

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

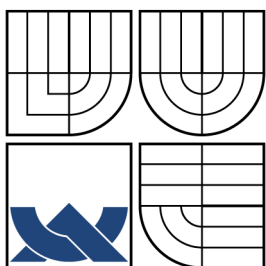
POVRCHOVÉ ÚPRAVY VE SPORTOVNÍM PRŮMYSLU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

FRANTIŠEK ŠULC

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

POVRCHOVÉ ÚPRAVY VE SPORTOVNÍM PRŮMYSLU

SURFACE TREATMENTS IN SPORTS INDUSTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

FRANTIŠEK ŠULC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav: strojírenské technologie
Akademický rok 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro: Šulc František

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:

Povrchové úpravy ve sportovním průmyslu

v anglickém jazyce:

Surface treatment in sport industry

Stručná charakteristika problematiky úkolu a cíle bakalářské práce:

Sportovní náčiní je často vyrobeno z lehkých slitin. Musí odolávat opotřebení, povětrnostním podmínkám a musí mít atraktivní vzhled. Cestou anodické oxidace hliníkových slitin se dají zajistit všechny požadavky.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat studii anodické oxidace hliníku s důrazem na možnost úprav sportovního vybavení s doplněním přehledem norem k eloxování. Ověřit možnou barevnou úpravu povlaku jako dokončovací operace. Vpracovat přehled aplikací eloxovaných produktů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

1. MOHYLA, M. Technologie povrchových úprav kovů. 3.vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava. 2006. 156s. ISBN 80-248-1217-7
2. SEDLÁČEK, V. Povrchy a povlaky kovů. 1.vyd. Praha: Ediční středisko ČVUT Praha. 1992. 176s. ISBN 80-01-00799-5
3. PODJUKLOVÁ, J. Speciální technologie povrchových úprav I. 1.vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava. 1994. 76s. ISBN 80-7078-235-8
4. www.povrchovauprava.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně dne 19.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, Csc.
ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
děkan

ABSTRAKT

ŠULC František: Povrchové úpravy ve sportovním průmyslu.

Předložená bakalářská práce je zaměřena na anodickou oxidaci hliníku, zvláště na její využití jako povrchové úpravy sportovního náčiní. Studie seznamuje s problematikou povrchové ochrany slitin hliníku, uvádí základní rozdělení, a blíže seznamuje s technologií procesu a jednotlivými operacemi. Práci doplňuje přehled norem pro eloxování a příklady využití eloxovaných produktů.

Klíčová slova: Anodická oxidace (eloxování), hliník, lázeň, utěsnění, vrstva, oplach, koroze, barvivo

ABSTRACT

ŠULC František: Surface treatments in sports industry.

This bachelor's thesis focuses on anodic aluminum oxidation, especially on its use as a surface treatment of sports equipment. The study presents the problem of the surface protection of aluminum alloys, its basic distribution, and introduces the process technology and its individual procedures. There is also a complete overview of survey anodising standards and some examples of anodised products.

Keywords: Anodizing, aluminum, bath, seal, layer, clean, corrosion, dye

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠULC František: *Povrchové úpravy ve sportovním průmyslu*. Brno, 2009. 39 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 25.5.2009

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubičkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

	Str.
1 ÚVOD	11
2 ANODICKÁ OXIDACE HLINÍKU	12
2.1 Charakteristika procesu	12
2.2 Dekorativní anodická oxidace	13
2.3 Tvrdá anodická oxidace	13
2.4 Oxidická vrstva	14
2.4.1 Vznik vrstvy	14
2.4.2 Vlastnosti vrstvy	15
3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP ANODICKÉ OXIDACE	18
3.1 Předúpravy	18
3.1.1 Mechanické předúpravy	18
3.1.2 Odmaštění	19
3.1.1 Oplach	19
3.1.2 Moření	19
3.1.1 Chemické a elektrolytické leštění	20
3.1.2 Zesvětlení	21
3.2 Anodická oxidace	21
3.2.1 Rozdělení	21
3.2.2 Pracovní parametry	22
3.2.3 Elektrochemický děj	23
3.3 Dokončovací úpravy	23
3.3.1 Vypírání	23
3.3.2 Barvení	23
3.3.3 Utěsnění	25
3.4 Ukázka technologického postupu	26
3.4.1 Postup	26
3.4.2 Technické vybavení linky	27
4 MĚŘENÍ TLOUŠŤKY OXIDICKÉ VRSTVY	28
4.1 Metoda vířivých proudů	28
5 CHYBY A JEJICH PŘÍČINY	29
5.1 Chyby materiálu	29
5.2 Chyby technologie	29

5.3 Důsledky	30
6 VYUŽITÍ DEKORATIVNÍ ANODICKÉ OXIDACE	31
7 PŘEHLED NOREM	34
8 ZÁVĚR	36

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

1 ÚVOD

Trendem poslední doby je snaha využívat stále lehčí, levnější a odolnější materiály. Tyto vlastnosti si mnohdy protirečí a málokterý materiál je dokáže splnit. Cesta povrchových uprav dovoluje použití materiálů pro výrobu i za podmínek, za kterých by neupravený materiál nebylo možno použít vůbec, nebo jen v omezené míře. Povlaky vzniklé povrchovými úpravami chrání materiály před korozním působením okolního prostředí, zlepšují jejich fyzikální vlastnosti, a některé mají i dekorativní funkci.

Podle charakteru vytvořené povrchové vrstvy dělíme povlaky nejčastěji na anorganické, kovové, tenké vrstvy PVD a CVD, organické nátěry a plastické hmoty. Každá z metod nachází své uplatnění a má své výhody. Kovové povlaky (např. Galvanické pokovování) se využívají k ochraně kovových materiálů před korozí nanesením tenké vrstvy kovu, kdy povrch získá korozní vlastnosti vzhled naneseného materiálu. PVD metoda naopak využívá fyzikálního nanášení povlaků ve vakuu a lze tak pokovovat i neželezné kovy nebo plasty, CVD metodou (chemickým nanášením) můžeme například povlakovat i velmi tvrdými materiály jako např. karbidy destičky řezných nástrojů. Nátěry organickými barvami jsou běžnému člověku neznámější a v průmyslu se využívají jako ochrana kovových konstrukcí nebo strojního vybavení.

Hliník a jeho slitiny je díky svým vlastnostem (nízká hmotnost, dobré tváření) ideálním konstrukčním materiálem a jeho spotřeba stále roste. Pro povrchovou úpravu slitiny hliníku se nejčastěji používá anodická oxidace (tzv. eloxování). Zvětšením a zkvalitněním přirozené ochranné vrstvy získá hliník dobré funkční a estetické vlastnosti. Výhodou je přirozenost procesu a možná barevná úprava povrchu. Eloxování nachází uplatnění například v povrchové úpravě lehkých hliníkových konstrukcí ve stavebnictví, dekorativních prvků v interiéru (kování, bytová architektura), jako barevná úprava komponent automobilů a motocyklů, nebo jako úprava povrchu audio a video přehrávačů, mobilních telefonů a lehkého sportovního vybavení (tenisové rakety, jízdní kolo, atp.). Příklady eloxovaných produktů jsou vidět na Obr. 1.



Obr. 1 Příklady eloxovaných produktů

2 ANODICKÁ OXIDACE HLINÍKU

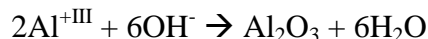
Anodická oxidace hliníku a jeho slitin je elektrochemickou metodou, která využívá přirozeného sklonu hliníku k jeho povrchové oxidaci. Hliník je v čistém stavu velmi reaktivní a působením kyslíku obsaženém v okolním prostředí dochází k rychlému pokrytí povrchu tenkou vrstvou oxidu Al_2O_3 , která chrání kov před další oxidací (korozí). Takto vytvořená vrstva je však velmi tenká a jen málo odolná vůči působení okolního prostředí nebo mechanickému poškození. Na stejném principu je založena i anodická oxidace.

Hliník a jeho slitiny se stal pro svou nízkou váhu, snadné tváření a dobrou korozní odolnost velmi oblíbeným konstrukčním materiálem. Slitiny hliníku, mezi něž patří i velmi známý Dural, zastoupily v posledních letech v mnoha funkcích ocel a slitiny železa. Dural je však korozně málo odolný, a proto je nutné jej chránit povrchovými úpravami. Zde nalézá své místo anodická oxidace (*e*lektrolytická *o*xidace – elox, eloxal), která propůjčuje povrchové vrstvě materiálu korozní odolnost, tvrdost, ořezuvzdornost a barevný vzhled.

