



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU POVRCHOVÉ ÚPRAVY VYSOKOZDVIŽNÉHO VOZÍKU

COMPLEX SOLUTION OF THE TECHNOLOGICAL SURFACE TREATMENT PROCESS OF A FORKLIFT
TRUCK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Richard Nitschneider

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michaela Císařová, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Richard Nitschneider**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Michaela Císařová, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Komplexní řešení technologického procesu povrchové úpravy vysokozdvížného vozíku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem bakalářské práce je zavedení nové technologie pro povrchovou úpravu jednotlivých dílů vysokozdvížného vozíku. Jedná se o kompletní návrh zavedení linky pro předpřípravu samotného povrchu až po nanesení povrchu nového na ocelový plech.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování literární studie předpřípravy povrchu plechu před nanesením povlaku nového. Srovnání stávající s novou technologií renovace povrchu vysokozdvížného vozíku. Možné variantní návrhy řešení, jako odstranění povlaku dle velikosti jednotlivých kusů, příprava povrchu plechu před samotným povlakováním a nanesení nového povlaku, budou zhodnoceny a zpracovány dle vhodnosti pro jednotlivé díly vysokozdvížného vozíku.

Seznam literatury:

Kraus, V. (2009): Povrchy a jejich úpravy. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.

Mohyla, M. (2006): Technologie povrchových úprav kovů. Ediční středisko VŠB Ostrava.

Sedláček, V. (1992): Povrchy a povlaky kovů. Ediční středisko ČVUT Praha.

Bach, F.-W., Laarmann, A., Wenz, T. (2006): Modern surface technology. Wiley-VCH, Weinheim.

Povrchová úprava - elektronický odborný časopis, IMPEA s.r.o.,
<http://www.povrchovauprava.cz/free-pdf-magazine>, přístup 22.listopadu 2015

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

NITSCHNEIDER Richard: Komplexní řešení technologického procesu povrchové úpravy vysokozdvížného vozíku.

Práca predkladá návrh technológie pre zefektívnenie povrchových úprav vysokozdvížných vozíkov. Na základe literárnej štúdie a skúšok jednotlivých technológií povrchových úprav vyplýva, že najproduktívnejším variantom sú technológie otryskávania. Diely väčšieho charakteru sú určené pre injektorové tryskanie, spolu s typom vozíka WH. Menšie diely sa budú tryskať v automatizovaných boxoch. Využitie tryskacích technológií zvýši životnosť nanášaného laku. Navrhnuté riešenie znížilo prácnosť povrchových úprav čím zvýšilo ich celkovú produktivitu. Súčasťou práce je aj konštrukčné riešenie tryskacích zariadení.

Klíčové slová: Brúsenie, otryskávanie, lakovanie, povrchová úprava, vysokozdvížný vozík

ABSTRACT

NITSCHNEIDER Richard: Complex solution of the technological surface treatment process of a forklift truck.

The project elaborated proposal of the technology for efficient surface treatments of a forklift truck. Pursuant to literary studies and trials of each technology for surface treatments show that the most productive option is blasting technology. Bigger components and forklift model WH are determined for injector blasting. Smaller components will be machined in self-acting room. Application of blasting technology increases the life of coat. Proposed solution decreased the laboriousness of surface treatments, what raised overall productivity. Project also includes design solution of blasting machines.

Keywords: Grinding, blasting, coating, surface treatment, forklift truck

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

NITSCHNEIDER, Richard. *Komplexní řešení technologického procesu povrchových úprav vysokozdvížného vozíku*. Brno, 2015. 35s, 1 výkres, 8 příloh, CD. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedúci práce Ing. Michaela Císařová, Ph.D.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Týmto prehlasujem, že predkladanú bakalársku prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácii a pod vedením vedúceho bakalárskej práce.

V dňa 27.5.2016

.....
Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto ďakujem pani Ing. Michaele Císařové, Ph.D. za cenné pripomienky a rady týkajúce sa spracovania bakalárskej práce. Ďalej ďakujem spoločnosti Linde Material Handling Česká republika s.r.o. za poskytnutie vhodných podkladov a informácií. V neposlednom rade by som rád poďakoval svojej rodine za podporu pri štúdiu.

OBSAH

Zadanie

Abstrakt

Bibliografická citácia

Čestné prehlásenie

Pod'akovanie

Obsah

Str.

ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADANIA	10
1.1 Variantné riešenie povrchových úprav	10
2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY MATERIÁLU	11
2.1 Povrch materiálu a jeho vlastnosti	11
2.1.1 Vlastnosti povrchu materiálu.....	12
2.1.2 Možné poškodenia povrchu materiálu.....	13
2.1.3 Základy protikoróznej ochrany materiálu	16
2.1.4 Požiadavky na povrch materiálu pred nanášaním vrstvy laku	18
2.2 Možnosti povrchových úprav	19
2.2.1 Mechanické povrchové predúpravy.....	20
2.2.2 Chemické povrchové predúpravy.....	24
2.2.3 Náterové hmoty.....	25
3 RIEŠENIE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU	28
3.1 Aktuálne riešenie povrchových úprav	30
3.2 Návrh nového riešenia povrchových úprav	32
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE	34
5 ZÁVERY	35
Zoznam použitých zdrojov	
Zoznam použitých symbolov a skratiek	
Zoznam obrázkov	
Zoznam tabuliek	
Zoznam príloh	
Zoznam výkresov	

ÚVOD [13], [18], [24], [25], [35]

Pri každodennom používaní výrobkov dochádza k vzájomným stykom, ale aj interakciám s okolitým prostredím, čo následne vedie ku degradácii materiálu spôsobenej samotným opotrebovaním, koróziou, zníženou pevnosťou materiálu a ďalších vplyvov. Správne zvolená a kvalitne prevedená povrchová úprava nám dokáže negatívnu degradáciu zminimalizovať a zaručiť získanie požadovanej vlastnosti, kvality a stavu povrchu materiálov pre stanovené funkčné obdobie. Splnenie požiadaviek na povrch výrobku sa väčšinou dosahuje opracovaním, spracovaním a nanosením novej vrstvy na základný materiál výrobku. Opracovanie a spracovanie zaraďujeme medzi predbežné povrchové úpravy pred nanosením novej povrchovej vrstvy, vid' obrázok 1.



Obr. 1 Efektívne opracovanie povrchovej vrstvy materiálu [25]

V praxi je kladený dôraz hlavne na oteruvzdornosť, tvrdosť, žiaruvzdornosť, odolnosť voči korózii, dostatočnú príľnavosť konečných povlakov a v neposlednom rade aj na jednotný vzhľad konečnej úpravy.

Samotná povrchová úprava rozhoduje často o úspechu alebo naopak neúspechu nasledujúcich prác. No ten najväčší dopad sa skrýva v predajnosti priemyselného výrobku, kde kvalitne a vzhľadovo slušne vyzerajúci výrobok zlepši svoje postavenie na trhu. Práve tento fakt si uvedomujú aj veľké priemyselné korporácie, ktoré sa snažia rok čo rok prekvapiť a získať zákazníka nielen samotnou využiteľnosťou výrobku a cenou, ale aj jedinečným vzhľadom, vid' obrázok 2.



Obr. 2 Výsledok komplexnej povrchovej úpravy daných komponentov [24]

1 ROZBOR ZADANIA [19], [21], [35], [36]

V poslednej dobe sa kladie čoraz väčší dôraz na dôležitosť povrchových úprav, čo vysvetľuje vysoké investície práve do ich vývoja. Nové technológie sa snažia znížiť prácnosť samotných povrchových procesov a tým zvýšiť ich produktivitu pri vytvorení tých najkvalitnejších povrchov. Vo veľa prípadoch vyhráva vzhľad nad technickým prevedením produktu, i keď najlepšou cestou je symbióza spoľahlivosti a dokonalého vzhľadu.

Jednou zo spoločností uvedomujúcich si fakt o potenciáli a dôležitosť povrchových úprav je aj firma Linde Material Handling Česká republika s.r.o., ktorá už dlhé roky úspešne podniká v oblasti manipulačnej techniky, vid' obrázok 3. Spoločnosť patrí medzi popredných dodávateľov vysokozdvížných vozíkov, náhradných dielov, regálov a regálových systémov. Poskytovanie autorizovaného servisu vozíka, poradenstvo v oblasti manipulačnej techniky a v neposlednom rade aj flexibilita pri financovaní patria medzi jej silné stránky, na ktorých si firma zakladá. Komplexnejšie služby, ktoré spoločnosť ponúka sú globálna optimalizácia a samotný návrh logistických centier.



Obr. 3 Návrh nového typu vozíka triedy E

Medzi jej úspešnú a už pár rokov dobre fungujúcu stratégiu patrí predaj a prenájom použitých vozíkov, kde povrchová úprava zohráva veľkú rolu na samotnej spokojnosti zákazníka. V dnešnej dobe prebieha vo firme kompletná optimalizácia povrchových úprav repasovaných vysokozdvížných vozíkov, navrhovanie nových a efektívnych postupov za účelom zvýšenia produktivity povrchových úprav, v rámci celej českej divízie Linde. Práve zlepšenie súčasnej povrchovej technológie viedlo k nápadu a voľbe tejto bakalárskej práce, ktorá bude použitá ako sprievodná dokumentácia k jednotlivým technológiám. Práca sa bude venovať hlavne povrchovej úprave plechu, navrhovaniu technologického postupu a jeho efektívnemu prevedeniu pri dosahovaní požadovaných štandardov u jednotlivých vysokozdvížných vozíkoch. Nakoľko je otázka povrchových úprav pomerne rozsiahlou problematikou, riešenie navrhovaných povrchových technológií bude výstižné, s ohľadom na ich správne pochopenie. Záverom práce bude základné technicko-ekonomické hodnotenie, obsahujúce komplexné porovnanie súčasného a nového riešenia povrchových úprav.

1.1 Variantné riešenie povrchových úprav [21], [35], [36]

Z technológií určených pre predúpravné operácie je tu možnosť uplatniť mechanické, chemické a elektrochemické predúpravy. Po dlhodobejšej analýze povrchu vysokozdvížného vozíka a firemných možnostiach sa z povrchových predúprav zvolili mechanické a chemické druhy, u ktorých sa predpokladá najefektívnejší úber starej povrchovej vrstvy vozíka. Z mechanických predúprav sa jedná o kartáčovanie, brúsenie a otryskávanie, ktoré znížia súčasnú prácnosť oddelenia povrchových úprav. U chemických druhov je to morenie a odmasťovanie.

Pri nanášaní novej povrchovej vrstvy je možnosť si vybrať z anorganických úprav, kovových povlakov a organických systémov. Možné anorganické povrchové úpravy a kovové povlaky sme vylúčili, nakoľko sa jedná skôr o procesy využívajúce sa priamo vo výrobe. Rôzne druhy impregnácie a napúšťania sú v tomto prípade irelevantné, nakoľko sa nepredpokladá zlyhanie odolnosti povrchu proti ohňu, vode alebo vplyvu okolitého prostredia. Organické povlaky, respektíve náterové systémy sa javia, ako najlepšia možná varianta nanášania novej povrchovej vrstvy na základný materiál repasovaného vozíka.

2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY MATERIÁLU [1], [36]

Riešenie problematiky povrchových úprav si vyžaduje základné poznatky z oblasti elektrochémie, metalurgie, fyziky, chémie, vlastností materiálov a v neposlednom rade z teórie a technológie samotných povrchových úprav.

Skrátenie životnosti, strata spoľahlivosti a reprezentujúceho vzhľadu daného výrobku sú často zapríčinené znehodnotením povrchu materiálu najmä koróznymi účinkami a opotrebovaním. Do povrchovej úpravy materiálu spadajú všetko, čo sa týka zmeny povrchu materiálu za účelom jeho ochrany, skvalitnenia povrchu a vlastností, ktoré sú potrebné pre ich optimálnu dlhodobú funkciu.

2.1 Povrch materiálu a jeho vlastnosti [14], [17], [28], [29] [33], [35]

Povrch sa chápe ako materiál umiestnený v tenkej povrchovej vrstvičke na danej súčasti. Ak uvažujeme povrch materiálu ako rozhranie dvoch rozličných prostredí, respektíve ako deliacu hranicu jedného prostredia od druhého, musí sa u kovových materiálov zaoberať ako štruktúrou, tak aj vlastnosťami, nakoľko každý povrch je jedinečný a špecificky upravovaný. Štruktúra, ako taká, zahŕňa rôzne rozmery elementov. Keďže vo veľa prípadoch k tomu pristupuje aj hodnotenie porúch a interakcia s prostredím, samotné štúdium povrchu je veľmi rozsiahlou oblasťou, preto je dôležité riešiť uvedenú problematiku z rôznych hľadísk. V skutočnosti mnohé vlastnosti telies úzko súvisia práve s povrchom. Je to napríklad vidieť na drsnosti povrchu, ktorá nám ovplyvňuje ďalšie fyzikálne vlastnosti, ako sú opotrebovanie, odraz svetla, funkcie vzájomných plôch a pod.

Štruktúra povrchu predstavuje to ako povrch materiálu vypadá, ako sa kľukatí, ako je zdeformovaný a aké hlboké sú nerovnosti v materiály. Z hľadiska štruktúry predstavuje voľný povrch materiálu povrch veľkého počtu zŕn, ktoré tvoria hranicu medzi fázou a okolím. Fyzikálne sa jedná o veľmi zložitý systém. Veľmi nepríjemnou a pomerne častou vlastnosťou povrchu materiálu je skoková zmena symetrie síl, pôsobiaca na atómové jadrá kryštálovej mriežky, vid' obrázok 4. V samotnom objeme materiálu sú tieto sily dokonale vykompenzované, čo nespôsobuje žiadne problémy. Naopak v povrchovej vrstve môže mať skoková zmena symetrie nasledovné dôsledky:

- relaxáciu povrchu – vzdialenosť povrchovej vrstvy od kryštálov je iná než vzdialenosť ekvivalentných rovín rovnobežných s povrchom, vid' obrázok 5,
- rekonštrukciu povrchu – odlišné usporiadanie atómov v rovine povrchu od štruktúry ekvivalentných rovín vo vnútri kryštálu, vid' obrázok 6,
- nerovinná povrchová vrstva – môže dôjsť k vytvoreniu stabilnejších plôch,
- neúplne nasýtená povrchová väzba – vytvorí silové pole, ktoré spôsobí koncentráciu molekúl v oblasti povrchovej vrstvy.

