

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Povrchové úpravy technických konstrukčních materiálů

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Autor práce: Jan Šulc

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Šulc

Inženýrství údržby

Název práce

Povrchové úpravy technických konstrukčních materiálů

Název anglicky

Surface treatments of technical structural materials

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o problematice povrchových úprav technických konstrukčních materiálů.

Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky stanoví bakalář přínos práce.

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Funkční povrch, kov, polymer, vývoj

Doporučené zdroje informací

Časopis: Research in Agricultural Engineering, International Journal of Solids and Structures, Journal of Materials Processing Technology, Surface and Coating Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, Journal of material science, The Journal of Physical Chemistry, International Journal of Fatigue, Journal of materials processing technology, Polymer Degradation and Stability, Manufacturing technology

FIALA, J., MENTL, V., ŠUTTA, P.: Struktura a vlastnosti materiálů. Praha:Academia, 2003.

CHA, SCH., ERDEMIR, A.: Coating technology for vehicle applications. Cham: Springer, 2015.

KNOTKOVÁ, D., KREISLOVÁ, K.: Korozní chování kovů a kovových povlaků v atmosférickém prostředí. Praha: SVÚOM, 2010.

KRAUS, V.: Povrchy a jejich úpravy. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2009.

TRACTON, A.: Coatings technology handbook. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2018

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Povrchové úpravy technických konstrukčních materiálů“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.3.2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Miroslavovi Müllerovi, Ph.D., za odborné vedení práce, ochotu, vstřícnost při konzultacích, trpělivost a cenné rady.

Povrchové úpravy technických konstrukčních materiálů

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou povrchových úprav materiálů využívaných v technické praxi. Jsou zde stručně popsány postupy tradičních metod, kterými dochází k úpravám povrchů, a ty jsou doplněny informacemi o nových trendech a postupech, které se v tomto oboru začínají praktikovat. Práce je rozdělena do tří částí. V první části jsou uvedeny důvody aplikace povrchových úprav, jejich význam a směry vývoje, kterými se tento obor vydává. Další část se zabývá jednotlivými způsoby předúprav povrchu a důvody, proč jsou tyto úpravy nezbytnou součástí celého procesu povrchových úprav. Ve třetí části jsou uvedeny informace o vybraných povlacích, které se nanášejí na povrch základního materiálu. Jsou zde nastíněny důvody nanášení povlaků, možnosti jejich aplikace a nové vlastnosti, o které je základní materiál obohacen po nanesení povlaku. Práce je vytvořena jako přehled vybraných metod používaných v oboru povrchových úprav.

Klíčová slova: kov, vývoj, koroze, předúpravy povrchu, povlak

Surface treatments of technical structural materials

Abstract

The bachelor thesis deals with the issue of surface treatment of materials used in technical practice. There are briefly described the procedures of traditional methods of surface modification, which are supplemented by information about new trends and practices that are beginning to practice in this field. The thesis is divided into three parts. The first part presents the reasons for the application of surface treatments, their significance and directions of development by which this field is directed. The next section deals with the different methods of surface pretreatment and the reasons why these treatments are an essential part of the entire surface treatment process. The third part presents information about selected coatings that are applied to the surface of the base material. There are outlined the reasons for coating application, possibilities of their application and new properties, which the base material is enriched after coating. The work is created as an overview of selected methods used in the field of surface treatment.

Keywords: metal, development, corrosion, surface pretreatment, coating

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce	2
4	Antikorozní ochrana	3
4.1	Vývoj povrchových úprav.....	3
4.2	Koroze.....	4
4.2.1	Chemická koroze	5
4.2.2	Elektrochemická koroze	5
4.2.3	Rovnoměrná koroze.....	5
4.2.4	Nerovnoměrná koroze	5
4.3	Způsoby ochrany povrchů.....	6
4.3.1	Úprava korozního prostředí	6
4.3.2	Volba vhodného materiálu.....	7
4.3.3	Elektrochemická ochrana kovového povrchu.....	8
4.3.4	Tvorba ochranných povlaků	8
5	Předúpravy povrchů	9
5.1	Mechanické předúpravy povrchu.....	9
5.1.1	Broušení.....	9
5.1.2	Kartáčování.....	10
5.1.3	Leštění	10
5.1.4	Omílání	10
5.1.5	Otryskávání.....	12
5.1.6	Laserové čištění povrchu	15
5.1.7	Využití plazmy při předúpravě plastových dílů	16
5.2	Chemické předúpravy povrchu	17
5.2.1	Moření	17
5.2.2	Odmašťování	18
5.2.3	Odrezování.....	19

6	Povlaky	20
6.1	Kovové povlaky	20
6.1.1	Elektrolytické povlaky	22
6.1.2	Chemické povlaky	25
6.1.3	Žárově stříkané povlaky	27
6.1.4	Žárové povlaky	29
6.1.5	Chemické a fyzikálně – chemické povlaky	30
6.2	Nekovové povlaky	32
6.2.1	Smaltové povlaky	32
6.2.2	Povlaky z nátěrových hmot	33
6.2.3	Povlaky z plastů	34
7	Závěr	36
8	Seznam použitých zdrojů	37
9	Seznam obrázků	40
10	Seznam tabulek	40

1 Úvod

Téma povrchových úprav jsem si vybral, protože vlastním starší automobil, u kterého neustále amatérsky bojuji s korozí karoserie a obnovou její povrchové úpravy. Proto jsem se chtěl dozvědět více o průběhu koroze a o dalších možnostech ochrany povrchu kovu i jiných materiálů.

Na celém světě dochází neustále k intenzivnímu rozvoji průmyslu a s tím souvisí neustálé zvyšování nároků na materiály v něm používané. Z důvodu rozvoje oblastí průmyslu jako např. letectví, kosmonautiky, automobilového průmyslu, stavebnictví a široké škály dalších, je nutné vyvíjet materiály, které budou při použití v praxi disponovat požadovanými vlastnostmi na co nejvyšší úrovni. Díky povrchovým úpravám je možné dodat základnímu materiálu vlastnosti, které nemá a jsou potřebné pro jeho správnou funkci. Mezi tyto vlastnosti technických konstrukčních materiálů patří v dnešní době především vysoká odolnost proti korozi, opotřebení a vysokým teplotám, dále dodávají povrchové úpravy základním materiálům elektrickou a tepelnou vodivost, žáruvzdornost, samomaznost a magnetické vlastnosti. Jednou z vlastností, která v posledních letech stále více nabývá na významu, je vzhled samotného povrchu. Právě vzhled se stává pro mnohé zájemce o výrobek rozhodujícím faktorem při koupi daného výrobku, což nejvíce dokládá automobilový průmysl, který nabízí širokou škálu barevných odstínů a druhů nanášených laků.

Práce je sepsána jako přehled vybraných metod, které se používají k úpravě povrchu materiálu. Jsou zde stručně popsány postupy tradičních metod, kterými dochází k úpravám povrchů a ty jsou doplněny informacemi o nových trendech a postupech, které se v tomto oboru začínají praktikovat.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o problematice povrchových úprav technických konstrukčních materiálů.

V závěru práce následuje shrnutí nových trendů v oblasti předúprav povrchu a v oblasti nanášení povlaků.

3 Metodika práce

Na základě shromážděných informací k jednotlivým metodám úprav povrchů, kde byla zdrojem odborná knižní literatura a odborné časopisy, bude nastíněn současný stav řešeného problému a shrnuty závěry o nových trendech v této oblasti.

4 Antikorozní ochrana

Povrchové úpravy patří k důležitým strojírenským technologiím. Jejich význam spočívá v ošetření materiálů za účelem dosažení požadovaných vlastností a stavů, které tyto materiály nemají a jsou potřebné pro jejich optimální a dlouhodobou funkci [1]. Mezi tyto vlastnosti můžeme zařadit ochranu před mechanickým poškozením, před povětrnostními vlivy a dále dosažení technických vlastností, kterými jsou odolnost proti korozi, zvýšené teplotě, chemikáliím a otěru. Ochrana proti korozi patří k nejdůležitějším úkolům oboru povrchových úprav. V neposlední řadě dává povrchová úprava výrobku estetický význam v podobě barvy a struktury povrchu [2].

S rostoucím uplatňováním nové techniky a technologie vzniká rozpor mezi nároky na nové výrobky a dostupnými zdroji materiálu i energie. V této souvislosti moderní technologie úprav povrchu hrají významnou roli při úspoře nákladů. Hodnota kvalitní povrchové ochrany strojírenského výrobku představuje 5 až 20 % celkových nákladů na jeho výrobu. Ekonomické důsledky nekvalitní povrchové úpravy pak ohrožují celkovou hodnotu výrobku [2].

4.1 Vývoj povrchových úprav

Cíle povrchových úprav jsou v souladu s požadavky z výroby a udržitelného rozvoje strojírenství i ostatních výrobních oborů. Zaváděním nových technologií a provozů i rekonstrukcemi a certifikacemi stávajících pracovišť povrchových úprav, postupně dochází ke značným kvalitativním změnám oboru povrchových úprav, které nabývají širšího rozsahu a významně zasahují do všech oborů lidské činnosti [3].

Dlouhodobé cíle povrchových úprav: [1]

- Zvyšování provozní spolehlivosti a životnosti povrchových úprav.
- Zvyšování technických parametrů povrchových úprav.
- Snižování výrobních nákladů, hlavně úsporami energií a materiálů.
- Zavádění automatizace a robotizace do výroby.
- Omezení znečištění životního prostředí.

Nejde již jen o ochranu povrchů, ale o nové technologie, materiály a vlastnosti povrchů, které pro svůj další rozvoj vyžaduje strojírenství, elektrotechnika, stavebnictví, energetika, ale i zcela nové obory mikrotechniky, biomedicíny, nanotechnologií a elektroniky. Aplikací povrchových úprav dochází k efektivnějšímu využívání materiálů, snižování energetické náročnosti a snižování celkových nákladů. Výrazný rozvoj zaznamenávají úpravy povrchů na principu plasmu, vakua, laseru a nanomateriálů [3].

Pozadu nezůstávají ani technologie funkčních povlaků a vrstev. Objevují se povlaky se zcela novými vlastnostmi, s vysokými parametry kvality, dlouhou životností, ořezuvzdorné povlaky, povlaky samomazné s tichým chodem a bezúdržbovým provozem, žáruvzdorné povlaky odolávající extrémním teplotám při vysokém stupni bezpečnosti, povlaky zabraňující vzniku zápalné jiskry, povrchy s elektrickými a magnetickými parametry pro zpracování a uchování informací apod. [3].

4.2 Koroze

Korozi kovů definujeme jako postupné, nevratné znehodnocování materiálu, způsobené chemickým nebo fyzikálním působením prostředí. Jde o souhrn fyzikálně-chemických dějů, jejichž konečným výsledkem je částečné nebo úplné rozrušení materiálu. Korozi podléhají téměř všechny materiály, tedy nejen kovy a jejich slitiny, ale také plastické hmoty, keramické, sklovité, silikátové a jiné materiály [2].

Koroze zničí na celém světě ročně několik miliónů tun kovu (ztráty přímé). Veliké jsou i ztráty vzniklé vynaložením práce, popř. zastavením provozu při výměně zkorodovaných součástí apod. (ztráty nepřímé) [4]. Je odhadováno, že koroze v České republice způsobí ztráty v ekonomice ve výši 4-5 % HDP, což znamená škodu přesahující 200 miliard korun [5].

Korozi je nejvíce zatížen energetický a stavební průmysl, kde ztráty v rozvodech elektrické energie tvoří minimálně 10 % z jejich ceny, přičemž minimálně jedné čtvrtině ztrát lze předejít. Převáděno na finanční úspory by to v ČR mohlo být 15-20 miliard Kč ročně [6].

Koroze může probíhat v atmosféře nebo jiných plynech, ve vodě a dalších kapalinách, zeminách a různých chemických látkách, které jsou s kovem ve styku. Má nejrůznější formy a rozlišuje se podle daných hledisek (tab.1) [4].

Tab. 1 Rozdělení koroze [4]

Hledisko	Druh koroze
vnitřní mechanismus	chemická elektrochemická
korozní prostředí	atmosférická v kapalinách v plynech půdní
kombinace s vnějšími vlivy	za mechanického napětí materiálu za únavy materiálu vibrační bludnými proudy
vzhled	rovnoměrná nerovnoměrná

4.2.1 Chemická koroze

Probíhá v plynech, které mají oxidační či redukční povahu nebo v řadě bezvodých organických tekutin. Pro tento typ koroze je charakteristický vznik vrstev korozních produktů na povrchu materiálu [7]. Tyto vrstvy, jsou-li celistvé, chrání kov před dalším napadením. Většinou však celistvá není a korozi pouze zpomaluje. Rychlost koroze je potom závislá na rychlosti difúze plynu ke kovu nebo na rychlosti difúze atomů kovu vrstvou korozních zplodin směrem k rozhraní této ochranné vrstvy a plynu [8]. V případě oxidace kovů a slitin ztrácí kov své valenční elektrony. Výsledkem této reakce pak jsou korozní produkty tvořené nejčastěji oxidy kovů, ale také jinými sloučeninami (uhličitany, sírany nebo chloridy) [7].

4.2.2 Elektrochemická koroze

Při styku materiálů s elektricky vodivým prostředím (elektrolytem) dochází ke korozi, jejíž mechanismus je odlišný od chemické koroze. Zatímco při chemické korozi jsou korozní děje vysvětlovány chemickou reakcí s prostředím, při elektrochemické korozi existují změny spojené s přenosem elektrického náboje. Prostředím jsou zde kapalné roztoky kyselin, zásad a solí, které jsou rozpuštěny ve vodě [2].