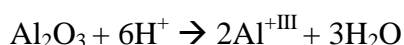
Mezi nejvýznamnější druhy anodické oxidace patří dekorativní a tvrdá anodická oxidace.

2.1 Charakteristika procesu

Anodická oxidace je elektrolytický proces, při kterém je eloxovaný materiál zavěšen v lázni jako anoda. Průchodem elektrického proudu lázní vhodného složení dochází oxidaci hliníku na povrchu anody a tvorbě stabilní oxidické vrstvy na povrchu podle rovnice:



Se vznikem oxidické vrstvy dochází zároveň i k jejímu zpětnému rozkladu:



Výsledkem procesu je velmi tvrdá a ořezuvzdorná vrstva Al_2O_3 , jejíž vlastnosti závisí na druhu anodické oxidace. Významnou vlastností oxidické vrstvy je její porozita, kdy důsledkem zpětného rozkladu vrstvy při elektrochemickém procesu je povrch tvořen póry. Této vlastnosti využívá dekorativní oxidace, při které jsou do pórů vpraveny částičky organických nebo anorganických barviv. Ty se poté uzavřou uvnitř pórů a vrstva tak získá barevný odstín podle použitého barviva. Uzavření pórů též chrání barevnou vrstvu před otěrem a působením okolního prostředí. Naopak při tvrdé anodické oxidaci se snížením porozity dosahuje vysoké tvrdosti povrchové vrstvy. Jak dekorativní, tak i tvrdá anodická oxidace probíhají po chemické stránce stejně, liší se jen pracovními parametry.

Ne všechny hliníkové slitiny lze však eloxovat, neboť některé legury omezují tvorbu oxidické vrstvy nebo ovlivňují vybarvení vrstvy. Nejvyšší kvality vzhledu dosahují slitiny hliníku s nejvyšší čistotou (99,99% Al). Vysokou kvalitu oxidace vykazují i slitiny hliníku s obsahem do 0,5% legur. Pro bezproblémový proces eloxování může mít obvykle slitina tyto maximální hodnoty legur:

Tab. 1 Maximální hodnoty legur pro eloxování [2]

Legura	Zn	Mg	Cu	Si	Mn	Fe	Ti	Cr
Obsah	10%	7%	5%	3%	1%	0,5%	0,3%	0,3%

2.2 DEKORATIVNÍ ANODICKÁ OXIDACE

Dekorativní, nebo též ozdobně – ochranná, anodická oxidace je nejrozšířenějším způsobem anodické oxidace hliníku. Pro technickou praxi není tento způsob ochrany povrchu příliš významný, neboť vzniklá vrstva má nižší otěruvzdornost a korozní odolnost než jiné druhy anodické oxidace. Výhodou je však velká porozita, která umožňuje barevnou úpravu oxidické vrstvy, a tedy i celého produktu. Umístěním organických, nebo anorganických barevných pigmentů do pórů vrstvy a jejich následným utěsněním se vytvoří stabilní barevný vzhled. Utěsněním se také brání odírání, blednutí nebo ztrátě barevných pigmentů.

Části bytové architektury, sportovní náčiní, rámy a vidlice jízdních kol, zde všude nachází dekorativní anodická oxidace uplatnění jako prostředek denní potřeby.



Obr. 2 Horolezecké karabiny (před a po barevné úpravě)

2.3 TVRDÁ ANODICKÁ OXIDACE

Tvrdá anodická oxidace nachází své uplatnění především v technické praxi. Po chemické stránce probíhá stejně jako dekorativní oxidace, avšak využívá mnohem nižších teplot anodizační lázně (až -25°C). Vzniklá vrstva je velmi silná a nízká pórovitost zaručuje i její vysokou tvrdost. Tvrdá oxidační vrstva se již nebarví barevnými pigmenty, barevného odstínu nabývá během procesu, obvykle ve stupních šedé až po černou.

Tvrdá anodická oxidace se uplatňuje především v průmyslu. Chrání lehké a odolné slitiny hliníku před korozním působením okolního prostředí a dodává tolik potřebnou povrchovou tvrdost a otěruvzdornost. Na závěr procesu nemusí nutně dojít k utěsnění vrstvy, čímž povrch získá zvýšenou schopnost absorpce lubrikantů a lepší přilnavost.



Obr. 3 Napínací kladka - Honda B18C

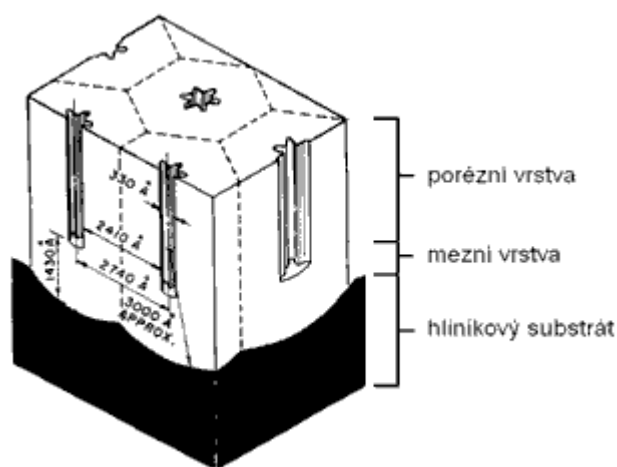
2.4 OXIDICKÁ VRSTVA

Ke vzniku oxidické vrstvy dochází elektrochemickým procesem. Zároveň se vznikem vrstvy však dochází k jejímu zpětnému rozkladu. V důsledku tohoto procesu je výsledná vrstva tvořena póry. Přítomnost pórů (tzv. porozita) ve vrstvě má za následek snížení korozní odolnosti a otěruvzdornosti.

Vrstva se skládá z různě hydratovaného oxidu hliníku. Po utěsnění vzniká monohydrát $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

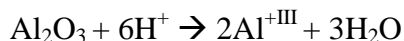
2.4.1 Vznik vrstvy

Během prvních sekund anodizace se na hranici substrátu vytváří amorfní, neporézní, oxidická (tzv. mezní) vrstva. Mezní vrstva je elektricky nevodivá a její tloušťka roste v závislosti na zvyšující se hodnotě napětí. S rostoucí tloušťkou vrstvy se dále zvyšuje její elektrický odpor, což vede k postupnému zastavení dalšího růstu vrstvy.



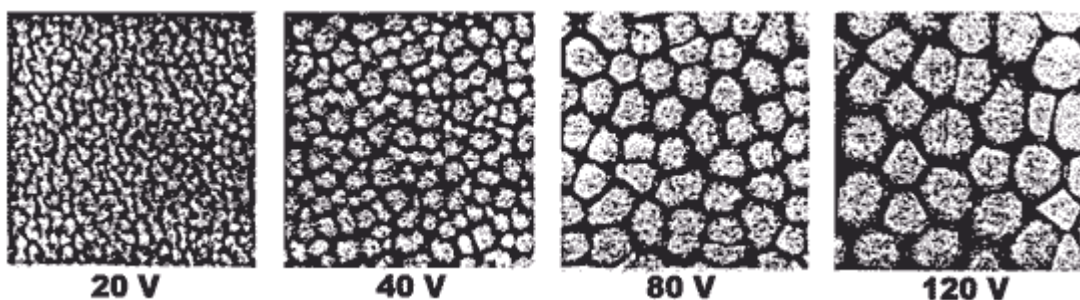
Obr. 4 Model struktury oxidické vrstvy [5]

Na mezní vrstvu bezprostředně navazuje čirá, tzv. porézní vrstva, která je tvořena hexagonálními buňkami oxidů hliníku. Buňky jsou orientovány kolmo k povrchu substrátu (rovnoběžně se siločarami procházejícího proudu). Velikost buněk je závislá na typu použitého elektrolytu a velikosti napětí. Uprostřed každé buňky se nachází pór. Póry vznikají několik sekund po začátku růstu vrstvy jako důsledek chemického rozkladu probíhajícího podle rovnice:



Podobně jako u velikosti buněk je i velikost pórů závislá na hodnotě proudu a složení použitého elektrolytu. Vrstvy s většími póry se snáze a sytěji vybarvují, mají však nižší tvrdost a otěruvzdornost než vrstvy s nižší pórovitostí.

