrdnoucí, houževnatý epoxidový systém vhodný pro lepení kovů	●	●	○	○				○	○	●	○
2011	Víceúčelový epoxidový systém s dlouhou dobou zpracovatelnosti	●	●	●	○		○	●	○	○	●	●
2012	Víceúčelový epoxidový systém rychle vytvrzující	●	●	●					○	○	○	●
2013	Metalicky zbarvená epoxidová pasta vhodná pro vertikální aplikace	●	●	●	○			○	○			○
2014	Šedá epoxidová pasta s vysokou chemickou a teplotní odolností	●	●	○	○						○	○
2015	Houževnatá epoxidová pasta ideální pro lepení GRP a SMC	●	●	○	●				○		○	
2017	Flexibilní epoxidový systém rychle vytvrzující	○	○	○	○	●			○			○
2018	Flexibilní polyuretanový systém vhodný pro lepení termoplastů	○			●	●	●	●	●			
2020	Transparentní epoxidový systém vhodný pro lepení skla a keramiky	●	○		○					●	●	
2021	Víceúčelový houževnatý metakrylát rychle vytvrzující	●	○		○	●	●	●	○	○	○	
2022	Rychletvrdnoucí chemicky odolný metakrylát vhodný pro lepení termoplastů	○	○		●	●	●	○	○	○	○	
2024	Rychletvrdnoucí houževnatý metakrylát vhodný pro lepení termoplastů a kompozitů	○	○		●	●	○	○	○			
2026	Transparentní houževnatý polyuretanový systém vhodný pro lepení skla a keramiky	○	○		○	●	●	○	○	●		
2027	Polyuretanová pasta ideální pro SMC a GRP	○			●		○	○	○			

Lepicí schopnost ● - vynikající ○ - dobrá



## Základní vlastnosti

	Doba zpracov. ve špiči při 23°C	Doba zpracov. 100 g při 23°C	Pevnost ve stříhu 1 N/mm <sup>2</sup> při 23°C	50%pevnost ve stříhu při 23°C	50%pevnost ve stříhu při 60°C	Pevnost ve stříhu na Al při 23°C (N/mm <sup>2</sup> )	Adhezní pevnost na Al při 23°C (N/mm)	Tg / teplota při pevnosti 5N/mm <sup>2</sup> (°C/°C)	Chemiká odolnost	Teplotní odolnost	Odolnost proti vlhkosti	Odolnost proti nárazu
2010	10 min.		po 30 min.	po 3 hod.	po 25 min.	23	8	40 / 80				
2011	1 3/4hod.	1 1/2hod.	po 7 hod.	po 10 hod.	po 45 min.	19	5	45 / 80				
2012	4 min.	5 min.	po 20 min.	po 1 1/4hod.	po 25 min.	19	5.5	40 / 80				
2013	1 1/4hod	1 hod	po 4 hod.	po 10 hod.	po 40 min.	18	4	45 / 70				
2014	40 min	40 min	po 3 1/2hod.	po 5 hod.	po 25 min.	18	3	85 / 140				
2015	40 min	40 min	po 4 hod.	po 10 hod.	po 40 min.	17	5	65 / 100				
2017	5 min.		po 18 min.	po 4 hod.	po 30 min.	14	10	houžev.				
2018	40 min		po 4 hod.	po 16 hod.	po 30 min.	7	4	houžev / 40				
2020		45 min	po 16 hod.	po 24 hod.	po 2 1/4hod.	17	<1	40 / 80				
2021	3 min		po 10 min.	po 20 min.		22	11	65 / 110				
2022	10 min		po 18 min.	po 30 min.		25	4	45 / 100				
2024	3 min		po 10 min.	po 15 min.		16	5	40 / 100				
2026	5 min		po 1 hod.	po 4 hod.	po 30 min.	21	5	houžev.				
2027	8 min		po 1 hod.	po 10 hod.	po 40 min.	14	8	25 / 60				

**Odolnost** - vynikající -dobrá -dostačující

# LOCTITE®

CZ

## Nové tyčinky Loctite®

Kapesní balení je řešením pro každý terén



Prokázáno při obtížné světové rallye, kterou byla: Rally Dakar 2005

### Druhy zatížení a konstrukce lepených spojů:

- tahové napětí se používá nejčastěji
- smykové napětí – vysoká pevnost spoje, pokud se u smykového napětí sníží plocha spoje tak vzroste špička síly, pevnost spoje klesá.
- loupání – není moc vhodné pro lepené spoje
- tlakové zatížení lepeného spoje

Konstrukční spoje – tupý – nevýhodou je malá šířka překrytí a záporné napětí, tak se používá jedno nebo dvojstranné překrytí.

