VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MANUFACTORING TECHNOLOGY

VLIV POVRCHOVÝCH ÚPRAV NA KVALITU TVÁŘENÉHO DÍLCE

INFLUENCE OF SURFACE TREATMENTS ON THE QUALITY OF MOLDED PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE DAVID OKURKA

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. MARTIN HUŠEK

SUPERVISOR

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): David Okurka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Vliv povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce

v anglickém jazyce:

Influence of surface treatments on the quality of molded parts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Požadavky na kvalitu a rychlý inovační cyklus nutí výrobce k vývoji a zdokonalování progresivních technologií, ke kterým patří tváření povrchově upravených plechů. V komplexu strojírenské výroby představují povrchové úpravy získání požadovaných vlastností a stavu povrchu materiálu potřebných pro jejich optimální a dlouhodobou funkci.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování literární studie aktuálně nejpoužívanějších metod povrchových úprav a následné testování a zhodnocení odolnosti vybraných metod při operaci tváření.

Seznam odborné literatury:

[1] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření. Plošné a objemové tváření. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o Brno, 2003. 170s. ISBN80-214-234-4
[2] KRAUS , Václav. Povrchy a jejich úpravy. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2000. 218s. ISBN 80-7082-568-1

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Hušek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 2.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Ředitel ústavu	Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce. V úvodu této práce je vysvětleno, proč se povrchové úpravy používají a jaké jsou současné nároky na rozvoj výrobních technologií. Dále jsou zde popsány nejpoužívanější povrchové úpravy kovů, které se v současné době velmi často vyskytují. V další části práce je rozděleno tváření na plošné a objemové a jsou zde popsány jednotlivé typy těchto druhů tváření, jako je střihání, ohýbání, tažení, atd. Na konci práce je popsána spolupráce s firmami Hettich ČR, k.s. a Tokoz a.s.

Klíčová slova

Povrchová úprava, tváření, technologický postup, střihání, ohýbání, tažení

ABSTRACT

This thesis examines the influence of surface treatments on the quality of molded parts. At the beginning of this work explains why the finish and what are the current demands on the development of manufacturing technologies. It further describes the most common surface treatment of metals, which are currently very often occur. The next section is divided into forming the surface and volume and describes the different types of species-forming, such as cutting, bending, drawing, etc. At the end of the work described cooperation with the Hettich ČR, k.s. and Tokoz, a.s.

Keywords

Surface treatment, forming, technological process, cutting, bending, drawing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OKURKA,D.: Vliv povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Hušek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma vliv povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V …… dne 8.5.2011

……

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Martinovi Huškovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Poděkování patří také firmám Hettich ČR k.s. a Tokoz,a.s. ze Žďáru nad Sázavou za nemalou pomoc při řešení této práce.

OBSAH

Obsah

ABSTRAKT 4

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE 4

PROHLÁŠENÍ 5

PODĚKOVÁNÍ 6

1. ÚVOD 10

2. GALVANICKÉ ZINKOVÁNÍ 11

2.1. Historie 11

2.2. Postup a vlastnosti galvanického zinkování 11

2.3. Alkalické kyanidové lázně 12

2.4. Alkalické bezkyanidové lázně 13

2.5. Silně kyselé lázně 14

2.6. Slabě kyselé lázně 15

3. ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ 18

3.1. Historie 18

3.2. Výhody a nevýhody žárového zinkování 18

3.2.1. Výhody 18

3.2.2. Nevýhody 19

3.3. Technologický postup 19

3.4. Žárové zinkování malých součástí – odstřeďování 20

3.5. Žárové zinkování drátů a trubek 20

3.6. Žárové zinkování plechů 20

3.7. Pevnost žárově zinkovaných ocelí 21

3.7.1. Pevnost v tahu, tažnost, vrubová houževnatost 21

3.7.2. Pnutí ve svarech 21

3.7.3. Únavová pevnost 21

3.7.4. Křehkost, praskání ... 22
4. CHROMÁTOVÁNÍ ... 22
4.1. Technologický postup chromátování hliníku ... 23
4.2. Chromátování zinku ... 24
4.3. Výhody chromátovacích povlaků ... 25
5. GALVANICKÉ NIKLOVÁNÍ ... 25
6. FOSFÁTOVÁNÍ ... 27
6.1. Teorie fosfátování ... 28
6.2. Technologický postup fosfátování ... 30
6.2.1. Fosfátování ponorem před aplikací impregnačních prostředků ... 30
6.2.2. Fosfátování postřikem před lakováním ... 30
6.3. Využívání fosfátovaných povlaků v různých oborech ... 31
6.4. Přehled aplikací fosfátových povlaků ... 31
7. ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ OCELÍ ... 32
8. STŘIHÁNÍ ... 33
8.1. Definice a princip střihání ... 33
8.2. Pásma střihání ... 33
8.3. Tvary střižných nožů ... 34
8.3.1. Pracovní diagram stříhání na nůžkách (obr.9) ... 35
8.4. Stanovení střižných sil a prací ... 35
8.4.1. Stanovení střižné síly pro rovnoběžné nože ... 35
8.4.2. Stanovení střižné práce pro rovnoběžné nože ... 35
8.4.3. Stanovení střižné síly pro skloněné nože ... 36
8.4.4. Stanovení střižné práce pro skloněné nože ... 36
8.5. Zhotovování přesných výstřižků ... 36
9. OHÝBÁNÍ ... 37
9.1. Definice ohýbání ... 37

9.2. Úhel odpružení ... 38
9.3. Ohýbací síla ... 39
10. TAŽENÍ ... 39
10.1. Tažení bez zeslabení stěny ... 40
10.1.1. Tažení bez přidržovače ... 40
10.1.2. Tažení s přidržovačem ... 41
10.2. Tažení se ztenčením stěny ... 42
10.3. Zpětné tažení ... 42
10.4. Protahování ... 43
10.5. Určení způsobu tažení ... 44
10.6. Stanovení průměru polotovaru ... 45
10.7. Tažná mezera ... 45
10.8. Tažná síla ... 46
10.8.1. Maximální tažná síla ... 47
10.8.2. Skutečná tažná síla: ... 47
11. KOVÁNÍ ... 48
12. PĚCHOVÁNÍ ... 49
13. PROTLAČOVÁNÍ ... 50
14. SPOLUPRÁCE S FIRMAMI HETTICH ČR, k.s. a TOKOZ, a.s. ... 51
14.1. Použité druhy strojů ve firmách Hettich ČR, k.s. a Tokoz, a.s. ... 51
14.2. Uvedení příkladů výlisků ve firmě Hettich ČR,k.s. ... 51
14.3. Způsob výroby výlisků ve firmě Hettich ČR, k.s. ... 51
15. ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI POVRCHŮ ... 52
15.1. Zkouška mřížkovým řezem ... 52
16. ZÁVĚR ... 54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ ... 56

1. ÚVOD

Pro tuto bakalářskou práci jsem si vybral téma: „Vliv povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce“, jelikož je mi dané téma regionálně blízké a lze čerpat zkušenosti z praxe z okolních podniků Hettich ČR, k.s. a Tokoz a.s.

Jedním z nejstarších a nejpoužívanějších procesů strojírenské technologie je tváření materiálů. Tvářením materiálu dosahujeme konečné podoby výrobků s maximálním využitím výchozího materiálu, tedy s minimálním odpadem, ve velmi krátkém časovém úseku. Je to technologický proces, kde je materiál působením vnější síly uveden do plastického stavu a tvarován do požadovaného tvaru, aniž by došlo k porušení jeho soudržnosti.

Vzhled každého objektu je určován především jeho povrchem. Povrch objektu tvoří rozhraní mezi základním materiálem a okolím, a proto dochází při běžném používání výrobků ke vzájemnému styku základního materiálu s okolním prostředím. Z tohoto důvodu následuje povrchová degradace například vlivem opotřebení nebo koroze. Vysokou kvalitu a vzhled zajišťují povrchové úpravy. Ty ovlivňují především životnost, provozní spolehlivost a nároky na údržbu. Moderní doba přináší nové trendy designu, klade důraz na výslednou kvalitu, na celkovou ekonomickou náročnost, má požadavky na funkční vlastnosti povrchu a současně na nízkou ekologickou zátěž životního prostředí. Všemi těmito trendy a požadavky je ovlivněn současný rozvoj výrobních technologií a zařízení. S postupem času jsou do praxe zaváděny stále novější výrobní postupy a měřící metody, které nám umožňují získat nové, vylepšené vlastnosti povrchu a povrchové vrstvy součástí.

2. GALVANICKÉ ZINKOVÁNÍ

2.1. Historie

Elektrolytické vylučování zinku bylo objeveno zřejmě již v 18. století, ovšem ke komerčnímu využití došlo až v roce 1930. První kyselá lázeň byla patentována v roce 1852 a první alkalická kyanidová lázeň v roce 1855. Do 60 let dvacátého století byly na trhu dva typy zinkovacích lázní. Kyselé lázně na bázi síranu zinečnatého a zinkování z kyanidových alkalických lázní. Kyselé lázně na bázi síranu zinečnatého se hodily jen pro kontinuální pokovení ocelových polotovarů, protože měly velmi nízkou hloubkovou účinnost. Zinkování z alkalických kyanidových lázní bylo mnohem rozšířenější, zejména pro své velmi dobré technologické vlastnosti. Ovšem velkou nevýhodou tohoto typu zinkování byl velký obsah nebezpečných jedů, silně toxických kyanidů. Uživatelé vyžadovali elektrolyty se sníženou toxicitou, lepšími technologickými vlastnosti, vylučující zobrazivé, lesklé a rovnoměrně vyrovnané povlaky. To zapříčinilo vývoj slabě kyselých a bezkyanidových lázní. Vývoj kyanidových lázní s nižším obsahem kyanidů byl ovlivněn zejména komplexutvornými a leskutvornými přísadami pro nové elektrolyty. V současné době je zinek možné vylučovat ze zinkovacích elektrolytů alkalických kyanidových, alkalických bezkyanidových, silně kyselých a slabě kyselých. [1]

2.2. Postup a vlastnosti galvanického zinkování

Součást se ponoří do lázně zinečnatých solí a zapojí se jako katoda přímo na zdroj stejnosměrného elektrického proudu. Jako anoda je zapojen čistý zinek ve formě desek nebo tyčí. Jestli je lázeň kyselá, neutrální nebo alkalická je dáno typem použité zinečnaté soli. Když se přivede do lázně elektrický proud, na ocelovém povrchu se začne ukládat zinek. Současně se rozpouští anoda a doplňuje nový zinek do elektrolytu. Zboží může být umístěno v koších nebo bubnech nebo může být zavěšeno na přípravcích. Bubny nebo závěsné zařízení se pak pohybují mezi jednotlivými vanami. To může probíhat například s použitím programově řízených robotů. Vyloučený povlak je charakteristický svou velmi jemnou krystalickou strukturou a jeho přídržnost k ocelovému povrchu má pouze mechanický charakter. Normou předepsané tloušťky vrstvy (min. místní tloušťka) jsou 5, 8, 12 a 25 μm. U hromadných zakázek, jako jsou například různé spojovací prvky a šrouby malých rozměrů jsou často vrstvy menší než 5 μm. U součástí nebo konstrukcí jednoduchých geometrických tvarů jako je například drát může být vrstva o tloušťce větší než 25 μm. Povrch zinkového povlaku je velmi hladký, stříbřitý a kovově lesklý. To vidíme na obrázku 1. Přidáme-li do lázně speciální přísady, získáme velmi lesklý povlak (tzv. lesklý zinek). [3]

obr.1-Galvanické zinkování

2.3. Alkalické kyanidové lázně

Nízkokyanidové lázně potřebují na rozdíl od běžných klasických lázní pro vyloučení kompaktních zinkových povlaků systém leskutvorných přísad s komplexotvornými účinky. Tyto nahrazují nedostatek komplexních kyanidů a zvyšují maximální katodovou proudovou hustotu na hodnoty srovnatelné s klasickými kyanidovými elektrolyty. [1]

Velmi dobré technologické vlastnosti mají lázně s vysokým obsahem kyanidů a vylučují kvalitní povlaky v širokém rozmezí katodových proudových hustot. Prokazují se velmi dobrou hloubkovou účinností, provozní stabilitou a snesou méně kvalitní předúpravy, jako například odmaštění. Dosahují velmi vysokých vylučovacích rychlostí a to i navzdory nižšího katodového proudového výtěžku (70 - 80%). Tyto rychlosti jsou až 0,8 μ/min. při $4A/dm^3$. Pracuje se bez potřeby míchání za normálních teplot. Koncentraci zinku v elektrolytu můžeme regulovat použitím nerozpustné anody v lázni a povlaky jsou dostatečně přilnavé. [1]

Hlavní nevýhodou těchto elektrolytů je ekologická a hygienická nebezpečnost, která vedla téměř až k úplnému nahrazení. Likvidace kyanidů je velmi bezpečná, ale naproti tomu i velmi nákladná. V případě selhání lidského činitele dochází k velkým ekologickým škodám.[1]

Dnes jsou tyto lázně používány jen velmi výjimečně v případě že nelze použít zinkovací elektrolyt a používají se pouze v nízkokoncentrační formě. [1]

Tab. 1 - Příklad typického složení a parametrů alkalických kyanidových elektrolytů

Zinek (ve formě kovu)	g/l	10-50
Hydroxid sodný (draselný)	g/l	75-150
Kyanid sodný (draselný)	g/l	10-100
Teplota	°C	20-30
Katodová proudová hustota	A/dm^2	0,1-5

2.4. Alkalické bezkyanidové lázně

Alkalické bezkyanidové lázně byly uvedeny na trh v roce 1965 a hned začaly vytlačovat lázně kyanidové. Silně jedovatý a toxický kyanid byl sice nahrazen, ale velká řada těchto lázní obsahovala silná komplexní činidla, který způsobovala velké potíže především v oblasti čištění odpadních vod. Tyto lázně jsou založeny zejména na hydroxizinečnatanovém komplexu. Tento komplex vzniká rozpouštěním zinečnaté soli, nejčastěji oxidu nebo síranu, v hydroxidu. [1]

$Zn^{2+} + 4OH^- = / Zn(OH)_4/^{2-}$

Vlastní elektrolýza pak probíhá ve dvou stupních

$Zn(OH)_4/^{2-} = Zn(OH)_2 + 2OH^-$

$Zn(OH)_2 + 2e^- = Zn + 2OH^-$

Takto vylučovaná zinková vrstva je šedá, málo mechanicky odolná a pórovitá, proto ve skutečných provozních lázních musí být přítomny organické látky, které umožní vyloučení pololesklé až lesklé kompaktní zinkové vrstvy s dobrou mechanickou odolností. Kvalita lázní byla závislá na komplexačních schopnostech a použitých organických látek. Novější generace se stávají málo stabilní a v podstatě se rozpadají a to zejména po naředění v odpadních vodách. To se děje i přes to, že tyto lázně obsahují nezbytné organické látky. Rozpadnuté částice již komplexační účinky nemají a negativně ovlivňují odpadní vody. Výhodou novějších lázní je velmi dobrá hloubková účinnost a široký rozsah použitelných proudových hustot. Další velkou předností těchto elektrolytů je nízká koncentrace zinku v určitých typech lázní a to již od 6,5 g/l a minimalizuje se tak výnos zinku do odpadních vod. [1]