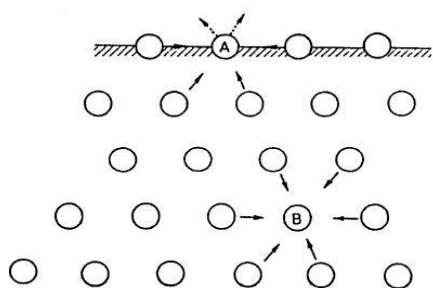
Energia potrebná k vytvoreniu nového povrchu o jednotkovej ploche sa nazýva povrchová energia. Z termodynamickkej podmienky vyplýva, že povrchová energia musí byť minimálna, respektíve taká, aby sa dosiahla stabilná plocha v povrchu materiálu. Podmienku termodynamickkej rovno váhy popisuje nasledovný vzťah:

$$dG = dG_v + dG_s = [0], \quad (2.1)$$

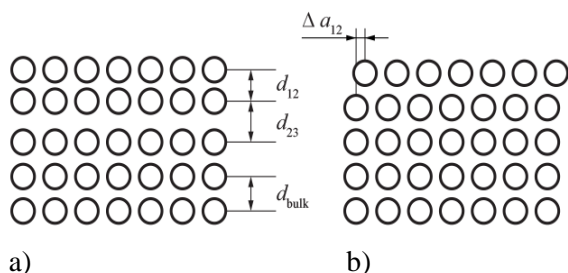
kde: dG_v – objemová zložka energie [J]

dG_s – povrchová zložka energie [J]

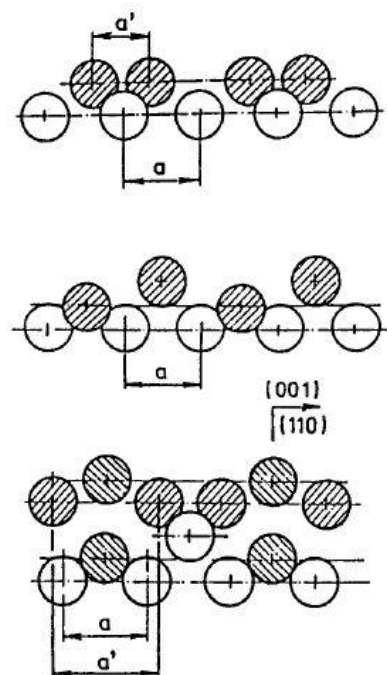
dG – celková termodynamická energia [J]



Obr. 4 Schéma pôsobiacich síl na atóm v povrchu (A) a vo vnútri kryštálov (B) [35]



Obr. 5 Schématické znázornenie kolmej (a) a bočnej (b) relaxácie hornej atómovej vrstvy kryštálu [28]



Obr. 6 Príklady rekonštrukcií povrchových vrstiev u kockovej mriežky plošne stredenej [35]

Z konštrukčného hľadiska sa chápe štruktúra povrchu materiálu ako opakované odchýlky od geometrických povrchov. Prakticky je možné rozdeliť štruktúru podľa veľkostí rozstupov nerovností na povrchu materiálu. Zložka s najmenším rozstupom tvorí drsnosť povrchu, zložka s najväčším rozstupom je definovaná základným profilom a medzi nimi sa nachádza zložka, ktorá sa nazýva vlnitosť povrchu. V rámci povrchovej úpravy patrí konštrukčné hľadisko k veľmi zriedkavým pohľadom na samotnú problematiku.

2.1.1 Vlastnosti povrchu materiálu [18], [20], [29], [34]

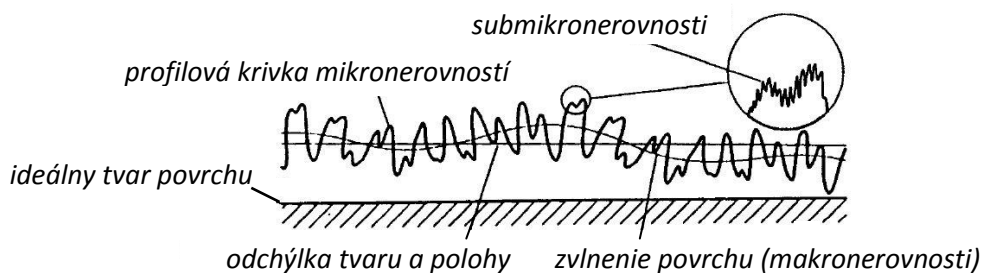
Vlastnosti povrchu sa môžu rozdeliť na tri špecifické kategórie:

- fyzikálne vlastnosti,
- geometrické a mechanické vlastnosti,
- chemické vlastnosti.

Emisie patria medzi základné fyzikálne vlastnosti povrchu. Pri dosiahnutí určitých podmienok môže dôjsť k uvoľneniu elektrónov z povrchu materiálu a to dvojakým spôsobom. Buď dôjde k uvoľneniu vhodnou rýchlosťou na vonkajší povrch, kedy sa hovorí o sekundárnej emisii alebo dostatočne vysokým ohrevom pri tepelnej emisii. Na samotné emisné vlastnosti majú vplyv adsorbované plyny ako aj nečistoty. V neposlednom rade medzi fyzikálne vlastnosti zaradíme vlastnosti elektrické. Zmeny týchto vlastností súvisia najmä s mriežkovými poruchami, zmenami v zložení. Elektrické vlastnosti sú obzvlášť dôležité pri polovodičoch.

Príkladom zmeny geometrických vlastností povrchu je vznik oxidu hliníku o hrúbke 0,003 až 0,004 nm na povrchu čistého kovu za normálnych podmienok počas veľmi krátkej doby. V praxi sa nepokladá povrch za dokonale rovinný, a to ani povrch monokryštálov s úplnými atómovými rovinami, vid' obrázok 7. Odchýlka od ideálnej rovinnosti je dôsledok povrchovej úpravy materiálu, výroby súčasti ale aj zmien vyvolaných vonkajšími silami alebo prostredím.

Pomerne značné nerovnosti vznikajú aj tryskovým obrábaním ako dôsledok vzájomného pohybu nástroja s obrobkom. Spomínané mechanické vlastnosti podobne, ako tie geometrické, značne ovplyvňujú funkčné vlastnosti povrchu. Mechanické vlastnosti povrchu sa chápu ako povrchové vrstvy určitej hrúbky, čo v praxi hodnotí technológia merania tvrdosti. Tvrdosť sa chápe, ako mechanická vlastnosť materiálu, ktorá závisí od povrchových vlastností skúšaného materiálu, prostredia a podmienok, v ktorých sa materiál testuje.



Obr. 7 Základné pojmy geometrie povrchu [18]

2.1.2 Možné poškodenia povrchu materiálu [18], [29], [36]

Konštrukčné materiály rôznych výrobkov sú vystavované rôznym druhom namáhania, či už pri svojej výrobe, alebo počas svojho funkčného obdobia. Okrem mechanického namáhania, sú pomerne často znehodnocované agresívnym prostredím, vysokými teplotami a vzájomnou interakciou funkčných plôch. Práve tieto tri príčiny, okrem mechanického namáhania sú predmetom tejto podkapitoly. Spomínané nepriaznivé podmienky môžu viesť, k nepríjemnému porušeniu a degradácii povrchovej vrstvy alebo povlaku materiálu. Vo výsledku to spôsobí zníženie životnosti a spoľahlivosti daného výrobku, či celých zariadení. Jednoznačne to neprilepší, ani samotnému vzhľadu daného výrobku, ani následnej predajnosti a spokojnosti zákazníka, ako takej. Medzi najzákladnejšie povrchové znehodnotenia patria:

- korózia – vytvára sa pôsobením okolitého prostredia,
- opotrebenie – vzniká vzájomným pôsobením funkčných povrchov alebo funkčného povrchu a média,
- porušenie povlaku – spôsobené najmä vonkajšími silami a okolitým prostredím, čo vedie k vzniku trhlín alebo odlúpnutiu časti povlaku z materiálu.

A) Korózia [13], [18], [26], [32], [37], [35], [36]

Korózia patrí medzi najznámejšie typy znehodnotenia povrchovej vrstvy daného materiálu pôsobením okolitého prostredia. Patrí sem napríklad vplyv teploty, znečisťujúce látky alebo priame pôsobenie slnečného žiarenia.

Koróziu definujeme ako samovoľne prebiehajúci nezvratný proces, spôsobený chemickým alebo fyzikálnym vplyvom prostredia. V špeciálnych prípadoch koróziu môže vyvolať fyzikálne rozpúšťanie alebo vyparovanie. Samotná korózia predstavuje súhrn fyzikálno-chemických dejov, ktorých konečným výsledkom je čiastočné alebo úplne porušenie kovov a ich povrchových úprav. Jedná sa o fyzikálno-chemickú interakciu medzi prostredím a materiálom podľa medzinárodnej normy ČSN EN ISO 8044 z roku 2016. Pri fyzikálnom pôsobení korózneho prostredia dochádza k fyzikálnemu pôsobeniu prostredia, čo predstavuje napríklad koróziu roztavenými kovmi alebo odparovanie. Naopak pri pôsobení chemickom, dochádza k chemickej reakcii materiálu a povrchovej vrstvy s prostredím. Tento druh povrchového znehodnotenia je reprezentovaný ako samovoľný dej preto, lebo kov má tendenciu dostať sa do termodynamicky stabilného stavu, respektíve do stavu prirodzeného, v akom sa vyskytuje v prírode.

V tom to prípade sa korózia prejaví zmenou vzhľadu povrchovej vrstvy, zmenou fyzikálnych vlastností, zmenou mikrogeometrie povrchu, ale aj poklesom mechanických vlastností.

Korózia, ako taká, sa však môže podieľať aj na znečistení prostredia, v ktorom dochádza k procesu vzniku. Medzi typické znečistenie patrí znečistenie vody, pôdy, potravín, ľudského tela a mnoho ďalších. Korózia sa preto zaraďuje k najobávanejším znehodnoteniam.

Rozdelenie korózie je pomerne komplikované, nakoľko existuje mnoho rôznych hľadísk a pohľadov na samotné rozdelenie. Medzi najzákladnejšie kritéria, podľa ktorých je korózia triedená, patrí vzhľad, miesto vzniku, okolité prostredie, druh materiálu, príčina a mechanizmus vzniku, vid' príloha 1. V praxi patrí medzi najrozšírenejšie rozdelenie práve kritérium korózie podľa mechanizmu vzniku, ktoré následne vedie k novým špecifickým deleniam.

B) Opotrebenie [11], [18], [30]

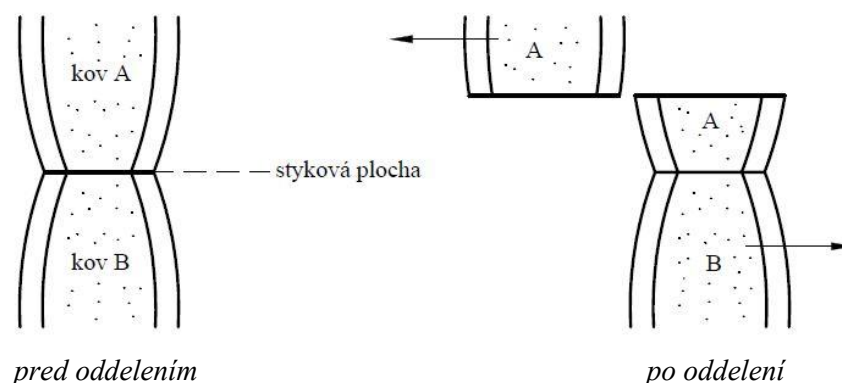
Opotrebenie je druh znehodnotenia povrchovej vrstvy materiálu, ktoré vzniká pri vzájomnej interakcii a relatívnom pohybe telesa, respektíve funkčného povrchu a média, ktoré spôsobuje dané opotrebenie.

Pri opotrebení vzniká nežiaduca zmena povrchovej vrstvy alebo zmena samotných rozmerov tuhých telies, čo definuje norma STN 01 5050. V niektorých prípadoch to môže viesť aj k zmenšovaniu prierezov v nebezpečných miestach danej súčasti. Toto povrchové znehodnotenie sa prejavuje tým, že dochádza k odstraňovaniu a následnému premiestňovaniu opotrebovanej časti povrchu materiálu mechanickými účinkami, ktoré sú často sprevádzané elektrickými, chemickými a fyzikálnymi vplyvmi. Opotrebenie je veľmi zložitý dej, ktorý je významne ovplyvňovaný niekoľkými faktormi. Medzi ten najbežnejší faktor patrí trenie, ktoré je vyvolané práve vzájomným dotykom.

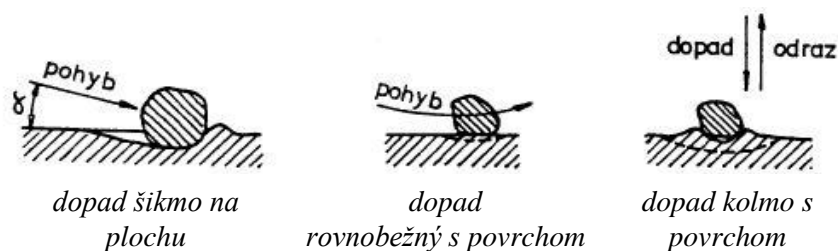
Rozdelenie je opäť, ako pri korózií veľmi rôznorodé, no najpriateľnejšie je delenie podľa Buckleyho na šesť základných druhov:

- adhezívne, vid' obrázok 8,
- abrazívne,
- erozívne, vid' obrázok 9,
- kavitačné,
- únavové,
- vibračné.

Opotrebenie ovplyvňuje v značnej miere životnosť, ale aj spoľahlivosť povrchu materiálu, čo spôsobuje navýšenie nákladov pri údržbe, opravách, a samozrejme renováciách daných výrobkov. V praxi je kladený pomerne veľký dôraz na ochranu povrchu pred samotným znehodnotením povrchovej vrstvy materiálu.



Obr. 8 Princíp vzniku adhezívneho opotrebenia [30]



Obr. 9 Princíp vzniku rozdielnych mechanizmov erozívneho opotrebenia pri jednotlivých dopadoch [18]

C) Porušenie povlaku [13], [15], [18], [29]

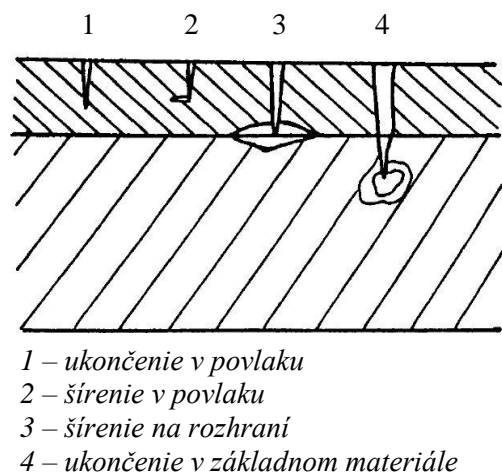
Povlaky sa zámerne vytvárajú na povrchu materiálu, aby sa zaručilo zvýšenie požadovaných vlastností výrobku a práve ich porušenie býva veľmi nepríjemné a nežiaduce, nakoľko povlak spolu aj s povrchom základného materiálu býva v praxi namáhaný vonkajšími mechanickými silami, rôznymi pnutiami, nežiaducimi teplotnými zmenami, ale aj zmenami okolitého prostredia. Pri porušení povlaku vznikajú povrchové trhliny a dochádza ku odlúpnutiu časti povrchu spolu s ochranným povlakom.