Spojí-li se méně ušlechtilý kov (zinek) s ušlechtilým (měď) a ponoří se do elektrolytu, probíhá mezi oběma kovy proud a vytvoří se tzv. galvanický člunek. Ušlechtilý kov je přitom katodou a méně ušlechtilý kov anodou. Anoda se začne postupně rozpouštět a přecházet do roztoku, avšak katoda zůstává neporušena, neboť je pouze místem, kde se neutralizují kladně nabití ionty roztoku [4].

4.2.3 Rovnoměrná koroze

Způsobuje rovnoměrné úbytky materiálu po celé exponované ploše. Z hlediska zařízení je rovnoměrná koroze nejpříznivější, protože je možné experimentálně stanovit rychlost úbytku a konstruovat zařízení s ohledem na korozní rychlost. Rychlost rovnoměrné koroze se mění s časem, její počáteční hodnota je obvykle větší než konečná, a proto se často udává její časový průměr v $[g \cdot m^{-2} \cdot rok]$ [1].

4.2.4 Nerovnoměrná koroze

Nerovnoměrná koroze napadá určitá místa materiálu. Vyskytuje se v případech, kdy se z různých důvodů lokálně mění složení materiálu (např. vměstky) nebo korozní prostředí (např. vlivem fázového rozhraní) [1].

4.3 Způsoby ochrany povrchů

Základní poznatky o mechanismu a kinetice koroze umožňují odvodit základní možnosti, jak korozi zabránit, případně ji zpomalit na přijatelnou míru, aby se zvýšila životnost výrobků. Povrchová ochrana propůjčuje materiálu kvalitativně nové vlastnosti, odlišné od vlastností základního kovu [2].

Nejzávažnější problémy se snížením předpokládané životnosti materiálu nebo protikorozi ochrany vznikají nepřesným určením korozní agresivity ve specifických mikroklimatech nebo nevhodným konstrukčním řešením. To má za následek výrazně vyšší korozní rychlost materiálů nebo povlaků [9].

Z hlediska charakteru povrchové ochrany dělíme způsoby zamezení korozi materiálů následovně: [2]

- úprava korozního prostředí (odstranění složky způsobující korozi)
- volba vhodného konstrukčního materiálu
- elektrochemická ochrana kovového povrchu
- tvorba kovových nebo nekovových ochranných povlaků na materiálu s kvalitativně odlišnými korozními vlastnostmi

4.3.1 Úprava korozního prostředí

Uskutečnitelnost i rychlost koroze závisí na vlastnostech korozního prostředí. Je-li známo, kteří činitelé významně ovlivňují příslušné prostředí a pokud to dovolují technické aplikace, je možno dosáhnout účinné protikorozi ochrany záměrnou úpravou, respektive změnou složení tohoto prostředí. Úpravu lze provádět dvěma způsoby: [7]

- Odstraněním činitelů zvyšujících stupeň agresivity prostředí
- Ovlivněním vlastností prostředí látkami zabraňujícími nebo zpomalujícími korozi

V prvním případě lze jako příklad uvést snížení vlhkosti vzduchu v prostředí atmosféry pod kritickou mez 60 % relativní vlhkosti. Toho může být dosaženo zvýšením teploty, větráním nebo vysoušením [1].

Jako látky, které ovlivňují vlastnosti prostředí a tím zabraňují nebo zpomalují korozi se používají tzv. inhibitory koroze. Jsou to látky, které chrání povrch kovu v daném agresivním prostředí před korozi tím, že změní vlastnosti fázového rozhraní kov – prostředí [1].

V atmosférickém prostředí může docházet ke koroznímu poškození kovů a kovových povlaků v závislosti na typu kovového materiálu, vlivem konstrukčního řešení a vlivem specifického znečištění mikroklimatu. V tabulce 2 jsou uvedeny vybrané složky plynného

znečištění atmosférického prostředí, které mohou vyvolat korozní napadení kovových materiálů [9].

Tab. 2 Citlivost kovových materiálů/povlaků k jednotlivým plynným složkám znečištění ovzduší [9]

Plynná složka znečištění	kov										
	hořčík	hliník	titan	ocel	kobalt	nikl	měď	zinek	olovo	stříbro	cin
H ₂ S		x		x		x	x	x	x	x	
CH ₃ SH				x			x				
CH ₃ SCH ₃										x	
OCS ₂							x			x	
SO ₂		x		x	x	x	x	x	x		
HCl			x	x		x	x	x	x	x	x
CH ₃ Cl		x						x			
NH ₃					x		x	x	x	x	x
NO ₂						x			x		
HNO ₃	x			x		x	x		x	x	x
HCHO				x				x			
HCOOH	x	x	x	x			x	x	x		x
O ₃							x			x	
H ₂ O ₂		x	x								

4.3.2 Volba vhodného materiálu

Různé materiály za srovnatelných podmínek korodují různou rychlostí a různými morfologickými formami. Základním předpokladem pro správnou volbu materiálů je dobrá znalost jejich chování za různých podmínek a v různých prostředích [7].

Korozní odolnost kovů posuzujeme podle charakteru kovu, prostředí a podle fyzikálních podmínek korozního systému. Volbu kovového materiálu proto provádíme s ohledem na tato základní kritéria: [1]

- **Termodynamická stálost:** Jedná se o odolnost kovu proti přeměně v jeho sloučeniny a je vyjádřena standardním elektrodoým potenciálem. Vysokou termodynamickou stálost vykazují kovy jako zlato, platina nebo stříbro.
- **Schopnost snadné a účinné pasivace:** Vytvoření takového stavu povrchu kovu, který se stává odolným proti účinkům prostředí. Kovy jako titan, hliník, hořčík, vykazují zvýšenou korozní odolnost způsobenou vznikem pasivního stavu vlivem vytvořené vrstvy oxidů na povrchu.

- **Schopnost vytváření stabilních korozních vrstev:** Vyvolává zvýšenou odolnost proti dalšímu průběhu koroze. Jako příklad lze uvést tvorbu Zn(OH)_2 na zinku v neutrálním prostředí.
- **Stupeň chemické čistoty:** Čím je kov čistší a jeho struktura rovnoměrnější, tím lépe odolává korozi. U slitinových materiálů velmi záleží na legujících prvcích a na vztahu jednotlivých složek ke koroznímu prostředí.

4.3.3 Elektrochemická ochrana kovového povrchu

Princip této ochrany spočívá v záměrné změně potenciálu kovu vůči danému elektrolytu. Tato změna je ovlivňována velikostí proudu na rozhraní kov-elektrolyt. Tím, že ovlivňujeme polarizaci kovu, chráníme jej proti korozi. Rozeznáváme dva způsoby elektrochemické ochrany: [7]

Katodická ochrana: Lze ji dosáhnout polarizací tzv. obětovanou anodou nebo vnějším zdrojem proudu. Dochází k anodickému rozpouštění, kdežto katoda (chráněný kov) se nerozpouští a je do jisté míry před korozi chráněna [2].

Anodická ochrana: Chráněný kov je v důsledku tzv. anodické polarizace stává anodou a je vůči působení korozních činidel pasivní [1].

4.3.4 Tvorba ochranných povlaků

Ochrana materiálu povlaky patří k nejrozšířenějším způsobům ochrany proti korozi. V praxi není často možné používat materiály, které jsou odolné v daném korozním prostředí. Důvodem jsou zejména požadované mechanické a jiné funkční vlastnosti, často pak i hlediska ekonomická [7].

Povrchové úpravy jako protikorozní ochrana spočívají na několika různých mechanismech působení ochranných povlaků a vrstev: [1]

- Povlak nebo vrstva poskytuje podkladovému kovu katodickou ochranu (zinek na oceli).
- Vrstva slitiny, vytvořená obohacením povrchu kovu legujícím prvkem, má v souladu s principem antikorozního legování lepší odolnost, než chráněný kov (difúzní chromování, hliníkování).
- Povlak izoluje chráněný povrch od korozního prostředí (povlaky z nátěrových hmot a plastů, povlaky z cínu a oceli).
- Vrstva uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu má lepší ochranné vlastnosti (oxidické vrstvy na hliníku, fosfátové vrstvy na oceli).
- Vrstva látek má na chráněný kov inhibiční účinek (inhibované základové nátěry).

5 Předúpravy povrchů

Předúprava povrchu je nejdůležitější částí procesu povrchových úprav a má zásadní vliv na kvalitu, životnost a vzhled ochranné vrstvy [8]. Na povrchu každého materiálu se před aplikací samotné povrchové úpravy nacházejí nežádoucí nečistoty. Mezi tyto nečistoty patří částice vázané k povrchu mechanicky, jako jsou mastnoty, zbytky past, mazadel, prach nebo nežádoucí částice vázané chemicky např. oxidy, rez, okuje. Tyto nečistoty velmi komplikují nebo dokonce znemožňují nanesení samotné ochranné vrstvy a snižují její funkčnost i kvalitu, nejvíce odolnost proti korozi. Z tohoto důvodu je nezbytné tyto nečistoty z povrchu materiálu odstranit [2].

Úprava povrchu je obvykle dvoustupňová a rozděluje se na dvě základní skupiny pracovních operací: [1]

- Mechanické úpravy povrchu
- Chemické úpravy povrchu

5.1 Mechanické předúpravy povrchu

Mechanické úpravy povrchu mají za úkol očistit upravovaný materiál od okují, korozních produktů, grafitu, písku a jiných nečistot. Dalším důležitým požadavkem je vytvořit na součásti povrch odpovídající kvality, aby se mohl budoucí povlak správně vytvořit, zakotvit a měl požadované vlastnosti, trvanlivost a v neposlední řadě vzhled [10].

Jedná se o takové způsoby zpracování, kterými nedodáváme předmětu přesné, výkresem stanovené rozměry a tvar, ale vytváříme určitou požadovanou jakost povrchu [1].

Nejčastější mechanické předúpravy jsou:

- Broušení
- Kartáčování
- Leštění
- Omílání
- Otryskávání

5.1.1 Broušení

Princip spočívá v odebírání drobných částecek, tzv. třísek mnohabřitým brousícím nástrojem přitlačovaným k povrchu materiálu. Úběr materiálu je veden za účelem sjednocení povrchu, dosažení lesku a odstranění nepravidelností, kterými jsou nečistoty, rez, okuje apod. [2].

Operace broušení může probíhat buď ručně nebo strojně. Pro ruční broušení se používají převážně plstěné a látkové kotouče polepené brusivem. Pro strojní broušení se používají lamelové, lístkové a sisalové kotouče. Tuhost kotoučů a jejich zrnitost se volí podle technologických podmínek a tvaru součásti [11]. Při hrubém broušení se používá brusivo s velkou zrnitostí, částice s menší zrnitostí se používají na hlazení a přešetřování [2].

Hrubé broušení (hrubování) se provádí za sucha a obrušuje větší kus plochy, u jemného broušení (vyhlazování) se přivádí mazivo (tukové pasty s obsahem brusiva) a obrušuje se menší kus plochy [7]. Podmínkou pro volbu brusiva je, aby zrna byla z tvrdšího materiálu než základní kov [11].

5.1.2 Kartáčování

Pomocí kartáčování lze docílit dvou druhů úprav povrchu. V prvním případě se používá k odstranění hrubých nečistot např. starých nátěrů, rzi, volných korozních produktů. V druhém případě se kartáčování používá jako operace zařazená po broušení nebo před leštěním. V tomto případě slouží k zjemnění a sjednocení upravovaného povrchu, případně k odstranění oxidické vrstvy vzniklé předchozím broušením. Kartáčováním obvykle nelze dosáhnout úplného odstranění všech nečistot, protože některé korozní zbytky zůstanou v pórech materiálu [7].

Kartáčování lze provádět buď ručně nebo strojně pomocí kotoučových kartáčů poháněných elektricky nebo pneumaticky [1].

5.1.3 Leštění

Leštění je technologická operace, při které nedochází k úběru materiálu z povrchu, ale pouze k vyrovnávání nerovností a rýh. Vlivem tepla, které vzniká třením zrn přitlačovaných k povrchu, se kov dostává do plastického stavu, tenká povrchová vrstva se natavuje a zalévá rýhy a nerovnosti [11]. Používá se k odstraňování nejjemnějších stop po předchozím jemném broušení, popř. kartáčování za účelem dosažení velmi nízké drsnosti (pod 0,1 Ra) [1].

Jako brusné a leštící prostředky se používají: [2]

- Tukové pasty – zmenšují tření při současném zlepšení tváření
- Brusné pasty a suspenze – jedná se o směs brusiva s olejem nebo pastou, při jejich použití dochází k nepatrnému úbytku materiálu

5.1.4 Omílání

Je způsob mechanické úpravy povrchu převážně malých předmětů. Princip spočívá v úběru materiálu a jeho vyhlazování účinkem vzájemného působení omílaných výrobků a omílajících těles, resp. kapaliny s chemickými prostředky. Jmenované předměty na sebe vzájemně působí v bubnu nebo zvonu. Tato technologie se uplatní především pro zpracování velkých sérií

drobných tvarově náročných součástek (např. nábytkové kování, bižuterie ap.) [7]. Větší předměty je možné také omílat, ale je nutné jejich upevnění do přípravků v omílacím zařízení [2].

Omílání lze využít při vyhlazování povrchů jako brusnou a leštící operaci, dále pak k zaoblování hran, k odstranění ostrin nebo okují a také k povrchovému zpevňování. Tuto předúpravu lze považovat za poměrně univerzální technologii, neboť při úpravě zařízení a přidavkem chemických prostředků lze odrezovat, odmašťovat, pokovovat, sušit i lakovat [7]. Používaná zařízení se dělí na rotační, vibrační a odstředivé [1].

