

ABSTRAKT

Abstrakt česky

V teoretické části se zabývám důvody povrchových úprav (vliv koroze a opotřebení), základními druhy ochranných povrchů a jejich technologiemi nanášení na objekty. Ve druhé části se soustředím na nanotechnologie, přičemž se zaměřuji na tenké vrstvy v nanotechnologiích, jejich základními technologiemi pro nanášení nanopovrchů, ultratenkých povrchů a tvorbu multivrstev. Dále se zabývám pokovováním plastů, povrchovou ochranou práškovými plasty a technologiemi iontové implementace.

V praktické části provádím vrtání s třemi druhy vrtáků (vrták z oceli 19 386, vrták s povlakem nitrid titanu a vrtáky s kobaltovým povlakem) a vyhodnocuji jejich otupení a drsnost povrchů vrtaných děr. Ve druhé části provádím návrh mechanismu strojního posuvu u vrtačky s ručním posuvem (obecné řešení).

Abstrakt ve světovém jazyce

In the theoretical part, I deal with purposes of surface finishes (influence of corrosion and attrition), basic kinds of protective surfaces and technologies of their applying on objects. In the second part, I focus on nanotechnologies and I pay particular attention to thin coat in nanotechnologies, to basic technologies for applying nanosurfaces, ultrathin surfaces and multicoats formation. Further, I deal with metal coating of plastic, surface protection by powder plastics and technologies of iont implementation.

In the practical part, I carry out drilling with three types of drills (a drill made of steel 19 386, a drill with titanium nitride coat and drills with cobalt coat) and I analyze their bluntness and surface roughness of the drilled holes. In the second part, I carry out proposition mechanism mechanical shift at drill machine with manual shift (general solution).

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Imrichu Lukovicsovi, CSc. za odbornou pomoc při sestavování a vypracování mé bakalářské práce.

OBSAH

OBAH.....	5
ÚVOD.....	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	8
1 KOROZE	9
1.1 KOROZE A JEJÍ VÝZNAM.....	9
1.2 DRUHY KOROZE	9
2 OPOTŘEBOVÁNÍ SOUČÁSTEK	16
3 ZUŠLECHŤOVÁNÍ KOVOVÝCH POVRCHŮ.....	17
3.1 ÚPRAVA POVRCHU	17
3.1.1 Mechanická úprava povrchu	17
3.1.2 Chemická a elektrochemická úprava povrchů.....	21
3.2 ZPŮSOBY ZUŠLECHŤOVÁNÍ KOVŮ	26
3.2.1 Galvanické povlaky	26
3.2.2 Pokovování v roztavených kovech.....	31
3.2.3 Difúzní povlaky.....	34
3.2.4 Povrchová ochrana povlékáním a plátováním	36
3.2.5 Powlakování ve vakuu	37
3.2.6 Nekovové povlaky.....	38
3.2.7 Smaltování.....	41
3.2.8 Organické povlaky	42
4 METALIZACE.....	45
4.1 HISTORIE METALIZACE	45
4.2 TECHNOLOGIE METALIZACE – TECHNOLOGIE NÁSTRÍKŮ.....	45
4.2.1 Příprava povrchu součástky před metalizací	45
4.2.2 Vlastní metalizace	47
4.3 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ PRO VLASTNÍ METALIZACI.....	49
4.4 SHODNOCENÍ METALIZACE	52
5 NANOTECHNOLOGIE.....	53
5.1 METODY NANÁŠENÍ TENKÝCH VRSTEV A POVLAKŮ	53
5.2 TVORBA MULTIVRSTEV	54
5.3 ULTRATENKÉ VRSTVY A MULTIVRSTVY	55
5.4 SHODNOCENÍ NANOTECHNOLOGIE.....	55
6 POKOVOVÁNÍ PLASTŮ	56
6.1 CHEMICKÉ POKOVOVÁNÍ	56
6.2 GALVANICKÉ POKOVOVÁNÍ.....	57
6.3 POKOVOVÁNÍ VE VAKUU	57

7	POVRCHOVÁ OCHRANA PRÁŠKOVÝMI PLASTY	58
7.1	ŽÁROVÉ STŘÍKÁNÍ	58
7.2	VÍŘIVÉ NANÁŠENÍ.....	59
7.3	MODIFIKACE VÍŘIVÉHO NANÁŠENÍ.....	61
8	TECHNOLOGIE IONTOVÉ IMPLEMENTACE	62
8.1	MECHANICKÉ ROZMÍTÁNÍ.....	62
8.2	MODIFIKACE KOROZNÍCH VLASTNOSTÍ	62
8.3	TVORBA AMORFNÍCH STAVŮ	63
8.4	APLIKACE V PRAXI A PRŮMYSLOVÉ APLIKACE.....	63
9	BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	66
9.1	SEZNAM NOREM PRO BEZPEČNOST A OCHRANU ZDRAVÍ PŘI PRÁCI.....	66
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	67
10	MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ VRTÁKŮ A DRSNOSTI POVRCHŮ VRTANÝCH DĚR	68
10.1	POUŽITÉ STROJE, PŘÍSTROJE, NÁSTROJE	68
10.1.1	Strojní zařízení	68
10.1.2	Nástroje pro vrtání.....	68
10.1.3	Rozměry a materiál obrobku	68
10.1.4	Rozestavení děr při vrtání	69
10.1.5	Vyhodnocovací zařízení	69
10.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY OPOTŘEBENÍ VRTÁKU A DRSNOSTI VRTANÝCH DĚR	70
10.2.1	Výpočet řezných rychlostí pro šroubovitě vrtáky.....	73
10.3	GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	73
11	NÁVRH MECHANISMU STROJNÍHO POSUVU U VRTAČKY S RUČNÍM POSUVEM	76
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

ÚVOD

Nanotechnologie a povrchové úpravy jsou velmi důležité prvky v řadě průmyslových odvětví, protože nabízí zlepšení současných zavedených postupů.

Nanotechnologie představuje multidisciplinární obor, protože svým obsahem ovlivňuje materiál, výroby, výrobní technologie a také ekonomiku. Vysocepřesné technologie, které se uplatňují v současné době vycházejí z rozvoje těchto technologií, který začal přesnou výrobou, potom přešel do oblasti mikro technologie, a vyúsťuje nyní v oblasti nanotechnologie. Význam tohoto postupu je možné vidět v tom, že podniky nabízejí výrobky, které jsou mnohem spolehlivější, účinnější, vhodné z hlediska ekologických požadavků. V řadě případů je možné se setkat s výrobky, které by jinak nebylo možné vyrobit. Jedná se o mikro součásti mikroskopů, zrcadel, nebo součástí, které musejí být miniaturizovány. V současné době jsou pro vysoce přesné obrábění vyráběny stroje, které jsou řízeny počítači a které používají nástroje z PKD, nebo brousící kotouče diamantové, které dosahují přesnosti řádově 1 nm. Tanaguschi v roce 1974 popsal vysoce přesné obrábění, Feynman v roce 1974 začal zavádět pojem nanotechnologie a Drexler v roce 1986 zavedl pojem molekulární nanotechnologie, který zahrnuje všechny výrobní technologie založené na molekulární výrobě. Je nesporné, že řada výrobků které nyní vznikají a budou se objevovat na trhu budou vycházet z filosofie nanotechnologie. Poznatky v tomto oboru lze získat jen intenzivním víceoborovým studiem a praxí na které se budou podílet fyzici, matematici, chemici, metalurgové a inženýři. Důležitost nanotechnologie byla uznána řadou vyspělých států. Řada pozorovatelů považuje nanotechnologii jako klíč konkurence schopnosti ve 21. století.

Povrchovými úpravami se rozumí skupina technologií, které nějakým způsobem upravují povrch výrobků. Povrchová úprava může být mechanická, chemická a elektrochemická. Do skupiny povrchových úprav patří také nanášení povlaků různých tloušťek. Cílem povrchových úprav je zvýšit odolnost vůči korozi a opotřebení daného objektu. Přičemž zvýšíme užitnou dobu daného objektu (životnost) a dále zvýšíme jeho spolehlivost (funkčnost).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KOROZE

1.1 Koroze a její význam

Koroze kovů je samovolné, postupné rozrušení kovů následkem jejich chemické nebo elektrochemické reakce s okolním prostředím. Může probíhat v atmosféře nebo jiných plynech, ve vodě a jiných kapalinách, zeminách a různých chemických látek, které jsou s kovem ve styku. Příkladem koroze je rezavění slitin železa. Toto rozrušování (poškozování) materiálů může být rozdílné. Například od změny jeho vzhledu (ztráty barvy, lesku), až po jejich úplný rozpad (porušení celistvosti v celém jejich průřezu-degradace).

1.2 Druhy koroze

Koroze má různé formy a rozlišuje se z různých hledisek:

- a) Podle vnitřního na korozi chemickou a elektrochemickou.
- b) Podle druhu korozního prostředí na korozi atmosférickou, v kapalinách, půdní, různými chemickými látkami.
- c) Podle kombinace s vnějšími činiteli na korozi při mechanickém namáhání materiálu, při únavě materiálu (korozní únava), vibrační korozi, korozní praskání a korozi bludnými proudy.
- d) Podle druhu korozního napadení na korozi rovnoměrnou a nerovnoměrnou.

Chemická koroze

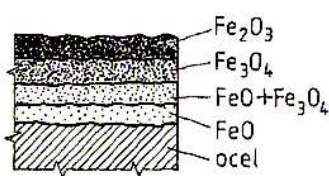
Je to znehodnocení, které nastává vzájemným působením kovu a korozního prostředí, kterými jsou nevodivé kapaliny a plyny. Nejčastěji jde o oxidaci kovu, zejména oceli, v prostředí přehřáté páry a při jeho ohřevu.

V prostředí přehřáté páry nastává:

- a) Oxidace kovu přehřátou párou: $\text{Me} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MeO} + \text{H}_2$ (Me je označení libovolného kovu)
- b) Zkřehnutí oceli vlivem difúze vodíku, který vzniká při reakci vodní páry s kovem. Dochází zde k tzv. vodíkové křehkosti, která zhoršuje mechanické vlastnosti oceli. [1]

Při ohřevu oceli se tvoří již při teplotě 250 až 300 °C viditelná vrstva oxidů. Zvyšuje-li se teplota ohřevu, tloušťka této vrstvy narůstá a rychlost koroze se zmenšuje. Při teplotách mezi 600 až 800 °C se vytvářejí na povrchu oceli ve dvou až čtyřech vrstvách okuje složených z různých oxidů železa (Obr.1). [1]

Chemická koroze při ohřevu působí kromě ztráty materiálu i různé technologické potíže, jako zaválcování a zakování okují do povrchu, tvrdý povrch, který ztěžuje obrábění aj. Proto se při zpracování ocelí i jiných kovů za tepla používá často v pecích tzv. ochranná atmosféra, tj. směs netečných plynů, které neobsahují hlavně kyslík, a tím se zabraňuje vzniku okují. [1]



Obr.1. Schéma struktury okují na oceli

Elektrochemická koroze

Elektrochemická koroze je rozrušování kovů s různým elektrickým potenciálem za vzniku elektrického proudu, který se mění v teplo. Základním předpokladem pro průběh elektrochemické koroze je přítomnost elektrolytu, tj. elektricky vodivých roztoků nebo tavenin.

V tabulce 1 jsou kovy seřazeny podle velikosti jejich standardních potenciálů E . Některé kovy se rozpouštějí v elektrolytu, vysílají kladné ionty a samy se nabíjejí záporně. Mají proti vodíkové elektrodě záporné napětí a nazývají se neušlechtilé kovy. Jiné kovy v roztoku své soli ionty na sebe přitahují, nabíjejí se kladně a mají vůči vodíkové elektrodě kladné napětí. Jsou to ušlechtilé kovy. Odolnost kovu proti korozi lze zhruba posuzovat podle hodnoty standardního potenciálu tohoto kovu. [1]

Tabulka 1. Standardní potenciály E technických kovů

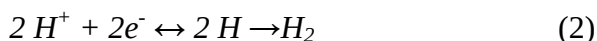
Chemická značka a mocenství iontů kovu	E (V)	Chemická značka a mocenství iontů kovu	E (V)
Hliník Al^{3+}	-1,37	Cín Sn^{2+}	-0,14
Hořčík Mg^{2+}	-1,66	Olovo Pb^{2+}	-0,12
Zinek Zn^{2+}	-0,76	Vodík H^+	0,00
Chrom Cr^{2+}	-0,74	Měď Cu^{2+}	+0,34
Železo Fe^{2+}	-0,44	Měď Cu^+	+0,52
Kadmium Cd^{2+}	-0,40	Stříbro Ag^+	+0,80
Nikl Ni^{2+}	-0,25	Zlato Au^{3+}	+1,50

Kovy s větším záporným potenciálem mají menší odolnost proti korozi než kovy s menším záporným nebo kladným potenciálem.

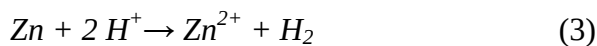
Mechanismus elektrochemické koroze lze vysvětlit i porovnáním s ději, které probíhají v galvanickém článku (Obr.2). Při ponoření dvou kovů s rozdílnými potenciály do elektrolytu vzniká galvanický článek. Zinková elektroda se rozpouští a uvolněnými elektrony se nabíjí záporně:



Probíhá oxidace zinku. Měděná elektroda je však stálá, protože měď je ušlechtilý kov. Oproti zinkové elektrodě, která má nadbytek elektronů, se jeví méně záporně a označuje se jako kladná. Spojí-li se vodivě obě elektrody, mohou elektrony volně přecházet ze zinkové elektrody na elektrodu měděnou. Na ní se neutralizují vodíkové ionty z roztoku a redukují se na vodák:

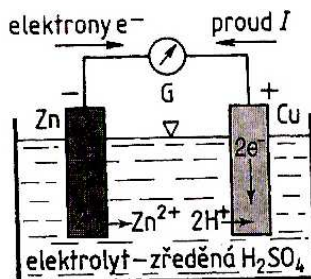


Celkovou chemickou reakci vyjadřujeme rovnicí:



Elektromotorické napětí tohoto článku je:

$$U = E_{Cu} - E_{Zn} \quad (4)$$



Obr.2. Schéma galvanického článku

Elektrochemická koroze probíhá vždy v elektricky vodivém prostředí elektrolytu a skládá se ze dvou dílčích dějů, anodového a katodového.

Anodový děj probíhá tak, že iont vystupuje z mřížky elektronegativnější složky, hydratuje se a vstupuje do elektrolytu. Tato reakce má oxidační charakter. K odstraňování elektronů uvolněných přechodem v iontovou formu dochází katodickou reakcí, a to reakcí elektronů s ionty a atomy schopnými redukce. [1]

Obě reakce, anodická i katodická, jsou doprovázeny vznikem reakčních zplodin. Tím se mění i původní potenciály anody a katody tak, že se sbližují. Tento jev se nazývá polarizace. Polarizace zmenšuje korozní proud, a tím i rychlost koroze. Působí-li děje opačně, vzniká depolarizace. [1]

Rozdělení koroze podle prostředí

a) Atmosférická koroze

Většina kovových výrobků plní svou funkci v atmosféře, a proto se tento druh koroze vyskytuje v největším rozsahu. První z vlivů, které spolupůsobí při atmosférické korozi, jsou klimatické podmínky dané vlhkostí a teplotou vzduchu a jeho znečištěním. Tím je dán i elektrochemický charakter této koroze. Korozní děj probíhá pod velmi tenkou vrstvou vody, nasycené rozpustnými složkami atmosféry, hlavně oxidem siřičitým, oxidem uhelnatým, oxidem uhličitým, amoniakem, chlorovodíkem a aerosoly. Tento vodní film o tloušťce 50 až 150 μm vzniká kondenzací vodních par, obsažených ve vzduchu, jeho vznik je tedy podmíněn relativní vlhkostí vzduchu. Je-li povrch kovu drsný a pokrytý prachem a nečistotami, tvoří se vodní film při nižší relativní vlhkosti, asi kolem 60 %, a nazývá se

kritická relativní vlhkost. Důležitý význam má i kyslík, který proniká tenkým filmem a účastňuje se katodické reakce jako depolarizátor, čili urychluje korozi. Důležitý je i vliv teploty. Při nízkých teplotách se atmosférická koroze zastavuje zmrznutím elektrolytu. Při vzrůstající teplotě vzrůstá i rychlost koroze.

b) Koroze v kapalinách

Z oblasti koroze v kapalinách má největší význam koroze ve vodách. Agresivita vod z hlediska koroze je kromě tvrdosti závislá také na hodnotě pH, na množství plynů rozpuštěných ve vodě, hlavně kyslíku, na teplotě a proudění vody. Kyslík se v průběhu elektrochemické koroze uplatňuje jako depolarizátor. Vody pro průmyslové účely se změkčují, chemicky upravují a odplyňují.

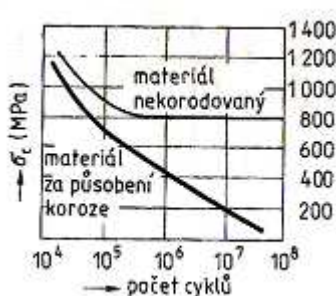
Druhy koroze vlivem vnějších činitelů

a) Koroze při mechanickém namáhání

Napětí se soustřeďuje ve vrubech nebo na hranicích zrn, kde se tím zmenšuje elektrodový potenciál. Napadení proniká do značné hloubky materiálu, pevnost rychle bez pozorovatelné změny na povrchu kovu. Stejný vliv se projevuje i u materiálů tvářených za studena. [1]

b) Korozní únava

Korozní únava vzniká, je-li materiál namáhán jakýmkoli druhem střídavého namáhání za současného vlivu korozního prostředí. Materiál se porušuje již při menším napětí, než odpovídá mezi únavy. Wohlerova křivka se výrazně mění, chybí jí vodorovná část (Obr.3). [1]



Obr.3. Vliv korozní únavy na průběh Wohlerovy křivky

c) Vibrační koroze

Vibrační koroze vzniká, jestliže se po sobě tře ocel s jakýmkoli materiálem za současného vibračního pohybu při mezních hodnotách součinitele tření. Této korozi se čelí mazáním tuhými mazivy, jako je grafit a oxid molybdeničitý, popř. fosfátováním nebo difúzním sírováním.

d) Korozní praskání kovů

Korozní praskání kovů vzniká při současném působení korozního prostředí a mechanického namáhání tahem. Projevuje se vznikem trhlin, které se rozkládají kolmo na směr působení tahových pnutí a mají mezikrystalový, transkrystalový nebo smíšený charakter.

e) Koroze bludnými proudy

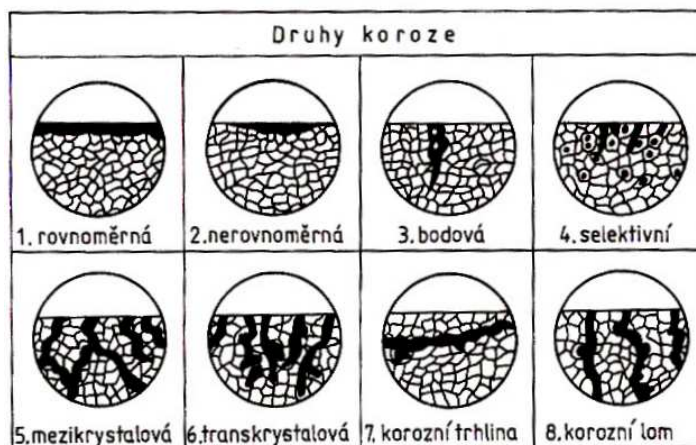
Koroze bludnými proudy vzniká všude, kde vzniká nekontrolovaný (bludný) proud z kladného pólu do zařízení a v jiném místě je opět opouští. Místo, kde proud vystupuje, je anodou a nastává na něm značné rozpouštění kovu, koroze. Nejčastějším zdrojem bludných proudů jsou elektrické dráhy. [1]

Druhy koroze podle vzhledu

Koroze se projevuje různým vzhledem (napadením). Nejspolehlivějším hodnocením korozního napadení je hodnocení metalografické (strukturní), které určuje norma. Provádí se na vzorcích z místa napadení tak, že plocha výbrusu je kolmá ke korodovanému povrchu. Hlavní druhy napadení (Obr.4):

1. Rovnoměrná koroze – probíhá po celé ploše
2. Nerovnoměrná koroze – zanechává některá místa bez napadení
3. Bodová koroze – místní napadení, které postupuje do hloubky bez zvětšení šířky
4. Selektivní koroze – projevuje se napadením jedné fáze slitiny nebo zrn jednofázové slitiny
5. Mezikrystalická koroze – postupuje po hranicích zrn do hloubky bez hmotnostního úbytku při úplné ztrátě mechanických vlastností materiálu
6. Transkrystalová koroze – projevuje se lomem zrn napříč a do hloubky a v účincích se podobá mezikrystalické korozi

7. Korozní trhliny a lomy – mají několik forem podle druhu mechanického namáhání, probíhají transkrystalově nebo mezikrystalově spojitě na povrchu nebo do hloubky [1]



Obr.4. Druhy koroze podle vzhledu a jejich metalografické hodnocení

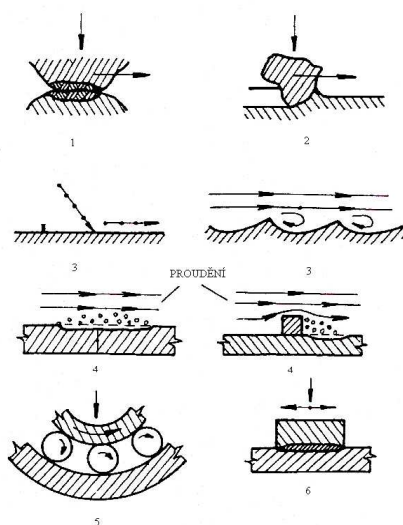
2 OPOTŘEBOVÁNÍ SOUČÁSTEK

Opotřebování je nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles způsobená buď vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a médií, které opotřebování vyvolává.