Z hľadiska mechaniky sa povrchové vrstvy s povlakmi chápu ako kompozity (dve alebo viac substancií s rozličnými vlastnosťami), ktoré sú zaťažované a následne vytvárajú plastické a elastické deformácie, ako pri povrchovej vrstve, tak aj pri povlaku. Prekročením medzných limitov dochádza ku vzniku identifikovateľných zmien vo forme trhlín, k popraskaniu a následnému čiastočnému odlúpnutiu povlaku.

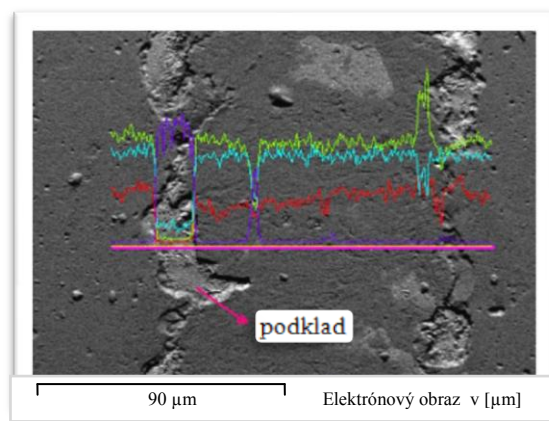
Vznik trhliny môže byť buď v smere kolmo na povrch alebo v časti plochy, kde je povlak spojený s povrchom materiálu. V povlaku sa môže vyskytovať veľký počet trhlín, pričom ich množstvo, orientácia a hustota závisia na zaťažení, zbytkovom pnutí a hrúbke povlaku. Šírenie trhliny prebieha celou hrúbkou povlaku veľmi rýchlo, z počiatku však nie je ovplyvňovaná povrchom základného materiálu, vid' obrázok 10.

Popri vlastnostiach samotného povlaku je dôležitá aj jeho odolnosť voči porušeniu. Odolnosť povlaku je určovaná predovšetkým z typu a zloženia, ale aj z hrúbky a štruktúry povlaku. V neposlednom rade odolnosť závisí aj na kvalite spojenia povrchovej vrstvy a povlaku, spôsobu namáhania a veľkosti pnutia.

Charakter povlaku materiálu má veľký vplyv na mechanické a technologické vlastnosti danej súčasti a preto by sa jeho porušenie nemalo brať na ľahkú váhu. Ukážka porušenia integrity, vid' obrázok 11.



Obr. 10 Šírenia trhliny v povlaku [18]



Obr. 11 Porušenie integrity (celistvosti) povlaku CrTiN pri 17-25 N [15]

2.1.3 Základy protikoróznei ochrany materiálu [13], [18], [36]

Samotná ochrana povrchu materiálu je v dnešnej dobe veľmi rôznorodá a je možné si vybrať hneď z niekoľkých možností. Medzi tie najbežnejšie patrí pokovovanie (termické, elektrochemické, mechanické), smaltovanie, rôzne druhy povlakov (kovové, zliatinové, kompozitné), špeciálne náterové hmoty a v neposlednom rade aj chemická úprava povrchu. Všetky spomínané technológie sa snažia dosiahnuť, čo najvyšší stupeň ochrany pre daný povrch materiálu.

Problém nastáva pri otázke ochrany povrchu materiálu pred koróziou. Samotná voľba vhodnej protikoróznei ochrany je pomerne zložitý proces a spôsobuje problém, ako technického, tak aj ekonomického charakteru. V praxi sa často využíva analógia, respektíve skúsenosť s predošlou voľbou ochrany pre iný povrch materiálu. Ak nemáme takúto možnosť, určenie vhodnej ochrany nejde presne stanoviť. Na druhej strane, prihliadnutie k jednotlivým činiteľom a faktorom, ako sú napríklad požadovaný stupeň ochrany, požadovaná životnosť, budúce korózne prostredie, možnosti údržby a optimálne náklady, nám zaručia pomerne komplexný pohľad na daný problém, čo vedie k voľbe pomerne kvalitnej a spoľahlivej protikoróznei ochrane. Medzi najbežnejšie spôsoby ochrany proti koróznemu napadnutiu povrchovej vrstvy patrí:

- voľba materiálu,
- úprava korózneho prostredia,
- ochranné povlaky,
- elektrochemická ochrana.

A) Voľba materiálu [2], [13], [16], [18], [22], [36]

Pri voľbe materiálu z hľadiska protikoróznei ochrany je dôležité dbať hlavne na typ prostredia a samozrejme požadovanú dĺžku životnosti. Materiál by mal mať dostatočnú vlastnú odolnosť, a to aj voči agresívnejším prostrediam. Pre vhodnú voľbu materiálu existuje celý rad databáz ako pre konkrétny materiál, tak aj pre korózne prostredie. Databáza sa väčšinou uvádza v korózných zborníkoch a jednou z najznámejších firiem zaoberajúcou sa práve laboratórnymi koróznymi testami je spoločnosť Bibus SK s.r.o. V zborníkoch sa nachádzajú kvantitatívne údaje o rýchlosti korózie vzhľadom ku koncentráciám v percentách a ku teplote média v stupňoch Celzia. Údaje spravidla predstavujú jednotlivé odolnosti materiálov v základných anorganických kyselinách a podľa toho bývajú neskôr posudzované voči koróznemu prostrediu v súlade s pevnosťnými požiadavkami. Spomínaná korózna rýchlosť sa uvádza ako úbytok časti materiálu za určité obdobie, väčšinou to býva za jeden rok (mm/rok). Nakoľko sa korózie v praxi nedá úplne zbaviť, je zavedený pojem technicky prijateľnej intenzity korózie, pri ktorej z dlhodobého hľadiska nedochádza ku negatívnym zmenám vlastností materiálu alebo zhoršeniu požadovaných parametrov. Pri určení koróznei odolnosti sa pohybujeme v rozmedzí štyroch stupňoch, vid' tabuľka 1. Dosiahnuť absolútnu odolnosť materiálu voči koróziám je prakticky nemožné a preto sú pri voľbe materiálu spomínané funkčné požiadavky veľmi dôležité. V neposlednom rade existuje hľadisko dosiahnutia, čo možno najmenej kontaminácie prostredia koróznymi produktmi, napríklad kovového implantátu v ľudskom tele.

Tab. 1 Protikorózne odolnosti materiálov v rozličných prostrediach [13], [22].

Typ prostredia	Zliatiny medi	Oceľ	Nikel	Titán
Kyselina sírová	2	2	1	1
Kyselina soľná	2	1	1	1
Kyselina dusičná	2	1	2	1
Atmosféra	0	1	0	0

- klasifikačné číslo 0 predstavuje veľmi dobrú koróznú odolnosť pri úbytku hrúbky < 0,11 mm/rok
- klasifikačné číslo 1 predstavuje dobrú koróznú odolnosť pri úbytku hrúbky 0,11 – 0,10 mm/rok
- klasifikačné číslo 2 predstavuje slabšiu koróznú odolnosť pri úbytku hrúbky 0,10 – 3,00 mm/rok
- klasifikačné číslo 3 predstavuje neprijateľnú koróznú odolnosť pri úbytku hrúbky > 0,30 mm/rok

B) Úprava korózneho prostredia [2], [13], [18], [36]

Korózne poškodenie povrchu materiálu značne závisí na vlastnostiach prostredia, v ktorom sa daný výrobok nachádza. Odstraňovanie, respektíve znižovanie korózneho agresivity prostredia je možné upraviť nasledovnými spôsobmi:

- znížením teploty a rýchlosti prúdenia, znížením relatívnej vlhkosti vyhrievaním,
- využitím vysušadiel v spojení so vzduchotesným balením (napríklad Silikagel),
- pridaním inhibítorov spomaľujúcich chemickú reakciu (tlmenie korózných účinkov),
- odstránením činiteľov zvyšujúcich agresivitu (napríklad oxid uhličitý, kyslík).

Veľmi rozšíreným spôsobom úpravy prostredia je aplikácia inhibítorov korózie. Inhibítory sú látky, ktoré v malých množstvách chránia povrch materiálu tým, že cielene menia vlastnosti fázového prostredia a výrazne brzdia proces korózie rôznymi mechanizmami. Jedná sa o vzájomnú reakciu povrchovej vrstvy s inhibítormi v koróznom prostredí, kde inhibítor pasivuje povrch kovu svojimi oxidačnými účinkami, čo vedie k vzniku tenkého filmu prvkú, ktorý svojimi vlastnosťami výrazne zníži rýchlosť korózie.

V technickej praxi sa najviac stretávame s inhibítormi atmosférickej korózie, ktoré dokonale chránia oceľ. Typickým reprezentantom inhibítora je dusitan sodný. Jedná sa o druh pasívneho inhibítora. Anorganické inhibítory sú veľmi účinné v neutrálnych a zásaditých prostrediach.

C) Ochranné povlaky [16], [13], [18], [36], [38]

Povlaky patria medzi najrozšírenejšie a najvýznamnejšie metódy protikorózneho ochrany, ktorými sa dosahuje úplne nových, dokonalejších vlastností povrchu materiálu. Je dôležité aby bol povrch materiálu, kam sa aplikuje ochranná vrstva, respektíve povlak mechanicky vyhovujúci, čo znamená, že sa musia odstrániť nečistoty a korózne produkty, povrch musí byť dokonale odmastený a disponovať požadovanou drsnosťou.

Príkladom pomerne častej aplikácie ochranného povlaku je oceľ. Ochranné povlaky môžeme podľa ich chemickej povahy rozdeliť nasledovne:

- organické – 70 % zastúpenie, z hľadiska veľkosti chránenej plochy),
- kovové – 20 % zastúpenie, z hľadiska veľkosti chránenej plochy),
- anorganické – 10 % zastúpenie, z hľadiska veľkosti chránenej plochy).

2.1.4 Požiadavky na povrch materiálu pred nanášaním vrstvy laku [1], [6], [13]

Pred tým ako sa vôbec začne riešiť otázka voľby povrchovej predúpravy a náterovej hmoty je dôležité, aby sa dodržali určité požiadavky na povrch materiálu. Tieto štandardy nám zaručia spoľahlivú príľnavosť a dlhodobú životnosť nového laku, kvalitnú odolnosť voči koróziám a v neposlednom rade aj ideálny vzhľad finálneho povrchu, ktorý závisí na kvalitne prevedenom opracovaní povrchovej vrstvy.

Spomínaný komplexný súbor požiadaviek na povrchovú vrstvu ide pomerne ťažko zovšeobecniť, nakoľko je vždy jedinečný a závislý na predbežných prevádzkových podmienkach. Nesprávne zadefinovanie požiadaviek, vedie k zlej voľbe povrchovej predúpravy a následnému poklesu akosti finálneho povrchu. V praxi to spôsobí spomalenie celého procesu, nakoľko kvalita nasledujúceho technologického postupu je priamo úmerná kvalite predošlého postupu.

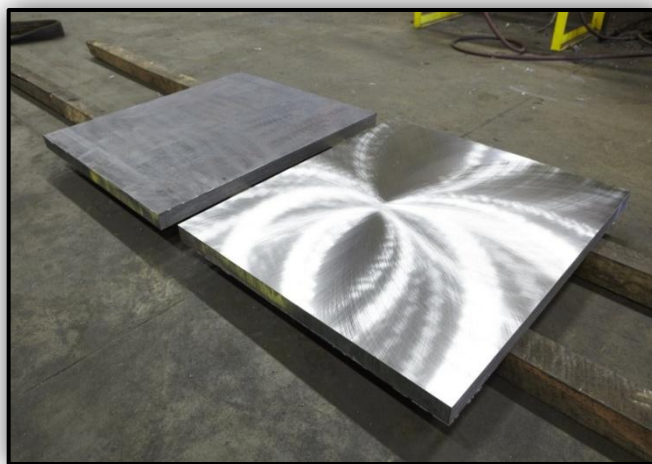
Tab. 2 Základné požiadavky na povrchovú vrstvu materiálu pred samotným lakovaním.

1.	Odolnosť voči koróziám – odstránenie korózných porušení a ošetrovanie pred opätovným vznikom
2.	Životnosť povrchu – predstavuje odolnosť voči opotrebovaniu
3.	Dokonale čistý povrch – zbavenie sa masnôt, nečistôt, nerovností a starej náterovej hmoty
4.	Ideálne zdrsnený povrch – jemne zdrsnený povrch zaručí kvalitnú a spoľahlivú príľnavosť

Tabuľka 2 reprezentuje všeobecné rozdelenie požiadaviek na daný povrch materiálu pred nanášaním novej vrstvy, pričom záleží na veľkom množstve faktorov, ako sú konkrétne použitie, možnosti technológií povrchových predúprav, technológií nanášania náterových hmôt a už spomínané spôsoby a miesta prevádzky daného komponentu.

Špeciálne prípady, medzi ktoré patrí napríklad finálny povrch s elektromagnetickými vlastnosťami, si vyžaduje jedinečný prístup, respektíve zvláštnu voľbu spôsobu technológie predúpravy a typu náterovej hmoty.

Samotná analýza povrchu po povrchovej predúprave, respektíve pred nanášaním nového laku prebieha väčšinou bez špeciálnej techniky. Skontroluje sa požadovaná kvalita povrchu, obvykle dotykom. Okrem tejto bežnej kontroly sa v praxi kontroluje aj lesklosť starej náterovej hmoty, čo naznačuje jej zlé odstránenie. Na druhej strane sa musí rozlišovať lesklosť zle opracovaného povrchu od lesklosti základného materiálu, ktorý naopak naznačuje kvalitne prevedenú povrchovú predúpravu, vid' obrázok 12.



- povrch na ľavo nie je vhodný na nanášanie laku
- povrch na pravo je vhodný na nanášanie laku

Obr. 12 Povrch materiálu pred a po povrchovej predúprave vodorovnou brúskou [6]

2.2 Možnosti povrchových úprav [1], [13], [18]

Úspešné vyriešenie povrchových úprav a ochrany materiálu vedie k presnému vymedzeniu všetkých technických, ekonomických aj ekologických kritérií a faktorov charakterizujúcich daný problém. Tab. 3 predstavuje základný prehľad kritérií, ktoré sa zohľadňujú pri voľbách jednotlivých procesov. Každá situácia je však jedinečná, a preto sa jedná o veľmi obecný prehľad.