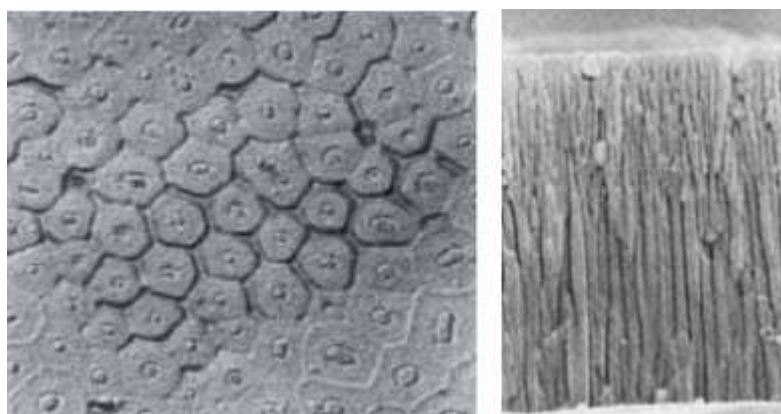
Růst vrstvy je závislý na materiálu substrátu, předúpravách a podmínkách anodizace.



Obr. 5 Růst hexagonálních buněk s rostoucími hodnotami napětí při anodizaci v 4 % H_3PO_4 . Elektronový mikroskop, zvětšeno 35 000x [5]

2.2 Vlastnosti vrstvy

Vzhled vrstvy: Závisí z velké části na složení materiálu ale i technologii procesu. Pro správný vzhled je nutné před vlastní oxidací provést tzv. předúpravy, které odstraní nečistoty a chyby ve struktuře materiálu. Legující prvky, které se rozpouští během procesu, neovlivňují vzhled. Zvyšují pouze porozitu. Složky nerozpustné (křemík, hořčík, mangan) zbarvují vrstvu v odstínech šedé.



Obr. 6 Oxidická vrstva [1]

Pórovitost: Udává procentuální zastoupení pórů v oxidické vrstvě (pro zjednodušení je brána vzájemná vzdálenost primárních pórů shodná s jejich průměrem). Mimo tzv. primární pórovitosti, závislé na napětí při eloxování (s rostoucím napětím se pórovitost snižuje), rozlišujeme i tzv. sekundární pórovitost, která vzniká rozpouštěním části vrstvy (závisí především na teplotě lázně) a tzv. strukturální pórovitost, která vzniká rozpouštěním některé složky slitiny.

Hustota: Důsledku pórovitosti materiálu se mění hustota vrstvy v závislosti na její tloušťce, složení materiálu a způsobu eloxování. Rozpustné přísady, zvyšující se tloušťka a vyšší teplota lázně hustotu vrstvy nepříznivě ovlivňují.

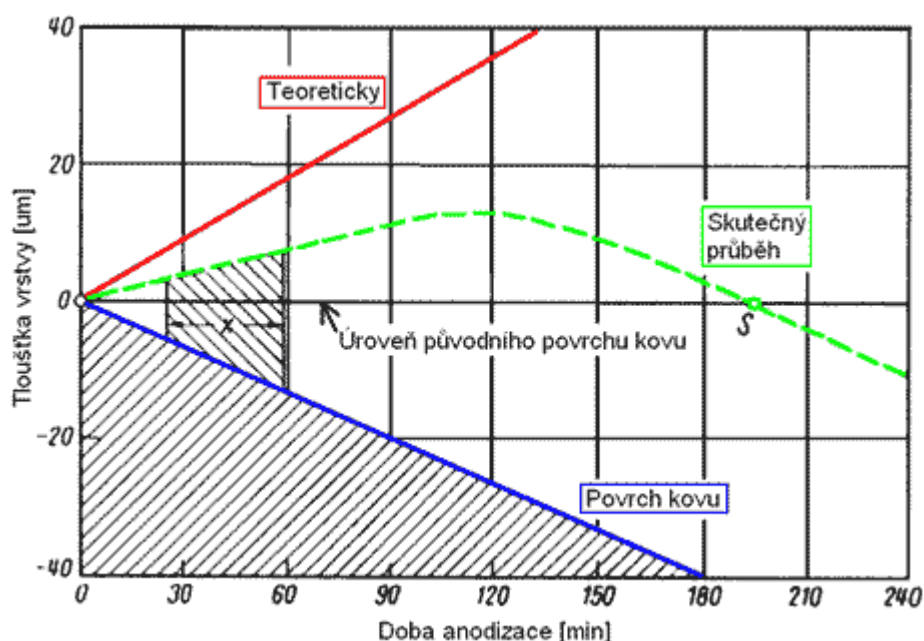
Tvrдость: Anodickou oxidací vzniká velmi tvrdá vrstva oxidu hlinitého, která zvyšuje odolnost výrobku vůči abrazi (otěru). Mikrotvrдость vrstev je závislá na druhu anodické oxidace.

Tloušťka vrstvy: Velkou měrou ovlivňuje korozní odolnost materiálu. Tloušťka vrstvy roste se rostoucím napětím, proudovou hustotou, s klesající teplotou a snižující se koncentrací elektrolytu. Tloušťku oxidické vrstvy lze určit ze vztahu 1.1

Vztah pro určení tloušťky oxidické vrstvy [2]:

$$h = 0,4 \cdot \eta \cdot I \cdot t \cdot s^{-1} \quad (1.1)$$

- η - stupeň účinnosti lázně (0,6 – 0,7) [-]
- I - hodnota stejnosměrného proudu [A]
- t - doba anodické oxidace [min]
- s - plocha anodizovaného produktu [dm²]



Obr. 7 Grafické znázornění růstu vrstvy a přeměny substrátu v závislosti na čase (Lázeň H₂SO₄ při proudové hustotě 1,6 A/dm²) [5]

Podle grafického znázornění je patrné, že oxidická vrstva roste jak nad, tak i pod původním rozměrem. Anodická vrstva je totiž konverzní povrchovou úpravou. To znamená, že ochranná vrstva se vytváří přímo z materiálu substrátu. Vzniklý oxid hlinitý má však větší objem než čistý hliník, a proto roste vrstva Al₂O₃ částečně i nad původní rozměr součásti. Obecně platí, že ²/₃ tloušťky vrstvy nahrazují úbytek materiálu substrátu, a ¹/₃ představuje nárůst nad původní rozměr.

Dále je patrné, že přibližně po 120 minutách dochází k zastavení růstu vrstvy, a tloušťka vrstvy se již nezvyšuje. Pokud se dále pokračuje v anodizaci, může se vrstva dostat i hluboko pod původní úroveň povrchu. V praxi se proto anodizuje nejčastěji do 60 min. [5], kdy vzniklá vrstva plní svými vlastnostmi všechny kladené požadavky při optimálních nákladech na proces.

Tab. 2 Vlastnosti oxidické vrstvy vybraných způsobů anodické oxidace [2]

Vlastnosti vrstvy	Dekorativní oxidace	Tvrdá oxidace
Tloušťka vrstvy [um]	5-30	50 - 200
Porozita [%]	25	12
Mikrotvrдость [HV]	250-300	400 - 800

Tepelná vodivost: Je mnohem nižší než vlastní tepelná vodivost hliníku. Rozdílné jsou také tepelné roztažnosti.

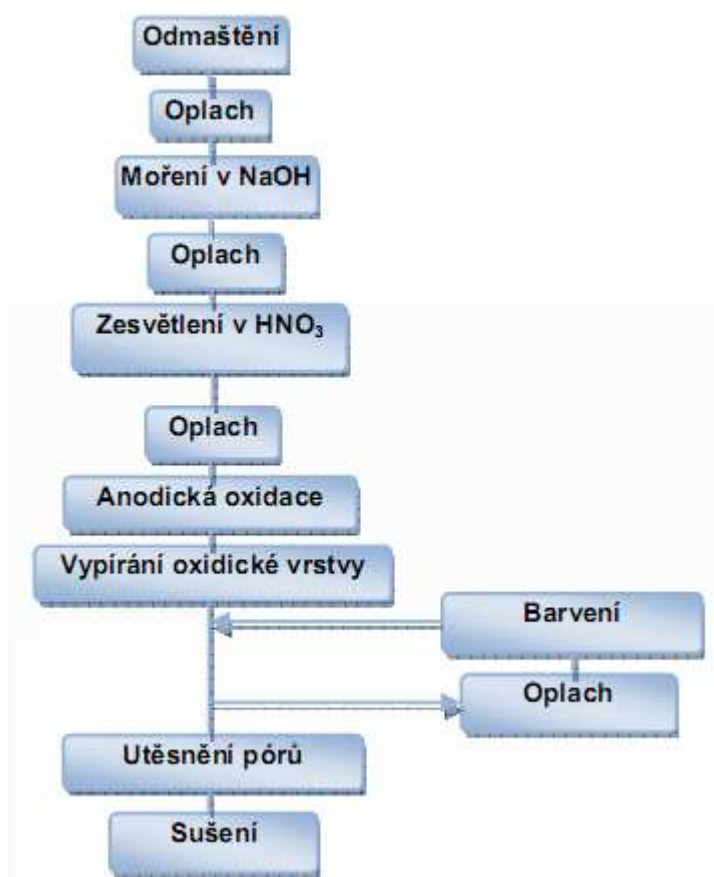
Elektrická vodivost: Oxidická vrstva je elektricky nevodivá a má dobré izolační vlastnosti. Průrazné napětí 1 μ m tloušťky vrstvy je 20 až 40 V [2]

Korozní odolnost: Anodická oxidace zajišťuje vysokou korozní odolnost v neutrálním prostředí (pH 6,5 až 8), a spolehlivě tak chrání před vlivy venkovního prostředí.