Mezi nevýhody alkalických bezkyanidových lázní patří nižší vylučovací rychlost, horší mechanické vlastnosti povlaků, nižší rovnoměrnost rozložení tloušťky vrstvy a nižší teplotní odolnost lázní. Značný vývoj vodíku a tím i vyšší možnost navoskování základního materiálu je způsobeno katodickým proudovým výtěžkem, který se pohybuje v rozmezí 50 až 75%. [1]

Alkalické bezkyanidové elektrolyty mají intenzivní a cílený vývoj a ten uvedl na trh lázně nové generace. Hlavní předností je zlepšení dekorativního vzhledu, vysoká vyrovnávací schopnost, nižší pnutí a vynikající rovnoměrnost rozložení zinkového povlaku. Podařilo se také prakticky potlačit komplexovatelnost lázní v odpadních vodách a to zejména použitím nových typů organizačních přísad. To umožňuje jejich likvidaci pouhou neutralizací. Výnos zinku do oplachovacích vod se sice zvýší na základě zvýšení koncentrace zinku v lázních na

rozmezí 10 – 16 g/l, ale celková potřeba zinku je nižší vzhledem k dosažené rovnoměrnosti tloušťky povlaku. [1]

Tab. 2 - Příklad typického složení a parametrů alkalických bezkyanidových elektrolytů

Zinek (ve formě kovu)	g/l	6-16
Hydroxid sodný	g/l	75-150
Teplota	°C	18-30
Katodová proudová hustota	A/dm^2	0,1-5

Mezi nejčastější závady alkalických bezkyanidových zinkovacích lázní patří zejména vytváření puchýřů v povlaku, které jsou způsobeny špatnou předpravou povrchu, vysokým obsahem hydroxidu, malým obsahem zinku a vysokým vnitřním pnutím povlaku. Další častou závadou je odprýskávání povlaku způsobené vysokým tlakovým vnitřním pnutím a jeho vzrůstem po pokovení. Vysoká katodová proudová hustota a velký obsah hydroxidů způsobuje silný vývoj vodíku na zboží. Tmavé a nevzhledné povlaky jsou způsobeny znečištění cizími kovy a znečištěním organickými látkami. Další závada je například nízký proudový výtěžek a je způsoben nízkým obsahem zinku, přebytkem hydroxidu a vysokým obsahem uhličitanu. Mechanické nečistoty v lázni a nedostatek nosiče v lázni může způsobovat to, že vyloučený povlak je drsný. Vysoká koncentrace zinku a vysoká teplota lázně způsobuje vysokou spotřebu přísad. [1]

Tab. 3 - Nejčastější závady alkalických bezkyanidových zinkovacích lázní

Závada	**Předpokládaná příčina**
Puchýře v povlaku	Špatná předúprava povrchu, vysoký obsah hydroxidu, vysoké vnitřní pnutí hydroxidu
Odprýskávání povlaku	Vysoké tlakové vnitřní pnutí, vzrůst jeho pokovení
Silný vývoj vodíku na zboží	Vysoká katodová proudová hustota, velký obsah hydroxidu
Tmavé nevzhledné povlaky	Znečištění cizími kovy, znečištění organickými látkami
Nízký proudový výtěžek	Nízký obsah zinku, přebytek hydroxidu, vysoký obsah uhličitanu

2.5. Silně kyselé lázně

Silně kyselé zinkovací lázně jsou převážně na bázi chloridu nebo síranu zinečnatého a mají jen úzkou oblast svého využití. Hlavní využití těchto lázní je pro kontinuální pokov pásů a drátů. Soli hliníků jsou používány jako přísady pro jemnější zrno. Tyto elektrolyty pracuj s vysokou proudovou hustotou 5-100 A/dm^2, při PH v rozmezí 2-4,5. Mají nízkou

hloubkovou účinnost, která ovšem při kontinuálních procesech není závadou. U novějších lázní jsou používány lesotvorné přísady, které způsobí, že vyloučené povlaky jsou pololesklé až lesklé. [1]

Tab. 4 - Příklad typického složení a parametrů silně kyselých elektrolytů

Zinek (ve formě kovu)	g/l	70-180
Kyselina boritá	g/l	10-30
pH		2-4,5
Teplota	°C	20-70
Katodová proudová hustota	A/dm^2	5-100

2.6. Slabě kyselé lázně

Na počátku 20.století byla vyvinuta kyselá zinkovací lázeň na bázi síranů pro zinkování pásové oceli. Na dalších 60 let ovládla galvanické zinkování lázeň kyanidová. V 60. letech bylo vyvinuto slabě kyselé zinkování na bázi chloridu amonného, jako reakce na požadavek průmyslu na lázeň s vyšší vylučovací rychlostí. Na trhu galvanického zinkování získala tato lázeň až 50% podílu. Amonné ionty fungovaly jako tlumiče PH. Součástí lázní byl i přísadový systém ze základní nosné přísady, jejíž funkcí bylo vytvořit pololesklý kompaktní a jemný zinkový povlak a to již od velmi nízkých proudových hustot až po hodnoty 7-8 A/dm^2. Základní přísada byla nutná pro vytváření lesklého povlaku. Tyto lázně jsou používány v řadě případů ještě dnes. Velkým nedostatkem však byla likvidace oplachových vod, protože vynášené amonné ionty silně komplexovaly v odpadních vodách s mědí a niklem. Z těchto komplexů nebylo možné tyto kovy běžnou neutralizací vysrážet a procházeli čistírnou odpadních vod do recipientů. U nových typů slabě kyselých zinkovacích lázní je zinek vylučován ze slabých chlorokoplexů. Amonné ionty byly postupně z ekologických důvodů nahrazeny draselnými a sodnými. Tlumičem PH jsou soli organických kyselin a kyselina boritá. Odpadní vody lze likvidovat z těchto lázní klasicky a s dostatečnou účinností. [2]

V nejnovějších typech slabě kyselých lázní jsou pěnivé tenzidy nahrazeny nepěnivými s vysokým bodem zákalu. To umožňuje tyto lázně provozovat i za vyšších teplot. V této době již není problémem teplota okolo 50°C. Nepěnivé tenzidy umožňují intenzivní míchání elektrolytu, například vzduchem. Intenzivní míchání umožňuje použití vyšších katodový proudový hustot a tím vyšší nanášení rychlosti zinku a to až 1μ/min. [1]

Slabě kyselé lázně způsobují jedny z nejkvalitnějších zinkových povlaků. Katodový proudový výtěžek je v celém rozsahu použitelných proudových hustot vyšší jak 95%. Nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti u ušlechtilých a pevnostních ocelí je snižováno nízkým vývojem vodíku. Ve slabě kyselých lázních je možné provádět pokovování litiny s ohledem na vylučování zinku s nízkým přepětím. Mezi další výhody těchto lázní patří například jejich

dobrá provozní spolehlivost, nízké provozní náklady a dobrá oplachovatelnost pokoveného zboží. [2]

Oproti alkalickým bezkyanidovým lázním mají vyšší náklady na nasazení lázně. Další nevýhodou jsou vyšší nároky na prováděnou předúpravu a čistotu pokovovaného zboží. Nemůžeme zanedbat ani značnou citlivost na přítomnost iontů těžkých kovů (Cu,Cd,Pb,Fe,Cr). Lázně jsou silně agresivní a to nejen k zařízení, ale například v mikrospárách či ve štěrbinách dokonale nevypláchnutá lázeň může po určité době způsobovat korozi pokovených dílů a vady povlaku. I přes všechny tyto uvedené nevýhody jsou dnes slabě kyselé zinkovací lázně nejrozšířenějším typem zinkovacích elektrolytů. [2]

Nový vývoj směřuje k dosažení vysokého lesku, vysokého dekorativního vzhledu, srovnatelné vyrovnávací schopnosti a zabíhavost s alkalickými bezkyanidovými lázněmi.[2]

Mezi nejčastější závady slabě kyselých zinkovacích lázní patří nízký lesk povlaku způsobený zejména nedostatkem leskutvorných přísad, příloš vysokou teplotou, PH mimo dostatečné rozmezí, vysokým obsahem zinku ke koncentraci chloridů. Další závadou jsou skvrny a šmouhy na povlaku, zapříčiněny zejména vyčerpáním nebo znečištěním vyjasňovacího nebo chromátovacího roztoku, nedostatečnou předúpravou, znečištěním lázně cizími kovy. Že je povlak matný, tmavě šedý až černý způsobuje špatná předúprava a znečištění lázně dusičnany. Předpokládaná příčina když se povlak napaluje při vyšších proudových hustotách je nízký obsah zinku, nízký obsah kyseliny borité, nedostatek základní přísady, vysoké PH a znečištění lázně železem. Organické znečištění v lázni a znečištění šestivalentním chromem způsobuje křehkost povlaku. Předpokládaná příčina houbovitého povlaku je silné znečištění cizími kovy a vysoká hodnota PH. Když je povlak nepřilnavý, znamená to špatnou předúpravu, organické nečistoty v lázni, vysoké vnitřní pnutí povlaku. [1]

Tab. 5 - Příklad typického složení a parametrů slabě kyselých elektrolytů

Zinek (ve formě kovu)	g/l	25 – 45
Chlorid draselný	g/l	170 – 180
Kyselina boritá	g/l	20 – 35
pH		4,8 - 5,5
Teplota	°C	20 – 50
Katodová proudová hustota	A/dm^2	0,1 – 8

Tab. 6 - Nejčastější závady alkalických bezkyanidových zinkovacích lázní

Závada	**Předpokládaná příčina**
Nízký lesk povlaku	Nedostatek leskutvorných přísad, příliš vysoká teplota, pH mimo doporučené rozmezí, vysoký obsah zinku ke koncentraci chloridů
Šmouhy a skvrny na povlaku	Vyčerpání nebo znečištění vyjasňovacího nebo chromátovacího roztoku, nedostatečná předúprava, znečištění lázně cizími kovy
Povlak se napaluje při vyšších proudových hustotách	Nízký obsah zinku, nízký obsah kyseliny borité, nedostatek základní přísady, vysoké pH, znečištění lázně železem
Povlak je matný, tmavě šedý až černý	Špatná předúprava, znečištění lázně dusičnany
Povlak je křehký	Organické znečištění v lázni, unečištění šestivalentním chromem
Povlak je nepřilnavý	Špatná předúprava, organické nečistoty v lázni, vysoké vnitřní pnutí povlaku
Povlak je houbovitý	Silné znečištění cizími kovy, vysoká hodnota pH

V oblasti zinkování byla do současné doby snaha dosáhnout vyloučení co nejlesklejšího zinkového povlaku. S dalším rozšiřováním oblastí aplikací zinkování však vyvstala potřeba vyloučit stejnoměrně satenově matný zinkový povlak a napodobit tak vzhled satenového niklového povlaku, ovšem v jiné cenové kategorii. Hloubka matu byla silně závislá na použité katodové proudové hustotě. Čím byla vyšší proudová hustota, tím byl vyloučený povlak lesklejší. [1]

Vývoj směřoval k definování přísady, která umožňuje vylučovat ze slabě kyselé zinkovací lázně stejnoměrně matově satenový povlak zinku a to buď zavěsovým nebo hromadným způsobem. Koncentrací této přísady pak ještě můžeme získat povlak s nižším či vyšším matem. [1]

V současné době je již k dispozici slabě kyselý zinkovací elektrolyt, který těmto náročným požadavkům vyhovuje k dosažení předurčeného cíle. Vyloučený povlak při použití jen základní přísady je matný až pololesklý. [1]

3. ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

3.1. Historie

V roce 1741 objevil francouzský chemik Melouin skutečnost, že zinek je schopen chránit ocel proti korozi. Tato metoda byla ovšem celkem nepoužitelná. To ovšem jen do doby, kdy další Francouz Sorel zavedl do praxe moření v kyselině sírové jako proces předúpravy povrchu. Dne 10. května 1837 si také Sorel zaregistroval svůj patent na žárové zinkování- viz.obrázek 2. [4]

obr.2.-Žárové zinkování

3.2. Výhody a nevýhody žárového zinkování

3.2.1. Výhody

- Nízká cena, nízké udržovací náklady
- Dlouhá životnost zinkových povlaků. Tyto povlaky často zaručují bez údržby protikorozní ochranu po dobu životnosti výrobku
- Kvalita zinkového povlaku je zcela nezávislá na vnějších povětrnostních podmínkách v průběhu procesu nanášení
- Pravděpodobnost snižování výskytu vad je ovlivněno tím, že povrchová úprava je prováděna ve stabilním zařízení definovaným způsobem.
- Kvalitní a rovnoměrné povlaky s hladkým povrchem vznikají i v obtížně přístupných místech.
- V případě, kdy dojde k porušení povlaku drobným poškrábáním nebo úderem, zinkový povlak chrání ocel proti korozi katodicky.