Projevuje se jako odstraňování nebo přemísťování částic látky z funkčního povrchu mechanickými účinky, případně doprovázenými jinými vlivy (chemickými, elektrochemickými apod.).

ČSN 01 5050 rozděluje opotřebování na šest základních druhů (Obr.5):

1. Adhezivní (oddělování a přemísťování částic z míst, kde stykem kovů na kov se poruší povrchové vrstvy).
2. Abrazivní (oddělování částic z funkčního povrchu účinkem tvrdého a drsného povrchu druhého tělesa nebo abrazivních částic).
3. Erozivní (oddělování částic z funkčního povrchu částicemi nesenými proudem vody, plynu nebo poškozování funkčního povrchu proudem kyseliny, páry apod.).
4. Kavitační (oddělování částic, v oblasti vzniku kavitačních dutin v kapalině).
5. Únavové (oddělování částic vyčerpáním plastických vlastností materiálu únavou).
6. Vibrační (oddělování částic a poškozování povrchu kmitavými tangenciálními posuvy funkčních povrchů při působení zatížení). [1]



Obr.5. Základní druhy opotřebování

3 ZUŠLECHŤOVÁNÍ KOVOVÝCH POVRCHŮ

3.1 Úprava povrchu

Před jakýmkoliv zušlechťováním je třeba kovový povrch očistit tak, aby vazba ochranného povlaku s kovovým předmětem byla co nejdokonalejší. Z povrchu se musí odstranit všechny nečistoty, mastnoty, staré nátěry, jakož i všech větších nerovností a chemických sloučenin s kovem, vzniklých působením prostředí, ve kterém předmět byl. Důkladná příprava povrchu před povrchovou úpravou je prvním a základním předpokladem úspěšného zušlechťování kovových povrchů.

Přípravné práce pro konečné zušlechťování kovových povrchů můžeme rozdělit na:

- a) mechanickou úpravou povrchu (všechny druhy obrábění kovů, včetně broušení, leštění, kartáčování, hlazení, otryskávání)
- b) chemickou nebo elektrochemickou úpravou (odmašťování, moření, leptání, opalování v kyselinách) [2]

Podle povahy a převládajícího znečištění kovového povrchu, podle velikosti a tvaru povrchů upravovaných výrobků a podle požadované povrchové úpravy se volí vhodný technologický postup předběžné úpravy kovového povrchu.

3.1.1 Mechanická úprava povrchu

Broušení a leštění

Provádí se buď ručně, nebo strojně. Broušením rozumíme takové opracování povrchu, při němž stopy broušení jsou patrné okem, zatím co leštěná plocha již nejeví stopy po opracování a dosahuje zrcadlové jakosti. Broušení se provádí pomocí brusných kotoučů.

Na broušení rovinných ploch se používají brusné pásy. Výhodou broušení brusným pásem v porovnání s brusnými kotouči je v delší životnosti brusného nástroje, v menším zahřívání broušeného povrchu a ve snížení ztrátových časů při broušení. U leštění se používají leštící kotouče.

Jako brousící a leštící hmoty se používají rozemleté minerály a horniny o určité tvrdosti a stálosti vlastností. K leštění se používají měkší brusné hmoty.

Broušení a leštění se provádí většinou na univerzálních strojích. U velkých sérií broušených a leštěných výrobků lze úpravu povrchu mechanizovat vhodnými přípravky na karuselových nebo revolverových strojích. Broušení a leštění velkých ploch lze s výhodou provádět přenosnými ručními brousícími přístroji. Pro broušení předmětu cylindrického průřezu jsou určeny bezhroté brusky. [2]

Hromadné broušení, leštění a čistění

K úpravě povrchu drobných součástí, kde nezáleží na jeho mimořádné přesnosti, nýbrž jen na vzhledu, používáme hromadného broušení a leštění v bubnech a zvonech. Při opracování povrchu v bubnech a zvonech je možno výkony hromadného zpracování rozdělit do těchto skupin:

a) Omílání

Drobné výrobky (matky, podložky, háčky, kroužky atd.) se v bubnech nebo zvonech buď vzájemným omíláním, nebo pomocí brusných, hrubších, uhlazovacích či leštících těles, prášku nebo roztoku zbavují hrubých povrchových nečistot. Dělá se většinou za sucha, ale také za mokra, za přísady kyselin, solí apod. Omíláním lze sice vyčistit předměty až do vysokého lesku, avšak povrch není opracován stejnoměrně. Největší úběr je na hranách a rozích. Proto se omílání hodí více pro výrobky s oblým povrchem, než s povrchem rovinným. [2]

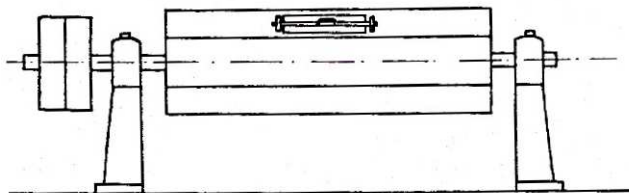
b) Leštění

Leštění se vykonává dlouho trvajícím omíláním předmětů, za použití jemnějších omílacích prostředků, nejjemnější pemzy, červené hlínky a jiného vhodného brusiva. Leští se většinou za mokra, za přísady mýdla, solí apod.

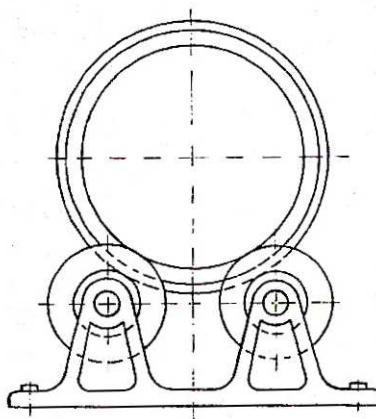
c) Omílání v kalených kuličkách

Omíláním v kalených kuličkách lze dosáhnout vysokého lesku. Strojní zařízení pro všechny povrchové úpravy omíláním jsou v podstatě totožná (Obr.6, Obr.7). malé odchylky bývají ve tvaru průřezu bubnů a ve volbě konstrukčních materiálů. Při omílání se bubny plní zbožím do 1/2 až 3/4 jejich obsahu. Doba omílání je závislá na tvaru omílaných

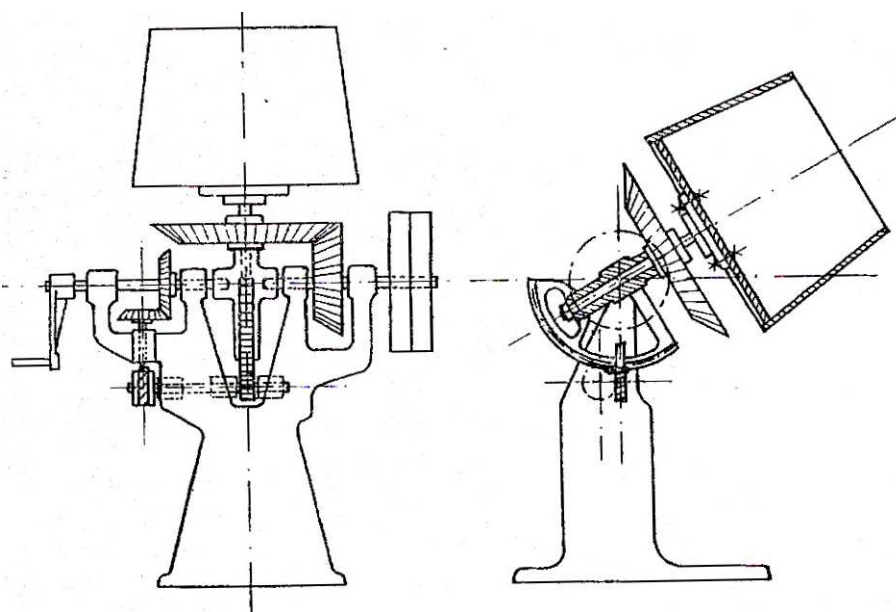
výrobků, jakož i na úběru omílaných ploch. Kvalita povrchu se s dobou omílání úměrně zlepšuje. Omílání se může provádět také ve zvonech, které můžeme považovat za otevřené šikmé bubny, které se otáčejí na jednom čepu. Jejich konstrukce je poněkud složitější, neboť pohon je nejčastěji řešen ozubeným převodem (Obr.8).



Obr.6. Šestihranný omílací buben



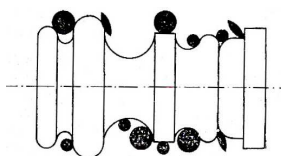
Obr.7. Schéma uložení omílacího bubnu



Obr.8. Pohon omílacího sudu

Kuličkování

Při leštění součástí kuličkováním je třeba volit správnou velikost kuliček, kterými je možno výhodně leštit i výrobky profilované. Kuličky musí nerušeně vnikat i do nejužších prohlubní na povrchu leštěného výrobku (Obr.9). proto se z ekonomických důvodů volí při kuličkování směs kuliček různé velikosti nebo i ocelových, ostrohranných tělísek. Součásti určené k leštění kuličkami musí být kovově čisté. Leštíme-li součásti s okujemi, zrezavělé nebo mastné, povrch zboží se sice vyčistí, ale na úkor lesku. Kuličkování se provádí výhradně za mokra, většinou v roztoku mýdla ve vodě.



Obr.9. Volba velikosti leštících tělísek

Leštění tlakem

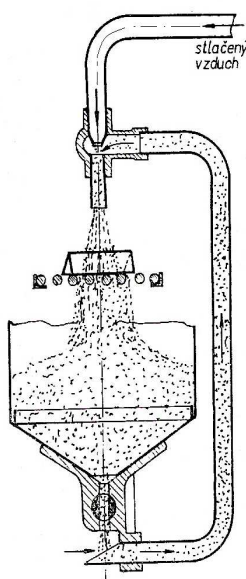
Na kovové ploše lze dosáhnout lesku i bez brusných a leštících prostředků, pouze tlakem tvrdých, lesklých ploch válců nebo průvlatku. Tento způsob výroby lesklého zboží je velmi hospodárný. Jedinou nevýhodou takto leštěných ploch je ta okolnost, že se při leštění používají mazadla, jež se tlakem vtiskují do povrchu, na kterém houževnatě lpí. [2]

Otryskávání – pískování

Je nejrozšířenější a nejjednodušší způsob čištění kovových předmětů. Je to v podstatě rovnoměrné zdrsňování a tím čištění povrchu polotovarů vrhaným proudem písku (křemičitého) nebo ocelové drti (granulovaná drcená litina). Písek nebo ocelová drť působí jako řezný nástroj, který vrháním zarovnává výstupky, převyšující průměrnou hrubost povrchu, odstraňuje okuje, vrstvu rzi, staré nátěry, částečně i mastnotu. Úprava povrchu otryskáváním se používá jako úpravy pod nátěry, smaltování, pro metalizaci i chemické úpravy.

K pískování je třeba vhodného strojního zařízení, skládajícího se v podstatě z kompresoru, sacího potrubí a tryskacího zařízení, které z hlediska konstrukce lze rozdělit na tři skupiny:

- a) sací systém, kde je písek nasáván do trysek proudem stlačeného vzduchu a vrhán na čistěné předměty (Obr.10)
- b) spádový systém, kde písek nebo drť padající volným pádem do směšovací komory se vrhají stlačeným vzduchem tryskou na předměty
- c) tlakový systém, který pracuje se stlačeným vzduchem umožňuje vrhat písek i do větších vzdáleností



Obr.10. Systém otryskávání

3.1.2 Chemická a elektrochemická úprava povrchů

Odmašťování

Pro úspěšné provedení celé povrchové úpravy je základním předpokladem správné odmaštění kovového povrchu, neboť kdyby se z povrchu neodstranil tenký film mastnoty, způsobil by při dalších operacích nemalé nesnáze a znehodnotil by i konečnou povrchovou úpravu. Je-li povrch výrobku zamastěn, je nerovnoměrně i moření a při vlastním pokovování pokovování nebo při nanášení nátěru se zamaštěním snižuje přilnavost povlaku ke kovovému povrchu. [2]

Drobné předměty se hromadně odmašťují v bubnech nebo ve zvonech, stejných, jako u hromadném leštění. Vany pro odmašťování se vyrábějí z ocelových plechů, ve kterých se

odmašťovací lázeň ohřívá. Umělý pohyb lázně napomáhá odmašťování. Po odmaštění v rozpustidlech s alkáliemi je třeba předmět nejdříve opláchnout v horké vodě a nakonec ještě proudem studené vody.

a) Odmašťování vodným roztokem s alkáliemi, jako jsou louhy, uhličitany, alkalické kyanidy, alkalické fosforečnany, možno provést ponorem postřikem. Při odmašťování ponorem nesmí teplota roztoku klesnout pod 80 °C, zatím co při postřiku je třeba udržovat teplotu minimálně 60 °C. Účinek odmašťování se zvyšuje pohybem předmětu v lázni nebo pohybem lázně. Odmašťování ve vodném roztoku s alkálií se z čistého kovu odstraní organické látky i organické zbytky, mazadla, oleje, tuky i nečistoty po broušení a leštění. Používá se na litinu, ocel, barevné kovy, lehké kovy, cín, zinek, nikl. [2]

b) Odmašťování organickými rozpouštědly, jako je benzín, trichloretylen, tetrachloretylen apod. I když se benzín hodí pro odmaštění kovů, z bezpečnostních důvodů se dává přednost chlorovaným uhlovodíkům, které nejsou hořlavé, a proto je s nimi práce bezpečná proti ohni a výbuchu. Pro odmašťování se nejvíce používá trichloretylen, který je nehořlavý, poměrně stálý, lze jej destilací lehce regenerovat. Jeho páry jsou však jedovaté. Odmašťuje velmi intenzivně, proto se používá na očištění všech kovů, mimo hliník a hořčík. Tetrachloretylen má stejné vlastnosti jako trichloretylen, je však stálejší a nerozkládá se světlem, na hliník nepůsobí. Odmašťování organickými rozpustidly se provádí většinou ponorem, zatím co u velkých předmětů přetíráním.

c) Emulzivní odmašťování spojuje výhody odmašťování v alkalických lázních a odmašťování v organických rozpustidlech. Proto lázeň obsahuje dvě hlavní složky, a to organické rozpustidlo a emulgátor. Současné působení obou složek umožňuje dosáhnout větší koncentraci povrchově aktivních látek a zvětšuje emulzifikaci mastnot, protože vlivem organického rozpustidla klesá jejich viskozita. Nevýhodou tohoto způsobu očištění povrchu je chemický účinek alkálií na kovový povrch.

d) Odmašťování spálením se převedou organické látky na kysličník uhličitý a na vodní páru. Ostatní nečistoty se uvolní prudkou expanzí souvislého filmu. Odmaštění se provádí ohřátím v peci na teplotu 600-700 °C a otřením vrstvy ulpívajícího karbonu. Nevýhoda

čištění povrchů opalováním je, že na povrchu vždy zůstane větší nebo menší množství karbonových zbytků a oxidů. Používá se proto jen na ocel a litinu. [2]

e) Elektrolytické odmašťování, při kterém je použit stejný princip jako u alkalického odmašťování, je účinek čištění zvýšen o mechanický účinek uvolňujícího se plynu (vodíku, kyslíku). Učiníme-li katodou odmašťované součásti, vylučuje se na jeho povrchu koncentrovaný hydroxid a bubliny vodíku. Hydroxid, zmýdelněný mastnotou, a vývoj vodíku pomáhá odplavit částice mýdla nebo mastnotu z povrchu předmětu, po odmaštění pak následuje horký a studený oplach. Pro správné elektrolytické odmašťování platí dvě zásady: neprodlužovat odmašťování přes 2-3 minuty, neboť jinek kov pohlcuje vodík, který při delším pokovování může uvolnit kovový povlak a druhou nezbytnou podmínkou je opláchnutí a neutralizování odmaštěného povrchu v roztoku 1% kyseliny sírové.

Moření

Je to pochod, při němž fyzikálně-chemickou cestou zbavujeme mořený povrch výrobků oxidů, sulfidů, karbonátů a jiných v činidlech rozpustných nečistot. Před mořením se musí výrobek řádně odmastit, aby se působení mořícího činidla projevilo po celém povrchu rovnoměrně.

Mechanismus moření spočívá v rozrušení a rozpuštění filmu okují, oxidů a ostatních korozních produktů v čistícím činidle. Moření se provádí většinou ponorem nebo postřikem. Jelikož po moření reagují kovové kysličníky i kov s produkty moření, je třeba zboží po moření neutralizovat a opláchnout.

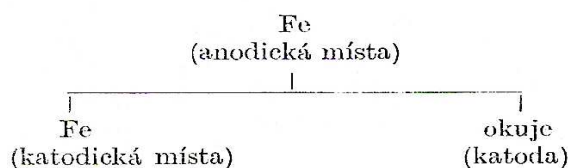
Výrobky takto předběžně upravené se podrobí vlastní povrchové úpravě. Podle použitelných čistících činidel, používaných k moření, lze tuto úpravu kovového povrchu dělit na:

- a) moření kyselé, kde činidlo tvoří vodný roztok jedné nebo více kyseli,
- b) moření alkalické, kde činidlo tvoří roztok alkálií,
- c) moření v roztavených solích, např. hydridu sodném,
- d) moření elektrolytické, při kterém účinek kyselého nebo alkalického činidla urychlujeme elektrickým proudem.

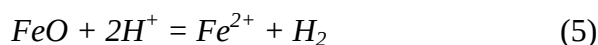
a) Účelem kyselého moření je odstranit okuje z povrchu oceli. Působí-li totiž za vysokých teplot okysličující plyny na povrch oceli, vzniká vrstva kysličníků, která se skládá ze tří znatelně od sebe se rozlišujících vrstev. Železo a kyslík tvoří vlivem difúzního pochodu různé sloučeniny, které se navrstvují a tvoří tzv. okuje. Vnější vrstva Fe_2O_3 je hladká, sametová a má skelný lom. Střední vrstva Fe_3O_4 má na své vnější ploše jasnou krystalickou strukturu. Vnitřní vrstva, která odpovídá stechiometrickému vzorci FeO je velmi měkká, silně pórovitá a nemá žádný vztah k vrstvě střední. Za normální teploty se skládá z $\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{O}_4$. Okuje vzniklé za nízké teploty jsou podle trojmocného kysličníku zbarveny červeně, okuje na oceli silně zahřáté mají barvu magnetitu (Fe_3O_4), modravě černou. Podle diagramu železo-kyslík není fáze FeO pod $^{\circ}\text{C}$ stálá. Pokud se okysličování děje pod touto teplotou, nemůže vůbec FeO v okujích vzniknout. Proto také okuje vzniklé za nízké teploty se těžko rozpouštějí v kyselině, přestože jejich vrstvy je tenká (schází jim lehce v kyselině rozpustná fáze FeO). Průměrně je možno u materiálu válcovaného za tepla počítat s tloušťkou okují 0,02-0,05 mm.

