

# Povrcháři

5. číslo

Září 2023

**VĚDĚT JAK - TECHNOLOGICKÉ ODPOVĚDI  
NA OTÁZKY STROJÍRENSKÉ PRAXE**

**ZPEVŇOVÁNÍ POVRCHU - SHOT PEENING**

**POVRCHOVÉ ÚPRAVY HLINÍKU - TECHNOLOGICKÉ NOVINKY,  
MODERNÍ TRENDY A NOVÉ APLIKACE**

**DOSAŽENÍ VÝZNAMNÝCH ROČNÍCH ÚSPOR NÁKLADŮ  
A ZLEPŠENÍ UDRŽITELNOSTI**

**SYSTEM IDENTIFIKACE DÍLCŮ V PRÁŠKOVÉM LAKOVÁNÍ**

**LEPENÉ SPOJE A ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI POVRHŮ**

**STUDIUM KOROZNÍ INŽENÝR NA ČVUT V PRAZE  
BUDE OPĚT ZAHÁJENO. 13. ÚNORA 2024**

**SÍTĚ**

## Slovo úvodem

### **Vážení přátelé, povrcháři a strojaři.**

Vítejte společně optimisticky v krásných dnech podzimu, na nových stránkách Povrcháře, s řadou technických informací, ale i pozvání na společná odborná povrchářská a strojařská setkání, které nám toto roční období pravidelně přináší.

Letošní 64.MSV na brněnském výstavišti přinese jistě i další potvrzení o konkurenceschopnosti a síle našeho strojírenství, to i v této době, jejíž průběh s odkazem na slova klasika "zdá se býti poněkud nešťastný".

Nezapomeňte přijet podpořit všechny ty statečné, kteří nelitovali času ani prostředků pro udržení rozvoje nejen svých společností, ale především technologické vyspělosti v našich zemích! Země, která si vlastní silou postavila a úspěšně provozuje Jaderky i Strojírenství, a vaří navíc tak dobré Pivo, má svoji úspěšnou budoucnost bezesporu před sebou. Zdravé názory na věc, pravda, ani myšlenky se totiž nedají zprivatizovat ani ukrást.

A k rychlému načerpání nových myšlenek, aktuálně z několika strojírenských technologií (z lepení, měření drsnosti a čistoty povrchů, odstranění vnitřního pnutí kuličkováním, ale i o možnostech akumulace energií) Vám může přispět doprovodná odborná akce veletrhu „Vědět JAK?“, která se uskuteční ve čtvrtek 12. října na brněnském výstavišti.

Vlajkovou lodí povrchářů a strojařů, mířící k jejich pravidelnému podzimnímu tradičnímu setkávání je odborný seminář „Progresivní a netradiční technologie povrchových úprav“ nazývaný též podle tradice „Myslivna“ se uskuteční ve dnech 29. a 30. listopadu v OREA congress hotelu v Brně, dříve Voroněž.

Bližší podrobnosti k těmto akcím, které společně s Vámi připravujeme, a na které Vás tímto zveme, najdete na stránkách dnešního Povrcháře, který bude i letos tradičně ve dnech 10. až 13. října na MSV v Brně v povrchářském pavilonu E na stánku E21.

### **Na setkání s Vámi se těší a hromadu úspěchů přeji**



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



Ing. Jan Kudláček, Ph.D.



*Progresivní a netradiční technologie povrchových úprav – Myslivna 2022*

## Odborný seminář při MSV v Brně 2023 **VĚDĚT JAK** Technologické odpovědi na otázky strojírenské praxe

# VĚDĚT JAK

## Technologické odpovědi na otázky strojírenské praxe

Záměrem semináře je seznámit technickou veřejnost s progresivními a netradičními technologiemi používanými ve vyspělém strojírenství.

Tento odborný seminář se uskuteční **12. 10. 2023 od 10 do 14 hodin** na brněnském výstavišti **v přednáškovém sále 103 ve výškové budově BVV** (administrativní budova, vstup vlevo před bránou 1).

- Z programu:
- Aby lepené spoje byly bezpečné
  - Aby voda čistila vysokým tlakem
  - Aby ocel nepraskala (mechanické zpevnění povrchu))
  - Aby topení topilo levně
  - Abychom správně měřili

**Abychom vždy věděli JAK** (šetřit, chránit, kontrolovat.....)

Akce je připravena Centrem pro povrchové úpravy – CPÚ, Správou brněnských veletrhů a výstav – BVV a Fakultou strojní ČVUT v Praze – Ústavem strojírenské technologie.

Akci hradí BVV a organizátoři akce, přesto z důvodu kapacity sálu si Vás dovoluujeme požádat o vyplnění elektronické přihlášky na [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz).

**Součástí akce je jednorázová vstupenka do areálu výstaviště.**

**Za organizátory:**

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.  
ODBORNÝ GARANT  
[Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz](mailto:Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz)  
+420 602 341 597

Ing. Jiří Kuchař, IWE  
ORGANIZAČNÍ GARANT  
[Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz](mailto:Jiri.Kuchar@fs.cvut.cz)  
+420 720 108 375

**Mediální podpora:**



*Technický týdeník*

## Zpevňování povrchu – SHOT PEENING

Ing. Petr Herka – Herka Consulting Engineering

Mnoho vyráběných dílů potřebuje po obrábění projít úpravou, kdy je nutné odstranit povrchová napětí vzniklá při obrábění dílu, nebo jeho mechanické úpravě.

Tato úprava spočívá v otryskání povrchu arondovaným tryskacím materiálem, kdy dochází účinkem dopadu zrn na povrch dílce k změně povrchových napětí materiálu. Tahové napětí v povrchu, materiálu má za následek vznik trhlin, jejich šíření v povrchu dílce, což pak vede v důsledku k selhání materiálu, kdy se trhliny nekontrolovaně při namáhání rozšíří.

Proto je základním rozdílem mezi tryskáním a zpevňováním povrchu nejenom použitý tryskací materiál, ale i následné hodnocení působení tryskání. Pro zpevnění povrchu je tedy nutné dosáhnout stavu, kdy vlákna materiálu nejsou namáhána tahovým napětím. Působením tlakového namáhání dopadem tryskacích kuliček na povrch dojde ke zmenšení tohoto namáhání a projeví se efekt zpevnění povrchu působením tlakového napětí v povrchové vrstvě.

Optimálním výsledkem tohoto procesu je dosažení rovnováhy kdy vlákna nejsou namáhána a zachovávají si pružnost.

Provádění zpevňování povrchu se řídí vlastními pravidly, která jsou odlišná od klasického tryskání.

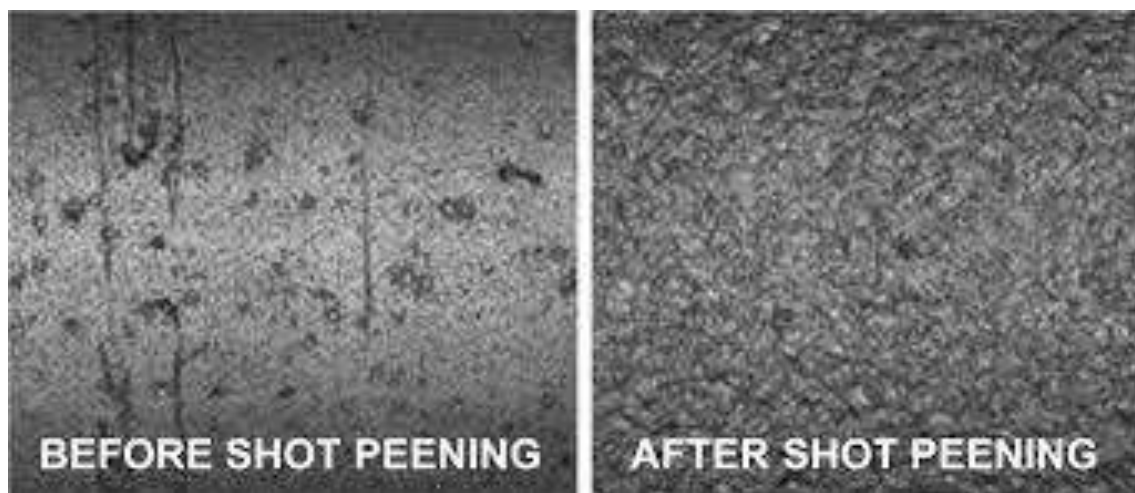
Klade se důraz na tryskací materiál, jeho kvalitu a kontrolu v průběhu celého procesu.

Současně je nutné podřídit proces tryskání kontrole jednotlivých parametrů zpevňování.



Vlastní zpevňování, je tedy možné provádět v zařízení, která pracují, jak se stlačeným vzduchem, tak i s lopatkovými koly. Zde je nutné vždy zohlednit příslušný požadavek použité technologie.

Kontrolní mechanismus zpevňování povrchu, se řídí příslušnými doporučeními, ale i normami. Vlastní vyhodnocení intenzity tryskání je nutné provádět odpovídajícími postupy vyjádřenými v jednotlivých normách a směrnících. Proto, je nutné mít i odpovídající vybavení pro tuto kontrolu. Současně musí být i pracovníci provádějící tento způsob tryskání vyškoleni z jednotlivých postupů a kontroly procesu zpevňování, případně složením odpovídající kvalifikační zkoušky.



Poznámka redakce: Autor článku, který je špičkovým odborníkem na tuto problematiku bude přítomen 12.10. 2023 na doprovodné odborné akci při 64. MSV v Brně "Vědět JAK", na brněnském výstavišti.

# Povrchové úpravy hliníku – technologické novinky, moderní trendy a nové aplikace

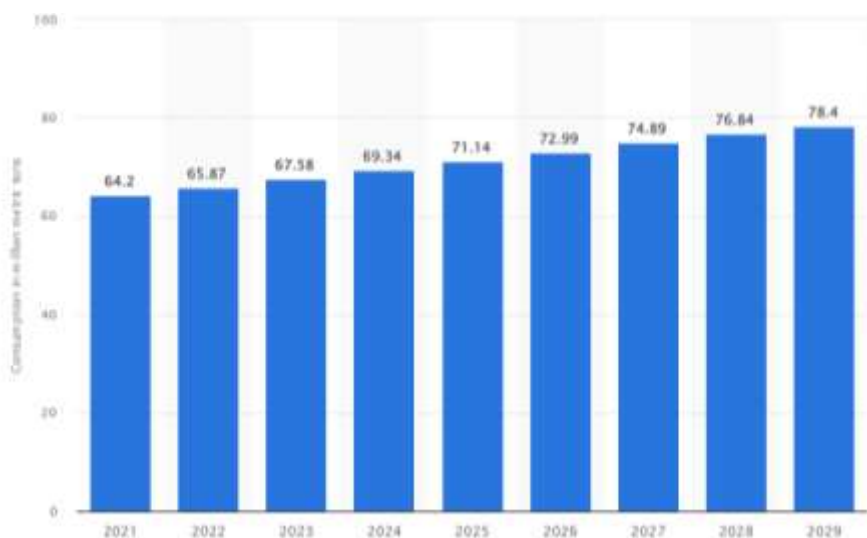
Ing. Roman Konvalinka – SurTec ČR s.r.o.

Čistý hliník se velice rychle oxiduje na vzduchu, čímž vytváří na povrchu dílce přirozený pasivační povlak. Nicméně tento povlak sám o sobě není příliš korozně odolný. Zoxidovaný povrch je také elektricky nevodivý, což je pro některé aplikace problémem. Nejběžnějšími povrchovými úpravami hliníkových dílců jsou lakování, anodizace a pasivace. Tyto technologie by mohlo ještě doplnit chromátování, které je vzhledem k obsahu karcinogenního šestivalentního chromu na ústupu, a to i v jinak tradičně konzervativním leteckém průmyslu.

## Současné trendy

Hliník má díky svým vlastnostem a široké dostupnosti a recyklovatelnosti stále širší použití. Ročně se spotřebuje kolem 65 milionů tun hliníku jako kovu (není zde zahrnuto použití sloučenin jakými je například oxid hlinitý).

**Graf 1:** Celosvětová roční spotřeba hliníku v milionech tun:



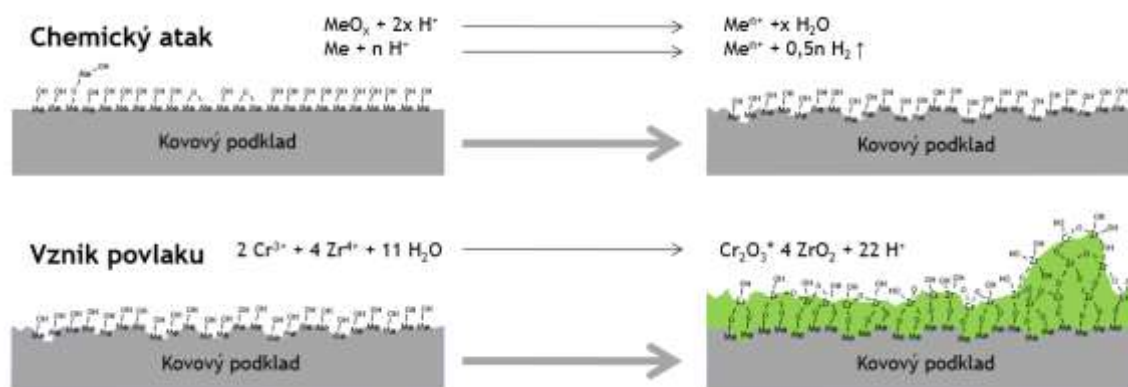
Zdroj: <https://www.statista.com/statistics/863681/global-aluminum-consumption/>

Díky zejména své nízké hustotě je určen pro všechny aplikace, kde je nutná vysoká mechanická pevnost, nízká hmotnost a relativně nízká cena. Typickým příkladem jsou dopravní prostředky ať již se jedná o osobní vozy, drážní vozidla nebo letadla. Použití hliníku umožňuje snížit hmotnost vozidla o cca 1/3 v porovnání s vozem vyrobeným z oceli. S postupným nuceným přechodem na elektrickou trakci u silničních vozidel je toto velice výhodné. Jedním z nových dílců, který se objevuje ve vozích s elektrickou trakcí, jsou pouzdra baterií. Dalšími novými výrobky, které se již nyní objevují i v českých provozech povrchových úprav jsou strukturální dílce a rámy pro solární systémy, dílce nabíječek EV, systémy řízení vozidel a další.

## Ekologické a ekonomicky šetrné povrchové úpravy

Pro pasivaci hliníku se s výhodou používají přípravky s trivalentním chromem, zirkoniem nebo titanem, případně doplněné o vhodný polymer. Z povrchu dílce se na povrchu hliníku po odmaštění a odmoření zoxidovaného povrchu vytvoří konverzní povlak, který vytvoří korozně odolný povlak, který násobně zvětší kotvící plochu.