- Poškození během manipulace je výjimečné a oprava povlaku je nutná jen velmi zřídka. Zinkový povlak je schopen odolávat mechanickému namáhání během transportu, skladování a montáže.
- V rozích nebo na ostrých hranách vzniká stejně silný nebo ještě silnější povlak než na rovném povrchu
- Kontrola kvality povlaku je rychlá a snadná
- Žárově pozinkovanou ocel je možné svařovat velmi běžně používanými metodami svařování. [4]

3.2.2. Nevýhody

- Žárové zinkování může být prováděno pouze na stabilním zařízení.
- Barvu povlaku je možné změnit jen aplikací nátěru.
- Riziko deformací účinkem tepelného působení zinkové lázně. Toto riziko je především u rozměrných plošných dílů z plechu a štíhlých dlouhých nosníků.
- Rozměry dílů nebo konstrukcí jsou limitovány velikostí zinkovací vany.
- Svařování pozinkované oceli může vyžadovat poněkud odlišný postup v porovnání s nepokovenou ocelí. [4]

3.3. Technologický postup

Na počátku je třeba mechanicky odstranit nečistoty, když je povrch znečištěn barevnými značkami nebo třeba struskami po svařování. Toto odstranění se provádí například tryskáním nebo broušením. Zbytků formovacího písku je třeba povrch zbavit tryskáním ocelovými broky. [4]

V alkalických odmašťovacích roztocích se obvykle odstraňují tuky a oleje. Po oplachu vodou se povrch oceli zbaví rzi a okují mořením ve zředěné kyselině chlorovodíkové nebo sírové. Obecně používanější z těchto dvou kyselin je kyselina chlorovodíková.[4]

Než ponoříme zboží do zinkovací lázně, musíme použít tavidlo. Tavidlo způsobuje rozpouštění oxidů, jak na povrchu roztaveného zinku, tak na ocelovém povrchu součástí. Tím je umožněn přímý kontakt čistých kovových povrchů obou kovů. Tavidlo je nanášeno dvěma způsoby – mokrý a suchý způsob. Z hlediska protikorozní ochrany a kvality dávají obě metody rovnocenné povlaky. [4]

Při mokrém zinkování se povrch lázně rozděluje přepážkou na dvě části. Jako tavidlo je používán chlorid amonný. Toto tavidlo se nanáší na jednu část povrchu zinkové lázně a taví se jejím tepelným účinkem. Mokré ocelové součásti po moření se ponořují přes roztavené tavidlo do zinkové lázně. Předměty se přesouvají do zadní části zinkovací vany, která není zakrytá tavidlem. To probíhá uvnitř taveniny zinku. Během této operace se zbytky tavidla postupně odtavují z povrchu výrobků a stoupají k hladině. Tyto zbytky se stírají ze zinkové lázně a to spolu s oxidy, které vznikají na povrchu. Pokovené součásti se vytahují ven přes tento očištěný povrch.[4]

Při suchém zinkování se ocelové zboží nejprve moří a potom následuje oplach ve vodě. Následuje operace, kde se součásti ponořují do vodného roztoku tavidla. Tento roztok je tvořen chloridem zinečnatým a chloridem amonným. Tenká vrstva roztoku solí usazená na povrchu součástí se následně vysouší. Ponoření do roztavené zinkové lázně probíhá bez dalšího přidávání tavidla. [4]

Z povrchu je třeba před ponořením i vytažením zboží ze zinkové lázně odstranit taveniny, oxidy a zbytky tavidla. Pak už je zboží připraveno pro konečnou úpravu, kontrolu a expedici.

[4]

3.4. Žárové zinkování malých součástí – odstřeďování

Mezi malé součásti řadíme například hřebíky, matice, šrouby, podložky, nebo fitinky. Předúprava se provádí klasickým způsobem. Součásti se pak plní do děrovaných košů a v nich se ponořují do roztaveného zinku. Po vytažení z lázně se koš odstředí. Odstranění přebytečného množství zinku z povrchu součástí se dosáhne rotací. Ze součásti se odstraní nerovnoměrnosti naneseného povlaku a zbavují se otřepů. Výsledný povlak zinku má matnější povrch a je slabší ve srovnání s klasickým „samostatným“ zinkováním součásti kus po kuse. „Samostatné“ zinkování by bylo u těchto výrobků i velmi nákladnější a bylo by obtížné získat rovnoměrné povlaky v určitých citlivých částech výrobků, například na závitech. [4]

3.5. Žárové zinkování drátů a trubek

Trubky, dráty nebo pásy se zinkují suchým nebo mokrým způsobem, nebo kombinací obou těchto metod na kontinuálních výrobních linkách. Hned po vytažení ze zinkové lázně se přebytečný zinek z drátu stírá a z trubek ofukuje za účelem dosažení rovnoměrného a hladkého povlaku. V případě že měníme podmínky operace stírání a ofukování, měníme tloušťku zinkové vrstvy.[4]

3.6. Žárové zinkování plechů

Veškeré operace žárového zinkování plechů jsou vzájemně propojeny a plechy se zinkují na kontinuálních výrobních linkách. Základní materiál je za studena válcovaný pás ve svitcích. Svitky se navařují a výsledkem je nekonečný pás. [4]

Po odmaštění se pás moří nebo oxiduje. Oxidy se z povrchu odstraňují při teplotě 950°C redukcí. Materiál se současně zpracovává žíháním na měkko. Pás s chemicky čistým povrchem pak prochází ochrannou atmosférou přímo do zinkové lázně. Pás je z roztaveného zinku vytahován vertikálně za současného průchodu „vzduchovými stíracími noži“ kde se jemnými proudy vzduchu nebo páry upravuje zinkový povlak na požadovanou tloušťku. Pomocí tloušťkoměrů se provádí ovládání stírání a tím i řízení tloušťky povlaku a je počítačově řízeno. Po ochlazování, rovnání a pasivaci, která povlak chrání proti poškození při skladování ve vlhkém prostředí se pár rozdělí na tabule požadovaných rozměrů nebo sroluje do svitků určených k expedici nebo na dokončovací operace jako je aplikace plastu, nátěru nebo profilování.[4]

Tenké plechy se zinkují nízkolegovanými, vysokolegovanými slitinami nebo mikroslitinami zinku. Nejdůležitější slitinovou přísadou ve všech případech je hliník. Typický obsah přísad hliníku je 0,2 hm% u mikroslitin, 5 hm% u nízkolegovaných slitin a 55 hm% u vysokolegovaných slitin. Tyto materiály mají mnoho obchodních slitin. Mezi nejznámější patří například Galfan u nízkouhlíkových slitin a nebo Aluzink či Galvalume u vysokolegovaných slitin. [4]

3.7. Pevnost žárově zinkovaných ocelí

Velké množství experimentů a zkoušek se v minulých letech zaměřilo na ověření vlivu žárového zinkování na mechanické vlastnosti nelegovaných, nízkolegovaných a nízkouhlíkových ocelí. Výsledky, které jsou uvedeny níže, zahrnují jak ocele zinkované při obvyklých teplotách (460°C), tak při vysokých teplotách (560°C) [4]

3.7.1. Pevnost v tahu, tažnost, vrubová houževnatost

Se žárovým zinkováním se mez kluzu, limitní pevnost v tahu, poměrné prodloužení při přetržení a kontrakce prakticky nemění. A to jak ve svařovaném, tak i v nesvařovaném stavu. Během žárového zinkování se může snížit pevnost ocelí tvářených za studena i tepelně zpracovaných ocelí. Míra poklesu pevnosti závisí na typu tepelného zpracování nebo na stupni tváření. Vrubová houževnatost pozinkované ocele v porovnání s uměle vystárlými vzorky mírně klesá. Neklesá ovšem natolik, aby mohlo ovlivnit její použití. Žárové zinkování nemá prakticky žádný vliv na tažnost ocele. Nadměrné ohýbání však může vést k praskání uvnitř zinkového povlaku.[4]

3.7.2. Pnutí ve svarech

Žárovým zinkováním se ve struktuře svarového kovu snižuje pnutí o 50-60%. Současně se snižuje pnutí v zakalených vrstvách tepelně ovlivněných svařováním. Z toho plyne že struktura svaru vykazuje po žárovém zinkování vyšší statickou pevnost než v nezpracovaném stavu.[4]

3.7.3. Únavová pevnost

Žárovým zinkováním je únavová pevnost ovlivňována různě v závislosti na typu ocele. U neuklidněných a hliníkem uklidněných ocelí dochází k relativně malému poklesu pevnosti. U ocelí uklidněných křemíkem může být pokles významný. Tento rozdíl je zapříčiněn odlišným složením vrstvy železo–zinek. Při podmínkách únavového namáhání se v této vrstvě vytvoří trhlinky, které pak iniciují praskání v povrchu oceli. [4]

Chceme-li experimentálně v laboratoři porovnat únavové hodnoty žárově pozinkovaného materiálu s „novou“ nezpracovanou ocelí tak zjistíme, že vystavíme-li tuto nezpracovanou ocel venkovnímu prostředí, je okamžitě napadena korozí. Vznikající důlku budou 5-7 krát hlubší než u běžné koroze a únavová pevnost silně klesá. U nátěrových systému je to podobné. A to když v místě porušení nátěrového filmu dochází ke koroznímu napadení celé poškozené součásti.[4]

Když je zinek v průběhu protikorozní ochrany přítomen na ocelovém povrchu, únavová pevnost žárově zinkované oceli se naopak výrazně nemění. U zinkového povlaku se důlky za běžných podmínek nevyskytují. Snižování únavové pevnosti způsobené žárovým

zinkováním je malé ve srovnání s poklesem způsobeným korozním napadením. Únavovou pevnost ocele snižuje také tryskání a výjimečně i svařování. [4]

3.7.4. Křehkost, praskání

Vrubová houževnatost ocele a přechodová teplota ke křehkému lomu je zvyšována tvářením za studena. Při zvýšených teplotách zvýrazňuje tento efekt ještě následné stárnutí. Účinek tváření za studena u samovytvrzovatelných ocelí může způsobit, že ocel ztratí požadovanou houževnatost. Při zvýšené teplotě zinkovací lázně se proces stárnutí v některých případech urychlí. Tyto oceli ovšem někdy tvrdnou, i když nejsou žárově zinkovány. [4]

Z hlediska žárového zinkování je potřeba vědět, zda předměty byly či nebyly tvářeny za studena. Neuklidněná ocel je velmi citlivá. U ocelí uklidněných křemíkem je citlivost méně výrazná. U hliníkem uklidněného materiálu působí deformace za studena a stárnutí v průběhu zinkování negativně. [4]

Jestliže se nemůžeme vyhnout tváření za studena u těchto citlivých ocelí, je třeba vzniklá pnutí před vlastním zinkováním odstranit zahřátím na teploty 600-650°C (doba zpracování 30 minut) nebo normalizačním žíháním. Takto citlivé oceli jsou ovšem relativně málo běžné. [4]

U běžných nelegovaných nebo nízkolegovaných ocelí nezpůsobuje žárové zinkování zvýšení vodíkové křehkosti. Vodík může být absorbován v průběhu moření a většinou se uvolní teplem při ponoření do zinku. U některých kalených a vysokopevnostních ocelí může vést absorpce vodíku ke křehkosti. Před žárovým zinkováním větších sérií těchto ocelí by se měly provést zkoušky. [4]

Při žárovém zinkování může v některých případech docházet k mezikrystalickému praskání, které je způsobené penetrací zinku do hranic zrn ocele. K tomuto dochází při svařování nebo kalení ocele a příčinou jsou především velká pnutí. [4]

Riziko mezikrystalického praskání nebo lomů způsobeného proniknutí zinku při zinkování je u běžných typů konstrukčních ocelí nepatrné. U kalených materiálů je náchylnost k praskání větší. Z tohoto důvodu by se měly před zinkováním větších sérií vždy provádět zkoušky. Nebezpečí prasknutí se dá ovšem minimalizovat a to když se ocel předem vyžíhá při teplotě vyšší než je teplota zinkové lázně, tj. nad 460°C. [4]

4. CHROMÁTOVÁNÍ

Chromátování kovů je u nás známo již poměrně dlouho. Nejvíce se u nás rozšířilo po druhé světové válce. Chromátování je v současné době poměrně rychlý a jednoduchý proces. Nejvíce se chromátuje hliník a zinek, dále pak v menší míře kadmium a hořčík. Chromátované povlaky jsou využívány jako krátkodobá protikorozní ochrana. Další využití je například jako mezivrstva pod nátěry i pro dekorační účely. [5]

Při chromátování se vytváří povlak. Tento povlak obsahuje hydroxid chromitý a hydroxid upravovaného kovu. Vznik povlaku lze vysvětlit na příkladu kyselého chromátování hliníku touto soustavou rovnic:

$$Al + CrO_3 + 6H^+ = Al^{3+} + Cr^{3+} + 3H_2O$$

$$Al^{3+} + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3H^+$$

$Cr^{3+} + 3H_2O = Cr(OH)_3 + 3H^+$

$Cr(OH)_3 + CrO_3 = Cr(OH)_2 + HCrO_4$

Nejprve reaguje hliník s kysličníkem chromovým. Při této reakci vznikají ionty hlinité a chromité, které pak přecházejí na nerozpustné hydroxidy. Hydroxid chromitý pak dává s kysličníkem chromovým zásaditý chroman chromitý, který se také částečně zabudovává do povlaku. Část chromanových aniontů je v chromátové vrstvě do určité míry pohyblivá a může difundovat i do míst, kde je chromátová vrstva mechanicky poškozená a pasivovat povrch zinku na poškozeném místě. Konečným výsledkem těchto reakcí je chromátový povlak a všechny reakce probíhají v nejtěsnější blízkosti kovového povrchu. [5]

Při působení teplot nad 60°C dochází ke ztrátě vody a amorfní struktury, chromátová vrstva popraská, chromanové ionty ztratí pohyblivost a výsledkem je ztráta korozní odolnosti. Ovšem některé typy chromátů naopak svou korozní odolnost při sušení za vyšších teplot zvyšují. Jde o chromáty bez šestimocného chromu. Některé kovy ze skupiny železa brzdí přechod z amorfní struktury sloučenin v chromátové vrstvě ke krystalické struktuře. Tato struktura je málo odolná. Zvýšená korozní odolnost chromátových vrstev na zinkových povlacích Zn-CO, Zn-Fe a Zn-Ni je vysvětlována stabilizujícím účinkem legury. Toto platí i za zvýšených teplot sušení nebo provozním namáhání. [3]

Korozní odolnost celého povlakového systému sestávajícího ze zinkového povlaku, konverzní úpravy chromátováním a vlastní vrstvy utěsňovacího přípravku, je zvyšována utěsněním chromátových vrstev. Tím je výrazně oddalován počátek korozního napadení zinkového povlaku a tím je zachováván dekorativní vzhled povlaku po dlouhou dobu. Dále sjednocuje vzhled povrchové úpravy a může sloužit i ke zvýšení přilnavosti následných organických nátěrových systémů. Utěsňující vrstva je důležitá i z hygienického hlediska, protože chrání lidskou pokožku před přímým kontaktem s čerstvým chromátovaným povlakem. [3]

4.1. Technologický postup chromátování hliníku

1. *Odmašťování* – Nejčastěji alkalické odmašťování ve slabě nebo středně alkalickém prostředku. Teplota lázně by měla být mezi 75 až 80°C a doba operace zhruba 5 – 10 minut.

2. *Oplach* – Používáme studenou tekoucí vodu a oplachujeme po dobu 1 – 2 minut. Pro úsporu vody je dobré používat dvoustupňový protiproudý oplach.

3. *Alkalické moření* – Moření probíhá v lázni hydroxidu sodného o koncentraci 100 g/l při teplotě 40 – 50°C. Doba operace je závislá na stavu upravovaného povrchu, stáří a teplotě lázně. Zhruba však do 1 minuty.

4. *Oplach*

5. *Zjasnění povrchu* – Tyto lázně obsahují kyselinu dusičnou 65% v množství 380 ml/l. Má-li upravovaná hliníková slitina množství křemíku přes 1%, potom se přidává do lázně ještě kyselina fluorovodíková 37% v množství 240 ml/l.

