

# Povrcháři

8. číslo Prosinec 2019

Vzdělávání v oboru povrchových úprav na ČVUT v Praze

„Povrchové úpravy ve strojírenství“

Vliv práškového nátěru na ekonomiku lakovny

Robotické lakování velkorozměrových dílů

Nové produkty PosiTest a PosiTector  
pro kontrolu povrchových úprav

Progresivní technologie v lepení

Optimalizace třecích ztrát pomocí úpravy  
parametrů dokončovacích operací povrchu

PYTHAGORŮV ODKAZ  
aneb co nám bylo zatajeno



## Slovo úvodem

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

Jak se zdá z toho všeho shonu, brzičko nastane opět ta chvíle, kdy se rok s rokem sejde.

Díky všem mírumilovným a pracovitým jsme prožili ten letošní rok téměř všichni v naší krásné vlasti v míru a dostatku všeho, co lidé ke spokojenému životu potřebují. Zdraví, práci, lásku, a pak trochu toho tepla, světla, vody, něco k zakousnutí a taky trochu toho štěstí. Nejvíc si to uvědomujeme, když se něčeho z toho nedostává...

Těm, co to štěstí, nebo něco jiného v našem okolí, nemají, měli bychom, pokud můžeme, pomáhat s životem se prát. Dobrým slovem, radou, prací, darem, a to ne pouze v jeden slavnostní den či večer. A vůbec nejen teplou polévkou. To nechme těm chudým duchem, co se rádi fotografují, aby nebylo tolik vidět, jak ani letos, pro ty potřebné, nic neudělali.

Mějme všichni stále na paměti, že neštěstí, nemoc, smůla, či pochybení nechodí po horách, ale po lidech. Může navštívit každého z nás lidí, i když s tím vůbec nepočítáme a zrovna se nám to vůbec nehodí. Stonat, být bez toho, koho máme rádi, bez práce, bez prostředků, bez domova...

A než se ten starší rok potká s tím mladším, oslavme všichni nejkrásnější svátky v roce, ať si vzájemně přejeme veselé Vánoce, veselou Chanuku či v případě ateistů Na zdraví všech, kteří mrznou v chrámech.

Vánoce jsou nerozlučně spjaty se vzpomínkami na to krásné z loňska, z dětství, z minulé doby i s nadějemi na zítřka, na příští rok a na budoucnost v čase, kdy všechny cesty lidí vedou domů.

Dokonce i mrzouti, kteří odmítají předvánoční shon a konzumní pojetí Vánoc nebo i ti, co nechtějí mít se svou rodinou moc společného, se nakonec těší ze slavnostních chvil u prostřeného stolu se svými blízkými nebo alespoň se zavoláním toho, koho dlouho neviděli či neslyšeli.

Tento čas je přerušením hektického až stresujícího běhu dnů plných úkolů a práce, a to nejen pro křesťany, ale i věřící a nevěřící vůbec. Je to čas zamyšlení nad životem a jeho hodnotami i nad cestami ke změnám k lepšímu a naplnění poslání člověka v životě současném i příštím.

Oslavy Vánoc, v tom nejstarším evropském pojetí na základě historických skutečností, jsou oslavou lásky i věčného života, ale i pravidelně se opakujícího návratu světla a tepla. Především však duchovního uspokojení a naplnění z oslav narození Ježíše Krista, Syna Božího a učitele, který svým životem, posláním a učením, nám lidem ukázal cestu k duchovním hodnotám, ke kázni, k odpouštění a víře.

Současná generace, žijící v Evropě na počátku nového tisíciletí, ve své většině chápou oslavu Vánoc jen jako svátky míru, vzájemnosti, rodiny a křesťanských tradic.

Nezapomínejme proto na tradice ani na tradiční vánoční zvyky, které do dnešních dnů, stále ještě v mnohých rodinách, dodržujeme a pěstujeme. Tvoří totiž most mezi přítomností a minulostí, most k našim kulturním evropským a slovanským kořenům.

Společně usedáme k slavnostně prostřenému stolu, tradičním pokrmům a k ozdobenému stromku. Posloucháme vánoční hudbu, navzájem se obdarováváme, zpíváme koledy, stavíme či obdivujeme betlémy. Vydáváme se, byť třeba pouze jednou v roce, do chrámů Páně a posloucháme, co vysloveno bylo již před více jak tisíci roky.

A právě naše české, moravské, slezské, ale i slovenské Vánoce mají v kontextu evropských oslav narození Krista své zvláštní pojetí. Jsou křesťanské, ale mají zároveň půvab lidové bezprostřednosti, humoru, zvyků, magií a věšteg, které si lidé po staletí předávají od dob pohanských až do dnešní moderní doby.

Doufejme, že herní konzoly, neosobní a strohé sms, či předražené poštovní poplatky nebudou příčinou konce tradičních vánočních přání s obrázkem, milou vzpomínkou, ale i zpráv, co se za ten rok důležitého u pisatele událo.

Snad i letos najdeme chvíli a odvalu, mezi reprízami pohádek na TV, rozříznout jablíčko, či odlít olovo do vodní hladiny a poté po ní pustit lodičky z ořechů s malou svíčkou, a tak odhadnout cesty Vašich osudů na životní pouti.

Ať Vám ty Vaše lodičky života a lodičky Vašich blízkých plují neohroženě do šťastných vod nejen o letošních Vánocích, ale i v celém příštím roce 2020.

To Vám přeji za Povrcháře i za sebe osobně každý zvlášť

**Zdraví Vaši**



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.



Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

## Vzdělávání v oboru povrchových úprav na ČVUT v Praze

Výzkum a výuka povrchových úprav materiálů i jejich protikorozních ochran probíhá na ČVUT v Praze nepřetržitě již více jak sedmdesát let. Podle požadavků na teoretické i praktické vědomosti je dle zaměření posluchačů tato odbornost zařazována do osnov bakalářského, magisterského i doktorského studia jednotlivých fakult. Od konce sedmdesátých let i do Celoživotního vzdělávání formou jednotlivých předmětů, odborných seminářů i komplexních, ucelených, postgraduálních kurzů.

Výstavbou nových budov jednotlivých fakult v areálu vysokých škol v Praze Dejvicích, rozšířili se možnosti praktické výuky a výzkumu i v tomto oboru. Především pak na Fakultě strojní ve speciálních laboratořích pro technologie galvanotechniky a galvanoplastiky, metalizace, žárového pokovení, povlaků z práškových plastů a nátěrových hmot, ale též předúprav a čištění povrchů. Postupně došlo i k vybudování a vybavení laboratoří pro korozní zkušebnictví, měření kvality povrchů a povlaků i analýzy materiálů.

Výuka protikorozní problematiky, korozních charakteristik kovů a technologií povrchových úprav probíhá na Ústavech strojírenských technologií a Ústavu materiálového inženýrství.

Výzkumu a výuce v oboru protikorozních ochran a povrchových úprav se věnuje především odborná skupina „Povrchové úpravy“ na Ústavu strojírenské technologie – Fakulty strojní ČVUT, která zajišťuje výuku ve všech formách studia včetně postgraduálního Celoživotního vzdělávání.

Výuka a spolupráce s pracovníky tohoto oboru je zajišťována mimo jiné i formou vydávání elektronického časopisu Povrchář a spoluprací s Centrem pro povrchové úpravy při pořádání odborných seminářů a konferencí.

Obor i výuka se úspěšně rozvíjí na základě spolupráce specialistů z výzkumu, ze spolupracujících vysokých škol, výrobních firem i organizací a společností poskytujících služby v těchto odbornostech, a to z našich zemí i ze zahraničí.

Vzhledem k požadavkům prokazovat kvalifikaci a odbornou způsobilost, i v oboru povrchových úprav a protikorozních ochran, jsou na tomto pracovišti ČVUT v Praze pořádány každoročně kurzy pro zvýšení kvalifikace a odbornosti v jednotlivých technologiích (např. kurzy galvanotechniky, práškových plastů i řady dalších).

Na základě potřeb jednotlivých pracovníků z oboru, ale i výrobních firem, je opakovaně každoročně realizováno ucelené dvousemestrové studium napříč celým oborem protikorozních ochran a technologií povrchových úprav pod názvem „Povrchové úpravy ve strojírenství“ s možností získat potřebnou akreditovanou certifikaci odborné způsobilosti s kvalifikací – Korozní inženýr.

Odborná úroveň pracovníků povrchových úprav a protikorozních ochran, především ve vedoucích funkcích, ve vedení odborných pracovišť, vykonávajících dozorovou a inspekční činnost, musí být prokazována akreditovanou kvalifikací s certifikací podle standardu APC Std-401 „Kvalifikace a certifikace pracovníků v oboru koroze a protikorozní ochrany,“ který vyhovuje požadavkům evropských předpisů o kvalifikaci.

Certifikovaní pracovníci získají v tomto odborném studiu na ČVUT v Praze znalosti v rozsahu potřebném pro navrhování protikorozních opatření, v práci na projektech, při inspekcích či hodnocení rizik, při kontrolní činnosti staveb, případně při možnosti vypracování odborných posudků.

Hlavním cílem studia je, aby při jeho absolvování (v deseti dvoudenních blocích) připravilo zájemce o tuto certifikovanou kvalifikaci ve všech požadovaných vědomostech ke složení patřičných zkoušek srozumitelnou a přehlednou formou. Proto má posluchač ke každému předmětu na začátku výuky připraveny vždy odborné texty, případně prezentace, ze kterých může čerpat informace i ve své denní praxi při řešení dané problematiky. Výuku doplňují praktická cvičení a odborné exkurze do předních pracovišť povrchových úprav.

Posluchač tohoto studia si postupně doplní potřebné vědomosti, zopakuje odborné znalosti ze svého předchozího studia a na základě využití svých odborných vědomostí si rozšíří poznání oboru o řadu nových teoretických i praktických poznatků.

Vzhledem ke kapacitním možnostem, ale i požadované úrovni studia, je tato výuka realizována každoročně pouze pro jednu studijní skupinu s max. počtem třiceti posluchačů.

Přes nároky současnosti a požadavky kladené na tento obor, daří se každoročně úspěšně dokončit, na Fakultě strojní ČVUT v Praze, studium řadě posluchačů denního studia ve všech formách výuky, tak i posluchačům postgraduální formy studia „Povrchové úpravy ve strojírenství.“



doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

odborný garant studia

## „Povrchové úpravy ve strojírenství“

### S možnou certifikací dle Std. – 401 APC – Korozní inženýr

Na základě požadavků technické veřejnosti, především ze strojírenských podniků a na základě doporučení Centra pro povrchové úpravy pořádá Fakulta strojní ČVUT v Praze, v rámci programu Celoživotního vzdělávání na ČVUT v Praze dvousemestrové studium „Povrchové úpravy ve strojírenství“.

Cílem tohoto studia je přehlednou formou získat potřebné poznatky z oboru koroze a povrchových úprav, pro všechny zájemce, kteří chtějí pracovat efektivně na základě nejnovějších poznatků a potřebují získat na základě tohoto studia potřebnou kvalifikaci.

Způsobilost získanou na základě tohoto studia, je možno prokázat akreditovanou kvalifikací a certifikací podle standardu APC Std-401 „Kvalifikace a certifikace pracovníků v oboru koroze a protikorozní ochrany“ (Korozní inženýr).

### Termín zahájení 11. února 2019.

Ve svých pedagogických záměrech je toto studium koncipováno tak, aby získané vědomosti umožnily řešit, pracovníkům v oboru povrchových úprav, nejen běžné aktuální odborné problémy, ale i koncepční a perspektivní otázky na svých pracovištích.

Důraz je kladen na vytvoření uceleného přehledu teoretických a praktických poznatků v souladu s nejnovějšími znalostmi v oboru povrchových úprav, ale i souvisejících disciplínách a předmětech.

Koncepce studia vychází z celosvětového dynamického rozvoje tohoto důležitého a průřezového oboru, který svojí úrovní ovlivňuje technickou vyspělost výrobků, jejich kvalitu a životnost.

Cílem tohoto studia je omezit technologické zaostávání a zvýšit konkurenceschopnost. Spoluprací s řadou zástupců předních odborných firem a vytvořením špičkového týmu vyučujících jsou dány všechny předpoklady, aby absolventi tohoto studia získali nejen přehled v oboru, ale též kontakty na odborníky z jednotlivých specializací v oboru povrchových úprav.

Studium je uspořádáno tak, aby nejdříve byly doplněny znalosti základních předmětů a disciplín, v návaznosti na tento teoretický základ, je pak koncipována výuka odborných předmětů a specializovaných technologií, týkajících se povrchových úprav.

V prvním semestru je výuka zaměřena na rozšíření odborných znalostí v oblasti strojírenských materiálů v základech teorie koroze, fyzikální chemii, korozních charakteristikách kovů, volbě materiálů a koroznímu zkušebnictví.

Ve druhém semestru je výuka zaměřena na jednotlivé technologie povrchových úprav – kovových a nekovových anorganických povlaků a vrstev i technologie organických povrchových úprav. Pozornost je věnována předúpravám povrchů kovů, čištění a konverzním vrstvám. Postupně jsou probírány technologie galvanického pokovení, pokovení žárovým nástřikem, v roztavených kovech i smaltování.

Výuka je orientována též na problematiku přístrojové techniky a zkušebnictví v oboru povrchových úprav i obecně ve strojírenství.

Zařazeny jsou přednášky o progresivních strojírenských technologiích v souvislostech s tímto oborem a o zařízení pro povrchové úpravy. Výuka je orientována i na otázky legislativy, ekologie i bezpečnosti práce. Pozornost je věnována normám, legislativě a bezpečnosti práce.