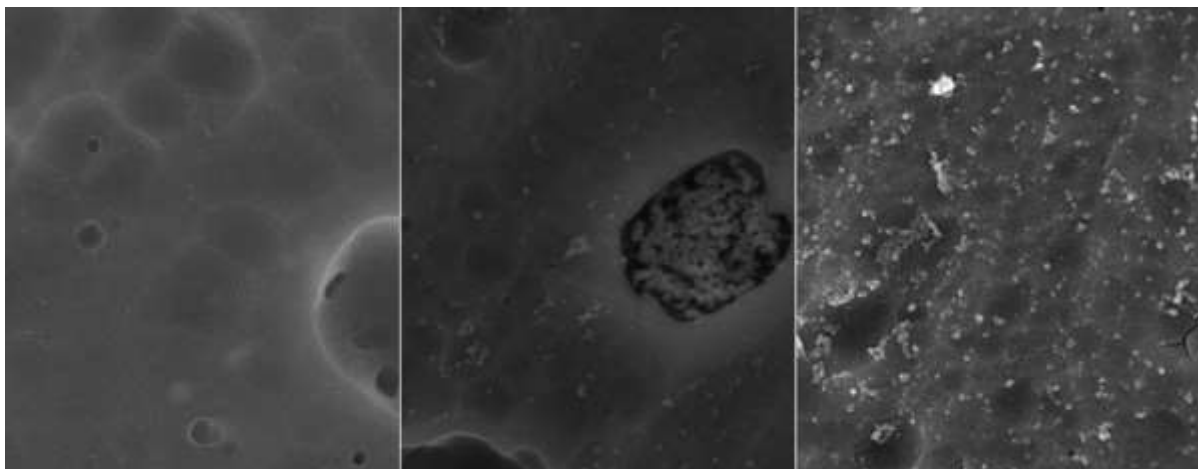
Pasivační povlak vzniká zjednodušeně tak, že na povrchu hliníku dochází k jeho rozpouštění. U povrchu dojde k lokálnímu zvýšení pH na povrchu se tak vysráží tenká vrstva oxidu (hydroxidu) chromitého a zirkoničitého. Při následném sušení dílce pak ještě následuje dehydratace vrstvy.



**Obr. 1:** Mechanismus vzniku pasivačního povlaku na bázi trivalentního chromu a zirkonia

## Pasivace hliníku jako konečná povrchová úprava

Využití zapasivovaného hliníku je zejména všude tam, kde je vyžadován elektricky vodivý povrch a dlouhodobá korozní odolnost takového povrchu. Dříve se pro tento účel využívalo zejména chromátování, nicméně z ekologických důvodů od něj bylo upuštěno. Jako náhrada za chromátování byl vyvinut již před 25 lety přípravek SurTec 650, který se stal průmyslovým standardem. Díky licenci NAVAIR je určen jako náhrada chromátování i pro letectví. Vzniklý povlak je elektricky vodivý, čímž je povrchová úprava určena například pro vysílače a antény, rámy baterií, desky pro montáž rozvaděčů nebo nabíječky elektrických vozidel. Tloušťka povlaku se pohybuje řádově kolem 0,1 mikronu (110–200 mg/m<sup>2</sup>), korozní odolnost povlaku silně záleží na slitině hliníku a pracovních podmínkách pasivační lázně.



Obr. 2–4.: Povrch hliníkového dílce při různých provozních parametrech

Tab. 1: Korozní odolnosti dílů ošetřené pasivací SurTec 650

	20 °C 2 min	20 °C 5 min	30 °C 4 min	40 °C 2 min	Žlutý chromát
Testovací plechy 3003, AlMnCu	200 h	300 – 500 h	> 500 h	> 500 h	> 500 h
Šrouby 6056, AlSi1MgCuMn	*	*	> 360 h	> 360 h	> 360 h
Šrouby 7075, AlZn5,5MgCu	*	*	> 360 h	> 360 h	> 360 h
Kované díly	*	*	240 h	> 360 h	> 360 h
Odlitek Si >9%	*	*	168 h	240 h	240 h

Obecně lze říci, že při vhodných pracovních podmínkách, je SurTec 650 naprosto srovnatelná technologie se žlutým chromátováním. Při optimálních pracovních podmínkách a použití na vhodné slitině hliníku například 6061 lze dosáhnout korozní odolnosti i kolem 720 hodin v testu neutrální solnou mlhou. Možnou nevýhodou je transparentní vzhled povlaku, který není snadno viditelný. Při detekci je tak nutné použít například kapkovou zkoušku.

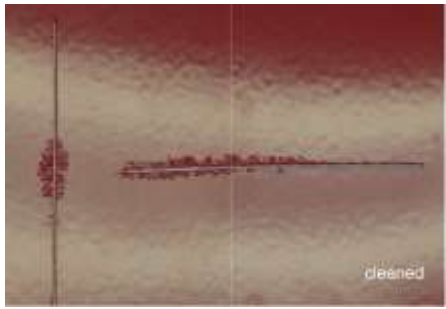

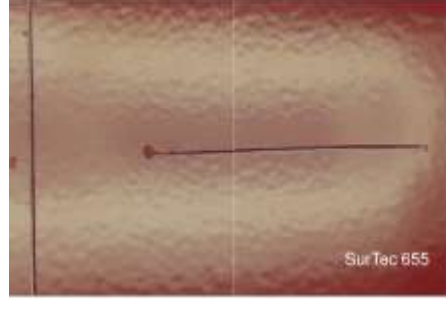
Obtížně pasivovatelná slitina je například AL 2024, která se standartně používá v leteckém průmyslu. Při zpracování je vysoce důležité zvolit i správný čistící a desoxidací kroky před samotnou pasivací. Pro AL 2024 je určena nová verze SurTec 650 V, taktéž na bázi třívalentního chromu a zirkonia. Nová technologie má výrazně lepší korozní odolnost než starší verze, na AL 2024 lze při optimálním postupu dosáhnout korozní odolnosti 360 hodin a splnit tak požadavky MIL DTL 5541F a MIL DTL 81706B. Drobnou výhodou je i viditelnost povlaku (tmavě modro-šedý povlak).

## Pasivace hliníku před lakováním, lepením a spojováním

Typickou aplikací pasivační technologie hliníku je stabilizace povrchu hliníku a zvětšení kotvící plochy pro následné spojení s práškovou barvou, KTL nebo lepidlem. Předúprava před pasivací může být podobná jako při předchozí aplikaci, tj. odmaštění – alkalické moření – desoxidace nebo zjednodušený postup kombinující sdužené kyselé odmaštění s mořením a následná pasivace. Pro pasivaci povrchu lze využít buď přípravky na bázi třívalentního chromu a zirkonia (například SurTec 650), případně na bázi titanu (SurTec 640) nebo pouze zirkonia (SurTec 643). Všechny přípravky jsou schváleny dle normy Qualicoat / GSB což garantuje maximální odolnost proti korozi a podkorodování v řezu. Dna posledně zmíněné přípravky lze použít i pro bez oplachovou aplikaci. Rozdílem mezi pasivacemi na bázi titanu a zirkonia je odolnost vůči tzv. filliform korozi, pasivace na bázi zirkonia jsou o něco odolnější.

Tloušťka povlaku by měla být optimálně menší než v případě trvalé protikorozní pasivace, obvykle se pohybuje v řádu vyšších desítek nanometrů, což odpovídá 50–100 mg/m<sup>2</sup>. Další výhodou použití technologie SurTec 650 je možnost předupravit dílce a lakovat je až po nějaké době. Optimálních výsledků je dosaženo při lakování do 72 hodin od provedení pasivace, při vhodném skladování lze tuto dobu prodloužit až na 7 dní.

Novou, rychle rostoucí aplikací, je používání pasivace před lepením. Kromě zlepšení adheze lepidla nebo těsnění je zajištěna i korozní odolnost povrchu samotného hliníku. Nejtypičtějším dílem jsou řídicí jednotky (ECU) a držáky baterií.

		
Nalakovaný povrch pouze odmaštěný, bez chemické předúpravy	Nalakovaný povrch s pasivací SurTec 650	Nalakovaný povrch se žlutým chromátem

Obr. 5–7: Srovnání odolnosti vůči tzv. filliform korozi pasivace SurTec 650 s chromátem a povrchu bez chemické předúpravy

## Utěsnění eloxované vrstvy

Další aplikací, kde lze s výhodou uplatnit přípravky na bázi zirkonia je studené utěsňování eloxu. Standartní utěsňování probíhá prakticky při teplotě varu, což při dnešních vysokých cenách za energie silně prodražuje celou povrchovou úpravu. SurTec 650 umožňuje utěsnění pórů při teplotě 20-35°C. Utěsnění pórů se děje obdobně jako v případě utěsnění na bázi niklových solí. Díky lokálnímu nárůstu pH na povrchu hliníku se vysráží konverzní povlak a „ucpe“ tak póry. Díky nižší teplotě nedochází při pasivaci k vymývání organických barviv z pórů a barevný eloxovaný povlak je tak vysoce stabilní. Oproti utěsnění s niklovými solemi, je pracovní lázeň nejedovatá a nehrozí problémy s tzv. zelenou kapkou.

Pro extrémně vysoké požadavky lze pasivaci SurTec 650 výhodně kombinovat s následným horkým utěsňováním. Výhodou tohoto postupu je extrémně vysoká korozní odolnost (lze dosáhnout i přes 2000 hodin bez následného organického povlaku), tak možnost následného lakování s prodlevou mezi anodizací a lakováním až 7 dní.

## Shrnutí

Hliník má díky své nízké hustotě, mechanickým vlastnostem, široké dostupnosti a recyklovatelnosti stále širší použití. V automobilovém průmyslu se očekává ještě masivnější použití než dnes, bez ohledu na to, zdali bude trakce vozidel, fosilní, elektrická, či jiná. Povrchová úprava hliníku konverzními povlaky na bázi třívalentního chromu, zirkonia případně titanu umožňuje v relativně krátkém pracovním postupu dosáhnout vysoké korozní odolnosti a výborné adheze následné povrchové úpravy. V případě nelakování je vyloučený povrch elektricky vodivý.

Použité přípravky jsou ekologicky šetrné a díky nízkým provozním teplotám je aplikace hospodárná. Vzhledem k absenci šestivalentního chromu splňuje povlak všechny legislativní požadavky ELV, ROHS a WEEE.

## Dosažení významných ročních úspor nákladů a zlepšení udržitelnosti



### Čištění průmyslových kapalin, předúprava pomocí odstředivek

**Cíle jako udržitelnost a úspora cenných zdrojů se stále více stávají konkurenčními faktory prakticky ve všech odvětvích. Pokud jde o čištění nejrůznějších průmyslových kapalin, nabízejí čisticí odstředivky od společnosti Rösler značný potenciál pro dosažení těchto cílů. Vedle výrazných úspor při používání chemikálií pomáhají snížit spotřebu vody až o 90 %. Díky těmto výhodám mohla nizozemská společnost Ulamo specializující se na práškové lakování, nejen přispět k ochraně životního prostředí, ale byla také schopna snížit roční náklady na předčištění o tisíce Eur.**

Během uplynulých 60 let se společnost Ulamo stala dodavatelem kompletních nátěrových řešení a dnes je předním dodavatelem pro výrobce radiátorů. Společnost se sídlem v nizozemském Ulftu nabízí zákazníkům v celé Evropě práškové lakování různých výrobků z hliníku a různých druhů oceli. Ulamo vyrábí také dekorativní panely pro radiátory, které společnost dodává svým zákazníkům pod obchodním názvem "Sentimo".

### Problémy s předúpravou kapalin

Před nanesením práškového laku se součásti zpravidla musí odmastit a projít "mokrým" chemickým čištěním formou nástřiku. Čistící kapalina znečištěná prachem a mastnotou se shromažďuje ve speciální nádrži. Aby se zachovaly čisticí vlastnosti kapaliny a mohla se znovu použít, musí se přidat určité chemikálie. Nevýhodou tohoto přístupu je, že míra znečištění se rychle zvyšuje.

Aby se zvyšující znečištění částečně eliminovalo, musí se množství přidávaných chemikálií neustále zvyšovat. Kromě toho nečistoty obsažené v kapalině migrují do trysek a následně se dostávají na součásti. Tím vzniká řada problémů:

Ucpané trysky zabraňují tomu, aby se čistící kapalina dostala ke všem plochám součástí, což má za následek velmi nepravdělnou předúpravu povrchu.

Proto se nezbytným stává častá kontrola trysek a jejich výměna. To způsobuje časté přerušení výroby a vysoké náklady na pracovní sílu.

Kromě toho je třeba pravidelně vyměňovat a čistit kapaliny, což je rovněž nákladné a narušuje výrobní tok. Vypouštění nádrží a jejich doplňování navíc představuje nebezpečí pro životní prostředí.

Simon Wagenaar, vedoucí oddělení technických služeb pro nátěry ve společnosti Ulamo Coating BV, vysvětluje: "Kontaminace čistících kapalin nás stála tisíce eur za personál, ušlý prodej a vyřazené díly."

## Čistící odstředivky odstraňuje problémy

Není divu, že společnost Ulamo hledala řešení tohoto problému, a nakonec ho našla v nizozemské dceřiné společnosti firmy Rösler. Řešení spočívá v čistící odstředivce: Plnicí čerpadlo přečerpává kapalinu z nádrže do rotačního koše odstředivky. Vysoká odstředivá síla rotačního koše způsobuje, že se drobné nečistoty usazují na stěně koše ve formě kalu. Kapalina, zbavená nečistot, se přivádí zpět do čistícího procesu. Simon Wagenaar pokračuje: "Každá investice do nového zařízení by se měla poměrně rychle amortizovat. Proto je vždy dobré zjistit, že se investice skutečně vyplatí. Společnost Rösler nám umožnila měsíc bezplatně testovat odstředivku. K nákupu jsme tedy mohli přistoupit až poté, co jsme zjistili, že naše požadavky lze splnit. Do oddělení, kde provádíme povrchovou úpravu hliníkových součástí, jsme nainstalovali poloautomatickou odstředivku."

## Druhá odstředivka pro povlakování ocelových součástí

Později společnost zakoupila druhou čistící odstředivku pro oddělení povrchové úpravy ocelových součástí, především chladičů. Norbert Becking, vedoucí výroby povlaků ve společnosti Ulamo Metaal B.V., dodává: "Jakmile jsme viděli, jak dobře odstředivka funguje, zakoupili jsme pro mé oddělení plně automatickou odstředivku. Předtím jsme testovali jednotku od jiného dodavatele. Ta však byla příliš velká a složitá."