- roubování – je konstrukčně nejsložitější, ale nejvýhodnější. Protože průběh napětí je téměř rovné nebo mírně zvlněné (úhel roubu je  $30^{\circ}$  – optimální)

### Chyby při lepení

- nízká pevnost – (nepravý spoj) – nedostatečná příprava, odmaštění, oxidická vrstva. Kontaktní vrstva není mezi Z.M. a lepidlem ale mezi tuky, oxidy atd..
- nesprávný výběr materiálu – špatná snášivost, negativní reakce mezi lepidlem a Z.M.
- bubliny v lepicí vrstvě – nesprávné nanášení, nerovnost povrchu, plynné reakce lepidla a Z.M.
- nevhodná tloušťka lepidla – optimální spára 0,1mm
- nízká životnost – hlavní příčinou jsou degradační pochody způsobené UV zářením a u dvousložkového lepidla korozní napadení spoje (korozí způsobuje zbytky lepidla), vliv agresivních látek, chyby vzhledu, funkční nedostatky, ... .

## TMELENÍ

V technické praxi se opravy strojních součástí a odlitků často provádějí svařováním a navařováním. Tyto tepelné technologie nelze vždy použít z důvodu vysokých nákladů, nutnosti demontáže poškozené součásti, nedostatku času nebo nevyhnutelného tepelného ovlivnění základního materiálu v okolí opravovaného místa.

Doplňkovou technologií pro opravy kovových i jiných materiálů je lepení a tmelení. Vzhled některých typů tmelů plněných kovem má lesklý charakter a proto se literatuře nebo prospektových materiálech můžete setkat s názvy „tekuté kovy“, „molekulární kovy“, „plastiková ocel“ atd.

Pojmy lepení a tmelení nelze od sebe oddělit, poněvadž základ obou produktů je téměř totožný – epoxidové pryskyřice se používají na lepení i jako lepivý základ tmelů.

### **Epoxidové pryskyřice**

Spolehlivé použití kvalitních lepidel a tmelů se datuje do 50 let v souvislosti s vývojem epoxidových a polyuretanových polymerů. První obchodní typ pod názvem Alardit I uvedla na trh firma CIBA v roce 1946. Vývoj nových druhů adheziv pokračoval produkty na bázi I. a II. generace akrylátů, polyakrylátů a akrylesterů přičemž pokračuje rostoucím tempem. Mezi nejrozšířenější lepivé základy tmelů patří epoxidové pryskyřice s velmi rozdílným počtem molekul v polymerním řetězci, rozdílnou molekulovou hmotností 350 – 10 000 a tím i rozdílnými vlastnostmi. Základní druhy epoxidů a současně nejrozšířenější jsou založené na bázi glycidylethery 2,2 – bis propanu (dianu, bisfenoluA), rozšířené jsou také alifatické, cykloalifatické epoxidy a pro vysoký stupeň plnění vhodné hydantoinové epoxidy s dobrou tekutostí. Různá doba vytvrzování a mechanické vlastnosti závisí také na použitém tvrdidle a dalších přísadách. Vytvrzování epoxidových pryskyřic je proces chemických reakcí, které převádějí nízkomolekulární, tavitelné a rozpustné monomery a oligomery na netavitelné a nerozpustné polymery Tvrdidla používaná pro epoxydy jsou nejčastěji založena na bázi amínů ( alifatické, aromatické diaminy, polyetylén – polyamíny, amidoaminy , přičemž amínové

tvrdidlo na bázi fluoridu boritého vytvrzuje nejrychleji). Rozšířené jsou také anhydridy dikarboxylových kyselin, polysulfidy a dikyandiamidy působící při vysokých teplotách. Vlastnosti epoxidových pryskyřic používaných pro lepidlo musí splňovat vysoké technické požadavky. Epoxidy mají výbornou adhezi ke kovovým i nekovovým materiálům která je zajištěna především epoxidovými a hydroxylovými skupinami pryskyřičných základů i nitridovou skupinou vnesenou tvrdidlem např. dikyandiamidem. Epoxidové skupiny mají vliv na adhezi jen v první fázi kontaktu tmelu s povrchem tj. při smáčení povrchu, ale díky dipólovému momentu působí mnohem účinněji než hydroxylové. V dalším pochodu však epoxidové skupiny mizí reakcí s tvrdidly, s nimiž vytváří makromolekuly.