Jako omílací tělíska se používají: syntetický korund, čedič, žula, vápenec, mramor, křemen, kovová tělíska z litiny, oceli nebo zinkových slitin [11]. Při omílání se používají kapaliny, jejichž účelem je tlumit nárazy na předměty a omílací tělesa a smáčet povrch předmětů. Kapalina může také zvyšovat úběr materiálu nebo plnit funkci ochrany materiálu před korozí po čas omílání. Při leštění mají kapaliny omývat povrch předmětu a rozpouštět vznikající oxidy. Používané kapaliny jsou: zředěná kyselina sírová, soda, jádrové mýdlo, alkalické odmašťovací přípravky [2].

Hlavní výhodou omílání v porovnání s broušením jsou nízké provozní náklady, dané malou pracností a minimální zmetkovitostí. Další výhodou je dosažení stejné jakosti povrchu u všech součástí při dodržení stejných provozních podmínek [11].

Proudové omílání

Mezi novou generaci omílacích strojů lze zařadit stroje pro tzv. proudové omílání. V této metodě je obrobek uchycen pomocí držáků a ponořen do rotující nádoby, která je naplněna brusným nebo leštícím médiem. Pohyb je vytvářen jednak nezávislou rotací obrobku a také brusným nebo leštícím médiem, které plyne okolo obrobku. Výhodami této technologie je možnost dosažení povrchů s hodnotami Ra 0,01 s nejmenšími řeznými drážkami. Další plus představují krátké procesní časy a snadná možnost automatizace, která zajišťuje vysoce shodné a spolehlivé výsledky. Touto technologií lze ubírat materiál přesněji a rychleji než v jiných případech povrchových úprav. Slouží k dokončovacím úkolům, kterými jsou odjehlování, leštění do zrcadlového lesku a také zaoblování hran řezných nástrojů a zaručuje vysokou kvalitu i těch nejmenších geometrií [12].

Stroje pro proudové omílání jsou zvláště vhodné k dokončování součástí pro automobilový průmysl a pro dosahování dokonalých povrchů pro průmysl letecký [12].

5.1.5 Otryskávání

Otryskávání spočívá v mechanickém opracování povrchu kovů volným proudem tryskacího prostředku, který je vrhán na povrch otryskávané součásti [11]. Účelem otryskávání je očistit povrch od korozních produktů, písku, grafitu a dodání vhodné drsnosti povrchu upravovaného materiálu a jeho zpevnění [7]. Po otryskávání je povrch kovově čistý a pokrytý drobnými krátery, jejichž tvar a velikost závisejí na technologii otryskávání [11].

Jako tryskáci hmoty se používají litinová drť a broky, křemičitý písek, sekaný drát, drť z pecek a plastických hmot, skleněné kuličky, brusiva [7].

Na výsledek tryskání má vliv řada faktorů. Záleží na typu materiálu použitého pro tryskání (hmotnost, tvrdost, velikost a tvar), dále na rychlosti dopadajících částic a jejich hustotě dopadu za jednotku času, na úhlu dopadu a době tryskání [7].

Otryskávání se užívá jako velmi produktivní způsob čištění a přípravy povrchu pod nátěry, smalty, žárové nástřiky kovů a keramických materiálů. Jedná se o nejúčinnější mechanický způsob odstranění rzi a okují z povrchu hutních výrobků, ale i rozměrných a velkoplošných konstrukcí [1].

Technologie kontrolovaného tryskání

Tyto technologie oproti tradičním technologiím staví na přesném nastavení a elektronické kontrole procesu. Jsou určeny pro dokonalou a včasnou přípravu povrchu ocelových konstrukcí před nanášením povrchových úprav. Jejich princip spočívá v použití nových materiálů, mnohdy speciálně vyvinutých pro dané aplikace. Další výrazný rozdíl spočívá v elektronické kontrole jednotlivých procesních částí tzn. sběru a třídění abraziva, filtrace, tryskacího procesu a jejich automatické nastavení podle aktuálních provozních podmínek. Těmito principy technologie kontrolovaného tryskání zaručí požadovanou čistotu a drsnost povrchu ocelové konstrukce a vyloučí chyby, které v důsledku snižují životnost konstrukcí především vlhkost, nečistoty a mastnotu v přiváděném stlačeném vzduchu, nedostatečný tlak v trysce, nečisté abrazivo apod. Technologie kontrolovaného tryskání je také oproti tradičním metodám výrazně rychlejší. Zamezí tak pozdní aplikaci ochranného povlaku a tím dalším důvodům snížené životnosti konstrukce. Tato technologie bývá při nákupu nákladnější, to je však následně vyváženo nižšími provozními náklady a delší životností povrchové úpravy [5].

Průmyslové čištění suchým ledem

Jedná se o další možnost, jak připravit funkční plochy pro další operace. Jde o technologii čištění, která je velmi podobná klasické metodě tryskání s použitím pevných částic (Obr. 1).

Jako tryskáci médium se však používají pelety suchého ledu. Ty jsou unášeny stlačeným vzduchem do tryskáci pistole a následně dochází k jejich usměrňování pomocí různých trysek na místo, kde odstraňují nežádoucí nečistoty. Navíc některé přístroje umožňují kombinovat tryskání peletami s přísáváním velmi jemné frakce abraziva (balotina, umělý korund atd.) [13].

V principu jde o tzv. třífázový efekt čištění. V první fázi dopadají pelety vysokou rychlostí na čištěný povrch a působí na něj svou kinetickou energií. Ve druhé fázi způsobí nízká teplota pelet ochlazení usazených nečistot tak, že se stávají křehkými a lehce oddělitelnými. Ve třetí fázi dochází k sublimaci pelet a až k 700násobnému zvětšení jejich objemu a explozivnímu efektu [13].

Suchý led je pevné skupenství CO_2 , povrchová teplota samotné pelety je asi -78°C . Oproti většině pevných částic nepoškozuje povrch, nezapáchá, netaje a nezanechává mokré stopy. Pelety suchého ledu se vyrábějí v zařízeních, která se nazývají peletizéry [13].

Výhodami této technologie je možnost realizace přímo ve výrobním procesu, nedochází k abrazi čištěného materiálu. Zbytky po čištění lze jednoduše zamést nebo vysát, což snižuje náklady na likvidaci čistících prostředků. Pelety na povrchu součásti nezanechávají žádné stopy a díky nehořlavosti a nevodivosti suchého ledu lze tuto technologii využít i pro čištění elektrotechnických zařízení [14].

Obr. 1 Čištění suchým ledem [14]



Mokrý tryskání

Mokrý tryskání je bezprašná technologie s vysokou účinností tryskání. Vyniká šetrností k základnímu materiálu otryskávaných dílů, nepoužívá žádné agresivní chemikálie a díky široké škále výpustních a filtračních systémů je možná otevřená recirkulace nebo plně uzavřená funkce zařízení. Jedná se tedy o velmi ekologickou technologii [15].

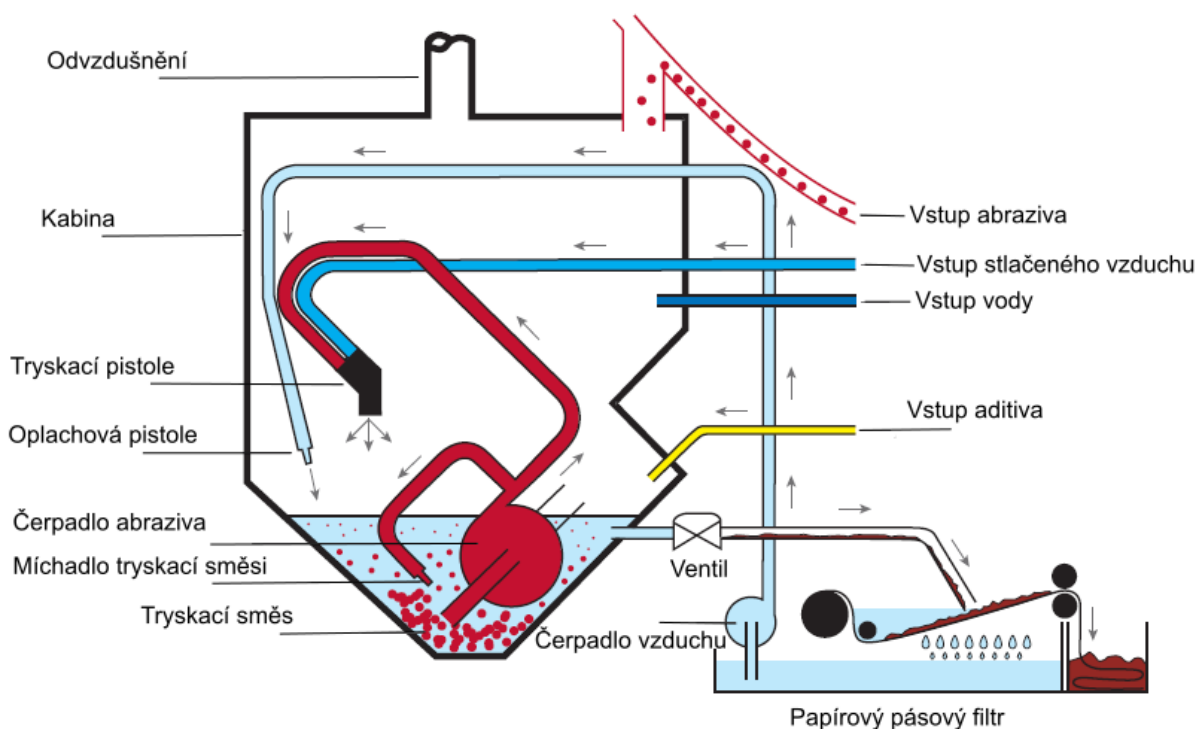
Proces mokrého tryskání využívá podobně jako suché tryskání pevné částičky (abrazivo), které však ve směsi s vodou a vzduchem vytvářejí finišovací nebo brusnou suspenzi.

Díky tomu, že je abrazivo v suspenzi vázáno ve vodě, nedochází k vytváření elektrostatického náboje a je možno používat i velmi jemné druhy abraziva (např. hladká mouka), protože neodletí do odsávání jako u suchého tryskání. Tím pádem je možné dosáhnout extrémně jemnou a rovnoměrnou strukturu bez poškození otryskávaných dílů. Voda také zamezí ucpávání slepých otvorů abrazivem a zároveň i díly opláchne a na jejich povrchu nezůstane prach [15].

Při mokrému tryskání se používá suspenze pevných částec (abraziva) v kapalinovém nosiči, kterým je obvykle voda. Tato stabilní suspenze (břečka) je pomocí čerpadla udržována v homogenní směsi a je tlačena do tryskací pistole. V trysce pistole je směs mísená se stlačeným vzduchem, který ji dodává energii a zároveň se jím reguluje intenzita tryskání. Použitím širokého spektra abraziva lze dosáhnout požadovaného efektu tryskání. Po srážce s povrchem odtéká suspenze do odlučovacích systémů, které odstraní rozbité abrazivo a různé kontaminace (oleje, mastnoty, vady povrchu), které byly otryskány z povrchu výrobků (Obr. 2) [16].

Mezi výhody mokrého tryskání patří možnost vytvoření velké škály povrchů (jemně zrnité, chirurgicky čisté, jednotné po celém povrchu, saténově vyleštěné, odpovlakované, bez porušení podložní vrstvy). Díky vodě, která se chová jako mazadlo abraziva dochází k vyššímu průtoku abrazivních částec na povrch tryskaného dílu. Tak je možné opracovat složitější a komplexnější tvary dílů při dobrém pokrytí a rovnoměrném otryskání celého jejich povrchu. Voda také funguje jako „polstrování“, což má za efekt šetrnější náraz na povrch a je možné otryskávat i choulostivější díly [15].

Obr. 2 Proces mokrého tryskání [15]



5.1.6 Laserové čištění povrchu

Čištění povrchu laserem (Obr. 3) představuje vysoce efektivní a ekonomickou alternativu ke konvenčním čistícím technologiím viz Tab.3. Tento proces nevyžaduje žádná abraziva ani chemikálie, se kterými by bylo nutné manipulovat, skladovat je a ekologicky likvidovat. Nejrozšířenější jsou dnes vláknové, diskové a polovodičové lasery, jejichž účinnost přeměny elektrické energie na laserový svazek přesahuje 30 %. Jedná se o průmyslová, prakticky bezúdržbová zařízení, která lze okamžitě a jednoduše používat nebo integrovat do výrobní linky [17].

Při použití laseru dochází k odstranění povrchových znečištění nebo povrchových vrstev, kterých se v jiných případech zbavujeme kombinací několika různých metod. Je možné odstranit nečistoty jak lokálně, tak na velkých plochách a díky speciální výbavě lze dosáhnout až 50 metrových optických vláken a tím čistit plochy ve značné vzdálenosti. Další výhodou je možnost odstraňování jednotlivých vrstev ve volitelných hloubkách, bez zásahu do hlubších struktur. Jedná se o velice efektivní a ekologicky šetrnou technologii s nízkou náročností na energii a dlouhou životností [18].

Princip spočívá v rozdílné absorpci zaostřeného laserového svazku v povrchové nečistotě a čistém povrchu. Jestliže je absorpce v nečistotě vyšší, dochází k jejímu zahřátí a následnému odpaření z podkladu. K takovému čištění se používají pulzní lasery s délkou pulzu v oblasti nanosekund a energií pulzu v řádu milijoulů. Laser poté dosahuje pulzního výkonu v řádu MW [19].

Laserové čištění lze použít pro: [17]

- Přípravu povrchu pro povrchovou úpravu.
- Odstraňování napařených vrstev po procesu pokovení a lakování.
- Odstranění činidel z plastů a kompozitních součástí jako příprava pod nátěr a spojování.
- Odstranění mastnot olejových nánosů a oxidů z povrchu materiálu.
- Strukturalizaci a modifikaci kovového povrchu.