6. *Oplach*

7. *Chromátování* – použití chromátovací lázně (např. Pragofos 1800 – teplota 20 – 25°C a doba operace 1 – 2 minuty nebo Pragofos 1830 – teplota 25 – 35°C a doba operace 5 – 8 minut)

8. *Oplach*

9. *Sušení* – Sušení součástí tepelným vzduchem o minimální teplotě 60°C. Podle některých autorů zhoršuje vysoká sušící teplota korozní odolnost povlaku. [5]

4.2. Chromátování zinku

Postup chromátování zinku se velmi podobá chromátování hliníku. Chromátují se často galvanické zinkové povlaky a to hlavně kvůli zlepšení vzhledu a kvůli zvýšení korozní odolnosti. Žárové zinkové povlaky se chromátují hlavně pro vytvoření chromátové mezivrstvy pod nátěry. Dle požadavku na chromitový povlak se volí typ chromátovací lázně. [5]

Chromátovací povlaky lze rozdělit do skupin podle tloušťky a zbarvení:

a) lesklé nebo namodralé – tloušťka pod 0,1 μm
b) žluté nebo duhově zbarvené – 0,1 - 2 μm –viz.obrázek 3.
c) olivově zelené nebo khaki – 1 - 5 μm
d) černé – 0,1 – 1 μm

U starších typů chromátovacích lázní docházelo k odleptávání během operace až několik μm zinkového povlaku. U tenkých galvanických povlaků zase hrozilo nebezpečí, že se během chromátování úplně rozpustí. V současné době lázně odleptávají pouze několik desetin μm zinkového povlaku. [5]

obr.3-Žluté chromátování

4.3. Výhody chromátovacích povlaků

- zvyšuje korozní odlolnost kovového povrchu
- zlepšuje vzhled povrchu
- usnadňuje hluboké tváření tažením, protlačováním a lisováním
- zajišťuje přilnavost nátěrových systémů nebo plastů
- usnadňuje záběh povrchu pohyblivých strojních součástí namáhaných třením
- vytváří patinované povrchy kovů [3]

5. GALVANICKÉ NIKLOVÁNÍ

Samostatné niklové povlaky (obr.4) se používají jen pro prostředí s malou agresivitou a užívají se převážně v ozdobně ochranném pokovení. Nikl je hlavním nositelem ochranných vlastností systému hlavně v povlakových systémech CuNiCr. V současné době je používáno mnoho druhů niklových povlaků a jejich kombinací. Matný niklový povlak se používá pro speciální technické účely a nebo jako mezivrstva místo kyanidového předmědění. Pololesklý niklový povlak tvoří základní vrstvu při dvojvrstvém a trojvrstvém niklování. Tento povlak neobsahuje síru. Lesklý niklový povlak tvoří vrchní niklovou vrstvu při dvojvrstvém a trojvrstvém niklování a používá se samostatně nebo pokryt vrstvou chromu jako dekorativní povlak. Vysoce lesklý niklový povlak obsahuje až 0,5% síry. Používá se jako střední vrstva při trojvrstvém niklování. Směsný niklový povlak tvoří pomocnou mezivrstvu při vytváření mikropórezního chromového povlaku. Mikrotrhlinkový nikl tvoří pomocnou mezivrstvu při vytváření mikrotrhlinkového chromového povlaku. Saténový niklový povlak vytváří povlaky s rozptýleným leskem pro dekorativní účely. [3]

obr.4-Galvanické niklování

U většiny niklovacích lázní je základem elektrolyt Wattsova typu. Z tohoto důvodu jsou si pracovní podmínky a technologické vlastnosti různých typů lázní dost podobné. Základní složení Wattsova elektrolytu a pracovní podmínky:

Tab. 7 – Složení Wattsova elektrolytu

$NiSo_4*7H_2O$	g/l	250 – 300
$NiCl_2*6H_2O$	g/l	40 – 60
H_3BO_3	g/l	40 – 50
pH		3,8 – 4,5
Teplota	°C	45 – 60
J_k	A/dm^2	1 – 8

Nositelem kovu v lázni je síran a chlorid nikelnatý. Zvyšování vodivosti elektrolytu a zlepšování rozpouštění anod způsobují chloridové ionty. Poměr síranu a chloridu nikelnatého se může měnit v téměř libovolných mezích a nebo může být lázeň pouze z chloridu nikelnatého. Zrno povlaků je zjemňováno především kyselinou boritou. Ta zde působí zejména jako pufr. [3]

V malých množstvích se do lázně přidávají organické leskutvorné přísady. Ty se zde přidávají pro získání lesklých a vyrovnávacích povlaků. Tyto přísady lze rozdělit do 4 skupin:

a) základní leskutvorné přísady
b) vyrovnávací přísady
c) povrchové aktivní látky
d) komplexotvorné látky

Základní přísadou je většinou sacharin. Ten způsobuje vylučování pololesklých až lesklých povlaků potlačuje tahové vnitřní pnutí povlaků. Vyrovnávací přísady jsou nenasycené

organické deriváty uhlovodíků nebo heterocyklické dusíkaté sloučeniny. Na povrchu niklu se mění jejich adsorpční schopnost v závislosti na potenciálu a tím umožňují vznik povlaků niklu s vyrovnávací schopností. Již při nízkých koncentracích způsobují výrazné zvýšení lesku a zobrazivosti. Dále způsobují vytváření křehkých povlaků s vysokým tahovým vnitřním pnutím. Z tohoto důvodu musí být vždy použita v kombinaci se základními přísadami. Tyto přísady eliminují jejich nepříznivé účinky. Při dobrých mechanických vlastnostech a ve vhodném poměru se základní přísadou se dosáhne zrcadlového lesku povlaků. Dobrými mechanickými vlastnostmi se myslí prakticky nulové vnitřní napětí a dobrá tažnost. Povrchově aktivní látky snižují povrchové napětí lázně a zamezují vzniku vodíkového pittingu a působí částečně jako leskutvorná přísada. Vyloučené niklové povlaky jsou bez výraznějšího žlutavého odstínu a jsou světlejší. Komplexotvorné látky se užívají v případě kontaminace lázně ionty zinku, mědi a železa, které v lázni maskují a tím snižují citlivost lázně na tyto nečistoty. [3]

Použitá proudová hustota závisí na tvaru součásti, velikosti zařízení, teplotě lázně a intenzitě míchání. Leskle pracující niklovací lázeň vylučuje zrcadlově lesklé povlaky v rozmezí 0,1 – 8 A/dm^2. V praxi je obvykle používána proudová hustota 5 A/dm^2. Při této hustotě je vylučovací rychlost cca 1 μm/min. Anodická proudová hustota by neměla překročit 3A/dm^2. [3]

Optimální pracovní teplota lázně je 50 – 60°C. Zvýšená teplota je nutná hlavně pro lepší mechanické vlastnosti povlaku a pro zvýšení použitelné proudové hustoty. Ohřívání lázně probíhá topnými tělesy přímo ve vaně. Důležité je, aby tělesa byla vyrobena z materiálu, který je netečný v niklovací lázni. Mezi tyto materiály patří například titan, porcelán, plasty. [3]

Lázeň můžeme míchat více způsoby. Buď čeřením stlačeným vzduchem, nebo pohybem katodové tyče. Míchací vzduch musí být zbaven mechanických nečistot a oleje. Smáčedlo, použité v niklovací lázni, musí být určeno pro čeření vzduchem. Při míchání pohybem katodové tyče je obvykle používán horizontální pohyb s délkou zhruba 100 – 200 mm a frekvencí okolo 15 – 30 dvojzdvihů za minutu. [3]

Abychom získali kvalitní povlaky, je důležitá kontinuální filtrace lázně. Výkon filtru musí být takový, aby umožnil přefiltrování celého objemu lázně jednou až dvakrát za hodinu. [3]

Katodický proudový výtěžek je cca 98%. pak 1 Ah vyloučí 1,07 g niklu. Z toho plyne závěr, že při 5 A/dm^2 je vylučovací rychlost 1 μm/min. [3]

6. FOSFÁTOVÁNÍ

Fosfátování (obr.5) je velmi rozšířený způsob přípravy povrchu konverzními povlaky, hlavně pak pod organické povlaky. Základními složkami fosfátovacích lázní jsou dihydrogenfosforečnany. Jde o dihydrogenfosforečnan zinečnatý, manganitý nebo amonný, popřípadě o dihydrogenfosforečnan alkalického kovu. Fosfátovací lázně dále obsahují ještě katalyzátory, urychlovače s popřípadě ještě nějaké další složky, jako jsou například komplexotvorné látky. Katalyzátory jsou například nikelnaté nebo měďnaté soli a urychlovače například oxidační látky. [5]

obrázek 5 – Fosfátování

6.1. Teorie fosfátování

Ponoříme-li do fosfátovací lázně ocelový předmět, proběhne nejprve korozní reakce, při které kyselina fosforečná rozpouští železo a zároveň vzniká vodík:

$$Fe + 2\ H_3PO_4 = Fe(H_2PO_4)_2 + H_2$$

respektive

$$Fe + 2\ H^+ = Fe^{2+} + H_2$$

Na rozhraní kov – fosfátovací lázeň nastává nastává úbytek kyseliny fosforečné v lázni a lokální zvýšení pH těsně u povrchu kovu. V důsledku tohoto děje se porušuje v této úzce vymezené oblasti rovnováha složek lázně. Jako důsledek toho je disproporcionaci dihydrogenfosforečnanu na nerozpustný fosforečnan, ze kterého vzniká na povrchu kovu krystalický povlak a na volnou kyselinu fosforečnou:

$$Fe(H_2PO_4)_2 + 2\ Zn(H_2PO_4)_2 + 4\ H_2O = Zn_2Fe(PO_4)_2 * 4\ H_2O + 4\ H_3PO_4$$

Rovnováha lázně v těsné blízkosti povrchu kovu se opět obnoví vznikem volné kyseliny. Konverzní fosfátový povlak se vytváří v důsledku povrchového děje, který probíhá jen v těsné blízkosti povrchu kovu a složení vzdálenějších oblastí lázně se v daném okamžiku nemění. Následně postupně dochází ke změnám koncentrace složek fosfátovací lázně, a to pokračujícím procesem a výměnou lázně. [5]

Velmi důležitý je poměr veškeré a volné kyseliny v lázni. Ten rozhoduje o správné funkci. Když je přebytek volné kyseliny, tak lázeň pouze moří. Při nedostatku volné kyseliny je naopak lázeň nestabilní, dihydrogenfosforečnan se rozkládá v celém objemu a fosforečnan zinečnatý se tvoří i ve formě kalu. Více kalu vzniká i při velkém překročení pracovní teploty nebo při nadměrném zatížení lázně velkou současně fosfátovanou plochou součástí. [5]

Nejjednodušší fosfátovací lázně obsahují vhodný poměr volné kyseliny fosforečné a dihydrogenfosforečnan zinečnatý nebo manganatý. Tyto lázně však pracují v porovnání s moderními lázněmi velmi pomali (45-60min) a při vysokých teplotách (95-98°C). Tyto lázně mají přitom dost velkou koncentraci. Největší výhoda těchto lázní spočívá v tom, že se zde vytvářejí povlaky s velkou plošnou hmotností až kolem 20 g/m^2 a mají navíc vysokou korozní odolnost. [5]

Oproti tomu moderní fosfátovací lázně pracují při podstatě nižších teplotách, obvykle kolem 40 – 65°C. I povlaky vznikají za podstatně kratší dobu, mezi 5 – 10 minutami. [5]

Podstatné zlepšení funkce fosfátovacíh lázní umožnilo zavedení katalyzátorů a urychlovačů. Urychlovače výrazně zkracují dobu operace a podporují úvodní korozní reakci, kterou se zahajuje celý proces. Jako urychlovače se nejvíce osvědčují dusičnany, dusitany, chlorečnany, peroxidy atd. Dále tyto urychlovače oxidují ionty železnaté na železité. Železo, které se do lázně dostává při úvodní reakci, se po oxidaci na ionty železité vyloučí jako kal ve formě fosforečnanu železitého. Ke zlepšení účinku urychlovačů se často používají kombinace jako například dusičnan-dusitan nebo chlorečnan-dusitan. [5]

Další lázně pracují na tzv. autokatalytickém účinku, při kterém potřebný urychlovač (dusitan) vzniká až při procesu vytváření konverzního povlaku a to jen v nezbytně nutné míře. Toto bylo vyvoláno především vzrůstajícími omezeními vůči dusitanům jako škodlivým odpadům pro životní prostředí. Tyto lázně mají nižší tvorbu kalu než lázně klasické. [5]

Zvláštní skupinu fosfátovacích procesů tvoří úprava v lázních na bázi kyselých fosforečnanů alkalických kovů nebo kyselého fosforečnanu amonného. Povlaky těchto lázní se nazývají železnaté fosfáty. Velkou nevýhodou těchto povlaků je malá korozní odolnost. Ovšem je zde i spousta výhod, jako například malá citlivost na kolísání teploty a na koncentraci lázně nebo jednodušší provedení celého zařízení. [5]

Vznik povlaku železnatého fosfátu se vysvětluje těmito rovnicemi:

$$Fe + 2\ H^+ = Fe^{2+} + 2\ H$$

$$2\ H + 0 = H_2O$$

$$3\ Fe^{2+} + 2\ H_2PO_4^- + 8\ H_2O = Fe_3(PO_4)_2 * 8\ H_2O + 4\ H^+$$

Tyto povlaky se dobře uplatňují jako mezivrstva pod nátěry, a nebo jako krátkodobá protikorozní ochrana. [5]

6.2. Technologický postup fosfátování

Nejprve je třeba zajistit čistý kovový povrch zbavený okují, mastnot, nečistot a podobně. Z tohoto důvodů je na počátku vždy odmašťovací a čistící operace, moření nebo dekapování. Po každé operaci je obvykle nutný i oplach ve vodě. Při úpravách je používán ponorový nebo postřikový způsob. Při postřikovém způsobu jsou operační časy v jednotlivých vanách kratší než při technologii ponorové. U postřikového způsobu je snaha vyhnout se moření, protože s mořením jsou vždy spojené materiálové problémy při konstrukci celé mořící sekce (komory,čerpadla,odsávání,vytápění atd). Proto je při postřikovém způsobu nutné brát do procesu buď součásti z nerezavělého materiálu, nebo zaokujené a nerezavělé díly předem zvlášť omořit. [5]