Kohezní pevnost pryskyřic je důsledkem přitažlivých sil mezi makromolekulami a dodává tmelu dobré mechanické vlastnosti. Obecně tmely, ale i samotné pryskyřice se vyznačují nepatrnými objemovými změnami při vytvrzování a odolností proti stárnutí. Pevnost samotných epoxidových pryskyřic se dle dlouhodobých zkoušek snižuje jen nepatrně.

### **Plnivo**

Plniva v tmelech mají různé složení a vlastnosti.

Plnivo – kovy – C-Mn ocel, vysokolegovaná CrNi ocel, litina, Cu, Cu+Zn, Cu+Sn, Al

– keramika – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, SiC, TiC, WC

– sklo – prášek nebo kuličky

– diamantový prach – průmyslově vyrobené diamanty

Kovem plněné tmely jsou určeny především pro opravy kovových odlitků, kavitovaných ploch lopatek turbín, ložiskových uložení na hřídelích a v převodových nebo motorových skříních. Po vytvrzení lze obrábět, vrtat nebo řezat závity. Tmely určené proti opotřebení jsou plněné oxidickou keramikou nebo karbidy a lze je jen obtížně obrábět (většinou jen broušením). Jejich funkcí je vytvořit hladký a tvrdý povrch odolávající eroznímu a abrazivnímu opotřebení.

### ***Výroba práškového plniva je možná několika způsoby:***

#### ***Atomizace***

Tato metoda se používá pro výrobu kovových a slitinových prášků. Proces atomizace je založen na roztavení kovu nebo slitiny (většinou indukční ohřev) a odlití taveniny do předeřhátého nalévacího hrdla, kde je tangenciálně přiveden atomizační plyn.

Tavenina je plynem (vzduch, pára, dusík, argon, helium) pod vysokým tlakem rozstříknuta a tuhne ve tvaru jednotlivých kapek při letu v komoře. Komora je vyplněna inertním plynem pro ochranu proti oxidaci.

Proces atomizace plynem poskytuje téměř ideálně kulovité částice.

Prášky připravené pomocí atomizace mají velmi nízkou vnitřní pórovitost a díky kulovitému tvaru mají i výbornou tekutost tmelů. Výhodou této metody je její rychlost, protože obvykle se rychlost procesu pohybuje mezi 20-60 kg.min<sup>-1</sup>.

#### ***Lití nebo sintrování***

Tato metoda může se používat především pro výrobu oxidů nebo karbidů. Taveninu odpovídajícího složení odlejeme do bloku nebo sintrováním jemných částic získáme blok materiálu, který je následně rozdrčen na jednotlivé částice požadované zrnitosti. Takto připravené prášky mají nepravidelné ostrohranné částice.

Pro viskozitu tmelu má kromě vlastního epoxidu vliv i tvar částic plniva. Ostrohranné částice (např. keramika) snižují viskozitu tmelu a také zvyšují mikronapětí po vytvrzení, což může

vést ke vzniku trhlin. Naopak sférické částice (především kovy) zlepšují tekutost tmelu, zabíhavost do spát a nezpůsobují mikronapětí.

Plnění pryskyřic prodlužuje dobu zpracovatelnosti tmelu, snižuje smrštivost a růst reakční teploty směsi. Mění se koeficient teplotní roztažnosti, sklon k praskání i chemická odolnost. Plnivo nesmí obsahovat volné alkalické kovy ani jiné látky které ovlivňují vytvrzovací reakce. Důležitou vlastností je schopnost adsorbovat epoxidovou pryskyřici, přičemž plniva s malou adsorpční schopností potřebují menší množství pojiva. Kovy, které mají většinou sférický tvar zrna a malou adsorpční schopnost mohou dosáhnout stupně plnění až 95%. Naopak keramika s mikropóry a ostrohrannými částicemi dosahuje stupně plnění jen 65%.