## Poloautomatické a plně automatické odstředivky

Poloautomatická odstředivka se používá k předúpravě hliníkových součástí a pracuje s velmi znečištěnými kapalinami. Vkládací koš obsahující kal oddělený od kapaliny se ručně vyměňuje a čistí jednou denně. Tato práce se provádí bez nutnosti přerušení výroby. Plně automatická odstředivka pro předúpravu ocelových součástí je připojena ke dvěma nádržím obsahujícím kapalinu pro předúpravu. Odstředivka čistí kapalinu vždy z jedné nádrže. Přepínání z jedné nádrže do druhé je řešeno speciálním ventilem. Plně automatická odstředivka automaticky ořezává kal ze stěny rotoru odstředivky a vysypává jej do velkého mobilního kontejneru, který se musí vyprázdnit pouze jednou za měsíc. Norbert Becking vysvětluje: "Společnost Rösler nám pomohla vyřešit přechod z jedné nádrže na druhou. Kompaktní stroj se snadno ovládá. Dvakrát ročně je důkladně kontrolován společností Rösler, a proto vyžaduje jen velmi malou pozornost našeho technického oddělení."

## Žádné zmetky, vyšší produktivita a menší znečištění životního prostředí

Obě odstředivky jsou v provozu již více než rok a investice byly pro Ulamo přínosem. Ostřikovací trysky se již nezanášejí, a proto se nemusí tak často kontrolovat a vyměňovat. Kapaliny pro předčištění se musí vyměňovat pouze jednou ročně namísto dřívějších tří výměn. Vzhledem k podstatně stabilnější kvalitě kapalin je třeba přidávat méně chemikálií. A konečně se zaměstnancům uvolnily ruce pro jiné, produktivnější úkoly. Celkově je společnost Ulamo s odstředivkami velmi spokojena. Simon Wagenaar uzavírá: "Během několika let chceme v naší výrobní lince vyměnit nádrže. Při této příležitosti nahradíme poloautomatickou odstředivku plně automatickou jednotkou. Kromě toho plánujeme rozšířit naši výrobní kapacitu o další linku. Pro tento projekt opět využijeme výrobky a služby společnosti Rösler."



**Obr.:** Plně automatická odstředivka pro čištění kapalin ze dvou nádrží



## System identifikace dílců v práškovém lakování

WAtch a.s.



Společnost WAtch a.s. úspěšně realizovala modernizaci lakovací linky pro zákazníka s širokou škálou strojírenských činností. **Významnou inovací je především automatické řízení lakovacího procesu pomocí kamerového identifikátoru na pracovišti zavěšování.**

Cílem bylo zvýšení výrobní kapacity původní lakovací linky a modernizace řídicího systému.

Při návrhu jednotlivých částí technologie byl také kladen **důraz na co nejnižší energetickou náročnost.**

Z důvodu požadavku zákazníka na efektivní změnu barvy byla zvolena plastová kabina Wagner **Quick-Cube** s **automatickými pistolemi PEA-C4** s možností automatického ofuku. Integrovaná vysokonapěťová kaskáda, homogenní práškový oblak a dostupnost různých trysek dává pistolím **flexibilitu** a jsou použitelné pro četné lakovací aplikace.



### Energetická náročnost systému odsávání prášku je snížena na minimum.



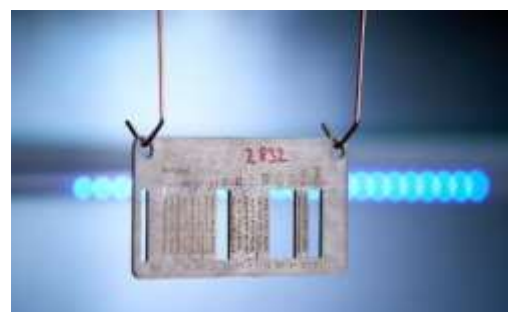
Dodané práškové centrum PXM je **řízeno systémem WICOS** (WAGNER Integrated Control & Operating System), který zabezpečuje všechny potřebné řídicí funkce automatického systému práškového lakování. Velký 15,6" barevný dotykový displej umožňuje **intuitivní a centrální ovládání celé technologie**. Systém WICOS umožňuje nejen **řízení a správu lakovacích receptur** a **monitoring** stavu stroje, ale také podporuje **plán preventivní údržby** jednotlivých komponent včetně signalizace.



Technický koncept kabiny byl navržen dle individuálních potřeb zákazníka pro lakování různě členitých dílů. **Implementovaný systém WAtch RFID Control** umožňuje **vzdálené řízení celé linky** z pracoviště navěšování.



Kamera při příjezdu výrobků před pracoviště přečte štítek a PLC nastavení dá pokyn na změnu parametrů.



„Optimalizací energetické náročnosti došlo ke snížení spotřeby energií až o 25 %“, říká Ing. Ján Engel, technický specialista pro oblast aplikace práškových laků ve společnosti WAtch a.s.



# Lepené spoje a zkoušky přilnavosti povrchů

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D., Bc. Tomáš Stránský – ČVUT v Praze, FS, Ústav strojírenské technologie

## Abstrakt

Článek je zaměřen na problematiku lepených spojů a jejich vhodnou konstrukci. Dále se zabývá výčtem možných technologií pro zkoumání kvality lepených spojů před i po provedení lepených spojení.

**Klíčová slova:** lepení, lepené spoje, zkoušky přilnavosti lepených spojů

## 1. Lepené spoje

V dnešní době je při výrobě silničních a kolejových vozidel, letadel a různých konstrukcí kladen stále větší důraz na efektivitu a nízkou hmotnost. Z tohoto důvodu je zapotřebí hledat nové způsoby, jakými lze hmotnost ušetřit a zefektivnit možnosti spojení materiálů.

Lepené spoje se začali využívat již v 90. letech minulého století, ovšem převážně v rámci hybridních spojů, tedy ve spojení s dalšími metodami spojování materiálů pro lepší pevnost a kvalitu spoje. Dnes se již přechází i na spoje čistě lepené. Při spojení lepením nedochází k destrukci materiálů a dosahují podobných pevnostních hodnot jako při použití běžných metod jako je svařování, nýtování, šroubové spoje apod.

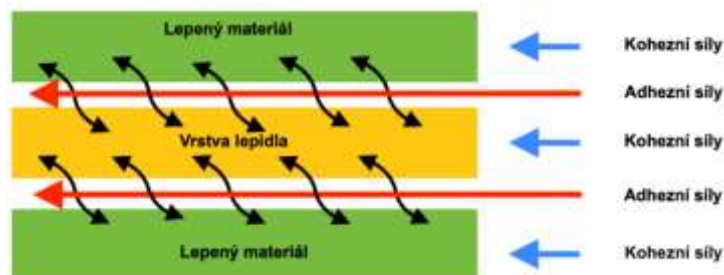
Lepení je proces, při kterém se mohou spojovat jak stejné, tak i různé materiály na základě působení adhezivních a kohezivních sil. Oproti spojování svařováním, nýtováním a šroubovými spoji je třeba zajistit poměrně velkou plochu pro spojení k dosažení podobné pevnosti výsledného spoje. Spoj mezi materiály je vytvořen za pomoci lepidla a vzniká tak nerozebíratelný spoj.

Když se lepený spoj analyzuje teoreticky nebo výpočtově, normálně se předpokládá dokonalá přilnavost mezi adhezivem a adherenty, přičemž k porušení dochází v kohezivní vrstvě. Ve skutečných spojih tomu tak ale není a může dojít k jiným typům selhání, zejména k selháním souvisejícím s přilnavostí mezi lepidlem a povrchem. Pevnost spoje je ovlivněna dalšími faktory jako jsou čistota povrchu, stupeň zamaštění, korozní napadení, drsnost povrchu, smáčivost povrchu či vhodné technologie předúprav povrchů. Účelem povrchové úpravy materiálu je upravit povrch materiálu tak, aby poskytoval nejlepší možné podmínky pro lepení.

### 1.1 Adheze, koheze a smáčivost

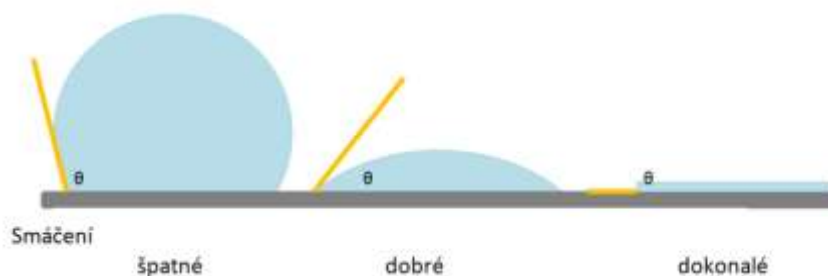
**Adheze** je zjednodušeně řečeno schopnost dvou materiálů k sobě přilnout pomocí působení fyzikálních a chemických sil. Adhezivní síly lze rozdělit na mechanické (uchycení v pórech a nerovnostech materiálu) a specifické adhezivní síly (chemické vazby, difúzní síly, van der Waalsovy síly, valenční adhezivní síly, apod.). Čím vyšší je adhezivní síla tím pevnější je vazba mezi materiálem a lepidlem.

**Koheze** definuje soudružnost kapaliny, tedy schopnost lepidla držet při sobě. Kohezivní síly jsou vnitřní síly mezi molekulami a valenčními vazbami v látce. Velikost koheze je definována kohezivní energií, která udává velikost energie potřebné k překonání mezimolekulárních a valenčních sil. (Obr. 1) [2], [1]



Obr. 1: Kohezivní a adhezivní síly

**Smáčivost** je vlastnost kapaliny přilnout k povrchu pevné látky. Při nanášení kapaliny na povrch by se kapalina ideálně měla roztéct po povrchu pro získání těsného kontaktu mezi kapalinou a povrchem. V případě špatné smáčivosti bude kapalina tvořit kapičky. Pro lepení je tedy zapotřebí smáčivého povrchu, aby bylo zajištěno rovnoměrné rozptřnění lepidla po povrchu a vytvoření adhezivních vazeb. Smáčivost závisí na polaritě a povrchové energii pevné látky. Žluté čáry na obrázku prezentují kontaktní úhel mezi kapkou a povrchem. Pokud je úhel větší než-li 90° dochází k tzv. odpudivosti. (Obr. 2) [4], [5]



Obr. 2: Smáčivost povrchu [5]

## 1.2 Výhody a nevýhody lepených spojů

### Výhody lepených spojů

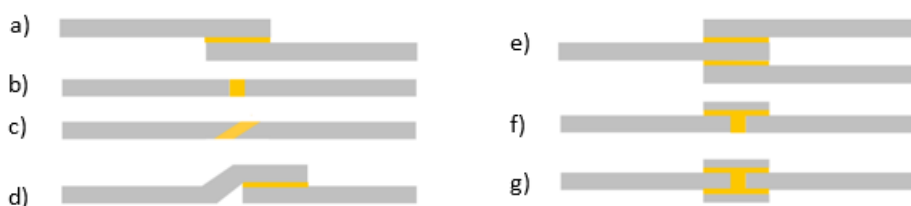
- **Spojení různých materiálů** – Lze spojovat materiály různých vlastností, popřípadě materiály, které například nelze svařit kvůli jejich vlastnostem.
- **Spojování materiálu bez ohledu na jejich tloušťku.**
- **Proces probíhá za nízkých teplot** – Proces lepení probíhá za teplot do 200 °C (záleží na typu lepidla), proto nenastává riziko změn vlastností materiálu na základě ohřevu.
- **Dobré doplňkové funkce (tlumení, vodivost, izolace)** – Díky lepidlům ve spoji dochází k dobrému utěsnění spoje a tím i těsnosti výsledného výrobku. Při vhodné volbě lepidla lze dosáhnout i tlumících vlastností spoje či v případě potřeby, elektrické vodivosti spoje.
- **Dá se kombinovat s jinými metodami** – Pro získání lepších pevnostních vlastností spoje se dají vytvořit hybridní lepené spoje, což je spojení metody lepením s dalšími spojovacími metodami jako je např. nýtování, šroubové spoje nebo bodové svařování.
- **Možnost automatizace** – V dnešní době je snaha všechny výrobní procesy automatizovat, z důvodu vyšší rychlosti, nižších nákladů a možnosti nepřerušovat výrobu.
- **Úspora hmotnosti** – Lepidla jsou lehká, proto lze výrazně snížit hmotnost oproti spojovacím metodám jako je svařování nebo šroubové spoje.

### Nevýhody lepených spojů

- **Nízká počáteční pevnost** – Je třeba vyčkat na vytvrzení lepidla, než získá 100 % pevnost. V technickém listu lepidla bývá uvedena i nutná doba vytvrzení pro manipulační pevnost, což je pevnost, při které je lepidlo vytvrzeno jen z části, ale již nehrozí poškození spoje při běžné manipulaci. Tomuto problému lze předejít hybridním spojem, kdy fixace spoje je zajištěna druhou spojovací metodou (např. nýty).
- **Předúprava povrchu** – Lepené plochy vždy vyžadují předúpravu povrchu, a to minimálně formou odmaštění pomocí hadříku nebo ubrousku. Dále se dají použít i pokročilejší a nákladnější metody jako je například předúprava povrchu laserem, plazmou, pyrosilem, mořením v kyselině, anodickou oxidací apod.
- **Vysoké požadavky na čistotu prostředí a výrobní postup** – Je třeba zajistit co nejlépe čistě prostředí, aby nedošlo ke kontaminaci slepované plochy nebo lepidla. Je nutné zajistit přesný výrobní postup, aby bylo vždy dosaženo kvalitního spoje.
- **Omezená pevnost za tepla** – Při vyšších teplotách je riziko, že vlivem tepla lepidlo začne téct a tím ztratí své pevnostní vlastnosti.
- **Složitá demontáž** – Vzhledem k tomu, že jsou lepené spoje trvalé, tak je komplikované spoje demontovat případně rozebírat.
- **Trvalý spoj, náročné opravy** – Jedná se o nerozebíratelný spoj, proto není možné dělat pozdější úpravy jako např. u šroubových spojů. Při narušení spoje je oprava velmi komplikovaná a nákladná, někdy i nemožná.
- **Lepidla mají omezenou trvanlivost** – Při dlouhodobém skladování může dojít k zatuhnutí lepidla a tím pádem k znehodnocení. Zároveň je třeba lepidla skladovat v tepelném rozmezí, které stanoví výrobce.