..

3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP ANODICKÉ OXIDACE

Podobně jako jiné povrchové úpravy, skládá se i technologie anodická oxidace z předúprav, vlastního procesu a dokončovacích operací. Zde uvedený postup je velmi zjednodušený, a v praxi se upřesňuje na základě požadavků na vzhled, funkci a korozní odolnost.



Obr. 8 Ukázka technologického postupu Dekorativní anodické oxidace [2]

3.1 PŘEDÚPRAVY

Úpravy povrchu předcházející anodické oxidaci podrobněji upravuje norma ČSN EN 12373 - 1

3.1.1 MECHANICKÉ PŘEDÚPRAVY

V případě nutnosti je možné povrch materiálu před vlastní oxidací ještě mechanicky upravit. Povrch materiálu tak lze částečně (kartáčováním, leštěním), nebo téměř úplně (broušením) zbavit povrchových vad.

3.1.2 ODMAŠTĚNÍ

Odmaštění je velmi důležitou operací. Pouze na čistém povrchu mohou proběhnout další operace bez zvýšení rizika vzniku vad. Struktura povrchu se při procesu nemění, avšak po předchozí výrobě, tváření, nebo manipulaci s výrobkem je nutné zbavit povrch všech nečistot (tuky, vosky, oleje, prach, třísky a zbytky pigmentů barevného značení). Proces je založen na principu fyzikálně-chemických pochodů.

Čistící prostředky používané v praxi jsou tvořeny tenzidy a organickými nebo anorganickými solemi. Tenzidy jsou povrchově aktivní organické látky, které umožňují lepší smáčivost povrchu a tím i lepší odstraňování nečistot. Soli jsou základní složkou čistících přípravků. Spolu s tenzidy zabraňují zpětnému usazování nečistot. Používané soli jsou nejčastěji na bázi fosfátů, křemičitanů, borátů a karbonátů.

Tab.3 Přehled způsobů odmašťování, hlavních složek a účinnosti přípravku [5]

Způsob čištění	Základ složení	Odstranění
Alkalické	křemičitany, boráty, fosfáty, karbonát	mastnoty
Kyselé	H ₃ PO ₄	pigmenty, leštící pasty
Organické	chlortyleny, chloretany	mastnoty
Elektrolytické	křemičitany, boráty, fosfáty, karbonáty, H ₃ PO ₄	mastnoty

3.1.3 OPLACH

Mezi každou operací během technologického procesu je nutný průtočný oplach. Po anodické oxidaci se zpravidla doporučuje dobu oplachu prodloužit, aby došlo k úplnému vyprání kyseliny z pórů. Příznivý vliv na kvalitu procesu má oplach v tzv. demi vodě (demineralizovaná voda).

Vhodné je řešit oplach jako dvoustupňový, neboť anodická oxidace klade velké nároky na spotřebu vody. Běžné povrchové úpravy galvanického charakteru spotřebovávají 20 až 30 litrů na m² povrchu při jednostupňovém oplachu. Oproti tomu je spotřeba vody u anodické oxidace až desetinásobná, tedy 200 až 300 litrů na m² povrchu [2].

3.1.4 MOŘENÍ

Moření je chemický proces při kterém dochází k ovlivnění struktury povrchu odstraněním tenké povrchové vrstvy materiálu. Lze tak odstranit přirozenou oxidační vrstvu, korozní produkty nebo charakteristickou strukturu povrchu vytvořeno po odlévání nebo válcování. Drobné vady a poškození nelze sice mořením odstranit, vzniklý povrch, který je matně bílý až saténový, však tyto vady a poškození částečně zakryje. Nejčastěji se moří v NaOH.

Tab.4 Nejčastější způsoby moření povrchu [5]

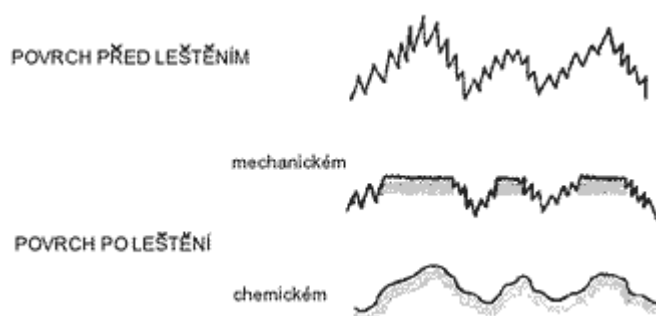
Způsob moření	Základ	Teplota	Odstranění mastnoty
Alkalické	NaOH, Na ₂ CO ₃ , NaCl	50 - 80	ano
Kyselé	H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HF	do 25 ° C	ne

Nevýhodou procesu je možné riziko naleptání povrchu při překročení doby moření nebo horní hranice doporučených teplot, a tím znehodnocení substrátu.

Po moření je nutné provést důkladný oplach a odstranit tak všechny zbytky mořící lázně, aby nemohlo dojít ke znečištění dalších lázní.

3.1.5 CHEMICKÉ A ELEKTROLYTICKÉ LEŠTĚNÍ

Při vysokých požadavcích na výsledný vzhled povrchu se do procesu zařazuje ještě chemické nebo elektrolytické leštění. Povrchová vrstva se rozpouští, přičemž mikroskopické výstupky se rozpouštějí rychleji než prohlubně. Výsledný vzhled povrchu je závislý na čistotě leštěného materiálu (s rostoucí čistotou hliníku roste i kvalita výsledného vzhledu).



Obr. 9 Porovnání principu mechanického a chemického leštění povrchu [5]

Chemické leštění – Používá se převážně pro drobné díly s vysokou čistotou chemického složení (nevhodné pro slitiny obsahující železo, mangan a křemík). Parametry chemického leštění jsou uvedeny v následující tab.

Tab.2.3 Parametry chemického leštění [5]

Složení lázně	Aditiva	Teplota [°C]	Doba leštění [min]
HNO ₃ , H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄ , soli (např. CuSO ₄ a Cu(NO ₃) ₂)	90 až 110	0,5 až 3

Elektrolytické leštění – Využívá se především při hromadné výrobě větších dílů, nebo při vysokých požadavcích na výsledný lesk povrchu. V principu jde o anodické leštění, kdy leštěný výrobek je zapojen jako anoda. Nevýhodou jsou velké proudové hustoty procházející lázní (až 100A/dm²). Chemické složení a pracovní parametry vybraných leštících lázní jsou uvedeny tab. 5.

Tab.5 Chemická složení a pracovní parametry vybraných leštících lázní [5]

Složení lázně	Teplota [° C]	Doba leštění [min]	Proudová hustota [A/dm ²]
H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄	70 až 80	1 až 2	10 až 20
H ₃ PO ₄ s přídavkem CrO ₃	80 až 110	1 až 2	100

3.1.6 ZESVĚTLENÍ

Některé legury a nečistoty se nemusí rozpustit v mořící lázni (nejčastěji měď, mangan, železo, nikl, hořčík a křemík) a zůstanou po moření na povrchu jako tmavá, stíratelná vrstva. Před vlastní anodickou oxidací je nutné tuto vrstvu odstranit. Je také nezbytné odstranit produkty vzniklé při procesu odmaštění nebo moření. Dříve se používaná HNO_3 se dnes z ekologických důvodů nahrazuje lázněmi bez dusičnanů.

V praxi používá také vyjasňovací lázeň obsahující použitou anodickou lázeň, příměs hliníku a speciální aditiva. Pokud po tomto druhu vyjasnění následuje přímo anodická oxidace, je možné vynechat oplach a ušetřit tak čas, energii a vodu na oplach.