Velikost plnicích prášků se pohybuje od 1 do 5  $\mu\text{m}$ , někdy do 30 mikrometrů. U některých typů suchých kovových plniv, které se mísí s pryskyřicí je povrch aktivován tvrdidlem (například u firmy fy. DIAMANT Plastic). Tužidlo je nanášeno v tekutém stavu a průchodem prášku v proudu teplého vzduchu je vysušeno. Bez uvedené aktivace práškového plniva pryskyřice nevytvdne.

V obecném měřítku se renovační tmely používají na opravy:

- prasklých nádrží, bloků motorů, převodovek, čerpadel, kompresorů, ventilů i potrubí
- nových i opotřebovaných odlitků ( slévárenské výrobní vady, trhliny, povrchové poškození )
- poškozených ložiskových pánví, kluzných ložisek, drážek pro klíny a pera
- rotorů ventilátorů a čerpadel
- kavitovaných míst na turbínách a čerpadlech.

**Vlastnosti moderních tmelů:**

- tolerantní poměr míchání obou složek - odpadá přesné měření nebo vážení
- tixotropní vlastnosti – vytvoření velké tloušťky tmelu i na svislé stěně
- dostatečná přilnavost na vlhkých nebo mastných plochách – rychloopravy za nepříznivých podmínek
- vysoká objemová stálost – minimální smrštivost (v hodnotách 0,02- 0,005 %)umožňuje vytvoření požadovaného tvaru bez dalšího opracování
- obě složky jsou barevně odlišné – vizuální kontrola průběhu míchání
- dostatečná elasticita pro materiály s různým koeficientem teplotní roztažnosti
- vysoká teplotní odolnost – standardní tmely do 120 - 150°C, speciální dlouhodobě při teplotě 250° C, některé tmely mohou odolat i teplotám kolem 800°C
- nejedovatost ve vytvrzeném stavu ( některé produkty i v základním stavu )
- v řadě případů možnost použití i pro potravinářský průmysl
- dlouhodobá skladovatelnost
- antikorozi a antimagnetické



- stupeň plnění je značně vysoký – u kovů většinou 80% (někdy až 96%) plniva + 20% pojiva, u keramiky je poměr přibližně 65/35.

## **Příprava povrchu a princip spojení**

V oblasti lepení a tmelení je příprava povrchu nutná a důležitá část technologického postupu. Povrch kovu vystavený okolnímu prostředí je pokrytý adsorbovanou vrstvou kyslíku, molekulami vody ze vzdušné vlhkosti, tuky, tuhými částicemi a případně tuhou vrstvou s nízkou adhezí (např. vrstva oxidů). Toto prostředí na povrchu tvoří tzv. slabou vrstvu, kterou musíme pro vznik pevné vazby nutně odstranit. Pevná vazba vznikne pouze v případě kdy molekuly tmelu nahradí adsorbované částice na povrchu součásti. Tmel nutně musí být po určitou dobu kontaktu v kapalně nebo pastovité formě.

Důležitá podmínka vzniku spoje je hodnota volné povrchové energie adheziva i vlastního materiálu. Pro pevnou vazbu je výhodná vysoká hodnota povrchové energie, jež u slitin železa dosahuje až  $2030 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$  a u wolframu  $6800 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Obecně nízká povrchová energie plastických hmot mezi  $18 - 46 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$  je hlavní příčinou slabé vazby s lepidly, poněvadž uvedené hodnoty jsou téměř totožné s povrchovou energií běžných adheziv a proto při lepení plastů je nutno použít aktivátorů.

### **Pro čištění povrchu se nejčastěji používají tyto postupy :**

- a) odmašťování - organickými rozpouštědly - toulén, aceton, metylchloroform, benzín, benzen
  - alkalickými rozpouštědly – hydroxid sodný, soda, fosforečnany, křemičitany, doplněné povrchově aktivními látkami (tenzidy)
- b) moření v kyselinách – sírové a chlorovodíkové
- c) mechanické způsoby – kartáčování, broušení, tryskání, obrábění atd.

Cílem těchto operací je získat povrch s minimálním úhlem smáčení, kdy je možnost vzniku van der Waalsových sil mezi molekulami adheziva a povrchovými atomy.