## 2. Konstrukce lepených spojů

Lepené spoje je třeba navrhovat tak, aby byly co nejméně namáhané na kroucení a odlupování, jelikož na tyto dva druhy namáhání jsou lepené spoje citlivé. Spoje je třeba vytvářet co nejméně členitě a předcházet dodatečným úpravám. V praxi se nejčastěji používají spoje přeplátované, jelikož většinou vykazují lepší mechanické vlastnosti než spoje tupé (Obr. 3). Přeplátované spoje mají větší spojovací plochu než tupé spoje, proto většinou dosahují vyšších pevností. Využívají se primárně v konstrukcích, které jsou namáhané na smyk a tlak. [6], [7]



**Obr. 3:** Druhy lepených spojů: a) přeplátovaný spoj, b) tupý spoj, c) spoj zkosený tupý, d) spoj lemový, e) spoj dvojité přeplátovaný, f) spoj s příložkou, g) spoj s dvěma příložkami

## 3. Zkoušky lepených spojů

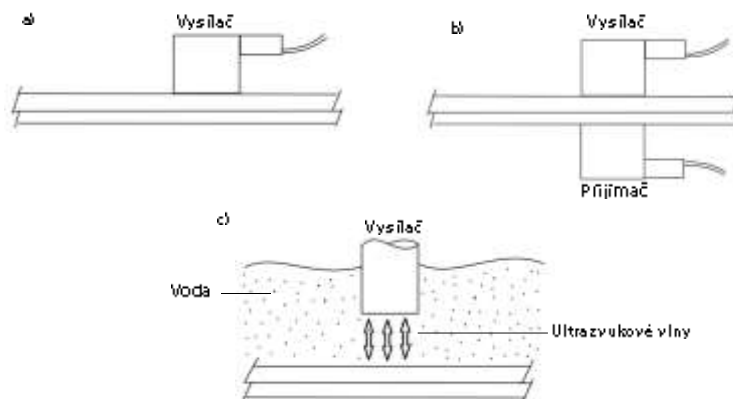
V praxi se pro kontrolu spojů využívají destruktivní nebo nedestruktivní zkoušky. Nedestruktivní zkoušky jsou vhodné pro kontrolu lepených spojů, jelikož neporuší lepený spoj. Na druhé straně neposkytnou tolik informací o kvalitě spoje jako destruktivní zkouška.

### 3.1 Nedestruktivní zkoušky

Nedestruktivní zkoušky jsou metody testování, které nezpůsobí poškození lepeného spoje. Mezi základní metody nedestruktivních zkoušek patří vizuální zkouška, případně za pomoci lupy, test pomocí zvuku a kapilární zkouška. Nákladnější metody nedestruktivních zkoušek je zkouška ultrazvukem, rentgenem nebo přísavným zvonem.

- **Vizuální zkouška** – Jednoduchá metoda, při které udělá vizuální kontrola spoje. Zkušené oko může odhalit již na první pohled špatně provedený lepený spoj. [8]
- **Zvukový test** – Jedná se o jednu z prvně používaných nedestruktivních zkoušek. Spočívá v klepání například kladívkem na materiál v místě spoje a vyhodnocování vznikajícího zvuku. Rozdíly v tónu zvuku indikují nedostatky lepeného spoje jako je nedostatečné vytvrzení lepidla, dutiny, trhliny apod. [8]

- **Kapilární zkouška** – Při kapilární zkoušce je na spoj nanášena vrstva kapaliny a pozoruje se, zda se kapalina vsakuje do spoje či ne. Pokud se kapalina vsákne znamená to, že došlo ke špatnému spojení materiálu a lepidla. [9]
- **Zkouška ultrazvukem** – V dnešní době se jedná o nejvíce používanou metodu. Do materiálu jsou vysílány ultrazvukové vlny, které jsou následně přijímány. Pokud se ve spoji nachází nějaké trhliny, vzduchové bubliny apod. naruší se průchod vln skrz materiál, což je rozpoznáno přijímačem a následně se vyhodnocují poruchy spoje. Při kontrole se používají tři základní metody. U první metody je signál vyslán i přijímán na jedné straně spoje. Druhá metoda je obdobná jako první, ovšem ultrazvukový signál je vyslán na jedné straně a na straně druhé přijímán. V třetí metodě je spoj vložen do vodní lázně. Voda slouží jako vazební mechanismus pro ultrazvukový signál. (Obr. 4) [8]



**Obr. 4:** Metody zkoušky ultrazvukem, a) signál je vyslán i přijímán z jedné strany spoje, b) signál je vyslán z jedné strany a přijímán ze strany druhé, c) lepený spoj je vložen do vodní lázně

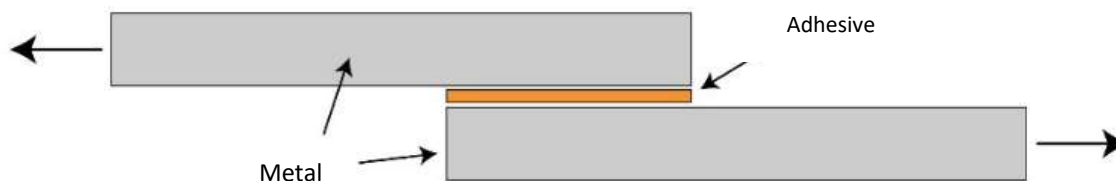
- **Zkouška rentgenem** – Zkouška rentgenem je nákladnější než ultrazvukem a vyžaduje zkušenější personál. Spoj je prozařován rentgenovým paprskem a následně jsou vyhodnocovány různé nespojitosti v lepeném spoji. Pro použití zkoušky rentgenem je třeba použít lepidla, která obsahují částice kovu. [8]
- **Zkouška přísavným zvonem** – Přísavný zvon je polokoule ze skla nebo transparentního plastu s těsnicí pryží na dosedací ploše. Zvon je umístěn přes spoj, který je postříkán předurčenou kapalinou. Následně je ze zvonu odsát vzduch pro vytvoření podtlaku ve zvonu (40-50 kPa). Při netěsnosti spoje začnou ze spoje vycházet bublinky. [9]

### 3.2 Destruktivní zkoušky

Při destruktivních zkouškách dochází k porušení spoje pro zjištění jeho pevnosti a kvality. Destruktivní zkoušky lze dále dělit na statické a dynamické.

#### Zkouška pevnosti ve smyku dle normy ČSN EN 1465

Zkouška pevnosti ve smyku spočívá v namáhání spoje na smyk, tedy ve směru podélné osy, až do porušení materiálu. Zkouška se provádí na univerzálním trhačím stroji a výsledná pevnost ve smyku se udává v MPa. Tato metoda je využívána především z důvodu nízké náročnosti. Na obrázku níže je zobrazeno namáhání při testování vzorku na smyk. Šipky znázorňují působící síly na spoj. (Obr. 5) [8], [10]



**Obr. 5:** Zkouška pevnosti ve smyku *Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.*

Výsledná pevnost ve smyku se vypočítá z rovnice

$$\tau = \frac{F_{max}}{S}$$

Kde:

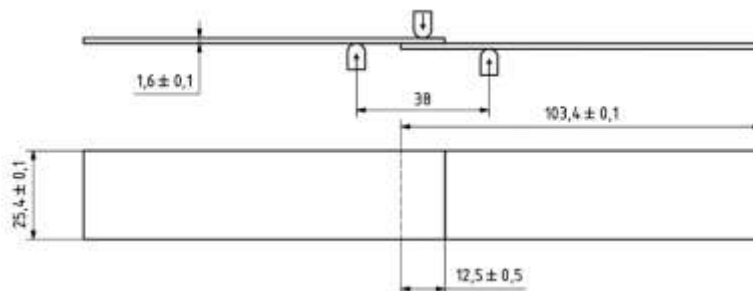
$\tau$  – Smyková pevnost při namáhání tahem [MPa]

$F_{max}$  – Maximální tahová síla [N]

$S$  – Plocha lepeného spoje [mm<sup>2</sup>]

### Zkouška lámavosti dle ČSN 66 8511

Při zkoušení lámavosti je spoj namáhán statickým ohybem do přerušení spoje. Výsledná hodnota zatížení se udává v newtonech. (Obr. 6) [10]



Obr. 6: Umístění vzorku při zkoušce lámavosti

### Pevnost v odlupování dle ČSN EN ISO 11339

Díky dobře navrženému spoji lze zlepšit pevnost spoje v odlupování, ovšem nelze zaručit, že všechny síly, které odlupování způsobují budou eliminovány. Lepené spoje mívají nejnižší pevnost právě při namáhání na odlupování, proto je tato zkouška velice zásadní. Při samotné zkoušce je nejprve vzorek upraven do tvaru, ve kterém je možné jej namáhat na odlupování. Nejčastěji se testuje namáháním kolmo na lepený spoj, tedy pod úhlem 90° (Obr. 7). Destičky jsou od sebe následně odtrhávány a měří se síla potřebná pro oddělení slepených destiček. Výsledná pevnost v odlupu se získá ze vztahu. [8], [10]



Obr. 7: Testování pevnosti v odlupování **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

$$\sigma_{sab} = \frac{F_S}{b}$$

Kde:

$\sigma_{sab}$  – Střední pevnost v odlupování [ $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ]

$F_S$  – Průměrná síla [N]

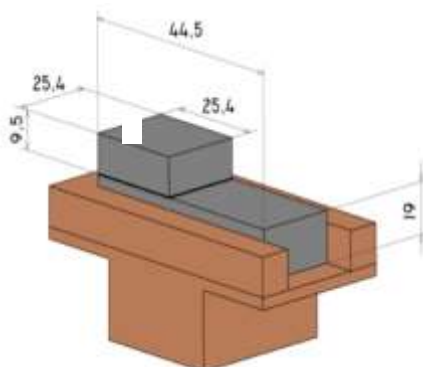
$b$  – Plocha lepeného spoje [ $\text{mm}^2$ ]

### Zkouška rázové pevnosti dle ČSN 66 8512

Zkoušení lepených spojů rázovým tlakem je důležitou součástí testování, jelikož polymerní materiály (lepidla) jsou velice náchylná na porušení právě při náhlém zatížení velkou silou. Samotná zkouška spočívá v namáhání spoje rázovým tlakem ve směru podélné osy až do porušení vzorku (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Rázová pevnost spoje se udává v [ $\text{J}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]. [8], [10]

### Poruchy lepených spojů

Po provedení destruktivních zkoušek se posuzuje typ selhání lepeného spoje. Většinou se plocha lepeného spoje rozdělí na několik sektorů a v každém sektoru se vyhodnocuje typ porušení. Výsledkem jsou pak průměr poruch ze všech částí.



Obr. 8: Zkušební vzorek pro zkoušku rázové pevnosti [11]

V praxi se nejčastěji setkáváme se třemi druhy porušení, kterými jsou kohezní porušení (CF), adhezní porušení (AF) a speciálně kohezní porušení (SCF). Při kohezním porušení dojde k selhání spoje v lepidle, při adhezním se lepidlo odloupne od adherendu. Při speciálně kohezním porušení dojde ke kombinaci kohezní a adhezní poruchy. Níže je uvedena tabulka různých druhů poruch lepených spojů dle ČSN ISO 10365. [9]

Tab. 1: Označení typů porušení [12]

Místo porušení	Typ porušení	Označení poruchy
Základní materiál	Porušení 1 nebo 2 adherendů	SF
	Porušení 1 adherendu	CSF
	Delaminační porušení	DF
Lepidlo	Kohezní porušení	CF
	Speciální kohezní porušení	SCF
	Adhezní porušení	AF
	Kombinace adhezního a kohezního porušení	ACFP

#### 4. Kontrola čistoty povrchu

Po provedení předúpravy povrchu je vhodné ověřit čistotu povrchu, jelikož je to aspekt, který může zásadně ovlivnit pevnost výsledného spoje. Dělí se na přímé a nepřímé metody, kdy přímou metodou se míra odmaštění zjišťuje přímo ze součásti, zatímco u metody nepřímou je kontrola provedena pomocí rozpouštědla. Rozpouštědlo z povrchu materiálu vytáhne mastnotu a následně se analyzuje míra znečištění. Základní kontrolou je vizuální kontrola, kdy se vizuálně kontrolují lesklá místa na povrchu, zmatnění, otisky prstu, prach apod. Nevýhodou vizuální kontroly odmaštění je, že výsledky metody mohou být ovlivněny subjektivním posouzením pracovníka. [13]

#### Kontrola pomocí inkoustu

Při kontrole pomocí inkoustu je na očištěný povrch nanášen inkoust, například fixou nebo štětčkou, a sleduje se, jak se inkoust rozprostírá po povrchu. Inkoust bude reagovat různě podle povrchové energie materiálu. Každý inkoust má různé definované hodnoty povrchové energie (Obr. 10). Pokud inkoust tvoří kapičky, znamená to, že povrchová energie materiálu je nižší než povrchová energie inkoustu. Pokud inkoust tvoří souvislou vrstvu, znamená to, že materiál má stejnou nebo vyšší povrchovou energii než inkoust (Obr. 9). [14]



Obr. 9: Testovací inkoust na vzorku. Vlevo je odmaštěný materiál (inkoust tvoří souvislou vrstvu), vpravo je mastný povrch (inkoust tvoří kapičky, není slitý)



Obr. 10: Testovací fixy a inkousty Arcotest Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.