3.2 ANODICKÁ OXIDACE

Vlastní proces anodické oxidace je velmi různorodý. Anodickou oxidaci můžeme rozlišovat podle typu elektrického zdroje, teploty, proudové hustoty, nebo podle druhu použitého elektrolytu. Různá kombinace těchto parametrů tak umožňuje získat vrstvy s různými vlastnostmi.

3.2.1 ROZDĚLENÍ

Typ elektrického zdroje:

Anodická oxidace využívá stejnosměrného i střídavého proudu. Průchodem střídavého proudu (značí se písmenem „W“) se vytváří tenká, nepříliš odolná vrstva, která je však pružná a ohýbáním se nepoškozuje. Využívání střídavého proudu není příliš časté, a své uplatnění nachází například ve šperkařství při zdobení šperků.

Stejnoseměrný proud se používá nejčastěji a v technické praxi se značí písmenem „G“ na začátku zkratky použité metody anodické oxidace. Průchodem stejnosměrného proudu se na povrchu substrátu vytváří relativně silná a tvrdá oxidická vrstva, která se snadno vybarvuje.

Elektrolyt:

Nejčastěji se používá lázeň s roztokem H_2SO_4 (označení „S“), dále pak s roztokem $(\text{COOH})_2$ (označení „X“), H_3PO_4 , H_2CrO_4 a různých jejich kombinací (např. $\text{H}_2\text{SO}_4 + (\text{COOH})_2$, označení „SX“)

Teplota a proudová hustota:

Podle teploty a proudové hustoty rozlišujeme dva nejvýznamnější druhy anodické oxidace. Za nižších teplot (-26 až $+15$ ° C) a vyšších proudových hustot ($2,5$ až 8 A/dm^2) probíhá tvrdá anodická oxidace při které oxidická vrstva dosahuje dobrých funkčních vlastností. Naopak vrstvy určené pro dekorativní použití vznikají při pracovních teplotách od 15 do 25 ° C a proudových hustotách od $1,2$ do $2,5$ A/dm^2 .

Tab.6 Přehled metod anodické oxidace a oblasti jejich použití [5]

Metoda	Barva vrstvy	Tloušťka vrstvy [mm]	Použití
GS, GSX	nezabarvená	5-30	stavebnictví, domácí spotřebiče, nábytek
GS, GSX +adsorpční barvení	dle zvoleného odstínu barvy	15-30	Stavebnictví, architektura nábytek, domácí spotřebiče
GS, GSX + elektrolytické barvení	bronzová - černá	15-25	
Tvrdá anodizace	nezabarvená - šedá - hnědá - černá	25-200	strojírenství, letecký, automobilový průmysl
Pásová anodizace	nezabarvená	0,2-25	bytová architektura, elektroprůmysl

3.2.2 PRACOVNÍ PARAMETRY

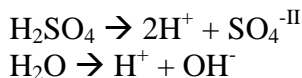
Anodizovaný výrobek se v lázni zapojuje jako anoda. Katody jsou nejčastěji hliníkové nebo olověné a poměr plochy katody ku anodě bývá obvykle 1:1,5 až 1:1,2.

Tab.7 Pracovní parametry vybraných způsobů anodické oxidace [2];[1]

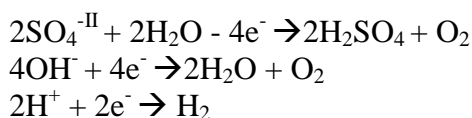
Parametr	Dekorativní anodická oxidace	Tvrdá anodická oxidace
Koncentrace H ₂ SO ₄ [%]	5 až 20	15 až 20
Proudová hustota [A/dm ²]	0,8 až 3	2 až 8
Napětí [V]	10 až 20	30 až 120
Teplota lázně [° C]	16 až 20	-10 až 10
Doba anodické oxidace [min]	5 až 60	30 až 60

3.2.3 ELEKTROCHEMICKÝ DĚJ

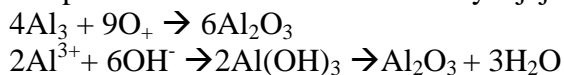
Příklad elektrochemického děje při anodické oxidaci v lázni roztoku H_2SO_4 a H_2O :
V důsledku průchodu elektrického proudu dochází k disociaci lázně



Kladné a záporné ionty putují k odpovídajícím elektrodám, odevzdávají zde své náboje a vylučují se zpět jako molekuly.



Na anodě dochází ke vzniku oxidu hlinitého, který vzniká buď přímou cestou z hliníkového materiálu (oxidací), nebo nepřímou cestou reakcí s hydroxylovými aniony. Vytvořený hydroxid hlinitý zvyšuje elektroizolační vlastnosti. Při dalším průchodu proudu dochází k ohřívání vrstvy a její dehydrataci za vzniku Al_2O_3 .



Ze zápisu je zřejmé, že při procesu dochází ke vzniku snadno vznětlivého vodíku (H_2). Z toho důvodu je nutné zajistit dobré větrání pracovních prostor a dodržování bezpečnosti práce. V důsledku chemických reakcí také dochází k uvolňování velkého množství tepla (jeho množství závisí na velikosti protékajícího proudu), které způsobuje zvyšování teploty lázně a zpětné rozpouštění vznikající vrstvy. Lázeň, a především povrchovou vrstvou součásti, je proto nezbytné chlazením udržovat na požadované teplotě.

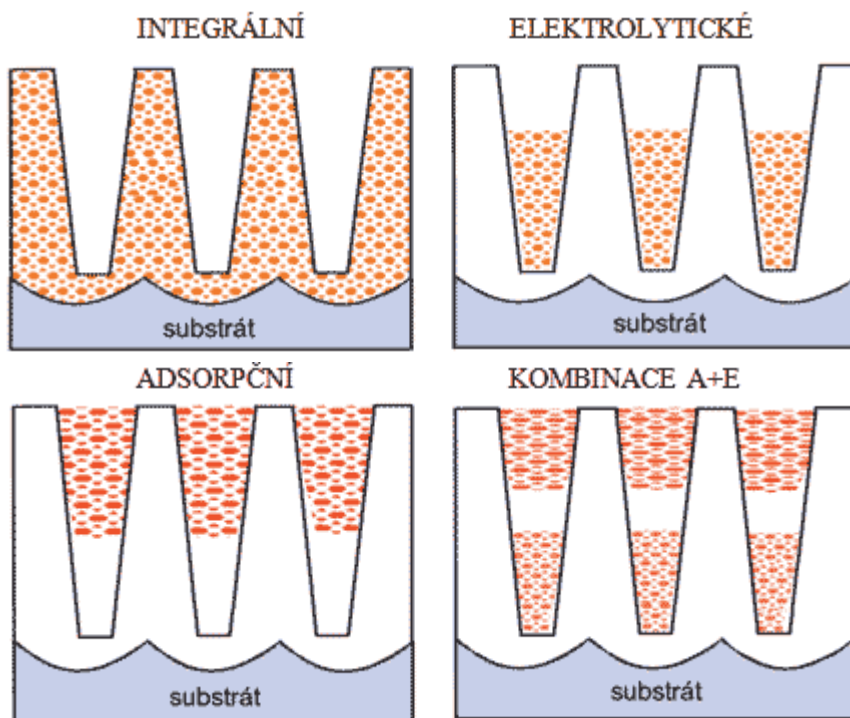
3.3 DOKONČOVACÍ ÚPRAVY

3.3.1 VYPÍRÁNÍ

Po procesu anodické oxidace je nezbytný důkladný oplach k odstranění všech zbytků kyseliny z porů. Zbytky kyseliny mohou způsobit znečištění lázni následujících operací nebo znehodnotit výsledný vzhled výrobku.

3.3.2 BARVENÍ

Nespornou výhodou anodické oxidace je možná barevná úprava oxidické vrstvy. Barevný vzhled oxidické vrstvy lze získat buď přímo během anodické oxidace při tzv. integrálním barvení, nebo až při dokončovacím procesu, kdy je barvivo ukládáno do porů adsorpčním barvením, elektrolytickým barvením nebo jejich kombinací.



Obr. 10 Princip základních druhů barvení anodických vrstev [5]

Integrální vybarvování

Integrální barvení probíhá ve speciálních elektrolytech, které při vzniku vrstvy způsobují její zabarvení, nebo v elektrolytech které obsahují přidané legující prvky. Po uzavření legujících prvků v oxidické vrstvě vytváří tyto prvky barevný odstín. Dosahuje se tak světlostálých povrchů.