Tab. 3 Základné rozdelenie kritérií povrchových úprav [18].

A	Technické kritéria	vlastnosti a parametre povrchu
		životnosť povlaku resp. výrobku
		požiadavky parametrov akosti
		nároky na údržbu
B	Technicko-ekonomické kritéria	energetická náročnosť výroby
		závislosť na surovinách
		predajnosť
		požiadavky na spoluprácu
C	Ekologické kritéria	recyklovateľnosť výrobku
		ekologická výroba
		eliminácia odpadov
		spracovanie odpadov

V praxi je veľmi dôležité zohľadňovať technické a ekonomické kritéria, z dôvodu kladených požiadaviek na povrch materiálu, s čím súvisí výsledná kvalita výrobku. Rovnaká dôležitosť je kladená aj na ekologické kritérium, nakoľko znižujúce sa zásoby surovín a pokračujúce energetické problémy nútia aj obor povrchových úprav úsporne a ekologicky myslieť a pracovať. Uvedomenie si ekologických dôsledkov má v dnešnej dobe zásadný vplyv na vývoj jednotlivých technológií povrchových úprav, čo vedie k navrhovaniu nových technologických postupov s tendenciou uplatniť myšlienku maximálnej šetrnosti k životnému prostrediu. Medzi spomínané technológie patrí napríklad biologické čistenie dielov, ekologické odmasťovanie alebo zariadenia na zbieranie vyplaveného oleja, ako sú napríklad diskový zberač a zberač pásový.

Možnosti povrchových úprav sa rozdeľujú podľa účelu využitia alebo podľa využitého procesu. Podľa účelu, ktorému proces slúži sú známe čistiace a predúpravňovacie operácie, ktoré odstraňujú staré povrchové vrstvy a nečistoty. Ďalej sem patria vlastné pokovovanie, ktoré súvisí s nanášaním ochranných povlakov, úpravy zvyšujúce odolnosť voči korózii a dodatočné, respektíve dokončovacie operácie upravujúce finálny stav povrchovej vrstvy. Rozdelenie podľa použitého procesu reprezentujú mechanické úpravy, chemické úpravy a veľmi dôležité organické ochranné povlaky, väčšinou tvorené z náterových hmôt. Patria sem aj menej časté elektrochemické úpravy, využívajúce elektrický prúd v elektrolyte a úpravy povrchu tepelnou energiou.

Voľba vhodnej povrchovej úpravy je sprevádzaná komplexnou analýzou povrchu materiálu, budúcej oblasti a prostredia využitia daného výrobku a v neposlednom rade aj analýzou vyčlenených nákladov na dané technické riešenie. Je dôležité, aby nedochádzalo k chybám, v dôsledku zle navrhutej technológie povrchovej úpravy, nakoľko ich následne odstránenie je v praxi veľmi neproduktívne, technologicky a materiálne náročné. Z tohto dôvodu sa v reálnom procese pomerne často stretávame so spätnou kontrolou celého procesu s ohľadom na požiadavky daného povrchu.

2.2.1 Mechanické povrchové predúpravy [13], [21], [35], [36]

Predbežnou úpravou, respektíve predúpravou sa rozumie ten druh úpravy, ktorý sa uskutočňuje pred ďalšími možnými povrchovými úpravami. Výsledná kvalita a životnosť povrchovej úpravy materiálu úzko súvisí s predúpravnými operáciami. Práve mechanické predúpravy patria k tým najpoužívanejším.

Účelom mechanických predúprav je odstránenie zvyškov z pôvodných povrchových úprav a odstránenie povrchových nečistôt, ako sú napríklad zvyšky pást a mastnôt. Veľmi dôležitou súčasťou je proces očistenia povrchu materiálu od korózných produktov a následného vytvorenia podmienok pre zvýšenie odolnosti voči opätovnému vzniku, kvalitné uchytenie nového povlaku, zachovanie pórovitosti so zreteľom na celistvosť povrchu, dosiahnutie tvaru povrchu odpovedajúceho konečnému vzhľadu a v určitých prípadoch pre možné zlepšenie mechanických vlastností povrchu, čo predstavuje napríklad zvýšenie povrchovej pevnosti.

Konkrétne požiadavky na povrch sa dosahujú rôznymi typmi mechanických predúprav. Patria sem napríklad tryskanie, brúsenie, kartáčovanie, a v rámci dokončovacieho procesu, leštenie povrchovej vrstvy materiálu. Každou zo spomínaných metód sa dosahuje špecifických drsností povrchu a preto voľba konkrétnej metódy by mala byť zvolená po komplexnom rozbere povrchu a vopred určeného spôsobu nanášania novej povrchovej vrstvy.

A) Tryskanie [5], [7], [12], [13], [18], [21], [23], [31], [35], [39]

Tryskanie, známe aj pod pojmom pieskovanie alebo otryskávanie, patrí medzi druh mechanického opracovania povrchovej vrstvy, pri ktorom sa prúd brusiva vrhá, respektíve tryská veľkou rýchlosťou na povrch daného materiálu. Vo svojej podstate sa jedná o abrazívne čistenie povrchu materiálu, pri ktorom nedochádza k zmene tvaru danej súčasti. Charakter povrchu je daný väčšinou tvarom použitého zrna, no obecné má povrch charakter neorientovaného, skoro izotropného povrchu. Vlastnosti povrchu záležia aj na druhu, hmotnosti a kinetickej energii zrna.

Hlavnými účelmi otryskávania sú:

- precízne odstránenie starých povlakov a korózných poškodení,
- vytvorenie optimálnej drsnosti povrchu so zreteľom na príľnavosť povlaku.

Pri tryskaní väčšinou dochádza k plastickej deformácii, spolu so zvýšenými napätím v povrchových vrstvách. Pri spomínanej plastickej deformácii dochádza k vzniku plastického toku v povrchu materiálu, čo vedie k následnému spevneniu povrchovej vrstvy.

Významným činiteľom ovplyvňujúcim výsledný povrch je práve tvar tryskaného zrna, kde pri jeho guľatom tvare dochádza z časti k zatlačovaniu nečistôt do povrchu materiálu a naopak pri zrnách s ostrými hranami dochádza k spojeniu zrn s povrchovou vrstvou a vytvorenie malých, povrchových kráterov. Guľaté tvary zrn síce zaručia spevnenie povrchu a zvýšia odolnosť proti korózií, no nečistoty zatlačené v povrchu spôsobujú nekvalitné zakotvenie povlaku. Ostré zrná efektívne odstraňujú častice kovu a čistia povrch materiálu, čo vedie k výsledku dokonale zdrsneného povrchu, pripraveného na možné nanášanie nového povlaku. Pri tryskaní pomocou suspenzie vody a brusiva, sa znižuje účinok samotného procesu a preto sa radí táto technológia do dokončovacích procesov, nakoľko sa pri vyhladzovaní dosahuje drsnosť až 0,2 μm .

Pohybová energia tryskaných zrn je dodávaná vysokotlakovými zariadeniami, pričom sa na základe spôsobu dodávania energie rozdeľuje otryskávanie na:

- tryskanie vzduchom – tryskanie abrazíva pod tlakom na povrch materiálu,
- tryskanie vrhaním – abrazivo je pomocou lopatiek tryskané na daný povrch,
- tryskanie vodou – vysokotlakové tryskanie povrchovej vrstvy vodným paprskom,
- tryskanie kombinované – vyhladzovanie povrchu kombináciou vody a brusiva.

Tryskací materiál sa väčšinou volí podľa druhu a hrúbky opracovaného povrchu materiálu, stupňa možného znečistenia prostredia a charakteru ďalšej povrchovej úpravy. Pri mäkkších povrchoch volíme spôsob otryskavania menšími tlakmi a voľbou jemnejších zŕn, naopak pri pevnejších povrchoch volíme hrubozrnné abrazíva a vyššie tlaky. Jednou z ďalších možných regulácií spôsobu otryskavania je zmena uhľu alebo vzdialenosti dýzy od daného povrchu.

Tryskacie médium, je definované ako nástroj technológie tryskania, kde médium predstavuje polydisperzný materiál. V praxi sa najviac využíva abrazív, ktoré možno vidieť v tabuľke 4.

Tab. 4 Základné druhy tryskacieho média [21], [23], [31], [39].

TYP ABRAZÍVA	VÝHODY	NEVÝHODY	ZARIADENIA
Kremičitý piesok	ostrohranné zrná, cena, slušný úber materiálu	nadmerná trieštivosť, prašnosť môže spôsobiť silikózu pľúc	dýzové tryskacie zariadenia
Oceľová drť (grit)	vysoká trvanlivosť, vyššia schopnosť úberu, vysoká tvrdosť	vysoké opotrebovanie vrhacích zariadení, cena	tlakovzdušné tryskacie boxy
Oceľové granule (shot)	jemná štruktúra, odrazová pružnosť, optimálne náklady	niektoré časti povrchu jemne odtlačené od abrazíva	zariadenia s vrhacími kolesami
Korund (oxid hlinitý)	nízka prašnosť, ostré zrno, trvanlivosť, recyklácia, tvrdosť	veľmi agresívny tryskací materiál	injektorové tryskacie kabíny
Sklenené mikrogulôčky	nízka drsnosť, šetrnosť povrchu, využitie na jemné leštenie nereze	menší úber povrchovej vrstvy	uzavreté tryskacie boxy s recykláciou

V dnešnej dobe sa upustilo od média pieskového charakteru, nakoľko manipulácia, respektíve vdychovanie čiastočiek piesku bolo zdraviu škodlivé. Pre prípadné zavedenie tejto technológií, je nutný odborný súhlas hygienika.

Tryskacie zariadenia sa štandardne rozdeľujú na tlakovzdušné a mechanické zariadenia, pričom sa jedná o tryskanie za sucha.

Reprezentanti tlakovzdušných zariadení sú:

- injektorové zariadenia – abrazívo je do vzduchu pridávané podtlakom spôsobeným vzduchovou dýzou. Jedná sa hlavne o tryskacie boxy so vzduchovým tryskačom, viď obrázok 15,
- tlakové zariadenia – abrazívo vháňané do hadice pod vysokým tlakom, ktorá je zakončená dýzou, pričom sa dané médium urýchľuje až na rýchlosť 45 m.s^{-1} . Možné využitie rôznych druhov abrazív. Patrí sem napríklad voľný ručný tryskač, viď obrázok 13.



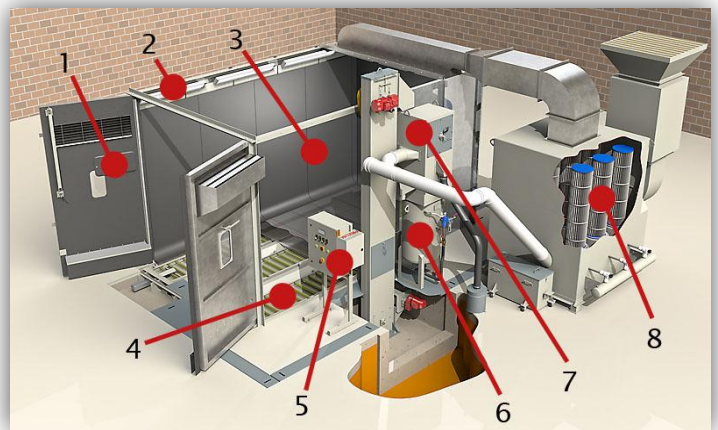
Obr. 13 Ručné tryskacie zariadenie [12]

Medzi mechanické zariadenia patria:

- mobilné a pevné zariadenia – abrazívo je gravitačnou silou privedené na lopatky vrhacích kolies, kde je následne urýchlené odstredivou silou vrhacej jednotky a vystrelené smerom na daný povrch. Typickými predstaviteľmi zariadení sú kabínové stroje a bubnové vrhacie zariadenia, viď obrázok 14 .V praxi bývajú tieto zariadenia plne automatizované, prostredníctvom dopravného pásu alebo mobilného závesného lana, respektíve háku.



Obr. 14 Bubnové zariadenie s vrhacou jednotkou [7]



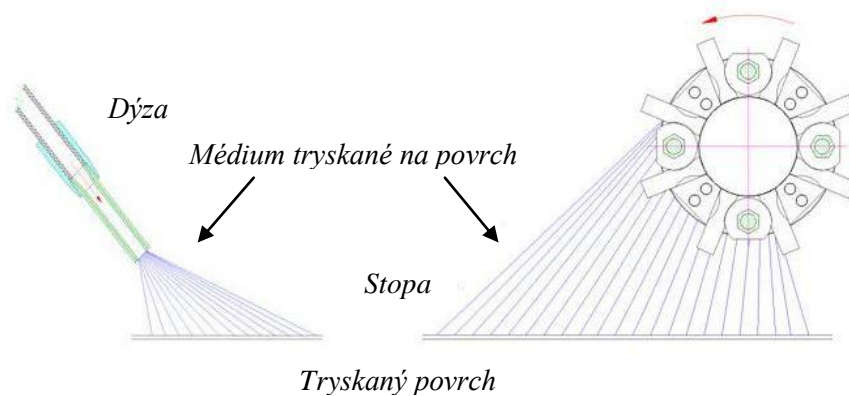
1 - dvere, 2 - svetlo, 3 - pracovná komora, 4 - dopravník abrazíva, 5 - ovládací panel, 6 - samotný trieskač, 7 - čistič abrazíva/zasobník, 8 – ventilačný systém

Obr. 15 Kompletný trieskací box [5]

Pri trieskaní vzduchom má samotná dýza ďaleko menší rozsah úberu opracovania povrchovej vrstvy ako má trieskanie pomocou zariadenia s vrhacími kolesami, vid' obrázok 16.

Tlakovzdušné zariadenie

Vrhacie kolo s lopatkami



Obr. 16 Porovnanie rozsahov opracovaného povrchu pri konkrétnych zariadeniach [31]

Veľmi dôležitou súčasťou každého zariadenia pri trieskaní za sucha je komponent v dýze, ktorý zabezpečuje, že nosné médium – vzduch, bude bez vlhkosti a olejovitých látok. Pri trieskaní za mokra vlhkosť nevadí, nakoľko je nosným médium práve voda, ktorá vo výsledku znižuje celkovú prašnosť samotného procesu. Tento druh otryskávania je šetrnejší k povrchu, no úber povrchovej vrstvy je o to menší. Patria sem zariadenia využívajúce kombináciu vody a abrazív.