Ekonomické výhody laserového čištění:

Při počáteční vyšší investici do laserového čistícího systému může uživatel počítat s rychlou návratností. Z porovnání s technologií tryskání suchým ledem, kde jsou náklady cca 41,40 €/h a náklady laserové technologie čištění 5,90 €/h, lze zjistit, že provozní náklady jsou o 87% nižší oproti tryskání suchým ledem. Návratnost investice je ve dvousměnném provozu cca jeden rok [18].

Obr. 3 Ukázky čištění laserovou technologií [18]



Tab. 3 Porovnání technologií čištění povrchu [18]

Proces čištění	Ovlivnění povrchu	Bezpečnost a životní prostředí
Chemické	Nebezpečí vodíkové křehkosti	Nebezpečné chemikálie, nutnost ekologické likvidace
Tryskání médií	Úběr materiálu, vytvoření drsnosti povrchu	Odpad tvořený tryskacími tělísky a nečistotami z tryskaného povrchu, nutná likvidace
Tryskání suchým ledem	Bez poškození	Odpad tvořený z nečistot tryskaného povrchu, vyšší prašnost a hlučnost procesu
Laser	Bez poškození	Odpad tvořený z nečistot tryskaného povrchu

5.1.7 Využití plazmy při předúpravě plastových dílů

Plazma je částečně ionizovaný plyn sestávající se z iontů, elektronů, volných radikálů a neutrálních příměsí, o kterém platí, že jeho prostorový náboj je přibližně roven nule. Plazma je také nazýváno čtvrtým stavem hmoty. Tato směs ionizovaných plynů je vodivá a vysoce reaktivní a má snahu reagovat s jakýmkoliv materiálem [20].

Povrchová úprava plazmou je založena na principu navázání funkčních skupin na povrch řetězce polymeru v plazmovém výboji. Jedná se převážně o hydroxylové skupiny. Nepolární charakter povrchu materiálu se tímto mění na polární a hydrofobní povrch se stává hydrofilním. Tímto způsobem se upravuje řada vlastností povrchu jako smáčivost, adheze, barvitelnost, index lomu, tvrdost, chemická odolnost, tření, a proto jsou následné úpravy aplikovány velmi

snadno s lepší přilnavostí. K tomuto účelu se nejčastěji používá atmosférická plazmová tryska (Obr. 4) a plazma je generováno pomocí klouzavého obloukového výboje [21].

Mezi nejčastější úpravy vlastností povrchu patří aktivace povrchu před lepením, lakováním nebo potiskem. Z hlediska materiálu jsou zpracovávány typy jako PE (Polyethylen), PTFE (Polytetrafluorethylen), PP (Polypropylen) apod. [21].

Obr. 4 Atmosférická plazmová tryska [22]



5.2 Chemické předúpravy povrchu

Chemické úpravy povrchu odstraňují v podstatě dva druhy nečistot. První druh představují nečistoty ulpělé, chemicky nespojené se základním materiálem, např. oleje, vazelíny, zbytky brousících a leštících past, prachové částice, které se odstraňují odmašťováním. Další produkty vzniklé chemickou přeměnou materiálu, např. okuje, rez nebo jiné korozní produkty, se odstraňují tzv. mořením nebo odrezováním [8].

Princip chemických úprav spočívá v reakci chemického činidla s nečistotami na povrchu materiálu [2].

5.2.1 Moření

Při výrobě a zpracování polotovarů z ocelí za vyšších teplot (tváření, tažení, žíhání) probíhají na povrchu oceli heterogenní reakce kovových atomů s kyslíkem a následně dochází k tvorbě oxidických vrstev tzv. okují. Nejběžnějším postupem je odstranění okují v anorganických kyselinách a kyselých solích, který je obecně označován jako moření [23]. Jejich působením se oxidy převedou na rozpustné soli, které se z povrchu opláchnou vodou. V praxi se používá kyselina sírová, kyselina chlorovodíková a kyselina fosforečná [2].

Kyseliny pronikají trhlinami a póry v okujích, dochází k rozpouštění rozpustných vrstev a k odlupování vrstev hůře rozpustných. Odlupování je podporováno vodíkem, který se uvolňuje při rozpouštění oceli ve formě bublinek a svým tlakem podporuje odtrhávání oxidické vrstvy od základního materiálu [8]. Vodík má však i nepříznivý vliv tím, že snadno difunduje do oceli a způsobuje křehnutí, tím má nepříznivý vliv na kvalitu následujících povrchových úprav [2].

5.2.2 Odmašťování

Jedná se o souhrnný název pro odstraňování všech druhů ulpělých nečistot z povrchu, kde jsou vázány buď fyzikální adsorpcí (látky tukového charakteru) nebo adhézními silami (anorganické nečistoty, prach, kovové třísky atd.). Úkolem odmašťovacích prostředků je uvolnění nečistot z povrchu, převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich zpětnému vyloučení na kovovém povrchu [7]. Při odmašťování se musí překonat vazebné (kohézní) síly, které působí ve vrstvě mastnoty a adhézní a adsorbční síly, které působí mezi základním materiálem a vrstvou mastnoty [11].

Podle druhu probíhajících pochodů lze odmašťovací operace v zásadě rozdělit na odmašťování: [1]

- v organických rozpouštědlech
- ve vodných alkalických roztocích
- vodnými tenzidovými prostředky

Vakuové hybridní mytí:

Znečištění na povrchu dílů mohou být organické a anorganické a každé z nich vyžaduje jiný způsob čištění. Organické nečistoty (oleje, tuky, vosky) nejsou rozpustné ve vodě a z toho důvodu se volí rozpouštědlo. Tradiční rozpouštědla jsou v poslední době nahrazována modifikovanými alkoholy nebo uhlovodíky. Další možností pro odstranění nečistot jsou vakuové komorové odmašťovací zařízení, ve kterých probíhá čištění média pomocí destilace, čímž je zajištěna konstantní kvalita odmaštění po celou dobu provozu bez nutnosti odstávky ohledně výměny lázně. A také úspora provozních nákladů [24].

Mezi anorganická znečištění zahrnujeme soli, otisky prstů, emulze, třísky a pevné částice ulpívající na povrchu dílu. Tato znečištění jsou však rozpustná ve vodě a nejlépe je odstraní chemické čisticí látky na bázi vody. Nevýhodou však může být reakce čisticí látky s povrchem dílu, což může způsobit poškození dílu vlivem koroze a nutnost výměny lázně k udržení požadované kvality čištění [24].

Odstranění organických i anorganických nečistot dokáže vyřešit tzv. vakuové hybridní mytí. Tato technologie si vystačí pouze s jednou komorou v kompaktním zařízení (Obr. 5).

V této komoře probíhá jak mytí rozpouštědlem, tak mytí vodní. Výhodou je odstranění veškerého znečištění během jednoho mycího cyklu s kvalitním a konstantním výsledkem čištění. Prvním krokem je odmaštění pomocí rozpouštědla, které je následně odstraněno pomocí destilace. Následuje krok vodního mytí, při kterém již nedochází k znečištění lázně oleji a mastnotami, ale dochází pouze k rozpuštění znečištění rozpustného ve vodě. Konečným krokem je opětovné mytí rozpouštědlem, z důvodu zabránění chemické reakci vodní lázně s povrchem mytého dílu. Reakci též zamezuje vakuový průběh celého procesu [24].

Obr. 5 Komerové vakuové zařízení pro odmašťování [24]



5.2.3 Odrezování

Odrezování je technologie, při které se z povrchu ocelových předmětů, které jsou pokryty pouze rzi (tzn. nejsou přítomny okraje, ale pouze hydratované oxidy) odstraňují korozní zplodiny. Rez je dobře rozpustná v anorganických kyselinách. Nejčastěji se používají roztoky kyseliny fosforečné H_3PO_4 . Ta je často součástí odrezovačů, které navíc obsahují inhibitory koroze, smáčedla a odmašťovadla. Odrezování je možno provádět ponorem do lázně, postřikem nebo natíráním [1].

Chemické odrezovače lze rozdělit do dvou kategorií:

- Oplachové odrezovače – odstraní rez anorganickou kyselinou, která obsahuje inhibitory a látky usnadňující penetraci.
- Bezoplachové odrezovače – převedou korozní vrstvy na komplexy s vysokou adhezí k povrchu, které tvoří anodickou ochranu kovu [7].

6 Povlaky

Ochranné povlaky na povrchu základního materiálu jsou nejrozšířenějším způsobem protikorozní ochrany kovových výrobků. Jejich využitím je možné volit materiál, který má požadované mechanické vlastnosti bez ohledu na jeho protikorozní odolnost [25]. Povlak je tenká vrstva materiálu zakotvená na povrchu základního materiálu, která poskytuje velkou flexibilitu při tvorbě vlastností, které jsou výrazně odlišné od vlastností základního materiálu. Mezi tyto vlastnosti patří nejen odolnost proti korozi, ale také možnost zvýšené odolnosti proti opotřebení, proti erozi, snížení tření a hmotnosti, zvýšení životnosti a další. Pro nanášení jsou k dispozici široké palety materiálů a jejich volba závisí na aplikaci, kompatibilitě se základním materiálem a na procesu nanášení [26]. Dále mají povlaky význam při estetickém řešení výrobku. Z hlediska funkce dělíme povlaky na: [25]

- Povlaky, jejichž funkcí je úplně izolovat základní materiál od korozního prostředí. Tyto povlaky musí být zcela souvislé a nepórovité. Příkladem jsou povlaky z keramických smaltů, povlaky z plastů a povlaky na oceli z ušlechtlejších kovů, než je ocel.
- Povlaky, které na základě své elektrochemické funkce částečně chrání základní materiál. Princip spočívá v rozpouštění povlakového kovu, který má vzhledem k základnímu materiálu záporný potenciál a vytvoří ve vzniklém póru anodu. Dochází k jeho rozpouštění a korozní zplodiny brání průniku korozního prostředí k základnímu kovu. Mezi takové kovy patří např. zinek nebo hliník.
- Povlakové materiály, které disponují schopností odstraňovat z pronikajícího prostředí složky, které urychlují korozi. Příkladem jsou nátěry propustné pro vodu a kyslík. Ochranná schopnost nátěrů spočívá v obsahu pigmentů s inhibičními prostředky.

6.1 Kovové povlaky

Princip spočívá v nanesení kovového povlaku z kovů ušlechtilých až po kovy méně ušlechtilé, které se zakotví na základním materiálu a chrání ho. Největší význam pro hodnocení ochranné funkce povlaku mají tloušťka a poréznost povlaku [25]. Životnost povlaku přímo závisí na tloušťce, protože s přibývajícím tloušťkou, dochází ke snižování počtu korozně významných pórů. Za optimální stav lze považovat neporézní povlak. Vzhledem k tomu, že korodující povlak se postupně stává poréznějším, není možné mezi tloušťkou a životností povlaku stanovit jednoduchou závislost a je třeba brát v úvahu i vliv podkladového materiálu [7].

V elektricky vodivém prostředí se kovové povlaky s ohledem na svou funkci rámcově dělí na katodické a anodické vzhledem k základnímu kovu. Elektrochemická ušlechtilost kovu neboli snaha kovu uvolňovat elektrony je charakterizována standardním potenciálem kovu. Lze pak rozeznávat kovy ušlechtilé, které ztrácí elektrony méně než kovy neušlechtilé. Podle ušlechtilosti lze sestavit kovy do řady, ve které je za nulový potenciál brán standardní potenciál vodíkové elektrody. Tato řada však zcela přesně nevypovídá o skutečné korozní odolnosti, která závisí na mnoha dalších činitelích. Dalšími činiteli mohou být např. ochranné vlastnosti tenkých vrstev na povrchu některých kovů (hliník, chrom). Následkem toho jsou rozdíly v postavení v řadě průměrné korozní odolnosti kovů a jejich slitin (Tab. 4). Korozní rychlosti také závisí na stavu materiálu a okolních podmínkách [1].

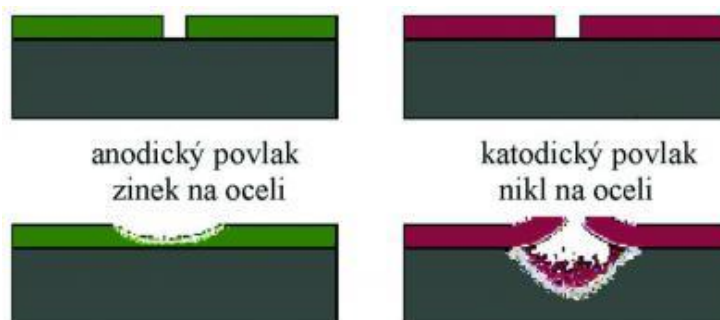
Tab. 4 Srovnání elektrochemické ušlechtilosti a průměrné korozní odolnosti kovů a některých technických slitin [1]

Elektrochemická účinnost	Ušlechtilé				Neušlechtilé										
	Au	Pt	Ag	Cu	Pb	Ni	Cd	Fe	Cr	Zn	Mn	Zr	Ti	Al	Mg
Korozní odolnost	Au	Pt	Zr	Ti	Ag	Cr	Cu	Ni	Pb	Al	Fe	Cd	Zn	Mg	Mn

Povlaky, které jsou z ušlechtilejšího kovu než základní materiál, fungují jako katoda a nazývají se **katodické ochranné povlaky**. Problém však nastává v případě porušení celistvosti povlaku nebo v případě větší poréznosti, kdy dochází k intenzivní korozi anody, tedy základního kovu pod ochrannou vrstvou (Obr. 6). Zástupci katodických povlaků pro atmosférické prostředí jsou typy povlaků Cu-Ni-Cr (měď-nikl-chrom) [7].