Jakost okují má při moření největší význam a určuje, zda se moření děje rozpouštěním okují nebo jejich odprýsknutím. Mají-li okuje trhlinky a jsou-li nestejněměrné, okuje spíše odprýskávají, než se rozpouštějí. Odprýskávání okují způsobuje vlivem reakce kyseliny se základním kovem velké ztráty kovu a kyseliny. Kyselina, její teplota a koncentrace jsou určovány jen okujemi. Rychlost moření stoupá se vzrůstající teplotou, zatím co v závislosti na kyselině dosahuje maximum. [2]

V praxi se nemoří v čisté H_2SO_4 , ale v louhu, obsahujícím H_2SO_4 a FeSO_4 . Tento louh se získává zpracováním odpadních louhů z mořiren různými způsoby. Tím se moření trochu komplikuje (rychlost rozpouštění FeO v H_2SO_4 s přísadou FeSO_4 velmi značně stoupá. Postačí malé množství FeSO_4 , aby vliv byl značný. Vliv FeSO_4 při velkých koncentracích H_2SO_4 je větší při moření než při menších koncentracích H_2SO_4 . FeO má prakticky stejnou rychlost rozpouštění v louhu jako v čisté v H_2SO_4 . Mořící pochod záleží v elektrochemickém rozpouštění oceli a v redukci vyšších kysličníků na FeO vybijejícím se vodíkem. FeO je rozpustný v kyselině a způsobuje odprýsknutí okují od základního kovu. Zajišťuje dále redukci magnetického kysličníku, který působí jako aktivní depolarizační prostředek. Fe_2O_3 se prakticky vůbec neredukuje. Vývoj vodíku na anodě vzniká vlivem vlastních lokálních článků oceli. Při moření železa působí tedy článek třemi elektrodami:



Činitele, které mají vliv na mořící pochod, jsou zvláště teplota a koncentrace mořící lázně. Mořící pochod se zrychluje zvyšováním teploty. Kromě teploty určuje koncentrace mořidla rychlost moření. Rozpouštěcí rychlost okují je úměrná koncentraci vodíkových iontů. Rovnice rozpouštění FeO je:



U kyseliny solné souhlasí vysoká koncentrace vodíkových iontů s vysokou rozpouštěcí schopností, u kyseliny sírové nesouhlasí. Také přítomnost neutrálních solí ovlivňuje mořící rychlost. Důležitý je také vliv různých činitelů na přepětí vodíku (depolarizátory). Takovým depolarizátorem je např. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ při moření H_2SO_4 . Důležitý je také vzhled a podstata okují samých. Záleží jestli byla ocel válcována za studena nebo vyžehána. [2]

Mimo roztoku kyseliny sírové a kyseliny solné se používá pro moření i roztok kyseliny fosforečné (H_3PO_4). Používá se pro moření výrobků přesného strojírenství. Výhodou tohoto moření je to, že zde nehrozí nebezpečí z přemoření (povrch moření je nejméně náchylný ke korozi) a je nejméně škodlivá, protože nevyvinuje výpary. [2]

Pro moření odlitků, které jsou znečištěny zapečeným pískem, se používá 10% kyselina fluorovodíková a 10% kyselina solná. Kyselina fluorovodíková má tu vlastnost, že rozpouští křemičitany, skla, strusky a smalty. Pro moření mědi se používá 10-15% roztok kyseliny sírové. [2]

Kyselé moření se většinou provádí ponorem, postřikem – činidlem ohřátým na teplotu 50-70 °C, za kterým následuje dvojitý průtočný oplach. Ve směsi kyseliny fluorovodíkové a solné se moří za teploty okolí.

Kyselé moření lze použít na litinu, ocel, nerezavějící ocel, měď, mosaz, bronz, zinek, hliník a jeho slitiny, olovo, nikl.

b) Alkalické moření se používá pro povrchové čištění zinku, hliníku a jeho slitin. Čistící činidlo je tvořeno vodným roztokem alkálií. Pro zinek se používá 40% roztok hydroxidu sodného, zatím co pro hliník a jeho slitiny 10-15% roztok hydroxidu sodného

s přidavkem chloridu sodného. Tento způsob moření se provádí ponorem a postřikem, buď za normální teploty, nebo teploty 50-80 °C. Po moření následuje dvojitý horký nebo studený oplach. [2]

c) Moření v hydridu sodném se používá ve zvláštních případech, jako např. pro moření nerezavějících ocelí.

d) Při elektrolytickém moření se používá kyselé nebo alkalické činidlo. Při kyselém moření oceli se používá 60-70% roztok kyseliny sírové, zatím co při alkalickém moření se používá hydroxid sodný, kyanid sodný, chlorid sodný.

Čistící účinek při kyselém způsobu moření za horka je podporován účinkem vyvíjejícího se plynu na povrchu mořeného předmětu, zapojeného jako katoda, při hustotě proudu kolem 20 A/dm², po dobu maximálně dvě minuty.

Při alkalickém moření se čistí povrch za spolupůsobení elektrolýzy při teplotě kolem 45 °C. Polarita na elektrický okruh zapojeného předmětu se neustále mění. Proudová hustota bývá kolem 4 A/dm², při proměnném cyklu 45-50 vteřin jako katoda, 10-15 vteřin jako anoda. [2]

I při elektrolytickém moření součásti následuje oplach ve studené vodě. Elektrolytické moření se používá na čištění litiny, oceli, niklu, nerezavějících ocelí. Chceme-li dosáhnout přesného dodržení tolerance rozměru mořené součástky při zajištění lesklého povrchu používáme alkalické moření jen s katodickým cyklem. [2]

3.2 Způsoby zušlechťování kovů

3.2.1 Galvanické povlaky

Nejjednodušším příkladem galvanického pokovování je vytlačování ušlechtlejšího kovu v roztoku jeho soli kovem méně ušlechtilým. Vložíme-li zinek do roztoku olovnaté soli, rostou na něm stromečkovité krystaly olova. Pozinkovaný plech pomědíme ponořením do roztoku síranu měďnatého. Abychom dosáhli tlustšího povlaku na základním kovu, vedeme elektrický proud vodným roztokem soli kovu. Na negativním pólu, katodě, se vylučuje kov z iontového stavu do kovového a vodík, na anodě pak, kladném pólu ,

vybíjejí se anionty, rozpouští se anoda nebo se vylučuje kyslík. Množství iontů vyloučených elektrickým proudem je přímo úměrné intenzitě procházejícího proudu a době, po kterou tento proud prochází a dále množství iontů vyloučených proudem této intenzity za stejnou dobu je v přímém poměru s chemickými ekvivalenty těchto, při čemž chemickým ekvivalentem iontu se rozumí poměr atomové váhy a mocenství příslušného iontu. Konstanta C pro atomovou váhu 1 a valenci 1 se nazývá elektrochemickým ekvivalentem vodíku.

Růst sraženiny kovu na katodě je analogický krystalizačnímu pochodu. Podle podmínek elektrolýzy může být katodová sraženina a) hladká, souvislá, lesklá jako zrcadlo, b) drsná, hrubě krystalická, c) ve formě prášku, který odpadáva od katody, d) může být směsí kysličníků kovu, houbou, e) nevylučuje se kov, ale vodík, nebo pozorujeme neúplné vybíjení. [2]

Pro určitou intenzitu proudu je třeba určité koncentrace vodíkových iontů pro různé kovy a pro různé podmínky elektrolýzy. Při zvýšení koncentrace elektrolytu při stejné hustotě proudu dostaneme zmenšenou krystalizační rychlost a hustší sraženinu. Při zvýšení hustoty proudu se zvětšuje krystalizační rychlost a sraženina bude mít sklon tvořit stromečky.

Kovy vyloučené na katodě nejsou nikdy čisté, ale mají mnoho příměsí, které mívají vliv na odolnost vůči korozi. Lze vylučovat z elektrolytu více kovů najednou jako slitiny (např. mosazi). Při nejnižším potenciálu se začne vylučovat nejušlechtlejší kov. Nebýt polarizace, nemohl by se druhý kov s vyšším potenciálem vůbec vylučovat. Protože však potenciál prvního kovu roste polarizací až k hodnotě potenciálu druhého, méně ušlechtilého kovu, začne se vylučovat kov s ním. Změnou složení lázně a koncentrace lze oblast vylučování rozšířit tím, že potenciály obou kovů vůči elektrolytu k sobě přiblížíme.

Hladké, lesklé povlaky lze dosáhnout jen na vyleštěných plochách. Spojení povlaku se základním kovem bývá buď mechanické nebo chemické. Vyloučený kov vyplňuje prohlubně v základním kovu. Chemické spojení nastane difúzí povlaku do základního kovu. Soudržnosti se pomáhá úmyslným vytvářením kovové mezivrstvy, např. při galvanickém pocínování indukčním ohřevem, roztavením cínu galvanicky naneseného. Lesku povlaku se dosáhne přísadou některých organických přísad elektrolytům.

Galvanické pozinkování

Elektrolyty jsou buď alkalické lázně, nebo lázně slabě kyselé a velmi kyselé. Hlavní součástí alkalických elektrolytů je zinek ve formě kyanidových komplexních solí, dále louhy a kyanidy alkalické. Kyselé lázně obsahují kromě zvláštních přísad síran zinečnatý, kyselinu sírovou, přísady ke zvýšení vodivosti a k udržení kyselosti lázně. Velmi kyselá lázeň obsahuje kromě síranu zinečnatého velké množství volné kyseliny sírové a pracuje na rozdíl od dřívějších způsobů s nerozpustnými anodami. Zinek se dodává vylouhováním produktů obsahujících kysličník zinečnatý. Přítomnost ušlechtilých kovů je zvláště pro lesklé lázně škodlivá a jejich větší množství mohou vylučování zinku v kyselých lázních zcela zamžit. Dále se používají pyrofosfátové lázně. Pro pozinkování drátů se používají kyselé lázně, právě tak pro pozinkování ocelových pásů.

Galvanické pocínování

Pocínuje se z kyselých roztoků solí cínatých i z alkalických ciničitanů. Protože je cín v kyselých roztocích ve formě dvojmocných iontů, probíhá při stejné proudové hustotě vylučování z kyselých elektrolytů dvojnásobnou rychlostí než z elektrolytů alkalických, kde je cín čtřímocný. Kyselé lázně pracují při normální teplotě, alkalické při zvýšené teplotě. [2]

Při volbě lázně se musí dbát na tvar pocínovaného předmětu. Alkalický pochod se volí pro předměty složité, pro pocínování hladkých rovinných ploch se volí pochod kyselý. Nezbytnou složkou kyselých lázní je kyselina sulfokrezolová, díky níž se zmenšuje zrnitost povlaků a oxidace lázně. Pro pocínování pásu se používá kromě síranové lázně (ferostanový způsob) ještě lázeň obsahující kromě síranu chlorid cínatý, kyselinu fluorovodíkovou a jiné přísady (halogenový způsob), dále alkalický způsob, používající roztoku alkalického ciničitanu a alkalického hydroxidu. Odolnost vůči korozi pocínovaných pásů se zvyšuje pasivací chromátováním.

Galvanické poniklování

Poniklování je z nejdůležitějších způsobů pokovování. Používají se kyselé lázně síranové. Jen pro tvrdé povlaky se používají lázně chloridové nebo lázně síranové s chloridy, zvláště s chloridem amonným. Nové typy lázní mají síran nikelnatý, kyselinu boritou a chloridy. Někde se používají i lázně fluoroboritanové. [2]

Anody používané pro poniklování jsou lité, válcované, elektrolytické a depolarizované. Depolarizované anody obsahují buď kyslík ve formě NiO, nebo uhlík, jež podporují rozpouštění niklu. Pro tzv. černé poniklování se používají lázně, v nichž je zvláště síran nikelnatý a sloučeniny s obsahem síry, např. rhodanidy alkalických kovů. Lesklé niklové povlaky se získají přísadou anorganických a organických leskutvorných přísad, jako jsou soli zinku, kadmia, olova, talia, kobaltu, selenu a teluru, nebo aromatické amoniosloučeniny nebo koloidy, sulfonové deriváty naftalenu, benzenu a toluenu. Lázně obsahují síran nikelnatý, kyselinu boritou.

Galvanické pochromování

Povlaky jsou odolné vůči atmosferické korozi, jsou odolné proti mechanickému opotřebení, mají malý koeficient tření a velkou odrazivost světla. Odolnost proti opotřebení strojních součástí se zvyšuje tzv. tvrdým chromováním. [2]

Chromovací lázně jsou lázně s kyselinou chromovou a sírovou, lázně s kyselinou fluorovodíkovou nebo fluorokřemičitou, lázně s kyselinou chromovou a chromanem sodným nebo amonným, lázně samoregulační. Mimo kyselinu chromovou a sírovou obsahují nejznamější chromovací lázně jiné sloučeniny (např. železité, chromité měďnaté, hlinité atd.). Pro tvrdé chromové povlaky je třeba zvláštního technologického postupu, který se skládá z tepelného zpracování součástí, aby se dostal tvrdý podklad, mechanického obrábění, čištění, leptání. Po chromování následuje odvodňování oceli i povlaku ohřevem v oleji nebo v pecích. Porézní chromové povlaky se vytvoří po zvláštní úpravě povrchu základního kovu, aby se vytvořily prohloubeniny a póry chemickým a elektrochemickým působením na hotové chromové povlaky. Účelem je smáčení olejem i při velkých tlacích a velkých obvodových rychlostech. Olej se hromadí v prohlubních a kanálcích.

Galvanické poměďování

Poměďovat lze z kyselých lázní síranu měďnatého nebo z lázní alkalických, kyanidových. Do kyselých lázní se přidává přísada želatiny nebo kamence a jiných organických látek, aby se zvětšila jemnozrnnost povlaku. Je-li základním kovem ocel, poměďuje se nejprve v kyanidové lázni kyselé, obsahující volnou kyselinu sírovou. Kyanidové lázně obsahují kyanid měďnoalkalický, volný kyanid, uhličitan sodný nebo draselný a někdy také louh sodný nebo draselný apod.

Kyselé lázně obsahují síran měďnatý a kyselinu sírovou a přísady pro lesklé povlaky. Chceme-li se vyvarovat ze zdravotních důvodů kyanidových lázní, používáme zejména lázně pyrofosforečnanové, jejichž základem je pyrofosforečnan měďnatoalkalický.

Galvanické antimonování

Antimonové povlaky jsou odolné v suché atmosféře, a lze je proto použít jako náhradu za chromování. Elektrolyty jsou na bázi fluoridové a obsahují fluorid antimonitý a kyselinu sírovou a citrónovou.

Galvanické pokadmiování

Kadmium se chová jako zinek, ale je dražší, a proto se kadmiové povlaky nahrazují zinkovými. Pokadmiovává se z kyselých lázní, ze síranu, chloridu, dusičnanu, nebo z alkalických lázní, obsahujících kyanid a louh sodný, kromě toho obvyklé leskutvorné přísady. Protože mají kyselé lázně špatnou hloubkovou účinnost, používají se většinou lázně kyanidové. [2]

Galvanické poolování

Olovo je odolné vůči kyselině sírové a siřičité a proti atmosféře, obsahující kyslíčník siřičitý. Poolovují se také drobné elektroinstalační součástky. Všeobecně se používají kyselé lázně fluoroboritanové, jiné lázně jsou fluorokřemičité a lázně z organických solí olova. [2]

Galvanické postříbřování

Stříbro je chemicky velmi odolné, a proto se postříbřují přístroje, hudební nástroje, ale i součástky v elektrotechnickém průmyslu. Používají se kyanidové lázně, obsahující stříbro ve formě kyanidu stříbrno-alkalického, volný kyanid, alkalické uhličitany a leskutvorné přísady. Pro různé účely mají lázně různé složení a přísady.

Galvanické pozlacování

Zlato se vylučuje, pro zlatnické účely a bižuterii, z kyanidových lázní (kyanid zlatnatodraselný), obsahující volný kyanid draselný a uhličitán draselný. [2]

Jiné galvanické povlaky

Vylučuje se také železo jako povlak, vzácné kovy, ale i hliník, kobalt. Používají se slitinové povlaky, např. mosazné, vylučované ze složitých kyanidových lázní. Složení lázní záleží na požadované tloušťce a na barvě povlaku.

3.2.2 Pokovování v roztavených kovech

Pro tento způsob pokovování se používá nejčastěji zinek, cín, olovo a hliník jako ochranná vrstva na oceli nebo někdy i na litině a mědi a jejich slitinách. Povlaky mají být pokud možno bez póru, zvláště tehdy, je-li povlak katodický, tj. ušlechtlejší než základní kov. Větší tloušťka povlaku je nutná u těch anodických kovů, které se v korozním prostředí rozpouštějí (např. zinek na oceli). [2]

Pozinkování v roztaveném zinku

Pozinkování je nejrozšířenější způsob ochrany oceli proti korozi namáčením v roztaveném kovu. Dobře provedené zinkové povlaky vydrží ve venkovní atmosféře až 60 let a jejich životnost se dá ještě prodloužit nátěry nebo jinou povrchovou úpravou. [2]

Před pozinkováním se předměty, plechy, pásy, dráty upravují mořením, před nímž může být někdy zařazeno odmašťování. Moří se v kyselině sírové 6-10%, nebo v kyselině solné 17-20%. Při moření se přidávají do mořidel inhibitory, jež mají zmenšit ztrátu kovu, snížit spotřebu kyseliny a zabránit vnikání vodíku do základního kovu. Vymořené předměty se zbavují oplachováním zbytků kyseliny. Přesto zůstávají na povrchu oceli zbytky solí železa. Tyto soli by bránily reakci mezi ocelí a roztaveným zinkem. Proto se odstraňují z povrchu základního kovu tzv. tavidly, které podporují také smáčení povrchu předmětu snížením povrchového napětí roztaveného zinku. Základní látkou tavidla je chlorid zinečnatý nebo chlorid amonný, do něhož se přidávají anorganické a organické látky (např. glycerín).

V pozinkovací lázni se tvoří tzv. tvrdý zinek, sloučenina FeZn_7 , jež zhoršuje jakost zinkového povlaku a je jednou z příčin ztrát zinku při pozinkování. Tvorba tvrdého zinku závisí na různých činitelích: způsobu moření, oplachování, teplotě a složení pozinkovací lázně, způsobu vytápění pozinkovací vany, rychlosti průchodu předmětů, plechů, pásů, drátů lázní. [2]

Výrobní zařízení a technologie při pozinkování jsou u všech druhů materiálu podobné. Moření se provádí v mořicích kádích, pozinkuje se v železných vanách. Vany se vytápějí nejvíce plynem nebo elektricky. Vany ze šamotového materiálu se vytápějí nízkofrekvenční indukcí, tím odpadá reakce zinku se stěnami vany.

Pozinkování pásů patří mezi nejmodernější způsoby pozinkování. Pro pozinkování pásů se nepoužívá tavidel, ale aktivace povrchu se provádí v ležaté žíhací peci, která má pásmo oxidační, redukční a chladicí, které tvoří jeden celek. Pásky pak vcházejí o teplotě kolem 500 °C do vany se zinkem.

Pozinkování trub a drátů se provádí obvykle pomocí tavidlového způsobu. Další technologií pozinkování trub a drátů je bez tavidel, používající oxidace oceli a redukce kyslíčnicků. Dráty se pozinkují buď před tažením na konečný rozměr, nebo po konečném tažení. První způsob má několik výhod: dráty tažené na konečný rozměr po zinkování jsou hladké, jsou výhodné pro splétání lan (netrhají se). [2]

Drobné předměty (šrouby, matice apod.) se moří v koších, oplachují se a po vysušení se ponořují do roztaveného zinku. Přebytný zinek se odstraňuje v odstředivce.

Pozinkování litiny je obtížnější než pozinkování oceli, protože základní materiál obsahuje více uhlíku v podobě grafitu a jeho povrch bývá znečištěn pískem. Předměty z temperované litiny se snáze pozinkují než předměty z obyčejné litiny, protože jejich povrch je oduhličen.

Pocínování v roztaveném cínu

Ocelový materiál se před pocínováním moří v kyselině sírové nebo solné. Potom prochází tavidlem (chlorid zinečnatý), dále roztaveným cínem nejvyšší čistoty, a nakonec palmovým olejem (zabraňuje oxidaci povrchu cínu a volná kyselina palmitová zbavuje povrch cínu zbytků nečistot. [2]

Plechý i pásy lze po pocínování pasivovat na povrchu chromátováním (zabraňuje se tím černání vnitřku konzervových plechovek pro konzervování některých druhů potravin).

Pocínuje se nejen ocel, ale i mosaz, bronz, hliník, měď, zejména dráty a trubky a menší předměty. Pocínuje se také litina, hlavně pro pocínování litinových ložiskových pánví před vyléváním ložiskovým kovem. Používá se jednak chloridové metody po mechanické úpravě broušením, otryskáním, omíláním. Po odmaštění trichlorethylenem

následuje následuje moření v kyselině solné nebo fluorovodíkové. Nové způsoby používají moření v roztavené směsi chloridu zinečnatého a sodného, potom se předměty namáčí do roztaveného cínu a ochlazují se v parafínu nebo v lehkém oleji. Nebo se předměty moří po mechanické úpravě povrchu v kyselině sírové s přísadou inhibitoru, pak se předměty po opláchnutí ponořují do roztavené směsi dusičnanu sodného a dusičnanu draselného, pak v kyselině fluorovodíkové a po opláchnutí vodou se teprve pocínují v roztaveném cínu. Pro litinu s vysokým obsahem fosforu se používá přímé chloridové metody s dvěma druhy chloridových tavidel.

Poolování v roztaveném olovu

Olověné povlaky se používají všude tam, kde předměty přicházejí do styku se silně korodujícím prostředím, např. s výpary některých kyselin kyslíčnickem siřičitým a jinými chemickými činidly. Velká odolnost povlaku je vyvolána tím, že se na jeho povrchu tvoří (např. v kyselině sírové) vrstvička vrstvička soli olova, jež je těžko rozpustná ve vodě a ve zředěných kyselinách. Aby olověný povlak spnil svůj účel, nesmí být pórovitý. [2]

Pokovování olovem je zatíženo tím, že olovo netvoří se železem sloučeninu. Ke zlepšení přilnavosti povlaku olova se přidává do olova antimon, cín, které se železem reagují. Postačí přísada 7% Sb nebo 10% Sn, aby se získaly přilnavé povlaky.

Úspěch poolování závisí především na jakosti základního materiálu a na přípravě povrchu před poolováním. Poolování se provádí ve stejných vanách jako pozinkování a pocínování. Nejprve se předměty moří v kyselině sírové, a nelze-li okuje z povrchu předmětu odstranit, přidává se do kyseliny sírové ještě kyselina solná.