B) Brúsenie, kartáčovanie a leštenie [3], [8], [9], [10], [13], [18], [21], [27], [35], [36]

Brúsenie, ako také, patrí k najstarším technológiám obrábania vôbec. V rámci povrchových predúprav je táto technológia pomerne odlišná od klasického brúsenia, ako druhu obrábania, nakoľko nedochádza k zmenám tvaru danej súčasti. Hlavným účelom je postupné odstránenie povrchových nečistôt, časti korózie a nerovností, čím dosahujeme zjednotenie kvality povrchu daného materiálu. Trenie medzi kotúčom a povrchom má za následok odstránenie časti povrchovej vrstvy od základného materiálu. Tento druh technológie upravuje drsnosť povrchu pričom dbá na zachovanie pôvodného tvaru súčasti. Brúsením obvykle pripravujeme povrch pre kartáčovanie a leštenie.

Pred samotným brúsením je dôležitá analýza povrchu, z dôvodu výberu konkrétneho brúsneho papiera, respektíve stupňa zrnitosti brusiva. Podľa stupňa nerovnosti povrchu sa rozlišuje:

- hrubé brúsenie – suché brúsenie, pri ktorom sa volí stupeň zrnitosti 24 až 100,
- jemné brúsenie – pri brúsení je možné kotúč namazať z dôvodu menších trení a dosiahnutia jemnejšieho povrchu (zrnitosť 120 až 240),
- leštiace brúsenie – povrchové predlešťovanie látkovými kotúčmi, kde sa väčšinou nástroj maže tukovou pastou (zrnitosť 280 až 500).

Pre brúsiace kotúče všeobecne platí, že zrná brusiva sú z tvrdšieho materiálu ako je povrch kovu. Materiál brusiva môže byť napríklad vápenec, korund a pre tvrdšie povrchy diamant. Kotúče delíme na plné brúsne kotúče, segmentované brúsne kotúče a brúsne kamene. Pri brúsení, v rámci povrchových predúprav, sa využívajú hlavne segmentované a plné kotúče, ktoré sú väčšinou plstené, drevené alebo látkové, vid' obrázok 17. Menej časté, no v určitých situáciách efektívnejšie sú brúsne pásy, ktoré sa odlišujú od klasických kotúčov hlavne geometriou a menej častým dotykom brúsneho zariadenia s povrchom, čo súvisí práve s ich vyššou životnosťou.



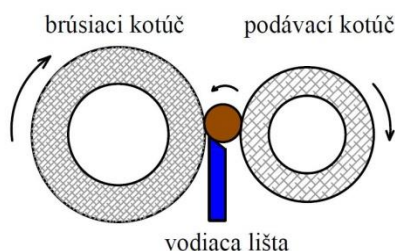
Obr. 17 Rôzne druhy látkových kotúčov [27]

Pri voľbe zariadenia pre brúsenie sú rozhodujúcimi faktormi tvar súčasti, spôsob ďalšej povrchovej úpravy a počet upravovaných súčastí. Nakoľko ručné brúsenie patrí k fyzicky najnáročnejším mechanickým úpravám, je využívanie mechanické zariadenia veľmi užitočné a prospešné. Základné rozdelenie brúsnych zariadení:

- ručné vzduchové brúsky – vhodné pre brúsenie starého laku a tmelu, vid' obrázok 18,
- univerzálne stojanové brúsky – brúsenie rôznych zložitejších súčastí, vid' obrázok 19,
- bezhrotové brúsky – vybrúsenie vonkajších častí trubiek a tyčí, vid' obrázok 20,
- automatizované brúsiace zariadenia – voľba pre sériovo prevedené povrchové úpravy.



Obr. 18 Ručná brúska s vzduchovým odsávaním [8]



Obr. 19 Univerzálna stojanová brúska s ochrannými nástavcami [9]



Obr. 20 Model bezhrotovej brúsky [10]

Ďalšou možnosť povrchovej predúpravy je kartáčovanie, respektíve kefovanie. Základným cieľom je znižovanie drsnosti povrchovej vrstvy a zároveň odstránenie hrubých nečistôt. Vo väčšine prípadov kartáčovanie nasleduje priamo po brúsení, nakoľko je potrebné zbaviť sa možných zvyškov brusiva. Nanášanie brúsnej pasty s obsahom brusiva na kefu nám zaručí efektívnejšie opracovanie povrchu. Kartáčovanie je vo väčšine prípadov ručné, nakoľko nečistoty a zvyšky povrchu už nevykazujú takú vysokú príľnavosť k povrchu. Napriek tomu je tu možnosť aj strojného kartáčovania. Nástroje vhodné pre kartáčovanie sú obvykle drôteného charakteru, menovite napríklad drôtené kartáče, kefy alebo rôzne druhy kotúčov, vid' obrázok 21. Pri elektrolytickom povlakovaní býva kartáčovanie finálnou operáciou a jej prevedenie musí byť o to kvalitnejšie.



Obr. 21 Drôtený kotúč [3]

Medzi najbežnejšiu konečnú predúpravu patrí leštenie povrchu materiálu. V mnohých prípadoch je veľmi ťažké definovať presnú hranicu medzi leštením a brúsením. Základný rozdiel je, že nedochádza k priamemu odberu materiálu z povrchu, no dochádza k vyrovnávaniu nerovností, rýh spôsobených počas predošlých operácií a dokonalému očisteniu povrchu, pripraveného k následnej povrchovej úprave. Pri leštení sa dosahuje extrémne nízkej drsnosti a pomerne vysokého lesku povrchu. Leštenie sa využíva aj ako finálne preleštenie novej povrchovej vrstvy. Ako pri kartáčovaní aj leštenie môže byť sprevádzané nanášaním tuhej pasty na nástroj. Leštiaca pasta je tukového charakteru s obsahom jemne zrnitého brusiva, napríklad oxidu vápenatého alebo hlinitého. Samotná operácia môže opäť prebiehať ručne alebo za pomoci stroja. V praxi sa väčšinou používajú klasické zariadenia na brúsenie, pri ktorých sa prehodí brúsny kotúč za leštiaci, na ktorý sa naniesie tuková pasta. Leštenie prebieha pri vyšších obvodových rýchlostiach zariadenia. Pri finálnom preleštení volíme nižšie rýchlosti a jemnejšie kotúče. Po tejto operácii nastupuje z pravidla dokonalá kontrola povrchu so zreteľom na povrchové požiadavky nasledujúcej povrchovej úpravy.

Nie je pravidlo, že leštenie patrí vždy do finálnych predúprav, nakoľko je niekedy povrch po základnom obrúsení dostatočne pripravený na nanášanie novej povrchovej vrstvy, pričom je veľmi dôležité, aby bol povrch dôkladne zbavený starých odbrúsených častí.

2.2.2 Chemické povrchové predúpravy [13], [18], [21], [35]

Pri tomto druhu povrchovej predúpravy dochádza ku chemickej, respektíve chemicko-fyzikálnej reakcii na povrchu materiálu, čo vedie k značným zmenám fyzikálnych a chemických vlastností povrchovej vrstvy. Vo svojej podstate dochádza k reakcii chemického činidla s nečistotami, ktoré sa nachádzajú na povrchu. Väčšinou sa jedná o prípravu povrchovej vrstvy pred inou finálnou úpravou, napríklad o pokovovanie, nanášanie organických povlakov a odmasťovacích prípravkov. Reálne nie je vylúčená ani možnosť, aby chemická povrchová predúprava bola definitívnym povrchovým riešením.

Spomínané nečistoty chápeme, buď ako mastnoty s obsahom prachu, zvyškov brusiva a brúsnych pást, čo sa väčšinou odstraňuje odmasťovaním, alebo rôzne chemicky viazané nečistoty obsahujúce zvyšky okovín alebo hrdze, ktoré sa buď odstraňujú už spomínaným mechanickým čistením alebo chemickým morením. Požiadavky na čistotu povrchovej vrstvy sú úzko spojené práve s druhom nasledujúcej povrchovej úpravy. Najprísnejšie požiadavky na povrch sú kladené v rámci galvanickej povrchovej úpravy. Pri bežnejšej úprave, ako je napríklad povlakovanie, je požadovaná kvalita oveľa nižšia.

Samotný povrch je po chemickej predúprave pomerne dosť náchylný na korózne napadnutie a preto sa odporúča použiť patričnú protikoróznú ochranu povrchu, ktorú možno docieľiť, napríklad neutralizačným oplachovaním alebo chemickou pasiváciou.

2.2.3 Náterové hmoty [13], [18], [23], [29], [35], [37]

Náterové systémy, inak známe, ako organické povlaky patria medzi najekonomickejšiu a najrozšírenejšiu metódu povrchových úprav. V praxi patrí využívanie náterových technológií k najpoužívanejším druhom, o čom svedčí aj zvýšený záujem firiem v rámci ich efektívneho vývoja a zlepšenia kvality. Nanášanie organických povlakov patrí k najbežnejším finálnym úpravám, po ktorých nasleduje už len jemné preleštenie, a preto sú na danú povrchovú úpravu kladené vysoké požiadavky.

Medzi náterové hmoty patria všetky chemické prípravky, ktoré sa nanášajú na povrchovú vrstvu v kvapalnom, pastovitom alebo práškovom stave a následným stvrdnutím vytvoria na povrchu tenkú súvislú povrchovú vrstvu ochranného a zároveň dekoratívneho charakteru. Orientačne sa hrúbka vrstvy pohybuje v mikrometroch, pričom je v praxi veľmi časté nanášanie niekoľkých vrstiev. Na základe počtu vrstiev sa potom rozdeľujú nátery na jednozložkové a viaczložkové. Ďalej sa delia podľa účelu na:

- vnútorné náterové hmoty – určené pre interiéry, ich odolnosť voči vonkajším činiteľom (slnečné žiarenie) je veľmi nízka,
- vonkajšie náterové hmoty – vhodné pre vonkajšie použitie, ich odolnosť voči vonkajšiemu prostrediu (dážď, vlhkosť) je vysoká,
- špeciálne náterové hmoty – hmoty odolné napríklad proti pôsobeniu kyselín.

Druhé základné rozdelenie predstavuje rozdelenie podľa použitia a poradia nanášania náteru:

- impregnačné hmoty – používajú sa na napúšťanie podkladov so zvýšeným charakterom nasávania, napr. drevo, betón, alebo papier,
- tmely (vyrovnávacie hmoty) – používané na vyrovnanie povrchových nerovností pred nanášaním náteru, tmely sú pastovitého charakteru,
- základné farby – predstavujú základnú vrstvu, respektíve prvý náter v náterovom systéme, volí sa podľa druhu konečného náteru,
- podkladové hmoty – používané na prípravu vrstvy medzi základovým a finálnym náterom,
- povrchové hmoty – jedná sa o finálnu vrstvu v rámci náterového systému, stupeň kvality dekoratívnosti finálneho povrchu je vždy špecifický, kde najkvalitnejšou variantou je voľba emailu, vyznačujúceho sa vysokým stupňom lesklosti,
- maskovacie hmoty – patria sem hmoty, ktoré sú používané na maskovacie účely, vo väčšine prípadoch sa nanášajú na samotné povrchové hmoty.

Podľa podmienok potrebných na kvalitné zasychanie náterovej hmoty sú známe hmoty dobre schnúce na vzduchu (20 °C), vhodné k prisúšaniu (20 °C až 80 °C), vypaľovacie hmoty (80 °C až 200 °C), hmoty vytvrdzované žiarením a tuhnúce hmoty (tuhne roztavený materiál).

Veľmi dôležitým faktorom je druh použitého spojiva v náterovej hmote. Najpoužívanejšie druhy sú asfaltové, olejové, polyuretánové, syntetické a polyesterové. Podľa toho aký druh spojiva bol použitý, označujú výrobcovia svoje nátery na základe normy ČSN EN ISO 9514. Z dôvodu zjednodušenia výberu vhodného odtieňu náterovej hmoty, sa používalo označenie ČSN 67 3067. V dnešnej dobe sa však prešlo na štandardy podľa vzorkovníku farebných odtieňov RAL, nakoľko sa jedná o komplexnejší a rôznorodejší výber. Napriek tomu je tu stále možnosť stretnúť sa s označením farebných odtieňov podľa starších noriem, viď tabuľka 5 a 6. V oboch spomínaných vzorkovníkoch platí, že označenie základnej a podkladovej hmoty sa líši od povrchového typu náteru tým, že začína vždy nulou (napríklad 0200 – môže reprezentovať základnú farbu, podkladovú farbu alebo tmel). Spomínaná norma RAL patrí medzi najpoužívanejšie v európskych krajinách, no po celom svete sa používa niekoľko iných druhov označení. V špecifických prípadoch, ako je napríklad farba určená na tlač sa používajú špeciálne druhy označení (napríklad PANTONE P 115-5 U).

Tab. 5 Prehľad značenia základných odtieňov podľa RAL a ČSN 67 3067 [13], [18], [35].

OZNAČENIE ŠKÁLY	ČSN 67 3067	RAL
0000 – 0999	bezfarebné odtiene	
1000 – 1999	sivé, biele až čierne odtiene	žlté odtiene
2000 – 2999	hnedé odtiene	oranžové odtiene
3000 – 3999	fialové odtiene	červené odtiene
4000 – 4999	modré odtiene	fialové odtiene
5000 – 5999	zelené odtiene	modré odtiene
6000 – 6999	žlté odtiene	zelené odtiene
7000 – 7999	oranžové odtiene	šedé odtiene
8000 – 8999	červené odtiene	hnedé odtiene
9000 – 9999	ostatné odtiene	biele až čierne odtiene

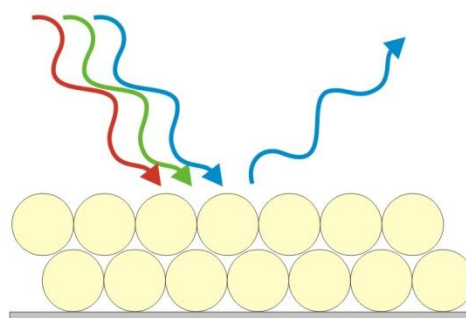
- podľa vzorkovníku RAL si je možné vybrať okolo 190 rôznych odtieňov

- podľa vzorkovníku STN 67 3067 je tu možnosť výberu približne 53 rôznych odtieňov

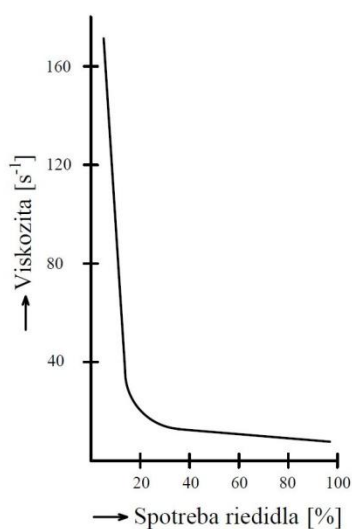
Tab. 6 Prevod vybraných odtieňov z normy ČSN 67 3067 do RAL [18].