Pokud povlak funguje oproti základnímu materiálu jako anoda, jedná se o **anodické ochranné povlaky**. Jejich funkci však nelze brát jako chemický děj, při kterém povlak plní funkci obětované anody. Jako anodické povlaky se používají takové kovy, které sice reagují v daném prostředí, ale jejich reakcí vznikají korozní zplodiny, které jsou odolné proti další korozi (Obr. 6). Z anodických povlaků se v atmosférických podmínkách používá zejména povlaků zinkových a hliníkových [7].

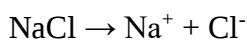
Obr. 6 Mechanismy ochrany povlaky [9]



Kritériem pro volbu kovových povlaků je, zda funkční i vzhledové požadavky dovolí, aby se časem na povrchu povlaku vytvořila vrstva korozních zplodin. Ty způsobují postupnou ztrátu lesku a dalších vlastností. Pokud jsou korozní zplodiny nežádoucí, je nutné volit neporézní povlak z ušlechtilého kovu [1].

6.1.1 Elektrolytické povlaky

Technologie elektrolytického vylučování kovů a slitin je vhodnou metodou pro vytváření povlaků na součástech složitých tvarů a zároveň se uplatní i při vytváření tenkých povlaků na předmětech s cílem ochrany povrchu především proti korozi. Celý proces je založen na elektrochemických dějích, a to zejména na elektrolýze a pochodech probíhajících v galvanických člancích [7]. Mechanismus vylučování kovů funguje na stejných principech jako pochody ve vodních roztocích solí. Při rozpouštění anorganických solí ve vodě se zruší krystalové mřížky těchto solí. Důsledkem toho vznikají ionty, které se v roztoku volně pohybují. Jako příklad lze použít disociaci chloridu sodného [2].



Záporné ionty nesou přebytečné elektrony, kladně nabitě ionty mají elektronů nedostatek. Díky elektrickému náboji iontů solí rozpuštěných ve vodě vede tento roztok elektrický proud. Pokud přivedeme do roztoku stejnosměrný proud pomocí elektrod, začnou se záporně nabitě ionty vylučovat na kladné elektrodě (tzv. anodě) a kladně nabitě ionty na záporné elektrodě (tzv. katodě) [7]. Z popisu vyplývá, že součásti určené k pokovení se zavěšují do lázní a připojují k zápornému pólu jako katody, na kterých se vylučují kladné ionty kovových solí (Obr. 7) [9]. Při trvalé elektrolýze roztoku mezi dvěma nerozpustnými elektrodami dochází ke stálému vylučování jednotlivých složek solí z roztoku, až dojde k jejich vyčerpání a průchod proudu se přeruší velkým odporem čisté vody [7]. Existují dva způsoby, jak ionty v roztoku doplnit a v elektrolýze pokračovat: [1]

- Rozpuštění určitého množství kovových solí v roztoku. Tohoto postupu se v galvanické praxi využívá zřídka.
- Použití rozpustné anody v podobě desek nebo plechů z kovu, který má být vylučován. Anoda se po připojení proudu rozpouští a přivádí do roztoku další kladně nabitě částice kovu.

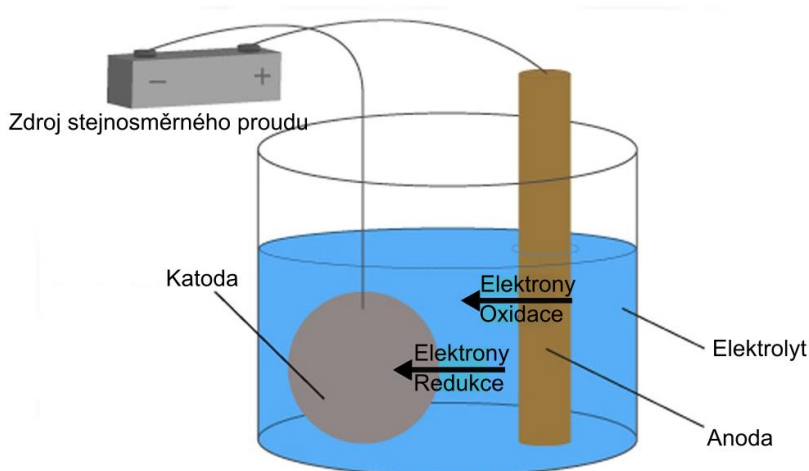
Elektrolýza má však i svá úskalí. Spolu s vylučovaným kovem se na katodě často vylučují i jiné kovy, především pak vodík. Kovy se z roztoku vylučují postupně za sebou, nejprve ten kov, který má nejkladnější potenciál. V praxi lze vylučovat i kovy méně ušlechtilé, než je vodík,

protože potenciály, při kterých se vodík ve skutečnosti na jednotlivých kovech vylučuje, jsou mnohem zápornější, než je teoretický nulový potenciál vodíku [2].

Mohou nastat tyto případy: [2]

- V roztoku se vylučuje pouze vodík. To je pro galvanické pokovování nepoužitelné.
- V roztoku se vylučuje jen kov. Jde o nejideálnější, ale v praxi těžko dosažitelnou variantu.
- V roztoku se vylučuje kov i vodík. Tato možnost nastává v praxi nejčastěji.

Obr. 7 Princip galvanického pokovování [27]



Nejčastěji vylučovanými kovy jsou měď, nikl, chrom, zinek, kadmium, cín a stříbro (Tab. 5). Povlaky jsou k povrchu podkladu vázány pouze fyzikálními silami [9].

Tab. 5 Základní typy elektrolytických povlaků [9]

kovový povlak	tloušťka povlaku (μm)	otěruodolnost	přilnavost
zinek	2-50	nízká	velmi dobrá
kadmium	3-30	dobrá	dobrá
cín	1-20	nízká	dobrá
měď	5-75	nízká	velmi dobrá
nikl	2-50	velmi dobrá	velmi dobrá
chrom	0,3-1	velmi dobrá	velmi dobrá
stříbro	0,2-25	dobrá	dobrá

Galvanické povlaky zinku a jeho slitin

Galvanické zinkování patří mezi nejrozšířenější způsoby ochrany oceli a litiny proti korozi. Automobilový průmysl patří mezi stále se posilující odvětví a právě na jeho základě byly vyvinuty slitinové povlaky, z nichž v současné době dominuje povlak zinek nikl. Povlaky zinku a jeho slitin představují v praxi systém vysoce kvalitní povrchové ochrany spolu s následnými pasivacemi a utěsněním. Mezi nejdůležitější vlastnosti zinku patří jeho reaktivita. Při působení

běžné atmosféry se pokrývá vrstvou oxidu a uhličitanu, která zastavuje nebo alespoň zpomaluje další korozi. Tento proces však narušují exhaláty SO_2 a NO_x a dochází tak k úbytku zinku [28].

Slitinové povlaky zinek nikl se oproti zinkovým povlakům vyznačují několika zásadními odlišnostmi. Mezi hlavní z nich patří: [28]

- snížená tvorba korozních produktů
- tepelně stabilní ochrana proti korozi
- dobrá přilnavost pro následné nanášení organických povlaků
- dobrá otěruvzdornost
- vynikající ochrana proti korozi základního materiálu

Povlaky je možné vylučovat ze dvou základních typů lázní. Prvním způsobem je slabě kyselá lázeň zinek nikl, která vylučuje slitinový povlak s 12-15 % niklu. Její předností je možnost přímého pokovení litinových dílů a vyšší vylučovací rychlost, naopak nevýhodou je nerovnoměrné rozložení tloušťek povlaku. Druhou možností je alkalická slitinová lázeň zinek nikl, která rovněž vylučuje povlak s 12-15 % niklu, ale poskytuje podstatně lepší rozložení tloušťek vylučovaného povlaku, čehož se využívá při pokovení tvarově složitých součástí. Další předností je možnost využití pomocných anod, které ještě více zlepšují rozložení tloušťek povlaku, případně zaručují možnost až zdvojnásobení plochy pokovovaného zboží [29].

Využití najde slitinový povlak zinek nikl převážně v automobilovém průmyslu. V motorovém prostoru se používají zinko niklové držáky motoru a pohonu, spojovací prvky, součásti výfukových potrubí, rozvody provozních kapalin. V brzdovém systému se tímto povlakem chrání třmeny a držáky brzd, části potrubního systému a spojovací materiál (Obr. 8). Slitinový povlak zinek nikl zaznamenává stále širší uplatnění při výrobě automobilových komponentů z celého světa. Použití moderních velkokapacitních galvanických automatů umožňuje optimalizaci nákladů a otevírá tak cestu k aplikaci i u menších modelů nebo levnějších automobilů [28].

Obr. 8 Povlak zinek nikl na litinovém brzdovém třmenu [29]



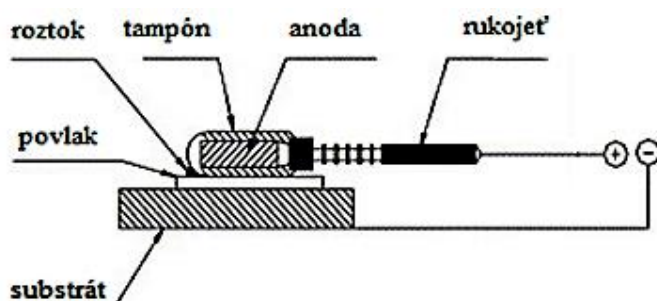
Technologie tampónování

Tampónování patří do technologie galvanického pokovování a od klasického galvanického procesu se liší pouze v tom, že probíhá pouze v místě tampónu, do kterého je přiváděn elektrolyt nebo je v elektrolytu namáčen. Zároveň je tampón spojen s anodou stejnosměrného elektrického zdroje. Katoda je tvořena pokovovaným předmětem a anoda je zdrojem kovových kationtů. Anodu obaluje tampón vyrobený ze svého materiálu, který pojme a udržuje elektrolyt. Při dotyku tampónu s katodou dojde ke vzniku uzavřeného elektrického obvodu a na katodě se začne vylučovat povlak (Obr. 10) [30].

Využití této technologie nachází především při renovaci funkčních strojních součástí, kdy je třeba opravit pouze určitou část povrchu a celou součást nelze pokovovat klasickým způsobem. Tato metoda však vyžaduje použití tzv. „vysokorychlostních“ elektrolytů. Nanášet je možné povlaky z různých kovů: nikl, zinek, kadmium, měď, zlato, platina, lze nanášet i slitinové povlaky jako CoNi, NiW a kompozitní povlaky jako jsou NiP – diamant, NiP – PTFE. Povlaky se zhotovují za účelem ochrany proti korozi, ochrany proti opotřebení, k estetickým účelům, zvýšení elektrické vodivosti a další [30].

Oproti klasické galvanické technologii ponorem přináší tampónování řadu výhod. Mezi ně patří mobilita, odpadávají náklady spojené s velkým množstvím elektrolytu. Nabízí se možnost pokovovat rozměrově velké součásti bez nutnosti jejich demontáže (Obr. 9). Technologie je celkově jednoduchá a nenáročná na aplikaci [30].

Obr. 9 Schéma principu tampónování [30]



Obr. 10 Renovace nápravy kamionu niklem za pomoci tampónové technologie [30]



6.1.2 Chemické povlaky

Při chemickém pokovování se vylučují chemické kovové povlaky bez účinku vnějšího zdroje elektrického proudu (Obr. 11). Proud vzniká přímo v lázni rozdílem potenciálů mezi základním kovem a roztokem soli povlakovaného kovu [25]. Dochází k vylučování

ušlechtilějšího kovu na povrchu méně ušlechtilého kovu. Pokovovací lázeň je tvořena solí kovu, který má být vyloučen a redukčním činidlem, které má za úkol redukovat kovovou sůl na kov. Výhodou chemického pokovování je využití jednoduchých zařízení a jejich snadná obsluha. Mezi další přednosti patří neomezená hloubková účinnost lázně, díky které lze pokovovat i členité předměty v dutinách. Nevýhodou je menší vylučovací rychlost a možnost vyčerpání lázně při provozu. Poté je nutné lázeň regenerovat, což bývá obtížné [1].

Chemicky lze kovové povlaky vylučovat těmito způsoby: [7]

- Ponorem do roztoku kovových solí za studena i za tepla.
- Potíráním, přičemž se roztok na upravovaný předmět natírá.
- Vyvařováním, tj. ponořením do vroucích roztoků kovových solí.
- Kontaktem, tj. pokovovaný kov je vodivě spojen s elektronegativním materiálem.
- Redukcí – pomocí redukčních chemikálií v roztoku dochází k vyredukování kovu, který se pak vylučuje na kovovém nebo nekovovém základním předmětu.

Obr. 11 Ukázky z procesu chemického niklování [32]



Porovnání chemického a galvanického niklování

Chemické a galvanické pokovování niklem se od sebe liší v mnoha parametrech, jako je teplota lázně, koncentrace niklu v roztoku, vylučovací rychlost, způsob zavěšování dílů nebo likvidace odpadových vod. I mezi samotnými povlaky existují relativně velké rozdíly v technických vlastnostech samotných povlaků a v mechanické a korozní ochraně, kterou poskytují pokoveným dílům [31].