Pohliníkování v roztaveném hliníku

Hliníkový povlak, získaný namáčením oceli do roztaveného hliníku, má vynikající antikorozi vlastnosti. Odolnost hliníkového povlaku se zvyšuje vrstvičkou kyslíčnicku, jenž se vytvoří na povrchu. Mezi povlakem hliníku a ocelí vznikají mezivrstvy, tvrdé a křehké, jež zhoršují mechanické vlastnosti hliníkového povlaku. Tloušťka mezivrstvy se zmenší zkracováním doby ponoření do roztaveného hliníku, snižováním teploty lázně a příměsí některých prvků, které zpomalují nebo úplně zastaví difúzi mezi hliníkem povlaku a železem základního kovu. Jsou to berylium, křemík nebo měď. [2]

Hlavní podmínkou pohliníkování je, aby jak hliník, tak i základní kov, ocel, byly během pokovování čisté. Základní materiál se nejprve lehce okyslíčí a pak se žíhá v atmosféře vyrobené štěpením čpavku. V této ochranné atmosféře zůstává materiál až do svého ponoření do roztaveného hliníku. Odpadá moření a použití tavidel.

Hliníkové povlaky odolávají v různých atmosférách desetiletí. Hliníkové povlaky se používají pro povlakování olechů. Nevýhodou hliníkových povlaků je pórovitost. Povlaky jsou velmi tenké a zvětšení tloušťky povlaku vyžaduje zdrsňování povrchů výrobku.

3.2.3 Difúzní povlaky

Sherardizování

Používá se pro malé součásti, u nichž se má zachovat rozměr. Protože se sherardizované povlaky nedají tvárnit, musejí mít předměty již před sherardizováním hotový tvar.

Jsou-li zokujené nebo rezavé předměty, nejprve se jako obvykle moří a pak se suší. Předměty se dají do bubnu spolu se směsí písku a zinkového prachu. Buben se pomalu otáčí a předměty v něm zůstanou několik hodin za teploty kolem 400 °C. Pak se nechají v bubnu vychladnout, prach se prosije.

Sherardizované povlaky jsou povlaky Fe-Zn a jsou pevně spojeny se základním kovem. Vnější vrstva povlaku má kolem 6% Fe. Podle způsobu výroby jsou povlaky tmavší nebo světlejší. Jsou tvrdší než čistý zinek. [2]

Sherardizování se používá pro šrouby, matice, hřebíky apod., jež by se daly nesnadno pozinkovat namáčením a u nichž je třeba stejnoměrného povlaku. Nemůže se provádět u velkých výrobků (plechů, trub). Povlak bývá tlustý 100-1000 g/m². [2]

Chromování cementací

Chrom se nanáší na ocel difúzním pochodem. Chrom vytvoří na železe tuhý roztok. Jsou různé patenty tohoto způsobu. Podle jednoho z nich se zahřívají železné nebo ocelové předměty na 1200-1350 °C v prášku kovového chromu, smíšeného se stejnými díly kysličníku hlinitého a hořečnatého. Aby se zabránilo oxidačním vlivům, vpouští se do pracovní nádrže vodík nebo se vyčerpává vzduch. Aby se mohlo pracovat při nižší teplotě,

používá se směs 10% zinkových zrn, 5% práškovitého hliníku, 85% práškovitého chromu při 900 °C. [2]

Chromové povlaky, vyrobené difúzí, nejsou tak tvrdé jako galvanické chromové povlaky. Jsou odolné vůči kyselině dusičné zředěné, ne však vůči kyselině sírové a solné. Povlaky Cr-Zn-Al jsou odolné vůči žáru při 1100-1150 °C. [2]

Chromové povlaky z plynné fáze

Jsou dva druhy tohoto způsobu pokovování: Kov se převede v plynný stav a vede se proudem plynu na kov, jehož teplota je nižší než teplota kondenzace par kovu. Páry kovů se srážejí na chladnějším podkladě a tvoří povlak. Druhý způsob používá chemické sloučeniny kovu, převedené v páru, zvláště halogenové sloučeniny, jež tepelnou disociací nebo reakcí povlaků se základním kovem srážejí kov nebo metaloid v souvislé vrstvě na kovu. Teplota vypařování kovu se může snížit snížením tlaku. Pracuje se obvykle v redukční atmosféře (vodík nebo CO), ale také v neutrální atmosféře (H₂ a HCl). Při výrobě těchto povlaků z par sloučenin kovů máme tuto reakci:



Chromování se provádí tak, že předměty se zahřejí s práškem chromu a FeCl₃ a 2% NH₄Cl v uzavřených nádobách při 900 °C. Nebo se zabalí předměty do CrCl₂ a zahřívají se na 850-950 °C. Za teploty 850-950 °C se vede podle jiného způsobu chlór nebo HCl přes chrom a ferochrom a dále se vede CrCl₂ na předměty. Tento způsob se používá především u složitých a nepravidelných předmětů, jež se nesnadno elektricky pokovují. Tímto způsobem se pochromují šrouby, matice. [2]

Obsah uhlíku nemá být v oceli vyšší než 0,1 % na povrchu. Difúze je možná také z neutrálních solí roztavených, ze směsí CrCl₂, AlCl₃ nebo MgCl₂ a alkalických zemin. Tento způsob se používá pro trubky, šrouby, plechy, žáruvzdorné desky, přístroje atd.

Křemíkování a jiné způsoby

Na rozžhavenou ocel se působí SiCl₄, tvoří se hustý povlak z křemíku a slitin se železem a FeCl₂ prchá. Jiný způsob používá prášek karbidu křemíku nebo FeSi, písek a FeCl₃ v uzavřené nádobě a zahřívá se na 500-900 °C. Uhlíku má být v oceli asi 0,1%.

Přídavné chloridy mají vytvářet s křemíkem chlorid křemičitý. Lze požit také chlór, který určí rychlost narůstání vrstvy.

Difúzní sírování se provádí v prostředí obsahujícím sloučeniny síry, jako jsou sirníky rhodanidy apod. Tohoto způsobu lze použít na kluzná ložiska, pánve, vložky, čepy, pohybové šrouby a matice, nástroje, ozubené a třecí převody atd. [2]

Difúzní pohliníkování

Účelem difúzního pohliníkování je zvýšit žáruvzdornost ocelí, litiny a žáruvzdorných slitin, chránit ocel proti korozi. Jsou známy způsoby, jako alitování, aluminování, kolorizování. Alituje se v prášku feroaluminia s přídavkem chloridu amonného. Alitovaná vrstva je křehká a tvrdá, odolává žáru tím, že na povrchu alitované oceli se vytvoří vrstva kysličníku hlinitého, která lpí na povrchu a brání pronikání kyslíku a vytváření okují. Alitační směs se skládá z feroaluminia, jemných látek, jako je kysličník hlinitý, šamot, a z chloridu amonného. Předměty se zasypou do promíchané alitační směsi a zahřívají se na teplotu 850-1100 °C. Místo feroaluminia se někdy používá hliníkový prášek a pochod se pak nazývá kolorizování. Kolorizování je nástříkání hliníku na povrch kovu. Předměty se popískují a na jeho povrch se nastříká tlustá vrstva hliníku. Pak se předměty ohřejí na teplotu 900-1000 °C. Hliník se chrání před roztavením důkladným nátěrem vodního skla. Po vysušení vrstvy vodního skla se předměty vloží do pece vyhřáté na 650°C, pak se teplota zvýší opět na 900 °C.

Difúzní pohliníkování se používá u předmětů určených pro součásti pecí, topenišť a výfukových potrubí atd. [2]

3.2.4 Povrchová ochrana povlékáním a plátováním

Aby se uspořil drahý materiál při výrobě rozměrných a drahých konstrukcí, chrání se tyto konstrukce buď povlékáním, nebo se vyrábějí z plátovaných konstrukčních materiálů.

Povlékání

O povlékání hovoříme tehdy, potahujeme-li jakoukoliv antikorozi slitinou, vyrobenou v pásech, o rozměrech cca 600-750 mm x 70-85 mm přivařujeme elektrickým obloukem na tato místa konstrukce, která máme chránit před účinkem aktivního prostředí. [2]

Plátování

Plátování je způsob výroby rozměrných konstrukcí, které vzdorují oxidaci, korozi, či erozi za mimořádných podmínek. Aby se ušetřil drahý materiál, plátuje se jím v tenkých nebo tlustších vrstvách levnější kov nebo slitina. Tak se plátuje ocel mědí, hliníkem, niklem, stříbrem, platinou, nerezavějící ocelí. Největší význam má plátování obyčejných uhlíkových ocelí nerezavějícími ocelmi, např. 18% Cr-8% Ni.

Plátuje se obvykle naválcováním oceli odolnějším kovovem za tepla ne jinými způsoby, natavováním nebo navařováním jednoho kovu na druhý. Metody, jimiž se plátují dva kovy jsou tyto:

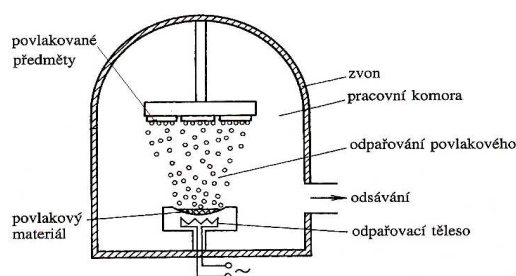
- a) Metoda zalévání: Dva plechy z legované oceli, které mají být plátovanou vrstvou, se očistí a vyleští. Mezi tyto plochy se vloží izolační vrstva a okraj se svaří. Potom se plechy vloží do kokily a zalejí se ocelí, která má tvořit základní kov. Zalitý materiál se pak vyválčuje na žádanou tloušťku a po odstřižení okrajů se dostanou dva jednostranně plátované plechy.
- b) Metoda oblévání kusů: Kus kovu nebo slitiny, která má tvořit základní kov, se vloží po očištění povrchu do kokily a zaleje se kovem nebo slitinou, kterou se má plátovat. Bimetalický kus se pak vyválčuje na žádané rozměry.
- c) Metoda natavování: Používá se elektrický proud k roztavení kovu, naneseného ve formě prášku na základní kov.
- d) Ochranná vrstva se navaří na základní materiál elektrickým obloukem nebo pod roztavenou struskou se pak takto upravený kus vyválčuje.
- e) Na sebe položené očištěné plochy se společně vyválčují. [2]

3.2.5 Povlakování ve vakuu

Podstatou této fyzikální metody je odpařování vhodného povlakového materiálu ve vakuu s následnou kondenzací jeho kovových par na povlakovaném předmětu. Povlakový materiál zahříváme při velmi nízkém tlaku (asi $5 \cdot 10^{-1}$ Pa) na odpařovací teplotu. Vzniklé páry dopadají na povlakovaný předmět, který má nižší teplotu než je kondenzační teplota par povlakového materiálu. Páry se na povrchu předmětu srážejí (kondenzují) jako jemný povlak (Obr.11).

Předností tohoto způsobu povlakování je rovnoměrná a velmi malá tloušťka povlaku na jakýkoliv materiál. Předměty mohou mít i složité tvary s dutinami. Přílnavost povlakových vrstev je závislá především na čistotě upravovaného materiálu, na teplotě povlakování a na rychlosti odpařovaných částic dopadajících na povrch předmětu.

Nejpoužívanějším povlakovým kovem je hliník, jehož povlaky jsou velmi lesklé a mají dobrou odrazivost. Hlavní těžiště použití je v optice při povlakování zrcadel a automobilových reflektorů, v elektronice při výrobě integrovaných obvodů kontaktů odporů, supravodivých vrstev, polovodičových prvků aj. Další využití je v oblasti ozdobných povlaků, zejména v bižuterii a v povlakování nástrojů z rychlořezných ocelí a slinutých karbidů. [2]



Obr.11. Princip fyzikálního povlakování ve vakuu

3.2.6 Nekovové povlaky

Okysličování oceli

Je to nejstarší způsob chemické ochrany oceli před rezavěním. Na oceli se vytvoří tenké vrstvičky kysličníků, které interferují různými barvami od hnědé přes modrou k šedé a černé. Nabíhací barvy oceli při různých teplotách jsou tyto:

Teplota °C	Barva
od 200	kovově čistý povrch
od 210	žlutobílá
od 220	slámově žlutá, světle žlutá
od 230	žlutá
od 240	tmavožlutá

od 250	žlutohnědá
od 270	červená, purpurová
od 280	fialová
od 290	tmavomodrá
od 300	chrpově modrá
od 310	světle modrá
od 320	šedomodrá
od 330	šedá, šedozelená

Často se okysličování provádí v tavenině, směsi dusičnanu sodného a draselného, zahřáté na různé teploty. Okysličování na černo se provádí v tavenině dusitanu a dusičnanu sodného nebo v jiných lázních. Předměty se před okysličováním brousí nebo jemně soustruží a odmastí. [2]

Fosfátování

Při fosfátování se očištěné předměty ponoří do horké kyseliny fosforečné, dále se používá kyselina fosforečná s přísadou fosforečnanu železnatého a manganatého. [2]

Fosfátování se používá v automobilovém průmyslu, ve stavbě železničních vagonů, letadel, lodí, strojů, stavitelství, jemné mechanice atd. Samotného fosfátování se málo používá. Předměty se buď dále natírají, nebo lakují. Fosfátování je také prostředkem při zpracování kovů za studena: jde hlavně o tažení drátů, protlačování ocelových profilů, tažení trub a dutých těles pro hluboký tah. Díky tomuto pochodu se spotřebuje méně energie, zlepšil se povrch taženého drátu, zvýšila se životnost nástrojů.

Okysličování hliníku a jeho slitin

Na povrchu hliníku se tvoří na vzduchu ochranný povlak kysličníku hlinitého. Aby se jeho vrstva zesílila, používá se chemického a elektrochemického způsobu. Hliník a slitiny hliníku bez mědi se namáčejí do roztoku, který se skládá z hydroxidu chromitého a hlinitého. Tyto vrstvy jsou světle šedé nebo tmavošedé, mohou být matné nebo lesklé, jsou zakotveny v povrchu základního kovu a neodprýskávají ani po ohybání, úderu, válcování

apod. Vrstvy jsou dokonalé odolné vůči kuchyňské soli, mořské vodě, alkoholu atd. a impregnací vhodným lakem se jejich odolnost ještě zvýší.

Elektrolytické okysličování hliníku a jeho slitin se nazývá eloxování. Jsou různé varianty tohoto způsobu podle druhu proudu a napětí. Je důležité znát složení slitin, jež eloxujeme, mají se používat jen standartní slitiny, jež se chovají různě podle svého obsahu Si, Cu, Zn, Mg atd. v elektrolytu. Jako elektrolyt se používá kyselina oxalová s přísadami kyseliny borité, sírové a chromové. [2]

Eloxované povlaky odolávají atmosféře, mořské vodě, velkému množství chemikálií. Povlak nemá žádnou chuť, a nemění se proto jakost potravin a jídel, použije-li se povlak pro jídelní přístroje. [2]

Povrchová ochrana hořčíkových slitin

Výrobky z hořčíkových slitin se na vlhkém vzduchu rychle povlékají šedou vrstvou kysličníku. Přesto lze i tyto slitiny povlékat povlaky různým způsobem: chemickým zpracováním povrchu mořením, zpracováním v autoklávech, povlékáním anodickými povlaky, povlaky laku.

Chemické zpracování povrchu mořením používá po odmaštění povrchu výrobku moření v dvojchromanu draselném s kyselinou dusičnou pro tvárněné a lité výrobky. Pro odlitky lité pod tlakem se používá moření ve směsi louhu sodného s dusičnanem sodným, dále pak moření ve směsi dvojchromanu draselného s kyselinou sírovou a dusičnou. Slitiny se dají barvit v roztocích různých solí. [2]

Za tlaku mnoha atmosfér se dají v autoklávech pomocí sodného louhu vytvářet vrstvičky kysličníku. Jako na hliníku a jeho slitinách se dají vytvářet anodické povlaky použitím elektrolytů silně alkalických, fluoridových atd. Na hořčíku se dají vylučovat i kovové ochranné povlaky (Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Ag). Moření a jiné způsoby povrchového zpracování jsou důležité jako základ pro lakování.

Barvení mědi a jejích slitin

Předběžná úprava předmětů před barvením je stejně důležitá jako barvení samo. Jen na kovově čistém povrchu, zbaveném kysličníků a tuku, můžeme docílit stejnoměrného zbarvení bez skvrn. Chemické barvení nezakryje také – jako to dělají nátěry a krycí laky –

nedostatky povrchu, trhlínky, drsnost, póry atd. Mechanická příprava povrchu se provádí broušením, leštěním, pískováním, kartáčováním. Povrch se dále odmašťuje organickými a neorganickými rozpustidly. Aby se odstranily kysličníky a jiné nečistoty na povrchu, moří se ve zředěných kyselinách. Moření v koncentrovaných kyselinách se nazývá pálení. Používá se směsi kyseliny dusičné a solné nebo sírové apod.

Měď a její slitiny se barví na černo, šedo a modro mořidly. Jde o dusičnan měďnatý s dusičnanem stříbrným, uhličitan měďnatý s čpavkem (černé mořidlo). Na hnědo a červeno se barví měď a slitiny mědi sirníkem měďnatým. Patina na mědi a jejích slitinách vzniká účinkem povětrnosti, vzduchu, půdy, umělá patina pak vlivem chemických činidel. Šedá a černá patina se vyrábí namáčením v roztocích uhličitanu měďnatého s čpavkem a sodou, černá patina vzniká sirníkem draselným a chloridem sodným, stříbřitá patina vlivem dusičnanu měďnatého a stříbrného. Zelená patina se vyrábí směsmi dusičnanu měďnatého s kyselinou octovou s chloridem amonným. Jiné barvy, modrá, fialová, se vyrábějí působením octanů, hyposulfidů.

3.2.7 Smaltování

Smaltování je důležitým prostředkem pro ochranu proti korozi. Smaltuje se ocel i litina, méně již hliník a měď. Ocel má mít co nejméně uhlíku, někdy obsahuje úmyslně přidaný titan, aby se ušetřil základní smalt. Litina má obsahovat co nejméně síry a ne málo fosforu.

Smaltem rozumíme tavením nebo slinutím vzniklé sklo anorganického původu. Jeho fyzikální i chemické vlastnosti jsou tak přizpůsobeny, že může natavením přilnout k povrchu kovů. Jsou různé druhy smaltů pro litinu, ocelové plechy, legované plechy, neželezné kovy, nekovové hmoty. Dělí se dále na smalty na nádobí, smalty pro chemické účely atd. Dále jsou smalty základní a krycí: základní smalt tvoří mezivrstvu mezi smaltem a kovem, krycí pak přikrývá smalt základní. Smalty základní jsou slinuté a tavené, smalty krycí mokré (stříkané, polévané) nebo suché, práškové.

Suroviny pro smalt jsou jednak ty, které vnášejí do něho složku kyselou (křemen, kyselina boritá, sklotvorné kysličníky), jednak složku zásaditou (soda, potaš, uhličitan, různé kysličníky atd.). Živec, kaolín a borax vnášejí do smaltu obě složky. Pak jsou pomocné suroviny, jež dávají zvláštní vlastnosti, kalidla a předkalidla, barvítka, přídržné kysličníky, oxidační látky, pomocné suroviny. [2]

Technologie smaltování se dělí na tyto způsoby: 1. příprava předmětu pro smaltování, 2. příprava smaltů, 3. nanesení smaltů na předměty. [2]

Předměty se moří nebo se čistí mechanicky, oběma způsobům předchází ještě předčištění žíháním nebo chemickými pochody. Suroviny se nejdříve míchají a pak se taví v pecích. Vytavený smalt se vypouští z pece do proudu studené vody a vznikají tak drobná zrnka, tzv. frity, jež je dobře způsobená k mletí v kulovém mlýně. Frity se nanášejí na předmět buď za mokra, nebo za sucha v prášku. Mokré smalty obsahují hlinu nebo jiné disperzní látky a vodu. Smaltované předměty se pak vypalují v pecích při různých teplotách. Suší se v tunelových nebo pouzdrových pecích. [2]

Ochrana cementem

Ocel, určená pro zalití do betonu, lehkého betonu a jiných materiálů, může být chráněná před korozí nanesením suspenze cementu bez přídavku vápna nebo s ním, s pískem apod. Tato suspenze může být nanášena postříkem, nátěrem nebo ponorem. Jako suspenzní prostředí se používá voda, ve které jsou rozpuštěna pojidla (škrobovitě látky). Ochranné vlastnosti cementu lze zvýšit přísadou látek, jež jsou známy jako pasivační prostředky (chromáty). Protože jsou cementované povlaky pórovité, přidává se k nim přísada mazlavého mýdla asi s 2% hydraulického vápna, přípravky na dehtovém základě, polyvinylacetát. Těmito přísadami se radikálně sníží nasáklivost cementu.

Protikorozní ochrana cementem se používá pro prostředí vody a organických látek, rozpustidel a pohonných hmot. Ze solí rozrušují tyto povlaky chloridy, sírany. Povlaky nejsou odolné proti mrazu, povlak praská. Nehodí se také tam, kde dochází ke značným změnám vlhkosti a teploty.

3.2.8 Organické povlaky

Tabulka 2 ukazuje nejrozmanitější použití organických povlaků jako ochrany proti rezavění. Organické povlaky se rozšířily také proto, že jejich nanášení je velmi hospodárné, hlavně jako ochrana proti atmosférické korozi velkých staveb. Tyto povlaky se nanášejí natíráním, stříkáním nebo namáčením.