ČSN 67 3067	RAL
2260	8023
3110	4009
8160	2002
1485	7021

Medzi základné zložky náterových hmôt patria spojivá, pigmenty, plnivá, prchavé zložky a neposlednom rade aditíva. Spojivá tvoria jednu z najpodstatnejších častí náterov, nakoľko vplyvajú na odolnosť, lesk, priľnavosť, ohybnosť, tvrdosť a samozrejme životnosť samotného filmu. Väčšinou sú neprchavého organického charakteru. Sami o sebe sú schopné zaschnúť a spolu s prchavými zložkami vytvoriť základný lak. Do tejto skupiny patria aj zmäkčovadla, ktoré slúžia na upravovanie spojív, tak aby daný náter získal požadované vlastnosti. Pigmenty zaručujú daným náterovým hmotám požadovaný farebný odtieň a kryciu schopnosť. Vo svojej podstate sú pigmenty farebné prášky nerozpustné v spojivách a rozpúšťadlách. Výsledná farba pigmentu je daná počtom odrazených lúčov svetla, vid' obrázok 22. Kostru náterových hmôt tvoria plnivá. Plnivá sú nerozpustné, práškové látky minerálneho charakteru. Sú väčšinou nerozpustné v spojivách. Vhodne prispievajú k úprave mechanických vlastností náterov, napríklad zabraňujú k porušeniu geometrie filmu po zaschnutí. Medzi prchavé látky v náteroch patria rozpúšťadla, pomerne často nazývané aj riedidlá. Samotné rozpúšťadlo je organická kvapalina, ktorá slúži na rozpúšťanie spojív. Ich hlavná funkcia je prispieť ku spoľahlivému nanoseniu náteru na povrchovú vrstvu upravením jeho viskozity, vid' obrázok 23. Kombinácia spojív, pigmentov, plnív a prchavých látok býva veľmi zriedkavá, nakoľko dosiahnutie požadovaných vlastností bez pomocných prísad nie je možné. Prísady alebo aditíva sú látky, ktoré podobne ako plnivá pozitívne ovplyvňujú vlastnosti daného filmu, napríklad urýchľujú schnutie filmu alebo zlepšujú dispergáciu.



Obr. 22 Vznik farby pigmentu odrazom vlnových dĺžok svetla [13]



Obr. 23 Vplyv riedidla na viskozitu syntetickej farby S 2013 [35]

Pri voľbe náterových hmôt sa sústreďí hlavne na kritéria ako sú funkcia trvalej, dočasnej ochrany proti korózií, funkcia dekoratívna a ich vzájomná kombinácia. Na základe kvalitne prevedenej povrchovej predúpravy je možnosť nároky na protikoróziu ochranu o niečo znížiť. Kvalitná predúprava nám zaručí dobrú príľnavosť náteru, no samotná príľnavosť okrem toho závisí aj na kvalitne prevedenej technológií nanášania náterovej hmoty.

Spôsoby nanášania náterových hmôt patria k najdôležitejším faktorom vôbec, nakoľko ich správna voľba pozitívne ovplyvní už spomínanú príľnavosť, celkovú kvalitu a životnosť náteru. Základné kritéria pre vhodnú voľbu technológie sú tvar, veľkosť a množstvo výrobkov, požiadavky na kvalitu náteru a jej životnosť, kvalita povrchovej predúpravy pred nanášaním, vlastnosti zvolenej náterovej látky a možnosti použitých technológií, respektíve ich efektívnosť. Medzi najznámejšie technológie patrí natieranie štetcom, valčekovanie, pneumatické a vysokotlakové striekanie povrchu. Spomedzi týchto technológií patrí pneumatické striekanie k najrozšírenejším univerzálnym nanášaniam. Nanášanie prebieha za pomoci tlakovej pištole, buď ručne ovládanej alebo v rámci výrobných linky. V dnešnej dobe je pre kvalitnú príľnavosť využívané nanášanie v elektrickom poli, kde sú rozprašované častice náterovej hmoty záporne nabité a následne sú elektrickým poľom usmernené k danej povrchovej vrstve, ktorá je uzemnená. Vzniknuté elektrostatické sily zaručia súvislý náterový film.

Posledným veľmi dôležitým krokom je aj samotné sušenie a vytvrdzovanie naneseného náteru. Medzi najtypickejšie varianty patrí sušenie horúcim vzduchom v špeciálnej komore, vytvrdzovanie infračerveným žiarením a využívanie krátkych zábleskov ultrafialového žiarenia, s vlnovou dĺžkou približne 197,4 nm. V praxi sa väčšinou využívajú kombinované lakovacie a sušiacie kabíny.

3 RIEŠENIE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU

Táto kapitola sa bude venovať riešeniu reálneho problému v rámci modernizácie povrchových úprav použitých vysokozdvížných vozíkov firmy Linde Material Handling Česká republika s.r.o. Práve v tomto období, prebieha v spoločnosti kompletná optimalizácia konceptu povrchových úprav. Hlavným dôvodom optimalizácie je zvýšenie produktivity práce z dôvodu zvýšenia nárokov na počty vozíkov.

Riešenie povrchových úprav je súčasťou štandardov opráv použitých vozíkov, ktoré sú kľúčové pre úspech finálneho produktu. Štandardy zahŕňajú okrem špičkových opráv aj komplexnú povrchovú starostlivosť, od vybrúsenia starého laku až po nanášanie novej povrchovej vrstvy, ktorá je ukončená finálnym leštením. Pôvodná kvalita každého repasovaného vozíka je jedinečná a preto sú jednotlivé štandardy len akou si vôdzkou, ktorá je ovplyvňovaná úrovňou repasie a pôvodnou kvalitou vozíku. Všeobecne platí, že požiadavky na povrch zodpovedajú pôvodnej kvalite. Čo sa týka jednotlivých typov je prevedenie povrchovej úpravy v rámci jednej úrovne kvality veľmi podobné, a však každý jeden typ má špecifickú možnosť demontáže komponentov. Vo svojej podstate to znamená, že nie každá súčasť vozíka je odmontovateľná, respektíve ich demontáž by bola veľmi zdĺhavá a samotný proces povrchovej úpravy by to značne spomalilo.


Spoločnosť ponúka na výber tri možnosti prevedenia opravy daného vysokozdvížného vozíka. Všetky tri úrovne podliehajú komplexnej analýze, čo zahŕňa vytipovanie poruchových komponentov, splnenie požiadaviek na bezpečnú prevádzku vozíka a v neposlednom rade aj kontrolu kvality povrchovej vrstvy. Najvyššie požiadavky sú kladené na úroveň **Ultra**, pri ktorej je kvalita porovnateľná s kvalitou nového vozíka, vrátane vizuálneho stavu, vid' tabuľka 7. Strednú triedu reprezentuje úroveň **Super**, pri ktorej sú kladené o niečo menšie požiadavky na limity repasie, čo súvisí s ďaleko nižšími nákladmi na samotnú opravu, vid' tabuľka 7. Najnižšie kritéria podľa ktorých sa posudzuje kvalita je úroveň **Plus**, pri ktorej dochádza k oprave, respektíve výmene len nevyhnutných komponentov. Povrchová úprava býva často len čiastočná, no stále sa dbá na prijateľný vzhľad, vid' tabuľka 7. Pri najnižšej úrovni je hlavnou motiváciou dosiahnutie, čo najmenších možných nákladov potrebných na samotnú opravu, čo sa odzrkadlí aj na výslednej cene daného produktu.


Tab. 7 Vizuálne porovnanie povrchovej úpravy jednotlivých úrovní repasie.





Spoločnosť disponuje širokou škálou vysokozdvížných vozíkov, ktoré je možné si nakonfigurovať podľa konkrétnych požiadaviek zákazníka. Základné rozdelenie výrobných typov je na **IC** kategóriu, **E** kategóriu, **WH** kategóriu a v neposlednom rade **R** kategóriu. Tabuľka 8 zobrazuje hlavné vlastnosti a rozdiely spomínaných kategórií, spolu aj s vizuálnou ukážkou jednotlivých typov.

Tab. 8 Základné výrobné typy vysokozdvížných vozíkov.

TYP	VIZUÁLNA UKÁŽKA	ŠPECIFIKÁCIE
IC		Pohon: spaľovací motor (nafta, LPG, CNG)
		Vlastnosti: čelný vysokozdvížný vozík s hydrostatickým pohonom, najúspornejší možný variant, veľmi presné ovládanie, vhodné na vonkajšie používanie, rôzne zdvihové stožiare
		Nosnosť: 1,4 až 18 ton

TYP	VIZUÁLNA UKÁŽKA	ŠPECIFIKÁCIE
E		Pohon: elektrický motor
		Vlastnosti: čelný vysokozdvížný vozík, tichý režim, vhodné do hál s veľmi čistým prevádzkovaním, zdvihové stožiare v rôznych prevedeniach
		Nosnosť: 1 až 5 ton

TYP	VIZUÁLNA UKÁŽKA	ŠPECIFIKÁCIE
WH		Pohon: elektrický motor
		Vlastnosti: ručne vedený paletový vysokozdvížný vozík, možnosť manipulácie s dvomi paletami nad sebou, jemné automatické dosadenie vidlíc, možnosť vybavenia plošiny pre státie vodiča
		Nosnosť: 1 až 1,6 ton

TYP	VIZUÁLNA UKÁŽKA	ŠPECIFIKÁCIE
R		Pohon: elektrický motor
		Vlastnosti: vysokozdvížný vozík s meniteľným dosahom, štandardne vybavené integrovaným bočným posuvom, perfektná manipulácia v skladových priestoroch s užšími prejazdmi
		Nosnosť: 1,4 až 2,5 ton

Sortiment spoločnosti je naozaj rozsiahly, o čom svedčí aj ponuka atypickejších modelov, ako sú napríklad elektrické ťahače a elektrické nákladné vozidlá, logistické vláčiky, systémové vysokozdvížné vozíky, vhodné do veľmi úzkych uličiek. Ručne vedený mechanický vozík je samozrejmosťou.

3.1 Aktuálne riešenie povrchových úprav

Medzi aktuálne povrchové technológie patrí brúsenie a nanášanie nového laku vysokotlakovou pištoľou. Ich súčasné prevedenie je technologicky zhodné s pôvodnými povrchových úpravami, i keď prešlo určitými zmenami v rámci technologických postupov a modernizáciou používaných zariadení. Tabuľka 9 zobrazuje zjednodušený technologický postup konkrétnych procesov, v rámci súčasných povrchových štandardov.

Brúsenie starého laku vo väčšine prípadov prebieha kompletne celým vonkajším povrchom vozíka, vrátane diskov kolies a veží. Brúsenie sa vykonáva buď priamo na vozíku, alebo aj mimo neho, tým sa myslí na komponentoch, s možnosťou demontáže, vid' obrázok 24. Demontovateľnosť vytvorí lepšie podmienky pri brúsení, z pohľadu výrazne lepšej manipulovateľnosti brúsneho zariadenia po danom povrchu a odkrytia pred tým brúskou nedosiahnuteľných miest vozíka. Medzi tieto samostatne brúsené komponenty patrí veža, integrovaný bočný posuv, dvere, disky kolies a mnoho ďalších menších komponentov vozíka, vid' príloha 2. Vo výsledku to umožňuje pracovať na vozíku efektívnejšie, nakoľko sa na brúsení jednotlivých častí podieľa naraz viac ľudí bez toho, aby sa vzájomne ovplyvňovali. Súčasťou predprípravy povrchu je aj tmelenie hlbokých nevybrúsiteľných nerovností.

Podobne to funguje aj pri nanášaní nového laku, kde sa lakuje konštrukcia vozíka (rám a šasi, každé inou farbou, vid' obrázok 25) a jednotlivé časti s možnosťou demontáže samostatne. Lakovanie väčšinou prebieha v dvoch fázach nanášania, pričom je každá ukončená dokonalým zaschnutím novej vrstvy.



Obr. 24 Odmontovaný bočný posuv vozíka



Obr. 25 Vysokozdvížený vozík po nanesení novej vrstvy

Pracovisko povrchovej predprípravy je vybavené excentrickými vzduchovými brúskami LEX 3 150/7 značky Festol s priamym odsávaním, vid' príloha 3. Nevýhodou je, že hadica z brúsneho centra je momentálne nevhodne situovaná na zemi. Vo väčšine prípadov sa používa granátový kotúč o zrnitosti 80 až 360. Niekedy je nutné pri brúsení protizávažia využiť uhl'ovú brúsku RAS 115 značky Festol, ktorá disponuje vyššími otáčkami samotného brúsenia a možnosťou použitia vyššej zrnitosti brusiva. Pracovisko je ďalej vybavené odsávacím zariadením z dôvodu nadmernej prašnosti samotnej technológie.

Ďalšie pracovisko, v rámci povrchových úprav, zastupuje lakovňa. Lakovňa disponuje odsávaciu stenou, kompletným vybavením na prípravu novej povrchovej vrstvy vrátane natieracieho valčeka, štetcov a striekacej vysokotlakovej pištole SAT 1000 RP s možnosťou výmeny rôznych veľkostí dýz, vid' príloha 4.

Ako je známe, povrchové úpravy patria k najzdĺhavejším a najpracnejším činnostiam vôbec, pričom výnimkou nie je ani povrchová úprava vysokozdvížného vozíka. S narastajúcimi požiadavkami na počty repasovaných vozíkov, vykazujú povrchové úpravy pomerne vysoké náklady a dosahovanie požadovaných limitov konvenčnými metódami sa stáva neefektívne. Práve tomuto problému sa venuje nasledujúca kapitola.

Tab. 9 Zjednodušený postup povrchových úprav repasovaných vozíkov a jeho častí.