Tryskáním se vnaší do povrchu značná hodnota mechanické energie, která aktivuje povrchové atomy schopné vytvořit pevné vazby. Na uhlíkové oceli byla změřena hodnota tlakového napětí až 80 MPa při tryskání korundem při tlaku vzduchu 0,4 – 0,5 MPa. Dále se zvýší se drsnost povrchu s tvorbou ploch vhodnou pro mechanické zakotvení, zvětší se povrch a odstraní se oxidy. Nejvýhodnější je použití umělého korundu poněvadž má ostrohranná zrna, při drcení zachovává ostrohranný charakter a je chemicky neutrální.

Tryskání však nelze použít na všechny aplikace.

V případě oprav odlitků je situace složitější, poněvadž povrch je tvořen oxidy kovů, připečenou formovací směsí, případně dělicími látkami, grafitem nebo zbytky tuků při tlakovém lití. Slévárenské vady typu zadobenin, zálupů, pórů, staženin nebo zalité strusky musíme před opravou dobře vyčistit, mechanicky, tlakovou kapalinou nebo vzduchem.

Vhodné je také vadu odvrátat nebo vybrousit.

V případě že opravujeme prasklý odlitek je důležité odvrátat konce trhliny, aby se při zatížení zabránilo dalšímu šíření. Delší trhliny rozměrných odlitků je vhodné spojit každých 80 – 100 mm stahovacím překlenutím.

Pro zvýšení pevnosti zvláště rozměrných nebo tvarově složitých oprav je možné použít kovové mřížky nebo skelných vláken.

### **Přehled v ČR nabízených tmelících systémů**

V České republice je řada firem nabízející tmelící hmoty pro opravu odlitků i jiné aplikace, především úpravu povrchu součástí proti opotřebení.

Přehled výrobců a dodavatelů tmelících systémů není jistě vyčerpávající, ale prezentuje velmi dobrou nabídku pro aplikace při opravách kovových součástí, především odlitků.

V oblasti tmelení renomovaná firma DIAMANT GmbH, Mönchenglandbach vyrábí opravárenské tmely označené jako DIAMANT Metallplastic typů Plastic A, Plastic A/A, Superior a Multimetal s kovovým práškovým plnivem, které je aktivováno tvrdidlem.

Jednotlivé typy jsou dle plniva vhodné pro litinu, ocel, hliník, měď a mosaz. Plnivo se míchá s pryskyřicí přibližně v poměru 2 : 1, závisí však na požadované tvrdosti a rychlosti vytvrzování. Vytvrzovací doby závisí také na typu tmelu a pohybují se od 15 min. do 4 hod. Tepelná odolnost těchto tmelů je vysoká a dosahuje až 350 °C, pevnost v tlaku je 180 MPa, a v tahu cca 80 MPa. Speciálně pro slévárenské účely firma vyrábí minerální plastické tmely SPACHTEL plastik pro odlitky a MODEL plastik pro opravy modelů a forem.

Tmely vytvrzují za 20 min a dosahují pevnosti v tlaku cca 130 MPa.

Tato firma nabízí také impregnační systém po názvem DIGHTOL. Tento systém má vynikající kapilární vztlakovost a utěsňuje vlasové trhliny a mikropóry šířky 0,1 mm bez nutnosti použití vakua nebo zvýšeného tlaku. Vytvrzení probíhá při pokojové teplotě rychlostí zhruba 1 hod - 1mm tloušťky stěny. DIGHTOL se aplikuje máčením po dobu 30 min nebo několika násobným postřikem v krátkých časových intervalech (povrch odlitu zasychá po 1 minutě). Po vytvrzení odolává systém tlaku až 350 barů a teplotě 130 °C, krátkodobě až 400 °C. Vyrábí se v několika modifikacích: DIGHTOL pro póry 0,1 mm, DIGHTOL MAKRO pro póry 0,1 – 0,5 mm, DIGHTOL WF pro trvalé teploty 200 °C, DIGHTOL HRT do teplot 500 °C.