Studium je kombinované s přednáškami a semináři na Fakultě strojní ČVUT v Praze-Dejvicích a s praktickými cvičeními na špičkových pracovištích povrchových úprav formou exkurzí. Předpokládaný počet posluchačů ve studijní skupině je 20 – 25. Výuka proběhne v deseti dvoudenních soustředěních s výukou 1x za měsíc. Na závěr studia se uskuteční exkurze do vybraných provozů a konzultace k specializovaným odborným okruhům dle zaměření posluchačů. Podle potřeb a předchozího vzdělání posluchačů je možno studium ukončit absolvováním přednášek, respektive vypracováním samostatné závěrečné práce na téma v souladu s požadavky pracoviště posluchače, nebo kvalifikační zkouškou podle standardu APC Std-401 se získáním certifikátu KI - korozního inženýra.

Studium je organizováno na základě požadavků specifikovaných Centrem pro povrchové úpravy na základě potřeb strojírenských podniků a organizací v ČR.

Organizaci studia zajišťuje Ú 12133 – Ústav strojírenské technologie, Fakulty strojní v rámci celoživotního vzdělávání na ČVUT v Praze. Každý z účastníků si studium hradí individuálně na základě podepsané smlouvy. Náklady na studium činí 30.000,- Kč pro jednoho posluchače. Cesty, ubytování a stravování hradí vysílající organizace nebo účastník sám. Certifikaci zajišťuje akreditované Certifikační sdružení pro personál – APC Praha. Cena za zkoušku a certifikaci dle STD – 401 APC (Korozní inženýr) je cca 11.000,- Kč a není obsažena v ceně studia. (info o certifikaci na [www.apccz.cz](http://www.apccz.cz))

Vedoucí studia: Ing. Jan Kudláček, Ph.D. [jan.kudlacek@fs.cvut.cz](mailto:jan.kudlacek@fs.cvut.cz) 605868932

Odborný garant: doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc. [viktor.kreibich@fs.cvut.cz](mailto:viktor.kreibich@fs.cvut.cz) 602341597

**Přihlášku ke studiu je možné získat na [www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz)**

## Učební plán

1. semestr: Materiály, koroze a protikorozi ochrana – 72 hodin

| Téma                             | Počet hodin     |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. Základy koroze a formy koroze | 6               |
| 2. Strojírenské materiály        | 12              |
| 3. Fyzikální chemie              | 6               |
| 4. Degradační korozní mechanismy | 6               |
| 5. Koroze dle prostředí          | 8               |
| 6. Koroze materiálů              | 10              |
| 7. Korozní inženýrství           | 6               |
| 8. Inspekce a koroze             | 6               |
| 9. Koroze v průmyslu             | 6               |
| 10. Tribologie                   | 6               |
| <b>Celkem</b>                    | <b>72 hodin</b> |

2. semestr: Technologie povrchových úprav – 72 hodin

| Téma                             | Počet hodin     |
|----------------------------------|-----------------|
| 10. Předúpravy a čištění povrchu | 6               |
| 11. Kovové povlaky               | 16              |
| 12. Nekovové anorganické povlaky | 6               |
| 13. Dočasná protikorozi ochrana  | 4               |
| 14. Organické povlaky            | 14              |
| 15. Kontrola kvality             | 8               |
| 16. Ekologie povrchových úprav   | 8               |
| 17. Exkurze                      | 10              |
| <b>Celkem</b>                    | <b>72 hodin</b> |

Fakulta strojní ČVUT v Praze  
ve spolupráci s Centrem pro povrchové úpravy a InPÚ  
nabízí technické veřejnosti v rámci programu  
celoživotního vzdělávání  
studijní program:

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY VE STROJÍRENSTVÍ

*(způsobilost v tomto oboru lze prokázat akreditovanou  
kvalifikací a certifikací dle standardu APC Std-401)*

Zahájení studijního programu - 11. února 2020



Podrobné informace včetně učebních plánů a přihlášky získáte na  
[www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz) nebo [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

# KOROZNÍ INŽENÝR



 [WWW.POVRCHARI.CZ](http://WWW.POVRCHARI.CZ)

## Vliv práškového nátěru na ekonomiku lakovny

Bc. Václav Holeček - ABB Power Grids Czech Republic s.r.o.

**Práškové lakování** je dnes jedna z rozšířených metod povrchové úpravy kovů ve všech průmyslových oblastech. Práškové lakování se využívá pro lakování domácích spotřebičů, nábytku, jízdních kol, dílů pro automobilový průmysl, ve stavebním průmyslu pro lakování podhledů či opláštění budov a průmyslových hal, v energetickém průmyslu pro lakování armatur, radiátorů, rozvaděčů, rozveden atd.

Práškové lakování je oblíbené nejen pro své vlastnosti jako je mechanická odolnost, odolnost proti opotřebení, korozní odolnost, odolnost proti vnějším vlivům, chemická odolnost a další vlastnosti, ale také pro svou šetrnost vůči životnímu prostředí. Dalším zásadním důvodem je to, že práškový nátěr vzhledem ke své podstatě nanášení nevyžaduje žádné dlouhé schnutí nátěru, ale proces nanášení je uzavřen vytvrzovacím procesem ve vypalovací peci. Toto umožňuje nejen zvýšení produktivity práce, ale při optimálně nastavených technologických podmínkách, je možné dosáhnout i značných ekonomických úspor.

Toto byly důvody, proč jsme si danou metodu povrchové úpravy kovů vybrali ve společnosti **ABB Power Grids Czech Republic s.r.o.** v Brně na Tuřance. Společnost ABB Power Grids Czech Republic s.r.o. je významným světovým producentem plynem izolovaných rozveden (GIS). Naše rozvodny jsou exportovány do všech částí světa a lze je nalézt od horských oblastí, pouští, velkoměst, elektráren či významných průmyslových oblastí až po přímořské oblasti či ropné plošiny. Povrchová úprava musí splňovat nejen korozní odolnost, či odolnost proti UV záření, ale musí mít také značnou mechanickou odolnost. Samozřejmě nemůžeme opomenout další aspekty jako jsou stálost odstínu z důvodu bezpečnostních prvků nebo vizuální aspekty, protože i GIS je produkt, který by měl reprezentovat, aby zákazníka nejen zaujmul, ale také aby splynul s ostatními odstíny v okolí, kde je rozvodna instalována.

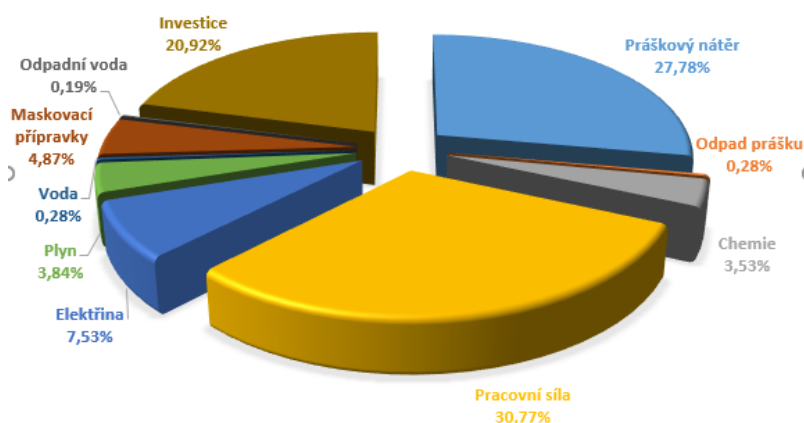
### Analýza nákladů práškového lakování

Abychom byli schopni zákazníkovi garantovat požadovanou kvalitu, je velmi důležité mít pod kontrolou celý proces a neustále ho zlepšovat. Z ekonomického hlediska je velmi důležité průběžně analyzovat provozní náklady a tyto validovat, s cílem průběžného snižování nákladů a zachování ekonomické podstaty kvůli, které byla tato technologie zvolena.

Pro nalezení možných úspor je potřeba si detailně projít a analyzovat celý proces lakování.

Když se podíváme na modelový příklad rozpadu nákladů práškové lakovny a uplatníme jednoduché Paretovo pravidlo, zjistíme, jaké jsou největší náklady v procesu práškového lakování. Samozřejmě rozpad těchto nákladů závisí na produktu, který lakujeme, jeho velikosti, tvaru, množství, použité technologii a podobně, a proto se může mírně lišit. Nicméně ve většině případů se shodneme v tom, že práškový nátěr je vždy společně s odpisy investic a pracovní silou podstatnou částí nákladů.

#### MODELOVÝ PŘÍKLAD ROZPADU NÁKLADŮ PRÁŠKOVÉ LAKOVNY V %



**Obr. 1:** Modelový příklad rozpadu nákladů práškové lakovny

Na spotřebu práškového nátěru (PN) má vliv nejen jeho tloušťka, uzemnění výrobku, správně nastavená aplikační technika, způsob aplikace a mnoho dalších, ale dále **samotná kvalita práškového nátěru**.

Na trhu je dnes nespočet společností, které vyrábí práškové nátěry a nabízí je v různých chemických typech a užitečných modifikacích (tzv. nízko-vypalovací, tenkovrstvé, prášek do prášku a další). Všechny tyto PN splňují dle dodavatelů parametry pro dodržení požadovaných kvalitativních vlastností. Jak tedy poznat, jaký práškový nátěr vybrat, abychom zajistili požadovanou kvalitu s minimálními náklady?

Pro mnoho lakoven je zásadním aspektem výběru jeho kilogramová cena. Tento ukazatel však ne vždy vypovídá o jeho kvalitě a mnohdy s použitím levného prášku je možné dosáhnout jak požadovaných kvalitativních vlastností povlaku, tak dobrých ekonomických výsledků, a naopak drahý prášek nemusí být zárukou kvality či ekonomických úspor.

## Kvalita práškového nátěru

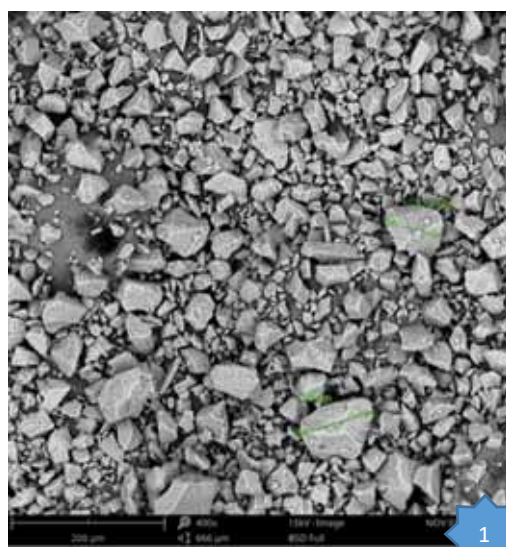
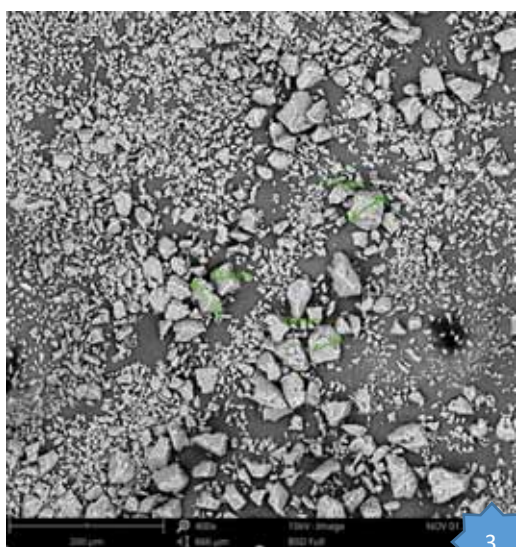
Z pohledu samotné suroviny a její aplikace má na kvalitu povlaku a spotřebu PN vliv jeho vlhkost, distribuce velikosti částic a také chemické složení.

**Vlhkost PN** je prvním zásadním aspektem. V případě vysoké vlhkosti (uvádí se vyšší jak 0,5 %) dochází k jeho slevování, a tedy nejen k jeho špatné distribuci, ale následně i ke kvalitativním vadám. Vlhkost je ovšem ovlivněna nejen dodavatelem či dopravou, ale také jeho samotným skladováním. Tento kvalitativní parametr si můžeme ovlivnit i my sami, a proto musíme při skladování dodržet vhodné podmínky s ohledem na vlhkost a teplotu.

**Teplota skelného přechodu (T<sub>g</sub>)** – teplota je dalším aspektem ovlivňující kvalitu práškového nátěru a výslednou kvalitu povlaku a ekonomiku procesu. V případě, že se prášek dostane nad tuto teplotu (cca 50 °C) dochází u polymeru ke změně jeho vlastností tím, že začne přecházet do taveniny. Díky tomu se samozřejmě změní celkové vlastnosti prášku během fluidizace, toku prášku, nabíjení atd.

**Velikost částic** je ovšem aspekt, který je ovlivněn už samotnou výrobou, tj. mletím. V žádném dodavatelském listu se nedočteme, jaká je **optimální distribuce velikosti částic (DVC)**. Obecně se uvádí, že by DVC měla být co nejužší a prášek by měl obsahovat maximální podíl částic o velikosti 35–45 μm. Dále by neměl obsahovat částice větší jak 200 μm a podíl částic menších jak 10 μm by neměl překročit 10 %. V jiném případě dochází k horšímu chování prášku nejen během jeho fluidizace, distribuce a nabíjení elektrostatickým nábojem. To vše má vliv nejen na jeho spotřebu, ale díky špatnému ukládání vrstev dochází i ke kvalitativním vadám výsledného povlaku (krátery v povlaku). Posledním důvodem může být abrazivní povaha prášku, a tedy spotřeba funkčních prvků aplikační techniky.