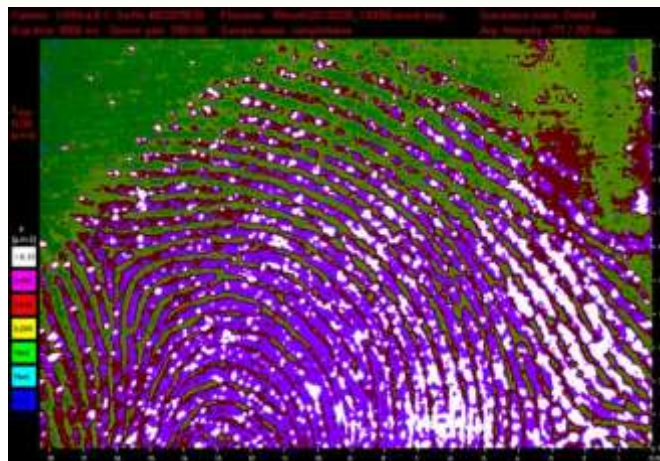
#### Kontrola pomocí postřikové metody

Tato metoda je určena pro měření nižšího stupně zamaštění na suchém kovovém povrchu. Princip spočívá v rozprašování vodního roztoku látky snižující povrchové napětí na povrch. Následně se měří doba od počátku postřiku do doby, kdy se na povrchu vytvoří souvislá vrstva vodního filmu. Tato doba je závislá na druhu znečištění a je úměrná plošné koncentraci látek způsobujících znečištění. Pokud se doba postřiku neliší o více jak 20 % od kontrolního vzorku, lze povrch považovat za čistý. [9]

## Kontrola pomocí fluorescence

Přístrojová detekce mastných nečistot je založena na principu vyvolání luminescence kontaminujících látek, která je následně zachycena a vyhodnocena speciálním softwarem (Obr. 11). Tato metoda umožňuje detekci všech typů nečistot, které vykazují luminescenci, a to díky počtu konjugovaných dvojných vazeb a rozvětvení uhlíkatého řetězce v látkách. Přístroj dokáže rozlišit i slabší luminescenci látek s malým počtem konjugovaných dvojných vazeb a malým rozvětvením uhlíkatého řetězce. Touto metodou lze účinně detekovat mastné nečistoty, maziva a oleje se syntetickou složkou. [15]

**Obr. 11:** Sekvenční metoda detekce mastných nečistot, otisk lidského palce na hladkém AlMg3 plechu [15]



## Použitá literatura

- [1] P. BÍŽA. Předúprava povrchu hliníkových slitin pro lepené spoje[online]. Pardubice, 2013 [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52219/BizaP\\_Predupravapovrchu\\_PS\\_2013.pdf?sequence=3](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52219/BizaP_Predupravapovrchu_PS_2013.pdf?sequence=3). Diplomová práce. Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Švanda, Ph.D.
- [2] M. GREGOR. Technologie a technika lepení - základní informace [online]. 24.05.2021 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.lepidla.cz/clanky/technologie-a-technika-lepeni---zakladni-informace>
- [3] P. BÍŽA. Předúprava povrchu hliníkových slitin pro lepené spoje[online]. Pardubice, 2013 [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52219/BizaP\\_Predupravapovrchu\\_PS\\_2013.pdf?sequence=3](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52219/BizaP_Predupravapovrchu_PS_2013.pdf?sequence=3). Diplomová práce. Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Švanda, Ph.D.
- [4] 3M. Úvod do povrchové energie [online]. [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: [https://www.3mcesko.cz/3M/cs\\_CZ/bonding-and-assembly-ctl/training-education/science-of-adhesion/introduction-surface-energy/](https://www.3mcesko.cz/3M/cs_CZ/bonding-and-assembly-ctl/training-education/science-of-adhesion/introduction-surface-energy/)
- [5] EKOBAL. POVRCHOVÉ NAPĚTÍ NEPODCEŇUJTE [online]. 27.3.2019 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.ekobal.cz/o-nas/aktuality/povrchove-napeti-nepodcenujte>
- [6] M. OSTEN, J. MLEZIVA. Práce s lepidly a tmely. Praha: Grada, 1996. Profi & hobby. ISBN 80-7169-338-3.
- [7] O. KYSILKA, J. KUBÍČEK. Hybridní spoje. Centrum lepení Brno. Brno, 2021.
- [8] E. M. PETRIE. Handbook of adhesives and sealants. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2007. McGraw-Hill handbooks. ISBN 978-0-07-147916-5. Dostupné z: <https://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/lepeni/Handbook%20of%20Adhesives%20and%20Sealants.pdf>
- [9] O. KYSILKA. Norma dín 6701 a DIN 2304-1: Informace k prEN 17460. Centrum lepení Brno. Brno, 2021.
- [10] J. PETERKA. Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. Praha: SNTL, 1980, s. 215. Dostupné z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:0d5ad7cf-1805-4c0d-88d9-461f0732ce89>
- [11] ČSN 66 8512 – Zkoušky lepených spojů (kov s kovem). Rázová pevnost lepených spojů.
- [12] ČSN ISO 10365. Označení hlavních typů porušení lepeného spoje. 10/1995. Pardubice: SYNPO, 1995.
- [13] J. PODJUKLOVÁ. Speciální technologie povrchových úprav I.. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [14] Arcotest - Fixy a inkousty [online]. Ostrava-Kunčičky: Proinex Instruments [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/p/arcotest-fixy-a-inkousty>
- [15] Vyhodnocování čistoty povrchu: nástroj kvality povrchových úprav [online]. TechTest, s.r.o, 2015 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.techtest.eu/clanek1.html>

## Studium Korozní inženýr na ČVUT v Praze bude opět zahájeno.

13. února 2024

### Certifikace pracovníků v oblasti protikorozi ochran a povrchových úprav

Povrchové úpravy nejsou již dnes pouze ochranou povrchů proti opotřebení a vlivům prostředí. Progresivní a netradiční technologie tohoto oboru přináší povrchům zcela nové vlastnosti a parametry potřebné k zvládnutí záměrů a požadavků projektantů a konstruktérů.

Odborná úroveň osob vykonávající odborné a manažerské činnosti v našich oborech a jejich řádná způsobilost musí být pro bezproblémové vykonávání kvalifikovaných prací ve shodě s certifikací podle platné legislativy a v souladu se zněním standardu APC Std-401 „Kvalifikace a certifikace pracovníků v oboru koroze a protikorozi ochrany“.



Certifikovaní pracovníci musí mít, stejně jako v jiných oborech, teoretické a praktické vědomosti v rozsahu, ve kterém provádějí činnosti při práci projekční, inspekční, při hodnocení rizik a při řízení odborných pracovišť.

Kvalifikace a certifikace v tomto oboru představuje nejen splnění požadavku dostatečné praxe, ale též absolvování dokumentovaného školení ve schváleném školicím středisku a fyzickou (zrakovou) způsobilost.

Způsobilost pracovníků a jejich pravomoci odpovídají stupni absolvovaného studia (Korozi technik, Korozi technolog, Korozi inženýr).

Studium ani získaný stupeň kvalifikace nejsou podmíněny vysokoškolským vzděláním. Tato kvalifikační označení poukazují na skutečnost, že jde o velmi zkušeného pracovníka v oboru s vysokými teoretickými, praktickými a manažerskými znalostmi schopného vykonávat odborné práce ve specifických zaměřeních protikorozi ochrany a povrchových úprav na nejvyšší úrovni. Což je dáno kombinací praxe a teoretických vědomostí z protikorozi ochran a povrchových úprav.

Každoročně je na FS ČVUT v Praze, již více jak 15 let pořádáno v rámci celoživotního vzdělávání ucelené dvousemestrové studium „Povrchové úpravy ve strojírenství“, které umožňuje doplnit si potřebné vědomosti o nové poznatky a získat certifikovanou kvalifikaci „Korozi inženýr“.

Studijní skupina v počtu 20 posluchačů složená ze zájemců z firem v ČR i SR se zúčastňuje dvoudenních výukových bloků cca dvakrát za měsíc, tedy celkově 13krát během celého studia. Posluchači tak vyslechnou přednášky více jak 20 specialistů z oboru protikorozi ochran a povrchových úprav (výuka bude probíhat dle dané situace podle potřeb kontaktní i online formou). K přednesené látce obdrží odborné texty ke všem okruhům učiva. Celkový rozsah studie je cca 150 hodin přednášek, cvičení a exkurzí.

Tak jako je důležité kvalitní všeobecné vzdělání pro život, jsou neméně důležité i profesní znalosti potřebné pro kvalitní výkon povolání. To platí i pro povrchové úpravy.





## Harmonogram studia

### 1. semestr: Koroze a volba materiálů – 72 hodin

Téma	Počet hodin
1. Základy koroze a formy koroze	6
2. Strojírenské materiály	12
3. Fyzikální chemie	6
4. Degradční korozní mechanismy	6
5. Koroze dle prostředí	10
6. Korozní charakteristiky materiálů	8
7. Koroze v průmyslu	6
8. Konstrukční zásady protikorozní ochrany	6
9. Korozní inženýrství, inspekční činnost	6
10. Tribologie. Ochrana proti opotřebení	6
<b>Celkem</b>	<b>72 hodin</b>

### 2. semestr: Povrchové úpravy a protikorozní ochrana – 72 hodin

Téma	Počet hodin
11. Předúpravy a čištění povrchu	6
12. Kovové povlaky	6
13. Galvanické pokovení	10
14. Nekovové anorganické povlaky a konverzní vrstvy	6
15. Žárové pokovení a termodifuzní povlaky	6
16. Nátěrové hmoty a systémy	6
17. Práškové plasty a speciální technologie	4
18. Dočasná protikorozní ochrana	4
19. Kontrola kvality a zkušebnictví	8
20. Ekologie povrchových úprav	8
21. Laboratoře + Exkurze	6
<b>Celkem</b>	<b>72 hodin</b>

Informace a přihláška na [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz) nebo na tel: 605868932

Na základě časových možností povrchářů a strojařů je i nový Korozní inženýr 2024 zahájen v únoru.

Do studia je možné se již přihlásit

Je možné též zajistit studium a certifikaci Korozní Technik  
a Korozní technolog

# SÍTĚ

Ing. Josef Ježek – JEVAN, Ledeč nad Sázavou

Spletené a svázané provazy, vlasce, nitě, proutí, ba i kovové pruty či lanka, **vytvářejí rovinné obrazce** zvané **oka**. Sítě jsou koncipovány tak, aby co nejlépe naplňovaly potřeby uživatele. Malá oka na malé ryby, velká oka na velké ryby. To proto, aby malé rybky v síti neuvízly. Síť je použita člověkem k mnoha účelům. **K ochraně lidí, zvířat a flóry** před divou zvěří (ploty), **před** dotěrným **hmyzem** (v oknech), **před** padajícím **kamením** (z důvodu bezpečnostních). **K odpočinku** (hamaka) nebo **k očistě** povrchů (drátěnky). Také **k přenosu zboží** (síťovka), **k udržení tvaru** (vlasové **sítky**), **k obraně** před nepřítelem (maskování). Máme **sítě zpevňující** beton (armatury), **omítky** (rabicky). Sítě **oddělující prostory** pro **míčové hry** (fotbal, volejbal), **výplet** náradí (tenisové rakety). Sítě neslouží jen **k lovu** ryb a vodních živočichů, ale **veškeré zvěře, ptactva a hmyzu**. Při gladiátorských zápasech sloužila **síť jako** silná **zbraň**. **Pevné sítě**, tedy **síta**, se užívají k **třídění** (separaci) sypných materiálů, jako antény **k lovu** **EMG vln**. V potravinářství **k transportu, sušení a pečení výrobků**.

**Úvodní odstavec textu** naznačil **možnosti** technických zařízení typu **síta a sítě** ve hmotném světě. Název **sítí** užíváme i pro **jev** a **věci** spolu funkčně spojené, ale prostorově oddělené. Neuchopitelnost těchto sítí spočívá v geometrickém obsahu, neboť je z fyzikálního světa abstrahována. Například v oblasti přesouvání materiálů, živočichů a lidí do různých lokalit hovoříme o **dopravní síti**. Tisíce let to jsou stezky, cesty a silnice, představující první dopravní síť spojující lidská osídlení. V počátcích našeho letopočtu vedly všechny cesty do Říma, protože je Římané stavěli vydlážděné. I pro dopravu vody stavěli nákladné akvadukty. Po objevení síly páry přibýly k sítím silničním, vodovodním a kanalizačním i **sítě železniční**. Každá přirozená vodoteč vlastně představuje **síť vodní** dopravy.

Přeprava „fyzická“ se stále zdokonaluje za vzniku **sítí plynovodů, ropovodů, teplovodů, sítí námořní a letecké** dopravy. S objevením vlastností elektrických jevů přichází nová kvalita transportu. Tentokrát to už není hmota přenášená po silnici, železnici, potrubím, po laně nebo vodě z jednoho místa do druhého, ale přenos **energie nepohyblivými nosiči**. Jimi jsou pouhým okem neviditelné částičky naší reality, **elektrony**. A zde se otevřely nepředstavitelné možnosti lidského bytí a technické realizace. **Elektrické sítě** kovových vodičů zbavují lidi i domácí zvířata nepředstavitelné dřiny, které do jejího objevení museli vydávat. Elektrická energie se začala využívat k přenosu elektrických impulzů za vzniku **sítí telegrafické a telefonické, sítí silové energie** k pohonu dopravních strojů.

Zdálo se, že byly vyčerpány všechny možnosti elektrických sítí. Přišel však přelomový technický obor. **Přenos energie** na dálku, a to **bezdrátově**. Zatím tedy v energiích nepatrných, ale s nepředstavitelným dosahem. Rychlostí světla se tato energie pohybuje prostorem, protože je těže podstaty jako světlo. Jsou to vlny **elektromagnetické**, které přenáší radiové i televizní signály, lišící se kmitočtem. **Přijímače je musí rozklíčovat** a přizpůsobit lidským smyslům, **sluchu a zraku**.

A tady už dochází k něčemu, co prostý člověk jen obtížně chápe. **Sítě** těchto **signálů** nemají přesně definovanou cestu přenosu. Jsou posílány přes zesilovací (retranslační) mezistanice do místa určení, odráženy od ionosféry, posílány přes blízký kosmos satelitními družicemi. Takto vzniká nepřehledná **síť mobilních telefonů**. Je tu úžasná celosvětová **informační a komunikační síť (www)**, kde se ledacos můžeme dozvědět. Problém však začíná tam, kde je možné beztržně vysílat a přijímat živé zprávy, manipulovat s myšlením lidí, dezinformovat, přičemž producenti a aktéři tohoto informačního plevele jsou mnohdy anonymní. Za vše nové musí člověk platit.

**Nastala éra informací**. Elektromagnetické vlny mají sice fyzikální podstatu, ale jejich tvar (zpracování) je z rodu lidských myšlenek a emocí, slov a obrazů. Ocitáme se na poli sociálním, mezilidským. Proto se hovoří o **sítích sociálních**, ke kterým se můžete přihlásit a sdílet společné zájmy a stanoviska s ostatními účastníky. Nebo si zachovat svobodu uvažování a nevstoupit do nich. Tyto „**sítě** nazveme **živými**“, protože je vytváří a produkují **živé bytosti právě teď**. V budoucnu je může ovládnout i „**umělá inteligence**“. V tomto příspěvku se chci věnovat **hmotovým, energetickým a informačním sítím** téhož algoritmu:

**K pochopení funkce a pravidel sítí** musíme definovat pojmy, které budeme používat **v grafických** (geometrických) **záznamech** s následujícími významy. Jde o tři základní písmenné symboly – **Z; K; O**.

**Z: Bezrozměrný (bodový) geometrický objekt**, který může mít jmenný obsah: Zastávka, Závěr, Zásuvka, Základna, Zdroj.

**K: Jednorozměrný (čárový) geometrický objekt spojující dva objekty** typu **Z**. Tento objekt má jmenný obsah: Komunikace, Kanál, Kabel, Kontakt, Kmen.