6.2.1. Fosfátování ponorem před aplikací impregnačních prostředků

Operace	Doba úpravy(min.)	Teplota lázně (°C)
1. Odmašťování	5 – 8	70 – 80
2. Oplach dvoustupňový 1	1	15 – 20
3. Oplach dvoustupňový 2	1	15 – 20
4. Fosfátování	10 – 15	70 – 98
5. Oplach dvoustupňový 1	1	15 – 20
6. Oplach dvoustupňový 2	1	15 – 20
7. Sušení	10 – 20	110 – 130
8. Konzervace impregnačním prostředkem	2 – 5	20 – 30

6.2.2. Fosfátování postřikem před lakováním

Operace	Doba úpravy(min.)	Teplota lázně (°C)
1. Odmaštění se současnou aktivací	2 – 3	50 – 70
2. Oplach dvoustupňový 1	0,5	15 – 20
3. Oplach dvoustupňový 2	0,5	15 – 20
4. Fosfátování	1,5 – 3	45 – 55
5. Oplach dvoustupňový 1	0,5	15 – 20
6. Oplach dvoustupňový 2	0,5	15 – 20
7. Pasivační oplach	0,5	20 – 40
8. Oplach demivodou	0,5	20 – 40

9. Sušení 10 – 20 120 – 150
10. Lakování [5]

6.3. Využívání fosfátovaných povlaků v různých oborech

Velmi rozšířené je používání fosfátovaných povlaků jako mezivrstvy pod nátěry. Tyto povlaky zvyšují korozní odolnost celého ochranného systému a zvyšují dlouhodobou přilnavost nátěrů. To se projevuje hlavně při náhodném poškození nátěru, jako třeba při proškrábnutí na základní kov. V tomto případě fosfátová mezivrstva chrání proti podrezavění. [5]

Při tváření materiálu (tažení, lisování) se používá fosfátový povlak jako speciální mazadlo pro vyšší tlaky a teploty. Dovoluje podstatně větší redukce tvářeného materiálu a vícenásobné přetváření bez nutnosti mezižíhání. [5]

Při snižování odporu vlečného tření strojních součástí, které se po sobě pohybují, platí podobný účinek jako při tváření. Toho se využívá například pro rychlejší zabíhání ozubených kol v převodovkách bez nebezpečí zadření. [5]

Fosfátové povlaky je možno velmi dobře impregnovat různými konzervačními oleji, vazelínami a podobně. Tyto chráněné součásti pak můžeme velmi dlouho skladovat bez nebezpečí korozního napadení. [5]

6.4. Přehled aplikací fosfátových povlaků

Tab. 8 – Přehled aplokací fosfátových povlaků

Oblast použití	*Způsob fosfátování*	*Typ povlaku*	*Plošná hmotnost (g/m^2*
Ochrana proti korozi (s impregnací)	Ponor	Zn fosfát	6 – 30
Tváření oceli za studena	Ponor	Zn fosfát	1,5 – 20
Zabíhání součástí	Ponor	Mn fosfát	1,5 – 20
Úprava před lakováním	Postřik či ponor	Zn fosfát či Fe fosfát	1,5 – 6 0,3 – 1

[5]

7. ROZDĚLENÍ TVÁŘENÍ OCELÍ

Objemové tváření

- pod rekrystalizační teplotou – ražení
  - pěchování
  - protlačování - dopředné
    - zpětné
    - kombinované
- nad rekrystalizační teplotou - volné kování
  - zápustkové kování - na jednočinném bucharu
    - na protiběžném bucharu
    - na kovacím lisu
    - na speciálních zařízeních
    - na kovacích automatech

Plošné tváření

-stříhání - prostřihování
- děrování
- nastřihování
- přestřihování
- ostřihování
- přesné střihání

-ohýbání - do V, do U
- profilování
- lemování
- stáčení

-tažení - hluboké tažení
- vypínání
- kovotlačení
- protahování
- přetahování

-tvarování - rovnání
- zužování
- rozšiřování

8. STŘIHÁNÍ

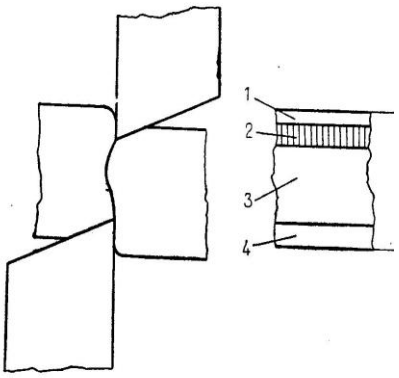
8.1. Definice a princip střihání

Stříhání je operací dělení materiálu, která je zakončena lomem v ohnisku plastické deformace. Oddělení materiálu se děje postupně nebo současně podél křivky střihu, která je vytvořena relativním pohybem protilehlých břitů. [11]

Přesnost a kvalitu střižné plochy ovlivňuje mnoho faktorů, jsou to například velikost střižné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání atd. [11]

8.2. Pásma střihání (obr.6)

1. pásmo zaoblení vstupní hrany plechu
2. pásmo zatlačení horního nože (smyk)
3. pásmo utržení (lomová plocha)
4. pásmo zatlačení spodního nože



obr.6 – Pásma střihání

Pásmo zaoblení – tzv. první fáze stříhání představuje oblast pružné deformace. Bývá 5 – 8% tloušťky stříhaného materiálu.

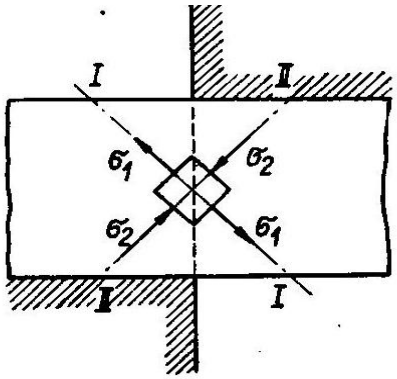
Pásmo vlastního střihu – tzv. druhá fáze stříhání představuje oblast plastické deformace a činí v závislosti na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu 10 – 25% jeho tloušťky

Pásmo utržení – tzv. třetí fáze stříhání představuje nejširší oblast na střižné ploše. Šířka pásma bývá s tvrdostí a křehkostí stříhaného materiálu. Dochází zde k oddělení materiálu.

Pásmo otlačení – Jedná se o otlačení od spodního nože. V závislosti na vlastnostech střihaného materiálu a střižné vůli může dojít v pásmu otlačení k výskytu i ostřiny v důsledku vytažení materiálu. [12]

Stav napjatosti na počátku střihu - operace bez střižné vůle (obr.7)

obr. 7 – Stav napjatosti na počátku střihu

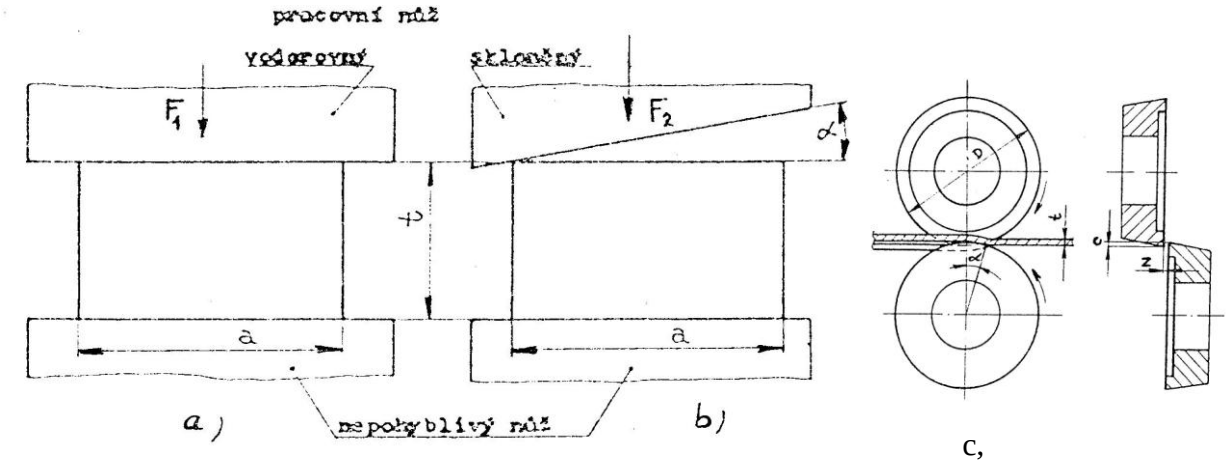


8.3. Tvary střižných nožů

Stříhání na nůžkách můžeme provádět více způsoby. Stříhat je možné z hlediska konstrukce nožů a jejich pohybu, jako například rovnoběžnými noži, skloněnými noži nebo kotoučovými noži, jak vidíme na obrázku 8. Při stříhání rovnoběžnými noži jsou ostří nožů rovnoběžná (např. tabulové strojní nůžky). Střihání skloněnými noži je charakteristické tím, že ostří nožů jsou k sobě skloněna pod určitým úhlem (např. pákové nůžky, tabulové nůžky).

[10]

obr.8 – Tvary střižných nožů



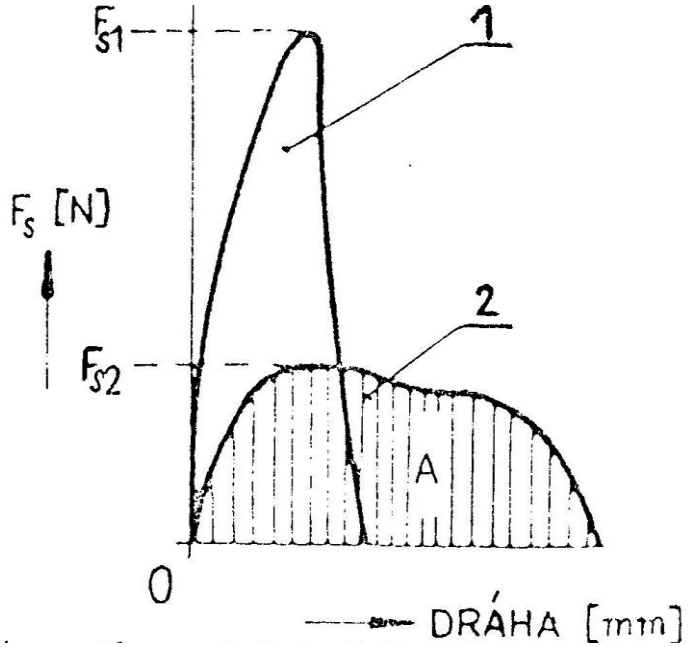
a) střihání vodorovnými noži

b) stříhání skloněnými noži

c) střihání kotoučovými noži [10]

8.3.1. *Pracovní diagram stříhání na nůžkách* (obr.9)

obr. 9 – Pracovní diagram stříhání na nůžkách



1. rovnoběžné nože
2. skloněné nože

[10]

8.4. Stanovení střižných sil a prací

8.4.1. Stanovení střižné síly pro rovnoběžné nože

$F_s = S \cdot k_s \cdot n$ (1)

F_s – střižná síla

n – součinitel otupení nožů (1,1 – 1,5)

S – střižná plocha (dálka x tloušťka)

k_s – střižný odpor (pevnost ve střihu)

8.4.2. Stanovení střižné práce pro rovnoběžné nože

$A = \frac{1}{4} \pi F_{smax} h$ (2)

8.4.3. *Stanovení střižné síly pro skloněné nože*

$F_{s\ teor} = ½ (t^2 / tg\ \alpha) \cdot k_s$ (3)

t – tloušťka materiálu

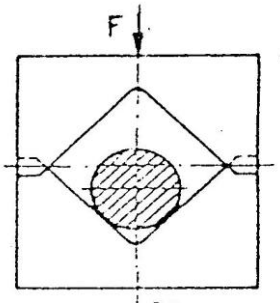
α – úhel sklonu nožů

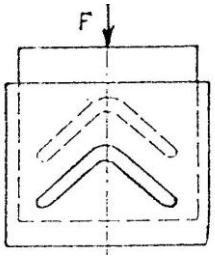
8.4.4. *Stanovení střižné práce pro skloněné nože*

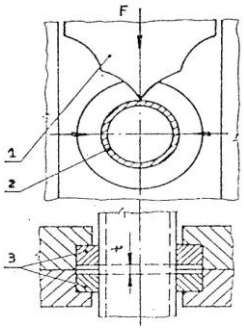
$A = F_{s\ teor} \cdot h$ (4)

h – dráha nože při střihání

obr.10 - Střihání tyčí obr.11 - Stříhání profilů obr.12 - Stříhání trubek



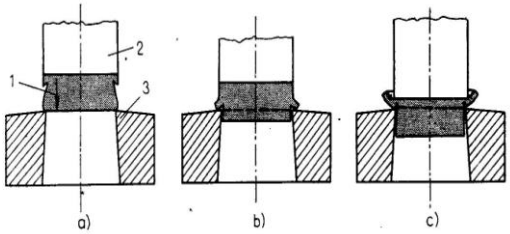


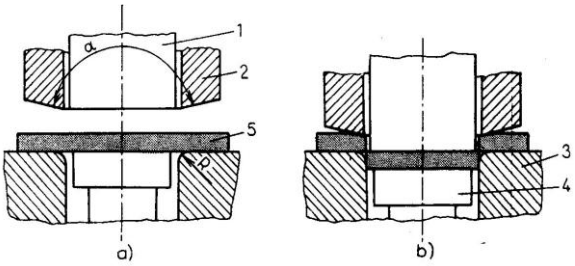


[10,11,12]

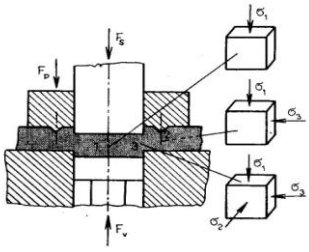
8.5. Zhotovování přesných výstřižků

obr. 13 - Přistřihování se zápornou vůlí obr.14 - Vystřihování se zkoseným přidržovačem





obr.15 - Přesné vystřihování



Stanovení střižné síly: $F_s = S \cdot k_s \cdot n$ (5)

F_s – střižná síla

n – součinitel otupení nožů (1,1 – 1,5)

S – střižná plocha (dálka x tloušťka)

k_s – střižný odpor (pevnost ve střihu)

Stanovení přidržovací síly: $F_p = S_p \cdot p$ (6)

S_p – kolmý průmět styčné plochy přidržovače

p – přidržovací tlak

F_p – přidržovací síla

Stanovení síly na vyhazovači : $F_v = S_v \cdot p_v$ (7)

F_v – síla na vyhazovači

p_v – tlak na vyhazovači - p_v=(0,1-0,2). k_s (8)