Dobře známá firma BELZONA Inc. Miami, USA vyrábí celou řadu „molekulárních tmelů“ pro renovace. Pro opravu odlitků, prasklin, hřídelů aj. je vhodný typ 1111 SUPER METAL BELZONA který je univerzální a vytvrzuje asi po 20 minutách. Typ 1121 XL se vyznačuje prodlouženou dobou tuhnutí (60 min.) pro regeneraci a opravy rozsáhlého povrchu. Naopak velmi rychle tuhne tmel vhodný pro havarijní opravy má označení 1211 E, který má dobu tuhnutí do 4 min při 15 °C. Molekulární tmel plněný keramikou má označení 1321 CERAMIC S, nebo 1811 CERAMIC CARBID. Tyto tmely mají vysokou odolnost proti otěru, kavitaci a korozi. Tmely plněné keramikou mají dobu tuhnutí 60 min.

Významným Irským výrobcem tmelů a lepidel je firma LOCTITE v ČR zastoupená firmou HENKEL ČR s.r.o. Praha. Několik příkladů z produkce:

Loctite 3475 je dvousložkový epoxidový tmel s hliníkovým plnidlem pro opravy a renovaci opotřebovaných kovových součástí. Ideální pro opravu odlitků a rovněž trhlin ve skříních a součástech strojů. Tmel má objemový poměr míchání - 1 : 1, hmotnostní poměr míchání - 100 : 100, doba použitelnosti namíchané směsi - 45 minut, manipulační pevnost za 180 minut, tmel má šedou barvu, kapalnou konzistenci a pevnost ve smyku (GBMS) : 20 N/mm.

Loctite 3472 je dvousložkový epoxidový tekutý tmel s ocelovým plnidlem pro opravy a renovaci opotřebovaných kovových součástí. Je vhodný pro opravu trhlin, trubek a odlitků. Rovněž pro výrobu forem, modelů, nářadí a přípravků. Po vytvrzení lze obrábět, vrtat nebo řezat závity. Má stejné charakteristiky jako produkt 3475 jen pevnost ve smyku je vyšší - 25 N/mm.

Dlouhodobě zavedená firma UNIREP GmbH, Hamburk vyrábí tekuté i pastovité tmely

s poměrem míchání 1 : 1 až 3 : 1 a dobou vytvrzování 10 min až několik hodin. Tepelná odolnost se pohybuje od 150 do 200° C. Pro renovace kovových součástí je vhodný UNIREP 1 E metall rapid, UNIREP 2 a UNIREP3 super metall. Firma vyrábí i tmely na bázi keramiky označené CERAMIC S,R a CERAMIC – CARBIDE.

U nás vcelku neznámá firma ITW DEVKON GmbH , Würzburg nabízí renovační tmely pod označením DEVCON A,B,SF,BR, F, Titanium P a Super Keramik L v závislosti na plnivu a době tuhnutí, která se pohybuje mezi 25 – 60 minutami, pouze typ DEVCON SF vytvrzuje do 5 min.

Firma WEICON GmbH nabízí řadu tmelů plněných ocelí nebo hliníkem WEICON A, B, C, F, F2, SF, WR. Dále keramikou plněné tmely typu WR2 a Keramik BL který má vysokou odolnost proti opotřebení a koroznímu prostředí díky náplni oxidu hlinitého a zirkonsilikátu. Pro zvýšení plasticity a přilnavosti tmelené plochy lze použít tužidlo FLEX.

Chrudimská firma METOS v.s.o. dodává speciálně pro opravy odlitky sadu tmelů DURMETAL, DURbase, DURbase-R DURKO B. Tmely jsou určeny pro běžné opravy bez větších nároků na zvýšené mechanické vlastnosti, tvrdost a tepelnou odolnost. Výhodná je hluboká penetrace a dlouhá doba zpracovatelnosti 20 – 180 minut. Pro opravy ocelových a litinových odlitků se zvýšenými požadavky je určena řada DURCORIT C-120, DURCORIT F-220 s rychlým vytvrzením do 10 min a lesklým povrchem, DURCORIT H-3000 a DURCO-F. Pro odlitky, které jsou vystaveny velmi vysokým teplotám (nad 800°C) je určen tmel DURCOTEMP a do teplot 800°C tmel DURCORIT T8000.

Z dalších firem, které nabízejí podobný sortiment molekulárních tmelů lze jmenovat, INTERWELD GmbH a Ústav polymerů SAV Bratislava , jenž nabízí tmel TERMOPOL s výbornými tixotropními vlastnostmi a odolností do 250° C