**O: Jednorozměrný (čárový) geometrický objekt uzavřený sám do sebe**, na němž se nacházejí minimálně dva objekty typu **Z**. Tento objekt má jmenný obsah: Okruh, Obtok, **Oko**, Orbit, Obrys.

Povězme si něco o „**Okách (oknech) sítí**“. Jejich **tvar je zcela obecný**. U rybářských nebo sportovních sítí se nejčastěji setkáváme s **Obrysy** základních polygonů, počínaje trojúhelníky, čtyřúhelníky, šestiúhelníky. Cílem je určitá pravidelnost, takže s **Ok**y tvaru čtverce a šestiúhelníku. Z výrobního hlediska jsou pro fyzické sítě nejvhodnější čtyřúhelníková **Oka**, neboť všechny uzlové body (**Z**) sítě pak jsou „**čtyřmocné**“. Vstupují do nich čtyři vlákna, **Kabely (K)**.

Nyní **OBECNĚ**. Technické makro-sítě bývají rozsáhlé a velmi nepravidelné. Jejich **násobnost Ok** bývá **dvojnásobná až n-násobná**, podle počtu „**n**“ **uzlů (Z)** na jejich **Obvodu (O)**. **Počet prvků jakékoliv sítě má tvar**:

$$O + Z = K + 1$$

**Přírodní zákon** zapsaný **rovnici říká**, že **odlehlosti (délky) O a K** na obou stranách rovnice jsou **doplněné bezrozměrnými veličinami**, tedy čísla **Z a 1**. **Rovnováha je zachována!** Prvním a nejjednodušším obrazem sítě je základna pavoučí sítě, **úsečka** (zavřené **oko**). Pro **dva** různé úchytné **body** spojené vláknem píšeme: **0+2=1+1**. Kanál **K** je jednocestný. Pokud je dvojecestný (**K=2**), potom je rovnováha: **1+2=2+1**. Dvojecestný **Kanál** tvoří jeden **Okruh** a připomíná **Otevřené lidské Oko** se dvěma koutky (**Z=2**) a dvěma víčky (**K=2**). **Tři** různé energetické **Zdroje** spojené jednocestnými komunikačními **Kontakty** (v sérii) představují známé „**Boží oko**“ **1+3=3+1**, které naleznete v křesťanských chrámech nebo na jedné špičce chrámu **sv. Mikuláše** na Malostranském náměstí **v Praze**.

Charakteristickou sítí s více trojmočnými Závěry je každý Kruhový Objezd na silnicích nižšího řádu. Schematicky představuje kružnici, ze které trčí do volného prostoru dvě úsečky. Situaci zapíšeme rovnicí:  $1+4=4+1$  při  $O=1$ ;  $Z=4$  a  $K=4$ . Obecně potom pro  $N$  výstupů pišme:  $1+2.N=2.N+1$  Chceme-li ale zdůraznit silniční realitu, pak pro nájezd a výjezd z kruhového objezdu musí z kružnice trčet vždy dvojice úseček. Jedna nájezdová, druhá výjezdová, a to ve zvoleném smyslu objezdu dle obrazu:  $1+4.N=4.N+1$ .

Nyní se naskytá příležitost popsat dvě podobná základní uspořádání počátků sítí. To první, **Sluneční**, popisuje obecný kruhový objezd. Základnu, z níž radiálně vystupují paprsky, tvoří objekt určitého rozměru a tvaru. Třeba „**kruh**“ jako symbol **Slunce**. Tak jak jej kreslí malé děti. Počet paprsků není nijak omezen a pro uspořádání platí vztah:  $1+2N=2N+1$ . Jiné uspořádání nazvěme „**růžicovým**“, kde chybí povrch zářivého tělesa, ale paprsky vycházejí z jediného geometrického bodu. Jako při **Big Bangu**. Pro toto uspořádání platí formule:  $O+(N+1) = N+1$ , kde „ $N$ “ je počet paprsků a připomíná **osnovu pavoučí sítě**. Jak vidno, každý dětský čárový obrázek můžeme zkoumat zákonitostmi „**Teorie sítí**“.

„**Teorie sítí**“ připomíná „**Teorii barevných obrazů**“, u níž konstantou pravé strany rovnovážné rovnice je **číslo dvě**. Na základě zmíněné podobnosti obou teorií můžeme predikovat i platnost **kontrolních rovnovážných vztahů mezi počty a kvalitami** veličin daných symbolicky **Z** a **O**. Zopakujme hranice hodnot těchto veličin: **Mocnost bodů Z** je v rozpětí „ $m$ “ ( $Z \geq 1$ ), **Násobnost okruhů O** v rozpětí „ $n$ “ ( $O \geq 2$ ). **Součet mocností ( $m_i$ ) všech bodů  $Z_i$  na síti se musí rovnat součtu násobností ( $n_j$ ) všech okruhů  $O_j$  na téže síti. Napišme:**

$$\sum Z_i \times m_i = \sum O_i \times n_i$$

## Tato rovnováha nemůže být nikdy porušena.

**Jak dochází k výpočtu** výše napsané rovnice? Nejlépe to ukážeme na obrázku **sítě s kytičkou, kopretinou**. Základem květu je kruh, z něhož vystupuje konkrétní přirozený počet okvětních lístků (**N**). Každý je uchycen dvěma body ( $Z=2$ ) na kruhu. Číslo (počet) okruhů je tedy  $O = N+1$ , přičemž **N** jich je **dvojnásobných**, ( $N \times 2$ ) a **jeden 2N násobný**. Číslo (počet) **bodů Z** je **N** a všechny jsou čtýřmočné. Obraz kopretiny nebo sedmikrásky představuje síť:  $N \times 2 + 2 \times N = 4 \times N$ ;  $4N = 4N$

Hezkým příkladem sítě je také typické čtyřtabulkové okénko, malované dětmi. Jeho rám zapíšeme:  $4+9 = 12+1$ . Na rámu jsou **čtyři** dvojmocné (rohové) body, **čtyři** trojmočné (půlící) body rámu a **jeden** čtýřmočný (centrální) bod. **Suma mocností** pak je následující.

$$\sum Z_j \times m_j = Z_1 \times 2 + Z_2 \times 3 + Z_3 \times 4 = 4 \times 2 + 4 \times 3 + 1 \times 4 = 8 + 12 + 4 = 24$$

Suma násobností **Obvodů (Obrysů)** je tato. Čtyři **Obrysy** se čtyřmi body (čtýřnásobné tabulky) a jeden **Ohraničující (Obalový) Obrys** sítě, osminásobný.

$$\sum O_i \times n_i = O_1 \times 4 + O_2 \times 8 = 4 \times 4 + 1 \times 8 = 16 + 8 = 24$$

Takto je postaven fyzikální **svět pomocí dvou matematických rovnic**. První nám vypovídá o **rovnováze počtu** čtyř zdánlivě různorodých geometrických **parametrů**, druhá potom o **rovnováze kvalit Zdrojů** (mocností a počtu z nich vystupujících **Odlehlostí**) a **násobností Obvodů**, tj. počtu **Zdrojů** k uzavření jednoho každého **Okruhu**.

## SÍTĚ VAZEB

**Chemie jest oblastí vědění, kde nachází uplatnění teorie sítí**. To, že drží pohromadě atomy různých prvků a vytváří molekuly či krystaly, to je jen díky elektromagnetickým silám, tedy **vazbám** mezi nimi. Vzpomeňme výuku této poměrně mladé vědy (její předchůdce alchymie byla také zajímavou), kde se uplatňuje aritmetika v té nejryzejší podobě. Jde o vědní obor, v němž dominují **přirozená čísla**, protože se **pracuje s jednotkovými nosiči elektromagnetické síly, s elektrony**. Dále už nedělitelnými. Valenční sféra atomů rozhoduje o tom, jestli se ten který atom spojí v molekulu sám se sebou nebo s jiným atomem.

**Anorganická chemie** vypráví o sloučeninách s poměrně krátkým modelem jejich vzniku. Jsou však prvky, jako **uhlík ( $C_6$ )** nebo **křemík ( $Si_{14}$ )**, které mají spojovacích lokalit (vazeb) k řetězení nejvyšší možný počet, **čtyři**. **Počet vazeb**, nebo jinak **počet Kontaktních, Kanálových, Komunikáčnických, Kmenových či Kabelových lokalit**, umožňujících spojení se s jiným atomem, je dán **mocenstvím prvku** k vodíku. Je vytvořena dětská představa, že atom každého prvku má určitý počet „volných ručiček“, kterými se může chytit za ručičku atomu jiného prvku. V elektronovém obalu jádra lehkých prvků je poslední sféra označována jako **valenční (oktanová)**. Na ní se ve čtyřech orbitech po dvou vejde maximálně osm elektronů, schopných spojení. A uhlík **má k vazbě** použitelné právě **čtyři** z nich.

**Prvky**, jenž mají valenční sféru obalu atomu beze zbytku obsazenou vlastními elektrony, jsou **netýkávé k jiným atomům**. S jinými se nespojují, říkáme, že **jsou netečné**. Protože uhlík jako prvek je tak velmi kontaktní a družný, dokáže vytvářet nespočet molekul sloučenin, a to velmi bohatých na množství jiných prvků. Říkáme, že „vytváří dlouhé molekuly“, které jsou základem pro organické látky. Touto problematikou se zabývá chemie, kterou nazýváme „**organickou**“. A právě zde se velmi uplatní teorie sítí. Každý atom jakéhokoliv prvku můžeme považovat za „**bodový**“. **Podle chemického mocenství** můžeme **mluvit o mocnosti** jeho „**bodového obrazu**“. No, a potom každou nataženou ručičku ke spojení (vazbu) můžeme považovat za kontakt. **Počet atomů v grafickém obrazu molekuly** (chemické „**síti**“), vyjadřuje číslo „**Z**“. **Počet** všech spojů bodů „**Z**“ je **počet Kontaktních „K“**, a počet obvodů tvořených kontakty vyjadřuje číslo „**O**“.

Nejjednodušší sloučeniny **uhlíku s vodíku** nazýváme, jak jinak, **Uhlovodíky**. Tvoří řadu: metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ ), propan ( $C_3H_8$ ), atd. Schémata vazeb (sítí) představují řadu atomů uhlíku „obalenou“ atomy vodíku se všemi jednoduchými vazbami. **Rovnice rovnováhy** jsou:  $O+5=4+1$ ;  $O+8=7+1$ ;  $O+11=10+1$ .

**Schémat sítě organických molekul** bývají obohacena o **symbol benzenového jádra**. To má tvar **hexagonu** (šestiúhelníku), spojujícího šest atomů uhlíku  $^{12}_6C$  do cyklicky, přičemž **tři** ze šesti vazeb jsou **podvojně**. Nemuseli bychom si podvojných vazeb všimnout, ale můžeme je také chápat jako **dvojcenná spojení** dvou bodů, tedy jako zavřené „**oko**“ a počítat je mezi okruhy „**O**“. **Biphenil** je hezkou ukázkou toho, jak se spojí jednou vazbou dvě benzenová jádra obklopena atomy vodíku ( $C_6H_5-C_6H_5$ ). Rovnovážnou rovnicí lze zapsat dvojím způsobem:

$$2 + 22 = 23+1 \quad \text{nebo} \quad 8 + 22 = 29+1$$

Acetylen ( $C_2H_2$ ) má mezi dvěma atomy uhlíku **trojnou vazbu**, „**krokodýlí oko**“.

## SÍŤ VZTAHŮ

Sítě obchodů, servisů, lékáren, a prostě všech institucí téhož oboru, jsou sítěmi mezilidskými, sociálními. Nazýváme je sítěmi živými. Pojem živé je použit pro takové síť, ve kterých jsou Aktéři, tedy Zdroje ve vzájemném pohybu, a tudíž se Kanály (Kabely) mezi nimi mohou prostorově a v čase křížit i měnit. Cesty Kontaktů se vzájemně neovlivňují. Příkladem takové sítě může být síť mobilních telefonů. Lze říci, že každý ( $Z_1$ ) s každým ( $Z_2$ ) může navázat kdykoliv spojení, vytvořit Komunikační Kanál. Takové Kanály jsou pak v Potenci, v Možnosti. Mohou se a nemusí v daný okamžik spojovat. Pokud bude počet účastníků sítě představovat množinu  $Z_N$ , potom počet všech možných kontaktů (v potenci) bude dán Kombinačním číslem  $Z_N$  nad dvěma. Kontakt se v jeden okamžik odehrává jen mezi dvěma Zákazníky (Základnami).  $K_N = \binom{Z_N}{2}$ .

$$K_N = (Z_N \cdot Z_{N-1}) / 2$$

Číselně je počet Kanálů polovinou ze součinu posledního a předposledního počtu Zákazníků. Dosadíme tento poznatek do první rovnovážné rovnice sítě.

$$O + Z = K + 1$$

$$\binom{Z_{N-1}}{2} + Z_N = (Z_N \cdot Z_{N-1}) / 2 + 1$$

$$\binom{Z_{N-1}}{2} + Z_N = (Z_N \cdot Z_{N-1}) / 2 + 1$$

Jak vidno, rovnováha je zachována i v síti mobilních telefonů a v jiných živých sítích. Počet Okruhů (O) je dán kombinačním číslem  $K_{N-1} = \binom{Z_{N-1}}{2}$ . Nastávají však situace, kdy více účastníků sítě touží komunikovat současně v partě, nejen ve dvou. Honosně potom toto setkání nazývají „Konferencí“, a to buď „Audio“ nebo „Video“. Takto uměle vytvořené simultánní setkání vyžaduje n-násobný „Okruh“. Například, pět aktérů konference představuje kapacitu  $O = \binom{5}{2} = 10$  x větší než běžný rozhovor dvou lidí.

## SÍŤ ČASU

Existují síť s logickým sledem, tedy takové, kdy skutečně příčina předchází důsledku. Jejich obrazy říkáme „síťové grafy“. Nosičem a průvodcem sítě je čas, jízdní řád. Příkladem jsou schémata stolních her typu šachu, dámy apod. Určitá situace nemůže nastat, pokud v předchozím tahu nebyla možná. Vede to pak často k disputaci, co by se stalo, kdyby? Absurdita! Analýza může ukázat slepou cestu. Mnohé kanály jsou jednosměrné, nevratné. Při hře by se mělo počítat s různými pojistkami, paralelami, obchvaty, nouzovými východy. To je případ většiny jízdních řádů v dopravních sítích.

Obecně lze říci, že každá plánovaná aktivita má pravidla hry. Začíná to třeba nápadem dvou medvídků od Kolína: „Pane, pojďte si hrát!“. „A na co si, pane, budeme hrát?“. „Třeba na podnikání“. „Tak jo!“ Na začátku musíme znát zadaný úkol a cíl, jako třeba: 1) Zavést novou výrobu. 2) Zvýšit produktivitu. 3) Zabezpečit průběh veletrhu. 4) Zastavět konkrétní plochu, apod.