Základní rozdíl mezi chemicky a galvanicky vyloučenými povlaky niklu spočívá v jejich metalurgickém složení. Galvanicky nanesený povlak se skládá z v podstatě čistého niklu. Oproti tomu chemicky vyloučený povlak je slitina niklu a fosforu, která má odlišné fyzikální

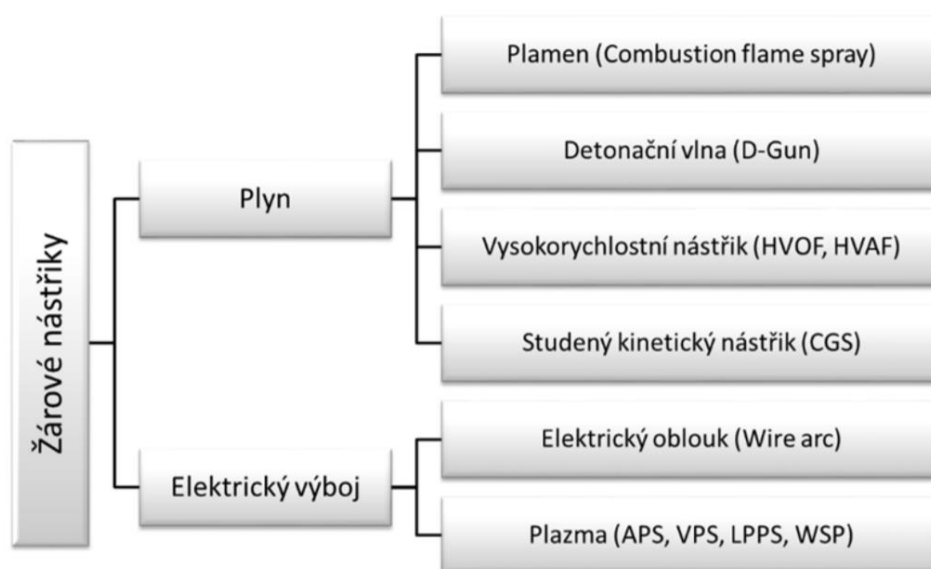
vlastnosti od elektrolyticky vyloučeného niklu. Fosfor ve slitině NiP ovlivňuje vlastnosti tohoto povlaku a podle jeho obsahu jsou tyto povlaky tříděny do skupin s obdobnými vlastnostmi [31].

V porovnání s galvanicky vyloučeným niklem jsou chemicky vyloučené povlaky tvrdší, s možností dalšího zvýšení tvrdosti po tepelném zpracování. Mají lepší tribologické vlastnosti (kluznost, otěruvzdornost atd.) a také vyšší korozní odolnost. Další předností chemického niklování je rovnoměrnost tloušťky nanesené vrstvy, protože každá část ponořeného dílu, která je v kontaktu s roztokem je pokovována současně a stejnou rychlostí. Je tak možné dosáhnout rovnoměrné tloušťky vrstvy i na tvarově složitých dílech [32]. Oproti tomu u galvanického niklování je proudová hustota vyšší na snadno dostupných částech dílu a nižší v zapuštěných partiích, což má za následek nerovnoměrnost tloušťky nanesené vrstvy [31].

6.1.3 Žárově stříkané povlaky

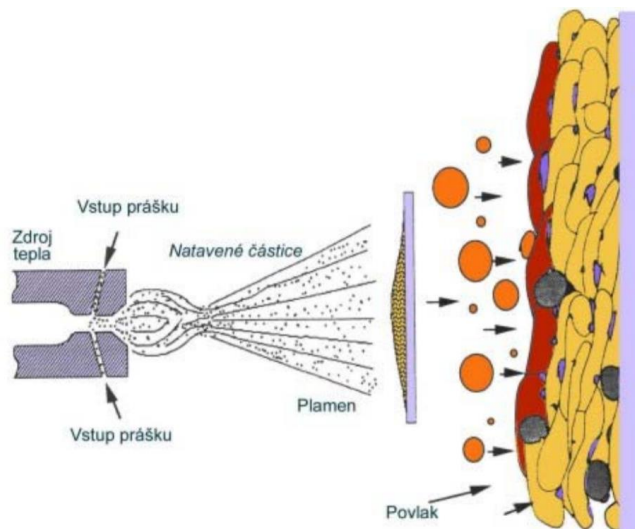
Techniky žárového nástřiku patří do skupiny způsobů nanášení kovových, nekovových nebo kompozitních materiálů o tloušťce od 50 až do 1200 μm . Tím je zaručena ochrana dílů proti opotřebení a korozi, vytvoří se tepelná bariéra a sníží tření. Povlakový materiál ve formě prášku, drátu nebo tyčinky se pomocí speciální pistole převede do roztaveného nebo poloroztaveného stavu, dojde k jeho urychlení pomocí plynu směrem k povlakované součásti, na které vytvoří povlak. Své využití žárové povlaky nachází při ochraně proti korozi, při vytváření funkčních povlaků nebo při renovaci strojních součástí [26]. Technologie žárového nástřiku lze rozdělit do jednotlivých skupin zejména podle zdrojů tvorby plamene, který se využívá pro natavení nebo roztavení přídavného materiálu (Obr. 12). Žárové nástřiky využívají dvě média, kterými je možné natavit přídavný materiál. Prvním médiem je hořící plyn a druhým elektrický výboj [33].

Obr. 12 Základní rozdělení technologií žárových nástřiků [33]



Po dopadu kovu na substrát nastane výrazné plošné rozprostření částice a její rychlé ztuhnutí. Tím se vytvoří povlak s charakteristickou lamelární strukturou, specifickými vlastnostmi a životností až 30 let (Obr. 13) [9].

Obr. 13 Schéma procesu vytváření žárových nástřiků [9]



Stříkaný povlak dosahuje menší přilnavosti než galvanické povlaky nebo povlaky získané ponorem do roztaveného kovu. Vzniklý povlak je poměrně křehký a pórovitý s nižší přilnavostí. To je způsobeno vrstvením drobných kapiček, které během letu zoxidují. Z tohoto důvodu je nutné vytvářet silnější vrstvy, aby se snížila pórovitost [2]. Limitujícím faktorem je teplota tavení materiálu podložky, proto se pro nástřik převážně používají materiály jako zinek, olovo, cín s relativně nízkou teplotou tavení [7].

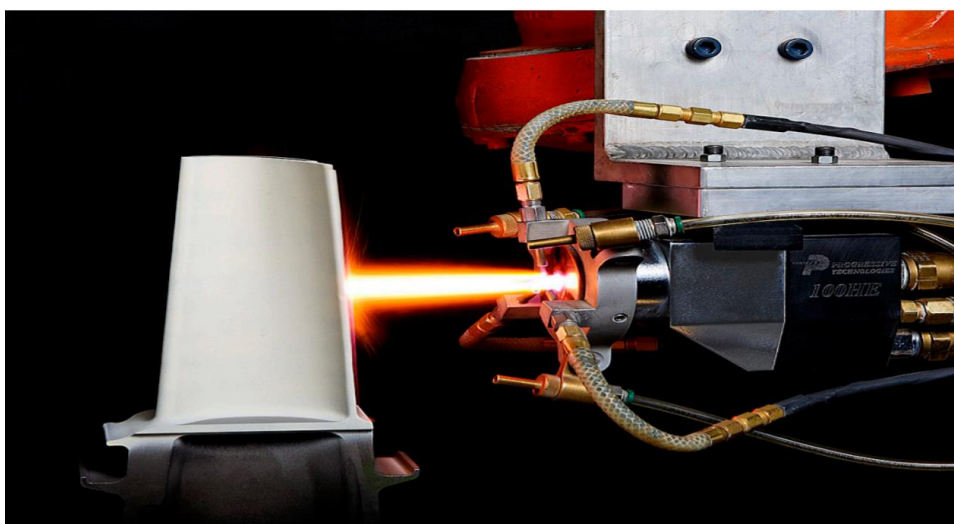
Technologie studeného nástřiku

Tato technologie, která je též známá jako supersonická depozice částic (SPD) patří do rodiny procesů žárových nástřiků. Je však třeba si uvědomit, že v případě studeného kinetického nástřiku nedochází k roztavení ani natavení částic pomocí plamene. K nástřiku se používá stlačeného plynu (dusík, hélium, vzduch), který je z důvodu zvýšení viskozity a tlaku přehříván na teploty okolo 700 °C. Plyn je společně s práškem přiváděn do konvergentně-divergentní Lavalovy trysky, ve které dochází k urychlení tuhých částic prášků, které jsou unášeny směrem k povrchu součásti. Částice, které jsou pouze ohřáté jsou za pomoci mechanismu plastické deformace kineticky deponovány do povrchu základního materiálu. Částice přídatného materiálu jsou nejčastěji na bázi čistých kovů (hliník, měď, platina), železných a neželezných slitin či jejich kompozitů. Vytvářené povlaky vynikají nízkou porozitou 1-3 %, možností vytvoření povlaku o tloušťce 0,1-30 mm a vysokou adhezí 30-100 MPa k základnímu materiálu [34].

Plazmatický nástřik

Stejnoseměrný neizotermický plazmatický nástřik vzniká v hořáku, který se skládá z wolframové katody a měděné anody, mezi nimiž hoří elektrický oblouk, ve kterém je ionizován plyn (argon, vodík, dusík). Dochází ke vzniku plazmatického prostředí, do kterého je radiálně nebo axiálně přiváděn přídatný materiál ve formě prášku. Ten je v prostředí plazmatu roztaven a proudem plynů urychlen směrem k povrchu základního materiálu. Tato technologie vlivem vysoké teploty korony plazmatu 12 000-15 000 °C a rychlosti částic 60-400 m/s umožňuje přípravu vysoce variabilních funkčních povlaků o tloušťkách 0,05-3 mm s porozitou 2-8 % a adhezí 20-70 MPa [33].

Obr. 14 Plazmatický nástřik [35]



6.1.4 Žárové povlaky

Při žárovém pokovení se předem očištěné předměty ponořují přes tavidlo do roztaveného kovu. K vytvoření povlaku dojde v případě, že nastane reakce mezi základním a povlakovým kovem. Tento způsob je omezen na čtyři technické povlakové kovy z důvodu toho, že jsou povlaky tekuté při nanášení a tuhé za běžných podmínek. Tyto kovy jsou zinek, cín, hliník a slitiny olova. Samotné olovo s ocelí nereaguje, a proto se k pokovení nehodí [7]. Podmínkou pro žárové pokovení je, aby upravovaný materiál měl vyšší teplotu tání, než povlakový kov [9].

Žárové zinkování

Patří mezi nejrozšířenější a nejdůležitější způsob této technologie. Upravuje se jím rozmanitý sortiment výrobků jako plechy, dráty, pletivo, konstrukce, plechové spotřební zboží. Existují dva základní způsoby žárového zinkování: [1]

- Mokrý způsob – jedna polovina lázně je pokryta tekutým tavidlem. Přes tuto vrstvu tavidla vstupují pokovované předměty do zinku a přes čistou hladinu jsou vytahovány ven.
- Suchý způsob – před ponořením do roztavené zinkové lázně jsou pokovované díly namočený do roztoku tavidla a následně dojde k jejich usušení.

Žárové zinkování probíhá při teplotách 440–470 °C. Dochází k reakci základního materiálu se zinkovou lázní za vzniku různých intermetalických fází. Průběh reakce ovlivňuje celá řada parametrů. Mezi nejdůležitější patří chemické složení oceli, doba ponoru a také složení a teplota lázně zinku [9]. Teplota lázně musí být udržována pod 470 °C, protože pokud stoupne teplota stěny vany na 480 °C, dojde k značnému rozpouštění železa v zinku a ke zkrácení životnosti vany [1].

6.1.5 Chemické a fyzikálně – chemické povlaky

Chemické povlakování (CVD) spočívá ve vytváření povlaku na povrchu materiálu reakcí chemických sloučenin, přiváděných v plynném stavu. Na rozhraní pevné a plynné fáze začne za určitého tlaku, teploty a chemické reakce vznikat technicky využitelná tuhá fáze se specifickými vlastnostmi. Povlakování probíhá v komoře reaktoru při teplotách okolo 1000 °C. Ohřev je prováděn v neutrální atmosféře a po prohřátí součásti se do reaktoru přivádí reakční plyny. Vzniklé povlaky dosahují tloušťky v řádech tisícín až setin milimetrů. Vynikají svojí adhezí k základnímu materiálu a dosahují vysoké tvrdosti, [1]. Proto se tyto povlaky nejvíce osvědčily při aplikacích na řezné nástroje ze slinutých karbidů, nástrojových ocelí a některých legovaných ocelí, které chrání proti opotřebení, tepelnému odporu a snižují koeficient tření [36]. Prudký rozvoj zaznamenaly zejména povlaky TiN a TiC, které vzhledem ke stejné mřížce umožňovaly jejich různé mísení, tvorbu supermřížek a výborné řezné vlastnosti. Jejich aplikace poskytovaly dobrou adhezi, odolnost proti difúzi, rovnoměrné pokrytí všech ploch bez směrového účinku, a dokonce přispěly k zaoblení ostří [37].

Z důvodu vysokých teplot při aplikaci se CVD povlaky vyznačují zbytkovým vnitřním pnutím a trhlinami, které jsou způsobeny rozdílem mezi koeficienty teplotní roztažnosti CVD povlaku a substrátu z tvrdého kovu. V důsledku toho jsou CVD povlaky náchylnější k praskání [36].