Nátěry jsou nejlepší způsob nanášení a přístroje, jimiž natíráme, se dají snadno čistit. Plochy, které se natírají venku, mají být suché.

Rozeznáváme nátěry obsahující olej, nátěry bez oleje, bitumenové nátěry, umělé pryskyřice. Při nátěrech s oleji ztuhne povlak chemickým pochodem. Aby nátěr rychleji ztuhl přidávají se k němu přísady. Nátěry bez olejů se usuší fyzikálními pochody. Tyto nátěry obsahují ředidla, jež se po nanášení nátěru vypaří.

Nátěry obsahují barviva, které dávají nátěru nejen barvu, ale i chemické a fyzikální vlastnosti v souvislosti s pojivem. Barevných tónů se dosáhne řezáním barytem (těživcem), křídou a křemičitany. K nátěru bez olejů se přidávají prostředky, jež zlepšují tažnost a měkkost barevného filmu. [2]

Nejrozšířenější jsou olejové nátěry, které se skládají ze základního nátěru a z krycího nátěru. Používáme také nátěry bez olejů, nitrocelulóзовé nátěry, laky s umělých pryskyřic. Proti silným kyselinám, louchům, chlóru a jiným chemikáliím používáme odolné chlorokaučukové laky.

Ocelové trouby, kabely atd. se chrání v zemi bitumenovými nátěry, které neobsahují fenoly. Tyto nátěry se hodí také pro ochranu proti parám kyselin a pro ochranu předmětů pod vodou. [2]

Důležitou ochranou strojních součástí a strojního zařízení jsou mastné povlaky. Povlak musí být přilnavý, viskózní, bez kyselin organických a neorganických. Různé druhy konzervačních vazelin jsou vhodné pro krátkodobou konzervaci všech druhů kovů. Vazelíny jsou buď bez přísad, nebo s přísadami, které zlepšují jejich ochranné vlastnosti.

Ocelové plechy se mastí, aby se zabránilo jejich rezavění během uskladnění i během dopravy. Také tento olej nesmí obsahovat volné kyseliny.

Významnou úlohu mají laky vyráběné z fenolformaldehydových pryskyřic. Tyto laky se vyznačují chemickou odolností proti většině agresivních prostředí. [2]

Tabulka 2. Přehled organických povlaků

Nátěry s oleji		Nátěry bez olejů		
Olejové barvy	Olejové laky	Nitrocelulózové laky	Umělé pryskyřice	Bitumeny
Pojidla: lněný olej dřevný olej + sloučeniny olova kobaltu manganu	olejové fermeže pryskyřice pryskyřičné laky laky z umělých pryskyřic	+ pryskyřice a umělé pryskyřice	Polykondenzáty: fenolové, ketonové, alkylové pryskyřice Polymerizáty: kaučuk chlórkaučuk polymerizáty vinylu + olejové pryskyřice	dehtová smola z hnědého uhlí z kamenného uhlí přírodní asfalty bitumeny

4 METALIZACE

4.1 Historie metalizace

Myšlenka povlakovat předměty postřikem roztaveného kovu je poměrně stará, avšak použitelnou pistol ne stříkání kovu se podařilo sestavit až v roce 1900 švýcarskému inženýrovi Schoopovi.

Povlakování se začalo intenzivněji rozvíjet v době druhé světové války, a to hlavně proto, že zavedením této technologie do výroby se dosahovalo značné úspory barevných kovů.

Po druhé světové válce se věnovala i u nás vývoji povlakování zvýšená pozornost. Vyvinuly se vlastní československé pistole a kompletní metalizační zařízení, které mají světovou úroveň.

Povlakování se používá s úspěchem hlavně při ochraně ocelových konstrukcí proti korozi, dále v opravárenství a také v samotné strojní výrobě.

4.2 Technologie metalizace – technologie nástřiků

Technologie metalizace se skládá ze tří úseku, které na sebe navazují. Jsou to:

- a) příprava povrchu součástky před povlakováním
- b) vlastní povlakování
- c) dokončovací operace (opracování, úprava povlakované vrstvy)

4.2.1 Příprava povrchu součástky před metalizací

Příprava povrchu součástky před metalizací je velmi důležitá, protože na povrchu do značné míry závisí úspěch celého povlakování. Aby nastříkaná vrstva přilnula pevně na povrchu základního kovu, musejí být splněny dva základní požadavky, a to:

- a) povlakovaný povrch musí být zbavený mastnot a oxidů
- b) povlakovaný povrch musí být přiměřeně zdrsňený

Proto se příprava povrchu rozděluje na:

- a) odmaštění
- b) zdrsnění povrchu

Na odmaštění se používá benzín nebo trichloretylen. Po odmaštění a osušení součástky se provede zdrsnění. Známé jsou tyto způsoby zdrsnění:

- a) mechanické
- b) chemické
- c) elektrické
- d) difúzní [2]

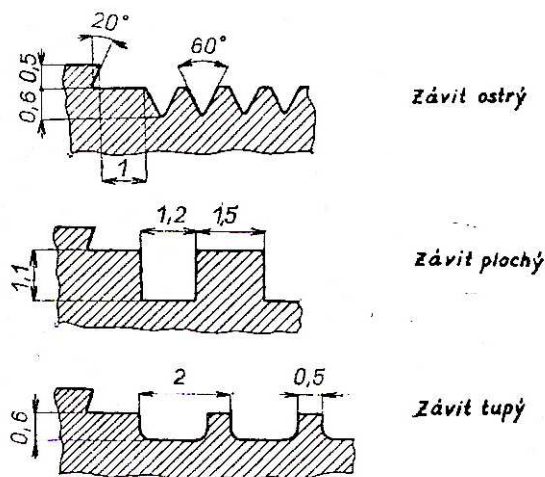
Mechanické zdrsnění povrchu součástky se provádí dvěma způsoby, a to otryskáním a rýhováním. Otryskání se používá při slabších stříkaných vrstvách a všude tam, kde se rýhování nedá uskutečnit (nerozvinutelné plochy). Provádí se nejčastěji pomocí ostrých hran ocelové drti. Povrch součástky se otryskáním nejen zdrsňuje, ale i několikanásobně zvětší, což má příznivý vliv na pevnost spojení nanášené vrstvy se základním. Při stříkání větších vrstev se používají různé způsoby rýhování (Obr.12). Rýhovat se může buď pomocí brusky (brusný kotouč s hrubým zrnem), nebo sekáním, hoblováním, frézováním atd. U rotačních součástí se rýhování provádí na soustruhu.

Chemické zdrsňování povrchu se provádí ponořením součástky do roztoku. Elektrické zdrsňování se provádí pomocí elektrody z niklové nebo nízkouhlíkové oceli, přičemž při difúzním zdrsnění jde o vytvoření difúzní mezivrstvy nastříkáním molybdenu na plochu, která se má povlakovat. [2]

V praxi se nejvíce rozšířilo mechanické zdrsnění povrchu. Zdrsňovaný povrch se musí co nejdříve povlakovat, aby nedošlo k vzniku vrstvy oxidu kovu, která snižuje kvalitu spoje. Stačený vzduch při stříkání musí být úplně suchý a čistý, to znamená bez oleje apod. Přilnutí stříkaného kovu k základnímu materiálu je závislé od

- a) druhu základního kovu,
- b) druh stříkaného kovu,
- c) čistoty základního materiálu,
- d) drsnosti povrchu základního materiálu,

- e) teploty základního materiálu,
- f) techniky vlastního povlakovacího pochodu (např. vzdálenost ústí pistole od stříkaného povrchu, úhlu stříkání, tepelné podmínky při stříkání atd.). [2]



Obr.12. Předúprava povrchu rýhováním

4.2.2 Vlastní metalizace

Při vlastním procesu metalizace probíhají následující děje:

- a) ohřev, tavení a rozprašování stříkaného kovu (drátu)
- b) let částec k povlakované ploše
- c) dopad částec a tvorba stříkané vrstvy [2]

Ohřev, tavení a rozprašování stříkaného kovu

Stříkaný kov, respektive drát se ohřívá v povlakovací pistoli vedením tepla, přímým dotykem plamenu u plynových pistolí, nebo teplem oblouku u obloukových pistolí. Odtavené množství je závislé na druhu materiálu, na intenzitě zdroje tepla a na podávání drátu do trysky pistole. Při odtavování dochází k vypalování jednotlivých složek materiálu drátu, takže chemické složení naštríkané vrstvy se liší od chemického složení drátu.

Tvorba částeczek probíhá v podstatě u plynových pistolí tak, že je konec drátu formován do tvaru kužele, jehož povrch je do určité hloubky natavený. Natavená vrstva je proudem stlačeného vzduchu vytlačována ze špičky drátu a rozprašována. Na špičce drátu narůstá tavenina tak dlouho, dokud dynamické síly proudícího plynu nepřekonají jeho povrchové napětí. Potom se tavenina ze špičky strhuje a začíná se vytvářet nitkový pramínek tekutého kovu, který se pak rozpráší. [2]

Let částeczek k metalizované ploše

Rychlost letu částic je závislá na rychlosti proudu směsi spalin a vzduchu. Všechny částice v okamžiku jejich vzniku mají stejnou rychlost. Po rozprášení let částic proudem vzduchu je spočátku urychlovaný, protože rychlost proudu vzduchu je větší než rychlost částic. Vzdalováním od trysky rychlost vzduchu však značně klesá, v důsledku toho v určité vzdálenosti (přibližně 80-120 mm od trysky) rychlost částic je shodná s rychlostí proudu vzduchu. To je současně maximální rychlost, kterou částice při letu dosahují. V dalším průběhu dochází k přibrzdění částic proudem vzduchu.

Částice na počátku svého letu jsou vystavené vysoké teplotě plamene, a proto jsou přehřívané. Přehřátím částic dochází u nízkotavitelných kovů, jako jsou olovo, zinek atd., k odpařování. [2]

Při tavení, rozprašování a při letu částic dochází k okysličování stříkaného kovu. Největší okysličování je během letu. V důsledky toho částčky se pokrývají kysličníkovou vrstvou. Kysličníky se však nevyskytují jen na povrchu, ale také uvnitř částic. [2]

S přibývajícím vzdáleností ústí trysky od stříkané plochy se zvětšuje vrstva kysličníkové vrstvy. Po přeletu určité dráhy (3,5-4 m od trysky) se celá částice přemění na kysličník. Rychlost okysličování různých kovů je různá a je závislá na schopnosti kovu vytvářet pasivní vrstvu, která zabraňuje okysličování. [2]

Množství kysličníků, které obsahuje nastříkaná vrstva, je jedním ze základních veličin, které určují jakost stříkané vrstvy. Čím víc kysličníků obsahuje nastříkaná vrstva, tím jsou mechanické vlastnosti horší.

Dopad částeczek a tvorba stříkané vrstvy

Částičky kovu ve chvíli dopadu na stříkanou plochu jsou tekuté. Kinetická energie částic, kterou dopadají na stříkaný povrch, způsobuje, že se částice při dopadu deformují. Velikost deformace je závislá na velikosti této energie a na deformační schopnosti částic.

4.3 Přístroje a zařízení pro vlastní metalizaci

K základnímu zařízení při metalizaci patří především metalizační pistol. Ta může být ruční nebo strojní. Kov se do metalizační pistole může podávat v tuhém stavu, to znamená ve formě drátů a prášku, nebo ve stavu tekutém. Tavenina kovu v pistoli se uskutečňuje buď pomocí plamene, nebo elektricky. Podle toho rozlišujeme

- a) plynovou metalizaci
- b) elektrickou metalizaci
- c) plazmovou metalizaci

Vzájemnou kombinací forem, v jakých se kov do pistole podává, a způsobu tavení byly vyvinuty různé typy povlakovacích pistolí. Ze kterých se nejvíc rozšířily metalizační pistole drátové, a to plynové a obloukové. [2]

Metalizační pistol plynová (drátová)

U těchto pistolí (Obr.13) se používá na stříkání kovový materiál ve formě drátu, nejčastěji o průměru 2,5 mm. Drát se taví kyslíkovo-plynovým planenem. Jako plyn se nejvíce používá acetylén, který se spaluje ve směsi s kyslíkem. Na rozprášení a vrhání roztavených částic kovů na povrch, který se má povlakovat, se používá buď stlačený vzduch, nebo přímo spaliny, které vznikají při hoření plynu.

Povlakovací plynová pistol se skládá z trysky, podávacího zařízení, přívodu plynu a přívodu stlačeného vzduchu. Střední část trysky, která se vyrábí z nerezavějící oceli drátová vyustka. Její poslání je zajistit centrické vedení drátu do tavného prostoru trysky, která je opatřena řadou průchodných otvorů, které slouží pro výstup směsi spalného plynu s kyslíkem. Na plynové trysce je navlečená tzv. vzduchová koncovka, která přes trysku přechází. Vnější obvod trysky je opatřený drážkami. Těmito drážkami se přivádí stlačený vzduch, který slouží na rozprášení a dopravu roztavených částic na stříkaný povrch součástky. Vzduchová koncovka přesahuje plynovou trysku a vytváří tzv. tavný prostor.

V tomto prostoru hoří kyslíkovo-acetylenová směs. Teplo, které při tomto hoření vzniká, natavuje drát, který je podáváný přes drátovou vyustku. Aby práce s povlakovací pistolí byla plynulá, musí být drát do drátové vyustky podáváný rovnoměrně, jinak dochází k ucpání trysky nebo ke vzniku nerovnoměrného nástřiku. [2]

Účinkem proudu plynu a vzduchu natavený konec drátu se formuje do špičky. Kapičky roztaveného kovu, které se oddělí od špičky drátu se roztříští na drobné částčky, které jsou dále vrhané na povrch povlakovaného předmětu. [2]

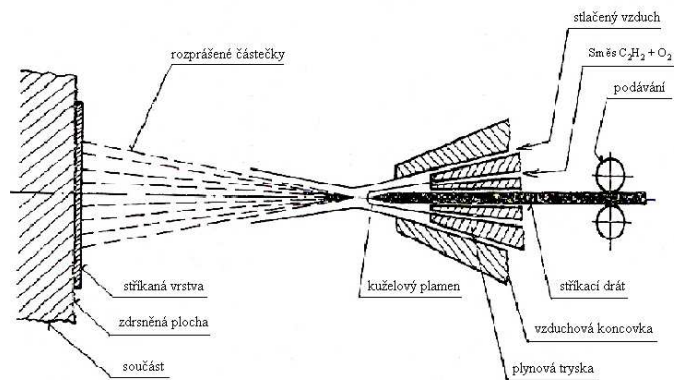
Vzduch, který proudí z trysky, od vysoké teploty plamene expanduje, v důsledku čehož jeho rychlost proudění značně stoupá. V blízkosti ústí trysky bývá rychlost 500 až 700 m/sec,. Se vzdalováním od trysky se však postupně snižuje. [2]

Metalizační pistol oblouková (drátová)

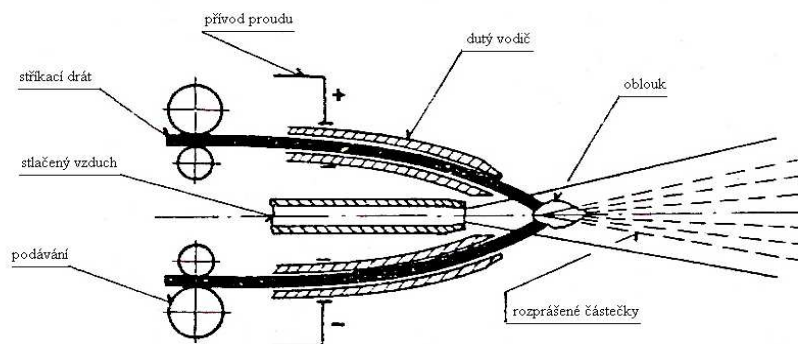
Princip obloukové trysky pistole tohoto zařízení ukazuje Obr.14. Dráty se do pistole přivádějí dutými vodiči, které jsou napájené stejnosměrným proudem. Po výstupu drátů z dutých vodičů dojde ke vzájemnému dotyku jejich konců. Vlivem přechodového odporu při tomto dotyku, respektive zkratu, vzniká teplo, které způsobí natavení konců drátu. Současně do místa dotyku drátu se vhná tryskou stlačený vzduch, který rozprašuje roztavený kov, a tak vytváří mezi nimi mezeru, ve které dochází ke vzniku elektrického oblouku. Podstata hoření oblouku je tu podobná jako při obloukovém svařování. Proud elektronů od katody dopadá na anodu a kladné ionty od anody dopadají na katodu, čímž dochází k intenzivnímu ohřevu konců drátu. Na konci katodového drátu je teplota kolem 2400 °C, na anodě okolo 2600 °C, přičemž uprostřed oblouku bývá teplota až 6000 °C. [2]

Plazmové metalizační pistole

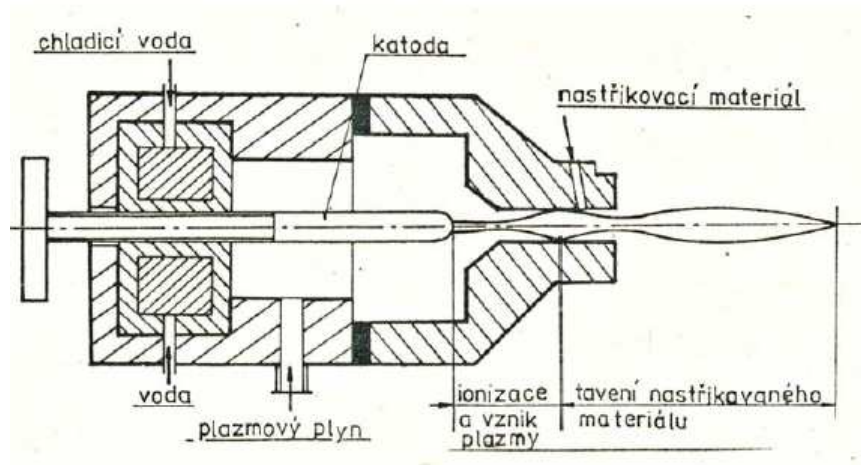
Používají se pro stříkání těžkovitelných látek (keramiky, různých kysličníků a karbidů). Tyto látky mají značně vysokou teplotu tavení, a proto je nutné použít tzv. plazmové hořáky, u kterých se dosahuje teplot nad 10 000 °C. Schéma plazmového zařízení viz.Obr.15.



Obr.13. Schéma metalizační pistole plynová



Obr.14. Schéma metalizační pistole obloukové



Obr.15. Schéma metalizační pistole plazmové

4.4 Shodnocení metalizace

Přednosti metalizace se projevují v těchto vyjíměčnostech:

- a) při metalizaci se základní materiál neohřívá tak jako při navařování
- b) metalizací můžeme dosáhnout úspory vzácných kovů
- c) metalizovat se dá i nekovový a hořlavý materiál (pryž, dřevo)
- d) metalizace se dá mechanizovat

K typickým nedostatkům metalizace patří:

- a) spojení povlaku se základním materiálem není vždy dostatečný, což omezuje používání metalizace u součásti rázově namáhaných
- b) při metalizaci menších průměrů je značný rozstřík kovu
- c) metalizovaná vrstva nezvyšuje celkovou pevnost součástky
- d) metalizace vyžaduje kvalifikované pracovníky

5 NANOTECHNOLOGIE

Nanotechnologie označuje technologie, které umožňují vytvářet struktury (nebo materiály obsahující tyto struktury) o rozměrech menších jak 100 nm. Existují dva odlišné přístupy v oblasti nanotechnologií – top down a bottom up. První přístup založený na vytváření menších struktur z větších celků využívá např. elektronové, rentgenové a v poslední době litografie založené na sondových rastrovacích technikách (SPM). Druhý přístup je charakterizován tvorbou větších celků z atomů nebo molekul a zahrnuje chemické a fyzikální procesy samouspořádávání, jakož i samotnou vědomou manipulaci s jednotlivými atomy nebo nanoobjekty (ponejvíce realizovanou metodou rastrovací tunelové mikroskopie STM). [3]

Dílečtí prvky nanostruktur nebo nanokrystaly v materiálech obsahují ve srovnání s mikročásticemi (zrny) pevných látek malé množství atomů, elektrony jsou pak kvantově mechanicky zachyceny a jejich pohyb je značně omezen (redukce stupňů volnosti). Původně pásová elektronová struktura se začíná diskretizovat a blížit volným atomům, což má za následek vznik speciálních elektrických, magnetických, optoelektronických i mechanických vlastností, často výrazně odlišných od klasických pevných látek těchto atomů. [3]

Depozice tenkých vrstev a povlaků se stala v průběhu posledních let velmi rozšířenou technologií. Povlaky, tedy vrstvy obvykle silnější než 1 mikrometr, našly uplatnění především v oblasti strojírenství, kde pomáhají zvýšit tvrdost, otěruvzdornost a rovněž snížit tření. Mezi standardní povlakové materiály dnes patří např. nitridy a oxinitridy titanu zirkonu, diamantu podobné vrstvy uhlíku, nitrid bóru a pak nitrid uhlíku, karbid křemíku, sloučeniny křemíku a titanu aj. Tenké vrstvy, klasifikované obvykle jako vrstvy s tloušťkou pod 1 mikrometr, jsou využívány jako funkční (vodivé i polovodivé) a ochranné vrstvy v elektronice i v optice a zahrnují celou škálu prvků, jejich nitridů a oxidů, včetně binárních a ternárních sloučenin.