Takto vypadá každodenní nabídka a poptávka úkolů (her) na trhu. Stačí si vybrat. Hra začne rozhodnutím, do čeho půjdeme. Chce to mít obecné povědomí, co daný úkol obnáší, jaké lidské a materiální zdroje budou zhruba potřeba. V minulé době jsme měli jasno v pěti krocích jakékoliv tvůrčí práce (tj. hry):

Primární nadšení; 2) Sekundární vystřízlivění; 3) Nalezení viníků;

4) potrestání nevinných; 5) Odměnění nezúčastněných.

Dnes 1) Začátek; 2) Zastávky; 3) Zakončení; 4) Závěr; 5) Zhodnocení;

Síťový graf je umělecké zpracování témat, jak budeme postupovat. Uzlové body obsahují očekávanou chronologii (časový sled), protože v jejich spojovacích kanálech proudí čas. Při větších akcích se nám však nedaří „z objektivních důvodů“ harmonogram dodržet. Co přibližně obsahují jednotlivé etapy:

**Začátek:** Zdůvodnění potřeby akce, Patentový průzkum; Průzkum trhu, Finanční krytí, Spolupracující objekty, Projektová příprava, Schválení úřady, .....

**Zastávky:** Jinde to už dělají, jinak a lépe, Banky dělají potíže, Očekávali jsme větší objemy, Spolupráce vážne, Nemáme lidi, Chyby v projektové dokumentaci, Nedodržení vlivu na životní prostředí, Časový skluz, .....

**Zakončení:** Došli peníze, Zmetkové polotovary, Věřitelé přestali dodávat, Sponzoři nemají zájem, Spolupracující ohlásili úpadek, Hygienici, Penále, Protesty zelených i obyvatelstva, .....

**Závěr:** Vytýčený cíl byl dobrý, ale hlavní manager selhal. Neudržel disciplínu po všech stránkách. Návrh: přeložit jinam, na jinou akci, .....

**Zhodnocení:** Ztráty sice byly, ale mohli být mnohem větší, kdybychom celou akci včas nezastavili. Doporučujeme: vyplatit zbývající odměny nadřízeným orgánům .....

## Odborné vzdělávání

Centrum pro povrchové úpravy v rámci celoživotního vzdělávání v oboru povrchových úprav připravuje základní kvalifikační kurz pro pracovníky galvanoven:

# GALVANICKÉ POKOVENÍ

## ZAHÁJENÍ KURZU – dle počtu přihlášených

Kurz je určen pro pracovníky galvanických provozů, kteří potřebují doplnit vzdělání v této kvalifikačně náročné technologii povrchových úprav. Program studia umožňuje porozumět teoretickým základům a získat vědomosti o technologiích galvanického pokovení potřebné pro praxi.

Cílem studia je zabezpečit potřebnou kvalifikaci pracovníků galvanoven, zvýšit efektivnost těchto provozů a zlepšit kvalitu galvanických povlaků. Postupně je probrána problematika povrchových úprav s důrazem na galvanické technologie v celém rozsahu potřeb pro získání kvalifikačního certifikátu.

### Obsah kurzu:

- Příprava a čištění povrchu před pokovením
- Principy vylučování galvanických povlaků
- Technologie galvanického pokovení
- Následné a související procesy povrchových úprav
- Bezpečnost práce a provozů v galvanovnách
- Zařízení galvanoven
- Kontrola kvality povlaků – přístrojové vybavení
- Ekologické aspekty galvanického pokovení a péče o vodu
- Příčiny a odstranění vad v povlacích
- Exkurze do předních provozů povrchových úprav



**V případě potřeby připravíme program dle požadavků firmy.**

### Garanti kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.  
Ing. Petr Szelag (Pragochema spol. s r.o.)

### Rozsah kurzu:

6 dnů (42 hodin)  
(3 x 2 dny)

**Místo konání:** FS ČVUT v Praze

**Kromě specializace na technologie povrchových úprav je možné připravit školení z dalších výrobních technologií.**

**Více informací:** Ing. Jan Kudláček, Ph.D. (tel: 605868932, email: [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz))

Centrum pro povrchové úpravy v rámci celoživotního vzdělávání v oboru povrchových úprav připravuje základní kvalifikační kurz pro pracovníky práškových lakoven:

## POVLAKY Z PRÁŠKOVÝCH PLASTŮ

### ZAHÁJENÍ KURZŮ – dle počtu přihlášených

Kurz je určen pro pracovníky práškových lakoven, kteří si potřebují doplnit vzdělání v této technologii povrchových úprav. Program studia umožňuje porozumět teoretickým základům povrchových úprav a získat potřebné vědomosti o základních technologiích práškového lakování.

Cílem studia je zabezpečit potřebnou kvalifikaci pracovníků práškových lakoven, zvýšit efektivnost těchto provozů a zlepšit kvalitu realizovaných povrchových úprav.

Postupně je probrána problematika této technologie v celém rozsahu teoretických i praktických požadavků a potřeb pro získání kvalifikačního certifikátu.

#### Obsah kurzu:

- Základy koroze a protikoroze ochrany
- Předúpravy a čištění povrchů
- Práškové plasty (vlastnosti, volba, aplikace)
- Technologie práškového lakování
- Zařízení a vybavení práškových lakoven
- Kontrola kvality povlaků
- Bezpečnost práce v lakovnách
- Související procesy (zdroje vzduchu a jeho čištění, vytvrzovací pece, stříkácí pistole, roboty)
- Příčiny a odstranění vad v povlacích



#### Garant kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

[Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz](mailto:Viktor.Kreibich@fs.cvut.cz)

#### Rozsah kurzu:

6 dnů (42 hodin)

**Kromě specializace na technologie povrchových úprav je možné připravit školení z dalších výrobních technologií.**

**Více informací: Ing. Jan Kudláček, Ph.D. (tel: 605868932, email: [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz))**

## Odborné akce



COREZINC



## Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.

ve spolupráci s generálním partnerem akce, společností  
COREZINC s.r.o. (www.corezinc.com) a partnerem společenského večera, společností  
TEPLOTCHNA PRŮMYSLOVÉ PECE, s.r.o. (www.tpp.cz) si Vás dovoluje pozvat na

# 28. KONFERENCI ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ

3.–5. října (oktobra) 2023, Clarion Congress Hotel Ostrava\*\*\*\* (www.clarioncongresshotelostrava.com)

Exkurze: • Dolní Vítkovice (DOV; www.dolnivitkovice.cz)  
• Zaklady Górnicz-Hutnicze „Bolesław” S.A. (www.zghboleslaw.pl)



### PROGRAM KONFERENCE

#### úterý 3. 10. 2023

- 11:30 hod. registrace účastníků konference
- 12:00 hod. valná hromada AČSZ (pouze pro členy AČSZ)
- 14:45 hod. odjezd 1. autobusu na prohlídku DOV  
a posezení s večeří v Brick House
- 15:15 hod. odjezd 2. autobusu na prohlídku DOV  
a posezení s večeří v Brick House
- 22:00 hod. odjezd posledního autobusu do hotelu



#### středa 4. 10. 2023

- 08:00 hod. registrace účastníků konference
- 09:00 hod. zahájení, přednášky a prezentace firem
- 10:45 hod. přestávka
- 12:30 hod. společný oběd
- 14:00 hod. přednášky a prezentace firem
- 16:30 hod. ukončení přednášek a prezentací firem
- 19:00 hod. společenský večer v konferenčním hotelu



#### čtvrtek 5. 10. 2023

- 09:00 hod. odjezd autobusu na exkurzi do ZGH „Bolesław” Bukowno S.A.
- 11:00 hod. prohlídka nové linky na výrobu zinku. Po skončení exkurze odjezd autobusu zpět do hotelu



Mediální partneři:

**KONSTRUKCE**  
all-for **power**



**Sekretariát:**

Asociace českých a slovenských zinkoven, z. s.  
Na Burni 1497/39  
CZ 710 00 Ostrava – Slezská Ostrava

tel.: +420 596 110 783  
fax: +420 960 596 110 783  
mobil: +420 602 690 089  
e-mail: info@acsz.cz

**WWW.ACSZ.CZ**

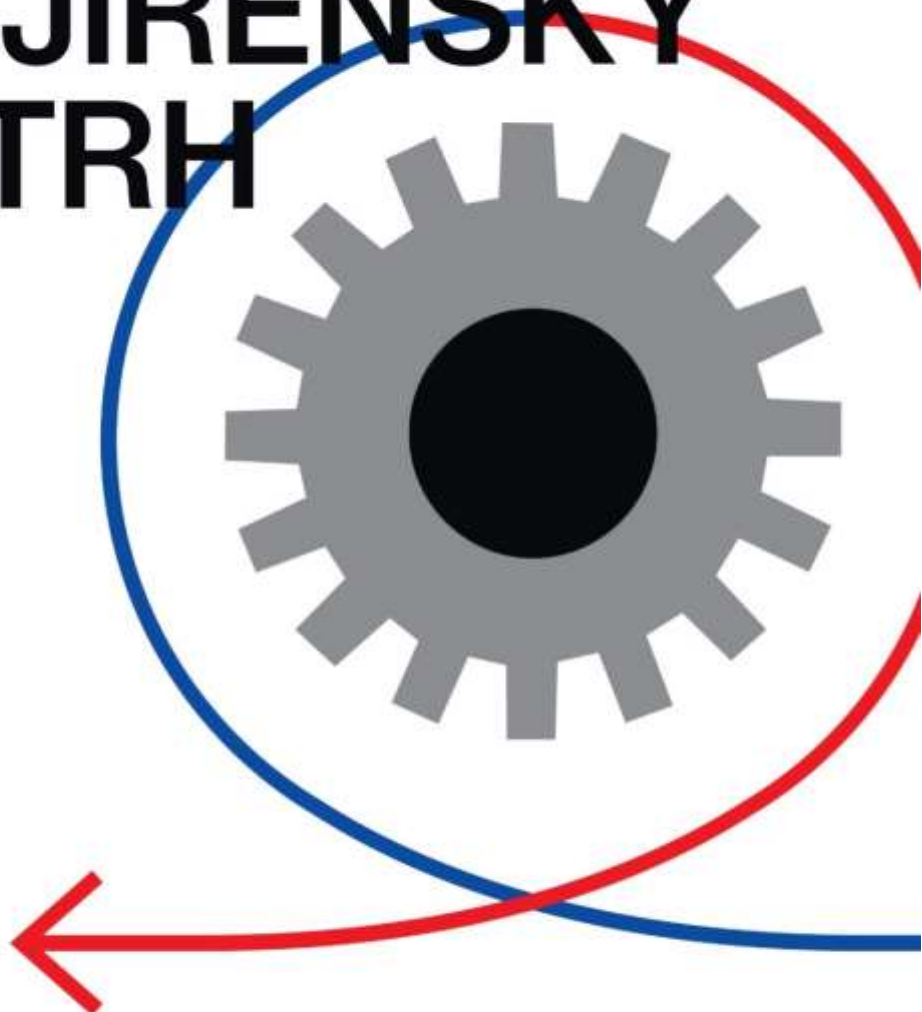
**Organizační garant:**

Ing. Petr Strzyž

**Bankovní spojení:**

AČSZ  
Banka: ČSOB, a.s., Ostrava, Hollarova 5  
CZK účet: č.ú. 476977503/0300  
IBAN: CZ65 0300 0000 0004 7697 7503  
EUR účet: č.ú. 266488058/0300  
IBAN: CZ18 0300 0000 0002 6648 8058  
BIC: CEKOCZPP

# 64. → MEZINÁRODNÍ STROJÍRENSKÝ VELETRH



## 10.–13. 10. 2023 BRNO





# Fórum nerezářů 2023



**FocusNerez** pořádá

**10. konferenci o korozi vzdorných ocelích**

určenou pro zpracovatele, uživatele a obchodníky s korozi vzdornou ocelí

**23. - 25. října 2023**

**Hotel Studánka, Rychnov nad Kněžnou**

**Exkurze: ESAB VAMBERK, s.r.o., člen koncernu**

Generální partner



NEREZOVÉ ROŠTY

Partneři



Mediální partneři



**www.forum-nerezaru.com**



KONFERENCE 2023  
**KONSTRUKCE**

**KONFERENCE ČESKÉ ASOCIACE OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ**  
a Generální shromáždění ČAOK

2. listopadu 2023, NH Collection Olomouc Congress Hotel



**Konference  
KONSTRUKCE 2023**

- okruh 1 – Mosty
- okruh 2 – Ocelové konstrukce v pozemním stavitelství

**Společenský večer**  
s rautem a ochutnávkou vína

**Generální  
shromáždění ČAOK**  
(jen pro členy ČAOK)

Konference je zařazena do systému celoživotního vzdělávání členů ČKAIT – ohodnocení 1 bod

Hlavní  
partneři

Metrostav DIZ



Partneři



KONECRANES

DEMAG



Mediální  
partneři

KONSTRUKCE



Pořadatel



Online registrace na [www.konferencekonstrukce.cz](http://www.konferencekonstrukce.cz)

## 26. konference AKI – Koroze a protikorozi ochrana materiálů

1. - 3. 11. 2023, Hotel Primavera, Plzeň

Konference se tradičně věnuje hlavním tématům korozního inženýrství, protikorozi ochrany a korozního výzkumu.

Konference AKI, s podtitulem Koroze a ochrana materiálů, je tradičním setkáním korozních inženýrů z aplikační a akademické sféry. Představuje vzácnou příležitost pro konstruktivní dialog mezi praktiky z chemického, energetického, petrochemického průmyslu a jiných odvětví a korozními výzkumníky.

### Zaměření konference:

- Protikorozi ochrana povrchovými úpravami
- Koroze v automobilovém průmyslu
- Koroze úložných zařízení a katodická ochrana
- Koroze v atmosféře
- Koroze v energetice a chladicích okruzích
- Koroze kovových památek
- Koroze biomateriálů
- Korozní zkušebnictví a monitoring

Bližší informace: [www.aki-koroze.cz/konference.php](http://www.aki-koroze.cz/konference.php)



**KONFERENCE  
PIGMENTY  
A POJIVA**

**6.–7. 11. 2023**

**Hotel JEZERKA  
Seč u Chrudimi**

Zaregistrujte se již nyní  
pro nižší ceny vložného!

### PIGMENTY • POJIVA • SPECIÁLNÍ MATERIÁLY

Odborné setkání zaměřené na aplikovaný výzkum a výrobu povrchových úprav pomocí nátěrových hmot a organických povlaků.