Velikost částic a jejich podíl má dále vliv na jeho recirkulaci, a tedy na jeho další použití.



Obr. 2: SEM snímky vzorků práškového nátěru 1 a 3

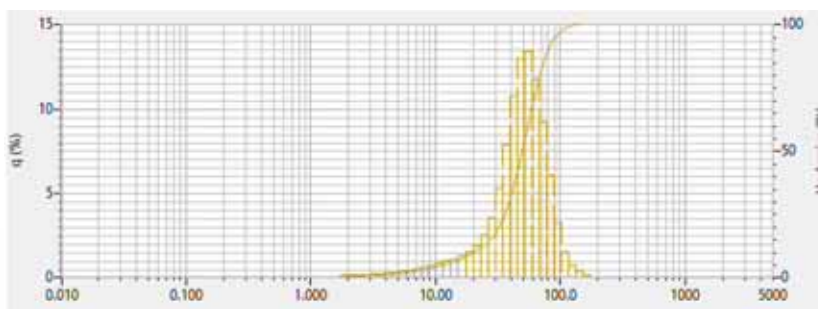
## Testování práškového nátěru

V rámci testování PN jsme v **ABB Power Grids Czech Republic s.r.o.** zkoušeli provést porovnání několika dodavatelů PN v kratším časovém horizontu. Porovnání těchto PN bylo jak z pohledu jeho korozní odolnosti a odolnosti proti vnějším vlivům, tak s ohledem na jeho výtěžnost.

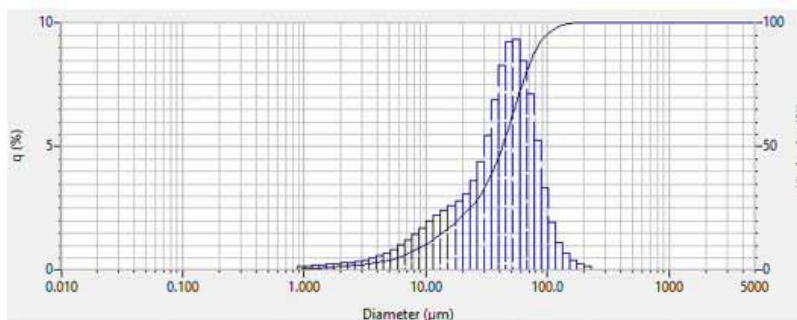
V rámci výběru bylo použito 7 typů práškových nátěrů od různých dodavatelů. Jednalo se o PN na bázi polyesteru matného vzhledu s leskem 25–35 jednotek lesku.

## Testování distribuce velikosti částic

Vzhledem k požadavkům na velikost částic práškového nátěru a jeho rozptýlu, byly všechny vzorky podrobeny měření DVC. Tento test obsahoval nejen měření DVC, ale i prvkovou analýzu a byl proveden s přispěním společnosti ROKOSPOL, a.s. Na obr. 2 jsou na snímcích viditelné rozdíly vzorků prášku číslo 1 a 3. U vzorku číslo 1 je viditelný příliš vysoký podíl malých částic, což může v dalších testech vést ke zpětné ionizaci a tím nižší účinnosti. Nejstabilnější DVC měly vzorky číslo 2 a 3. Vzorky 4, 6 a 7 měly oproti vzorku číslo 1 velký podíl velkých částic nad 200 μm. Na obr. 3 a 4 jsou pro ukázkou uvedeny grafy DVC nejstabilnějších prášků vzorků číslo 2 a 3.



Obr. 3: graf velikosti částic vzorku prášku číslo 2



Obr. 4: graf velikosti částic vzorku prášku číslo 3

## Testování hustoty prášku

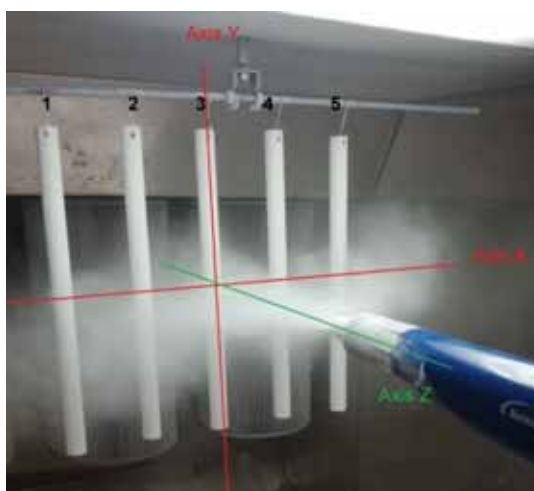
V součinnosti se společností Surfin Technology s.r.o. jsme provedli test hustoty jednotlivých vzorků PN dle normy ČSN EN ISO 8130–3. Pro docílení co nejobektivnějších výsledků byly zkoušky 3krát opakované a z těchto měření byl uveden vždy jejich výsledný průměr. Tento údaj je sice uváděn v dokumentaci od dodavatele, nicméně většinou je uváděn vždy jeho rozptyl, který se může lišit dle použitých RAL vlivem jeho složení. Vzhledem k tomu, že hustota prášku má zásadní vliv na jeho výtěžnost, bylo cílem tohoto testu ověření skutečné hustoty jednotlivých vzorků a teoretické stanovení, u kterých vzorků by měla být nejlepší účinnost výtěžnosti. V tabulce 1 jsou výsledky uváděné dodavatelem PN a námi naměřené výsledky.

| Tab 1. Hustota vzorků práškových nátěrů |      |           |           |           |          |           |           |
|---|------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Číslo vzorku                            | 1    | 2         | 3         | 4         | 5        | 6         | 7         |
| RAL                                     | 9016 | 9016      | 9016      | 9016      | 9016     | 9016      | 7038      |
| Hustota uvedená dodavatelem             | 1,55 | 1,2 – 1,9 | 1,2 – 1,7 | 1,3 – 1,6 | 1,2 -1,7 | 1,3 – 1,6 | 1,2 - 1,7 |
| Stanovená hustota                       | 1,39 | 1,43      | 1,43      | 1,44      | 1,43     | 1,61      | 1,39      |

Nejnižší hustotu cca 1,39 g/cm<sup>3</sup> a tím i nejvyšší výtěžnost by měly mít vzorky 1 a 7. Potom následují vzorky 2, 3, a 5 s nepatrně vyšší hustotou 1,43 – 1,44 g/cm<sup>3</sup> a výrazně vyšší hustotu ca 1,61 g/cm<sup>3</sup> má vzorek 6.

## Testování účinnosti nanášení

Každý vzorek byl na základě předešlého testu hustoty podroben testování účinnosti nanášení dle ČSN EN ISO 8130–10. I pro tento test byla zapůjčena laboratoř společnosti Surfin technology s.r.o., kde bylo nejjednodušší nastavit podmínky pro jeho objektivitu. Zkouška nanášení byla provedena u každého vzorku vždy na 5 ks hliníkových trubek o průměru 25 mm zavěšených svisle v odsávané kabině s roztečí 100 mm. viz obr. 5.



Obr. 5: Nanášení práškového nátěru při stanovení účinnosti PN dle normy ČSN EN ISO 6130–10.



K nanášení barev byla použita elektrostatická pistole Nordson se štěrbinovou tryskou pevně fixovanou na stojanu tak, že paprsek barvy byl namířen na střed pole zavěšených trubek ze vzdálenosti 30 cm.

Pro možné stanovení účinnosti bylo nutné znát průtok fluidizovaného prášku procházejícího aplikační pistolí za určitý čas. Na obr. 6 jsou uvedené rozdíly u těchto vzorků.



**Obr 6:** Graf výsledků měření průtoku práškového nátěru v g/min.

Nejvyššího výkonu bylo dosaženo u vzorku číslo 2 (397,6 g/min tj. 23,8 kg/hod). O něco menšího výkonu bylo dosaženo u vzorku číslo 4 a 7. O něco nižší (cca 12 %) měl vzorek číslo 1. Vzorky číslo 3, 5 a 6 jsou téměř stejné s výkonem cca o 27 % nižším.

### Zkouška nanášení a měření účinnosti

Všechny trubky byly před zkouškou zváženy. Následně bylo postupně prováděno nanášení nátěrů při 2 různých režimech: 60 kV/30  $\mu$ A a 80 kV/30  $\mu$ A po dobu 60 vteřin. Po nanášení nátěrů byly trubky vždy zváženy a byly odečteny hmotnosti nanášeného nátěru. V posledním kroku byly trubky vloženy do vypalovací pece na dobu 10 minut pro další testování. Na obr. 7 jsou viditelné rozdíly v účinnosti nanášení jednotlivých vzorků. Samotná účinnost byla počítána dle vzorce viz níže, kde „ $m_p$ “ je množství prášku nanášeného na zkušebních trubkách a „ $P_f$ “ průtok práškového nátěru. Hodnota „ $t$ “ je čas, po kterou byl prášek nanášen.

$$E = \frac{m_p \cdot 60 \cdot 100}{P_f \cdot t}$$




**Obr 7:** Graf výsledků účinnosti nanášení práškových nátěrů v %.

Účinnost byla nejlepší u vzorku číslo 3 (21,8 a 23,1 %), nejhorší účinnost nanášení mají vzorky číslo 1 (9,6 a 11,2 %) a číslo 2 (11,7 a 12,05 %). Účinnosti uvedené v tabulkách platí pouze pro tuto zkoušku, při které bylo dosahováno vlivem dlouhého času extrémně silných tlouštěk. Samozřejmě v případě nanášení běžných tlouštěk by se účinnost lišila a dosahovala by značně vyšších hodnot. Neznamená to, že by test byl neobjektivní, ale znamená to, že v reálném provozu by při lakování standardních tlouštěk okolo 100  $\mu$ m byla u všech vzorků účinnost vyšší. Bohužel jsme neměli technické vybavení pro provedení testu dle ČSN EN ISO 6130-5 – testování fluidizace prášku. Proto jsme zatím nebyli schopni zjistit, co mělo hlavní vliv na tyto výsledky, které se mírně odlišovaly od předpokladů z testů hustoty.

V tabulce 2 můžete vidět výsledné tloušťky povlaků nanášeného prášku měřené po vypálení v určitém místě osy X a Y v přední části a zadní části trubky. Toto měření ukázalo další vlastnost jednotlivých vzorků prášku, kterou je jejich obalovací schopnost.

Tab. 2: naměřené tloušťky nátěru testovaných vzorků

| Místo měření |   | Číslo vzorku prášku | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |        |
|--------------|---|---------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Přední část  | 1 |                     |  | 103,00 | 138,00 | 167,00 | 150,00 | 114,00 | 131,00 | 140,00 |
| Zadní část   |   | 85,70               |   | 145,00 | 204,00 | 167,00 | 113,00 | 115,00 | 146,00 |        |
| Přední část  | 2 | OSA Y               |   | 317,50 | 531,00 | 521,00 | 634,00 | 454,00 | 432,00 | 519,50 |
| Zadní část   |   | 290,50              |   | 426,50 | 529,00 | 540,00 | 377,50 | 386,00 | 413,50 |        |
| Přední část  | 3 | OSA X               |   | 108,00 | 228,00 | 234,00 | 317,00 | 182,00 | 176,00 | 217,00 |
| Zadní část   |   | 125,00              |   | 292,00 | 422,00 | 426,00 | 263,00 | 284,00 | 302,00 |        |
| Přední část  | 4 | OSA Y               |   | 198,50 | 178,50 | 288,00 | 376,00 | 255,50 | 224,50 | 259,50 |
| Zadní část   |   | 210,50              |   | 246,00 | 338,50 | 337,50 | 272,50 | 235,50 | 289,00 |        |
| Přední část  | 2 | OSA X               |   | 317,50 | 531,00 | 521,00 | 634,00 | 454,00 | 432,00 | 519,50 |
| Zadní část   |   | 290,50              |   | 426,50 | 529,00 | 540,00 | 377,50 | 386,00 | 413,50 |        |
| Přední část  | 5 | OSA Y               | 275,00  | 539,50 | 458,50 | 440,50 | 350,00 | 345,00 | 424,50 |        |
| Zadní část   |   | 276,50              | 462,50  | 453,50 | 427,00 | 357,00 | 348,50 | 383,50 |        |        |

## Ekonomické zhodnocení účinnosti nanášení

Jestliže změříme nebo spočteme tloušťku nátěru na testovacích trubkách a tuto tloušťku porovnáme s kilogramovou cenou prášku, můžeme lehce zjistit jejich ekonomické výhody či nevýhody. Proto jsme si provedli konečné shrnutí všech zjištěných dat viz. tabulka 3 a nakonec vypočetli teoretické náklady na lakování  $1 \mu\text{m}$  viz obr.8.

Tab. 3: výsledný přehled všech zjištěných dat

| Číslo vzorku | Hustota [g/cm <sup>3</sup> ] | Vystříkaná barva [kg/hod] | Účinnost v % |       | Průměrná nanosená tloušťka (spočtená) [ $\mu$ ] |       | Cena prášku [kč/kg] |
|--------------|------------------------------|---------------------------|--------------|-------|---|-------|---------------------|
|              |                              |                           | 60/30        | 80/30 | 60/30   | 80/30 |                     |
| 1            | 1,39                         | 19,4                      | 9,6          | 11,2  | 141   | 164   | 120                 |
| 2            | 1,43                         | 23,8                      | 11,7         | 12,0  | 205   | 211   | 190                 |
| 3            | 1,43                         | 17,4                      | 23,1         | 21,8  | 290   | 275   | 115                 |
| 4            | 1,44                         | 22,7                      | 15,5         | 14,6  | 263   | 252   | 125                 |
| 5            | 1,43                         | 17,2                      | 16,9         | 17,3  | 189   | 194   | 150                 |
| 6            | 1,61                         | 16,9                      | 18,7         | 18,7  | 208   | 209   | 240                 |
| 7            | 1,39                         | 21,8                      | 15,4         | 15,4  | 256   | 258   | 125                 |

Obr. 8: Ekonomické vyhodnocení testů účinnosti s přepočtením nákladů na  $1 \mu\text{m}$  tloušťky

Ve výsledném porovnání je patrné, že i když např. vzorek číslo 6 dosáhl druhého nejlepšího výsledku účinnosti nanášení, tak v konečném výsledku vychází z ekonomického hlediska nejhůře díky ceně za kilogram. Na druhou stranu vzorky číslo 4, 5 a 7 které mají cenu nižší než vzorek číslo 1 vychází ekonomicky výhodněji v porovnání se vzorkem číslo 1, který má cenu za kilogram nižší.

Samozřejmě tento test byl prováděn na jednom typu prášku RAL a u jiných odstínů se tyto hodnoty budou lišit vlivem jiného složení, pigmentu atd. Nicméně pro tento odstín RAL je to pro názornost dostačující příklad, jaké jsou rozdíly v práškových nátěrech.

Jak bylo na počátku zmíněno, toto byl pouze náhled na problematiku s ohledem na výtěžnost. Pro komplexní výběr je nutné posuzovat dle potřeb konkrétního provozu a funkčnosti povlaku další parametry, jako jsou korozní odolnost, odolnost proti vnějším vlivům, nebo odolnost proti změně odstínu lesku vlivem procesu vypalování.

## Robotické lakování velkorozměrových dílů

Ing. Jan Drápela, MBA – GALATEK, a.s. Ledec nad Sázavou

Firma GALATEK a.s. Ledec nad Sázavou patří mezi významné dodavatele lakovacích technologií na českém i evropském trhu. Do výrobního sortimentu firmy lze zahrnout:

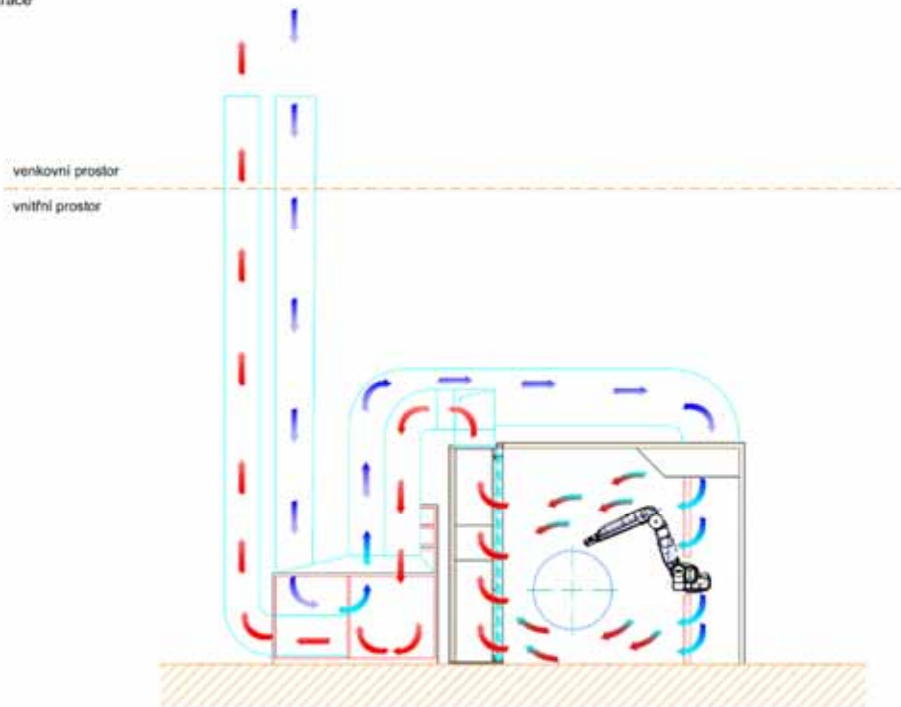
- lakovací kabiny a sušárny
- kontinuální linky na práškové a kapalné barvy
- robotická lakovací pracoviště
- předúprava povrchu odmašťováním
- ruční lakovací pracoviště

Vzhledem ke své velikosti a personálnímu zabezpečení se firma GALATEK specializuje převážně na nestandardní dodávky na klíč bez ohledu na rozměr lakovaných dílů. Ve svých referencích lze nalézt linky na drobné plastové díly, ale i pracoviště na povrchovou úpravu lokomotiv, autobusů, nebo letadel.

Jedna z nejzajímavějších a nejrychleji se rozvíjejících se oblastí povrchových úprav je robotické lakování. Je to samozřejmě hlavně kvůli jeho výhodám a možnostem:

- Zvýšit kvalitu lakovaného povrchu
- Snížit náklady omezením přestřiků laku (malá spotřeba laku oproti ručnímu lakování)
- Snížit náklady na údržbu linky, omezit zatížení filtrů, udržet čistotu linky
- Snížit náklady na ventilaci a klimatizaci kabiny
- Postarat se o zdravé pracovní prostředí
- Nastavit distribuci laku dle objektu
- Opakovatelný výsledek lakovacího procesu

VZDUCHOTECHNIKA STŘÍKACÍ KABINY  
boční filtrace



**Obr. 1:** Princip provětrávání robotických lakoven s cirkulací vzduchu

Velmi důležité je určit vhodnost robotického lakování pro daný díl, tvar, velikost a kapacitu. K tomu může naše firma nabídnout nejen virtuální animaci, ale hlavně svoje výzkumné pracoviště, které provozuje ve svém sídle. Jeho hlavním účelem je provést zkoušky a prakticky potvrdit vhodnost zvolené technologie. Samotné vývojové pracoviště je malá nekomerční lakovací linka doplněná laboratoří k vyhodnocení výsledků testů.



**Obr. 2:** Testovací pracoviště GALATEK

Jedna z důležitých skupin dodávaného sortimentu jsou pracoviště povrchových úprav pro kolejová vozidla, ať už v opravárenství, anebo i u významných výrobců. Jedním z nejdůležitějších zákazníků v tomto odvětví je firma Bombardier Transportation (bývalá Vagónka) Česká Lípa, které jsme měli čest dodat za 25 let spolupráce hned několik technologických celků. Z toho důvodu naše firma měla velkou radost ze získání další zakázky, dodávky technologického vybavení nové lakovny skeletů u tohoto významného výrobce. Celá dodávka se skládá ze 17 lakovacích pracovišť, z nichž jedno je robotická lakovací kabina pro lakování skeletu vagónu o délce až 36 m.

Významným faktorem pro získání této zakázky byla obdobná reference z roku 2007 u výrobce autobusů firmy IVECO Vysoké Mýto, kterou naše firma instalovala společně s partnery z firmy ABB.



**Obr. 3:** Robotická lakovna busů IVECO Vysoké Mýto

V polovině července letošního roku jsme úspěšně dokončili první fázi dodávky, která obsahuje celkem 5 samostatných pracovišť. Jedná se o finální robotickou lakovací kabínu, ruční lakovací kabínu, přípravnou kabínu, sušárnu a pracoviště finální přejímky. Dodávka těchto pracovišť zajistí firmě Bombardier Transportation Czech Republic a.s. potřebné zázemí pro lakování prvních vozů v nové lakovně než budou dodána zbylá pracoviště. Pracovníci se zde seznámí s novou technikou, projdou potřebnými školeními a odladí pracovní postupy. Zároveň dojde k postupnému útlumu prací ve stávající lakovně, která již kapacitně nevyhovuje. Dodávka dalších 12 pracovišť je plánována postupně do konce roku 2019.

*Finální robotická lakovací kabina* je primárně určena pro robotické lakování carbody. Zároveň kabina umožňuje ruční lakování, přípravné práce a režim sušení. V režimu robotického lakování je možné využít cirkulace vzduchu a tím snížit náklady na provoz. V režimu ručního lakování je kabina plně odsávána. Režim sušení umožní sušit carbody do max. teploty 65°C. Na bočních stěnách kabiny jsou instalovány 2ks robotů firmy ABB s pojezdem o délce 35,5m. Roboty se mohou pohybovat po celé délce kabiny. Dále jsou na bočních stěnách instalovány 3D pneumatické zdvihací plošinky pro obsluhu. Kabina je rozdělena na pracovní prostor a prostor parkování robota. Toto rozdělení umožňuje roboty odstavit do parkoviště robota a pracovní prostor využít k sušení carbody na vyšší teplotu. Podlaha kabiny je celoplošně zaroštována.



**Obr. 4:** Robotické lakování vagónu ve firmě Bombardier Transportation

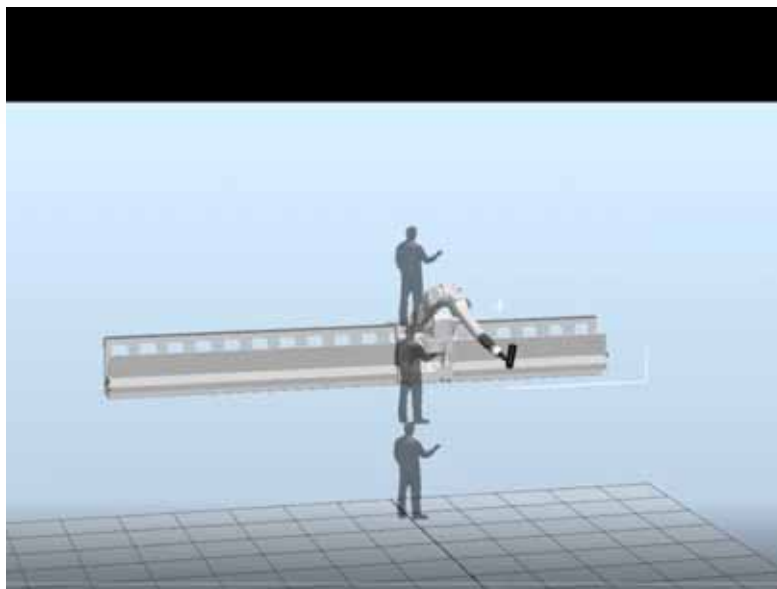
Obdobné aplikace lze úspěšně použít i u dalších velkorozměrových dílů, jako jsou třeba válcové nádoby, autobusy a automobily, kontejnery apod. Nelze však v žádném případě tvrdit, že robot je řešením pro všechny díly a je nutné zodpovědně zvážit parametry, které jsou pro volbu robotické aplikace zásadní:

- Sériovost bez sebemenších odlišností
- Rychlost lakování
- Dostupnost programátora

Podélný pohyb robota zajišťuje tzv. sedmá osa, která umožňuje programovatelný posun robota podél dílu. Její vhodné umístění výrazně prodlouží záběr ramene robota.



**Obr. 5:** Sedmá osa robotického lakování



**Obr. 6:** Porovnání záběru robot vs. člověk

Pro usnadnění tvorby programu dodávají výrobci programů určité podpůrné prostředky jako:

- Virtuální off-line programování (speciální software)
- Virtuální pistole – SRP
- Učící robot (vedením)
- Virtuální brýle

Důležité je pamatovat, že programování lakovacích robotů není pouze o jejich pohybu, ale také o nastavení trysek, míscích poměrů a vzduchů.

## Nové produkty PosiTest a PosiTector pro kontrolu povrchových úprav

Ing. Vít Gromeš – TSI System, s.r.o.

### Úvod

Přístroje PosiTector a PosiTest amerického výrobce DeFelsko Corp. jsou nedílnou součástí vybavení pro kontrolu povrchových úprav již více než 50 let. V posledních dvou letech se rozšířil sortiment přístrojů PosiTector a PosiTest víc, než kdykoliv předtím. A to jak doplněním stávající produktové řady nebo uvedením přístrojů zcela nových.



### PosiTest PC pro nedestruktivní měření vrstvy práškové barvy před výpalem

PosiTest PC představuje novou generaci měřidla práškové barvy před výpalem. Tento přístroj za pomoci ultrazvuku změří tloušťku vrstvy práškového laku naneseného na povrch povlakovaného produktu a podle tohoto údaje následně vypočítá jeho výslednou tloušťku po výpalu. Nový PosiTest PC přichází jako kompaktní jednotka se sondou a displejem. Podstatným vylepšením je rychlejší změření tloušťky vrstvy prášku, což velmi usnadňuje provozní měření na pohybujících se dílech.



### Novinky v řadě PosiTector 6000

Přístroje PosiTector 6000 jsou určeny pro měření povlaků na kovovém podkladu. Vedle tradičních sond F, N a FN, které měří v rozsahu 0 - 1500 µm, jsou v nabídce mikrosondy, sondy pro tlusté povlaky a speciální sondy.

#### Duplexní sonda FNDS

Sonda FNDS je vhodná pro aplikace, kdy je potřeba zjistit tloušťku jednotlivých vrstev duplexního povlaku. Typickým případem je nátěr aplikovaný na pozinkovaný ocelový podklad. Sonda FNDS v sobě kombinuje měření pomocí magnetické indukce a vířivých proudů tak, že nejdříve změří celé souvrství a samostatnou vrstvu nátěru na zinku, kterou odečte a zobrazí hodnoty pro jednotlivé vrstvy. Sonda lze použít i na jednotlivé povlaky, kdy v jednoduchém módu měří jako klasická FN sonda.



#### Sonda FJS pro tlusté povlaky

Sonda FJS je určená pro měření tlustých ochranných povlaků na oceli. S rozsahem 0-25 mm je ideálním pomocníkem pro použití na silných vrstvách epoxidu, gumy, protipožárních nátěrech a dalších podobných povlacích. Ve srovnání s jinými sondami nabízí kontaktní plochu z materiálu Alumina, který je velmi odolný vůči otěru. Sonda měří na principu elektromagnetické indukce. Oproti vířivoproudým sondám je méně ovlivněna drsností nebo zaoblením povrchu a materiálem povlaku. Další výhodou je ergonomie a velikost sondy. Oproti podobným sondám jiných výrobců je až o 66% menší a lépe se s ní pracuje.



### Extrémní sonda FXS

Sonda FXS do extrémních podmínek a s rozšířeným měřicím rozsahem 0 – 2000  $\mu\text{m}$  má kontaktní plochu z materiálu Alumina, který zvyšuje odolnost sondy vůči otěru. Navíc je sonda FXS odolná vůči vysokým teplotám. Krátkodobě s ní lze měřit na povrchu o teplotě až 250 °C. Nová generace sondy FXS má také odolný pancéřovaný kabel.



### Prodloužená mikrosonda F90ES

Pro speciální aplikace v úzkých prostorech a dutinách byla vyvinuta prodloužená mikrosonda F90ES. Její celková pracovní délka je 350 mm a díky malé výšce měřicí hlavy s ní lze měřit v dutinách o velikosti od 15 mm.





### Vysokonapěťový porozimetr PosiTest HHD

Výraznou novinkou je vysokonapěťový porozimetr PosiTest HHD. Na současném trhu se jedná o nejpracovanější přístroj tohoto druhu. Při jeho vývoji byla, kromě technické stránky, důležitá také ergonomie a uživatelská přívětivost pro obsluhu. Přístroj má napěťový rozsah 0,5-35 kV, který umožňuje měřit porozitu povlaků tlustých až 20 mm.



Praktickým pomocníkem pro snadnou obsluhu je kalkulátor potřebného napětí pro zkoušení. Do přístroje se zadá jeden z jedenácti mezinárodních standardů (ASTM D4787/D5162/G62, ISO 29601, NACE SP0188/SP0274/SP0490, AS3894.1), podle kterého se bude povlak zkoušet. Po vložení tloušťky zkoušeného povlaku potom přístroj vypočítá vhodné zkušební napětí.

Další výhodou je možnost připojit pomocí různých adaptérů stávající sondy, ať vějířové, kartáčové nebo pružinové. Potom při použití porozimetru PosiTest HHD není nutné se zbavovat starého příslušenství od jiného výrobce a nakupovat vše znovu.



### Rozšíření odtrhoměru PosiTest AT

Odrhomer PosiTest AT se dočkal rozšíření pro využití na cementových a keramických podkladech. Obě varianty, automatickou i manuální, lze také vybavit čtvercovým odtrhovým terčem o rozměru 50 x 50 mm. Pro dříve zakoupená zařízení je možné doplnit konverzní sadu pro čtvercový a tvar odtrhových terčů.





## Teleskopický držák sond

Pro měření tloušťky povlaků na hůře přístupných místech – ve výškách či v úrovni podlahy – lze nyní využít nový teleskopický držák pro sondy. V tomto držáku upevněná sonda snadno dosáhne čelem na měřený povrch. Navíc má teleskopický držák možnost uchycení samotného měřicího přístroje PosiTector. Tak lze přístroj a sondu integrovat do jednoho celku a usnadnit obsluhu manipulaci při měření.



## Program PosiSoft s předvolenou šablonou měřících bodů

Nové možnosti také přináší neustále inovovaný program PosiSoft, který slouží pro správu naměřených výsledků a tvorbu protokolů. Poslední aktualizace přináší možnost vložení grafické šablony pro rozmístění měřících bodů. Lze tak snadno naprogramovat určená místa měření a nahrát je do programu PosiSoft. Z něj je následně možné šablonu exportovat i do přístroje PosiTector. Díky tomu má pracovník provádějící měření před sebou přehlednou grafickou podobu měřené oblasti a už jen měří hodnoty v daných bodech.



## Závěr

Z představených novinek je patrné, že americký výrobce DeFelsko Corp. neustále rozšiřuje přístrojové řady PosiTector a PosiTest pro kontrolu povrchových úprav. V současné době je k přístrojům PosiTector a PosiTest pro všechny měřící metody k dispozici více než 70 sond! Pokud zvažujete možnost využití dalších měřících metod nebo potřebujete rozšířit stávající měřící rozsahy, jistě v nabízeném sortimentu najdete vhodné přístroje a sondy.

## Progresivní technologie v lepení

Ing. Viktor Kreibich, Ing. Vojtěch Klečka – WAttech, a.s.

Aplikace lepidel a tmelů nachází v současné době uplatnění v širokém spektru průmyslových odvětví. Pro **kvalitu** lepeného spoje je rozhodující dodržet nejen požadovanou adhezi mezi lepeným povrchem a nanášeným materiálem, ale podstatný je i **výběr vhodného materiálu** pro danou aplikaci např. vzhledem k **vnějším podmínkám**, které na lepený díl působí po dobu jeho předpokládané životnosti.

Pokud má být testovaný materiál zaveden i do průmyslové výroby, pro návrh vhodného aplikačního zařízení je nutné přihlížet k **vlastnostem** tohoto **materiálu** jako je např. **viskozita, hustota, doba zpracovatelnosti, mechanismus vytvrzení a bezpečnostní rizika při manipulaci**. Rovněž je důležité s dodavatelem materiálu specifikovat možnou konverzi balení a jeho optimalizaci vzhledem k uvažované spotřebě.

Nejčastějšími typy materiálu (1K, 2K) používanými v průmyslu jsou **silikony, polyuretany, epoxidy, MS-polymery** a to buď ve formě 1 K nebo 2K materiálů.



U průmyslových aplikací, které nejsou náročné na přesné odměrování dávky materiálu se využívají převážně **ruční zařízení** a to jak **1K** tak i **2K**. Jako zdroj materiálu se využívají tlakové nádoby nebo dávkovací pumpy, pro viskózní pastovité materiály nebo tixotropní lepidla pumpy s přítlačným talířem. Pro nastavení výstupního průtoku materiálu stačí použít vhodný materiálový regulátor.

Pro aplikace, kde je naopak požadováno **přesné dávkování** se využívají zařízení s řízením dávkovaného množství jako např. **zubová čerpadla** nebo **pístové pumpy s přesným řízením zdvihu**. Tato zařízení se již

nejčastěji uplatňují ve spojení s 2K materiály a jejich definovaným mísením a procesem vytvrzování chemickou reakcí.

Tato zařízení s přesným řízením dávky nacházejí často uplatnění již v jednoúčelových výrobních buňkách a jsou vhodná pro integraci do plně **automatizovaných procesů**.



V případech, kde se materiál nanáší na **tvarově složité díly**, nebo kde je požadována nejen **přesnost dávkování** materiálu, ale i vysoká reprodukovatelnost procesu nebo tam, kde je potřeba dodržet přesně definovaný takt výroby, je řešením dávkování materiálu částečně nebo zcela **automatizovat**.

V tomto případě se využívá pro přesně řízený pohyb materiálového aplikátoru systém lineárních pojezdů nebo 6-ti osý robot, přičemž lepený díl je založen v přesném přípravku. Lze se setkat i s řešením, kdy se naopak pohybuje lepený díl a aplikátor je statický. **Automatizace samotného nanášení tmelu či lepidla** bývá často spojena i s dalšími dílčími operacemi jako např. **předmontáž, předúprava povrchu dílu před lepením, montáž a manipulace** a spolu s centrálním řízením a monitoringem procesu tvoří jeden komplexní celek.



### Projekt realizovaný WAttech a.s. jako příklad vysokého stupně automatizace.

Robotické lepení – linka pro výrobu světlometů vyvinutá a realizovaná v TIC WAttech a.s.

Na základě dostupných informací a 3D modelů jednotlivých komponent byla vytvořena simulace celého procesu. Touto simulací a opětovným aktualizováním získaných vstupních dat bylo možné ověřit funkčnost nejen celého pracoviště, ale zejména pak jednotlivých komponent vyvíjených speciálně pro tento proces jako např. jednotlivé funkční celky, gripper pro manipulaci se světlometry a odladění trajektorie pro pohyb robotů a aplikátorů plasmu a lepidla umístěných společně na jednom robotu. Vývoj takového komplexního pracoviště s využitím simulace umožňuje **vysokou efektivitu v oblasti vývoje**.



Výroba světlometů je navržena pro kontinuální 3- směnný provoz.

#### Výrobní linka se skládá z těchto operací:

- Předúprava povrchu před nanesením lepidla (ionizace a plasmování)
- Příprava lepidla pro aplikaci (ohřev lepidla, kalibrace trysky aplikátoru)
- Lepení (nanášení lepidla a kontrola správného nanesení)
- Manipulace (2x robot, 4 poziční karusel s přípravky pro pouzdra, zakládání skel)
- Montáž (grippery)
- Senzorika (detekce správného založení, eliminace lidského pochybení při výrobě)
- PLC řízení
- Bezpečnostní prvky (oplocení, optické závory, vstupní dveře)

## Komplexní automatizovaná řešení pro lakování, stříkání a lepení

Společnost WAtech je technologická firma, která se zabývá **komplexními dodávkami**, vývojem, konstrukční a projekční činností a vizualizací systémů automatizace, robotizace a technologiemi pro průmyslové aplikace barev a lepidel.

#### V našem Technologickém inovačním centru v Rudné se nachází:

- Konstrukční a projekční kancelář
- Vývojové a technologické centrum v Nučicích
- Projektování elektro, programování PLC
- Vizualizace procesů, studie proveditelnosti
- Návrh a vývoj technologických postupů
- Průmyslové technologie pro povrchové úpravy
- Komponenty pro práškové lakování, mokré lakování a lepení
- Naším zákazníkům nabízíme:
- Školení v oblasti aplikace práškových NH, mokrých NH a lepidel
- Stříkání a lakování prototypů
- Ověřování a návrh technologických postupů a vlastností materiálů
- Návrh a vývoj aplikační techniky a postupů, technické poradenství
- B2B / B2C, pronájem technologického **centra**

#### Disponujeme špičkově vybaveným pracovištěm, které je určeno pro:

- Výzkum a vývoj
- Montáž a předmontáž
- Technické poradenství a vzdělávání
- Projektování
- Prodej a autorizovaný servis stříkácké lakovací a lepicí techniky



Informace o nabízených produktech, technologiích a řadě našich úspěšně zrealizovaných projektech naleznete na [www.watech.cz](http://www.watech.cz)

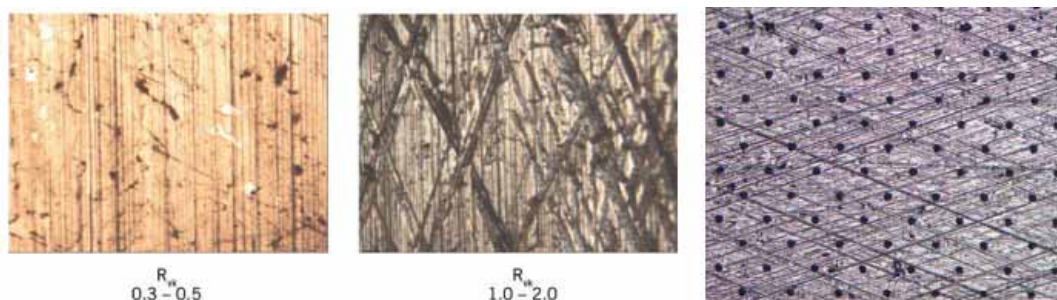
## Optimalizace třecích ztrát pomocí úpravy parametrů dokončovacích operací povrchu

Ing. Zdeněk Hazdra, Bc. Miroslav Bláha – ČVUT v Praze, FS, Ústav strojírenské technologie

V posledních několika letech jsou díky neustálému vývoji a zlepšování dokončovacích procesů, jako je honování funkčních ploch válců motoru, snižován koeficient tření mezi plochou válce, pístem a pístními kroužky. Díky tomuto zlepšování dokončovacích metod obrábění dochází také k značnému opotřebení a spotřeby oleje. Navíc zlepšení struktury povrchu, honování, jako proces určování kvality, by také mohlo přispět k dalšímu snížení ztrát třením kompenzací deformací vrtání válců. [1]

### Geometrie povrchu honování

Na níže vyobrazených snímcích jsou vyobrazeny funkční povrchy válců s rozdílnou geometrií povrchu, tvar a směr stop po honovacím procesu má zásadní vliv na koeficient tření, opotřebení a emisní hodnoty motorů s těmi to úpravami topografie povrchu. Jelikož z pohledu nízkých koeficientů tření je vhodný co největší úhel kříže honování, avšak při vysokých hodnotách není schopen tento geometrický tvar zadržet dostatečně množství oleje a dochází ke značnému úniku do spalovacího prostoru motoru. To přispívá ke zvýšení hodnot emisí, jelikož dochází ke spalování paliva a oleje. [2]

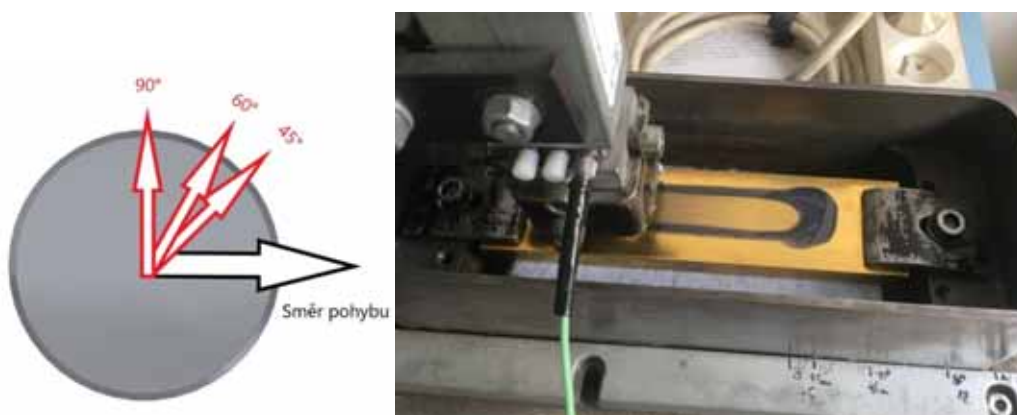


**Obr. 1:** Scan povrchu povrchu válců automobilu po 1400h provozu, konvenční honování 45° (vpravo), vnitřní šroubovitě honování 140° (vlevo), honování včetně sítě důlku vytvořených laserem. [2]

### Alternativní způsob úpravy povrchu vnitřních válcových

Hlavním vývojovým trendem aktuálních dob jsou úpravy struktury povrchu pomocí laseru. Někdy se označuje jako „honování laserem“, strukturování povrchu válce s využitím laseru se využívá pro různé aplikace přibližně od roku 2000. Na rozdíl od geometrie povrchu vytvořené technologií honování vnitřním povrchů, lze díky variabilitě nastavení pohybů a intenzitě laserového paprsku vytvářet struktury složitých tvarů a hloubky. Nejčastěji se jedná o struktury o velikostech od 50 do 80  $\mu\text{m}$ . Další aplikací této laserové technologie ve výrobě je laserová expozice. Na rozdíl od strukturování není měněna jen topografie povrchu ale i samotná vnitřní struktura složení materiálu v oblasti upravovaného povrchu. V současné době jsou jemnější laserové struktury (<40  $\mu\text{m}$ ) jsou testovány pro jejich použitelnost ve výrobě, jelikož tyto struktury jsou finančně velmi náročné a tudíž ne vždy jsou vhodné pro danou aplikaci či výrobek. [3, 4]

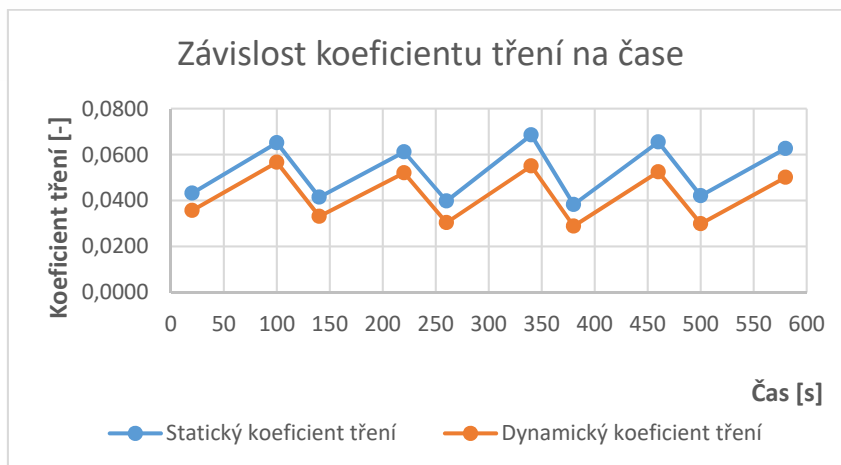
Pro lepší přiblížení a specifikaci vlivu úpravy povrchu na koeficient tření je v následné obrazové dokumentaci vyobrazen experiment, který se zabývá testováním koeficientu tření funkční dvojice tableta/deska, přičemž tableta je upravena broušením m pod různým úhlem vůči směru pohybu. Podobně jako tomu je u pohybu pístu vůči honované geometrii válce například u spalovacího motoru. Pro tento test byl jako mazivo použit motorový olej Mogul Diesel DT 15W-40. Mezi tabletu a desku bylo aplikováno 0,2 ml oleje a to ve 2 minutovém intervalu bylo stejné množství oleje doplněno.



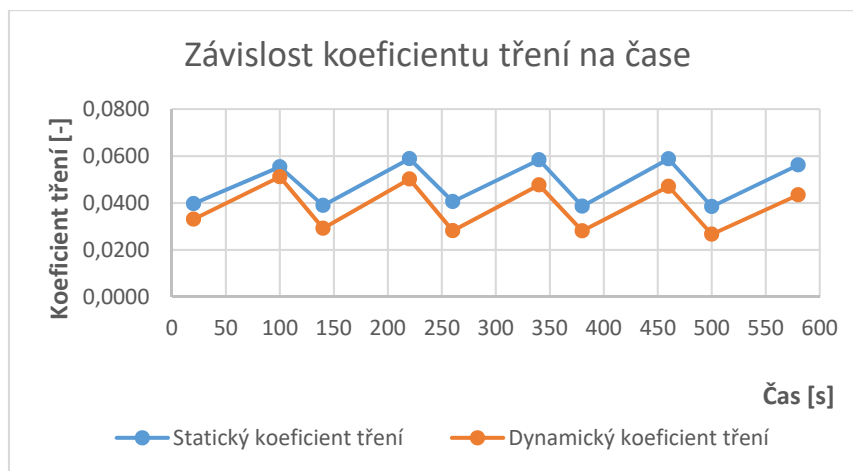
**Obr. 2:** Snímek testování koeficientu tření - deska TiN (vpravo), směr broušení tablety (vlevo)

Měření všech vzorků probíhalo při stejném normálovém zatížení po dobu deseti minut rozdělených na 5 intervalů po dvou minutách. Při suchém tření byly funkční plochy vždy po dvou minutách odmaštěny a v případě tření s vrstvou maziva bylo vždy po dvou minutách mazivo doplněno. K výrobě tablet a desek byla zvolena ocel ČSN 11373. Měřeny byly různé typy funkčních dvojic, ale jedním z hlavních z pohledu četných aplikací je: ocelová tableta – deska s vrstvou TiN (nitrid titanu).

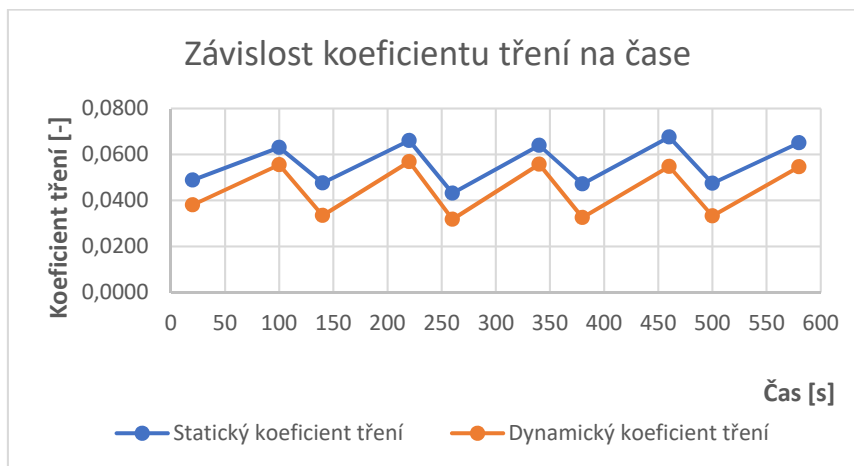
Níže jsou vyobrazeny grafické závislosti koeficientů tření v čase:



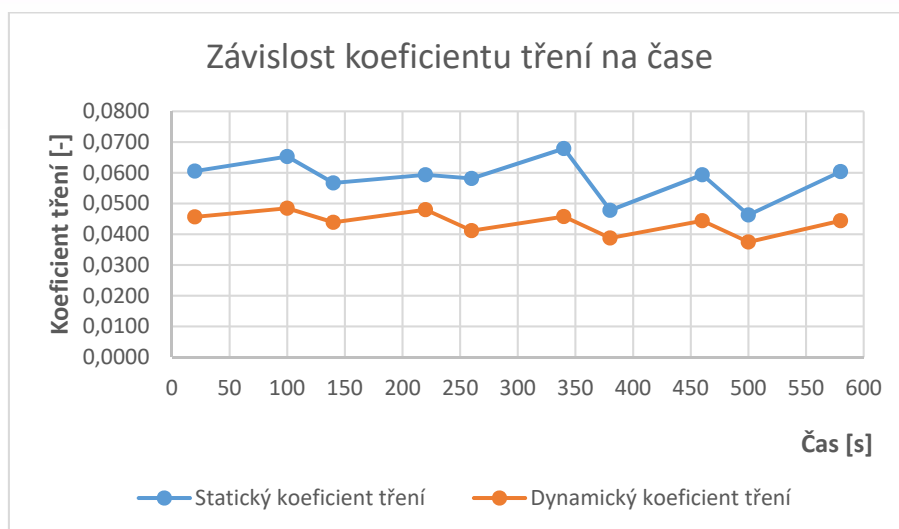
**Graf 1:** Závislost koeficientu tření na čase, ocel – ocel, nový olej, tableta 0°



**Graf 2:** Závislost koeficientu tření na čase, ocel – ocel, nový olej, tableta 45°



**Graf 3:** Závislost koeficientu tření na čase, ocel – ocel, nový olej, tableta 60°



**Graf 4:** Závislost koeficientu tření na čase, ocel – ocel, použitý olej, tableta 90°

**Tab. 1:** Porovnání koeficientů tření

| Průměrné hodnoty statického a dynamického koeficientu tření |             |         |                    |         |                       |         |
|---|-------------|---------|--------------------|---------|-----------------------|---------|
| Úhel broušení   | Suché tření |         | Mazáno – nový olej |         | Mazáno – použitý olej |         |
|   | $\mu_s$     | $\mu_d$ | $\mu_s$            | $\mu_d$ | $\mu_s$               | $\mu_d$ |
| 90°   | 0,311       | 0,248   | 0,052              | 0,042   | 0,058                 | 0,044   |
| 45°   | 0,284       | 0,254   | 0,048              | 0,039   | 0,051                 | 0,040   |
| 60°   | 0,329       | 0,265   | 0,056              | 0,045   | 0,056                 | 0,045   |
| 0°  | 0,312       | 0,251   | 0,053              | 0,043   | 0,059                 | 0,044   |

## Závěr

Z výsledků je patrné, jak velký vliv na velikost tření má použití maziva. U funkční dvojice ocel – ocel jsou bez maziva hodnoty koeficientu tření cca 6x vyšší. V případě suchého tření bylo nejlepšího výsledku dosaženo použitím desky s teflonovou páskou a naopak nejvyšší koeficient tření dosáhla deska s povlakem TiN, se kterou bylo dosaženo drsnosti povrchu tablety jen minimálně odlišné od tablety použité s deskou opatřenou teflonem. Důvodem je vysoká tvrdost povlaku.

Při použití maziva ve formě nového oleje 15W – 40 bylo nejlepších výsledků dosaženo při tření s deskou s povlakem TiN. V porovnání funkčních dvojic ocel – ocel má nejnižší součinitel tření tableta broušená pod úhlem 45°. Při použití již používaného oleje jsou hodnoty koeficientů tření vyšší, čímž byla dokázána nutnost dodržovat pravidelné intervaly výměny olejových náplní.

## Poděkování

Tento článek byl podpořen projektem **SGS19/OHK2-013/19** (Výzkum, optimalizace a inovace výrobních procesů).

## Použité zdroje a literatura:

- [1] Schmid, J.: Optimiertes Honverfahren für Gusseisen-Laufflächen, VDI-Bericht 1906 (2006)
- [2] Hoen, T.; Schmid, J.; Stumpf, W.: Weniger Verschleiß und Ölverbrauch durch Spiralgleitreibung bei Deutz-Motoren. In: MTZ 70 (2009), Nr. 4
- [3] EU-Projekt Oil-Free-Powertrain Projekt Nr. IPS 2001-80006 Final Report 7/2005
- [4] Karrar, E.: Potentiale zur Reibungsreduktion in der Kolbengruppe. ATZ/MTZ-Konferenz „Reibungsminimierung im Antriebsstrang“, Esslingen 2009

# PYTHAGORŮV ODKAZ

## aneb co nám bylo zatajeno

Josef Ježek – JEVAN, Ledec nad Sázavou

V první části Pythagorova odkazu jsme se dozvěděli, že dvě různé nebo shodně velké plochy téhož tvaru můžeme bezproblémově podle jeho formule sečíst a získat tak plochu s jejich součtovou velikostí (obsahem). A přitom k tomu nepotřebujeme měřítka, kalkulačku ani počítač. Stačí provázek. **Nebo-li dokážeme to provést čistě geometricky.** Možný je i opačný proces, kdy nějakou plochu určité velikosti chceme rozdělit na menší dvě plochy téhož tvaru jako je plocha dělená, a to podle určitého předpisu. Například kruh na dva menší kruhy, kdy větší z nich je dvojnásobné plochy oproti menšímu kruhu, atd. **Pythagorův zákon je prostě strojem na dělení plochy nějakého tvaru na dvě menší plochy toho samého tvaru.**

V toku času se samozřejmě objevovali myslitelé, kteří tuto IDEU dále rozpracovali. Mezi bohubilé činnosti v každém lidském oboru patří úklid a urovnávání věcí. V mnoha vědních oborech pak jde o uspořádání myšlenek z jejich převratného a někdy i chaotického objevování. Uplynulo jen několik století, a z rozpadající se mekky vědění (Řeckých městských států) se vzdělanci přemístili blíže k pyramidám, do Alexandrie. A právě zde jistý Euklides začal s uspořádáním dosavadních poznatků z oblasti geometrie a matematiky obecně. Samozřejmě, že musel narazit na Pythagorův odkaz. Jak si tak kreslil čtverce nad stranami pravoúhlých trojúhelníků, povšiml si, že ten největší čtverec nad odvěsnou lze rozdělit na dva obdélníky se shodnou delší stranou (její délku označme písmenem „c“) v místech, kde se dotýká pata výšky přepony (výšku označme symbolem „v<sub>c</sub>“). Od Pythagora už věděl, že plocha čtverce nad přeponou představuje součet ploch čtverců sestrojených nad oběma odvěsnami.

Když byl pravoúhlý trojúhelník rovnoramenný, pak pata výšky v<sub>c</sub> byla právě uprostřed přepony „c“ a plocha obou obdélníků představovala shodně polovinu plochy čtverce nad přeponou. Když se pata výšky „v<sub>c</sub>“ blížila k hraničnímu bodu přepony, s ní se zkracovala i délka úseku přepony (c<sub>a</sub> nebo c<sub>b</sub>, příslušná jedné z odvěsen, buď a nebo b). Délka úseku se blížila k nulové hodnotě, a tudíž i plocha obdélníku se blížila k nulové hodnotě. Zde Euklides vytušil, že musí existovat určitá závislost mezi délkou úseku na přeponě, vytknutý patou výšky, a plochou čtverců nad odvěsnami. Potom už stačilo napsat si rovnosti (bilance) mezi délkami úseků na přeponě (c = c<sub>a</sub> + c<sub>b</sub>), plochami obdélníků (c.c<sub>a</sub> + c.c<sub>b</sub> = c<sup>2</sup>) a plochami čtverců nad odvěsnami (c<sup>2</sup> = a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup>). Jestliže ctíme rovnost c<sup>2</sup> = c<sup>2</sup>, potom platí i:

$$c \cdot c_a + c \cdot c_b = a^2 + b^2$$

Závislost vztahu ploch obdélníků a čtverců neumíme zpochybnit, a tak platí zcela obecně linearita (přímý vztah) délký úseku na přeponě k ploše čtverce nad odvěsnou na úsek navazující.

Podobnou úvahou se Euklides dopracoval ke vztahu mezi délkami úseků přepony „c“ (c<sub>a</sub> a c<sub>b</sub>) a délkou výšky „v<sub>c</sub>“ na ní spuštěné. Od Pythagora věděl a mohl také evidovat, že původní pravoúhlý trojúhelník se rozpadl (z definice) na dva menší pravoúhlé trojúhelníky jemu podobné, a to díky výšce v<sub>c</sub>. Stačilo dát do poměru délky odvěsen obou vzniklých pravoúhlých trojúhelníků a mohl říci:

$$c_a : v_c = v_c : c_b = a : b$$

V pozdější době by matematici tyto poměry délek nazvali goniometrickými funkcemi, zřejmě tangetou úhlu, který všechny tyto délkové dvojice svírají). Úpravou poměrů potom zjistil, že kvadrát délky výšky v<sub>c</sub> je roven součinu úseků c<sub>a</sub> a c<sub>b</sub>, vytčených patou výšky v<sub>c</sub> na přeponě c původního pravoúhlého trojúhelníku.

$$v_c^2 = c_a \cdot c_b$$

Těmto poznatkům dodnes říkáme „první a druhá Euklidova věta o pravoúhlém trojúhelníku“. Zde je ukázka toho, že se vyplácí dělat pořádek v myšlenkách. Můžete se stát nesmrtelnými, tak jako pan Euklides.

Shrňme důsledky těchto poznatků.

Hodnotě výšce v<sub>c</sub> v pravoúhlém trojúhelníku říkáme také střední geometrická (hodnota), pokud ji hledáme ze dvou proměnných, v tomto případě úseků na přeponě. Je-li pata výšky uprostřed přepony, potom úseky jsou shodné (poloviční) délky a odpovídají délce výšky. V algebře potom střední geometrickou hodnotu (h) počítáme ze vztahu:

$$h = \sqrt{h_1 \cdot h_2}$$

Vztah jako takový vyjadřuje rovnost mezi plochou čtverce a obdélníku. Čili transformaci (přeměnu) čtverce na libovolný obdélník, a opačně, obecného obdélníku na čtverec téže plošné velikosti. Jde o transformaci tvarů!

Rovnost čtverce výšky v pravoúhlém trojúhelníku a součinu dvou úseků přepony však má hlubší obsah, než by se na první pohled mohlo zdát. Obě strany rovnosti totiž můžeme bez obav násobit shodnou konstantou (k) a vztah se nezmění. Pišme:

$$k \cdot v_c^2 = k \cdot c_a \cdot c_b$$

Bude-li mít konstanta k hodnotu jedné poloviny (k = ½), potom vztah můžeme číst tak, že rovnoramenný pravoúhlý trojúhelník s odvěsnami délký v<sub>c</sub>, který je sestrojený nad výškou (v<sub>c</sub>) pravoúhlého trojúhelníku o odvěsnách a i b, se bude svou plochou rovnat libovolného pravoúhlému trojúhelníku o odvěsnách c<sub>a</sub> a c<sub>b</sub>.

Koeficient tvaru „k“ o velikosti jedné poloviny nemusí představovat pouze rovnost plochy rovnoramenného pravoúhlého trojúhelníku, který vznikl úhlopříčným řezem čtverce nad výškou v<sub>c</sub>, s plochou obecného pravoúhlého trojúhelníku sestrojeného z úseků odvěsn, nýbrž dvou tvarů s tímž slovním základem. Jde o slovo „čtverec“.



Kolmý rovnostranný a rovnoběžníkový čtyřúhelník se změní v obecný rovnostranný a rovnoběžníkový čtyřúhelník. Ano, při této transformaci tvaru se kolmý mění v kosý, čtverec na zvolený koso-čtverec. Asi také cítíte jako já tu sílu transformace, kdy se jedna kvalita mění v jinou kvalitu, při zachování téže kvantity, plošnosti. U prvního Pythagorova zákona nedocházelo k transformaci tvaru destruovaných nebo sléváných ploch. V tomto zákoně však ano, i když pouze v oblasti rodů ploch. Trojúhelník na trojúhelník, čtyřúhelník na čtyřúhelník, apod.

Nyní se však odvažme konstantu  $k$  volit v oblasti iracionálního čísla, například Ludolfova ( $\pi$ ), a potom můžeme bez obav a výčitek výšku v pravouhlém trojúhelníku  $v_c$  nahradit symbolicky  $2r$  (jako průměr kruhu), úsek  $c_a$  symbolicky  $2a$  (jako dvojnásobek velké poloosy) a úsek  $c_b$  symbolicky  $2b$  (jako dvojnásobek malé poloosa) elipsy. Omlouvám se čtenářům, že jsem použil písmena  $a, b$  jinak než pro odvěsny pravouhlého trojúhelníku, poněvadž v literatuře jsou používána pro délky (rozměry) poloos elips. Tak pardon! Po přepsání dostaneme vztah:

$$4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot \pi \cdot a \cdot b$$

Ano vážení přátelé,

zatajili nám transformační vztah mezi plochou kruhu a libovolného tvaru elipsy při zachování shodné (téže) plošné velikosti. Přitom to podobenství bylo ve vzduchu. Plocha čtverce ( $k=1$ ) se přemění na obdélník o stranách  $c_a$  a  $c_b$ , plocha kruhu ( $k = 4 \cdot \pi$ ) se přemění na elipsu o poloosách „ $a$ “ a „ $b$ “. Takový je skrytý obsah druhé Euklidovy věty o pravouhlém trojúhelníku. Už také víme, že konstanta  $K$  může mít obecný tvar, a tudíž není postatná, neboť po vydělení rovnice touto konstatou se vůbec nic nestane. Na této kontantě nás však něco zaujme. Je shodná s konstantou pro výpočet povrchu koule. Jestliže je na levé straně formule pro výpočet plošnosti kulové plochy, potom na pravé straně bude obecný vztah pro výpočet plošnosti jakékoliv povrchové plochy jednoosého rotačního elipsoidu (Transformace fotbalového míče na rugbyový). Jiná možnost snad ani není.

Pozor, co se asi stane z první Euklidovy věty.

První věta vypovídá o rozpadu čtverce na dva různé obdélníky se shodnou jednou (delší) stranou, a opačně, vytvoření čtverce ze dvou obdélníků s danou podmínkou. Přeměnu dvou různých čtverců na dva odlišné obdélníky.

Poučení analýzou druhé Euklidovy věty se už můžeme odhodlat popsat transformaci dvou čtverců na dva různé (nebo shodné) kruhy o poloměrech  $r_a = a/2$  a  $r_b = b/2$ , vepsané do původních čtverců, a transformaci dvou obdélníků shodné délky „ $c$ “ a různé šířky „ $c_a$ “ a „ $c_b$ “ na dvě do nich vepsané elipsy o shodné poloose  $a = c/2$  a různých poloosách „ $b$ “ velikostí  $c_a/2$  a  $c_b/2$ .

$$\pi \cdot c/2 \cdot c_a / 2 + \pi \cdot c/2 \cdot c_b / 2 = \pi \cdot a^2/4 + \pi \cdot b^2/4$$

a po úpravě a přeznačení

$$\pi \cdot c \cdot c_a / 4 + \pi \cdot c \cdot c_b / 4 = \pi \cdot r_a^2 + \pi \cdot r_b^2$$

Poslední zápis říká, že dva různé kruhy, vepsané do čtverců nad odvěsnami pravouhlého trojúhelníku a dotýkajících se jich v jediném bodě, se změnily na dvě různé elipsy vepsané do čtverce nad přeponou, vzájemně se dotýkající v jediném bodě i každá jedním bodem se dotýkající přepony. Takový kolotoč jsme nečekali.

Nakonec lze vyvodit takové závěry, že kruhy se mohou změnit v kuloplochy a elipsy v povrchy jednoosých elipsoidů. Upravme poslední rovnici tak, že jí celou vynásobíme čtyřmi:

$$\pi \cdot c \cdot c_a + \pi \cdot c \cdot c_b = 4 \cdot \pi \cdot r_a^2 + 4 \cdot \pi \cdot r_b^2$$

Na pravé straně rovnice se skutečně objeví vztah pro sumu dvou kulových ploch (fotbalových míčů) a na levé straně dvou šišatých míčů na rugby.

Poznámka:

Platí zde i paralely pro povrchy těles ohraničených částmi rovin, neboli pro mnohostěny (polyedry). Kolmý pravidelný rovnoběžnostěn s konstantní hloubkou (šestistěn) se může transformovat na rovnoběžnostěn s toutéž konstantní hloubkou, avšak zkosený. Ze čtvercového hranolu (i v podobě krychle) se může přetvořit na hranol s kosočtverečným průřezem, přičemž oba budou mít tutéž povrchovou plošnost. Podobně lze charakterizovat transformaci rovnoramenného trojbokého hranolu na obecný pravouhlý při shodné hloubce (pětistěn). Zde se ukazují vlastnosti druhé Euklidovy věty na výpočty povrchů sochorů různých průřezů, například při tváření, jako je třeba kování či válcování. Povrch těles rozhoduje o úniku tepla z materiálu, a naopak, o rychlosti prohřevu při shodné hmotnosti (objemu).

První Euklidova věta (o odvěsnách) je velmi variabilní, neboť k transformaci tvaru (například ze čtverce na obdélník) dochází současně hned ve dvou podobách s tím, že vznikající tvary mají společnou délku.

Copak nám asi přinese třetí zamyšlení nad odkazem Pythagorovým?

Fakulta strojní ČVUT v Praze  
ve spolupráci s Centrem pro povrchové úpravy a InPÚ  
nabízí technické veřejnosti v rámci programu  
celoživotního vzdělávání  
studijní program:

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY VE STROJÍRENSTVÍ

*(způsobilost v tomto oboru lze prokázat akreditovanou  
kvalifikací a certifikací dle standardu APC Std-401)*

**Zahájení studijního programu - 11. února 2020**



Podrobné informace včetně učebních plánů a přihlášky získáte na  
[www.povrchari.cz](http://www.povrchari.cz) nebo [info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

## KOROZNÍ INŽENÝR



[WWW.POVRCHARI.CZ](http://WWW.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

### PŘEDPOKLÁDANÉ ZAHÁJENÍ KURZU – březen 2020

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

Cílem studia je zabezpečit potřebnou kvalifikaci pracovníků lakoven, zvýšit efektivnost těchto provozů a zlepšit kvalitu realizovaných povrchových úprav. Postupně je probírána problematika této technologie v celém rozsahu potřebám pro získání kvalifikačního certifikátu.

#### Obsah kurzu:

- Základy koroze a protikorozi ochrany
- Předúpravy povrchů
- Práškové plasty
- Technologie práškového lakování
- Bezpečnost práce a provozů v lakovnách
- Zařízení a vybavení práškových lakoven
- Kontrola kvality povlaků
- Příčiny a odstranění vad v povlacích
- Související procesy (zdroj vzduchu a jeho čištění, vytvrzovací pece aj.)