Predúprava povrchu pred nanášaním novej vrstvy	
Konštrukcia vozíka a jeho jednotlivé častí	1. Brúsenie – brúsne zariadenie LEX 3 150/7
	2. Zatmelenie hrubých rýh a poškodení – biely jemný tmel Universal
	3. Jemné prebrúsenie tmelených častí – brúsne zariadenie LEX 3 150/7
	4. Očistenie a odmastenie povrchu rozpúšťadlom – Q 1000
	5. Lepenie častí vozíka chránených pred samotným nanášaním
Ak je nutné:	
<ul style="list-style-type: none"> – vysokovýkonné brusné zariadenie RAS 115 s možnosťou hrubšieho výbrusu (až na liatinu) – využitie brusnej rohože, drôtenky, škrabky, gumeného kotúča na odstránenie nálepiek – výber brusného kotúča na základe brúseného povrchu (80 až 240) 	
Nanášanie novej povrchovej vrstvy vybraných častí	
Protizávažie (IC)	1. Aplikácia červenej farby s polyuretánovým tužidlom (6:1) – RAL 2002 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 3 mm)
	2. Tvrdenie farby
	3. V prípade potreby sa aplikuje rovnaká druhá vrstva
	4. Tvrdenie farby
	5. Štruktúra červenou farbou s polyuretánovým tužidlom (6:1) – RAL 2002 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 3 mm, nastavený nízky tlak)
Šasi a rám (IC)	1. Aplikácia čiernej farby s polyuretánovým tužidlom a riedidlom (4:1:1) – RAL 7021 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 1,5 mm)
	2. Tvrdenie farby
	3. Nutná aplikácia druhej vrstvy s rovnakým charakterom
Komplet šasi (WH) červená farba	1. Aplikácia plniča s polyuretánovým tužidlom a akrylátovým riedidlom (5:1:0,6) – PUR RAL 7035 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 1,5 mm)
	2. Aplikácia červenej farby s polyuretánovým tužidlom a riedidlom (4:1:1) – PUR RAL 2002 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 1,5 mm)
	3. Tvrdenie farby
	4. Nutná aplikácia druhej vrstvy s rovnakým charakterom
Komplet šasi (WH) čierna farba	1. Aplikácia čiernej farby s polyuretánovým tužidlom a riedidlom (4:1:1) – RAL 7021 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 1,5 mm)
	2. Tvrdenie farby
	3. Nutná aplikácia druhej vrstvy s rovnakým charakterom
Disky kolies	1. Aplikácia červenej farby s polyuretánovým tužidlom a riedidlom (4:1:1) – PUR RAL 2002 – striekacia pištoľ (dýza o priemere 1,5 mm)
	2. Tvrdenie farby
	3. V prípade potreby sa aplikuje rovnaká druhá vrstva
Stúpačky	1. Aplikácia striebrošedej farby – Alkyton
	2. Tvrdenie farby
	3. V prípade potreby sa aplikuje rovnaká druhá vrstva
Poznámka: <ul style="list-style-type: none"> – nikdy sa kabína neleští a ani sa nepoužíva farba v spreji – profily veže sa lakujú buď priamo na vozíku, alebo v rozloženom stave po demontáži – disky kolies sa lakujú buď samostatne, alebo s nasadenou pneumatikou (pneumatika je zakrytá) 	

3.2 Návrh nového riešenia povrchových úprav

Po prevedených pokusoch a odborných konzultáciách vyšla, ako najefektívnejšia predúpravná technológia, metóda mechanického otryskávania povrchovej vrstvy abrazívom. Zvolené zariadenia pre danú technológiu sú tryskací box a tryskacia komora určená pre manuálne tryskanie. Otázka voľby vhodného abrazíva sa vyriešila skúškami jednotlivých druhov, kde najlepšiu kvalitu z hľadiska príľnavosti novej vrstvy, vykazovalo oceľové abrazívum. Pre ručné otryskávanie v boxe sa navrhla oceľová drť, pre tryskáciu kabínu s vrhacími kolesami sa z dôvodu šetrnosti vrhacieho kolesa, zvolili oceľové granule typu G. Jednotlivé prevedenia tryskacích zariadení, spolu aj s ich konštrukčnými návrhmi je možné nájsť v prílohe 5 a 6.

Nakoľko pri otryskávaní dochádza k prudkému úberu starej povrchovej vrstvy až na základný materiál, je dôležité aby časti vysokozdvížneho vozíka, ako sú napríklad kabeláž, hydraulický a rozvodový systém, boli odmontované vid' príloha 2, a do procesu tryskania vchádzali len časti, k tomu určené. Z tohto dôvodu sa šasi a kabína u výrobných rád IC, E, R nebude tryskať, nie že by to nebolo možné, no úplná demontáž kabeláže a jednotlivých systémov týchto typov je zdĺhavý proces a reálna aplikácia ukázala, že by to bolo časovo náročnejšie, ako aktuálne riešenie. Pôvodne tu bol návrh ochrany kabeláže bezpečnostným krytom. Toto riešenie sa však predbežne zamietlo, nakoľko využitie tryskacích zariadení bude plne vyťažené demontovateľnými časťami vozíka, ako sú napríklad veže, rámy, dvere, stúpačky a disky kolies. Pre pomerne rýchlo prevedenú úplnú demontáž rady WH sa navrhlo kompletné otryskávanie v boxe s injektorovým tryskačom, vid' obrázok 26. Komponenty menšieho charakteru sú navrhnuté pre plnoautomatizovanú tryskáciu kabínu so závesným hákom. Odstraňovanie starého laku väčších komponentov bude prebiehať v boxoch s ručne ovládaným injektorovým tryskačom. Pri povrchovej predúprave tryskacími zariadeniami sa bude postupovať nasledovným spôsobom, vid' tabuľka 10.



Obr. 26 Vozík WH pripravený na nanášanie novej vrstvy

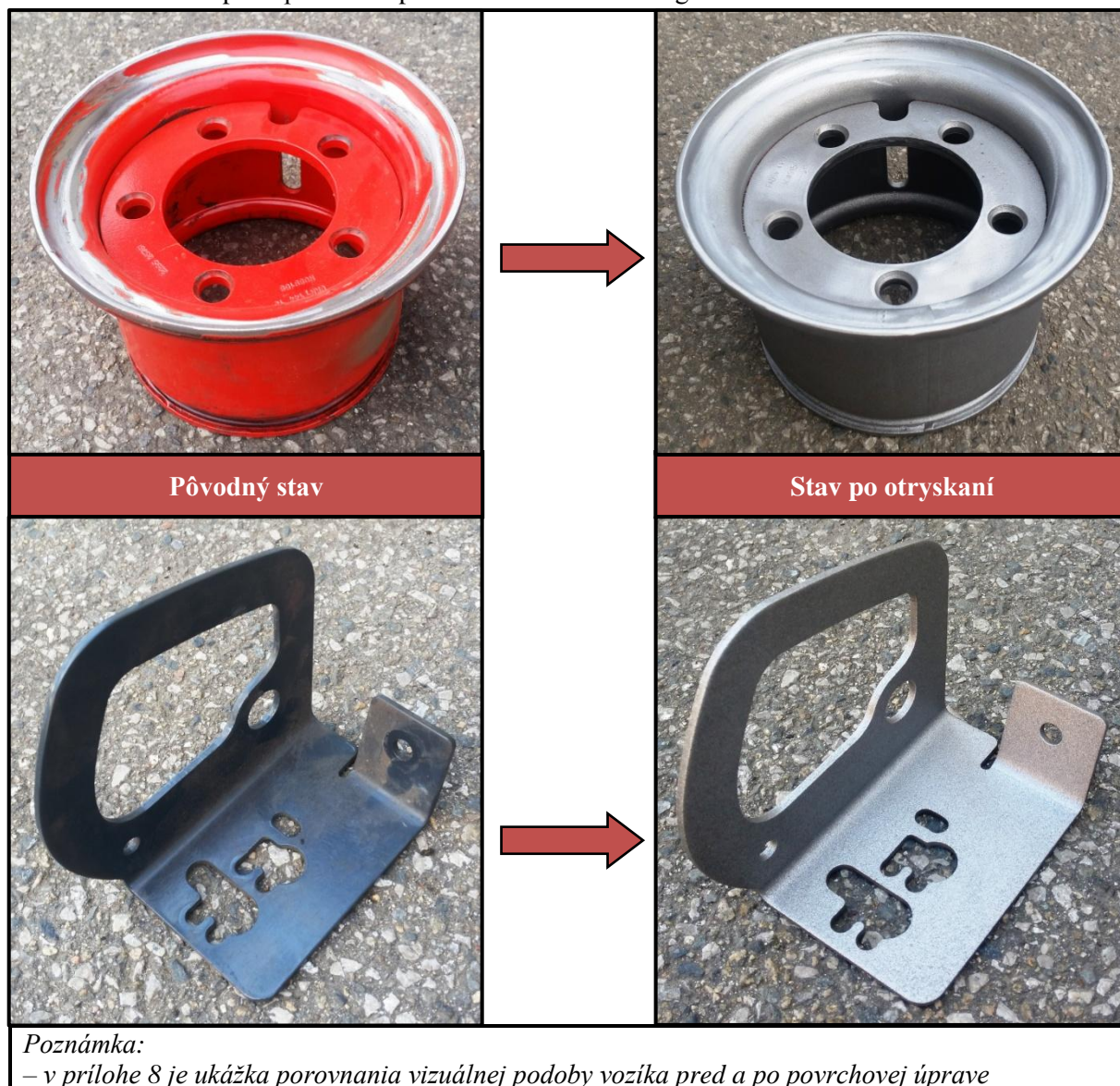
Tab. 10 Postup pri povrchovej predúprave navrhnutou technológiou.

Povrchová predúprava tryskacím zariadením	
Jednotlivé komponenty, WH (komplet)	1. Demontáž a príprava súčasti – odmastenie a očistenie povrchu
	2. Zaistenie súčasti v tryskacom zariadení ¹
	3. Kontrola tryskaného povrchu ²
	4. Očistenie povrchu – ofúkание stlačeným vzduchom
	5. Okamžitý presun otryskanej súčasti do lakovacieho priestoru ³
Poznámka:	
¹ v prípade tryskacej kabíny – zaistenie komponentov na závesnom háku, vid' príloha 7	
² v prípade nedokonalého opracovania – opätovné tryskanie alebo ručné dobrúsenie, vid' tab. 11	
³ v prípade nemožnosti okamžitého presunu vozíku do lakovne – použitie konverzačnej vazelíny	

I keď návrh novej technológie sa týkal aj lakovania z dôvodu rozsahu práce sa neuvádza a je samostatne riešená v inej práci, no principiálne sa drží postupu z tabuľky 9.

Spolu s návrhmi technológii dôjde aj k výstavbe novej haly, v ktorej bude okrem špičkovo navrhnutého oddelenia predúpravy aj pracovisko s piatimi lakovacími boxmi a sušiacimi kabínami. Pracoviská budú tvoriť jeden funkčný celok s dostatočným priestorom pre bezproblémovú manipuláciu s vozíkom a rýchlu nadväznosť procesov, vid' výkres 1.

Tab. 11 Povrchová predúprava komponentov novou technológiou.



Tab. 12 Nedokonalé prevedenia povrchovej predúpravy tryskacou kabinou.



4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE

Pri porovnávaní súčasného a nového povrchového riešenia zohrávala najväčšiu úlohu časová náročnosť jednotlivých procesov, ktorá je hlavným dôvodom samotného návrhu. Tryskacou technológiou sa podarilo dosiahnuť skrátenie času povrchovej úpravy a tým doceliť splnenie očakávaných ročných počtov opravených vozíkov bez výrazného zvyšovania pracovných miest oddelenia povrchových úprav. Kľúč k úspechu sa skrýva v duálnom procese povrchovej predúpravy, pri ktorom bude dochádzať k predúprave kostry vozíka typu IC, E, R aktuálnou technológiou a súčasne bude prebiehať povrchová predúprava demontovateľných komponentov v tryskacích zariadeniach. V neposlednom rade tryskacia technológia eliminovala nedokonalosti v odstraňovaní starého laku, ktoré boli väčšinou spôsobené nedbalosťou pracovníka. Čo sa týka lepšej príľnavosti nanášanej farby, nedošlo k významnému rozdielu, nakoľko spoločnosť disponuje pomerne kvalitnými farbami a ich príľnavosť je sama osebe veľmi spoľahlivá.

Výpočty k jednotlivým ukazovateľom ekonomického zhodnotenia:

- Náklady na jednu hodinu prevádzky brúsnych zariadení (bez odpisu zariadenia):
 $800,- \text{ Kč} = x_3$ (3 ľudia), $2\,400,- \text{ Kč} = x_9$ (9 ľudia)
 - Náklady na jednu hodinu prevádzky tryskacieho zariadenia (bez odpisu stroja):
 $412,- \text{ Kč} = y$ (1 človek pre tryskací box), $419,- \text{ Kč} = z$ (1 človek pre tryskaciu kabínu)
 - Denná prevádzka jednotlivých zariadení:
brúsne zariadenia – $8 \text{ h} = t_{p1}$, *tryskací box* – $4 \text{ h} = t_{p2}$, *tryskacia kabína* – $4 \text{ h} = t_{p3}$
 - Výpočet nákladov pre dané obdobie (uvažuje sa 22 pracovných dní · 12 mesiacov)
- a) Súčasný stav (brusiareň):
 $3 \text{ ľudia/mesiac} \rightarrow t_{p1} \cdot x_3 \cdot 22 = 140\,800,- \text{ Kč} = c_{1m}$, rok $\rightarrow c_{1m} \cdot 12 = 1\,689\,600,- \text{ Kč} = c_{1r}$
 $9 \text{ ľudia/mesiac} \rightarrow t_{p1} \cdot x_9 \cdot 22 = 422\,400,- \text{ Kč} = c_{12m}$, rok $\rightarrow c_{12m} \cdot 12 = 5\,068\,800,- \text{ Kč} = c_{12r}$
- b) Predpoklad (brusiareň, tryskací box a kabína):
box/1 človek/mesiac $\rightarrow t_{p2} \cdot y \cdot 22 = 36\,256,- \text{ Kč} = c_{2m}$, rok $\rightarrow c_{2m} \cdot 12 = 435\,072,- \text{ Kč} = c_{2r}$
kabína/1 človek/mesiac $\rightarrow t_{p3} \cdot z \cdot 22 = 36\,872,- \text{ Kč} = c_{3m}$, rok $\rightarrow c_{3m} \cdot 12 = 442\,464,- \text{ Kč} = c_{3r}$
zariadenia dokopy/5 ľudí/mesiac $\rightarrow c_{1m} + c_{2m} + c_{3m}$, rok $\rightarrow c_{1r} + c_{2r} + c_{3r}$, vid' tabuľka 12
prevádzkové úspory technológii pre rok 2017 $\rightarrow c_{1r} + c_{2r} + c_{3r} - (c_{12r})$, vid' tabuľka 12

Tab. 13 Kľúčové ukazovatele efektivity navrhnutej technológie.

DANÉ KRITÉRIUM	PÔVODNÝ STAV 2015			PREDPOKLADANÝ STAV 2017		
	Zariadenia	Brúsky			Brúsky, Tryskací box a kabína	
Obdobie	1 h	Mesiac	Rok	1 h	Mesiac	Rok
Počet opravených vozíkov	-	23	276	-	83	1000
Prevádzka v hodinách	-	176	2112	-	352	4224
Prevádzkové náklady v Kč	6 400	140 800	1 689 600	9 724	213 928	2 567 136
Personálne obsadenie	3			5		
1000 vozíkov pre rok 2017	Brusiareň (9 ľudí)		Brusiareň, Tryskací box a kabína (5 ľudí)			
Prevádzkové náklady v Kč	5 068 800		2 567 136			
Ušetrené prevádzkové náklady pre rok 2017 v Kč	2 501 664					
Vstupná investícia do novej technológie v Kč	Tryskacia kabína a box (vrátane súpravy) 3 565 600					
<i>Poznámka:</i>						
– porovnanie je uvádzané len v rámci predúpravnej technológie (bez lakovacích a sušiacich boxov)						
– prevádzkové náklady nezahŕňujú počiatkovú investíciu a odpisy strojov						

5 ZÁVERY

Problematika povrchových úprav je pomerne rozsiahla, a preto nebolo možné v literárnej štúdií obsiahnuť úplne všetko. Na druhej strane sú povrchové predúpravy spracované pomerne dopodrobna, nakoľko je to jedna z kľúčových segmentov povrchových úprav. Na základe znalosti tejto problematiky bolo možné zavádzať jednotlivé technológie a tým zvyšovať produktivitu jednej z najnáročnejších oblastí opráv použitých vysoko zdvižných vozíkov.

Vyhodnotenie výkonu oddelenia povrchových úprav viedlo spoločnosť k jednoznačnému záveru, že pri súčasnom stave nebude možné dosiahnuť požadovaný nárast vozíkov pre rok 2017. Pri aktuálnej technológii by sa personálne obsadenie muselo zvýšiť trojnásobne, spolu aj s priestormi v navrhovanej hale, čo by bolo spojené s vysokým nárastom celkových nákladov. Tento fakt viedol ku zavedeniu efektívnejších technológii opracovania povrchu, ktorých riešenie predkladá táto bakalárska práca.

Na základe získaných poznatkov a odborného poradenstva v oblasti povrchových úprav sa navrhla technológia otryskávania, konkrétne ide o ručné a automatizované tryskanie. Následná aplikácia na daný povrch vozíka ukázala, že úber starého laku touto technológiou je veľmi účinný a jej zavedenie by oblasti povrchových predúprav rozhodne pomohlo. Ako druh abrazíva pre ručné tryskanie v boxe bola zvolená oceľová drť, naopak pre automatickú tryskáciu kabínu sa budú používať oceľové granule typu G, z dôvodu šetrnosti vrhacích kolies. Injektorové ručné tryskanie je navrhnuté pre väčšie demontovateľné komponenty a celú kosť vozíka WH, otryskávanie v automatizovanej kabíne pre komponenty menšieho charakteru a súčasná technológia brúsenia pre šasi a rám ostatných vozíkov. Priľnavosť laku nevykazuje výrazné zlepšenia, no samotná technológia otryskávania zvýši životnosť nanesej povrchovej vrstvy. Využitím týchto dvoch technológii v kombinácii so súčasným riešením sa podarilo znížiť prácnosť povrchových predúprav, zvýšiť samotnú produktivitu práce a tým dosiahnuť požadovaný počet repasovaných vozíkov za polovičné prevádzkové náklady. Personálne obsadenie sa za týchto predpokladov navýši len o dvoch pracovníkov.

Pri dosahovaní požadovaného počtu vozíkov pre rok 2017 sa denné využívanie tryskacích zariadení bude pohybovať okolo štyroch hodín, čo zodpovedá polovičnej pracovnej dobe. Plný potenciál navrhovanej technológie sa využije až v ďalšej fáze zvyšovania počtov, čo predstavuje 1500 kusov ročne. Vzhľadom k rozmerom tryskacích zariadení a priestorov oddelenia povrchových úprav je možné zvažovať investície do ďalších podobných vybavení.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV [4]

1. BACH, Friedrich-Wilhelm, Andreas LAARMANN a Thomas WENZ. *Modern surface technology* [online]. Weinheim: Wiley-VCH, c2006, xx, 325 p. [cit. 2016-03-15]. ISBN 35-273-1532-2. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/book/10.1002/3527608818>
2. BIBUS SK S.R.O. *Korózna odolnosť niklu, titanu a ich zliatin* [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://ebibus.sk/content/products/materialy/bibus_metals/catalogs/nikel_titan_odolnost_katalog.pdf
3. BOSCHNARADIE. *Zvlňený drôt s mosadzným pokovovaním* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.boschnaradie.sk/produkty/201558/kefa-na-docielenie-struktury-dreva-pre-vrtacky-zvlneny-drot-s-mosadznym-pokovovanim/>
4. CITACE PRO. *Generátor citácii* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
5. CMV BLASTING INC. *Blast Room* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.cmv.com.br/cabine_de_jateamento.htm
6. CUSTOM ENGINEERING COMPANY. *Characteristic of a Vertical Spindle Rotary Surface Grinder* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.customeng.com/photo-gallery/#prettyPhoto/48/>
7. ENETEX TECHNOLOGY S.R.O. *Tryskací tlaková kabina TMT 1500/60* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://enetex.grafixor.cz/produkty/tryskani-a-automatizace/tryskaci-zarizeni/tryskaci-kabina-tmt-150060/>
8. FESTOOL. *Festool lija Automechanika* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.lacomunidaddeltaller.es/festool-lija-automechanika/>
9. FMA COMMUNICATIONS, INC. *Hands-off tube finishing: Centerless Grinding Basics, figure 2* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/tubepipefabrication/hands-off-tube-finishing>
10. GÜDE SLOVAKIA S.R.O. *Ručné náradie: brúsky* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://gude.gude.sk>
11. HISTPROJECT. *Opotrebenie materiálov* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://histproject.no/sites/histproject.no/files/2_17_Opotrebenie_materiálov.pdf
12. HOLDWIN COMPANY. *Portable sand blaster 100L* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.hstsandblasting.com/product/sandblast_machine/portable_sandblast_machi/116.html
13. CHOVANCOVÁ, Marta. *Základy korózie a povrchovej úpravy materiálov*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 303 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3378-6.

14. CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL. *Surface Reconstruction* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/semitech_en/kap_3/advanced/t3_3_1.html
15. JAKUBÉCZYOVÁ, Dagmar a Ivo ŠTEPÁNEK. *INDENTAČNÉ PORUŠOVANIE TENKÝCH VIAZLOŽKOVÝCH PVD POVLAKOV* [online]. 2013 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/27-2013/pdf/062-067.pdf>
16. JÁN HAMERNÍK. *Koroze a ochrana před korozi* [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>
17. KASEMO, Bengt Kasemo a Jukka LAUSMAA. *Material-tissue Interfaces: The Role of Surface Properties and Processes* [online]. , 45 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1567278/pdf/envhper00401-0046.pdf>
18. KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-708-2668-1.
19. LINDE MATERIAL HANDLING ČESKÁ REPUBLIKA S.R.O. *Firemní informace* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.linde-mh.cz>
20. MATNET. *Skúšky tvrdosti* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=531>
21. MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 150 s. ISBN 80-248-1217-7.
22. NATIONAL UTILITIES COMPANY. *Metals Chemical Compatibility Table* [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.nationalutilitiesco.com/details.php?TECHNICAL-Compatibility-Tables-Chem-Compatibility-Metals-31>
23. OLŠOVSKÝ, Milan. *Základy povrchové úpravy kovov* [online]. 2015 [cit. 2016-04-04]. ISBN 978-80-971929-9-0. Dostupné z: [http://www.msm.sk/editor/filestore/File/MSM Příručka PŮ.pdf](http://www.msm.sk/editor/filestore/File/MSM_Příručka_PŮ.pdf)
24. PAN TAIWAN ENTERPRISE CO., LTD. *Surface treatment* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://oem.pantaiwan.com.tw/uploadfiles/159/pic/Surface-Treatment_CA.jpg
25. PÍSKOVAČKA CZ S.R.O. *Odstraneni barvy strojirenstvi* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://www.piskovacka.cz/userfiles/odstraveni_barvy_strojirenstvi.jpg
26. POVRCHOVÁ ÚPRAVA: *Mechanické a mechanickochemické úpravy* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://www.povrchovauprava.cz/povrchova_uprava_kovu/
27. PRESTOLAROV. *Brúsne kotúče* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.prestolarov.sk/fotky11684/PICT0199x.jpg>
28. RUSNANO. *Surface relaxation* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://eng.thesaurus.rusnano.com/wiki/article4378>

29. SEDLÁČEK, Vladimír. *Povrchy a povlaky kovů*. Praha: České vysoké učení technické, 1992, 176 s. ISBN 80-01-00799-5.
30. SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE: MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA. *Opotrebenie a materiály odolné proti opotrebeniu* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.mtfda.szm.com/subory/opotrebenie.pdf>
31. SPOLMONT S.R.O. *Technologie tryskání* [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.spolmont.cz/technologie/technologie-tryskani_cz.html
32. STROJNÍCKA FAKULTA V ŽILINE: KATEDRA MATERIÁLOVÉHO INŽINIERSTVA. *Hodnotenie korózneho napadnutia* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://kmi2.uniza.sk/wp-content/uploads/2010/02/Korozne-napadnutie_teoria.pdf
33. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 236 s. ISBN 978-80-7204-839-7.
34. SPŠE-SLABOPROUD. *Emise elektronů, elektronky* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt010.htm>
35. TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemické, 2005, 136 s. ISBN 80-214-3062-1.
36. TROJÁNEK, František. *Příručka pro povrchové úpravy / díl. 1., Opotřebení a mechanické úpravy*. Praha: SNTL, 1962, 150 s.
37. TECHNOR. *Technické normy* [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/>
38. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Protikorozní ochrana povlaky* [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_povlak.htm
39. WISTA S.R.O. *Tryskání* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.wista.cz/produkty/tryskani/>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

OZNAČENIE	LEGENDA	JEDNOTKA
c_{1m}	Náklady za mesiac/brusiareň/3 ľudia	[Kč]
c_{2m}	Náklady za mesiac/tryskací box/1 človek	[Kč]
c_{3m}	Náklady za mesiac/tryskacia kabína/1 ľudia	[Kč]
c_{1r}	Náklady za rok/brusiareň/3 ľudia	[Kč]
c_{2r}	Náklady za rok/tryskací box/1 človek	[Kč]
c_{3r}	Náklady za rok/tryskacia kabína/1 ľudia	[Kč]
c_{12m}	Náklady za mesiac/brusiareň/9 ľudia	[Kč]
c_{12r}	Náklady za rok/brusiareň/9 ľudia	[Kč]
dG	Celková termodynamická energia	[J]
dG _s	Povrchová zložka energie	[J]
dG _v	Objemová zložka energie	[J]
E	Čelný elektrický vysokozdvížny vozík	[-]
IC	Čelný motorový vysokozdvížny vozík	[-]
R	Vysokozdvížny vozík s meniteľným dosahom	[-]
tp ₁	Denná prevádzka/brúsky	[h]
tp ₂	Denná prevádzka/tryskací box	[h]
tp ₃	Denná prevádzka/tryskacia kabína	[h]
WH	Ručne vedený vysokozdvížny vozík	[-]
x ₃	Náklady za jednu hodinu/brúsky/3 ľudia	[Kč]
x ₉	Náklady za jednu hodinu/brúsky/9 ľudia	[Kč]
y	Náklady za jednu hodinu/tryskací box/1 ľudia	[Kč]
z	Náklady za jednu hodinu/tryskacia kabína/9 ľudia	[Kč]

ZOZNAM OBRÁZKOV

ČÍSLO OBRÁZKU	NÁZOV	ZDROJ	STRANA
1	Efektívne opracovanie povrchu materiálu	[25]	9
2	Výsledok komplexnej úpravy daných komponentov	[24]	9
3	Návrh nového typu vozíku triedy E	[-]	10
4	Schéma pôsobiacich síl na atóm	[35]	12
5	Schéma kolmej a bočnej relaxácie hornej vrstvy	[28]	12
6	Rekonštrukcia povrchových vrstiev plošnej mriežky	[35]	12
7	Základné pojmy geometrie povrchu	[18]	13
8	Princíp vzniku adhezívneho opotrebenia	[30]	14
9	Princíp vzniku erozívneho opotrebenia pri dopade	[18]	15
10	Šírenie trhliny v povlaku	[18]	15
11	Porušenie integrity povlaku	[15]	15
12	Predúprava povrchu vodorovnou brúskou	[6]	18
13	Rušné tryskacie zariadenie	[12]	21
14	Bubnové zariadenie s vrhacou jednotkou	[7]	22
15	Kompletný tryskací box	[5]	22
16	Rozsahy opracovaného povrchu zariadeniami	[31]	22
17	Rôzne druhy látkových kotúčov	[27]	23
18	Ručná brúska s vzduchovým odsávaním	[8]	23
19	Univerzálna stojanová brúska nastavcami	[9]	23
20	Model bezhrotovej brúsky	[10]	23
21	Drôtený kotúč	[3]	24
22	Vznik pigmentu odrazom vlnových dĺžok svetla	[22]	26
23	Vplyv riedidla na viskozitu syntetickej farby S 2013	[35]	27
24	Odmontovaný bočný posuv vozíka	[-]	30
25	Vysokozdvižný vozík po nanosení novej vrstvy	[-]	30
26	Vozík WH pripravený na nanášanie novej vrstvy	[-]	32

ZOZNAM TABULIEK

ČÍSLO TABULKY	NÁZOV	ZDROJ	STRANA
1	Protikorózne odolnosti v rozličných prostrediach	[13] [22]	17
2	Základné požiadavky na povrchovú vrstvu materiálu	[-]	18
3	Základné rozdelenie kritérií povrchový úprav	[18]	19
4	Základné druhy tryskacieho média	[21] [23] [38] [39]	21
5	Prehľad značenia základných odtieňov	[13] [18] [35]	26
6	Prevod vybraných odtieňov z normy ČSN do RAL	[18]	26
7	Porovnanie povrchovej úpravy jednotlivých úrovní	[-]	28
8	Základné výrobné typy vysokozdvížných vozíkov	[-]	29
9	Zjednodušený postup povrchový úprav vozíkov	[-]	31
10	Postup pri povrchovej predúprave tryskaním	[-]	32
11	Povrchová predúprava komponentov tryskaním	[-]	33
12	Nedokonalé prevedenie povrchovej predúpravy	[-]	33

ZOZNAM PRÍLOH

ČÍSLO PRÍLOHY	NÁZOV	ZDROJ
1	Vybrané druhy korózneho napadnutia povrchovej vrstvy	[15]
2	Vizuálne podklady pre problematiku povrchový predúprav	[-]
3	Excentrická vzduchová brúska LEX 3 150/7	[-]
4	Striekacia pištoľ SATA 1000 RP	[-]
5	Tryskací box určený pre ručné otryskávanie/tryskacia súprava	[-]
6	Tryskacia kabína s vrhacími kolesami OPTIMA	[-]
7	Vymoženosť tryskacej kabíny s vrhacími kolesami	[-]
8	Porovnanie vizuálneho stavu vozíku v triede Plus	[-]

ZOZNAM VÝKRESOV

ČÍSLO VÝKRESU	NÁZOV	ZDROJ
1	Návrh pracoviska povrchový úprav	[-]