5.1 Metody nanášení tenkých vrstev a povlaků

Existuje celá řada metod, které se používají pro depozici tenkých vrstev a povlaků. Mohou probíhat za atmosférických podmínek (např. atmosférická CVD – Chemical Vapour Deposition) i za sníženého tlaku, tedy ve vakuu.

Mezi nejstarší metody vakuového nanášení vrstev patří vakuové napařování a naprašování, někdy nazývané jako PVD metody (Physical Vapour Deposition). Nevýhodou vakuového napařování bývá často malá adheze vrstvy k substrátu, vyplývající z termálních, a tedy malých energií napařovaných atomů (zlomky elektronvoltů). Zde je výhodné použít některou z metod naprašování, kdy atomy přilétají k substrátu s průměrnými energiemi v řádu jednotek event. To vede často k výraznému zvýšení adheze. Při naprašování jsou částice uvolňovány (rozprašovány) z terče zpravidla pomocí jeho bombardování těžkými ionty interních plynů (Ar, Xe). Ionty mohou dopadat na terče buď přímo z plazmatu, jako např. při magnetronovém naprašování, nebo ve formě svazku generovaného iontovým zdrojem – hovoříme pak o tzv. iontové svazkovém naprašování (IBD – Ion Beam Deposition). Magnetronové naprašování je velmi populární při nanášení povlaků tvrdých vrstev na obráběcí nástroje, různé mechanické díly a odrazné vrstvy reflektorů automobilů, jakož i zhotovení záznamových vrstev CD disků z důvodů vysokých depozičních rychlostí. Metody IBD mají nižší depoziční rychlosti, avšak parametry svazků iontů (energie, úhel dopadu a proud iontů) mohou být lépe kontrolovány. Hodí se proto pro depozici tenkých vrstev (např. optických) a zejména pro základní výzkum. [3]

Metody napařování i naprašování mohou být použity v kombinaci se současným bombardováním rostoucích vrstev iontovými svazky. Potom hovoříme o tzv. depozici za asistence iontových svazků (IBAD – Ion Beam Assisted Deposition). Výhodou této metody je, že při depozici se utváří v rostoucích vrstvách lokální termodynamická nerovnováha vedoucí nejen k zdokonalení vlastností vrstev (např. adheze), ale i k tvorbě nových fází a sloučenin.

5.2 Tvorba multivrstev

Při vývoji a aplikacích tenkých vrstev se ukázalo, že je výhodné, aby vrstvy byla složena z více podvrstev s vhodně zvolenými vlastnostmi a tloušťkami. Jednotlivé vrstvičky mohou být silné pouze i několik nanometrů. Takové multivrstvy nacházejí uplatnění např. v tribologických aplikacích, jako optické filtry, zrcadla rtg. záření, sensory aj. I přes malé tloušťky vrstev lze multivrstevné struktury nanášet naprašovacími metodami, kdy obvykle vakuová komora obsahuje více magnetronů, nebo v případě iontové svazkového naprašování vícesegmentový terč.

5.3 Ultratenké vrstvy a multivrstvy

V poslední době vzrostl zájem o tzv. ultratenké vrstvy s tloušťkou kolem jednoho nanometru (nebo méně). To souvisí s potřebou vyrábět ultratenké dielektrické vrstvy pro elektronické součástky CMOS nové generace (menší jak 0,1 mikrometr), magnetické multivrstvy s tzv. pbří magnetorezistivitou (GMR), jakož i rtg. optické prvky. V optoelektronice, např. při výrobě polovodičových laserů, již našla uplatnění epitaxní multivrstvy sestávající z jednotlivých vrstev o tloušťkách jedné nebo pouze několika monovrstev – jedná se o tzv. kvantové jámy (supermřížky), v kterých jsou elektrony kvantově mechanicky zachyceny v jednom (vertikálním) směru. V těchto případech vlastnosti jednotlivých vrstev (složení, atomární struktura) a kvalita rozhraní patří k velmi kritickým parametrům. Metody napařování nejsou již vhodné pro tvorbu těchto monokrystalických vrstev, neboť vyšší energie dopadajících částic způsobuje defektů ve vrstvách a vysoká rychlost depozice neumožňuje ostré střídání multivrstev. Je tedy výhodné použít metodu tzv. molekulární svazkové epitaxe (MBE – Molekular Beam Epitaxy). Jedná se o zdokonalenou metodu pomalého vakuového napařování, které probíhá v ultravakuových komorách pomocí několika samostatných napařovacích jednotek. Rychlé přepínání mezi deponovanými monovrstvami různého chemického složení se děje pomocí mechanických clonek, kterými jsou jednotky vybaveny. [3]

5.4 Shodnocení nanotechnologie

Předpona nano se staly velmi frekventovanými, ne-li inflačními pojmy v řadě vědeckých textů, debat a názvů konferencí. Zdálo by se tedy, že nanotechnologiemi se zabývá široká vědecká i technická obec a že zřejmě již bylo na tomto poli dosaženo mnoho výrazných úspěchů. Skutečnost je však mnohem střízlivější. I když existuje celá řada metod umožňující tvorbu nanostruktur a základní teoretická představa o jejich vlastnostech, stojíme stále na prahu rozvoje nanotechnologií (experimentálního, teoretického i uplatnění v praxi). Bude tedy nutné věnovat vývoji analytických metod schopných diagnostikovat lokální parametry a vlastnosti nanostruktur. Pouze tak bude zajištěna zpětná vazba umožňující zefektivnit a rozvíjet nanotechnologie i jejich produkty.

6 POKOVOVÁNÍ PLASTŮ

Kovovým povlakem na povrchu výrobků se dosáhne efektivního kovového vzhledu a také změny řady vlastností:

- a) zlepší se mechanické vlastnosti (zvětší se tažnost, rázová houževnatost a pevnost v ohybu)
- b) zabrání se přirozenému stárnutí plastů
- c) zmenší se navlhavost, propustnost kapalin a plynů, zvětší se odolnost proti rozpouštědlům a olejům
- d) zlepší se odolnost proti tvarování teplem
- e) pokovené plasty jsou lehčí než příslušné kovové díly, jejichž výroba je navíc nákladnější

6.1 Chemické pokovování

Při chemickém pokovování se kov vylučuje na povrchu předmětů z roztoku soli povlakovaného kovu působením redukčního činidla buď trvale obsaženého v pokovovací lázni (klasický způsob), nebo je redukční činidlo až na speciálně upravený povrch předmětů (sorpční způsob). Pokovovací lázeň při klasickém způsobu obsahuje obvykle rozpuštěnou sůl kovu, redukční činidlo, komplexotvorné látky, tlumič pH, popřípadě další přísady. Na povrchu plastu se však vyloučí jen část vyredukovaného kovu (asi 20%). Z toho důvodu je výhodnější sorpční způsob využívající chemisorpce aktivovaného povrchu, kdy se na něm redukují sorbované ionty. [4]

Chemickým způsobem se plasty pokovují nejčastěji mědí nebo niklem, rovněž lze nanášet např. kobalt, stříbro, zlato apod. Jako redukční činidla slouží velmi často fosforan sodný, hydrid boritý a aldehydy.

Při chemickém pokovování se kovová vrstva vylučuje rovnoměrně po celém povrchu nezávisle na tvaru výrobku. Dosažitelná tloušťka povlaku je dána způsobem pokovování.

6.2 Galvanické pokovování

Galvanické pokovování spočívá ve vyloučení kovu z roztoku účinkem stejnosměrného elektrického proudu. K tomu je nutná konduktance pokovovaného předmětu, který se v případě výrobků z plastu dociluje vytvořením základní vodivé vrstvy (nejčastěji z mědi nebo stříbra) na povrchu chemickým redukčním pokovením. Dosažitelná tloušťka kovové vrstvy není při galvanickém způsobu omezena, vrstva se může skládat i z několika vrstev různých kovů nanesených postupně. Galvanicky pokovovat lze celou řadu plastů (např. PP, PMMA, PTFE, PS, ABS). Pro dobrou celkovou adhezi je rozhodující adheze základní vodivé vrstvy na nevodivý povrch, a proto je nutná velmi pečlivá příprava povrchu před vlastním galvanickým pokovováním. [4]

6.3 Pokovování ve vakuu

Metodou napařování kovů za velmi sníženého tlaku (10^{-3} až 1 Pa) se nejčastěji nanáší hliník, ale lze tak nanášet řadu dalších kovů i některé slitiny. Nanášený kov se taví a odpařuje v odpařovači, kolem kterého jsou umístěny předměty určené k pokovení, a to ve vzdálenosti menší, než je volná dráha molekul par kovu. Pro zajištění rovnoměrné tloušťky povlaku se předměty většinou otáčejí. Teplota ploch, na nichž má kov kondenzovat, bývá nízká (asi -120°C). Dosahované tloušťky povlaku se pohybují v rozmezí 0,1 až 1 μm . [4]

Při katodovém napařování kovů se pracuje při vyšších tlacích než v předchozím případě (1 až 10 Pa). Výhodné je to zejména u těch plastů, které za velmi sníženého tlaku uvolňují těkavé produkty (např. PVC, PMMA). Předmět se umístí mezi katodu z kovu, jenž je nanášen, a anodu, nejčastěji železnou nebo hliníkovou. Přivedením stejnosměrného elektrického napětí na elektrody vznikne mezi nimi výboj. Ionty plynu bombardují povrch katody a uvolňují z něj částice materiálu katody, které kondenzují na plochách v blízkém okolí. Takto vytvořená vrstva velmi dobře lne k povrchu. Nevýhodná je sice malá rychlost napařování, ale lze nanášet velmi tenké vrstvy a přesně kontrolovat tloušťku povlaku. [4]

7 POVRCHOVÁ OCHRANA PRÁŠKOVÝMI PLASTY

O dolnost plastů vůči mnoha chemickým vlivům i vůči povětrnosti se úspěšně využívá při povrchové ochraně konstrukčních materiálů, které mají nedostatečnou odolnost proti korozi, jako jsou ocel, dřevo, beton apod. Dříve se ochrana proti korozi prováděla pouze nanášením nátěrových hmot. Dnes se ochranné povlaky plastů vytvářejí jinými postupy, z nichž nejdůležitější jsou technologie vycházející z práškových polymerů – žárové stříkání a vířivé nanášení, zejména však elektrostatické naprašování.

7.1 Žárové stříkání

Práškový polymer je při žárovém stříkání nanášen speciální stříkací pistolí, jejíž konstrukce vychází z pistole pro žárové stříkání kovů. Polymerní prášek nesený dopravujícím plynem se při průchodu plamenem částečně nataví a proudem horkých spalin jsou částice polymeru vrhány na ohřátý povrch, kde se roztaví a spojí.

K nanášení žárovým stříkáním jsou vhodné jen takové polymery, které mají dostatečně velký interval mezi teplotou rozkladu a teplotou měknutí – doporučuje se rozdíl 30 °C a více. Zvláště vhodné jsou polymery s ostře ohraničenou teplotou měknutí, jako jsou např. PE nebo PA. Žárovým stříkáním se úspěšně nanášejí i další polymerní materiály na bázi PVB, PVA, polyakrylátu, thiokolů a epoxidů. Plasty musí být ve formě prášku s průměrem částic 0,1 až 0,2 mm, pro tenké nánosy až 0,05 mm. Příliš jemný prášek není výhodný, protože se hmota v plameni snadno spaluje, částice brzy ztrácejí rychlost a jsou vířícími plyny odnášeny mimo povlékaný povrch. [4]

Před žárovým stříkáním (i vířivým nanášením) musí povrch dokonale očištěn a zdrsněn. Předměty nemají mít ostré hrany, neboť se na nich vytváří tenčí vrstva než na rovné ploše a povlak se u hran často odchlupuje. Poloměr zaoblení hran má být asi 2,5 mm. Nejčastěji se povrch důkladně otryská ocelovou drtí a odmastí rozpouštědly nebo párou. Potom se předmět předeřívá (plamenem hořáku nebo v pecích) na teplotu, která závisí na teplotě měknutí nanášeného polymeru a vždy ji převyšuje (např. pro PE 120 až 145 °C, pro PA 260 až 270 °C). Předměty nastříkané epoxidy se ukládají do pecí, kde se při teplotě 150 až 200 °C vytvrzují. Předeřívací teplota omezuje v některých případech použití polymerů. Například PA lze stříkat železo, hliník a jeho slitiny, měď, mosaz a bronz. Nelze jim však

stříkat předměty z olova, cínu a dřeva. PE je možné nanášet na všechny kovy, dřevo a papír. Thiokol na kovy a beton, epoxidy na kovy a dřevo. [4]

7.2 Vířivé nanášení

Na ochranu zejména kovových dílců se užívá postup nazývaný vířivé nebo také fluidní nanášení, který poskytuje rovnoměrnější a kvalitnější povlak než žárové stříkání. Postup je analogický máčení do polyvinylchloridových past za tepla s tím rozdílem, že předeřtý předmět je místo do pasty namočen do vrstvy vířícího polymerního prášku. Prášek ulpívá na povrchu předmětu, akumulovaným teplem se taví a slévá se v rovnoměrný povlak. Dosažená tloušťka závisí na teplotě a tepelné kapacitě předmětu a na době ponoření do fluidní vrstvy. Běžně se tloušťka nánosu pohybuje v rozmezí 0,25 až 0,6 mm.

Vířivým nanášením lze povlékat všechny materiály, které při požadované předeřtívací teplotě netají, nehoří ani nepodléhají jiným nežádoucím změnám. Proto nejsou vhodné lehce tavitelné kovy, jako je olovo a cín. Často nevyhovuje ani zinek. Předeřtívací teplota je dána jednak tepelnou kapacitou výrobku (tenkostěnné předměty je třeba ohřívat na vyšší teplotu než tlustostěnné), jednak typem práškového polymeru a velikosti částic. Doporučené teploty předeřtívu pro některé plasty jsou:

Polyvinylchlorid – 280 až 340 °C

Polyethylen – 280 až 400 °C

Polyamid 11 – 280 až 360 °C

Acetobutyrát celulosy – 280 až 360 °C

Chlorovaný polyether – 350 až 420 °C

Kopolymer ethylen – vinylacetát – 200 až 400 °C

Epoxidové pryskyřice – 200 až 400 °C

Kovové předměty s rozdílnými tloušťkami stěny je účelné zahřívat na dvě různé teploty. Vytvoří se tak rovnoměrná tloušťka povlaku po celém povrchu a navíc se uspoří polymerní materiál. U masivních předmětů se používá ohřev krátkodobým tepelným šokem, kdy je materiál vystaven po dobu několika desítek sekund teplotě 600 až 900 °C, takže teplo pronikne jen několik milimetrů pod povrch, a ihned následuje ponoření do vířivého prášku. [4]

Povrch předmětu musí být stejně jako při žárovém stříkání pečlivě připraven. Pro zlepšení adheze některých plastů (PVC, PA) se povrch ještě aktivuje máčením do speciálních roztoků a dále se suší. Pak následuje ohřev předmětů v předehřívací peci na teplotu, kterou je třeba zjistit předběžným pokusem. Nízká předehřívací teplota značně zmenšuje adhezi povlaku k povrchu, navíc povrch povlaku je drsný a vevzhledný. Naopak příliš vysoká teplota může vést k tepelné degradaci polymeru projevující se změnou zabarvení až vznikem puchýřů.

Předehřátý předmět se na dobu 1 až 10 sekund ponoří do vířícího prášku. Přebytek prášku se odstraní otřepáním nebo ofouknutím. Je důležité si uvědomit zvláštnosti fluidní vrstvy, která obtéká předmět (následkem pohybu částic prášku nahoru a dolů) jen ve svislém směru. Je-li tedy např. trubka ponořená do fluidní vrstvy vodorovně, pokrývají se vnitřní vrstvy jen nepatrně. Proto je nutné nořit taková tělesa do lázně ve svislé poloze, otvorem proti vířícímu prášku.

Polymerní prášek se udržuje ve vlnoslu proudem vzduchu, který prochází pórovitým dnem (s póry menšími než 25 mikrometrů) fluidační nádoby a směřují vzhůru. Vhodná velikost částic polymerního prášku je v rozmezí 50 až 450 mikrometrů. Výhodnější jsou částice rozeklané (hvězdicové), které se vznášejí lépe než částice kulové.

Horké předměty s teplým nánosem polymeru a malou tepelnou kapacitou se chladí vzduchem. Tlusté povlakované vrstvy na předmětech s velkou tepelnou kapacitou se chladí vodou teplotou asi 70 °C. Při chlazení vodou je omezena krystalizace v povrchové vrstvě povlaku. [4]

Povlečený předmět mívá na svém povrchu místa nepokrytá polymerem, jsou to stopy po nástroji (nejčastěji kleštích), kterým byl předmět vyndán z předehřívací pece a ponořen do fluidní vrstvy. Tato místa musí být rovněž potažena polymerem. Osvědčilo se několik metod:

- a) nasypat na nepovlečené místo trochu práškového polymeru a opatrně jej stavit měkkým plamenem plynového hořáku
- b) natavení kousků příslušné vrstvy nebo fólie
- c) zakrytí prázdného místa pastou z polymeru
- d) žárové stříkání

Polymerní povlaky mohou být, pokud je to nutné, mechanicky opracovány broušením, frézováním, soustružením nebo leštěním.

7.3 Modifikace vířivého nanášení

Ze základního způsobu vířivého nanášení byly odvozeny technologie lišící se způsobem nanášení práškového polymeru na předehřátý předmět. Velmi jednoduché jsou postupy, kdy je prášek na předmět sypán, omítán apod. Nejúčinnější je postup analogický stříkáním nátěrových hmot v elektrostatickém poli, tzv. elektrostatické naprašování polymeru. [4]

Při elektrostatickém naprašování je prášek polymeru rozprašován proudem vzduchu ve stříkací pistoli, připojené k vysokému napětí (50 až 90 kV). Druhým pólem je pohlávaný předmět, proto částice, které průchodem stříkací pistole získají elektrický náboj, ulpívají na ohřátém povrchu delší dobu a snáze se natavují. Navíc se takto nanášení prášku rozšíří i na odvrácenou stranu předmětu. Postup umožňuje vytvářet povlaky o tloušťce 70 až 300 mikrometrů. Při nanášení tenkých vrstev jsou na rozdíl od vířivého nanášení požadovány hladké podkladní plochy. Elektrostatickým naprašováním lze nanášet termoplasty i reaktoplasty za stejných podmínek jako v předchozím případě. Postup je výhodný zejména pro tvorbu tenkých nánosů nebo pohlávání rozměrných dílců. Přes příznivý vliv elektrického pole je značný úlet práškového polymeru, proto je nutné zajistit jeho zachycení. [4]

8 TECHNOLOGIE IONTOVÉ IMPLEMENTACE

Iontová implementace zabezpečuje zavádění příměsí ve formě urychlených iontů do povrchové vrstvy materiálů.

Zařízení pro iontovou implementaci se skládá z několika částí: různé kombinace iontů vznikají v iontovém zdroji z vhodné látky. Svazek urychlených iontů vytváří extrakční, urychlovací a fokusační elektrody.

Ze všech kombinací extrahovaných z iontového zdroje je třeba vyčlenit ionty požadované implementační příměsí. K tomu slouží separátor iontů se clonou. Obvykle elektromagnet, mezi jehož pólovými nástavci prochází iontový svazek a v nastaveném magnetickém poli se štěpí na dráhy s různým poloměrem - v závislosti na poměru náboje a hmotnosti iontů.

V další části implantačního zařízení dochází k rozmítání separovaného iontového svazku ve dvou vzájemně kolmých směrech. Tím je dosahována implementace do celé požadované oblasti s vyhovující homogenitou implementační fluence. Objekty určené k implementaci jsou uchyceny ve vhodném držáku v terčové komoře.

8.1 Mechanické rozmítání

Používá se pro současné vysokoproudové implantátory, kdy je svazek stacionární a rovnoměrná implantace do celých požadovaných oblastí se zajišťuje pohyby terčové části. Používají se rovněž hybridní systémy, v nichž je rozmítání v jednom směru zabezpečováno mechanicky (např. rotací bubnu, nebo disku, na kterém jsou uchyceny objekty určené k implantaci a ve druhém směru elektrostaticky, event. Magneticky. [5]

Pro aplikaci iontové implementace ve strojírenství se nekladou vysoké nároky na kvalitu iontového svazku jako v polovodičové technologii. Pro rozšířenou implantaci dusíkových iontů ve strojírenských aplikacích lze implantátor podstatně zjednodušit, protože není nutný separátor. [5]

8.2 Modifikace korozních vlastností

O průběhu oxidace kovů rozhodují především vlastnosti vytvářené oxidické vrstvy. Iontovou implementací vhodných prvků je lze modifikovat tak, aby rychlost oxidace byla výrazně snížena. Obecně mají na rychlost oxidace vliv tyto faktory:

- a) vznik koherentní vrstvy, která vytváří ochrannou bariéru
- b) blokování rychlých difúzních drah, jako jsou hranice zrn a dislokace
- c) změna plasticity oxidické vrstvy
- d) modifikace defektů v oxidické vrstvě a tím rychlosti objemové difúze
- e) modifikace elektrických vlastností oxidů [5]

Vliv radiačních poruch na rychlost oxidace je posuzován po implantaci vzácných plynů, nebo iontů terčíkového prvku. Radiační poruchy vyvolané iontovou implementací nemají žádný vliv na rychlost, nebo na mechanismus oxidace kovů, u nichž probíhá oxidace převážně aniontovou difúzí. U systémů s kationtovou difúzí může být rychlost oxidace v některých případech zvýšena. V jiných snížena, anebo nezměněna.