S_v – plocha vyhazovače

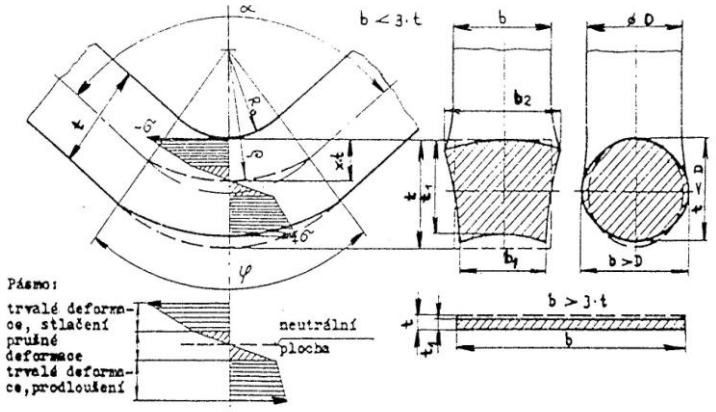
[10]

9. OHÝBÁNÍ

9.1. Definice ohýbání

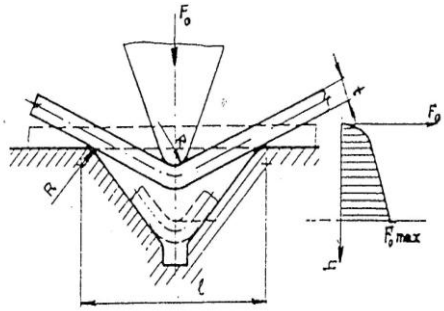
Ohýbání je trvalé deformování materiálu, při němž se materiál vzniklým napětím buď ohýbá, nebo rovná. Ohýbání je proces, kterým se dosahuje požadované změny tvaru bez podstatné změny průřezu, proto patří do oblasti plošného tváření. Deformace materiálu při ohybu je pružně – plastická. Ohýbáme za studena i za tepla. Za studena probíhá většina aplikací, za tepla velké průřezy a pevnější materiály. [10]

obr. 16 - Průběh napětí a deformace v ohýbaném průřezu

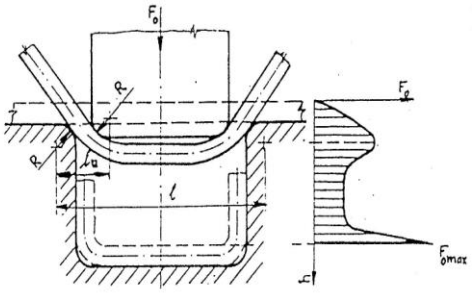


[10]

obr. 17 - Základní ohyb do „V“



obr. 18 - Základní ohyb do „U“



[10]

9.2. Úhel odpružení

U každého ohýbaného materiálu dojde k pružné deformaci. Ta se projeví odpružením materiálu po ohybu. Velikost odpružení je rozdělena, jedná-li se o volný ohyb, nebo o ohyb s kalibrováním a ražením úhlu. Závisí také na kvalitě materiálu,tloušťce polotovaru, poloměru a úhlu ohybu, tvaru ohybu. [8]

Ohýbání tvaru „V“

$$tg\beta' = 0{,}375 \cdot \frac{L_v}{k \cdot t_0} \cdot \frac{R_e}{E} \qquad (9)$$

Ohýbání tvaru „U“

$$tg\beta' = 0{,}75 \cdot \frac{L_m}{k \cdot t_0} \cdot \frac{R_e}{E} \qquad (10)$$

L_V-vzdálenost mezi opěrami ohybnice

$L_m = r_n + r_p + 1{,}2t_0$

β'-úhel odpružení

E-modul pružnosti v tahu

t_0-tloušťka ohýbaného plechu

k-součinitel určující plochu neutrální plochy v závislosti na poměru r_p/t_0 .k=0,5 až 0,68 z ČSN 227340

R_e-mez kluzu ohýbaného plechu [8]

9.3. Ohýbací síla

Když zohledníme všechny faktory, které mají vliv na ohybový proces, je výpočet ohýbací síly velmi složitý. Pro běžnou praxi se používá výpočet podle ČSN 227340 tj. výpočet ohýbací síly Fo v ohýbadle do tvaru „V“. [10]

Za ohýbaný polotovar se považuje za nosník na dvou podporách, ve vzdálenosti L_v zatíženého uprostřed silou $F_{O.}$ Ohýbací síla se zvětší třením polotovaru o funkční části ohýbadla a základního tvaru.

$$F_{OV} = \frac{c \cdot R_m \cdot b \cdot t_0^{\,2}}{L_V} \text{ [N]} \qquad (11)$$

F_{0v}-ohýbací síla pro ohyb tvaru „V“

c'-součinitel dle diagramu

R_m-pevnost v tahu[Mpa]

b-šířka ohybu[mm]

t_o-tloušťka ohybu[mm]

L_v-vzdálenost ohýbacích hran[mm] [10]

10. TAŽENÍ

Technologický proces, při kterém se z rozvinutého tvaru (přístřihu) v jedné, nebo několika operacích stává prostorový výlisek. Tvary a velikosti výlisků, získané touto technologií, jsou velmi rozmanité. Ve většině tažných operací dochází k minimální změně tloušťky výchozího materiálu. [6]

Tažení lze rozdělit dle průběhu procesu,dosažného výsledku a změny tloušťky výchozího materiálu takto:

1)Tažení bez zeslabení stěny

a)Tažení bez přidržovače

b)Tažení s přidržovačem

2)Tažení se ztenčením stěny

3)Zpětné tažení

4)Protahování [6]

10.1. Tažení bez zeslabení stěny

Jedná se o tažení bez významné změny tloušťky materiálu (t=konst.). Daný způsob tažení se také nazývá jako prosté tažení (klasické). [6]

10.1.1. Tažení bez přidržovače

Používá se u tvarově jednoduchých a mělkých výlisků z poměrně tlustého materiálu.

Výhody:

-jednoduchá konstrukce nástrojů

-nízké náklady na nástroj a provozní zařízení

Nevýhody:

-malá redukce při tažení

-nižší kvalita výlisků (nebezpečí zvlnění výlisků) [6]

Obr. 19 – První a druhý tah tažení bez přidržovače

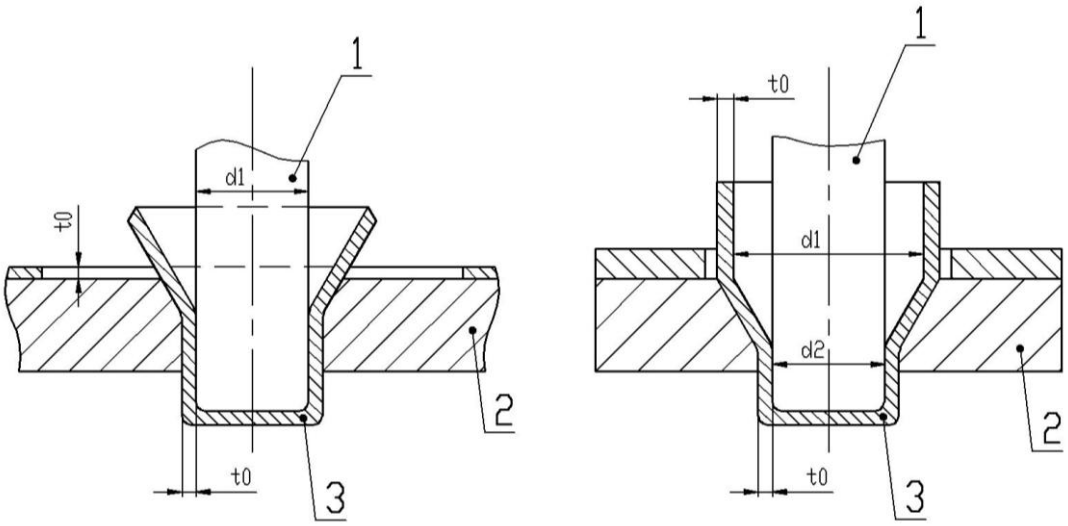


Schéma tažení bez přidržovače

1-tažník

2-tažnice

3-tažený materiál [6]

10.1.2. Tažení s přidržovačem

Používá se pro tenčí materiály a tažený materiál je po obvodě přidržován přidržovačem.

Výhody:

-lze dosáhnout větších redukcí a hlubších výtažků

-vyšší kvalita výlisků,nedochází k zvlnění okrajů

Nevýhody:

-složitější nástroj

-vyšší náklady na provozní zařízení [6]

Obr. 20 – První a druhý tah tažení s přidržovačem

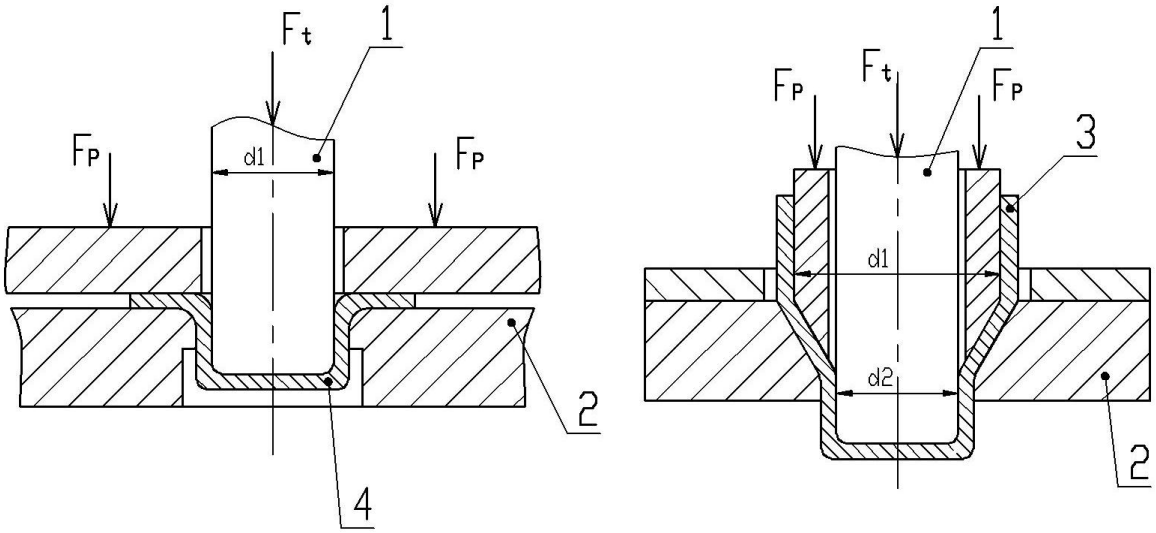


Schéma tažení s přidržovačem

1-tažník

2-tažnice

3-přidržovač

4- tažený materiál [6]

10.2. Tažení se ztenčením stěny

Technologie tažení se ztenčením stěny se používá u výlisků,kde je požadována změna tloušťky stěny a tloušťka dna výlisku zůstává oproti tloušťce výchozího polotovaru beze změny. Redukce tloušťky stěny probíhá v mezeře mezi tažníkem a tažnicí.Velmi důležitý pro tento způsob tažení je náběhový úhel tažnice,který se volí optimálně 60°. [4]

Obr. 21 – První a druhý tah tažení se ztenčením stěny

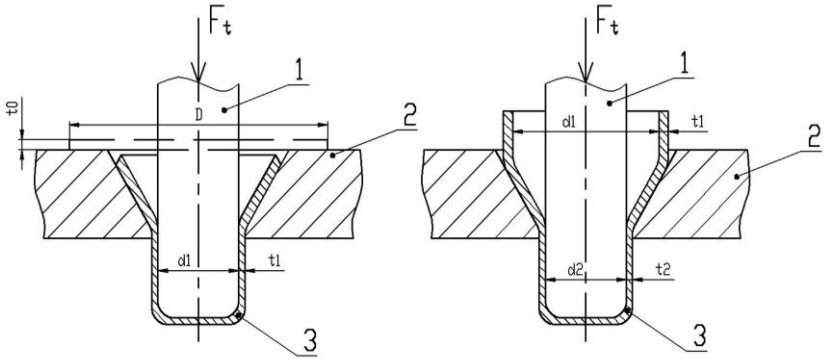


Schéma tažení se ztenčením stěny

1-tažník

2-tažnice

3-výtažek [6]

10.3. Zpětné tažení

Zpětné tažení je technologie,při kterém je při druhém tahu konečný tvar výlisku tažen ve směru,proti jeho původním směru tažení.Tento způsob tažení se používá pro lisování nádob válcového tvaru, komolého kužele,nebo nádob sférických z tenkého materiálu.Pro tlusté materiály je tento způsob nevhodný. [6]

Zpětným tažením se nedosáhne příznivějších poměrů,než při klasickém tažení ve druhé tažné operaci,ale lze jednoduchým způsobem sloučit první a druhou tažnou operaci ,v jednom nástroji,na jeden zdvih. [6]

Obr. 22 – První a druhý tah zpětného tažení

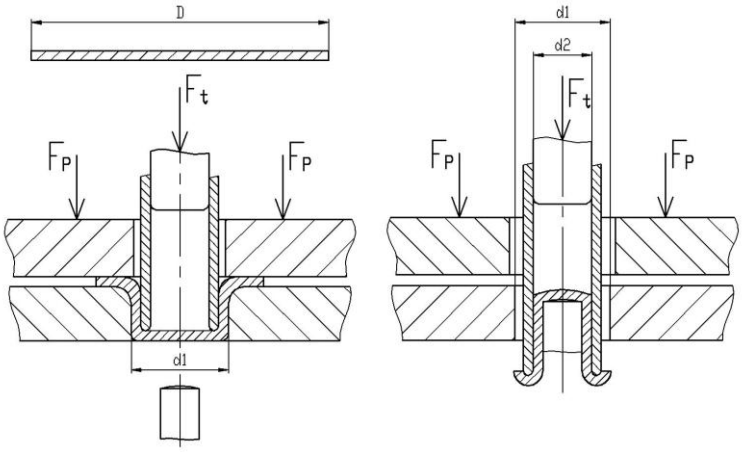
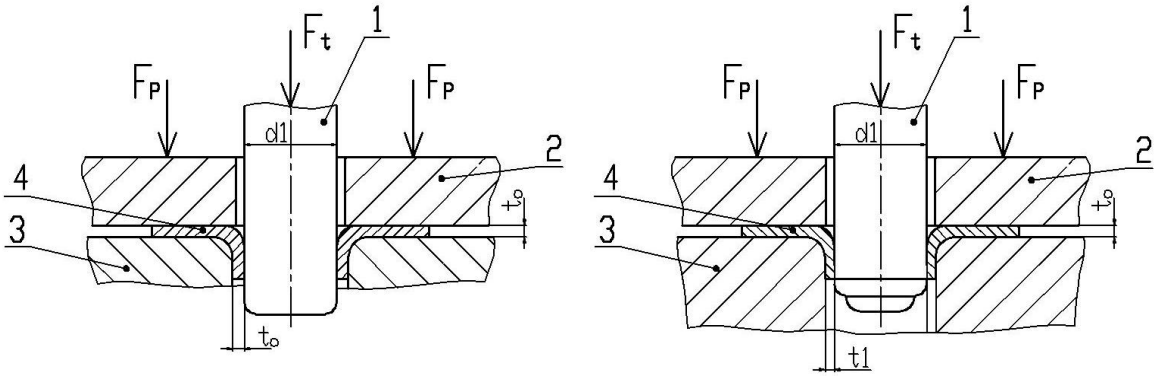