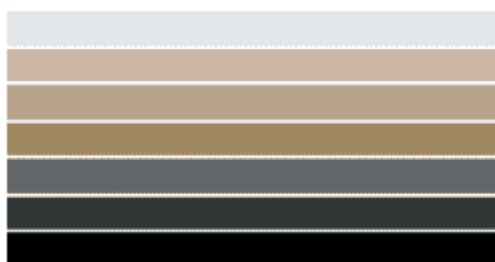
Elektrolytické vybarvování

Je nejčastějším způsobem vybarvování využívající pórovitosti oxidické vrstvy. Výrobek je po vytvoření oxidické vrstvy umístěn do lázně solí kovů. Soli se vlivem působení střídavého proudu rozkládají a vznikají ionty, které se ukládají v pórech.

Vzniklá barevná úprava je stálá na světle, odolná vůči povětrnostním vlivům a extrémním teplotám.

Tab.2.1 Přehled solí pro elektrolytické vybarvování [5]

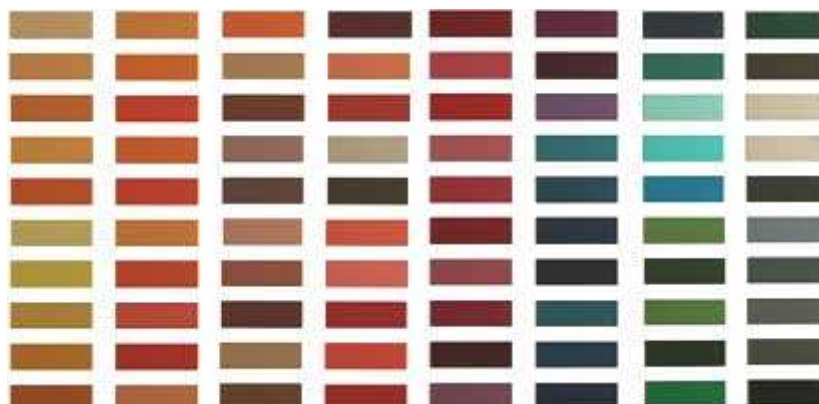
Soli	Barevný odstín
Sn	světle bronzový - černý
Ni	světle bronzový - černý s nádechem do zelena
Co	černý
Cu	červený
Se	červený



Obr. 11 Dosažitelné odstíny [5]

Adsorpční vybarvování

Využívá podobně jako elektrolytické vybarvování pórovitosti vrstvy. K obarvení dochází bez přítomnosti proudu v roztocích organických nebo anorganických látek (pigmentů). Sytější barevné odstíny se dosahují oxidickými vrstvami s vyšší porozitou, větší tloušťkou, při delší době barvení a vyšší koncentrací pigmentů.



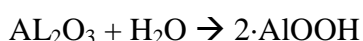
Obr. 12 Dosažitelné odstíny[5]

3.3.3 UTĚSNĚNÍ

Je závěrečnou operací anodické oxidace, při které dochází k uzavření porézní vrstvy a tím k dosažení požadovaných korozních a mechanických vlastností vrstvy. Rozeznáváme konvenční (hydrotermální) a studené utěsnění.

Konvenční utěsnění

Principem konvenčního utěsnění je hydratace oxidické vrstvy, při které dochází k reakci Al_2O_3 za vzniku monohydrátu oxidu hlinitého (Böhmitu) podle rovnice

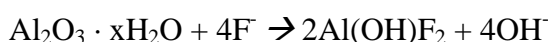
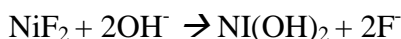


Böhmit má větší objem než původní vrstva Al_2O_3 a jeho zvětšením dojde k uzavření pórů.

Konvenční utěsnění probíhá v destilované vodě při 97°C , v roztocích kovových solí při 97°C , nebo ve vodě s aditivou za teploty 82 až 87°C .

Studené utěsnění

Studené utěsnění probíhá za pokojové teploty. Nedochozí při něm k hydrataci vrstvy a póry se vyplní (utěsní) solemi niklu a hliníku. Děj probíhá podle rovnice:



Nevýhodou tohoto způsobu je použití chemických látek, které je poté nutné ekologicky zlikvidovat, výhodou pak je nízká energetická náročnost.

3.4 UKÁZKA TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Následující technologický postup je převzat z [6] a popisuje postup vytvoření dekorativní oxidické vrstvy na povrchu výrobku.

3.4.1 POSTUP

1. *Odmaštění s mořícím efektem v lázni ROGAL 18* -Pracovní podmínky: doba: 1 – 3 min. teplota: 40 – 60° C
2. *Průtočný oplach (dvoustupňový)* -Pracovní podmínky: doba: 1 min., teplota: 20° C
3. *Vyjasnění v lázni ROGAL 32* - Pracovní podmínky: doba: 1- 2 min., teplota: 20° C
4. *Průtočný oplach (dvoustupňový)* - Pracovní podmínky: doba: 1 - 2 min., teplota 20° C
5. *Anodická oxidace v lázni ROGAL 3* - Pracovní podmínky : doba 15 - 40 min., teplota: 25 – 30° C, proudová hustota: 1 - 3 A/dm²
6. *Průtočný oplach (dvoustupňový)* - Pracovní podmínky: doba: 1 min., teplota: 20° C
7. *Vypírání vrstvy (tekoucí demi voda)* - Pracovní podmínky: doba: 15 - 30 min., teplota: 15 – 20° C
8. *Barvení (elektrolyticky organickým barvivem)* [8] - Pracovní podmínky: barvivo: SurTec 629 (doba: 0.5 - 20 min., teplota 40 – 60° C
9. *Průtočný oplach (dvoustupňový)* - Pracovní podmínky: doba: 1 min., teplota: 20° C
10. *Utěsnění vrstvy* - Demi voda, teplota: 95° C
11. *Průtočný oplach (dvoustupňový)* - Pracovní podmínky: doba: 1 min., teplota: 20° C
12. *Sušení teplým vzduchem*

POUŽITÉ POMŮCKY:

SurTec 629: 20 – 30g/l, tmavý odstín

ROGAL 3, ROGAL 18, ROGAL 32 viz. [6]

3.4.2 PŘÍKLAD VYBAVENÍ LINKY PRO ELOXOVÁNÍ

Potřebné zařízení dle uvedeného technologického postupu: [6]

- 13 van (některé vybavené odsáváním a ejektorovými tryskami)
- topná tělesa s automatickou regulací teploty
- zdroj stejnosměrného proudu, napětí 15 V
- přístroj na demi vodu
- chladicí zařízení
- vzduchotechnika
- iontoměničová čistící stanice
- čistící a neutralizační stanice



Obr. 13 Ukázka provozu pro eloxování

4 MĚŘENÍ TLOUŠŤKY OXIDICKÉ VRSTVY

Tloušťka povlaků je pro většinu povrchových úprav jedním ze základních kritérií hodnocení očekávané protikorozní odolnosti a životnosti součásti.

Pro měření tloušťky povlaků je používána řada metod. Destruktivních, i nedestruktivních, přičemž přednostně se používají nedestruktivní metody.

Destruktivní metody vyžadují znehodnocení zkoušeného výrobku nebo výrobu speciálního vzorku. Nejznámější metodou je měření z metalografického výbrusu.

Nedestruktivní metody na rozdíl od destruktivních nevyžadují nutnost znehodnocení výrobku nebo výrobu speciálního vzorku. Většina těchto metod však vyžaduje poměrně drahé a složité zázemí laboratoře.

Pro měření vrstvy vytvořené anodickou oxidací je dnes jedinou doporučenou metodou *Metoda vířivých proudů*. Dříve používaná *Metoda měření mikroskopem s dělným svazkem světelných paprsků* byla z důvodu jejího nahrazení jinými metodami v roce 2007 zrušena a došlo k ukončení výroby měřících přístrojů.

Tloušťka vrstvy je vzdálenost mezi povrchem povlaku a povrchem podkladu.

4.1 METODA VÍŘIVÝCH PROUDŮ

Princip metody

Metoda je založena na základě rozdílné vodivosti povlaku a podkladu. Sonda, obsahující cívku bez jádra, je napájena střídavým elektrickým proudem o vysoké frekvenci. Přítomnost sondy vyvolává v nemagnetickém, elektricky vodivém materiálu, vznik tzv. vířivých proudů, které vytvářejí střídavé elektromagnetické pole opačného směru (0,1 MHz až 30 MHz). Vektorovým součtem obou polí vzniká výsledné pole, jehož změna je měřitelná a odpovídá vzdálenosti elektricky vodivého materiálu (tedy podkladu) od sondy.