Vliv implantovaných příměsných iontů na oxidační chování byl analyzován jak v čistých kovech, tak slitinách. Dlouhodobá odolnost slitin na bázi železa, nebo niklu je oproti vysokoteplotní oxidaci zajišťována ochrannými oxidickými vrstvami oxidu chromitého, oxidu hlinitého, nebo oxidu křemičitého. Příměs yttria (nebo prvku ze skupiny vzácných zemin) může redukovat odprýskávání oxidické vrstvy a tudíž zlepšovat ochranu vůči oxidaci. [5]

8.3 Tvorba amorfních stavů

Iontovou implementací lze vytvářet amorfní stav se zvýšenou korozní odolností. Dociluje se jej implantací nekovů (boru, fosforu). Kov má v amorfním stavu zásadně vyšší energii než ve stavu krystalickém. Očekává se tedy, že jeho reaktivita bude v korozních podmínkách větší. [5]

Avšak amorfní stav neobsahuje mřížkové poruchy (hranice zrn a dislokace), které jsou typické pro krystalické materiály. Proto má amorfní stav zvýšenou odolnost vůči bodové korozi. [5]

8.4 Aplikace v praxi a průmyslové aplikace

Vliv iontové implementace na opotřebení byl sledován u řady materiálů, zejména nástrojových ocelí, slinutých karbidů (WC-Co) a slitin titanu (Ti-6Al-4V). Byly implantovány různé prvky kovové, metaloidy a inertní plyny.

Nejpříznivěji byl zaznamenán vliv iontové implementace na odolnost vůči opotřebení s dusíkem. U ocelí se na růstu odolnosti vůči opotřebení po dusíkové implantaci podílejí následující efekty vyvolané v povrchové vrstvě materiálu:

- a) vznik jemných nitridů, které jsou účinnou překážkou pohybu dislokací
- b) část implantovaného dusíku je chemicky volná a váže se na dislokace, což je další příspěvek k omezení jejich pohybu
- c) ztížená pohyblivost dislokací je dána také radiačními poruchami
- d) iontovou implementací vznikají v povrchové vrstvě tlaková pnutí, čímž dochází k efektivnímu zpevnění materiálu
- e) implantace příznivě ovlivňuje oxidační vlastnosti povrchu materiálu a zvyšuje adhezi povrchové vrstvy oxidů, tím jsou zlepšeny kluzné vlastnosti a je potlačeno opotřebení v důsledku oddělování části oxidové vrstvy [5]

Další experimenty byly věnovány modifikaci opotřebení různých ocelí iontovou implementací titanu. Jejím doprovodným jevem bývá vznik uhlíku ze zbytkových plynů v terčové komoře do povrchové vrstvy materiálu. Vzniklá slitina Fe-Ti-C má amorfni strukturu, která razantně posiluje odolnost vůči opotřebení.

Tento jev byl východiskem k duálním implantacím titanu a uhlíku, kdy se vytváří amorfni slitina Fe-Ti-C do větší hloubky materiálu.

Pro implantaci se používá řada dalších prvků (B, C, P, Sn). U slinutých karbidů se osvědčila implantace oxidem uhelnatým.

Iontová implementace nevyžaduje zvýšenou teplotu materiálu a lze tedy vyloučit deformace, k nimž může dojít za vysokých teplot při jiných technologiích. Nevytváří se ostré rozhraní modifikované vrstvy s ostatním materiálem, neboť se nejedná o povlak. Neexistují žádné problémy s adhezí a prakticky nenastávají žádné rozměrové změny, ani nepříznivé změny jakosti povrchu materiálu. [5]

Iontová implementace má ovšem i určitá omezení, která nedovolí, aby se více rozšířila v průmyslovém prostředí. Spočívají v tom, že modifikovaná vrstva je velmi tenká: jedná se o desetiny mikrometrů. Je paprsková, takže při větších zakřivených plochách je nutná manipulace s terčíkem ve vakuové komoře. Některé plochy lze modifikovat obtížně,

anebo vůbec (např. vnitřní stěna dlouhého úzkého válce). Ceny implantátorů jsou poměrně vysoké.

Růst odolnosti vůči korozi je významný doprovodný jev. Nejvýraznější snížení koroze a současně s posílením odolnosti vůči opotřebení je zaznamenán u forem pro lisování plastů, u kuličkových ložisek (v lékařství pro posílení odolnosti kyčelních protéz). V současnosti se průmyslově využívá iontová implementace dusíku ke zvýšení odolností vůči opotřebení.

9 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

V zájmu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je povinností pracovníka všude tam, kde je to stanoveno předpisy, používat osobní ochranné pracovní prostředky. Týká se to především hlavy, očí, uší, dýchacích orgánů, rukou a nohou. Patří sem zejména ochranné oděvy, rukavice, obuv, kukly, brýle, tlumiče hluku apod. Protože těchto pomůcek je velké množství a liší se podle druhu práce, jsou pro správné vybavení pracovníků v jednotlivých odvětvích vypracovány seznamy (katalogy) – Hodnocení rizik osobních ochranných pracovník prostředků. V nich jsou uvedeny teoretické základy pro osobní ochranu na příslušném pracovním úseku a dále technický popis, materiál a funkční vlastnosti ochranné pomůcky, její použití a pokyny k údržbě.

9.1 Seznam norem pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci

ČSN 83 20XX	Pracovní a osobní ochrana
ČSN 83 2003-80	Pracovní ochrana. Pracovní procesy.
ČSN 83 21XX	Ochrana hlavy, očí, uší aj.
ČSN 83 22XX	Ochranné prostředky dýchacích orgánů
ČSN 83 23XX	Ochrana rukou
ČSN 83 24XX	Ochrana očí
ČSN 83 25XX	Ochrana nohou
ČSN 83 26XX	Ochranné pomůcky (pásy, chrániče apod.)
ČSN 83 27XX	Ochranné oděvy
ČSN 83 28XX	Ochranné oděvy
ČSN 83 30XX	Bezpečnost strojních zařízení
ČSN 83 32XX	Bezpečnostní hlediska u strojů
ČSN 83 33XX	Bezpečnostní a ochranné systémy strojů
ČSN 83 35XX	Ergonomie [1]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ VRTÁKŮ A DRSNOSTI POVRCHŮ VRTANÝCH DĚR

Cílem měření je určit opotřebení vrtáku (vrták z oceli 19 386, vrták s povlakem nitrid titanu, vrták s kobaltovým povlakem) o průměrech $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$ a $\varnothing 8\text{mm}$. Dané hodnoty opotřebení pak vyhodnotit vzhledem k řezné rychlosti (v_c), k počtu vyvrtaných děr (vrtákem z oceli 19 386 bylo vrtáno každým průměrem vrtáku 20 děr, vrtáky s povlakem nitrid titanu a s kobaltovým povlakem bylo vrtáno každým průměrem vrtáku 10 děr) a následné vyhodnocení drsnosti vzhledem k použitému typu vrtáku (drsnost byla vyhodnocována pouze u průměru díry $\varnothing 8\text{mm}$, protože daný přístroj pro vyhodnocování drsnosti – dotykový profilometr dokáže vyhodnocovat drsnost od průměru otvoru $\varnothing 8\text{mm}$).

10.1 Použité stroje, přístroje, nástroje

10.1.1 Strojní zařízení

Otvory (všechny byly průchozí) byly vrtány na univerzální frézce FHV – 50PD, kde je možno použít vertikální i horizontální vřeteno. V mém případě jsem použil horizontální vřeteno, kde jsem měl nastaveny otáčky $n = 1090 \text{ ot/min}$, použil jsem strojní posuv s posuvovou rychlostí 50 mm/min .

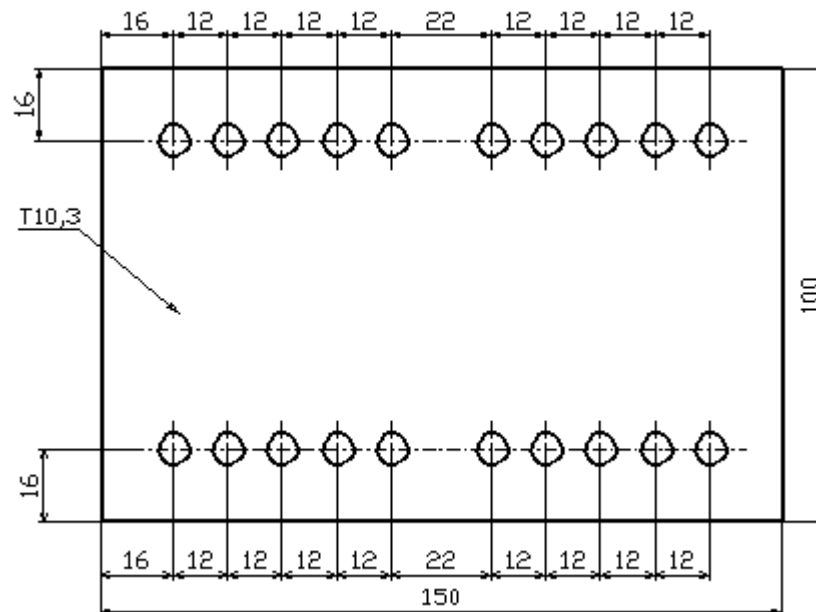
10.1.2 Nástroje pro vrtání

- šroubovitý vrták z oceli 19 386 o průměrech $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$ a $\varnothing 8\text{mm}$, úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 64^\circ$, úhel stoupání šroubovice $\omega = 27^\circ$
- šroubovitý vrták s povlakem nitrid titanu o průměrech $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$ a $\varnothing 8\text{mm}$, úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 64^\circ$, úhel stoupání šroubovice $\omega = 27^\circ$
- šroubovitý vrták s kobaltovým povlakem o průměrech $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$ a $\varnothing 8\text{mm}$, úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 64^\circ$, úhel stoupání šroubovice $\omega = 27^\circ$

10.1.3 Rozměry a materiál obrobku

Vrtaný materiál byl z oceli 11 600 a měl rozměry $150 \times 100 \times 10,3$.

10.1.4 Rozestavení děr při vrtání



Obr. 16. Rozestavení děr při vrtání

10.1.5 Vyhodnocovací zařízení

Opotřebenění vrtáku se vyhodnocovalo mikroskopem a bylo použito stonásobné zvětšení, daná hodnota otupení se pak zjistila odečtením v okuláru pomocí nitkového kříže. Drsnost děr po vrtání se vyhodnocovala dotykovým profilometrem značky Mitutoyo. Daným profilometrem se vyhodnotily parametry drsnosti povrchu Ra, Rz.

10.2 Naměřené hodnoty opotřebení vrtáku a drsnosti vrtaných děr

Tabulka 3. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku 19 386

Opotřebení šroubovitého vrtáku po deseti vrtaných otvorech			Opotřebení šroubovitého vrtáku po dvaceti vrtaných otvorech		
vrták ø5mm	vrták ø6mm	vrták ø8mm	vrták ø5mm	vrták ø6mm	vrták ø8mm
4 µm	4 µm	8 µm	18 µm	8 µm	8 µm
3 µm	3 µm	6 µm	19 µm	4 µm	8 µm
5 µm	5 µm	7 µm	15 µm	6 µm	7 µm
5 µm	3 µm	6 µm	13 µm	9 µm	8 µm
4 µm	3 µm	6 µm	17 µm	8 µm	7 µm
3 µm	4 µm	7 µm	20 µm	7 µm	15 µm
4 µm	3 µm	8 µm	16 µm	10 µm	10 µm
3 µm	4 µm	7 µm	15 µm	5 µm	9 µm
5 µm	3 µm	5 µm	20 µm	8 µm	12 µm
4 µm	5 µm	7 µm	15 µm	7 µm	10 µm

Tabulka 4. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku s povlakem nitrid titanu

Opotřebení šroubovitého vrtáku s povlakem nitrid titanu po deseti vrtaných otvorech		
vrták ø5mm	vrták ø6mm	vrták ø8mm
1 µm	4 µm	8 µm
1 µm	4 µm	4 µm
2 µm	3 µm	3 µm
1 µm	5 µm	4 µm
1 µm	4 µm	4 µm
1 µm	4 µm	4 µm
1 µm	4 µm	5 µm
1 µm	4 µm	3 µm
1 µm	5 µm	3 µm
1 µm	4 µm	5 µm

Tabulka 5. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku s kobaltovým povlakem

Opotřebení šroubovitého vrtáku s kobaltovým povlakem po deseti vrtaných otvorech		
vrták ø5mm	vrták ø6mm	vrták ø8mm
4 µm	4 µm	2 µm
4 µm	3 µm	1 µm
3 µm	2 µm	1 µm
5 µm	2 µm	2 µm
4 µm	1 µm	2 µm
4 µm	4 µm	1 µm
4 µm	3 µm	1 µm
4 µm	2 µm	1 µm
5 µm	5 µm	2 µm
4 µm	4 µm	1 µm

Tabulka 6. Střední hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku z oceli 19 386, šroubovitého vrtáku s povlakem nitrid titanu a šroubovitého vrtáku s kobaltovým povlakem s průměry vrtáků ø5 mm, ø6 mm, ø8 mm

Střední hodnoty opotřebení šroubovitých vrtáků (µm)											
vrták z oceli 19 386						vrták s povlakem nitrid titanu			vrták s kobaltovým povlakem		
ø5	ø6	ø8	ø5	ø6	ø8	ø5	ø6	ø8	ø5	ø6	ø8
po deseti otvorech			po dvaceti otvorech			po deseti otvorech			po deseti otvorech		
4,0	3,7	6,7	16,8	7,2	9,4	1,1	4,1	4,3	4,1	3,0	1,4

Tabulka 7. Naměřené hodnoty drsnosti povrchů u vrtaných otvorů $\varnothing 8$ mm (R_a , R_z)

Drsnosti povrchů vrtaného otvoru $\varnothing 8$ mm					
vrták z oceli 19 386		vrták s povlakem nitrid titanu		vrták s kobaltovým povlakem	
R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)
6,04	37,22	3,27	22,44	2,64	19,36
5,61	36,54	3,84	21,30	2,46	17,08
5,81	35,41	3,97	26,32	2,82	17,83
5,94	35,02	3,87	24,11	2,63	16,59
3,80	28,53	2,99	20,98	2,58	16,07
5,24	28,15	3,40	21,60	2,62	17,50
4,80	28,08	3,37	20,46	2,48	18,44
5,18	29,65	3,67	23,47	2,58	17,58
4,71	34,70	3,70	22,97	2,77	19,82
3,29	20,77	3,35	21,82	2,75	18,10
2,55	18,49	-	-	-	-
6,42	35,16	-	-	-	-
4,81	26,72	-	-	-	-
5,11	28,98	-	-	-	-
5,63	31,68	-	-	-	-
5,64	33,57	-	-	-	-
5,26	28,33	-	-	-	-
3,86	24,32	-	-	-	-
5,72	37,33	-	-	-	-
5,65	35,86	-	-	-	-

Tabulka 8. Střední hodnoty drsnosti povrchů u vrtaných otvorů $\varnothing 8$ mm (R_a , R_z)

Střední hodnoty drsnosti povrchů vrtaného otvoru $\varnothing 8$ mm					
vrták z oceli 19 386		vrták s povlakem nitrid titanu		vrták s kobaltovým povlakem	
R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)
5,05	30,73	3,54	22,55	2,63	17,84

10.2.1 Výpočet řezných rychlostí pro šroubovitě vrtáky

$$v_c = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 \quad (7)$$

Řezná rychlost pro průměr šroubovitěho vrtáku $\varnothing 5$ mm

$$v_c = (\pi \cdot 5 \cdot 1090) / 1000 = 17,12 \text{ m/min}$$

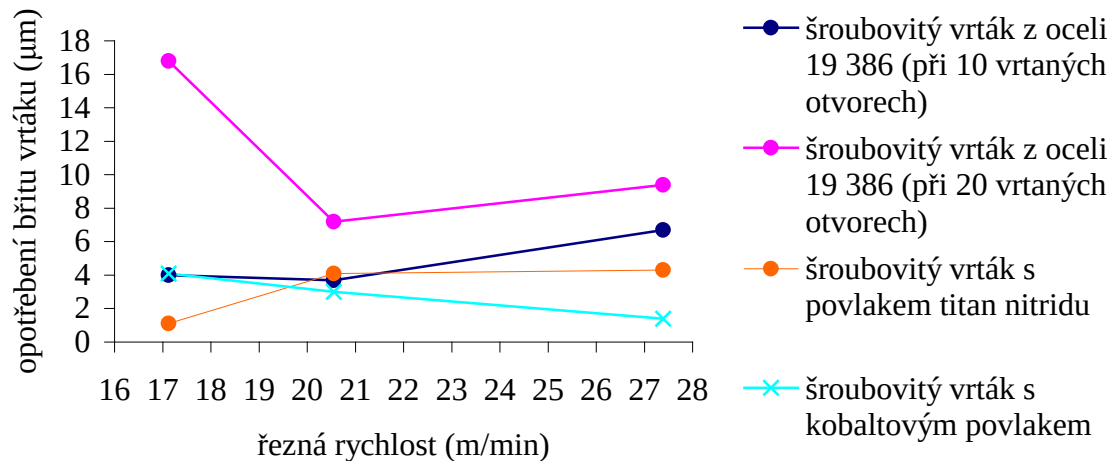
Řezná rychlost pro průměr šroubovitěho vrtáku $\varnothing 6$ mm

$$v_c = (\pi \cdot 6 \cdot 1090) / 1000 = 20,55 \text{ m/min}$$

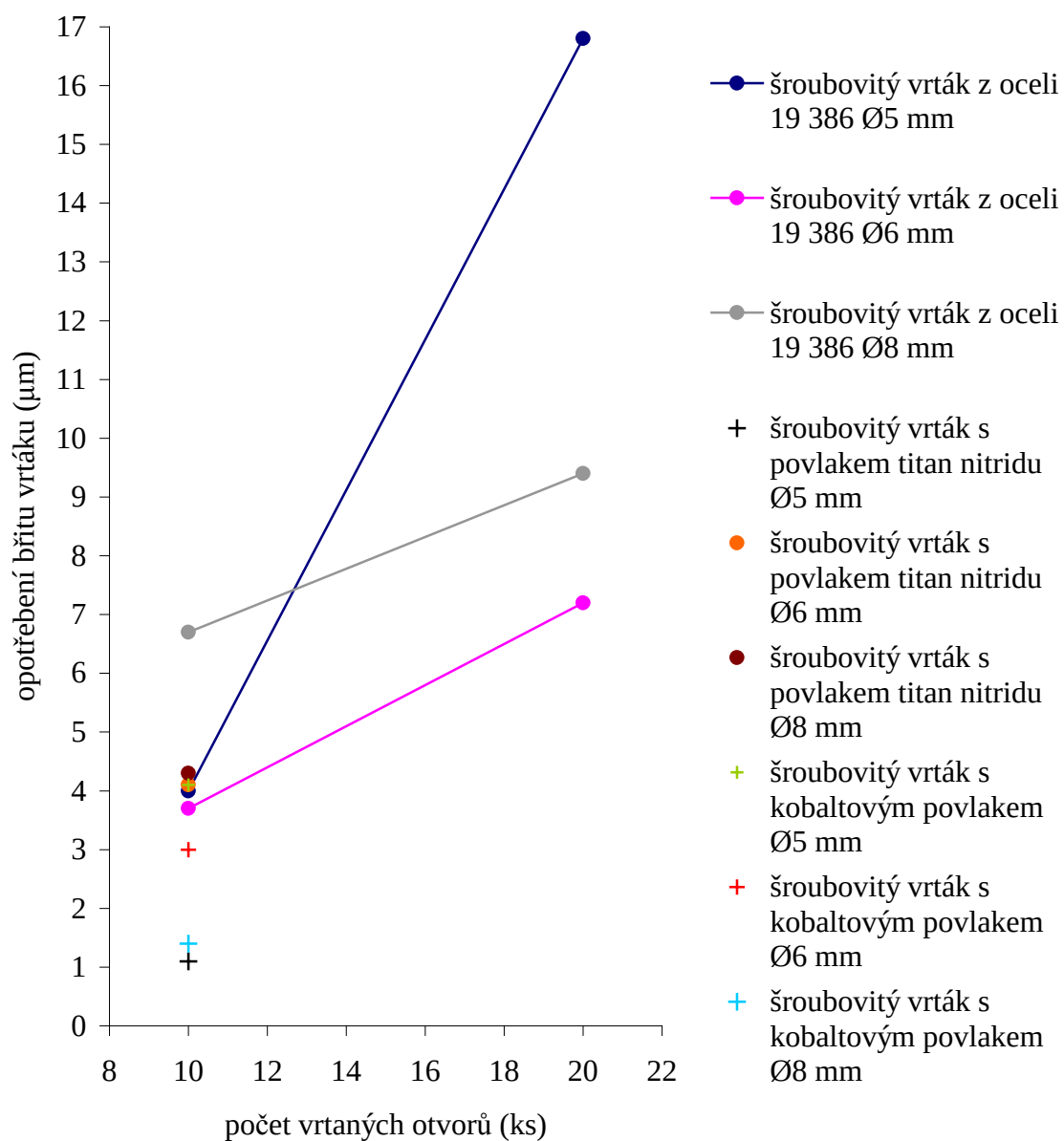
Řezná rychlost pro průměr šroubovitěho vrtáku $\varnothing 8$ mm

$$v_c = (\pi \cdot 8 \cdot 1090) / 1000 = 27,39 \text{ m/min}$$

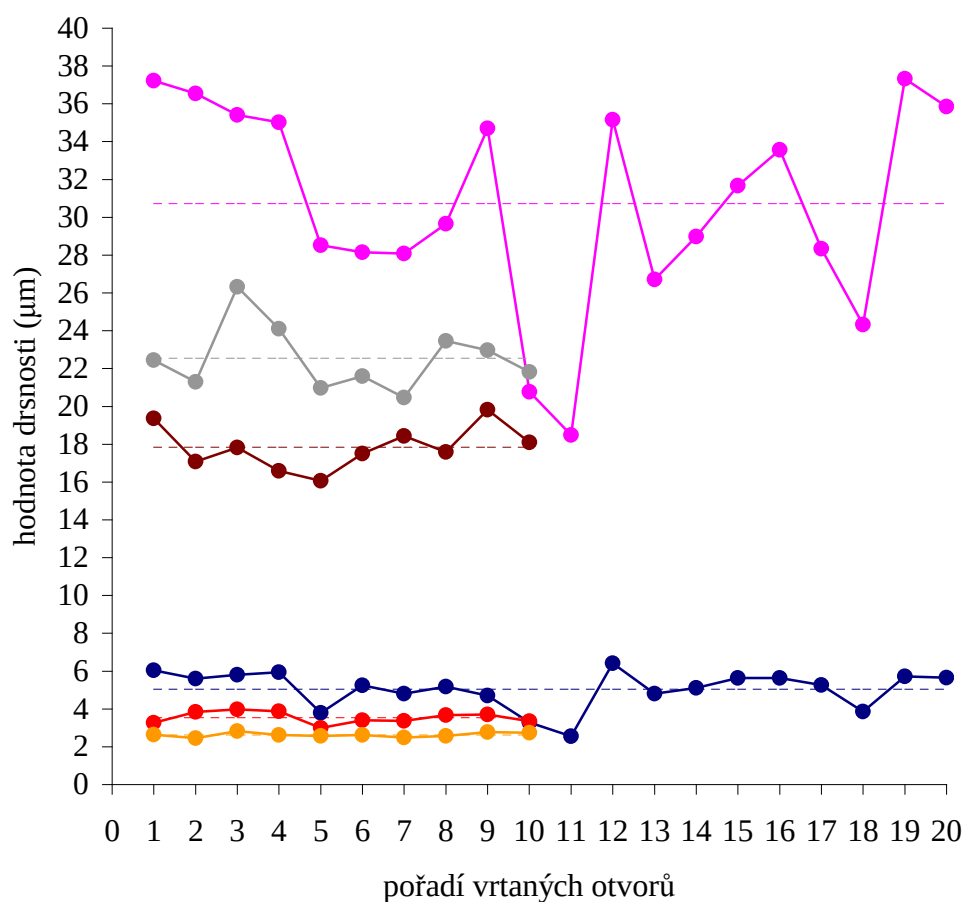
10.3 Grafické zobrazení naměřených dat



Obr. 17. Závislost opotřebení břitu vrtáku na velikosti řezné rychlosti



Obr. 18. Závislost opotřebení břitu vrtáku na počtu vrtaných otvorů



- vrták z oceli 19 386 - hodnota drsnosti Ra
- vrták z oceli 19 386 - hodnota drsnosti Rz
- vrták s povlakem nitrid titanu - hodnota drsnosti Ra
- vrták s povlakem nitrid titanu - hodnota drsnosti Rz
- vrták s kobaltovým povlakem - hodnota drsnosti Ra
- vrták s kobaltovým povlakem - hodnota drsnosti Rz
- vrták z oceli 19 386 - střední hodnota drsnosti Ra
- vrták z oceli 19 386 - střední hodnota drsnosti Rz
- vrták s povlakem nitrid titanu - střední hodnota drsnosti Ra
- vrták s povlakem nitrid titanu - střední hodnota drsnosti Rz
- vrták s kobaltovým povlakem - střední hodnota drsnosti Ra
- vrták s kobaltovým povlakem - střední hodnota drsnosti Rz

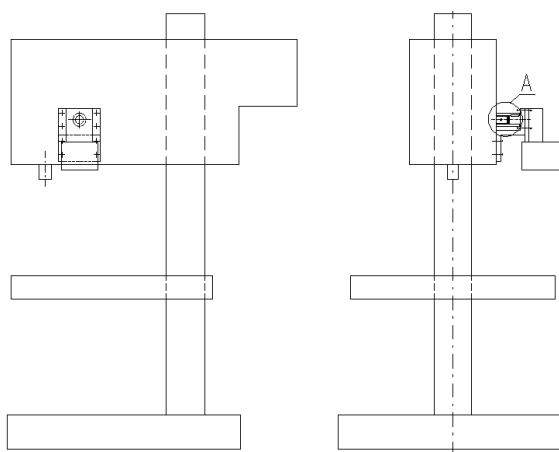
Obr. 19. Zobrazení rozložení hodnot drsnosti (R_a , R_z)

11 NÁVRH MECHANISMU STROJNÍHO POSUVU U VRTAČKY S RUČNÍM POSUVEM

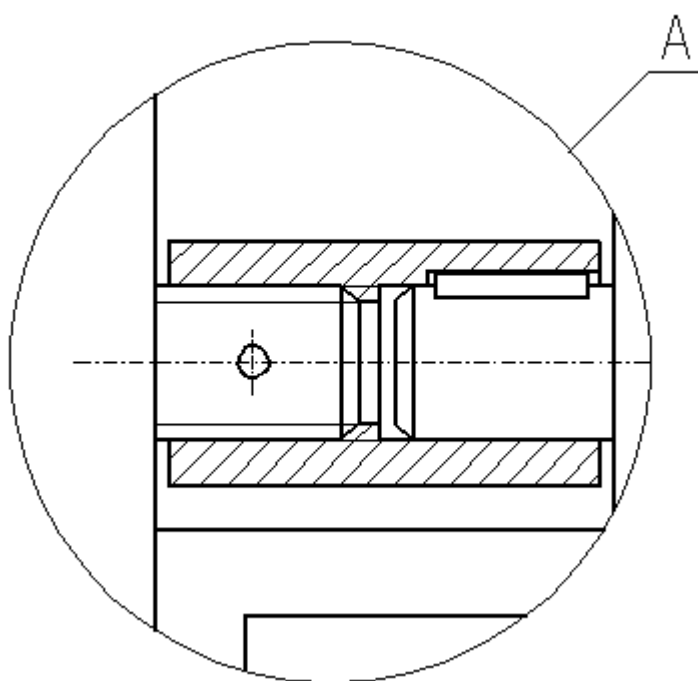
Při mém návrhu volím takovou variantu, kdy použiji motor s převodovkou. Motor s převodovkou je upevněn (přišroubován) na držák, který je pak přišroubován k vřeteníku vrtačky. Pro přenos otáček z výstupního hřídele převodovky na vstupní hřídel (který byl původně určen pro našroubování páky pro ruční posuv při vrtání) použiji pouzdro, které bude mít v jedné části drážku pro pero - pro přenos kroutícího momentu z výstupního hřídele převodovky, který bude opatřen drážkou pro pero a z části se závitem – pro našroubování vstupního hřídele (původně byl určen pro našroubování páky pro ruční posuv při vrtání), který bude ještě pojištěn čepem se závlačkou.

Při určování rozměru pouzdra jsem vycházel z předpokladu, že vstupní hřídel se závitem (hřídel pro ovládání posuvu u vrtačky) má závit M15 a jeho délka je 25 mm a výstupní hřídel z převodovky má průměr $\varnothing 15$ mm a jeho délka je 25 mm (pro průměr hřídele $\varnothing 15$ mm jsem volil PERO 5e7x5x20 ČSN 02 2562). Materiál pouzdra jsem volil ocel 11 500. Držák volím z oceli 11 373. Při určování jednotlivých rozměrů na výkrese jsem vycházel z katalogových hodnot, které byly uvedeny u dané převodovky s redukcí (pro určení hodnot rozpětí šroubů a jejich umístění). Dále jsem použil normalizované součásti - šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014 – M8 – 20, šestihranná matice ISO 4032 – M8, PODLOŽKA 8,4 ČSN 02 1702.10, PODLOŽKA 8 ČSN 02 1740.11, Čep ISO 2341 – B – 5x25x2 – St a ZÁVLAČKA 2x15 ČSN 02 1781.00.

Perový spoj, kolíkový spoj a šroubové spoje jsem nekontroloval – volil jsem jejich hodnoty intuitivně (obecné řešení problému).



Obr. 20. Schéma připojení motoru s redukcí k vrtačce



Obr. 21. Detail A – pouzdro

ZÁVĚR

Z naměřených hodnot a jejich vynesení do grafů můžu konstatovat, že při závislosti opotřebení břitu vrtáku na velikosti řezné rychlosti mají šroubovitě vrtáky z oceli 19 386 a šroubovitě vrtáky s nitrid titanovým povlakem vzrůstající charakter. Pouze u kobaltových šroubovitých vrtáků je klesající závislost. Je také patrné, že šroubovitým kobaltovým vrtákům nevyhovují příliš nízké hodnoty velikosti řezné rychlosti (v mém případě mohu říci, že minimální hodnota velikosti řezné rychlosti by se měla volit od 20 m/min, protože jinak ztrácí tento šroubovitý vrták své výrazně lepší vrtací schopnost).

Při hodnocení daných šroubovitých vrtáků (šroubovitý vrták z oceli 19 386, šroubovitý vrták s nitrid titanovým povlakem, šroubovitý kobaltový vrták) z hlediska drsnosti povrchů (charakteristiky drsnosti podle veličin R_a , R_z) vrtaných otvorů se nejlépe umístil šroubovitý kobaltový vrták se středními hodnotami drsnosti $R_a = 2,63 \mu\text{m}$ a $R_z = 17,84$, dále pak šroubovitý vrták s nitrid titanovým povlakem se středními hodnotami drsnosti $R_a = 3,54 \mu\text{m}$ a $R_z = 22,55 \mu\text{m}$ a nakonec šroubovitý vrták z oceli 19 386 se středními hodnotami drsnosti $R_a = 5,05 \mu\text{m}$ a $R_z = 30,73 \mu\text{m}$. Drsnost povrchu je ovlivňovaná nejen velikostí řezné rychlosti, rychlosti posuvu (s rostoucí řeznou rychlostí a zmňšující rychlosti posuvu se zvýší jakost obrobené plochy) a tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek, ale také typem použitého vrtáku (především úhel nastavení hlavního ostří a úhel stoupání šroubovice), samotný povrch vrtáku – drsnost a jakost povrchu) a způsob, jakým byl vrták vyroben (zda byl vyroben tvářením – povrchá vrstva je celistvá nebo byl vrták obroben). Všechny tyto parametry určitým způsobem ovlivňují jakost obrobené plochy, zvláště pak úhel nastavení hlavního ostří, úhel stoupání šroubovice a povrch vrtáku, jestliže při vrtání (při jakémkoliv typu obrábění) není zajištěn odvod třísky (kapalná, plynná média).

Při procesu vrtání se tvořily dlouhé šroubovitě třísky, které se namotávaly na vrták a které mohly ovlivnit jak hodnoty velikosti opotřebení břitů vrtáků, tak i hodnoty velikosti drsnosti povrchů vrtaných děr. Z technologického hlediska jsou dlouhé třísky nevýhodné, proto se snažíme volit takové řezné podmínky, aby k tvorbě dlouhých třísek nedocházelo (volba obráběného materiálu, volba řezné rychlosti a rychlosti posuvu, volba materiálu nástroje, geometrie nástroje ...)

Při návrhu strojního posuvu u vrtačky s ručním posuvem jsem volil použití motoru s redukcí, tento problém jsem řešil v obecné rovině.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HLUCHÝ, M. – HANĚK, V. *Strojírenská technologie: koroze, základy obrábění, výrobní postupy*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998. 176 s. ISBN 80-7183-127-1
- [2] ČABELKA, J. *Mechanická technológia*. 1.vyd., 1967. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. 1036 s. ISBN 71-044-67
- [3] ŠTĚPEK, J. – ZELINGER, J. – KUTA, A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd., 1989. Praha: SNTL, Bratislava: Alfa. 638 s. ISBN 04-602-89
- [4] ŠIKOLA, Tomáš. Tenké vrstvy v nanotechnologiích. In *Nanotechnologie a její místo v moderní výrobě. Seminář odborného programu konferencí a seminářů Mezinárodního strojírenského veletrhu 2002*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav fyzikálního inženýrství, 2002.
- [5] KVASNIČKA, I. – ČERNÝ, F. Technologie iontové implementace. *TECHNIK: měsíčník hospodářských novin*, červenec-srpen 1999, roč. 7, č. 10, s. 34-35.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

n	otáčky nástroje (min^{-1})
v_c	řezná rychlost (m/min)
f	posuv na otáčku (mm)
κ_r	úhel nastavení hlavního ostří ($^\circ$)
ω	úhel stoupání šroubovice ($^\circ$)
R_a	průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu (μm)
R_z	největší výška profilu (μm)
D	průměr nástroje (mm)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma struktury okují na oceli.....	10
Obr. 2. Schéma galvanického článku.....	12
Obr. 3. Vliv korozní únavy na průběh Wohlerovy křivky	13
Obr. 4. Druhy koroze podle vzhledu a jejich metalografické hodnocení.....	15
Obr. 5. Základní druhy opotřebování.....	16
Obr. 6. Šestihranný omílací buben.....	19
Obr. 7. Schéma uložení omílacího bubnu	19
Obr. 8. Pohon omílacího sudu	19
Obr. 9. Volba velikosti leštících tělísek	20
Obr. 10. Systém otryskávání	21
Obr. 11. Princip fyzikálního povlakování ve vakuu	38
Obr. 12. Předúprava povrchu rýhováním.....	47
Obr. 13. Schéma metalizační pistole plynová.....	51
Obr. 14. Schéma metalizační pistole obloukové.....	51
Obr. 15. Schéma metalizační pistole plazmové.....	51
Obr. 16. Rozestavení děr při vrtání.....	69
Obr. 17. Závislost opotřebení břitu vrtáku na velikosti řezné rychlosti.....	73
Obr. 18. Závislost opotřebení břitu vrtáku na počtu vrtaných otvorů.....	74
Obr. 19. Zobrazení rozložení hodnot drsnosti (R_a , R_z).....	75
Obr. 20. Schéma připojení motoru s redukcí k vrtačce.....	76
Obr. 21. Detail A - pouzdro	77

SEZNAM TABULEK

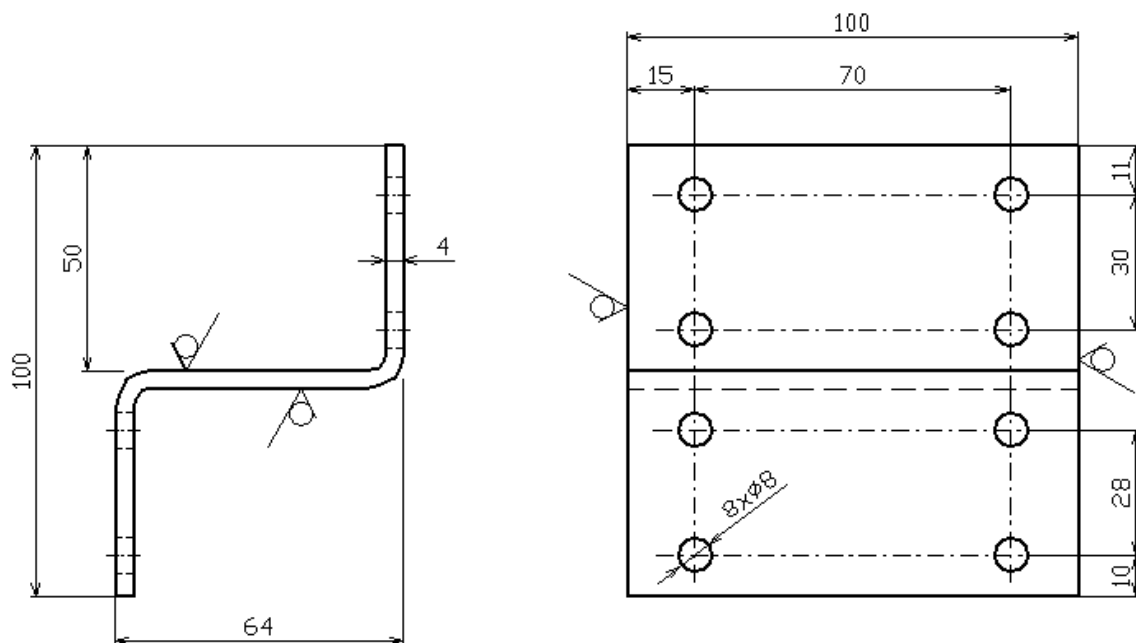
Tab. 1. Standardní potenciály E technických kovů.....	11
Tab. 2. Přehled organických povlaků.....	44
Tab. 3. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku 19 386.....	70
Tab. 4. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku s povlakem nitrid titanu.....	70
Tab. 5. Naměřené hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku s kobaltovým povlakem	71
Tab. 6. Střední hodnoty opotřebení šroubovitého vrtáku z oceli 19 386, šroubovitého vrtáku s povlakem nitrid titanu a šroubovitého vrtáku s kobaltovým povlakem s průměry vrtáků $\varnothing 5$ mm, $\varnothing 6$ mm, $\varnothing 8$ mm	71
Tab. 7. Naměřené hodnoty drsnosti povrchů u vrtaných otvorů $\varnothing 8$ mm (Ra, Rz)	72
Tab. 8. Střední hodnoty drsnosti povrchů u vrtaných otvorů $\varnothing 8$ mm (Ra, Rz).....	72

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výrobní výkres držáku
- P II Výrobní výkres pouzdra

PŘÍLOHA P I: VÝROBNÍ VÝKRES DRŽÁKU.

3,2 / (9)



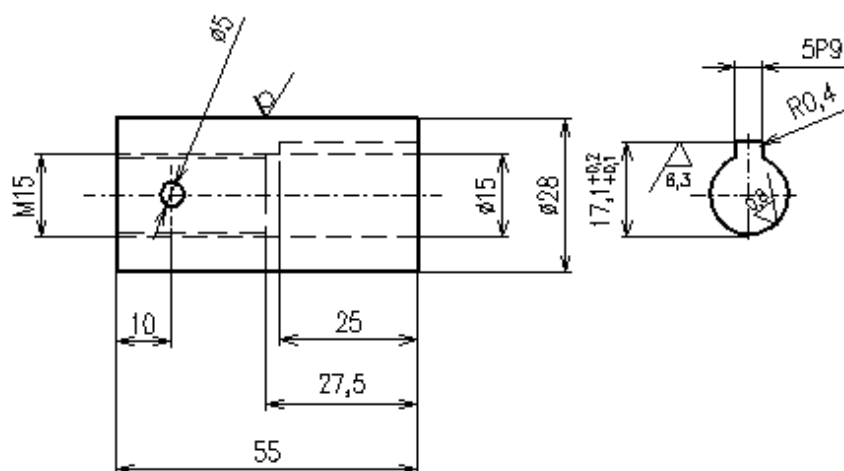
OSTŘÉ HRANY ODJEHLIT

NEKOTOVANE ZAOBLENÍ HRAN R=4 mm

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ	
				FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
ZN.MAT. 11_373		T.O. 002		HMOTNOST kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT. 100X4-170 ČSN 42 5340.01				0,51	N
POM. ZAŘ.				ČSN	TR.Č.
VÝPR. VLASTIMIL BARÁNEK	NORM.REF.			POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					Č.V.
TECHNOL.	SCHVÁLIL	5.6.2005	STARÝ V.		
NÁZEV				STROJNÍ_POSUV	
DRŽÁK				Listů	List

PŘÍLOHA P II: VÝROBNÍ VÝKRES POUZDRA.

$\frac{3,2}{\nabla}$ ($\frac{0,8}{\nabla}$ $\frac{6,3}{\nabla}$ $\frac{\nabla}{\nabla}$)



OSTRÉ HRANY ODJEHLIT

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ	
				FAKULTA TECHNOLOGICKÁ	
ZN.MAT. 11_500			T.O. 001	HMOTNOST kg 0,27	MĚŘ. N
ROZM.-POLOH. KR 28-56 ČSN 42 55410.02				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
VYPR. VLASTIMIL BARÁNEK		NORM.REF.			
PŘEZK.					
TECHNOL.		SCHVÁLIL	5.6.2005	STARÝ V.	Č.V.
NÁZEV				STROJNÍ_POSUV	
POUZDRO				Listů	List