Schéma zpětného tažení [6]

10.4. Protahování

Technologie protahování se používá u výlisků,kde u prostřiženého otvoru chceme vytvořit válcovou stěnu,čímž se u otvoru odstraní ostré hrany a otvor se zpevní. Protahování lze realizovat bez ztenčení stěny,nebo se ztenčením stěny.Materiál je při protahování namáhán pouze tahem [6]

Obr.23 - Protahování bez a se ztenčením stěny



$t_0 > t_1$

Schéma protahování

1-protahovadlo

2-přidržovač

3-tažnice

4-protahovaný materiál

Mezi technologie tažení lze zahrnout řadu dalších operací,jako je např. rozšiřování, zužování,napínání atd. [6]

10.5. Určení způsobu tažení

Určení způsobu tažení a zjišťování, zda budeme táhnou s přidržovačem nebo bez přidržovače vyplývá především z empirických vztahů ověřených v praxi. [8]

- Podle *Freidlinga* z poměrné tloušťky:

$$\Delta t = (\frac{t_0}{D_0}) \cdot 100 \qquad (12)$$

$\Delta t < 1{,}5 \Rightarrow$ je nutný přidržovač

$\Delta t > 2 \Rightarrow$ není nutný přidržovač

$\Delta t = 1{,}5 \div 2 \Rightarrow$ nutno ověřit způsob tažení

- *Šofman* doporučuje zkontrolovat potřebu přidržovače podle vztahu:

$D_0 - d \leq 18 \cdot t_0 \Rightarrow$ když splníme tuto podmínku, táhneme bez přidržovače (13)

- *Norma ČSN 22 7301* uvádí rovnici:

$$\alpha = 50 \cdot (z - \frac{\sqrt{t_0}}{3 \cdot \sqrt{D_0}}) \qquad (14)$$

z-materiálová konstanta,např.: z=1,9…..ocelový hlubokotažný plech

z=1,95….mosazný plech

z=2,0……hliníkový plech

$\alpha \geq 100 \cdot \frac{d}{D_0} \Rightarrow$ musíme táhnout s přidržovačem. U dalších tažných operacích je přidržovač nutný, je-li $\frac{d_n}{d_{n-1}} < 0{,}9$ (15)

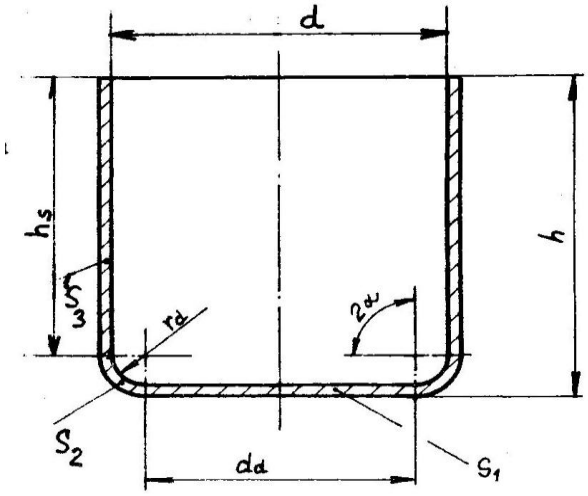
$\alpha < 100 \cdot \frac{d}{D_0} \Rightarrow$ lze táhnout bez přidržovače (tzv. mělké tažení) (16)

Hlubokotažné plechy tloušťky do 0,5mm se táhnou vždy s přidržovačem. [8]

10.6. Stanovení průměru polotovaru

Při stanovení průměru polotovaru vycházíme ze zákona zachování objemu. U rotačně symetrických výtažků stanovíme průměr polotovaru (přístřihu) z rovnosti ploch přístřihu a výtažku. [8]

Obr. 24 – Stanovení průměru polotovatu



[8]

10.7. Tažná mezera

Tažná mezera z_m je jedním z nejdůležitějších parametrů tažení. Tažnou mezeru volíme větší, než je tloušťka plechu. Tím se snažíme dosáhnout toho, abychom co nejvíce snížili potřebnou tažnou sílu, současně zajistili možnost přemístění materiálu a odstranili možnost jeho napěchování. Tažná mezera může být shodná s tloušťkou materiálu pouze v případě kalibrace. [8]

Tažná mezera je dána vztahem:

$$z_m = \frac{(D_0 - d)}{2} \text{[mm]} \tag{17}$$

Norma ČSN doporučuje hodnotu tažné mezery 1.operaci tažení:

$$z_m = (1{,}2 \div 1{,}3) \cdot t_0 \text{[mm]} \tag{18}$$

a pro další tažné operace:

$$z_m = (1{,}1 \div 1{,}2) \cdot t_0 \text{[mm]} \tag{19}$$

Výpočet tažné mezery podle Oehler :

$$z_m = z_{\max} + k \cdot \sqrt{10 \cdot t_0} \text{ [mm]} \tag{20}$$

k=0,07….pro ocel

k=0,02…..pro hliník

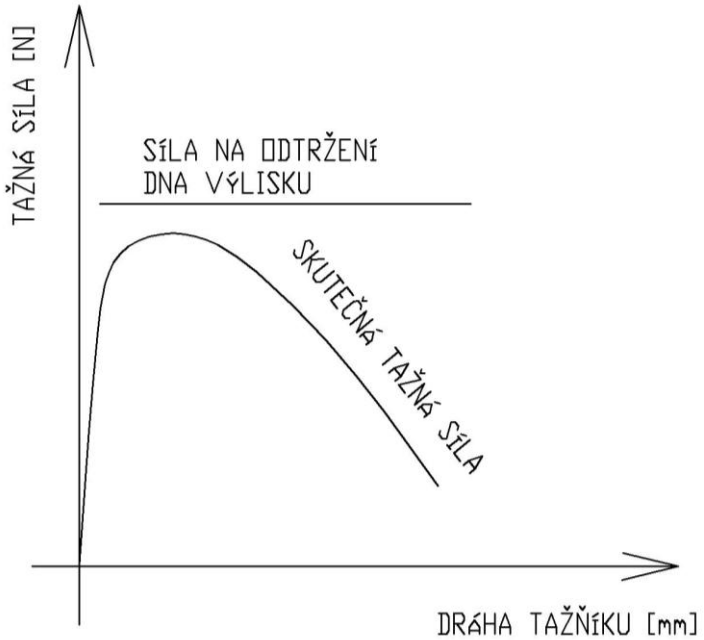
k=0,04…..ostatní neželezné kovy

Když je tažná mezera příliš malá, tak dochází k nárůstu tažné síly a hrozí nebezpečí utržení dna výtažku. Máme-li naopak tažnou mezeru příliš velkou, dochází k tvorbě sekundárních vln ve stěně výtažku. [8]

10.8. Tažná síla

Pro výpočet a určení potřebných sil při tažení je v různých literaturách zpracováno velké množství vzorců. Největší tažná síla musí být o něco menší než síla potřebná na odtržení bočních stěn výtažku při přechodu do dna a to z toho důvodu, že většina vzorců vychází z dovoleného napětí, které je na mezi pevnosti. Tažná síla se během tažení mění. V první části tažení vzrůstá až do bodu, který odpovídá hloubce tažení. Dále vzrůstá vlivem zpevňování materiálu. Poté nastane zlom a síla začne klesat. (Obr.25) [8]

Obr. 25 – Průběh tažné síly



Znalost průběhu tažné síly v závislosti na hloubce výtažku je velmi důležitá pro optimální volbu tvářecího stroje-lisu. Celková tažná síla potřebná pro vyvození přetvárného procesu je dána dle ČSN 22 7301 součtem tažné a přidržovací síly. [8]

10.8.1. *Maximální tažná síla*

(tj. síla potřebná na utržení dna):

Maximální tažná síla roste a dosahuje přibližně maxima, když tažník dosáhne kritické hloubky h_{tm},tj. když je největší opásání tažné hrany tažnice ($\alpha = \pi / 2$). Podíl tření a prostorového ohybu je za těchto okolností největší a projevuje se i vliv intenzivního zpevnění. [9]

$$h_{tm} = R_t + R_p + t_0 \text{ [mm]} \tag{21}$$

$$F_{t\max} = O \cdot t_0 \cdot R_m = \pi \cdot d \cdot t_0 \cdot R_m \text{ [N]} \tag{22}$$

O-obvod dna výtažku [mm]

t_0-tloušťka plechu [mm]

R_m-mez pevnosti materiálu(plechu) [MPa]

d-průměr výtažku [mm]

Vzorce platí pouze pro tažení,bez kalibrování dna. Při tažení s kalibrováním stoupne tlak $1{,}5 \div 3$x. To je maximální síla,potřebná na odtržení dna od bočních stěn. [9]

10.8.2. *Skutečná tažná síla:*

Skutečná tažná síla bývá obvykle menší než síla maximální a její velikost závisí na součiniteli C,v závislosti na součiniteli tažení m_1.

Pro danou sílu se používá obdobný vztah:

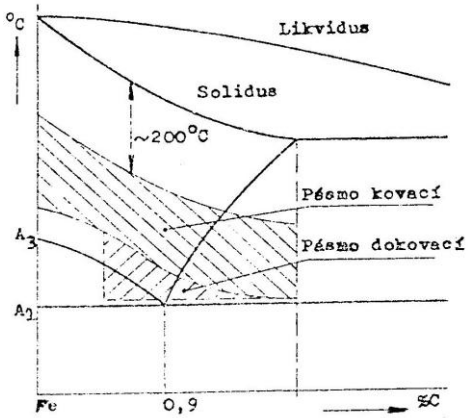
$$F_t = C \cdot O \cdot t_0 \cdot R_m = C \cdot \pi \cdot d \cdot t_0 \cdot R_m \text{ [N]} \tag{23}$$

C-součinitel vyjadřující vliv součinitele tažení $\mathbf{m_1}$ s přihlédnutím k poměru tloušťky t_0/D_0

Pokud skutečná síla vyjde větší než síla maximální, musí se mezi jednotlivé operace zařadit mezioperační žíhání,čímž se obnoví potřebná plasticita materiálu. [9]

11. KOVÁNÍ

obr. 26 - Kovací teploty u uhlíkových ocelí



Při kování může docházet k vadám při ohřevu. Mezi tyto vady patří přehřátí oceli, spálení oceli, oxidace a vznik okují a přítomnost okují na povrchu tvářeného polotovaru. [10]

Příčinou přehřátí oceli je ohřev na vysoké teploty a dlouhé setrvání na této teplotě. U oceli rostou zrna a probíhá difuze síry na hranice austenitických zrn. To vede ke zhoršení tažnosti a vrubové houževnatosti. Následky nelze odstranit normalizačním žíháním. Může pomoci dostatečné prokování nebo speciální difuzní žíhání. [10]

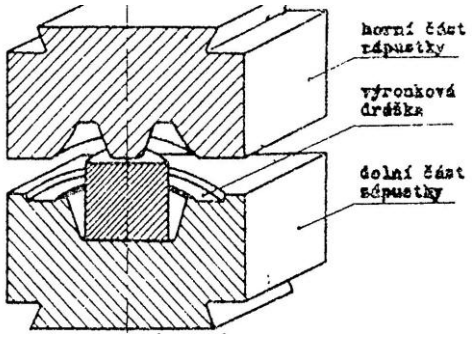
Při spálení oceli je příčinou ohřev na teploty blížící se teplotě tavení. Natavují se hranice austenitických zrn, v nich se rozpouští síra a fosfor difundující ze zrn a po ochlazení na hranicích sirníky a fosfidy. Spálená ocel je velmi křehká a náprava spálené oceli není možná. [10]

Oxidace a vznik okují je průvodní jev při ohřevu v oxidační atmosféře. Okuje se u oceli tvoří nejvíce při teplotách 850 – 1250 °C. Hlavními oxidačními prvky jsou kyslík, kysličník siřičitý, vodní páry a kysličník uhličitý. [10]

Přítomnost okují na povrchu tvářeného polotovaru zhoršuje přesnost a jakost povrchu ohřívané oceli. Dále způsobuje oduhličování povrchu. [10]

Zápustkové kování

Obr.27 – Zápustkové kování



Zápustka je dvoudílná ocelová forma. Formu vypňujeme ohřátým kovem tlakem nebo rázy. Dělící rovina dělí formu tak, aby mohl být výkovek vyjmut. Horní díl zápustky je upevněn na beranu a spodní díl na šabotě nebo na stole. Výronek představuje přebytečný materiál. [10]

Postup výroby zápustkovým kováním

1.volba stroje s ohledem na tvar výkovku (buchar nebo lis)

2.vypracování výkresu výkovku

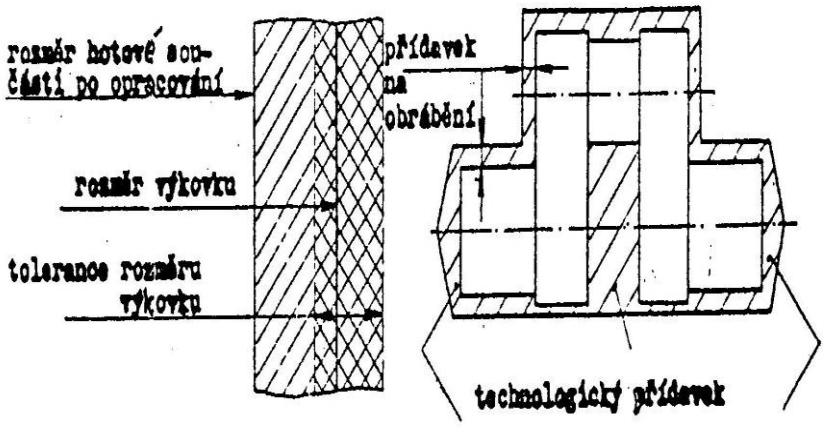
3.určení výchozího materiálu

4.volba postupu kování jednotlivých operací

5.konstrukce zápustky

Výkovek

Obr.28 - Výkovek



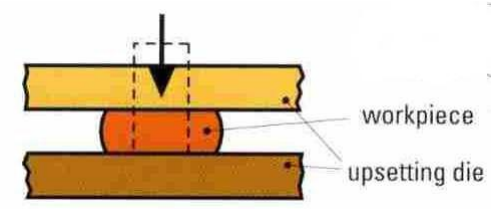
[10]