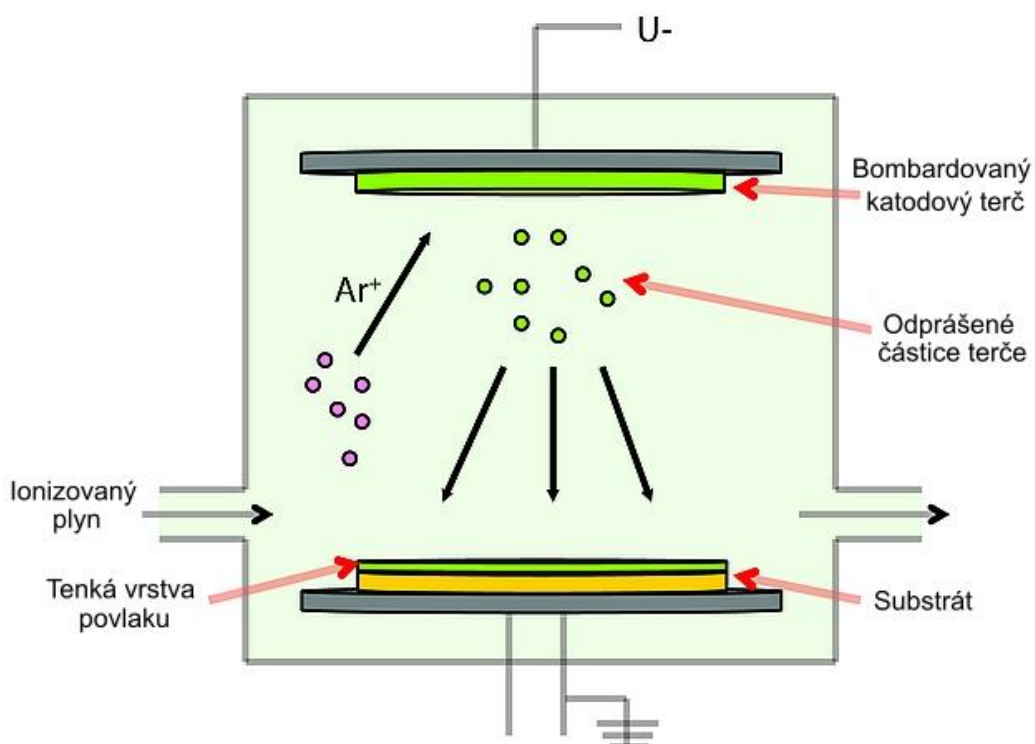
To mělo za následek vznik tzv. **fyzikálních metod povlakování (PVD)** [37]. Tato technologie je založena na odpaření nebo odprášení pevné látky v řízené atmosféře. Vznik povlaku probíhá při tlaku 0,1 – 1 Pa ve vakuové komoře, do které je přiváděn pracovní plyn

např. argon nebo dusík. Pro získání kovových iontů se používá metoda obloukového odpařování nebo metoda odprášení ionty [38].

Metoda obloukového odpařování staví na odpaření nízkonapětovým obloukovým výbojem. Vše probíhá ve vakuové komoře, kde dojde k odčerpání povrchově vázaných plynů na pokovovaném materiálu a následně se proudem iontů plynu nebo kovu odstraní několik nanometrů povrchové vrstvy. Zároveň se materiál ohřívá. Teplota vhodná pro povlakování se pohybuje od 30 do 500 °C. Obloukový výboj za nízkého tlaku hoří na katodě v náhodném proměnlivém bodě a vysokou teplotou odpařuje materiál katody, přičemž převážná část je ionizována. Odpařené částice jsou převážně kladné ionty a jsou urychlovány záporným předpětím na planetový stolek, na kterém jsou vhodně rozmístěny pokovované výrobky. V této fázi mají ionty kvazikapalný charakter po povrchu nástrojů se pohybují, spojují a postupně vytvářejí vrstvu. Kotvení vrstvy probíhá částečnou modifikací povrchu implantací částic nebo tvorbou mezivrstvy zvyšující adhezi vrstvy k nástroji. Tato adheze je základním parametrem celého procesu PVD povlakování [38].

Druhá metoda je založená na magnetronovém naprašování, při kterém se nejprve ionizuje pomocný inertní plyn (argon) a pomocí urychlení těchto iontů dochází k bombardování katodového terče a k odprášení požadovaných částic, které se usazují v tenké vrstvě na povrchu pokovovaného materiálu (Obr. 15). Na závěr dojde ke zchlazení povlakovaných výrobků pod teplotu oxidace oceli a vyjmutí z komory [38].

Obr. 15 Princip magnetronového naprašování [39]



PVD povlaky jako TiN (nitrid titanu), TiAlN (titan aluminium nitrid), DLC (diamantu podobné uhlíkové povlaky) se vyznačují mnoha prospěšnými fyzikální i chemickými vlastnostmi. Mezi ně patří otěruvzdornost, tepelná odolnost, korozivzdornost, snížení třecích odporů a mikrotvrdost. To vše je předurčuje k uplatnění na řezných nástrojích jako tepelné bariéry, na strojních dílech, u kterých je třeba zvýšit otěruvzdornost a snížit tření, hodí se i na dekorativní vrstvy a hojně se využívají v medicíně na kloubní náhrady a zubní protézy [37].

6.2 Nekovové povlaky

Ochranná funkce nekovových povlaků a vrstev vychází z charakteru materiálu a způsobu jejich vytváření. Tyto povlaky chrání povrch základního materiálu především bariérovým způsobem (smalty), případně změnou korozní odolnosti (pasivací, oxidací) materiálu i dalšími způsoby např. katodicky u materiálů anorganických s obsahem zinku. Vazby nekovových povlaků a vrstev podobně jako u kovových povlaků závisí na jejich vytváření a jsou mechanické, fyzikální a chemické [7].

6.2.1 Smaltové povlaky

Smalt představuje sklo komplikovaného chemického složení, které je nataveno na kov a vytvoří s ním integrovaný kompozitní systém [2]. Ochranná funkce je založena na vytvoření bariéry z nerozpustného celistvého povlaku, který izoluje kov od působení agresivních prostředí. Pro správnou funkci smaltu je důležitá vyhovující přídržnost a neporéznost povlaku [1]. Základem struktury smaltu je sklo, tedy amorfni látka, která vzniká obvykle ztuhnutím taveniny bez krystalizace. Struktura skla postrádá pravidelné uspořádání na rozdíl od krystalických látek. Sklo lze získat z celé řady anorganických i organických látek, jestliže je ochlazujeme z kapalného stavu tak rychle, že se nestací vytvořit pravidelná strukturní mřížka [2].

Základní složkou pro přípravu smaltového povlaku je sklovitý anorganický materiál zvaný smaltéřská frita, která vzniká tavením směsi smaltéřských surovin do ne zcela homogenního stavu a prudkým ochlazením. Pomocí chemického složení frity dochází k ovlivňování většiny vlastností povlaku. Smalty lze použít k ochraně ocelového plechu, litiny i neželezných kovů [2]. Vrstvy smaltu se na povrch aplikují máčením, poléváním nebo stříkáním a po vysušení dojde k jejich vypálení při teplotách 800 až 950 °C [7].

Trendy ve smaltování

Při vývoji smaltů se stále více uplatňují nové typy smaltů, které využívají ve vodě rozpustných smaltéřských prášků. Oceňována je především nezávadnost smaltů při kontaktu s pitnou vodou a potravinami. Dochází také k vývoji ocelí vhodných pro smaltování. Díky

stabilitě smaltových povlaků v atmosférických podmínkách a dobré absorpční schopnosti vůči slunečnímu záření dochází k jejich využití při konstrukci slunečních kolektorů. Předměty jako součásti topenišť, kotlů nebo spalovacích motorů pracují v podmínkách vysokoteplotní koroze, a právě povrchové systémy na bázi sklovitých povlaků jim mohou poskytovat dostatečnou protikorozní ochranu. Další cestou při aplikaci smaltů je použití nanočástic ve složkách smaltérských břeček a aplikace vrstev v nanorozměrech, tím se otevírá cesta při aplikaci v medicíně, letectví a kosmonautice. Technické smaltování má tedy budoucnost ve strojírenství, energetice, zemědělství, především díky jeho variabilitě v barevnosti, dobré omyvatelnosti, odolnosti proti korozi a dlouhé životnosti. Již dnes létá smalt do vesmíru na součástkách raketoplánů a je bezesporu high-tech technologií budoucnosti [40].

6.2.2 Povlaky z nátěrových hmot

Nátěrové hmoty představují nejrozšířenější a nejekonomičtější způsob povrchové úpravy výrobků. Tvoří asi 80 až 90 % všech povlaků. Tyto nátěrové systémy vynikají vysokým ochranným účinkem, dostupností a jednoduchostí vytváření povlaků [7]. Nátěr představuje souvislý povlak požadovaných vlastností, který vznikne nanesením a zaschnutím jedné nebo několika nátěrových vrstev na upravovaný povrch [25]. Nátěrové hmoty jsou tekuté až pastovité hmoty, které po nanesení v tenké vrstvě na povrch předmětu vytvářejí souvislý film. Pro zhotovování organických povlaků se též používají práškové makromolekulární látky [1].

Nátěrové hmoty lze nanášet štětcem, stěrkou, stříkáním, máčením, navalováním a elektrochemicky [2].

Základními složkami nátěrových hmot jsou pojidla, filmotvorné látky, pigmenty, změkčovadla, rozpouštědla, plnidla a aditiva [7].

Styren butadienové nátěry

Jedná se o nátěry složené z několika druhů styren butadienových kaučuků v organických rozpouštědlech. Je možné je nanášet stříkáním, štětcem, válečkem nebo máčením. Po nanesení vznikají pružné a odolné povlaky, které je možné v případě potřeby bezesbýtku odstranit pouhým stáhnutím (Obr. 16). Povlaky je možné nanášet na různé materiály jako jsou kovy, nátěry, dřevo, sklo, keramika, plasty. Vynikají svojí flexibilitou, která je až 400 %. Nanesené filmy prokazují výbornou bariérovou odolnost. Odolávají vodě, kyselinám, zásadám a solné mlze. Dobře chrání povrchy proti poškození od odletujících kamínků a poškrábání. Uplatňují se také jako dočasná antikorozní ochrana mezi jednotlivými výrobními operacemi V neposlední řadě s nimi lze snadno měnit vzhled různých předmětů [41].

Obr. 16 Ukázka vzhledu a snadného odstranění styren butadienového nátěru [41]



6.2.3 Povlaky z plastů

Povlaky z plastů se vytvářejí nejen za účelem protikorozi ochrany, ale i jako ochrana proti opotřebení, lepivosti a ulpívání nečistot. Jsou vytvářeny z řady polymerů jako např. polyvinylchloridu, polyamidu, polyetylenu, teflonu, akrylátů a celulózy. Vlastnosti a odolnost plastových povlaků vůči různým prostředním závisí především na charakteru použitého plastu [7]. Povlaky z plastů lze nanášet žárovým nástřikem, vířivým nanášením, naprašováním v elektrostatickém poli vysokého napětí, plátováním a nanášením plastisolu [1].

Povlakování fluorplastů

Fluoroplasty patří mezi špičkové konstrukční plasty, které splňují nejvyšší kritéria v oblasti chemické odolnosti, odolnosti vůči vysokým teplotám a vůči opotřebení. Uplatnění naleznou v těžebním, automobilovém, potravinářském, farmaceutickém i jiném průmyslu (Obr. 17). Skládají se z poměrně složité směsi různých komponentů, kterými jsou: [42]

- Funkční polymery (PTFE - Polytetrafluorethylen, FEP - Fluorethylenpropylen, PEEK – Polyetereterketon atd.) – udávají základní vlastnosti jako nepřilnavost, nízké tření, nesmáčivost, chemická odolnost, teplotní odolnost.
- Ne-fluoropolymerní pojiva (PAI - Polyamidimid, PES – Polyethersulphone, PPS – Polyfenylensulfid) – ovlivňují adhezi a mechanické vlastnosti.
- Pigmenty a plniva – mají vliv na vzhled, barvu a lesk.
- Ředidla – slouží jako nosič pevných složek povlaku.
- Aditiva – upravují vlastnosti povlaku pro vhodnější a bezproblémovou aplikaci.

Povlaky mohou být vytvořeny jako jednovrstvé, dvouvrstvé, třívrtvé a vícevrstvé. Při jednovrstvých systémech však není možné dosáhnout všech užitečných vlastností [42].

Obr. 17 Ukázka použití fluorplastů: Kryt elektricko-hydraulického aktuátoru používaný při podmořské těžbě ropy a pečný plech pro výrobu baget. [42]



Vliv nanočástic oxidu titaničitého na fluoroplastové povlaky

Nanočástice je označení pro částici, která má velikost menší než 100 nm. Nanočástice oxidu titaničitého našly svoje uplatnění v PTFE povlacích, které se používají na pracovních plochách hliníkových slitin. Úkolem povlaku je zvýšení tvrdosti, otěruvzdornosti a odolnosti vůči opotřebení na povrchu hliníkových forem pro výrobu pneumatik. Slitina Al-Si-Cu-Mg, ze které jsou formy vyrobeny, se povlakuje PTFE povlaky s nanočásticemi oxidu titaničitého za účelem zvýšení jejich trvanlivosti. Před použitím tohoto povlaku bylo možné formy využít na zhruba 2500 cyklů. Poté bylo nutné formu rozebrat a jednotlivé segmenty vyčistit, což způsobovalo finanční ztráty. Po aplikaci PTFE povlaku s nanočásticemi oxidu titaničitého se zvýšil počet cyklů bez čištění o 200–400 % [43].

7 Závěr

V práci je utvořen stručný přehled postupů využívaných při povrchových úpravách a obecné rozdělení úprav. Pomocí aplikace povrchových úprav je možné ze zdánlivě obyčejného konstrukčního materiálu vytvořit materiál s vlastnostmi na mnohem vyšší úrovni než u materiálu původního v závislosti na typu povlaku. Využívání povrchových úprav přináší výhody z hlediska úspory materiálu, prodloužení jeho životnosti a v neposlední řadě i velké ekonomické úspory.