#### Garanti kurzu:

doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

#### Rozsah kurzu:

6 dnů (42 hodin) (3 x 2 dny)

**V případě potřeby jsme schopni připravit školení z oboru povrchových úprav dle požadavků firmy.**

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

Více informací:

[info@povrchari.cz](mailto:info@povrchari.cz)

Odborné akce



Česká společnost pro povrchové úpravy opět připravuje tradiční setkání odborníků v oblasti povrchových úprav - **53. ročník celostátního Aktivu galvanizérů v Jihlavě** - se uskuteční v hotelu Gustav Mahler ve dnech

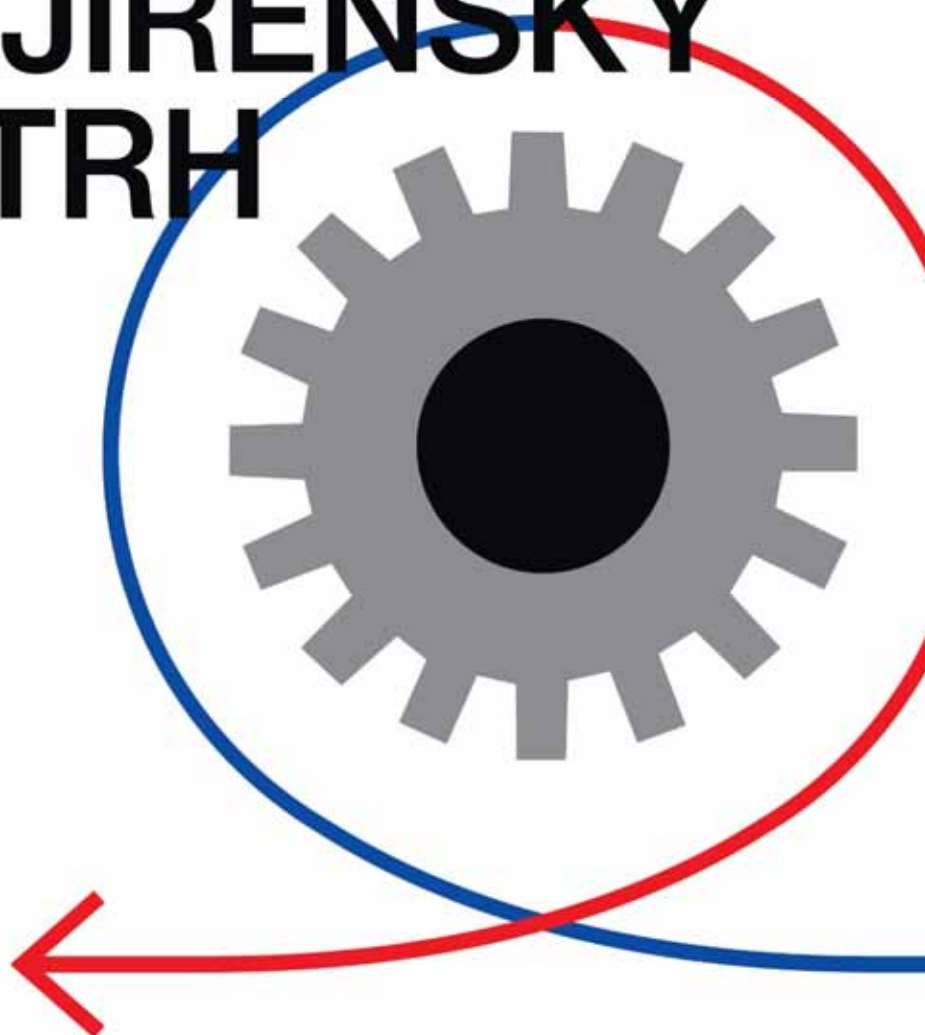
**4. a 5. února 2020**

Ústřední téma přednášek i diskusí dvoudenního jednání 53. ročníku:

**Vliv ekonomické situace na vývoj povrchových úprav**

email: [cspu@seznam.cz](mailto:cspu@seznam.cz)

# 62. —————→ MEZINÁRODNÍ STROJÍRENSKÝ VELETRH



## 5.–9.10.2020 BRNO



**DIGITAL  
FACTORY**



**BEST  
FILTER**

## **FILTRAČNÍ PATRONY PRO PRŮMYSLOVÉ ODSÁVÁNÍ**

- PRÁŠKOVÉ LAKOVNY
- TRYSKAČE
- BROUŠENÍ
- SVAŘOVÁNÍ
- PLAZMOVÉ PÁLĚNÍ
- LASEROVÉ PÁLĚNÍ
- SLÉVÁRNÝ

**Naše SPECIALITA je průmyslové  
odsávání.**

- 15 let zkušeností
- špičková kvalita
- certifikované materiály
- záruka 100% funkčnosti
- nízké ceny
- nejlepší poměr kvalita/cena

**bestfilter.club  
info@bestfilter.eu**

## ČIŠTĚNÍ VNITŘNÍCH POVRCHŮ OTOPNÝCH A CHLADICÍCH SYSTÉMŮ



Čištění vnitřních povrchů otopných a chladicích systémů je nezbytnou podmínkou dlouhodobého, účinného a úsporného provozu.

Již při vrstvě minerálů a koroze tloušťky 1 mm stoupne spotřeba energie v systému o 6 až 8 %. Korozní produkty a úsady minerálů zhoršují přestup tepla, zvyšují tlakové ztráty a omezují možnost regulace.

V závislosti na péči a údržbě věnované otopným, resp. chladicím systémům jsou obvyklé tloušťky znečištění 4 až 6 mm a celkový nárůst spotřeby energie činí 25 až 50 %.

Nové bezpečné čisticí prostředky a provedení, resp. vyčištění kvalifikovanou firmou, přináší návratnost vložených prostředků obvykle za jednu topnou sezónu.



*Ukázka vyčištění vnitřních povrchů.*

Zetfaza s.r.o.

Tel.: +420 720 108 375

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

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



## Kontakty:

Office: Vladimírská 2431, 440 01 Louny  
tel. 725 118 975

Zkušební laboratoř: Poděbradská 358, 288 02 Nymburk  
tel. 725 118 975, 605 151 799

E-mail: [info@jstechnology.cz](mailto:info@jstechnology.cz)  
[jiri.simicek@gmail.com](mailto:jiri.simicek@gmail.com)

# ZKUŠEBNA POVRCHOVÝCH ÚPRAV

## AKREDITOVANÁ ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ Č. 1125

TESTOVÁNÍ NÁTĚROVÝCH HMOT, NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ A POVLAKŮ, DOZOROVÁNÍ APLIKACÍ NÁTĚRŮ - HODNOCENÍ PŘÍPRAVY POVRCHŮ POD NÁTĚR - PORADENSTVÍ V OBORU POVRCHOVÝCH ÚPRAV, ZKOUŠKY SAMOLEPÍCÍCH FÓLIÍ PRO TECH. ZNAČENÍ

Nabízíme Vám dlouholeté zkušenosti odborníků na problematiku povrchových úprav železničních kolejových vozidel a obecně jakýchkoliv ocelových konstrukcí.

## PROVEDEME PRO VÁS:

- **akreditované** zkoušky nátěrových hmot, tmelů, nátěrových systémů a povlaků včetně hodnocení degradace
  - korozní zkoušky (NSS, SO<sub>2</sub>, KK)
  - urychlené povětrnostní testy (QUV)
  - cyklické zkoušky - UV záření/vlhko/sůl/mráz - např. dle EN ISO 12944-9, TKP19B-pro ŘSD, TKP25B-SŽDC, VDA testy,...
  - mechanické zkoušky (tvrdost, hloubení, ohyb, přilnavost,...)
  - fyzikálně technologické zkoušky (hustota, netěkavé látky, zasychání,...)
- **neakreditované** zkoušky podle požadavku a dohody se zákazníkem
- hodnocení přípravy povrchu pod nátěr
- zpracování a verifikace technologických postupů pro aplikace
- dozorování aplikací
- zastupování a technická pomoc při řešení reklamaci
- zajištění potřebných atestů pro aplikace na ČD a ČD Cargo
- poradenství v oboru, technologické studie, hodnocení efektivity investic



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

Těšíme se na spolupráci s Vámi!





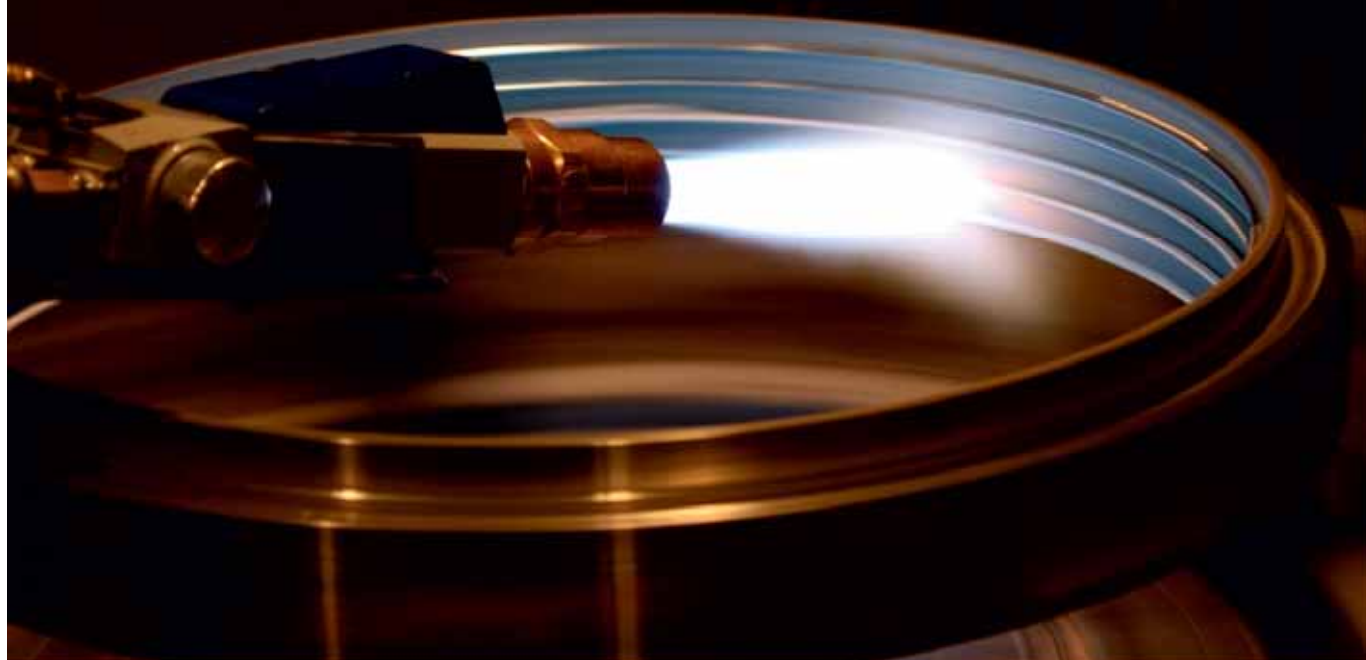
# Žárové nástřiky: budoucnost povrchových úprav

Žárové nástřiky umožní podstatné zvýšení životnosti materiálů a snížení výrobních nákladů i ekologické zátěže vašich produktů. Kompletní vývoj i aplikaci zajišťuje moderní technologické centrum vybavené infrastrukturou unikátní ve střední Evropě.

VZÚ Plzeň – česká firma s více než 110letou tradicí a celosvětovou působností.

#### Přehled technologií VZÚ Plzeň

- Kaskádový plazmový nástřik
- Vysokorychlostní nástřik (HP/HVOF)
- Nástřik plamenem (FS)
- Nástřik elektrickým obloukem (TWAS)



Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o.

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



# Schlötter

Galvanotechnik

## S pasivací SLOTOPAS PF 1060 uvidíte ČERNOU – nyní také bez Cr (VI) na zinku!

Naše nová černá pasivace SLOTOPAS PF 1060 je ponorový postup pro vytvoření černých mírně matných konverzních vrstev na bázi Cr (III) jak pro zinkové povlaky vyloučené z alkalické lázně, tak i pro povlaky zinek-železo s nízkým obsahem legury. Nejlépe se k tomu osvědčily postupy našich řad ZINCASLOT ZA a SLOTOLOY ZE.

Následným utěsněním v našich produktech SLOTOFIN se docílí jednotného mírně lesklého vzhledu. S minimální odolností 120 h při testu v solné mlze podle DIN EN ISO 9227 také po temperaci se tím nabízí komfortní náhrada za běžné postupy na bázi Cr (VI).



DIN EN ISO 50001:2011  
DIN EN ISO 9001:2008  
DIN EN ISO 14001:2004

Zastoupení pro Česko a Slovensko  
Ing. Petr Goliáš

Podnikatelská 565  
190 11 Praha 9 – Běchovice  
Česká republika

Tel. +420 222 7241 56  
petr.golias@atlas.cz  
www.schloetter.com

## Redakce online časopisu POVRCHÁŘI

---

### Šéfredaktor

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

### Redakce

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D.

Ing. Petr Drašnar, Ph.D.

Ing. Dana Benešová, Ph.D.

Ing. Michal Zoubek

Ing. Jakub Svoboda

Ing. Jiří Kuchař

Ing. Hana Hrdinová

### Redakční rada

Ing. Roman Dvořák, MM publishing, s.r.o.

Ing. Vlastimil Kuklík, Ph.D., InPÚ z.ú.

Ing. Miloslav Skalický, ZVVZ MACHINARY, a.s.

Ing. Petr Strzyž, ředitel Asociace českých a slovenských zinkoven

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

Ing. Jakub Horník, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta strojní

### Grafické zpracování

Ing. Jaroslav Červený, Ph.D.

Přihlášení k zaslání 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)

### Vydavatel

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Semonice 110

551 01 Jaroměř

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

tel: 605 868 932

**Povrcháři ISSN 1802-9833**

Časopis Povrcháři byl vybrán v roce 2011 jako kvalitní pokračující zdroj informací u Českého národního střediska ISSN.

Tento on-line zdroj je uchováván jako součást českého kulturního dědictví.