12. PĚCHOVÁNÍ

Cílem pěchování je zesílit a zkrátit předmět a jedná se prakticky o opak vytahování. Materiál rovnoměrně nahřejeme a tím zamezíme vzniku deformací. Problém u pěchování nastane tehdy, když chceme napěchovat jen část výrobku. V případě, že se jedná o středovou část, musíme okolí ochladit a v případě že se jedná o koncovou část, tak nahřejeme jen konec výrobku. [10]

Nejlépe se pěchují dlouhé tyče, které zvedneme do výšky, udeříme s nimi o ocelovou desku na zemi v kovárně a tyč se napěchuje svojí váhou. Když máme pěchovaný kus, který je delší než širší, postaví se na kovadlinu žhavým koncem a do studeného se pak tluče kladivem. Když máme naopak kus, který je širší než delší, tak tlučeme do žhavého. Nevýhodou je, že nemůžeme pěchovat rychlořeznou ocel, protože ta by se roztrhala. Proto ji můžeme jen prodlužovat nebo ohýbat. [10]

Obr. 29 - Pěchování

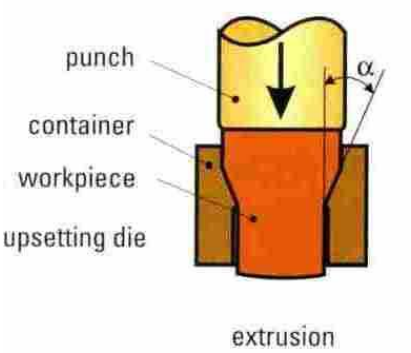


[10]

13. PROTLAČOVÁNÍ

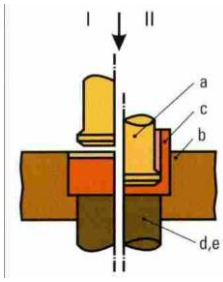
Dopředné protlačování

Obr.30 – Dopředné protlačování



Zpětné protlačování

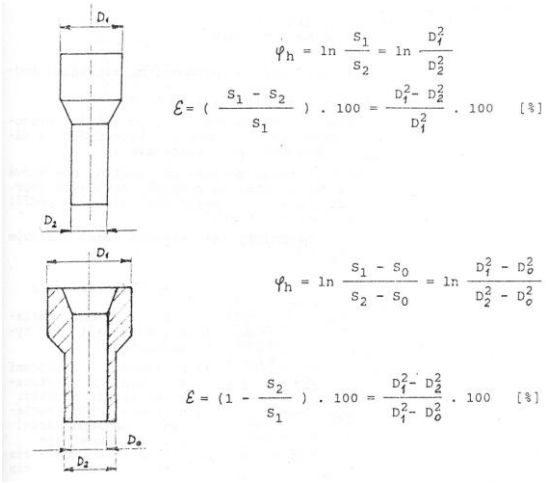
Obr.31 – Zpětné protlačování



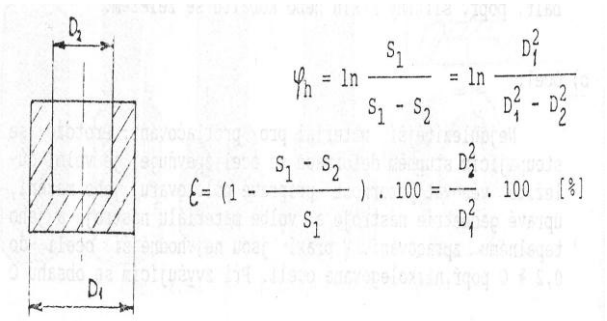
[10]

vyjádření deformací

obr. 32 - při dopředném protlačování



obr. 33 - při zpětném protlačování



[10]

U protlačování jsou na nástroj požadovány určité požadavky. Nástroj musí být dostatečně tuhý a musí zajišťovat snadné vyhození pytlačku z nástroje. Dále musí mít dokonalé vedení funkčních částí a musí zajistit snadnou montáž při výměně nástrojů. Měl by splňovat podmínku maximální životnosti a hospodárnosti při jeho zhotovení a zajišťovat dokonalé chlazení a mazání nástroje. V neposlední řadě by měl splňovat podmínky bezpečnosti práce a zabraňovat zároveň možnému poškození protlačku. [10]

14. SPOLUPRÁCE S FIRMAMI HETTICH ČR, k.s. a TOKOZ, a.s.

14.1. Použité druhy strojů ve firmách Hettich ČR, k.s. a Tokoz, a.s.

Hettich ČR, k.s.

Kaiser 160
Kaiser 120
Kaiser 90
PME 100
LEXN 100
LEN 63C
EBU 50
PME 30
Mabu 15
Mabu 12

Tokoz, a.s.

Kaiser 630
Kaiser 160
Šmera l250
LENR 100
LEN 63

14.2. Uvedení příkladů výlisků ve firmě Hettich ČR,k.s.

Hlavní skupinou vyráběných dílů jsou ploché výlisky s pozinkované oceli třídy BDX51,nebo normální oceli třídy DC01,DD11. Jedná se o komponenty, dílce pro různé panty, výsuvy, polohovadla, závěsy a posuvného kování do nábytkářského či stavebního průmyslu. Dílce vyrobené z oceli (bez povrchové úpravy) se dale povrchově upravují např.chromátováním, fosfátováním, zinkováním a niklováním, pro jejich vyšší korozní odolnost, nebo mnohdy jenom i z estetického hlediska.

14.3. Způsob výroby výlisků ve firmě Hettich ČR, k.s.

Výlisky jsou vyráběny na několik operací z pásové oceli na mechanických výstředníkových lisech, resp. linkách a dále pak na ohybových lisech pro dokončovací operace.

Operace č.1

Svitek pásového materiálu se odvíjí z jednostranného či oboustranného stojanu, přes válečkovou rovnačku a podávací zařízení do postupového nástroje upnutého na lisu. Válečková rovnačka (většinou 11 ks válečků) zajistí dokonalé a optimální přerovnání materiálu ze svitků, který bývá často díky dělení kotoučovými noži částečně zdeformován. Krok neboli posuv materiálu zajišťuje podávací zařízení, které může být mechanické kulisové (přítlak zajišťuje kleština, pohyb kulisa), nebo hydromechanické (přítlačnou sílu nevyvozuje talířová pružina, ale hydraulika), nebo nejmodernější a nejpřesnější, válečkové podání s přesností podání do +-0,05 mm. Při první operaci vyrobíme tzv.předstřih, většinou rovný, vyděrovaný plech, kde je maximálně něco předehnuto, nebo protaženo (krček pro závit, funkční průtah)

Operace č.2

Pro většinu dílců je operace č.2 operací poslední, při níž dochází k ohnutí dílců, vyděrování, naklepnutí hrany, nebo zanýtování do finální podoby.

Operace č.3

Je jen málo výrobků, které se vyrábějí na tři operace. Snahou je už při první operaci dosáhnout na postupovém nástroji v několika krocích, maximální možný výsledek a nedělat následné další operace, jelikož se většinou jedná o ruční zakládání a malý výkon.

Samozřejmě vše je spojeno i ze sériovostí a komplikovaností tvarů, proto i efektivitou investice do postupového nástroje, tam je potom nutné provádět druhou, třetí a někdy i čtvrtou ruční operaci, kterou není možné udělat v předchozích krocích.

15. ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI POVRCHŮ

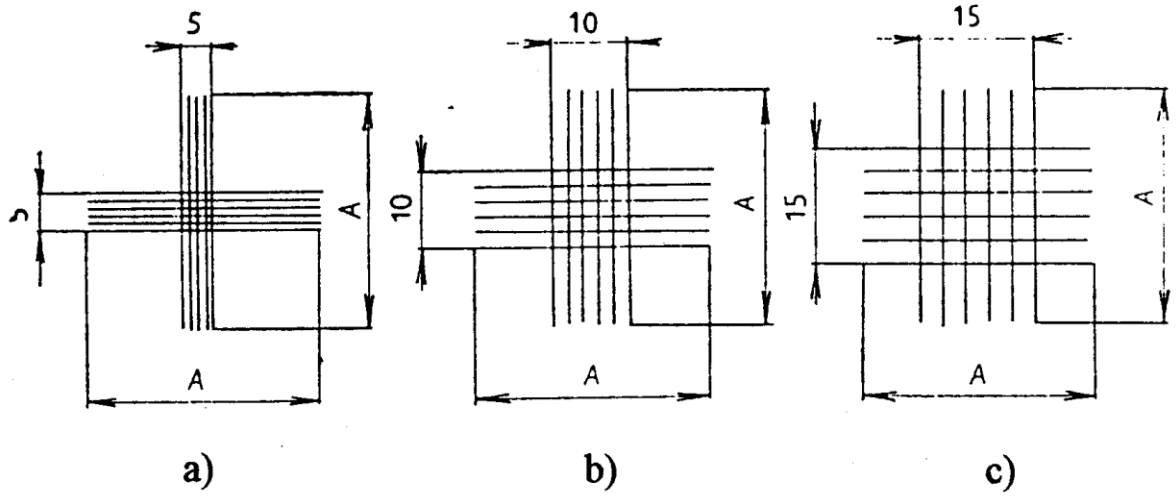
Bez pevného zakotvení povlaku na povrchu základního materiálu je vyloučena jeho funkce. Přilnavost povlaku je tedy určována jako souhrn adhezních i mechanických sil vztažených na jednotku plochy, kterými je povlakový systém poután k upravovanému povrchu. Závisí nejen na materiálu substrátu a povlaku druhu technologie, ale i na způsobu oddělování povlaku od podkladu. Při mechanickém zkoušení přilnavosti je u některých metod možnost hodnotit i plastické vlastnosti povlaků. V praxi nejpoužívanější metodou stanovení přilnavosti organických nátěrů je zkouška mřížkovým řezem. [13]

15.1. Zkouška mřížkovým řezem

Zkouška mřížkovým spočívá v proříznutí povlaku několika na sebe kolmými řezy a v hodnocení míry odlupování povlaku. Povlak musí být proříznut na podklad v délce nejméně 20 mm, vzdálenost kolmých řezů je závislá na tloušťce nátěru (obr.34):

- 1 mm – do 60 µm
- 2 mm – 60 – 120 µm
- 3 mm – 120 – 200 µm

Obr. 34 – Mřížkový řez pro nátěry dle celkové tloušťky povlaku a, do 60 µm, b, 60-120 µm, c, 120-200 µm, A=min 20 mm



Rozrušený povlak v místě řezu hodnotíme 5-ti stupni:

Tab. 9 - Hodnocená přilnavosti mřížkovým řezem

Stupeň	**Výsledky zkoušky**
1	Čtverečky mřížky pevně lpí na podkladu, okraje řezů jsou ostré a hladké.
2	Čtverečky mřížky pevně lpí na podkladu, okraje řezů jsou neostré a roztřepené (porušení max. o 5% plochy).
3	Čtverečky mřížky se ojediněle odlupují od podkladu, (porušení od 5 do 35% plochy).
4	Cca polovina čtverečků odloupnuta od podkladu, v čárách řezu mimo mřížku lpí pevně.
5	Většina čtverečků odloupnuta, nátěr se zvedá a odlupuje v pruzích již při prvním rovnoběžném řezu.

Další zkoušky přilnavosti povlaků jsou například zkouška vtlačování, zkouška seřezáváním, scratch test, metoda kolmého odtrhu, zkouška ohybem nebo hloubením. [13]

16. ZÁVĚR

Téma práce je pojato jako dva do sebe zapadající prvky při tvorbě běžně užívaného výrobku, kde se nejdříve ze základního polotovaru vhodnou technologií vytvoří tvar, který je následně doplněn další úpravou povrchu a to nejen z pohledu ochrany proti korozi, ale také do tvoření designu dílu, s nimiž se člověk každý den setkává, aniž by si mnohdy uvědomoval, jakým způsobem byl jiným člověkem vytvořen.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] OBR,L. Zinkování - včera dnes a zítra – M.A.G. Galvanochemie, a.s., Jablonec nad Nisou

[2] KŘÍŽ,V. Galvanické zinkování – M.A.G. Jablonec nad Nisou

[3] SZELAG,P. Galvanické pokovování – Pragochema Praha

[4] RUNE,T. Protikorozní ochrana žárovým zinkováním

[5] CHOCHOLOUŠEK,J. Konverzní povlaky – Pragochema Praha

[6] FOREJT M. Teorie tváření.Akademické nakladatelství CERM,s.r.o.Brno.2004.167 stran.ISBN 80-214-2764-7

[7] MACHÁČEK, Z.,NOVOTNÝ,K. Speciální technologie I.Plošné a objemové tváření.

Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně.1986.168 stran

[8] DVOŘÁK,M., GAJDOŠ,F., NOVOTNÝ,K. Technologie tváření.Plošné a objemové tváření Akademické nakladatelství CERM,s.r.o.Brno.2003.170 stran.ISBN 80-214-234-4

[9] TIŠNOVSKÝ,M., MÁDLE,L. Hluboké tažení plechů na lisech.Nakladatelství technické literatury Praha.1990.200stran.ISBN 04-212-90

[10] DVOŘÁK, M. a kolektiv. Technologie II. Akademické nakladatelství CERM,s.r.o.Brno.2004.238 stran.ISBN 80-214-2032-4

[11] FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9

[12] ELFMARK, J. a kol. Tváření kovů. 1. vyd. Praha : SNTL, 1992. 528 s. ISBN 80-03-00651-1

[13] KRAUS, V. Povrchy a jejich úpravy.Plzeň:Západočeská univerzita v Plzni, 2000.218s. IBSN80-7082-568-1

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Označení	Legenda	Jednotka
t	Tloušťka materiálu	[mm]
F_p	Přidržovací síla	[N]
k_s	Střižný odpor	[-]
n	Součinitel otupení	[-]
s	Plocha původního průřezu ve střižné rovině	[mm^2]
p	Přidržovaví tlak	[N]
α	Úhel sklonu nožů	[°]
F_{Smax}	Maximální střižná síla	[N]
S_p	Kolmý průmět styčné plochy přidržovače	[mm^2]
F_{Steor}	Maximální teoretická stižná síla	[N]
h	Dráha při stříhání	[mm]
F_s	Střižná síla	[N]
F_v	Síla na vyhazovačí	[N]
p_v	Tlak na vyhazovači	[MPa]
S_v	Plocha vyhazovače	[mm^2]
L_v	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
b	Šířka ohybu	[mm]
β	Úhel odpružení	[°]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	Součinitel určující polohu neutrální plochy v závislosti na poměru R_o/t	[-]
R_e	Mez kluzu ohýbaného plechu	[MPa]
z_m	Tažná mezera	[mm]
$F_{t\,max}$	Maximální tažná síla	[N]
O	Obvod dna výtažku	[mm]
R_m	Mez pevnosti materiálu	[MPa]
d	Průměr výtažku	[mm]
F_t	Skutečná tažná síla	[N]