Hlavním cílem bylo shromáždit aktuální poznatky o problematice úprav povrchů. V oblasti mechanických předúprav povrchů se jistě uplatní metoda proudového omílání z důvodu dosažení nízké drsnosti povrchu obrobků, metoda tryskání suchým ledem díky svému třífázovému efektu čištění a metoda mokrého tryskání díky možnosti upravit složité tvary dílů, při rovnoměrném otryskání celého jejich povrchu. Svě uplatnění v předúpravách povrchu jistě nalezne i laser, protože nevyžaduje žádná abraziva ani chemikálie, se kterými by bylo nutné manipulovat a skladovat je, a i přes vyšší počáteční investici se díky nízkým provozním nákladům finance spojené s pořízením této technologie rychle vrátí. Při aktivaci plastového povrchu před lakováním nebo lepením se využije atmosférická plazmová tryska.

V oblasti chemických předúprav se uplatní vakuové hybridní mytí, které vyniká možností odstranění organických i anorganických nečistot během jednoho mycího cyklu.

Mezi kovovými povlaky najdou uplatnění galvanicky vyloučené povlaky zinek nikl převážně v automobilovém průmyslu a v oblasti renovace obtížně demontovatelných strojních součástí se využije technologie tampónování. V oblasti žárových nástřiků se díky nízké porositě a vysoké adhezi k základnímu materiálu uplatní tzv. studené nástřiky a díky vysoké variabilitě funkčních povlaků tzv. plazmatické nástřiky. Na řezných nástrojích se již v dnešní době hojně objevují povlaky nanesené metodou PVD, které vynikají otěruvzdorností, tepelnou odolností a mikrotvrdostí.

Mezi nekovovými povlaky čeká velká budoucnost smalty, které budou chránit součástky raketoplánů a ocení se i jejich nezávadnost při kontaktu s vodou a potravinami. Chemickou odolností a odolností vůči vysokým teplotám a opotřebením disponují fluorplastové povlaky, které se uplatňují v těžebním, automobilovém a potravinářském průmyslu.

Povrchové úpravy jsou všude okolo nás, chrání zábradlí v parku, automobil na parkovišti i ocelový plech na střeše domu. Zlepšují vzhled vodovodní baterie v koupelně nebo zdobí věžičku radnice. Zlepšují elektrickou vodivost součástek v našich mobilních telefonech a zlepšují vlastnosti řezných nástrojů. Chrání stěny našich krbů před vysokými teplotami a povrch pánve před připálením pokrmů, zkrátka jsou nedílnou součástí každodenního života.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. 1.vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01472-x.
- [2] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1217-7.
- [3] KREIBICH, Viktor a Jan KUDLÁČEK. Povrchové úpravy z pohledu vývojových etap a potřeb. *Povrcháři* [online]. 2019, **2019**(2), 2-4 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201902_povrchari.pdf
- [4] HLUCHÝ, Miroslav a Josef BENEŠ. *Strojírenská technologie*. První. Praha: SNTL, 1981.
- [5] KOVAL, Petr. Tryskání a hlavní příčiny, které snižují životnost ocelových konstrukcí. *MM průmyslové spektrum: technický měsíčník pro Českou republiku a Slovensko*. Praha: Vogel Publishing, 2016, **2016**(12), 100-101. ISSN 1212-2572.
- [6] MIK. Metalkov Vlašim rozvíjí ověřené technologie povrchových úprav nadrozměrných konstrukcí. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2018, **2018**(4), 33-35. ISSN 80-7082-668-1.
- [7] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2008. ISBN 80-7082-668-1.
- [8] ZRŮNEK, Miroslav. *Úprava povrchu kovových konstrukcí*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
- [9] KNOTKOVÁ, Dagmar a Kateřina KREISLOVÁ. *Korozní chování kovů a kovových povlaků v atmosférickém prostředí*. Praha: SVÚOM, 2010. Metody sledování životnosti. ISBN 978-80-87444-01-6.
- [10] ŠČERBEJOVÁ, Marta. *Strojírenská technologie*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. ISBN 80-7157-083-4.
- [11] KREJČÍK, Vladimír. *Povrchová úprava kovů I pro 2. ročník středních odborných učilišť*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.
- [12] Zařízení pro proudové omílání. *Advantage* [online]. 2015 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://advantage-fl.cz/prumysl/povrchova-uprava/omilani/zarizeni-pro-proudove-omilani>
- [13] SVATOŠ, Jiří. Průmyslové čištění suchým ledem - neabrazivní úprava povrchů. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2018, **2018**(2), 24-26. ISSN 0551-7354.
- [14] Čištění suchým ledem. In: *Kärcher* [online]. Modletice: Kärcher spol. s r.o., 2019 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.karcher.cz/cz/professional/cisteni-suchym-ledem.html>
- [15] ASHWORTH, Ryan a Petr PENC. Účinná bezprašná ekologická technologie mokrého tryskání směsí vody a abraziva. *Povrcháři* [online]. 2018, **2018**(3), 4-7 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201803_povrchari.pdf

- [16] PENC, Petr. Ekologická a účinná technologie mokrého tryskání suspenzí vody s abrazivem. *Technický týdeník* [online]. Business Media CZ s. r. o., 2017, **2017**(23) [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.ipp-penc.cz/pdf/technicky-tydenik-vapormatt.pdf>
- [17] FLIMEL, Karol a Hana HRDINOVÁ. Laserové čištění povrchu. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(1), 2-4 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201701_povrchari.pdf
- [18] ŘEŘUCHA, Jan a Hana HRDINOVÁ. Laserové čištění plastikářských forem. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(3), 13-14 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201703_povrchari.pdf
- [19] MRŇA, Libor. Laser a jeho využití v povrchových technologiích. *Povrcháři* [online]. 2019, **2019**(2), 11-12 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201902_povrchari.pdf
- [20] Předúpravy povrchu. *PragoBoard* [online]. 2012 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: http://www.pragoboard.cz/predupravy_povrchu
- [21] Plazmová povrchová úprava plastů. *Tribotechnika* [online]. 2019 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12014/plazmova-povrchova-uprava-plastu.html>
- [22] Atmosférické plazmové systémy. In: *Safibra* [online]. Říčany: Safibra, s.r.o., 2019 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.safibra.cz/atmosfericke-systemy>
- [23] VÁŇA, Pavel. Moření vysocelegovaných ocelí. *Povrcháři* [online]. 2018, **2018**(6), 21-26 [cit. 2019-03-19]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201806_povrchari.pdf
- [24] TOMIŠKOVÁ, Michaela. Odstranění nečistot před povrchovými úpravami. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2018, **2**(2018), 27-28. ISSN 0551-7354.
- [25] HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-245-6.
- [26] CHA, Sung a Ali ERDEMIR. *Coating technology for vehicle applications*. 1st ed. Cham: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-14770-3.
- [27] Electroplating. In: *LNF Wiki* [online]. Michigan, b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://Inf-wiki.eecs.umich.edu/wiki/Electroplating>
- [28] GOLIÁŠ, Petr a Vladislav VOMÁČKA. Galvanické povlaky zinku a jeho slitin. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(6), 4-7 [cit. 2019-03-21]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/201706_povrchari.pdf
- [29] Slitinový povlak ZINEK NIKL. *Tribotechnika* [online]. TechPark, b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42014/slitinovy-povlak-zinek-nikl-2-cast.html>
- [30] KUCHAR, Jiří a Viktor KREIBICH. Renovace technologií tampónování. *Povrcháři* [online]. 2017, **2017**(1), 6-7 [cit. 2019-03-21]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/201701_povrchari.pdf

- [31] MAREK, Petr. Chemické niklování. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2018, **2018**(3), 26-28. ISSN 0551-7354.
- [32] Chemické niklování. In: *Bomex* [online]. Jasnice: khs.digital, 2016 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.bomex.cz/technologie/chemicke-niklovani>
- [33] ČELKO, Ladislav. Technologie žárových nástřiků: Aplikace, kvalita povlaků a rizika při jejich výrobě. *Konstrukce: Odborný časopis pro strojírenství a stavebnictví* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2017, **2017**(3), 55-58 [cit. 2019-03-22]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/technologie-zarovych-nastriku-aplikace-kvalita-povlaku-a-rizika-pri-jejich-vyrobe/>
- [34] WIDENER, Christian, Ozan OZDEMIR a Michael CARTER. Structural repair using cold spray technology for enhanced sustainability of high value assets. *Procedia Manufacturing* [online]. 2018, **2018**(21), 361-368 [cit. 2019-03-22]. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.132. ISSN 2351-9789. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978918301719>
- [35] ZAHRADNÍČEK, Lukáš. *Žárové nástřiky ve strojírenství*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.
- [36] FERNÁNDEZ-ABIA, A.I., J. BARREIRO, J. FERNÁNDEZ-LARRINOA, L.N. LACALLE, A. FERNÁNDEZ-VALDIVIELSO a O.M. PEREIRA. Behaviour of PVD Coatings in the Turning of Austenitic Stainless Steels. *Procedia Engineering* [online]. 2013, **2013**(63), 133-141 [cit. 2019-03-24]. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.08.241. ISSN 18777058. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705813014549>
- [37] PÍŠKA, Miroslav. Trendy v PVD a CVD povlakování. *MM průmyslové spektrum: technický měsíčník pro Českou republiku a Slovensko*. Praha: Vogel Publishing, 2014, **2014**(11), 70-71. ISSN 1212-2572.
- [38] Současnost a trendy povlakování technologií PVD. *MM průmyslové spektrum: technický měsíčník pro Českou republiku a Slovensko*. Praha: Vogel Publishing, 2003, **2003**(4), 52. ISSN 1212-2572.
- [39] Physical Vapor Deposition (PVD). In: *SIGMA-ALDRICH* [online]. Darmstadt, 2019 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/materials-science/material-science-products.html?TablePage=108832720>
- [40] Smalt v technických oborech a průmyslu. *Technické muzeum v Brně* [online]. Brno: Technické muzeum v Brně, 2017 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://mck.technicalmuseum.cz/smalt/frame3.html>
- [41] SKOUPIL, Jan a Ladislav HUBÁČEK. Využití styren butadienových nátěrů v povrchových úpravách. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2015, **2015**(3), 48. ISSN 0551-7354.
- [42] TYLKA, Jan. Povlakování technickými fluorplasty. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2015, **2015**(2), 38-39. ISSN 0551-7354.
- [43] LYSONŇKOVÁ, Irena, Jaromír CAIS a Štefan MICHNA. Využití nanočástic oxidu titaničitého při povlakování fluorplastovými povlaky. *Povrchové úpravy: odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Press agency, 2016, **2016**(4), 2-3. ISSN 0551-7354.

9 Seznam obrázků

OBR. 1 - ČIŠTĚNÍ SUCHÝM LEDEM [14]	13
OBR. 2 - PROCES MOKRÉHO TRYSKÁNÍ [15].....	14
OBR. 3 - UKÁZKY ČIŠTĚNÍ LASEROVOU TECHNOLOGIÍ [18].....	16
OBR. 4 - ATMOSFÉRICKÁ PLAZMOVÁ TRYSKA [22].....	17
OBR. 5 - KOMOROVÉ VAKUOVÉ ZAŘÍZENÍ PRO ODMAŠŤOVÁNÍ [24].....	19
OBR. 6 - MECHANISMY OCHRANY POVLAKY [9]	21
OBR. 7 - PRINCIP GALVANICKÉHO POKOVOVÁNÍ [27]	23
OBR. 8 - POVLAK ZINEK NIKL NA LITINOVÉM BRZDOVÉM TŘMENU [29].....	24
OBR. 9 - SCHÉMA PRINCIPU TAMPÓNOVÁNÍ [30].....	25
OBR. 10 - RENOVACE NÁPRAVY KAMIONU NIKLEM ZA POMOCI TAMPÓNOVÉ TECHNOLOGIE [30]	25
OBR. 11 - UKÁZKY Z PROCESU CHEMICKÉHO NIKLOVÁNÍ [32].....	26
OBR. 12 - ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIÍ ŽÁROVÝCH NÁSTŘIKŮ [33]	27
OBR. 13 - SCHÉMA PROCESU VYTVÁŘENÍ ŽÁROVÝCH NÁSTŘIKŮ [9].....	28
OBR. 14 - PLAZMATICKÝ NÁSTŘIK [35]	29
OBR. 15 - PRINCIP MAGNETRONOVÉHO NAPRAŠOVÁNÍ [39].....	31
OBR. 16 UKÁZKA VZHLEDU A SNADNÉHO ODSTRANĚNÍ STYREN BUTADIENOVÉHO NÁTĚRU [41]	34
OBR. 17 - UKÁZKA POUŽITÍ FLUORPLASTŮ: KRYT ELEKTRICKO-HYDRAULICKÉHO AKTUÁTORU POUŽÍVANÝ PŘI PODMOŘSKÉ TĚŽBĚ ROPY A PEČNÝ PLECH PRO VÝROBU BAGET. [42].....	35

10 Seznam tabulek

TAB. 1 - ROZDĚLENÍ KOROZE [4]	4
TAB. 2 - CITLIVOST KOVOVÝCH MATERIÁLŮ/POVLAKŮ K JEDNOTLIVÝM PLYNNÝM SLOŽKÁM [9]	7
TAB. 3 - POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ ČIŠTĚNÍ POVRCHU [18].....	16
TAB. 4 - SROVNÁNÍ ELEKTROCHEMICKÉ UŠLECHTILOSTI A PRŮMĚRNÉ KOROZNÍ ODOLNOSTI KOVŮ A NĚKTERÝCH TECHNICKÝCH SLITIN [1]	21
TAB. 5 - ZÁKLADNÍ TYPY ELEKTROLYTICKÝCH POVLAKŮ [9].....	23