Chyby měření

Chyba měření je menší než 10% tloušťky povlaku nebo 0,5 μm u tenkých povlaků.



Obr. 14 Mobilní přístroj pro měření Metodou vířivých proudů

5 CHYBY PŘI ANODICKÉ OXIDACI

5.1 CHYBY MATERIÁLU

I při dodržení chemického složení eloxovaného materiálu může docházet k vadám v oxidické vrstvě, a to zejména z důvodu vad materiálu nebo vad vzniklých při výrobě. Nevhodnost konkrétního materiálu orientačně ukazují operace moření a vyjasňování.

5.2 CHYBY TECHNOLOGIE

Technologický postup anodické oxidace se skládá z mnoha různých operací, které jsou vzájemně úzce propojeny. Nedodržování technologických parametrů jednotlivých procesů má za důsledek vznik vad (ve výsledku především vad vzhledu), přičemž některé vady se mohou projevit až po delší době.



Obr. 16 Špatná předprava [2]



Obr. 16 Nevhodné uchycení v lázni – Bublina [2]

Přemoření povrchu

Příliš dlouhým vystavením povrchu účinku moření dochází k odkrývání strukturální nehomogenity materiálu. Míra odkrytí (vyleptání) závisí jak na chemickém složení materiálu tak i na jeho předchozím zpracování (válcování, protlačování).

Chyby při leštění

Špatným zavěšením jsou lešticí zplodiny nevhodně odváděny a vznikají tak nedoleštěná místa.

Tenká vrstva

Vznik tenké vrstvy je nejčastěji zapříčiněn nízkou hodnotou proudové hustoty, která má být volena podle skutečné plochy součásti a ne podle velikosti napětí. Dalšími příčinami mohou být přehřátí lázně (např. nedostatečným mícháním, kdy dochází k rozpouštění vrstvy), nebo vada na závěsu (nedostatečná přitlačná síla kontaktu upnutí či nečistoty na závěsu).

Chybějící vrstva

Místa, kde eloxační vrstva úplně chybí, vznikají v důsledku špatného odmaštění, nevhodně zvoleného rozložení výrobků vůči sobě či katodě, nebo jako důsledek dotyku holé ruky na výrobek po moření. Někdy, když chybí vrstva vždy jen na spodní části výrobku je na vině nevhodný cyklus výměny vody v oplachové vaně, kdy vlivem vyšší kyselosti u dna nádoby dochází k odleptávání vrstvy.

Skvrny na povrchu

Důvodem může být přítomnost mastnoty v mořicí lázni nebo elektrolytu, dále pak místní přehřívání výrobku (blízkost u katody, vlivem předchozího mechanického opracování), nedostatečně provedená předúprava (nekvalitní oplach) nebo zkrat v lázni.

Stírající se vrstva

Příliš vysoká teplota anodické oxidace (nad 20° C) má za následek zvětšení pórů, což může způsobit porušení vrstvy a její stírání. Příliš vysoká teplota může být způsobena nedostatečným chlazením lázně.

Změna odstínu vybarvení

Při špatném promíchávání vybarvovací lázně může docházet k nerovnoměrnému rozložení barevného odstínu. Příliš vysoká teplota vybarvovací lázně utěšňuje předčasně póry a vrstva tak nedosahuje požadované sytosti. Při utěšňování v kyselé demi vodě zareaguje barva výrobku s kyselým prostředím lázně a výrobek má tendenci změnit barevný odstín.

Korozní poškození

Pro zavěšení výrobku v utěšňovací lázni se někdy používají titanové závěsy. Ty mohou s některými materiály reagovat a způsobit elektrochemické poškození povrchu hliníku.

5.3 DŮSLEDKY

Chyby v technologickém postupu se zpravidla projeví až po vybarvení součásti a mají za následek především vady vzhledu součásti. Vadně vytvořenou vrstvu lze poměrně snadno mořením odstranit a opakováním procesu ji nahradit vrstvou novou.

6 VYUŽITÍ DEKORATIVNÍ ANODICKÉ OXIDACE V PRAXI

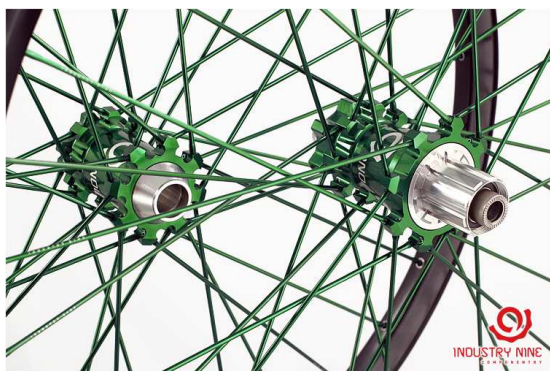
Eloxování se stalo oblíbenou povrchovou úpravou sportovního náčiní zejména díky své barevné povrchové úpravě, která dodává sportovnímu náčiní na zajímavosti, která neztrácí časem lesk ani barevný odstín a která se používáním jen velmi těžko opotřebovává.

Zde je uveden přehled nejznámějších aplikací eloxovaného sportovního náčiní:

Jízdní kolo

Cyklistika se v poslední době stala velmi oblíbeným způsobem trávení volného času. Především v létě se jízdní kolo stává nepostradatelným dopravním prostředkem. Svou popularitu si mimo jiné získalo také díky aplikaci nových technologií a zavedením nových materiálů. Vedle nejvíce zastoupené oceli se pro výrobu komponent jízdního kola, hlavně rámu, používají ve stále větší míře slitiny hliníku. Hliníkové rámy a komponenty se vyznačují nízkou hmotností a dostačující pevností.

Přehled eloxovaných komponent jízdního kola: rám, vidlice, řídítka, kliky, pedály, páčka přehazovačky/brzdy, výplet kola, ráfek.



Obr. 17 Výplet kola



Obr. 18 Odpružená vidlice



Obr. 19 Páčka přehazovačky/brzdy

Horolezecké náčiní

Horolezectví již dnes není doménou pouze několika odvážných, nebo pro někoho bláznivých, lidí. Technologický pokrok se projevil i v tomto poměrně vyhraněném sportu a snadná dostupnost a relativní bezpečnost horolezeckých pomůcek z něj činí oblíbenou aktivitu především mladých lidí. Dříve používaná ocel byla v tomto sportu takřka úplně nahrazena lehčími slitinami hliníku.

V horolezectví je kladen důraz především na nízkou hmotnost vybavení, které lezec nese sebou, a případné zvětšení rozměrů oproti oceli je tu spíše ku prospěchu. Vybavení musí odolávat někdy i extrémním klimatickým podmínkám, od vlhkých hlubokých jeskyní a propastí přes rozpálené skalní útvary, až po vysoká horstva asijského kontinentu.

Eloxování je ideální úpravou povrchu horolezeckého náčiní, a to nejen proto, že je často vyrobeno právě ze slitin hliníku, ale zaručuje i jeho ochranu před nepříznivými vlivy okolního prostředí a nešetrným zacházením. V neposlední řadě zvyšuje atraktivitu předmětu a přehlednost v horolezcově výstroji.

Přehled eloxovaného horolezeckého náčiní: osma, karabina, friend, kyblík, cepín, části brzdících a sladovacích pomůcek,



Obr. 20 Friend



Obr. 21 Karabina HMS - leštěná a elox



Obr. 22 Slaňovací osma

Tenisové rakety

Tzv. Bílý sport se stal v první polovině 20. století prakticky symbolem prestiže a ukazatelem společenského postavení. I v dnešní době mnozí považují tenis za vrchol sportovních klání. Tenis by se však byl těžko udržel mezi konkurencí tolika jiných sportů, kdyby nedošlo k technickému pokroku i zde. Rám rakety musí odolávat velkým silám, musí být pevný, lehký a houževnatý. Původně dřevěný rám by dnes asi těžko konkuroval moderním technologiím, které musí zvládnout náraz míčku letícího rychlostí až 180km/h a zároveň ochránit klouby a svaly hráčovy ruky. Vrcholový sportovci dnes používají již jiné, hlavně kompozitní materiály, nicméně slitiny hliníku se staly materiálem pro běžného hráče. Eloxováním rámu hliníkových raket nejde ani tak o korozní, nebo jinou ochranu povrchu, jako spíše o získání zajímavého vzhledu povrchu, který drží i při ohýbání rakety a časem neztrácí lesk ani barevný odstín.



Obr. 23 Tenisové rakety

Přehled dalšího eloxovaného sportovního náčiní: trekingové a sjezdové hole, části lyžařského vázání, komponenty motorových vozidel, střelné zbraně,



Obr. 24 Sportovní puška



Obr. 25 Eloxované části motocyklu

7 PŘEHLED NOREM PRO ELOXOVÁNÍ

Tab.6 Normy pro eloxování [7]

Norma	Popis
ČSN EN 12373	Hliník a slitiny hliníku - Anodická oxidace
ČSN EN 12373-1	Metody pro specifikování dekorativních a ochranných anodických oxidových povlaků na hliníku
ČSN EN 12373-2	Stanovení plošné hmotnosti (povrchové hustoty) anodických oxidových povlaků - Gravimetrická metoda
ČSN EN 12373-3	Stanovení tloušťky anodických oxidových povlaků - Nedestruktivní měření mikroskopem s děleným svazkem paprsků
ČSN EN 12373-4	Odhad ztráty absorpční schopnosti anodických oxidových povlaků po utěsnění kapkovou zkouškou vybarvování po předchozí úpravě povlaku kyselinou
ČSN EN 12373-5	Posouzení jakosti utěsněných anodických oxidových povlaků měřením admitance
ČSN EN 12373-6	Posouzení jakosti utěsněných anodických oxidových povlaků měřením úbytku hmotnosti po ponoření do roztoku kyselina fosforečná/kyselina chromová bez předchozí úpravy povlaku kyselinou
ČSN EN 12373-7	Posouzení jakosti utěsněných anodických oxidových povlaků měřením úbytku hmotnosti po ponoření do roztoku kyselina fosforečná/kyselina chromová s předchozí úpravou povlaku kyselinou
ČSN EN 12373-8	Stanovení stálosti barevných anodických oxidových povlaků při působení ultrafialového záření a tepla
ČSN EN 12373-9	Stanovení odolnosti proti opotřebení a indexu opotřebení anodických oxidových povlaků zkušebním přístrojem s oděrovým kotoučem
ČSN EN 12373-10	Stanovení střední měrné odolnosti proti oděru anodických oxidových povlaků zkušebním zařízením s tryskáním abraziva
ČSN EN 12373-11	Měření zrcadlové odrazivosti a zrcadlového lesku anodických oxidových povlaků při úhlu 20°, 45°, 60° nebo 85°
ČSN EN 12373-12	Měření odrazových vlastností hliníkových povrchů s použitím přístrojů s integrační koulí
ČSN EN 12373-13	Měření odrazových vlastností hliníkových povrchů s použitím goniofotometru nebo jednoduchého goniofotometru
ČSN EN 12373-14	Vizuální stanovení ostroty zobrazení anodickými oxidovými povlaky - Grafická mřížková metoda
ČSN EN 12373-15	Stanovení odolnosti anodických oxidových povlaků proti praskání při deformaci

ČSN EN 12373-16	Kontrola souvislosti tenkých anodických oxidových povlaků - Zkouška síranem měďnatým
ČSN EN 12373-17	Stanovení elektrického průrazného napětí
ČSN EN 12373-18	System hodnocení bodové koroze - Grafická metoda
ČSN EN 12373-19	System hodnocení bodové koroze - Mřížková sčítací metoda
ČSN ISO 2085	Anodická oxidace hliníku a jeho slitin. Kontrola souvislosti tenkých povlaků. Zkouška síranem měďnatým
ČSN EN ISO 2360	Nevodivé povlaky na nemagnetických elektricky vodivých podkladech

8. ZÁVĚR

Anodická oxidace hliníku jako finální úprava představuje v dnešní době velmi perspektivní technologii povrchové úpravy, neboť se stále se zvyšujícím využíváním hliníkových slitin lze předpokládat i nárůst potřeby jejich povrchové ochrany.

Mezi ostatními povrchovými úpravami vyniká anodická oxidace zejména díky nízké ceně úpravy a relativně jednoduchému technickému vybavení procesu.

Bakalářská práce byla zaměřena na popis metody anodické oxidace hliníku a jejího využití jako povrchové úpravy sportovního vybavení. Z teoretického studia i praktického používání vyplynuli tyto skutečnosti o anodické oxidaci:

- vrstva propůjčuje materiálu vysokou povrchovou tvrdost (až 300 HV dekorativní eloxování, až 800 HV tvrdé eloxování), ořezuvzdornost a odolnost vůči korozi v neutrálním prostředí (pH 6,5 až 8),
- pórovitou strukturou povrchu získá součást zvýšenou schopnost absorpce lubrikantů a lepší přilnavost,
- vrstva je elektricky nevodivá a tedy vhodná pro úpravu hliníkových chladičů elektrických součástí,
- možnost zbarvení povrchu v široké škále barevných odstínů zvyšuje atraktivitu výrobku,
- barevná úprava tmavými odstíny vhodná pro použití jako povrchové úpravy hliníkových součástí optických přístrojů nebo ploch chladičů,
- barevná povrchová vrstva je časově velmi stálá (nedochází k odlupování vrstvy nebo změně odstínu,)
- v případě nutnosti opravy poškozené vrstvy součásti nelze opravit pouze poškozené místo,
- anodizační proces je šetrný k životnímu prostředí, neboť pouze posiluje přirozenou vrstvu a neprodukuje tak žádné těžké kovy nebo jiné škodlivé vedlejší produkty, likvidace odpadních vod a zbytků lázní spočívá v neutralizaci a sedimentaci kalů, které lze ekologicky zlikvidovat.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KREIBICH, V., *Příčiny a důsledky nevhodných aplikací povrchových úprav*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 2004. 29s.
- [2] OSTRÁ, V., ROZMÁNEK, M., *Tvrdá anodická oxidace hliníku a jeho slitin* [PDF dokument]. 2008, Dostupné z <<http://www.povrchari.cz/>>
- [3] KREISLOVÁ, K., *Přehled metod měření tloušťky povlaků*. 1.vyd. Praha: Český normalizační institut, 2008. 42s. ISBN 978-80-7283-251-4
- [4] MOHYLA, M., *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB – TUO, 2006. 150s. ISBN 80-248-1217-7
- [5] VÁLA, J., *Anodická oxidace (Struktura a růst vrstvy)* [online]. 3.2.2009 [citováno 25-5-2009]. Dostupné z: <<http://www.lakovna.cz/anodicka-oxidace-struktura-a-rust-vrstvy.html>>
- [6] *Technologický postup dekorativního oxidování v lázních rogal* [online]. Vydáno: 27.2.2007 [citováno 25-5-2009]. Dostupné z: <<http://www.ekochemppu.cz/dekorativ.html>>
- [7] *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* [online], Vydáno: 2009 [citováno 25-5-2009]. Dostupné z: <<http://www.cni.cz>>
- [8] *SurTec ČR s.r.o.* [online]. Vydáno: 2009 [cit. 25-5-2009]. Dostupné z: <<http://www.surtec.cz>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
η	stupeň účinnosti lázně (0,6 – 0,7)	[-]
I	hodnota stejnosměrného proudu	[A]
t	doba anodické oxidace	[min]
s	plocha anodizovaného produktu	[dm ²]
Al	hliník	[-]
Cu	měď	[-]
Co	kobalt	[-]
Cr	chrom	[-]
F	fluor	[-]
Fe	železo	[-]
H	vodík	[-]
Mg	hořčík	[-]
Mn	mangan	[-]
Ni	nikl	[-]
Se	selen	[-]
Si	křemík	[-]
Ti	titan	[-]
OH ⁻	hydroxylový iont	[-]
Al ₂ O ₃	oxid hlinitý	[-]
AlOOH	böhmit (monohydrát oxidu hlinitého)	[-]
Al(OH) ₃	hydroxid hlinitý	[-]
NaOH	hydroxid sodný	[-]
CuSO ₄	síran měďnatý	[-]
Cu(NO ₃) ₂	dusičnan měďnatý	[-]
H ₂ O	voda (čistá)	[-]
H ₂ SO ₄	kyselina sírová	[-]
H ₃ PO ₄	kyselina fosforečná	[-]
HNO ₃	kyselina dusičná	[-]
HNO ₃	kyselina dusičná	[-]
H ₂ CrO ₄	kyselina chromová	[-]

SEZNAM PŘÍLOH

1x CD
1x licenční smlouva
1x soubor metadat