Odborní partneři  
**Univerzita Pardubice,  
Fakulta chemicko-technologická,  
Ústav chemie a technologie  
makromolekulárních látek  
Česká společnost chemická**

Hlavní sponzor  
**RADKA Pardubice**

Pořadatel  
**CHEMAGAZÍN**



[pigmentyapojiva.cz](http://pigmentyapojiva.cz)



**19** ■ **MEZINÁRODNÍ  
ODBOBNÝ  
SEMINÁŘ**

## **PROGRESIVNÍ A NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV**

**29. – 30. 11. 2023**  
OREA CONGRESS HOTEL  
BRNO

Partner semináře:

BVV



Veletrhy  
Brno

Mediální podpora:

*Technický týdeník*

**KONSTRUKCE**



**WWW.POVRCHARI.CZ**



# VOJENSKÉ ZPRAVODAJSTVÍ

**CHCETE SE PŘIPOJIT  
K PRESTIŽNÍ ZPRAVODAJSKÉ ORGANIZACI?**

**HLEDÁME NOVÉ KOLEGY**  
kteří posílí náš tým v následujících oborech:

## **CHEMIK - GALVANIK - TECHNIK**

SŠ vzdělání chemického nebo technického směru (absolventy zaškolíme)

příprava a údržba galvanických lázní • galvanoplastika - chemické pokovování  
analýza a kontrola kvality lázní • tvorba technologických postupů

## **CHEMIK - ANALYTIK**

VŠ vzdělání chemického směru (absolventy zaškolíme)

práce v analytické laboratoři • kapalinová chromatografie, hmotnostní spektrometrie HPLC/MS  
IČ spektrometrie FTIR s modulem Raman • UV/VIS spektrofotometrie

## **POŽADUJEME**

osobnostní, fyzickou, zdravotní a bezpečnostní způsobilost  
schopnost komunikace a práce v týmu  
pečlivost, spolehlivost a odpovědnost

## **NABÍZÍME**

nadstandardní finanční ohodnocení včetně bonusu  
možnost dalšího vzdělávání včetně možnosti profesního růstu

**NEBOJTE SE NÁS KONTAKTOVAT**

**WWW.VZCR.CZ**



**Certifikační sdružení pro personál - APC, z.s.**

## NABÍDKA SLUŽEB

**Podnikatelská 545, 190 11, Praha 9**

**KVALIFIKACE  
A CERTIFIKACE**



**APC jako nejstarší akreditovaný certifikační orgán NDT v ČR**

zajišťuje personální certifikaci a kvalifikaci technického personálu.

APC je akreditováno Českým institutem pro akreditaci (ČIA, o. p. s.)

v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO / IEC 17024 : 2013  
pro NDT metody AT, ET, FT, LT, MT, PT, RT, UT a VT.

### Pro pracovníky v oboru:

#### ➔ NEDESTRUKTIVNÍ DEFEKOSKOPIE

- nedestruktivní defektoskopie podle standardu **Std-101 APC**
- specifické činnosti NDT standard **Std-202 APC**
- specifické činnosti NDT standard **Std-201 APC**

#### ➔ KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANY

- koroze a protikorozní ochrana standard **Std-401 APC**

#### ➔ TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

- tepelné zpracování kovů standard **Std-402 APC**

Jak získat **CERTIFIKÁT APC** v osmi snadných krocích?

- 1.** *Podáte* přihlášku ke školení
- 2.** Školení
- 3.** Osvědčení o školení + praxe
- 4.** *Podáte* přihlášku ke zkoušce
- 5.** Zkouška
- 6.** Osvědčení o zkoušce
- 7.** *Podáte* žádost o certifikát
- 8.** Vydání certifikátu APC



**Kontaktujte nás: [www.apccz.cz](http://www.apccz.cz) [apc@apccz.cz](mailto:apc@apccz.cz) tel.: 246 061 395**



KOVO FINIS

Šetrné k životnímu prostředí

Maximální výkon

Plně automatické

Optimalizované  
provozní náklady



Největší český dodavatel technologií pro povrchové úpravy a čištění odpadních vod.

- Galvanické linky
- Lakovny
- Čistírny odpadních vod - Uzavřené systémy
- Vakuové odparky
- Filtrační systémy (reverzní osmózy, ultrafiltrace)

Vývoj  
Návrh  
Výroba  
Zprovoznění

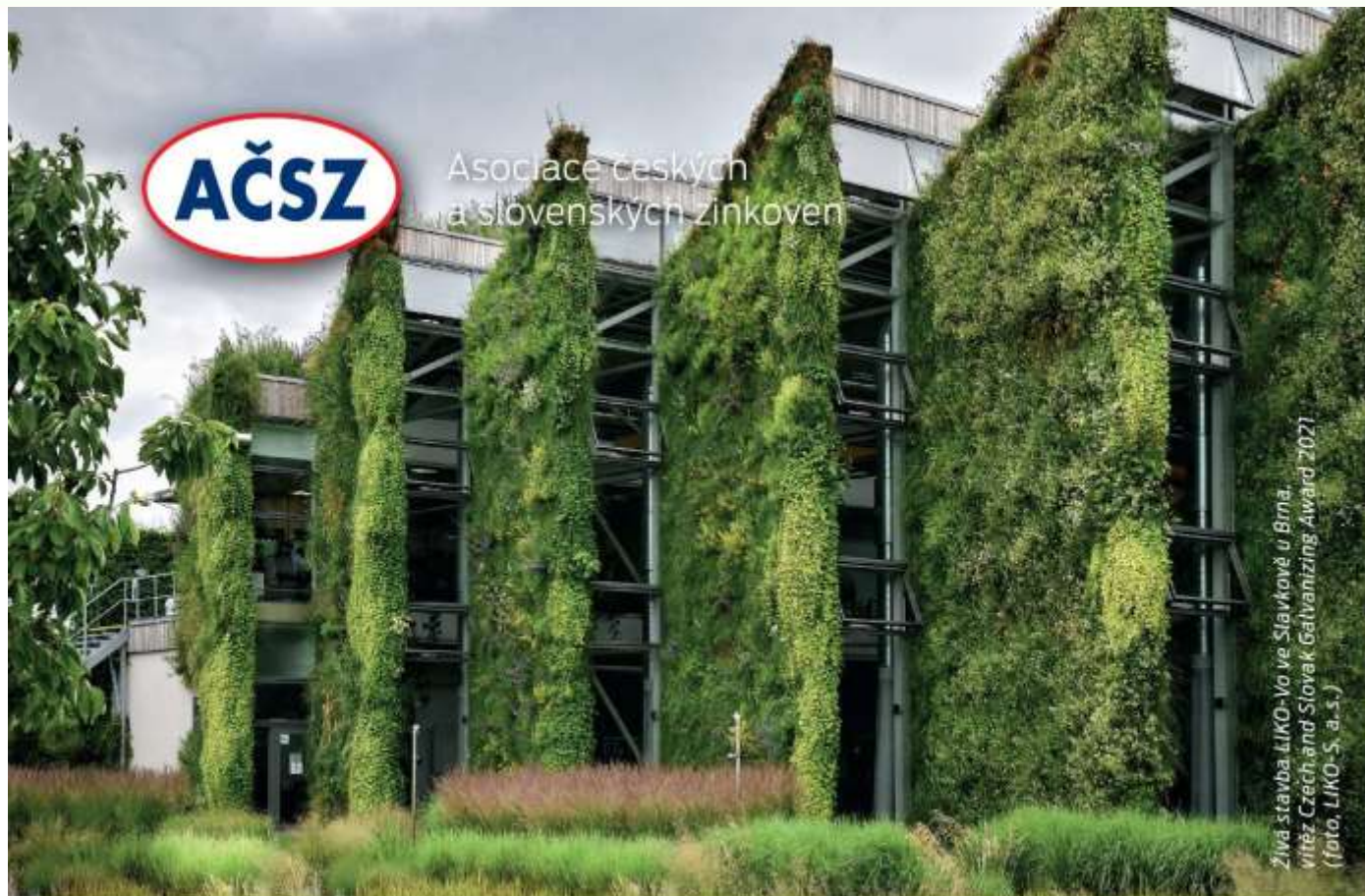
KOVOFINIŠ a.s.

Podolí 600, Ledec nad Sázavou

+420 569 771 111, kovofinis@kovofinis.cz

www.kovofinis.cz





## 12 ARGUMENTŮ PRO ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

- dlouhodobá životnost a bezúdržbovost povlaku
- výborná mechanická odolnost
- nízká pořizovací cena úpravy
- vysoká rychlost aplikace bez dodatečných úprav
- dokonalé pokovení dutin a hran
- katodická ochrana
- dobrý kovový vzhled povlaku
- po aplikaci okamžitá možnost montáže
- dobrá přilnavost povlaku
- snadná kontrola kvality pokovení
- šetrnost k životnímu prostředí
- zvýšení požární odolnosti ocelové konstrukce



EN ISO 1461

**V kombinaci s nátěrovým systémem životnost až 100 let (duplexní systém)**



[www.acsz.cz](http://www.acsz.cz)



[www.zinkujeme.cz](http://www.zinkujeme.cz)

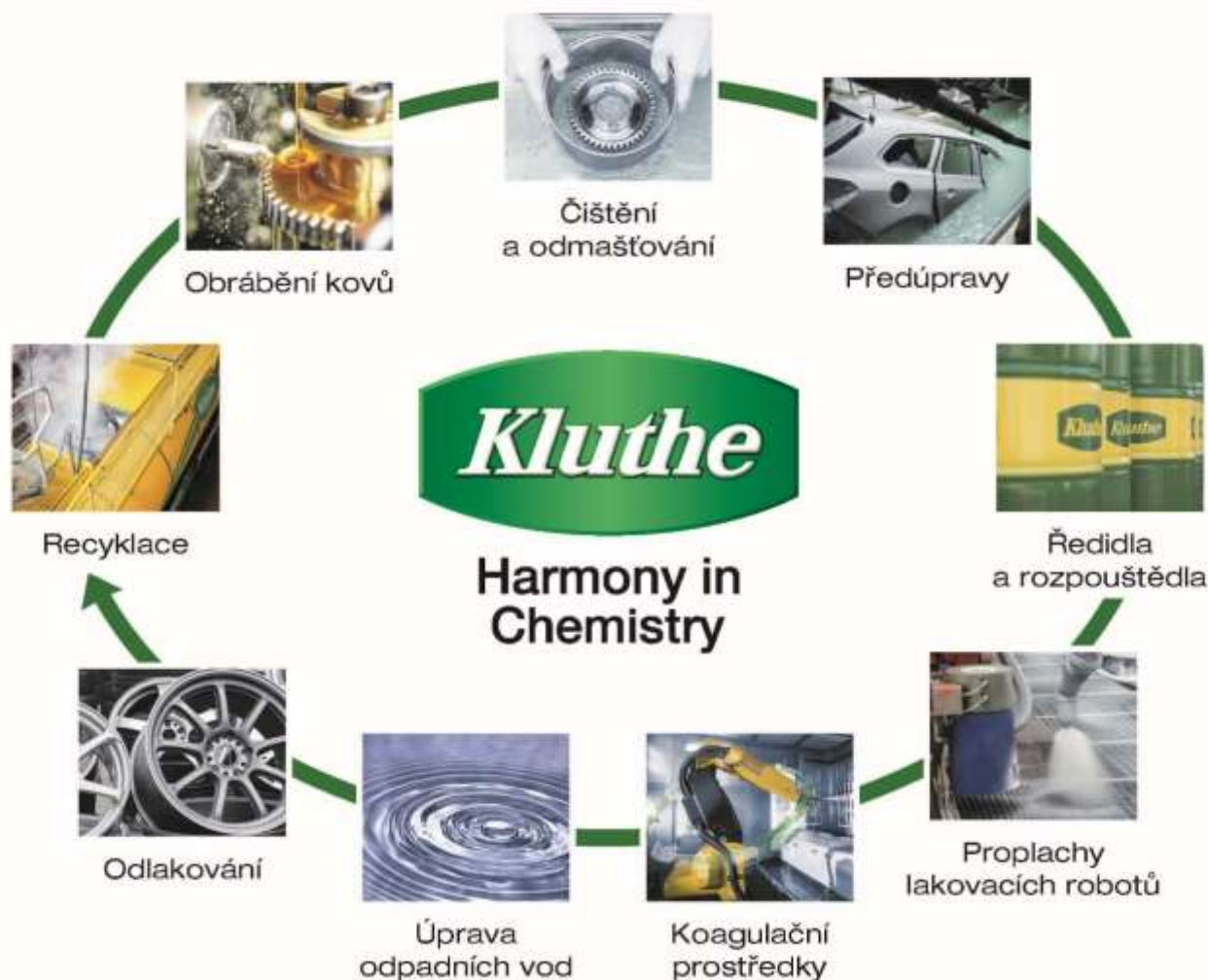


[www.zinkujeme.sk](http://www.zinkujeme.sk)





## KOMPLEXNÍ CHEMIE PRO VÝROBU 360°



**Kluthe CR, s.r.o.**

Podkovářská 674/2

190 00 Praha 9

Česká republika

Tel.: +420 493571623

E-mail: [kluthe@kluthe.cz](mailto:kluthe@kluthe.cz)

[www.kluthe.cz](http://www.kluthe.cz)

## Redakce online časopisu POVRCHÁŘI

---

Časopis Povrcháři je registrován jako pokračující zdroj u Českého národního střediska ISSN.

Tento on-line zdroj byl vybrán za kvalitní zdroj, který je uchováván do budoucna jako součást českého kulturního dědictví.

**Povrcháři ISSN 1802-9833**

### Šéfredaktor

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., tel: 602 341 597

### Redakce

Ing. Jan Kudláček, Ph.D., tel: 605 868 932

Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE tel: 720 108 375

### Kontaktní adresa

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Semonice 110

551 01 Jaroměř

**e-mail: [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)**

**tel: 605868932**

### Grafické zpracování

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D.

### Redakční rada

prof. Ing. Pavol Božek, STU Bratislava, MTF Trnava

prof. Ing. Andrea Kalendová, Univerzita Pardubice

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc., ČVUT v Praze

doc. Ing. Václav Machek

Ing. Jana Vrbová, Certifikační sdružení pro personál, z.s.

Ing. Petr Szelag – Pragochema spol. s r.o.

Ing. Jan Kudláček, Ph.D., ČVUT v Praze

Ing. Jiří Kuchař, Ph.D., IWE, ČVUT v Praze

Přihlášení k zasílání online časopisu je možno provést na [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

Všechna vyšlá čísla je možné stáhnout na [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz)