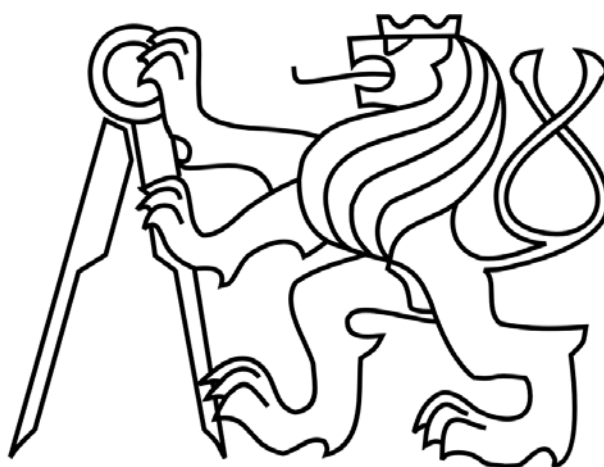


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

---



# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Tvrdé eloxování**

Hard anodizing

Vypracoval: Bc. Martin PAPÍK  
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Viktor KREIBICH, CSc.

---

Praha 2015



ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Bc. Martina PAPÍKA**

Program: Strojní inženýrství

Obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Název: Tvrdé eloxování

Název anglicky: Hard anodizing

### Zásady pro vypracování:

1. Rozbor sledované problematiky
2. Návrh eloxační linky pro kontaktní plochy tělesa žehličky
3. Technicko-ekonomické zhodnocení

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

Konzultant: Ing. Petr Drašnar

Datum zadání diplomové práce: 10. 4. 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 19. 6. 2015

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

*Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou nebo bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové nebo bakalářské práci.*

Zadání diplomové práce převzal dne: 4.5.2015

Student

Vedoucí ústavu



Děkan

V Praze

dne 8. 4. 2015

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr navazujícího magisterského studia, oboru Výrobní a materiálové inženýrství na FAKULTĚ STROJNÍ ČVUT v Praze.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením určeného vedoucího a konzultanta diplomové práce, s využitím literárních pramenů, které jsou uvedeny v závěru práce. Diplomovou práci jsem zpracoval v souladu se všemi nařízeními a předpisy platnými pro vypracování diplomové práce.

V Divišově dne 10.04.2015

-----  
Martin Papík

## **Abstrakt**

PAPÍK Martin, Bc.: Tvrdé eloxování

Předložená diplomová práce se zabývá tvrdou anodickou oxidací hliníku a jeho slitin. Práce se skládá ze tří částí. První z nich je zaměřena na bližší seznámení se s vlastním procesem anodické oxidace obecně, a později na detailní popis technologického postupu tvrdé anodické oxidace. Druhá část je zaměřena více prakticky. Klade si za cíl navrhnout výrobní linku pro tvrdou anodickou oxidaci konkrétního výrobku. Třetí část obsahuje technicko-ekonomické zhodnocení výrobního procesu a vytváření tvrdé anodické vrstvy.

## **Abstract**

PAPÍK Martin, B.Sc.: Hard anodizing

The present thesis deals with a hard anodic oxidation of aluminum and its alloys. The thesis consists of three parts. The first one is focused on detailed description of anodic oxidation process generally and later detailed description of technological process of hard anodic oxidation. The second part is more practically oriented. It aims to design a production line for hard anodic oxidation of a particular product. The third part is focused on the technical and economic evaluation of the production process and building of a hard anodic layer.

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. V. Kreibichovi za podporu, cenné rady a pomoc při řešení problémů s diplomovou prací, Ing. P. Drašnarovi za poskytnuté konzultace a cenné rady. Dále děkuji panu Ing. P. Zikmundovi za materiálovou analýzu vzorku kontaktní plochy žehličky a panu prof. Ing. L. Samkovi, DrSc. z Ústavu Fyziky, Fakulty Strojní, ČVUT v Praze za poskytnuté konzultace a cenné rady.

## **Klíčová slova**

Tvrdá anodická oxidace  
Eloxování  
Anodická oxidace  
Hliník a jeho slitiny  
Povrchová úprava

Hard anodizing  
Elox  
Anodic oxidation  
Aluminum and its alloys  
Surface modification



## Použité zkratky a jednotky

Označení	Legenda	Jednotka
$\eta$	Stupeň účinnosti lázně	[-]
U	Hodnota stejnosměrného napětí	[V]
I	Hodnota stejnosměrného proudu	[A]
I	Proudová hustota	[A.dm <sup>-2</sup> . dm <sup>2</sup> ]
G	Hodnota stejnosměrného proudu	[A]
W	Hodnota střídavého proudu	[A]
S	Kyselina sírová (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	[-]
X	Kyselina šťavelová (COOH) <sub>2</sub>	[-]
SX	Kombinace (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + (COOH) <sub>2</sub> )	[-]
m	Množství vyloučené látky	[g]
M	Molární hmotnost	[g.mol <sup>-1</sup> ]
n	Mocnoství kovového kationtu v lázni	[-]
F	Faradayova konstanta	[C.mol <sup>-1</sup> ]
t	Čas	[s], [min]
H	Tloušťka vyloučené vrstvy	[mm]
S	Plocha oxidovaných povrchů	[dm <sup>2</sup> ]
Al	Hliník	[-]
Cu	Měď	[-]
Fe	Železo	[-]
Si	Křemík	[-]
Mg	Hořčík	[-]
Mn	Mangan	[-]
Cr	Chrom	[-]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid hlinitý	[-]
Al(OH) <sub>3</sub>	Hydroxid hlinitý	[-]
(Al <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> x H <sub>2</sub> O)	Böhmit	[-]
(Al <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> x 3H <sub>2</sub> O)	Bayerit	[-]
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Síran sodný	[-]
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Kyselina boritá	[-]
H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Kyselina chromová	[-]
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Kyselina fosforečná	[-]
HNO <sub>3</sub>	Kyselina dusičná	[-]
PTFE	Polytetrafluoretylen	[-]
BAT	Best Available Techniques (nejlepší dostupné techniky) – nejúčinnější a nejpokročilejší stadium vývoje technologií a činností a způsobů jejich provozování, které ukazují praktickou vhodnost určitých technik navržených k předcházení, a pokud to není možné, tak k omezování emisí a jejich dopadů na životní prostředí. § 2 písm. e) zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci.	
BREF	Reference Document on Best Available Techniques (referenční dokument o nejlepších dostupných technikách) - uvádí informace o evropských nejlepších dostupných technikách. BREFy jsou zpracovávány pro jednotlivá průmyslová odvětví a obsahují údaje o průmyslových procesech, používaných technikách, emisních limitech používaných v členských zemích EU, prioritních materiálových tocích a monitoringu. Základem každého dokumentu BREF je popis BAT a informace o budoucích BAT.	

Chemikálie	Hustota (při 20°C)	Měrná tepelná kapacita
Voda	$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$c_p = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
40% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$\rho = 1303 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$c_p = 1417 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
ROGAL 5	$\rho \approx 1171 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$c_p \approx 3380 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$



## Obsah

Úvod .....	1
1. Anodická oxidace hliníku .....	2
1.1. Teorie vytváření oxidické vrstvy .....	8
1.2. Vhodnost hliníkových slitin k anodické oxidaci .....	14
1.3. Tvrdá anodizace .....	17
1.4. Předúprava povrchů .....	20
1.5. Odmaštění .....	21
1.6. Moření .....	23
1.7. Leštění (chemické a elektrolytické) .....	25
1.8. Vyjasnění .....	26
1.9. Barvení .....	26
1.10. Utěšňování .....	28
1.11. Modifikace vlastností vrstvy Teflonem® .....	30
2. Návrh eloxační linky pro kontaktní plochy tělesa žehličky .....	33
2.1. Výpočet základních parametrů pro tvrdou anodickou oxidaci .....	36
2.2. Návrh výrobní linky a podpůrných systémů .....	40
2.2.1. Výrobní kapacita a kapacita lázní eloxační linky .....	40
2.2.2. Příprava provozních lázní .....	41
2.2.3. Popis eloxační linky a popis technologického procesu .....	42
2.2.4. Technologický postup tvrdé anodické oxidace bez utěšnění a s impregnací .....	44
2.2.5. Základní skladba technologického zařízení: .....	45
3. Ekonomické zhodnocení .....	58
4. Závěr .....	63
5. Použité literární zdroje .....	64
6. Kontakty .....	67
7. Přehled obrázků .....	69
8. Přehled tabulek .....	70
9. Přílohy .....	71
9.1. Technický list lázně ROGAL 5 .....	71
9.2. Technický list lázně ROGAL 18 .....	73
9.3. Technický list lázně ROGAL 19 .....	75
9.4. Technický list lázně ROGAL 21 .....	77
9.5. Technický list lázně ROGAL 32 .....	79
9.6. Bezpečnostní list lázně 3M Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ. ....	81
9.7. Technický list lázně 3M Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ. ....	93

## Úvod

Povrchové úpravy jsou oborem technologie zabývající se úpravou povrchu a vytvářením ochranných povlaků na hutních polotovarech a na výrobcích strojního průmyslu. Kovovými nebo nekovovými povlaky se brání korozi a prodlužuje se doba životnosti strojních součástí. Některé povlaky dávají výrobkům vlastnosti, které mohou být velmi rozdílné od vlastností původního materiálu. Mimo ochranných a mechanických vlastností povrchové úpravy zajišťují také estetický vzhled výrobků.

Ve své diplomové práci, částečně vycházející ze semestrálních projektů, jsem chtěl shrnout poznatky o tvrdé anodické oxidaci hliníku, přípravě oxidické vrstvy a jejím využití.

První kapitola této práce je úvodem do problematiky tvrdé anodické oxidace. Nejprve bych se chtěl zmínit o principu vzniku vrstvy, její přípravě, vlastnostech a jejím využití.

Druhá kapitola se zabývá návrhem technologické linky a procesů potřebných k povrchové úpravě polotovarů kontaktních ploch metodou tvrdé anodické oxidace.

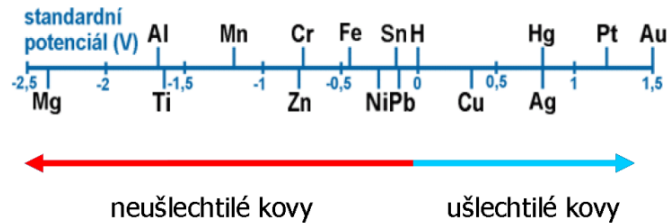
Ve třetí kapitole se pokusím shrnout technickoekonomické aspekty vlastní technologie a výrobní linky.

## 1. Anodická oxidace hliníku

Hliník a jeho slitiny jsou poměrně mladým kovem. Teprve v roce 1886 se nezávisle na sobě podařilo francouzskému metalurgovi Paulu Louisovi Héraultovi a Američanu Charlesi Martinovi Hallovi vynalézt způsob průmyslové výroby hliníku s využitím elektrolýzy. Tento způsob je dodnes využíván pro výrobu hliníku o komerční čistotě. Hliník je v konstrukční praxi nejpoužívanějším neželezným kovem. Neexistuje oblast průmyslu či každodenního života, kde bychom se nesešli s výrobky z hliníku a jeho slitin. Jeho výhodné vlastnosti, resp. výhodné vlastnosti jeho slitin (nízká hmotnost, dobrá tepelná a elektrická vodivost, korozní odolnost, možnost dobrého tváření za tepla i studena), tak i vlastnosti negativní (např. nízká pevnost a ořezuvzdornost) lze dále zlepšovat (např. tepelným zpracováním, legováním, povrchovými úpravami).

Anodizace znamená anodickou oxidaci, ELOX značí elektrolytickou oxidaci hliníkových součástí. Oba pojmy označují stejnou metodu povrchové úpravy hliníku. Neupravené hliníkové součásti vytváří na svém povrchu vlivem atmosféry přírodní oxidickou vrstvu. Tato přírodní oxidická vrstva propůjčuje hliníku za normálních klimatických podmínek relativně vysokou odolnost proti korozi. Přirozená oxidická vrstva je velmi slabá. Po několika sekundách vznikne na chemicky vyčištěném povrchu hliníku vrstvička silná asi  $0,001\ \mu\text{m}$ , po jednom dni  $0,003$  až  $0,005\ \mu\text{m}$  a po několika měsících  $0,1$  až  $0,5\ \mu\text{m}$  [1]. Za přítomnosti vlhkosti dochází ve vnější části oxidické vrstvy k hydrataci a oxid se zformuje na hydroxid  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Výsledné oxidické vrstvy nejsou dekorativní, nemají velkou tvrdost a snadno se proto poškodí mechanicky, nebo vlivem atmosférických podmínek.

Vzhledem k tomu, že hliník patří k méně ušlechtilým kovům (jeho potenciál je  $-1,69\text{ V}$ ), nutně potřebuje ochranu proti korozi.



Obr.1 – Standardní elektroodové potenciály ( $Al = -1,69\text{ V}$ )

Požadované ochrany lze dosáhnout právě pomocí elektrolytické oxidace. Při procesu eloxování se na povrchu hliníku a jeho slitin vytváří ve vhodných lázních vrstva keramického oxidu hlinitého  $\text{Al}_2\text{O}_3$  působením stejnosměrného proudu. Používají se i metody využívající střídavý proud, ale vzhledem k tomu, že při použití střídavého proudu se vytvářejí měkčí a pružnější vrstvy, jsou tyto metody využívány okrajově. Je známa řada technologií i lázní a to na bázi kyseliny šřavelové, borité, chromové, ematalu, ale nejdůležitější a zároveň nejpoužívanější technologie je založena na použití kyseliny sírové [2]. Rozeznáváme řadu způsobů anodické oxidace, např.:

a) Anodická oxidace v roztoku kyseliny borité. Kyselina boritá nerozpouští vznikající oxidickou vrstvu, a proto se při anodické oxidaci utvoří jen velmi tenká a bezpórovitá vrstva. Tohoto způsobu se používá jen při výrobě kondenzátorů, kde je vyžadován tenký povlak s velmi vysokým elektrickým odporem.

b) Anodická oxidace v roztoku Ematal. Ematalem, nebo také metodou smaltu je nazýváno použití roztoku kyseliny šřavelové s přidavkem titanových solí, které se při oxidaci usazují v pórech vrstvy. Oxidický povlak je velmi tvrdý a extrémně odolný proti otěru, protože má v pórech usazeny titanové soli. Povrch má nekovový vzhled, je matný, bílý až šedý.

c) Anodická oxidace v roztoku kyseliny šťavelové. Dnes se již prakticky nepoužívá a nahrazuje se oxidací v kyselině sírové. Roztok kyseliny šťavelové se používal tam, kde byla požadovaná tvrdá a tlustá vrstva dobře odolná proti otěru. Barva byla nažloutlá až temně žlutá. Používal se stejnosměrný i střídavý proud. Byla využívána z důvodu tvorby vrstvy s velkým elektrickým odporem.

d) Anodická oxidace v chromových roztocích. Používá se velice zřídka. Je nutno použít vyšší napětí než při oxidaci v kyselině sírové a také je nutno oxidovat mnohem déle. Povlak je mléčně naředlý, tenký a málo odolný proti otěru. Tvrdost a barvitelnost vrstvy jsou menší než u použití kyseliny sírové, zato je ale mnohem lepší ochrana proti korozi, neboť zbytky nevypláchnuté chromové lázně nepoškozují vrstvu, ale naopak po zaschnutí slouží jako ochranný povlak. To je výhodné zejména u výrobků složitých tvarů a u předmětů s malými dutinami nebo póry. Těchto lázní se používá, jak již bylo řečeno, omezeně, ale když už, tak zejména v leteckém průmyslu.

e) Anodická oxidace v roztoku kyselého síranu sodného. Někdy se používá místo úpravy v kyselině sírové a to tehdy, nelze-li dosáhnout dostatečně chladné lázně. Vhodné průhledné vrstvy je totiž možno dosáhnout při vyšší teplotě než u kyseliny sírové. Pracuje se nejčastěji se stejnosměrným proudem, ale lze využít i střídavý. Vzhledem k tomu, že vytvořená vrstva je vždy velice pórovitá, měkká, tenká a málo odolná proti korozi, lze ji použít jen tam, kde nejsou vysoké nároky na jakost povrchové úpravy.

f) Anodická oxidace v roztoku kyseliny sírové s pomocí střídavého proudu. Je poměrně rozšířena, ale hodí se jen pro předměty málo korozně namáhané. Dává většinou průhledné nebo lehce mléčně zbarvené vrstvy. Vrstvy jsou pórovité a poměrně měkké a pružné. Nesnesou velké mechanické namáhání. Dobře se barví.

g) Anodická oxidace v roztoku kyseliny sírové s pomocí stejnosměrného proudu. Nejčastější použití, zejména tam, kde je potřeba ochrany proti povětrnostním vlivům. Používá se ho pro ozdobnou úpravu i pro ochranu chemicky nebo elektrochemicky leštěných povrchů, které se obvykle ještě vybarvují. Získávají se průhledné až mléčně zbarvené povlaky, největší tloušťky cca 10 $\mu\text{m}$  (některé zdroje uvádějí až 20 $\mu\text{m}$  [2]).

h) Tvrdá anodická oxidace. Je obměnou anodické oxidace v kyselině sírové. Budu se jí zabývat podrobněji v další části práce.

V zásadě rozeznáváme několik postupů anodické oxidace, viz (Tab.1).

Tab.1- Varianty anodické oxidace

Postup	Tloušťka vrstvy v $\mu\text{m}$	Barva oxidické vrstvy	Oblasti použití
Standardní postup GS+GSX	5-10	bezbarvá	stavebnictví, domácí spotřebiče, nábytek
Standardní postup GS+GSX - organicky barveno	5-10	barevná	stavebnictví, domácí spotřebiče, nábytek, bytová architektura
Standardní postup GS+GSX - elektrolyticky barveno v elektrolytu cínu (dvojstupňová metoda)	5-10	světle bronzová až černá	stavebnictví, domácí spotřebiče, nábytek, bytová architektura
Standardní postup + zvláštní stupeň, např. Spektro-Color-metoda elektrolyticky barveno v elektrolytu cínu (dvojstupňový postup)	5-10	světle bronzová až černá + zelené, modré, šedivé, žluté a červené odstíny	stavebnictví, domácí spotřebiče, nábytek, bytová architektura
Tvrdá anodizace	25-200	bezbarvá až šedá	strojírenství, automobilový a letecký průmysl
Pásová anodizace	0.2-25	bezbarvá	bytová architektura, elektroprůmysl



- G ... stejnosměrný proud  
 W ... střídavý proud  
 S ... kyselina sírová (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
 X ... kyselina šťavelová (COOH)<sub>2</sub>  
 SX ... kombinace (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + (COOH)<sub>2</sub>)

Tyto různé varianty umožňují přípravu oxidických vrstev s velmi rozdílnými vlastnostmi, například:

- rozdíly v tloušťce vrstvy
- čiré, průhledné vrstvy
- barevné vrstvy vytvořené vlastním zabarvením oxidické vrstvy
- barevné vrstvy vytvořené barvením
- vrstvy s přidavkem různých částic

a mnoho dalších.

*Tab.2 - Zkoušky znaků jakosti anodických oxidových povlaků, jak jsou definovány v jednotlivých ČSN*

Znaky jakosti	České technické normy
<b>Vzhled, barva a textura povrchu</b>	ČSN EN 12373-1
<b>Plošná hmotnost (povrchová hustota) anodických oxidových povlaků</b> -gravimetrická metoda	ČSN EN 12373-2
<b>Tloušťka anodických oxidových povlaku</b> -nedestruktivní měření mikroskopem s děleným svazkem paprsků -nedestruktivní měření metodou vířivých proudů -mikroskopické hodnocení příčného řezu	ČSN EN 12373-3 ČSN EN ISO 2360 ČSN EN ISO 1463
<b>Ztráta absorpční schopnosti anodických oxidových povlaků po utěsnění</b>	ČSN EN 12373-4
<b>Jakost utěsnění anodických oxidových povlaků</b> -měřením admitance -měřením úbytku hm. bez předchozí úpravy povlaku kyselinou -měřením úbytku hm. s předchozí úpravou povlaku kyselinou	ČSN EN 12373-5 ČSN EN 12373-6 ČSN EN 12373-7

Tab.2 - Zkoušky znaků jakosti anodických oxidových povlaků, jak jsou definovány v jednotlivých ČS, pokračování

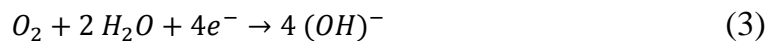
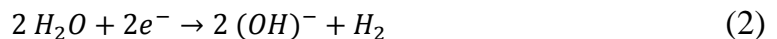
Znaky jakosti	České technické normy
<b>Stálost barevných povlaků při působení ultrafialového záření a tepla</b>	ČSN EN 12373-8
<b>Odolnost proti opotřebení a indexu opotřebení anodických oxidových povlaků</b> -zkušebním přístrojem s oděrovým kotoučem -tryskáním abraziva	ČSN EN 12373-9 ČSN EN 12373-10
<b>Světelné odrazivostní vlastnosti anodických oxidových povlaků</b> -zrcadlová odrazivost a zrcadlový lesk při úhlu 20°. 45°. 60° nebo 85° -celková odrazivost -zrcadlová odrazivost s použitím goniofotometru -ostrost obrazu	ČSN EN 12373-11 ČSN EN 12373-12 ČSN EN 12373-13 ČSN EN 12373-14
<b>Odolnost anodických oxidových povlaků proti praskání při deformaci</b>	ČSN EN 12373-15
<b>Souvislost tenkých anodických oxidových povlaků</b>	ČSN EN 12373-16
<b>Elektrické průrazné napětí</b>	ČSN EN 12373-17
<b>Odolnost proti korozi</b> -hodnocení bodové koroze grafickou metodou -hodnocení bodové koroze mřížkovou sčítací metodou	ČSN EN ISO 9227 ČSN EN 12373-18 ČSN EN 12373-19

## 1.1. Teorie vytváření oxidické vrstvy.

Během procesu anodizace je na katodě redukován vodík, který odchází ve formě bublinek. Na anodě (oxidovaném výrobku) probíhají složitější procesy oxidace hliníku. Hlavní reakcí při oxidaci hliníku je tvorba jeho trojmocného kationtu, dle rovnice (1):



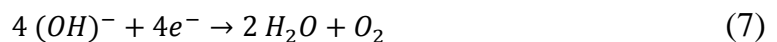
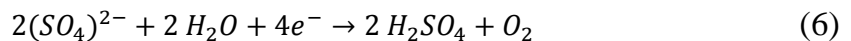
Přestože anodizace hliníku byla široce zkoumána [4,5,9,10], doposud není jasné, který z aniontů, zda  $O^{2-}$  nebo  $OH^{-}$ , reaguje na povrchu součásti s kationty hliníku  $Al^{3+}$  za vzniku oxidu hlinitého ( $Al_2O_3$ ). Na katodě pak dochází ke vzniku hydroxidového aniontu ( $OH^{-}$ ) podle reakce (2 a 3)



Vlivem průchodu stejnosměrného elektrického proudu lázní dochází k disociaci roztoku tvořeného  $H_2O$  a 10-27 hm.%  $H_2SO_4$ , dle rovnice (4 a 5)

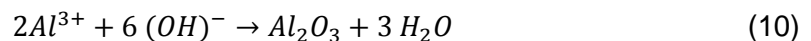


Kladné a záporné ionty jsou přitahovány anodou a katodou, kde přenechávají svůj náboj a vylučují se zpět ve formě molekul  $H_2SO_4$  (6),  $H_2O$  (7) a bublin plynu  $O_2$  (6, 7) a  $H_2$  (8)

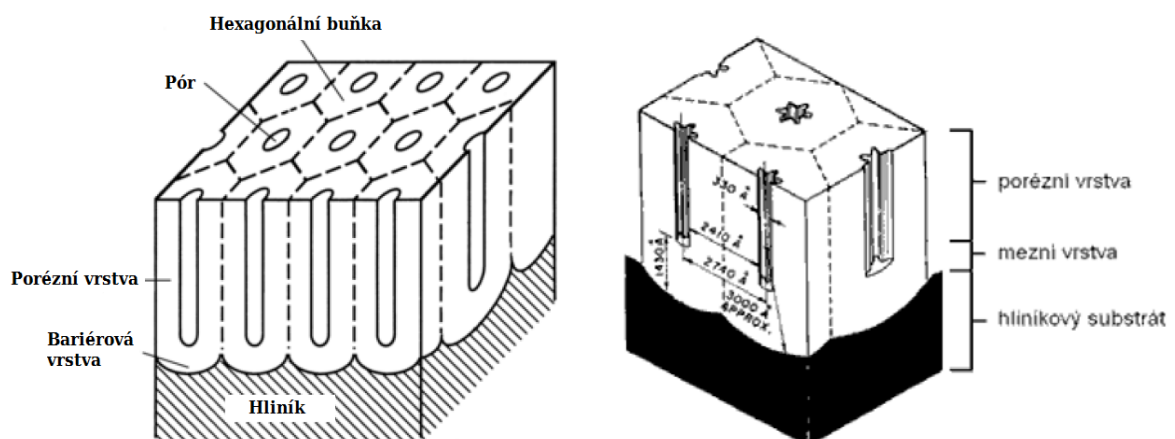


Na rozhraní oxidu s elektrolytem tak dochází ke vzniku  $O^{2-}$  ve formě plynu pomocí jednoduchého rozpadu molekuly vody nebo vzájemnou interakcí s absorbovaným

aniontem ( $Al^{3+}$ ) v elektrolytu. Dále zde může také docházet ke vzniku hydroxidových iontů ( $OH^-$ ). Na anodě, tj. povrchu anodizované součásti, dochází k oxidaci hliníku, za vzniku oxidu hlinitého, a to buď oxidací přímou, nebo přes složitější soustavu reakcí přes hydroxidové anionty. V druhém uvedeném případě má hydroxid hlinitý vynikající elektroizolační vlastnosti, které zabraňují průchodu elektrického proudu. Při dalším průchodu elektrického proudu pak dochází k zahřátí a dehydrataci takto vytvořené vrstvy, za vzniku  $Al_2O_3$  (9 a 10)



Pro kyselé elektrolyty (např. roztoky s kyselinami sírovou, fosforečnou nebo šťavelovou) je typická tvorba oxidu  $Al_2O_3$  na rozhraní kov-oxid. Vznik a růst oxidické vrstvy, je dán migrací iontů obsahující kyslík  $O^{2-}$  a  $OH^-$  z elektrolytu do vrstvy již vzniklého oxidu a zároveň migrací iontů  $Al^{3+}$  směrem ze základního materiálu do elektrolytu rovněž přes takto vytvořenou vrstvu. Na základě experimentálních prací již bylo zjištěno, že pouze nepatrná část kationtů hliníku se podílí na tvorbě oxidu na rozhraní kov-oxid nebo oxid-elektrolyt. Jejich zbylá majoritní část je pak volně extrahována do elektrolytu nebo vyredukována na katodě.



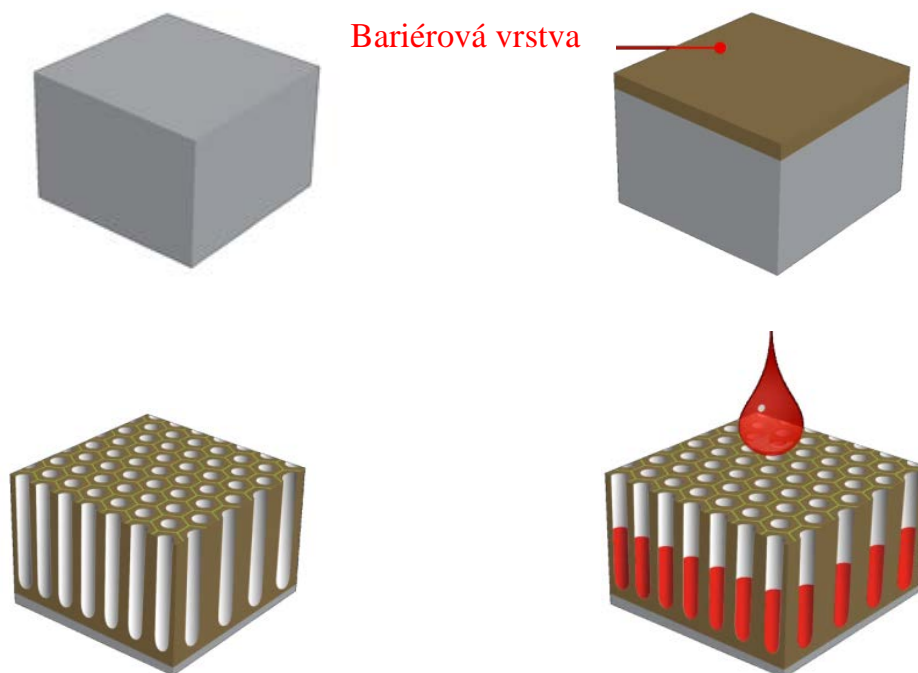
Obr.2, Obr3. – Model růstu oxidické vrstvy podle Keller – Hunter [5]

Vrstvy vytvořené během anodické oxidace se skládají z jedné prakticky bezpórovité, dielektrické izolační vrstvy (bariérové vrstvy) a na ní jemně pórovité krycí vrstvy. Tato krycí vrstva se vytváří z izolační vrstvy při procesu zpětného rozpouštění v elektrolytu. Izolační vrstva se zpětně obnovuje při přeměně hliníku na oxid hlinitý se stejnou rychlostí, s jakou se z ní vytváří krycí vrstva. Vnější strana je kvůli celkové době anodické oxidace vystavena volnému působení elektrolytu. Při vytváření hydroxidů se postupně rozptyluje a rozpouští. To je ten důvod, proč vrstvy vytvořené anodickou oxidací při každém postupu dosáhnou pouze jedné specifické, konečné tloušťky. Krycí vrstvy se skládají ze svazečků, které jsou uspořádány svisle ke kovovému povrchu. Vnější plášť vláken je z oxidu hlinitého, který se pozvolna dostává do vnitřní části. Nejčastěji používaný model pro vytváření vrstev je model podle Keller - Hunter [4]. Na (Obr.2 a Obr.3) je základní forma tohoto modelu.

Jak již bylo uvedeno výše, oxidická vrstva je tvořena z bezpórovité tenké bariérové vrstvy na rozhraní s kovem a postupně rostoucí podstatně silnější pórovité vrstvy  $Al_2O_3$  na povrchu. Jednotlivé buňky této vrstvy mají hexagonální tvar. Jejich tloušťka je velice závislá na použité technologii anodické oxidace a pohybuje se v rozmezí 5÷20  $\mu m$  u dekoračních vrstev, a až 300  $\mu m$  u tvrdých vrstev [1]. Velikost mikro pórů ve vrstvě  $Al_2O_3$  je závislá na parametrech eloxování a použité lázni (Tab.3. [18]). Poměr délky pórů ku průměru pórů se pohybuje od 250 do 1000:1). Pórovitost vrstvy má podstatný vliv především na operace praní i utěšňování a má zásadní vliv na vybarvování vrstvy.

Tab.3 - Velikost vytvořených pórů v závislosti na druhu elektrolytu [18]

Druh elektrolytu	$H_2SO_4$	$H_3PO_4$	$H_2C_2O_4$
Průměr pórů [nm]	22±5	111±12	67±8



Obr.4 – Model vytváření pórovité struktury a princip vybarvování

Oxidická vrstva je výsledkem rovnovážného stavu mezi tvorbou vrstvy a jejím zpětným rozkladem. Tento stav je ovlivněn typem elektrolytu, teplotou lázně, dobou anodizace a proudovou hustotou. Chemické reakce na povrchu substrátu probíhají podle Faradayova zákona.

$$m = \frac{M}{n \cdot F} \cdot I \cdot t \quad (11)$$

$m$  - množství vyloučené látky na  $1 \text{ m}^2$ , [g]

$M$ - molární hmotnost kovu, [ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ]

$n$  - mocenství kovového kationtu v lázni

$F$  - Faradayova konst. =  $9,648455 \cdot 10^4$ ,  $\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$

$I$  - proud, [A]

$t$  - čas, [s]

Tloušťka vytvořené vrstvy určuje odolnost anodické vrstvy proti korozi. Vytváří se v závislosti na proudové hustotě stejnosměrného proudu a době oxidace. Při procesu oxidace v kyselině sírové je možno tloušťku vypočítat podle vzorce (12) [1]

$$H = \frac{0,4 \cdot \eta \cdot t \cdot I}{S} \quad (12)$$

H – tloušťka vyloučené vrstvy, [mm]

S – plocha oxidovaných povrchů, [dm<sup>2</sup>]

t – doba oxidace [min]

I – proudová hustota a [A] nebo A · dm<sup>2</sup> · dm<sup>-2</sup>

η – stupeň anodické účinnosti (η=0,65)

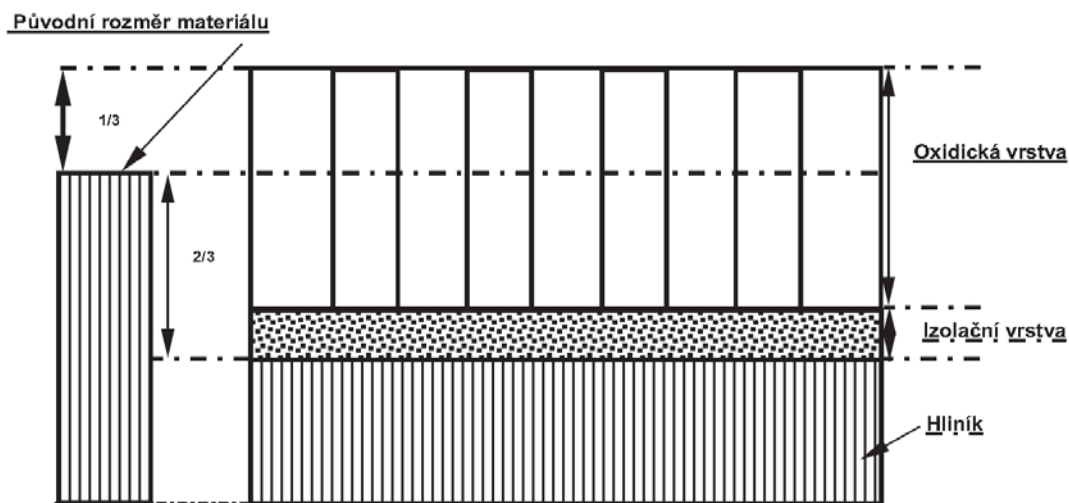
Z rovnice (12) lze vypočítat čas t, který potřebujeme pro vytvoření zvolené tloušťky povlaku,

$$t = \frac{H \cdot S}{0,4 \cdot \eta \cdot I} \quad (13)$$

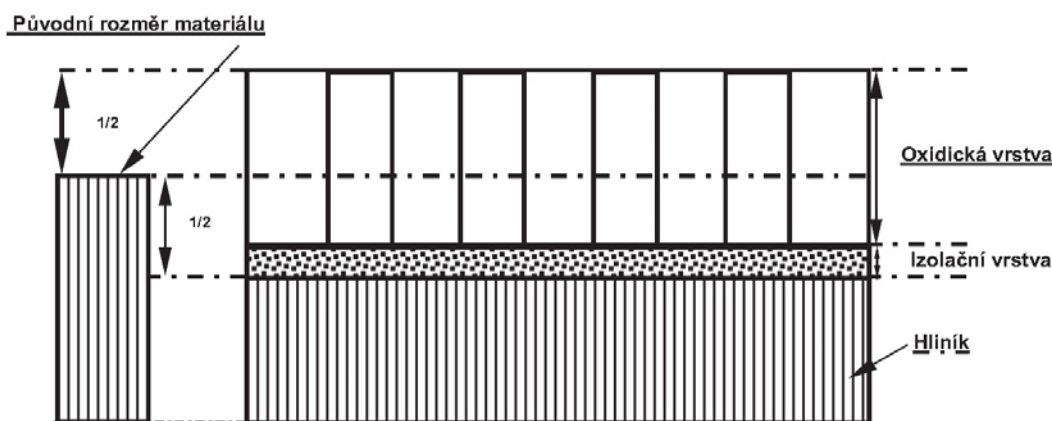
nebo potřebné proudové hustoty

$$I = \frac{H \cdot S}{0,4 \cdot \eta \cdot t} \quad (14)$$

Eloxování je konverzní povrchová úprava. Oxid hlinitý má větší objem než čistý hliník a proto roste vrstva Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i částečně nad původní rozměr součásti a to cca o 33 % (2/3 tloušťky vrstvy je konverzní, tedy do materiálu a 1/3 představuje nárůst rozměru). U tvrdého eloxování je poměr růstu 1:1. Oxidická vrstva je elektricky nevodivá a má dobré izolační vlastnosti (průrazné napětí tloušťky 1μm je 20 ÷ 40 V).



Obr.5 – Model konverzní vrstvy u dekorativního eloxování [1]

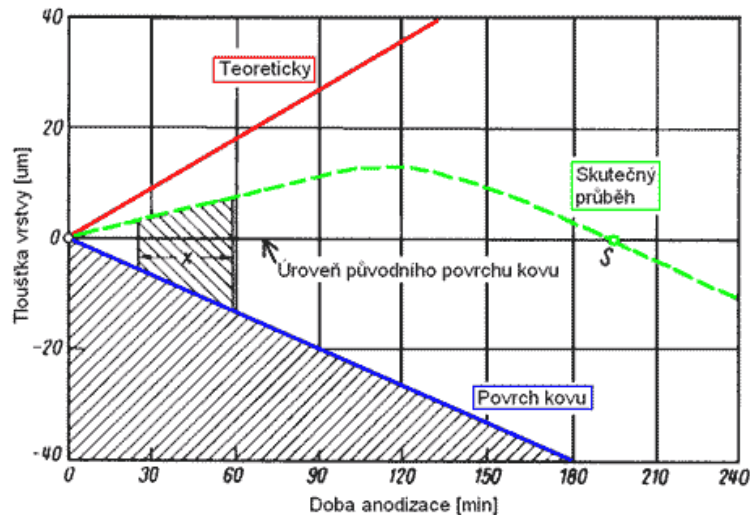


Obr.6 – Model konverzní vrstvy u „tvrdého“ eloxování

Růst vrstvy je funkcí materiálu substrátu (chemické složení, struktura), před úpravy povrchu a podmínek procesu anodizace (druh proudu, proudová hustota a složení, koncentrace a teplota lázně). Tloušťka vrstvy roste s rostoucím napětím a klesající teplotou lázně. Z grafického znázornění růstu vrstvy (Obr.7) je patrné, že vrstva roste jak nad rozměr, tak pod rozměr původního povrchu substrátu. V první fázi tloušťka vlastní vrstvy roste. Přibližně po 120 minutách dochází k zastavení dalšího růstu tloušťky vrstvy, která již zůstává konstantní. Po celou dobu anodizace dochází k pronikání chemických reakcí do větší hloubky substrátu a jeho postupnému úbytku. Při velmi dlouhých anodizacích se tak vrstva může dostat relativně hluboko pod původní úroveň povrchu. V praxi se proto anodizuje



nejčastěji do 60 min. - vzniklá vrstva plní svými vlastnostmi naše požadavky a současně z hlediska ekonomického jsou náklady na proces nižší (kratší čas, nižší spotřeba energie).



Obr.7 – Grafické znázornění růstu vrstvy (v roztoku  $H_2SO_4$  při proudové hustotě  $1,6 A \cdot dm^{-2}$ ) a přeměny substrátu s časem. Interval „x“ vymezuje oblast anodizace používané v technické praxi, bod „S“ označuje průsečík oxidické vrstvy s úrovní původního povrchu [11]

## 1.2. Vhodnost hliníkových slitin k anodické oxidaci

Vrstva vytvořená anodickou oxidací nevzniká nanášením dalšího materiálu, ale je vytvářena přímo ze základního kovu. U čistých hliníkových slitin nenastává problém, neboť hliník je základním předpokladem pro vytvoření vrstvy. Naprostá většina hliníkových slitin, které se eloxují, však obsahuje jeden nebo více slitinových kovů, které mohou ovlivnit celý proces vytváření vrstvy. Anodická oxidace vyhledávána především pro svou schopnost vybarvení vrstvy, jsou pak případné vlivy jednotlivých slitinových či přísadových kovů nejlépe poznat právě na optickém vzhladu eloxované vrstvy. Vlivem chemického složení eloxovaného materiálu se zabývá norma DIN 17611 (anodicky oxidované polotovary z hliníku a hliníkových slitin s tloušťkou vrstvy do nejméně  $10 \mu m$  - technické podmínky).

V (Tab.4) jsou vypsány nejdůležitější slitinové příměsi a jejich vlivy na vlastnosti vytvořené vrstvy. Problém u slitinových kovů nastává v případě, že se nedají přeměnit na oxidy – to je hlavní příčinou odlišného zbarvení vrstvy. Množství, velikost a forma distribuce cizorodých strukturálních součástí také ovlivňuje parametry vrstvy.

Tab.4 – Vliv slitinových příměsí na vlastnosti oxidických vrstev [6]

Slitinová příměs	Účinky na vytvoření a vlastnosti oxidických vrstev
Hořčík (Mg)	MgO má podobný index lomu (1.749) jako oxid hlinitý (1.69) až do obsahu do cca 3 % → čiré bezbarvé oxidické vrstvy při > % Mg → zakalení oxidické vrstvy malý vliv na tvrdost vrstvy
Mangan (Mn)	již u podílu od 0.1 do 0.3 % → nažloutlý vzhled až do 1 % → šedivé, hnědé a zčásti prošedivělé oxidické vrstvy
Křemík (Si)	0.7 % šedivé zbarvení, u čistého hliníku s nízkým stupněm čistoty se může objevit zakalení oxidické vrstvy se stoupajícím obsahem křemíku se stává tmavé zbarvení intenzivnější a při obsahu od > 10 % může dojít k tmavě šedivému až černému zbarvení oxidické vrstvy
Měď (Cu)	< 0.2 % → čiré protikorozi oxidické vrstvy > 0.2 % → měkké oxidické vrstvy se špatnými protikorozi vlastnostmi, šedivým/hnědým zbarvením > 2.0 % → pórovité vrstvy, které se nedají dobře utěsnit
Zinek (Zn)	< 5 % → žádné podstatné narušení oxidické vrstvy (nepatrně snížena tvrdost)
Železo (Fe)	> 0.5 % → zakalení oxidické vrstvy
Chrom (Cr)	> 0.1 % → zažloutnutí oxidické vrstvy

Na základě rozboru chemického složení pomocí ručního rentgenového přístroje Olympus Innov X [19] bylo zjištěno, že materiál, z něhož je žehlicí plocha vyrobena je hliník třídy č.5000, konkrétně č.5042.



Obr.8 – Ruční rentgenový analyzátor Olympus Innov X (výrobce OLYMPUS) dodavatel [19]

Chemické složení slitiny hliníku (hmotnostní % prvků) je uvedeno v Tab.5.

Tab.5 - Chemické složení slitiny hliníku 5042, žehličí plochy [6]

Stupeň (označení)			Složení, hmotnostní%						
Hliník Přiřazení ke skupině	UNS No.	ISO No. R209	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni
5042	A95042	...	0.20	0.35	0.15	0.20- 0.50	3.0 - 4.0	0.10	...

Složení, hmotnostní%							
Zn	Ga	V	Specifikované jiné prvky	Ti	Nespecifikované jiné prvky		Al, minimální množství
					Každý	Celkem	
0.25	...	...	...	0.10	0.05	0.15	rem

Podle analýzy chemického složení má slitina žehličí plochy následující obsah slitinových prvků: 2,62 % Mg, 0,19 % Mn, 0,13 % Fe.

Tab.6 - Vhodnost slitin hliníku pro anodickou oxidaci [1]

Vhodné pro anodickou oxidaci – smíšené slitiny			
Slitina	Odolnost proti korozi	Dekoratívni vzhled	Kvalita lesku
Al99.8	•••	•••	••• do ••
Al99.7	•••	•••	••• do ••
Al99.5	•••	•••	••• do ••
Al99	•••	••	••
AlMn1	•••	-	•
AlMg1	•••	•••	•••
AlMn3	•••	•••	••
AlMg2Mn0.8	•••	•	••

Tab.6 - Vhodnost slitin hliníku pro anodickou oxidaci, pokračování [1]

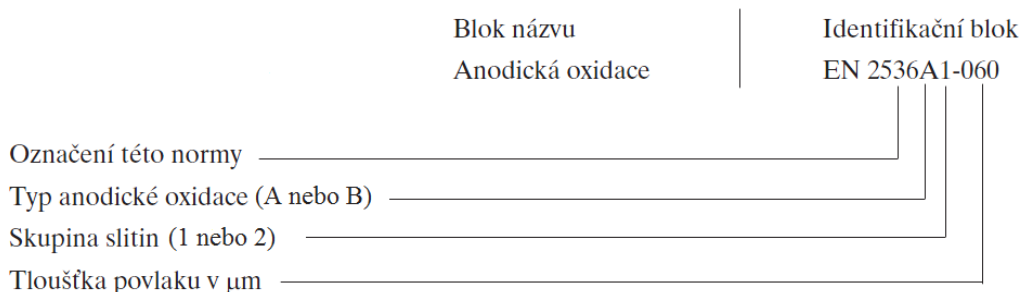
Smišené slitiny – vytvrditelné			
Al MgSi 0.5	•••	•••	••• do ••
Al MgSi1	•••	•••	••• do ••
AlZn4.5Mg1	•••	•	•• do •
Lité slitiny			
Al 99.5	•••	•••	•••
Al Mg3	•••	•••	•••
Al Mg5	•••	••	••
Al Si5 Mg	•••	•	∅
Al Si10 Mg	•••	• do ∅	∅
Al Si10 Mg(Cu)	•••	• do ∅	∅
Al Si12	•	∅	∅
Al Si12 Cu	••	∅	∅

••• = velmi vhodné / •• = vhodné / • = podmíněně vhodné / ∅ = nevhodné

Podle tabulky chemického složení (Tab.5), a vhodnosti slitin pro anodickou oxidaci (Tab.6.), je materiál, z něhož je těleso žehlicí plochy vyrobeno, velmi vhodný pro anodickou oxidaci.

### 1.3. Tvrdá anodizace

Tvrdá anodická oxidace probíhá po chemické stránce stejně jako anodická oxidace dekorativní, pouze využívá velmi nízkých teplot lázně elektrolytu (až -26 °C). Nejčastěji je používána lázeň s kyselinou sírovou o koncentraci 10÷25 hm.%, s, nebo bez přísad, a stejnosměrný proud (metoda GS). Způsob označování součástí je podle ČSN EN 2536 [15] uveden na (Obr.9).



Obr.9 – Označení tvrdé anodické oxidace podle ČSN EN 2536 [15]

Typ anodické oxidace A: tvrdá anodická oxidace bez utěsnění. Poskytuje nejvyšší odolnost proti otěru, nezlepšuje však podstatně korozní odolnost.

Typ anodické oxidace B: tvrdá anodická oxidace s utěsněním. Poskytuje dobrý kompromis mezi odolností proti otěru a korozní odolností.

Skupina slitin 1: Slitiny s obsahem mědi do 1 %.

Skupina slitin 2: Slitiny s obsahem mědi od 1 % do 5 %.

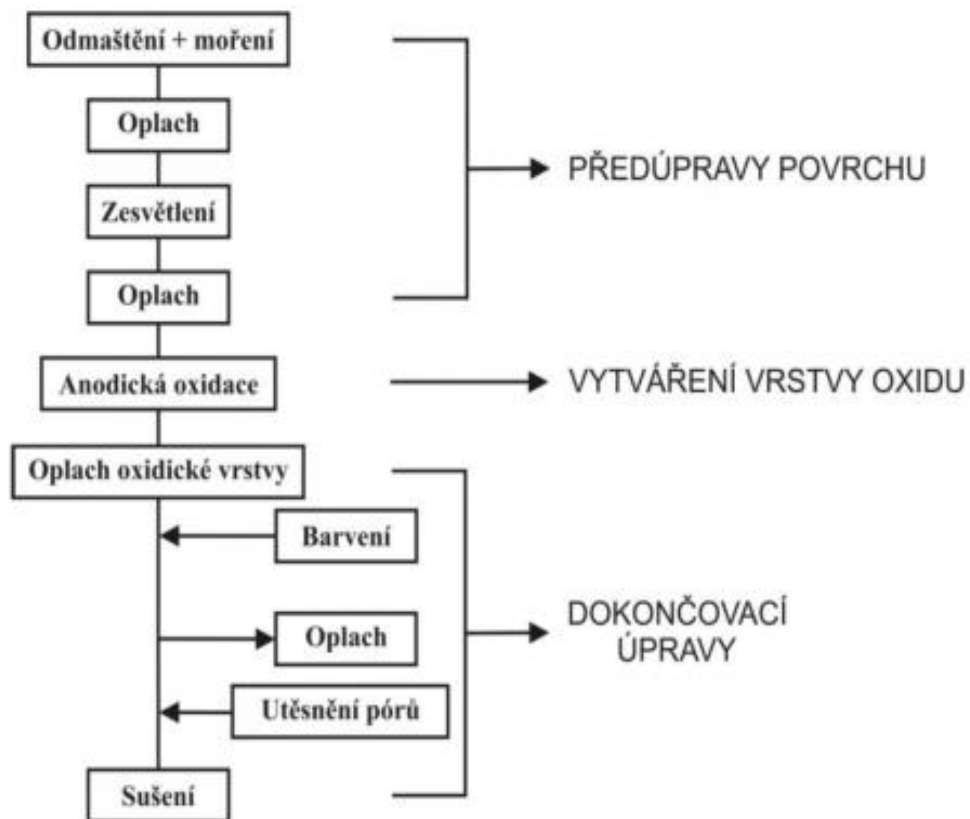
Tvrdou anodizací vzniká méně porézní vrstva o tloušťce  $20 \div 150 \mu\text{m}$  a vysoké tvrdosti  $300 \div 600 \text{ HV}$ , v některých případech i  $500 \div 800 \text{ HV}$ . Během procesu tvrdé anodizace je tendence vzniku vyšší povrchové drsnosti, a proto je u této technologie velmi důležitá vysoce precizní příprava povrchu, aby byl ve výchozím stavu před anodizací co nejhladší. Při tvrdé anodizaci se drsnost povrchu oproti výchozímu stavu zvyšuje asi o  $0,25 \div 0,5 \mu\text{m}$  u hliníkových slitin tvářených, o  $1,25 \div 2,5 \mu\text{m}$  u hliníkových slitin slévárenských. Pokud je požadována velmi malá nízká povrchová drsnost po anodizaci, lze po ukončení tohoto procesu zařadit ještě honování. Tvrdé oxidické vrstvy mají výborné izolační vlastnosti, čehož se využívá například v elektrotechnice. U slitin hliníku lze konstatovat, že se vzrůstající tloušťkou tvrdě anodizované vrstvy dochází k poklesu pevnosti v tahu. Porozita je však výrazně nižší, pohybuje se okolo 12% oproti 25% (Tab.7. [13]), které lze pozorovat při anodizaci dekorativní. U tvrdé anodické oxidace dochází k poklesu meze únavy až o 60%. Tomu se dá předejít, respektive snížit dopad poklesu meze únavy, vnesením tlakových napětí do povrchu předmětu před oxidováním (např. kuličkováním). Tvrdé vrstvy se obvykle neutěsňují z důvodu snížení odolnosti proti opotřebení (pokles tvrdosti) a částečně i izolačních vlastností. Místo utěsnění je tak vhodné použít například impregnaci silikonovými či suchými mazadly.

Tab.7 – Porovnání porozity oxidické vrstvy dekorativní a tvrdé [13]

Vlastnosti vrstvy	Dekoratивní oxidace	Tvrdá oxidace
Porozita [%]	25	12

Jsou-li stanoveny technologické podmínky tvrdé anodické oxidace, umístí se předměty na závěsy. Ty se pak umístí na anodové tyče tak, aby se zajistil dobrý kontakt a předměty se nepohybovaly, nebo se vzájemně nedotýkaly (mezi sebou, mezi katodou a anodou, nebo se nedotýkaly stěn vany). Zkontroluje se teplota lázně, nastaví se proudová hustota a napětí. Po skončení oxidace se předměty vyjmou z lázně a předají se k dalšímu pracovišti (k dalšímu technologickému kroku).

Anodická oxidace je mnohastupňový proces (Obr.10), při kterém má každý krok zásadní vliv na kvalitu vrstvy a její užité vlastnosti. Vzhledem k tomu, že oxidická vrstva vzniká na vnějším povrchu součástí, má klíčový a zásadní vliv na kvalitě jejího provedení předúprava povrchu.



Obr.10 – Schéma obecného technologického postupu při anodické oxidaci

## 1.4. Předúprava povrchů

Podle normy DIN 17611 rozlišujeme 6 stupňů mechanických předúprav povrchů před vlastní anodickou oxidací (Tab.8.).

Tab.8 - Metody předúprav povrchu dle DIN 17611 [1]

Zkratka	Předúprava
E0	Bez mechanické předúpravy
E1	Broušeno
E2	Kartáčováno
E3	Leštěno
E4	Broušeno a kartáčováno
E5	Broušeno a leštěno
E6	Chemicky (matně) mořeno

- E1: - stejnoměrně matný vzhled povrchu  
 - jsou vidět stopy po broušení, často je to předúprava pro další mechanickou předúpravu  
 - velmi dobré odstranění povrchových vad
- E2: - opticky velmi dobrý, kovově lesklý nebo matný povrch  
 - jsou vidět stopy po kartáčování  
 - odstranění povrchových vad je možné jen z části
- E3: - velmi pěkný, stejnoměrně lesklý povrch  
 - povrchové vady se neodstraní  
 - na profilech mohou být vidět obrysy
- E4: - stejnoměrně světlý povrch  
 - povrchové vady se velmi dobře odstraní

E5: - velmi pěkné, hladké a stejnoměrně lesklé povrchy  
- povrchové vady se velmi dobře odstraní

E6: - docílí se hedvábně (sametově) matného vzhledu

Po mechanické předúpravě následuje chemická předúprava. Metody chemických úprav povrchu se rozdělují podle jejich funkčního způsobu působení a cílů zpracování. Jedná se o následující druhy úprav:

- úpravy bez úběru materiálu (čištění a odmaštění)
- úpravy odstraňující část povrchu jako moření, leptání, leštění a jiné.

Následuje vlastní anodická oxidace a dokončovací úpravy. Vlastní anodická oxidace probíhá v elektrolytu se sníženou teplotou a za vyšších proudových hustot. Doba oxidace závisí na požadované tloušťce vrstvy, proudové hustotě, napětí a velikosti oxidované plochy. Dokončovací úpravy mohou dále zahrnovat barvení a utěšňování.

## **1.5. Odmaštění**

Odmaštění je po mechanické předúpravě povrchu velmi důležitou operací. Pouze na čistém povrchu mohou proběhnout další operace bez zvýšení rizika vzniku vad. Struktura povrchu se při procesu odmašťování nemění. Odmašťování patří do skupiny chemických předúprav, kdy nedochází k úběru materiálu. Po předchozí výrobě, 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.

Čisticí 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, boritanů a karbonátů.

Tab.9 - Součásti a funkce čisticích prostředků ředitelných vodou

Označení	Chemické součásti	Funkce
Základní složka	fosfáty, boritany, karbonáty, hydroxidy, křemičitany	Anorganické soli, které jsou převážně zodpovědné za rozklad a emulgaci (ve spolupráci s tenzidy), a tím za zabránění zpětného znečištění.
Tenzidy	kationtové tenzidy, aniontové tenzidy, neiontové tenzidy	Pracují stále spolu se základními složkami jako systém. Druh a koncentrace rozhodují o účinnosti rozkladu, emulgace a smáčení.
Komplexní složky	glukonáty, aminoalkoholy, polycarbonové kyseliny, fosfonáty	Zabraňují nežádoucímu srážení tvrdých částic, a tím také vytváření skvrn.

U čisticích prostředků, které jsou dostupné na trhu, rozlišujeme v zásadě dva typy: emulgující a deemulgující.

- Emulgující čisticí přípravky vykazují vysokou schopnost rozpouštění pro široké spektrum znečištění a mastnoty. Schopnost pojmout mastnotu a oleje je ale omezená (max. cca 40 g/l – závisí na použitém přípravku), a poté musí být přípravek vyměněn.
- Deemulgující čisticí prostředky stále oddělují vrstvu oleje a mastnot tak, že stále plavou na povrchu a mohou být pomocí vhodných technických přípravků odebírány a je tak možno prodloužit životnost pracovní lázně a stejnoměrného stupně účinnosti odmaštění.

Vhodným výběrem čisticích složek můžeme dosáhnout optimálního odmašťovacího a čisticího efektu. Použitím moderních čisticích prostředků ředitelných vodou lze v současné době dosáhnout velmi dobrých výsledků již při pracovních teplotách nad 50°C (ROGAL 19 má optimální pracovní teplotu 70°C). Mezi odmašťováním a E6 mořením zpravidla nedochází k oplachu, není to nutné.

## 1.6. 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, ale vzniklý povrch, který je matně bílý až saténový, však tyto vady a poškození částečně zakryje. Pro zajištění stejnoměrného účinku mořidla na celém povrchu, je nutno předem povrch důkladně očistit. K tomu slouží předcházející operace odmaštění a čištění. Pokud by se na hliníkovém povrchu vyskytly zbytky mastnot nebo nečistot, účinek mořidla by nebyl stejnoměrný a zároveň by také nebyla stejnoměrná konečná úprava povrchu (oxidace). Účinek mořidla je velmi závislý na složení materiálu, druhu a složení mořicího přípravku, době expozice a teplotě pracovní lázně. Velkou nevýhodou procesu je možné riziko naleptání povrchu při překročení doby moření nebo horní hranice doporučených teplot, a tím znehodnocení výrobku.

V oblasti dekorativní a technické anodické oxidace se rozlišují dva typy moření:

- E0 – moření. Podle DIN 17611 je předúprava povrchu „E0 mořením“ definována následovně: „Úprava povrchu před anodickou oxidací, přičemž se povrch bez další předúpravy odmastí a dezoxiduje. Mechanické nečistoty na povrchu, např. otisky a škrábance, zůstanou vidět. Koroze, neodstraněná před úpravou, může být po úpravě vidět.“

E0 mořidla jsou alkalické mořicí roztoky, které při krátké době působení dosahují maximálního účinku. Slouží převážně k čištění povrchu, tj. odstranění oxidických povlaků a sloučenin. Těchto mořidel se také používá při odstraňování anodických povlaků, které byly špatně nanoseny.

- E6 – moření. Dle DIN 17611 je předúprava povrchu „E6 mořením“ definována následovně: „Po odmaštění a následném moření speciálními alkalickými mořícími roztoky získá povrch hedvábně matný, nebo matný lesk. Mechanické nedostatky na povrchu se vyrovnají, ale neodstraní se úplně. Účinky koroze na kovovém povrchu mohou být po moření vidět.“

Při E6 moření jsou definovány specifické pracovní podmínky a parametry mořících lázní. Cílem E6 moření je „zploštění“ povrchu, tj. dosáhnout odstranění ostrých hran mikro profilů (např. po kartáčování). Roztoky jsou charakteristické vysokým obsahem hliníku ( $120 \div 180 \text{ g.l}^{-1}$ ) a obsahem volného hydroxidu, který je ve stálém poměru k obsahu hliníku. Přidáním vysoce účinných biologicky odbouratelných přísad je možno tyto mořící roztoky, i přes výše zmiňovaný vysoký obsah hliníku, stabilně a bez větší tvorby kalu udržovat.

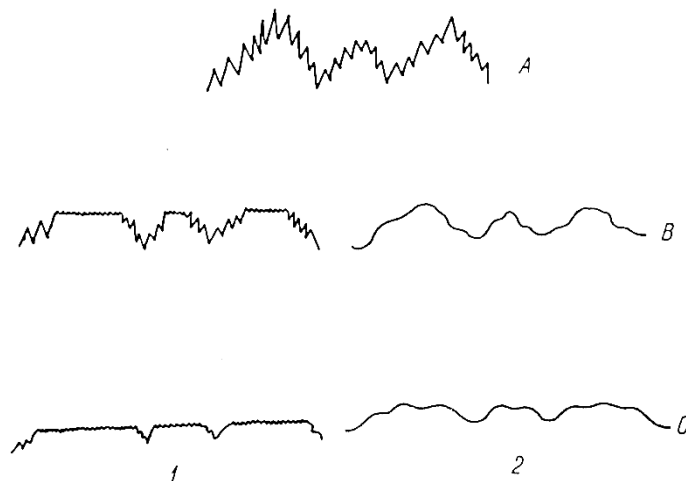
Alkalické moření – parametry lázní		
	E0 – moření	E6 – moření
NaOH [g/l]	30-40	40-70
Hliník [g/l]	max. 40	120-170
Teplota [°C]	40-50	55-70
Aditiva	ANO	ANO
Čas [min]	2-10	12-20
Požadavek na materiál [g/(m <sup>2</sup> xh)]	400-800	200-500

Obr.11 – Typické mořící parametry E0 a E6 moření [1]

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

## 1.7. Leštění (chemické a elektrolytické)

Chemické a elektrolytické leštění se využívá při vysokých požadavcích na výsledný vzhled povrchu. V průběhu leštění dochází k rozpouštění povrchové vrstvy, při kterém se mikroskopické výstupky povrchu rozpouští rychleji než prohlubně.



Obr.12 - Porovnání principu mechanického a chemického leštění povrchu [2]

A – základní povrch, 1 – mechanické leštění, 2 – chemické leštění

### Chemické leštění

Je vhodné pro hliníky s vysokou čistotou chemického složení. Nevhodné jsou legury železa (Fe), křemíku (Si) a manganu (Mn). Chemické leštění se používá pro drobné díly, u kterých by bylo elektrolytické leštění komplikované. Nevýhodou tohoto procesu je vyšší spotřeba chemikálií v porovnání s elektrolytickým leštěním.

### Elektrolytické leštění

Je principiálně anodické leštění (leštěný výrobek je zapojen jako anoda). Používá hlavně pro hromadnou výrobu větších dílů a při vysokých požadavcích na výsledný lesk povrchu. Výhodou tohoto leštění je snadná údržba lázně. Nevýhodou jsou pak vysoké proudové hustoty (až  $100 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ ). Po elektrolytickém leštění vzniká na povrchu materiálu tenká pasivační vrstva, která se odstraňuje před procesem anodizace nejčastěji v kyselině dusičné  $\text{HNO}_3$ .

## 1.8. Vyjasnění

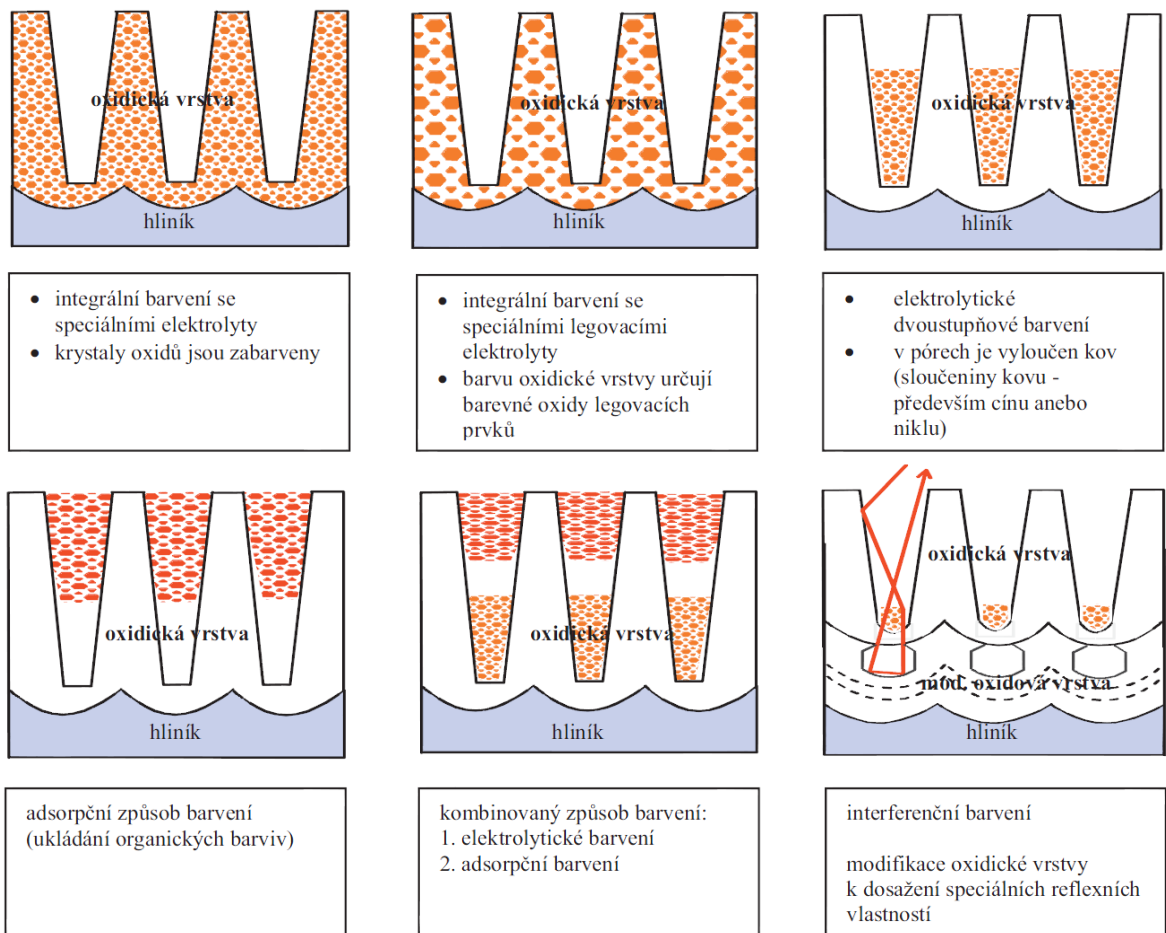
Po moření se na povrchu většinou vycementují některé legury ve formě tmavé vrstvy (nejčastěji měď, mangan, železo, nikl, hořčík a křemík). Před vlastní anodickou oxidací je nutné tuto vrstvu odstranit a zároveň i odstranit produkty, vzniklé během odmaštění a moření. Dříve používaná kyselina dusičná  $\text{HNO}_3$  se dnes z ekologických důvodů nahrazuje lázněmi bez dusičnanů. Vyjasnění se bude provádět v lázni ROGAL 32, při teplotě  $25^\circ\text{C}$  po dobu 1 minuty.

## 1.9. Barvení

Velikou výhodou anodických oxidických vrstev vytvářených na hliníku je možnost vybarvovat je na řadu světlo stálých a atmosférickým vlivům odolných odstínů. Je to způsobeno tím, že anodickou oxidací vzniká pórovitá vrstva, která má vysoké absorpční schopnosti. Zachycují se do ní barevné pigmenty, které jsou po utěsnění pevně fixovány v pórech. Předpokladem kvalitního zabarvení je dostatečná tloušťka a odpovídající objem pórů oxidických vrstev, jejichž vlastní zabarvení ale nesmí rušit barevný charakter povrchové vrstvy.

Rozlišují se tyto hlavní metody barvení:

- adsorpční anorganické chemické barvení,
- adsorpční organické barvení,
- integrální barvení,
- elektrolytické barvení,
- kombinované barvení (elektrolytické předběžné barvení s následným přebarvením roztoky organických barviv),
- interferenční barvení.



Obr.13 – Schématické znázornění metod barvení [1]

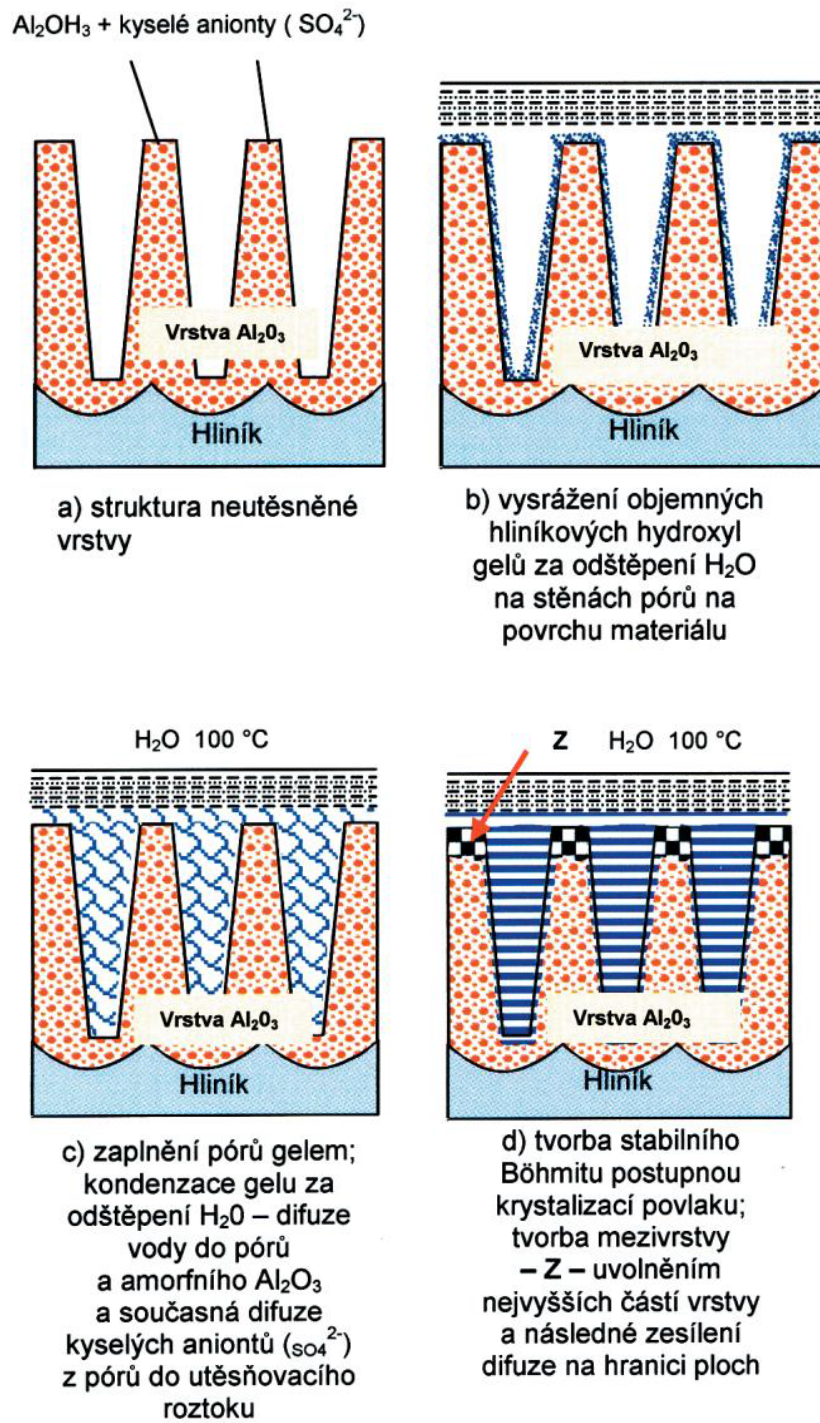
Dekoratívni vzhled zbarvené oxidické vrstvy závisí především na vlastní barvě oxidické vrstvy. Vrstvy vytvořené stejnosměrným proudem v elektrolytu kyseliny sírové bývají sklovitě lesklé a bezbarvé. Vrstvy vytvářené v elektrolytech obsahujících kyselinu šŕavelovou, mají vlastní zabarvení, které může ovlivňovat výsledný odstín. Barvení vrstvy není nezbytnou součástí technologického procesu, ale lze jej na základě požadavků zákazníka zařadit.

## 1.10. Utěšňování

Utěšnění oxidických vrstev vytvořených během anodické oxidace je závěrečnou operací v celém technologickém procesu. Pro tento pracovní postup se mezinárodně užívá anglického výrazu Sealing. Utěšněním se uzavře otevřená, porézní a velmi reaktivní oxidická vrstva, čímž se sníží její chemická reaktivita a tím se dosáhne konečné vysoké odolnosti proti korozi. Organická barviva anebo kovové soli barevných kovů jsou uzavřeny v pórech a fixovány. Tímto způsobem se dosahuje vysoké odolnosti proti působení světla a povětrnostním podmínkám barvených oxidických vrstev. V současné době rozlišujeme 4 různé metody pro následné utěšnění oxidických vrstev vytvořených anodickou oxidací:

- utěšnění v horké vodě při min. 97 °C (metoda Sealing za horka)
- utěšnění v roztocích kovových solí (metoda Sealing za horka s roztoky kovových solí)
- sealing za nízkých teplot (pracovní teplota 82 - 88 °C)
- utěšnění v roztocích kovových solí při teplotě od 28÷32°C (studená impregnace).

Vrstvy vytvořené anodickou oxidací mohou pojmout vodu, která je však při nízkých teplotách (< 60°C) fyzikálně vázána v pórech, a proto zde nemůže dojít k žádné chemické reakci s oxidem hliníku. Teprve až při teplotách > 60°C dojde k chemické reakci amorfního oxidu hliníku s molekulami vody. Při teplotě pod 70°C tím vznikne Bayerit ( $\text{Al}_2\text{OH}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$ ) – teprve za teploty nad 70°C dojde k vytvoření stabilní krystalické fáze Böhmitu ( $\text{Al}_2\text{OH}_3 \times 1\text{H}_2\text{O}$ ). (Obr. 14) zobrazuje ve zjednodušené formě nejdůležitější fáze průběhu reakce.



Obr.14 – Schématicky znázorněný mechanismus horkého utěsnění - podle W. Hiibnera [1]



### **1.11. Modifikace vlastností vrstvy Teflonem®**

Historie Teflonu začala 6. dubna 1936 v New Jersey v laboratořích firmy Du Pont. Dr. Roy Plunkett, výzkumný chemik této firmy, tehdy pracoval na vývoji netoxického a nehořlavého chladiva pro strojní chlazení. Při prohlídce válce kompresoru si všiml, že kolem sedla ventilu je usazen podivný bílý prášek. Byl to polymerovaný tetrafluoretylen, tj. polytetrafluoretylen. Tato bílá látka voskovitého vzhledu a vynikajících vlastností se později stala nezbytnou látkou při konstrukci a výrobě, od kuchyňského nádobí po kosmický výzkum. Později Dr. Plunkett obdržel na tento PTFE patent. Po 10 letech výzkumu si tuto látku firma Du Pont zaregistrovala pod obchodní značkou Teflon®.

#### Charakteristika Teflonu

Teflon je velmi významným plastem ze široké skupiny fluorových polymerů. PTFE je krystalický polymer bílé barvy, parafinického vzhledu. Vyznačuje se vysokou molekulovou hmotností a obsahuje pouze atomy uhlíku a fluoru s vysokou pevností vazby, což určuje jeho charakteristické vlastnosti:

- vynikající chemická odolnost
- výborná odolnost proti vysokým teplotám
- výborné dielektrické vlastnosti
- vynikající antiadhezní vlastnosti
- odolnost proti stárnutí
- nízká nasákavost a odolnost proti rozpouštědlům
- extrémně nízký koeficient tření

#### Použití Teflonu

Používá se ve všech průmyslových odvětvích, kde jsou kladeny vyšší požadavky na vlastnosti použitého materiálu.

### Tepelná stabilita teflonu

PTFE je stabilní v rozmezí teplot od  $-269^{\circ}\text{C}$  do  $+260^{\circ}\text{C}$ , přičemž je nutno respektovat změny jeho vlastností v závislosti na teplotě. Při vyšší teplotě nastává rozklad, který při měření hmotnostních ztrát je do teploty  $380^{\circ}\text{C}$  nepatrný. Od  $380^{\circ}\text{C}$  intenzita rozkladu roste a vznikají plynné rozkladné produkty, které ve styku se vzduchem a vzdušnou vlhkostí tvoří další sloučeniny. Při tepelném rozkladu vznikají např. toxický fluorovodík, tetrafluoretylen, hexafluorpropylen, perfluorizobutylen, oktafluorcyklobutan a další.

### Elektrické vlastnosti Teflonu

PTFE má velmi dobré elektroizolační vlastnosti, které jsou jen málo závislé na teplotě a frekvenci. Elektrická pevnost je vyšší než  $10 \text{ kV}\cdot\text{mm}^{-1}$ .

### Chemická odolnost Teflonu

PTFE odolává kyselinám, zásadám, solím, rozpouštědlům, a to i za zvýšených teplot. Není odolný proti roztaveným alkalickým kovům, elementárnímu fluoru, roztoku sodíku v kapalném amoniaku a některým organokovovým sloučeninám alkalických kovů. U plněných materiálů je chemická odolnost závislá na druhu použitého plniva.

### Fyzikální vlastnosti Teflonu

PTFE má ve srovnání s jinými plasty dobrou pevnost za vyšších teplot, dostatečnou pružnost při velmi nízkých teplotách a velmi dobrou vrubovou a rázovou houževnatost v širokém rozsahu teplot. Pevnost v tahu je vyšší než 12 MPa a tažnost je větší než 150%. Hustota je  $2,15\div 2,25\cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Je nenasákavý a dílce nemění své rozměry ani po dlouhodobém uložení ve vodě.

Někteří autoři uvádějí různé technologické postupy vyplňování vrstev nanočásticemi PTFE [18]. Faktem je, že při tvrdé anodické oxidaci v elektrolytu kyseliny sírové vznikají póry, jejichž velikost se pohybuje okolo 22nm. Je tudíž

nemožné, aby se částice PTFE „nahromadily“ do takto malých pórů. V disperzních roztocích se pochopitelně mohou vyskytovat i částice, které jsou velikostně srovnatelné s rozměrem póru anodické vrstvy, a k částečné impregnaci tak může dojít.

Vlastnímu impregnování předchází dispergace Teflonové suspenze, nejčastěji pomocí ultrazvuku. Eloxované vzorky se následně umístí do zásobníku vyplněného suspenzí, kde budou impregnovány teflonem. Následně je vzorek impregnován a vysušen v peci (30 minut, 130 °C). Před impregnací se oxidická vrstva neutěšňuje.

Vhodnými roztoky pro impregnaci jsou takové, ve kterých je přibližně 60 hmotnostních % PTFE a velikost částic je kolem 0,22 $\mu$ m. Takovým roztokem je například DuPont™ Teflon® PTFE DISP 40, Clariant Anodal PTFE liq., 3M Dyneon TF 5070GZ (velikost částic 0,12 $\mu$ m) a další.

Produkty Clariant Anodal PTFE liq. a 3M Dyneon TF 5070GZ [20] jsou přímo určeny pro impregnaci tvrdé anodické vrstvy (není nutno použít primer). Vodní disperze Teflon® PTFE DISP 40 je určena pro impregnaci širšího portfolia produktů a pro její aplikaci je nutno použít podkladový nástřik primeru (850G-204, One-Coat/Primer).

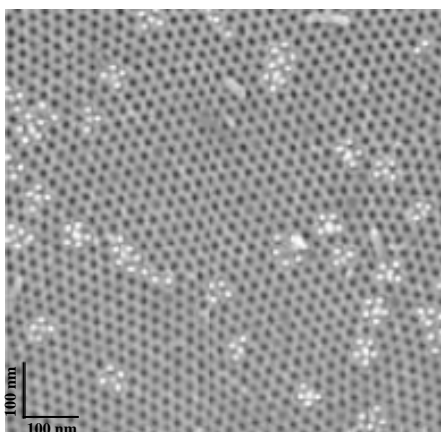


Obr.15 – Vodní disperze: 3M Dyneon TF 5070GZ, výrobce 3M [20]

## 2. Návrh eloxační linky pro kontaktní plochy tělesa žehličky

Tato práce se zabývá tvrdou anodickou oxidací a hlavním úkolem je navrhnout eloxační linku pro výrobu kontaktních ploch žehliček s vysokou tvrdostí a vylepšenými kluznými vlastnostmi. Průměrná žehlička vydrží přibližně 5-6 let. Neexistují žádné statistiky ohledně používání žehliček v domácnostech ale pokud by byla žehlička používána alespoň 1x týdně, zhruba po dobu 2 hodin (skutečná doba žehlení je cca  $\frac{3}{4}$  času, tj. 90 minut a vzdálenost, kterou kontaktní plocha „ujede“ za jednu minutu je přibližně 20 m), potom kontaktní plocha žehličky musí vydržet vzdálenost neuvěřitelných 561km, bez toho, aby někde zadržovala a tím mohla poničit žehlené prádlo. V současnosti se objevují živnosti, které poskytují služby v domácnostech, a tyto služby mohou zahrnovat i žehlení. V takovém případě může být četnost použití žehličky mnohonásobně vyšší a tím i délka dráhy, po které se žehlicí plocha pohybuje. Z tohoto důvodu byl vznesen požadavek na vytvoření kontaktní plochy žehličky ze slitiny hliníku, který by splňoval podmínky dobrého přenosu tepla, tvrdosti, a vynikajících kluzných vlastností. Jedná se o plochy žehliček, jež jsou vyrobeny ze slitiny hliníku s označením 5042. Slitina hliníku 5042 je slitina vhodná pro povrchovou úpravu anodickou oxidací. Dále bylo zapotřebí nalézt látku, která by měla vynikající kluzné vlastnosti, byla „netečná“ k materiálu se kterým přijde do styku (žehlená tkanina) a zároveň měla vysokou tepelnou odolnost (kontaktní plocha žehličky pracuje v teplotním rozpětí 110÷200°C). Byl zvolen materiál PTFE, který je stabilní při teplotách od -269°C do +260°C. Prostředkem pro impregnaci byla zvolena vodní disperze PTFE od výrobce 3M s označením 3M Dyneon TF 5070GZ. Tato disperze je přímo určena pro použití na tvrdou anodickou oxidaci. Pokud mluvíme o impregnaci, nejedná se v tomto případě o „napouštění“ jedné látky do druhé, ale v tomto případě se jedná o povrchovou vrstvu (povlak), která je pevně zakotvena na oxidické vrstvě. V disperzi, ve které výrobce 3M [20] deklaruje průměrnou velikost částic 120 nm, se mohou vyskytovat (a také se pochopitelně vyskytují) částice, které jsou menší, ale i větší než průměrná hodnota. Vzhledem k tomu, že vytvořená oxidická vrstva

není dokonale pravidelná, mohou se v ní vyskytovat vady (Obr.16.). Velikosti pórů nejsou v celé ploše stejné, a ani tloušťka oxidické vrstvy nemusí být v celé ploše konstantní a proto se může stát, že se některé menší částice PTFE z vodní disperze pevně usadí v některé z těchto nepravidelností. Pokud se tedy některá částice usadí v nosném materiálu, nikoli jen na povrchu, potom můžeme hovořit o tom, že se oxidická vrstva touto částicí „naimpregnovala“, ale ve skutečnosti na oxidické vrstvě vytvoříme pouze tenký film, který po tepelném zpracování bude snižovat koeficient tření mezi kontaktní plochou žehličky a žehlenou textilií.



*Obr.16 – Nepravidelnosti ve vytvořené oxidické vrstvě  
(připraveno v 20%  $H_2SO_4$  při napětí 20V a teplotě elektrolytu 0°C)*

Navrhovaná linka má být schopna produkce tvrdé oxidické vrstvy o tloušťce 40  $\mu m$  u 750 000 ks kontaktních ploch tělesa žehličky ročně. Součástí návrhu bude ještě jedna menší linka, která by měla mít kapacitu do 100 000 ks kontaktních ploch ročně. Tato druhá linka bude zajišťovat individuální požadavky na anodickou oxidaci menších zakázek, ale zároveň musí být schopna (v případě poruchy hlavní linky) po krátkou dobu zajistit produkci hlavní linky.



*Obr.17 – Kontaktní plocha žehličky (po povrchové úpravě)*

## 2.1. Výpočet základních parametrů pro tvrdou anodickou oxidaci

Vycházíme ze základní znalosti technologického postupu tvrdé anodické oxidace. Víme, jaká tloušťka vrstvy má být na plochách vytvořena a známe doporučení pro velikosti proudových hustot, napětí používaných při vlastním procesu tvrdé anodické oxidace a teploty oxidační lázně. Známe také množství výrobků, které má linka produkovat.

Kapacita linky je počítána pro rok 2016, kdy bude celkem 253 pracovních dní, a při osmihodinové pracovní době to bude celkem 2024 pracovních hodin.

Počet kusů v zakázce: 750 000 ks

Počet kusů oxidovaných za jeden den:  $750\,000 / 253 = 2964,43 \text{ ks.den}^{-1}$

Počet kusů oxidovaných za hodinu:  $2964,43 / 8 = 370,5 \text{ ks.hod}^{-1}$

Základní parametry (vztažené na 1 výrobek):

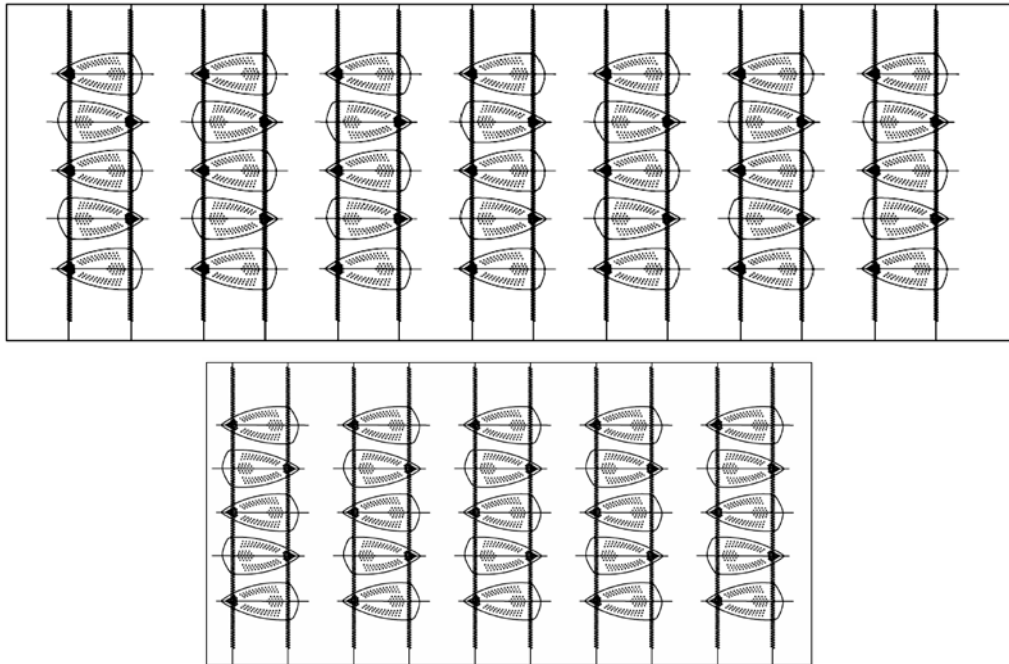
Plocha:  $49\,160 \text{ mm}^2 = 4,916 \text{ dm}^2$

Tloušťka vrstvy:  $40\mu\text{m}$

Doporučené napětí pro lázeň ROGAL 5:  $20\div 40\text{V}$

Doporučená proudová hustota:  $4\div 8 \text{ A.dm}^{-2}$

Do jednoho rámu o rozměrech 3000x1000mm umístíme na pružinové závěsy celkem 35 žehlicích ploch. V jedné lázni (v lince budou 3 eloxační lázně), kde bude probíhat vlastní oxidace, budou současně umístěny 2 rámy s kontaktními plochami. Celkem tedy budeme v jedné lázni oxidovat 70 výrobků. Ve třech eloxačních vanách to tedy bude 210 výrobků eloxovaných současně.



Obr.18 – Umístění žehlicích ploch v rámu na pružinových závěsech. Pro hlavní linku má rám rozměr 3000x1000 mm (35ks) a pro menší linku má rozměr 2000x1000 mm (25ks)

Pomocí vzorce (13) spočítáme čas potřebný pro vytvoření oxidické vrstvy 40 $\mu$ m. Celková plocha oxidovaných součástek „F“ v jedné lázni je: 70x4,916 = 344,12dm<sup>2</sup>. Celková proudová hustota „I“ je rovna součinu celkové oxidované plochy a doporučené proudové hustotě na 1dm<sup>2</sup>. Doporučená proudová hustota je 4÷8 A.dm<sup>-2</sup>. Z tohoto rozmezí volíme vyšší hodnoty, protože při vyšší proudové hustotě a nízké teplotě elektrolytu se vytváří tvrdší vrstva s nižší porozitou. Na druhou stranu, čím vyšší proudová hustota a nižší teplota elektrolytu, tím vzniká tmavší odstín oxidické vrstvy [14].  $I = 344,12 \cdot 6 = 2064,72 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dm}^2$ .

$$U = 20V$$

$$I = 2064,72 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dm}^2$$

$$H = 40\mu\text{m}$$

$$S = 344,12 \text{ dm}^2$$

$$\eta = 0,65$$



$$t = \frac{H \cdot S}{0,4 \cdot \eta \cdot I} = \frac{40 \cdot 344,12}{0,4 \cdot 0,65 \cdot 2064,72} = \frac{13764,8}{536,8272} = 25,64 \text{ min} = 1538,4 \text{ s} \quad (15)$$

Oxidace jedné dávky v hlavní lince, (70ks) kontaktních ploch bude trvat 25,64 minut. Jestliže známe dobu eloxace, napětí a proudovou hustotu, můžeme spočítat, jaké teplo se vyvine během oxidace a kolik tepla je tedy nutno odvést chlazením.

$$Q = U \cdot I \cdot t \text{ [J]} \quad (16)$$

Dosazujeme v základních jednotkách, tj. [V, A, s].

$$Q = 20 \cdot 2064,72 \cdot 1538,4 = 63527304,96 \text{ J} = 63,5 \text{ MJ} \quad (17)$$

Tato hodnota nám ale nepodává informaci o tom, o kolik se ohřeje pracovní lázeň. Lze to spočítat, pokud bychom znali měrnou tepelnou kapacitu lázně, její hmotnost a teplo, které do lázně přivedeme. Vztah, který toto definuje (19), vychází ze vztahu pro teplo Q (18).

$$Q = c_p \cdot m \cdot \Delta T \text{ [J]} \quad (18)$$

$$\Delta T = \frac{Q}{c_p \cdot m} = \frac{J}{(J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}) \cdot kg} = [K] \quad (19)$$

Teplo přivedené do soustavy známe, hmotnost lázně dovedeme spočítat z hustoty a objemu. Neznámou zůstává tepelná kapacita  $c_p$  lázně ROGAL 5, která není uváděna. Můžeme si vypomoci s přibližným výpočtem měrné tepelné kapacity (neznáme měrné tepelné kapacity a hmotnosti všech složek roztoku ROGAL 5).

$$c_p = \frac{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2 + c_3 \cdot m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots} \text{ [J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (20)$$

Měrná Tepelná kapacita roztoku ROGAL 5 je přibližně:  $c_p \approx 3380 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$\Delta T = \frac{Q}{c_p \cdot m} = \frac{63527304,96}{3380 \cdot 4426,24} = 4,25 \text{ K} \quad (21)$$

Vzhledem k tomu, že se jedná o rozdíl teplot (rozdíl teplot  $T_1 - T_2$  v K i ve °C je stejný), potom můžeme říci, že teplota lázně stoupne přibližně o 4,25°C.

Nyní již známe základní parametry (Tab.10), které potřebujeme pro návrh části eloxační linky týkající se tvrdé anodické oxidace.

*Tab.10 - Soupis základních parametrů pro tvrdou anodickou oxidaci (pro jednu vanu)*

Parametr	Hodnota
Stejnoseměrné napětí	U = 20 V
Proudová hustota	I = 2064,72 A.dm <sup>-2</sup> .dm <sup>2</sup>
Doba oxidace	t = 25,64 min
Teplota oxidační lázně	0°C
Teplo vzniklé během oxidace v lázni	Q = 63,5 MJ
Změna teploty lázně	$\Delta T = 4,25 \text{ K}$

## 2.2. Návrh výrobní linky a podpůrných systémů

Navrhovaná linka bude umožňovat následující úpravy povrchu hliníku a jeho slitin:

- a) Primárně tvrdá anodická oxidace s možností dobarvení a utěsnění
- b) Anodická oxidace dekorativní s možností dobarvení a utěsnění

### 2.2.1. Výrobní kapacita a kapacita lázní eloxační linky

Plánovaná kapacita primárního využití linky je 750 000 ks kontaktních ploch za rok, což představuje  $3\,687\,000\text{ dm}^2 \cdot \text{rok}^{-1} = 36\,870\text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$ . Kapacita lázní hlavní eloxační linky L1 bude  $49,92\text{ m}^3$ , objem lázní linky L2 bude  $34,32\text{ m}^3$ .

Provoz je plánovaný jako jednosměnový, v případě nutnosti je možno zapojit i druhou směnu.

Tab.11 - Přehled vanového vybavení eloxovny L1

Název lázně	Rozměr vany [m]	Počet van	Objem [m <sup>3</sup> ]
Odmašťovací lázeň	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
Odmaštění + moření	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
Oplach	3,2 x 0,5 x 1,3	10	20,8
Zásobník studené vody na uchování vymořených dílů před eloxací	3,2 x 1 x 1,3	1	4,16
Vyjasňovací lázeň	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
Eloxační	3,2 x 1 x 1,3	3	12,48
Barvicí lázeň	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
Utěšňovací lázeň	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
Lázeň pro impregnaci teflonem	3,2 x 0,5 x 1,3	1	2,08
<b>Celkem</b>		<b>20</b>	<b>49,92</b>

Tab.12 - Přehled vanového vybavení eloxovny L2

Název lázně	Rozměr vany [m]	Počet van	Objem [m <sup>3</sup> ]
Odmašťovací lázeň	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Odmaštění + moření	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Oplach	2,2 x 0,5 x 1,3	10	14,3
Zásobník studené vody na uchování vymořených dílů před eloxací	2,2 x 1 x 1,3	1	2,86
Vyjasňovací lázeň	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Eloxační	2,2 x 1 x 1,3	3	8,58
Barvicí lázeň	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Utěsňovací lázeň	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Lázeň pro impregnaci teflonem	2,2 x 0,5 x 1,3	1	1,43
Celkem		20	34,32

### 2.2.2. Příprava provozních lázní

K tvrdé anodické oxidaci bude používáno chemických přípravků ROGAL, společnosti EKOCHÉM-PPÚ s.r.o., se sídlem Pražská 76, Letovice. Složení jednotlivých lázní je v (Tab.13).

Tab.13 - Přehled a složení používaných lázní [21]

Používané chemické látky	Příprava lázně	Spotřeba na 1 lázeň (Linka L1/ linka L2)
ROGAL 5 (0°C)		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (40%)	34 l (na 100 l roztoku)	1414,4 l / 972,4 l
H <sub>2</sub> O (demi 1mS.m <sup>-1</sup> )	66 l (na 100 l roztoku)	2745,6 l / 1887,6 l
ROGAL 5.1	3 kg na 100 litrů vody	124,8 kg / 85,8 kg
ROGAL 5.2	3 kg na 100 litrů vody	124,8 kg / 85,8 kg
ROGAL 5.3	0,1 l na 100 litrů vody	4,16 l / 2,86 l

Tab.13 - Přehled a složení používaných lázní pokračování

Používané chemické látky	Příprava lázně	Spotřeba na 1 lázeň (Linka L1/ linka L2)
ROGAL 18		
ROGAL 18.1	15 kg na 100 litrů vody	312 kg / 214,5 kg
ROGAL 18.2	0,3 l na 100 litrů vody	6,24 l / 4,29 l
ROGAL 19 (70°C)		
ROGAL 19.1	4 kg na 100 litrů vody	83,2 kg / 57,2 kg
ROGAL 19.2	0,3 l na 100 litrů vody	6,24 l / 4,29 l
ROGAL 21 (25°C)	3 l na 100 litrů vody	62,4 l / 42,9 l
ROGAL 32 (25°C)		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (40%)	30 l (na 100 l roztoku)	624 l / 429 l
H <sub>2</sub> O	70 l (na 100 l roztoku)	1456 l / 1001 l
ROGAL 32.1	3 kg na 100 litrů vody	62,4 kg / 42,9 kg
ROGAL 32.2	0,4 l na 100 litrů vody	8,32 l / 5,72 l
Impregnace PTFE (25°C)		
3M Dyneon TF 5070	6 l (na 100 l roztoku)	124,8 l / 85,8 l
H <sub>2</sub> O	94 l (na 100 l roztoku)	1955,2 l / 1344,2 l

Po namíchání lázní a jejich ohřátí/vychlazení na provozní teplotu jsou lázně připraveny k použití. Během provozu je nutno pečlivě hlídat složení lázní. Způsob kontroly je detailně popsán v bezpečnostních listech jednotlivých chemických přípravků ROGAL (Příloha č.1 ÷ 5.)

### 2.2.3. Popis eloxační linky a popis technologického procesu

Pro tvrdé eloxování hliníku a jeho slitin jsou zvoleny kyselé lázně. Technologická část barvení a utěšňování vytvořené vrstvy není nutnou součástí technologie tvrdé anodické oxidace, nicméně je zahrnuta v návrhu linky. Je to pro případ, kdyby

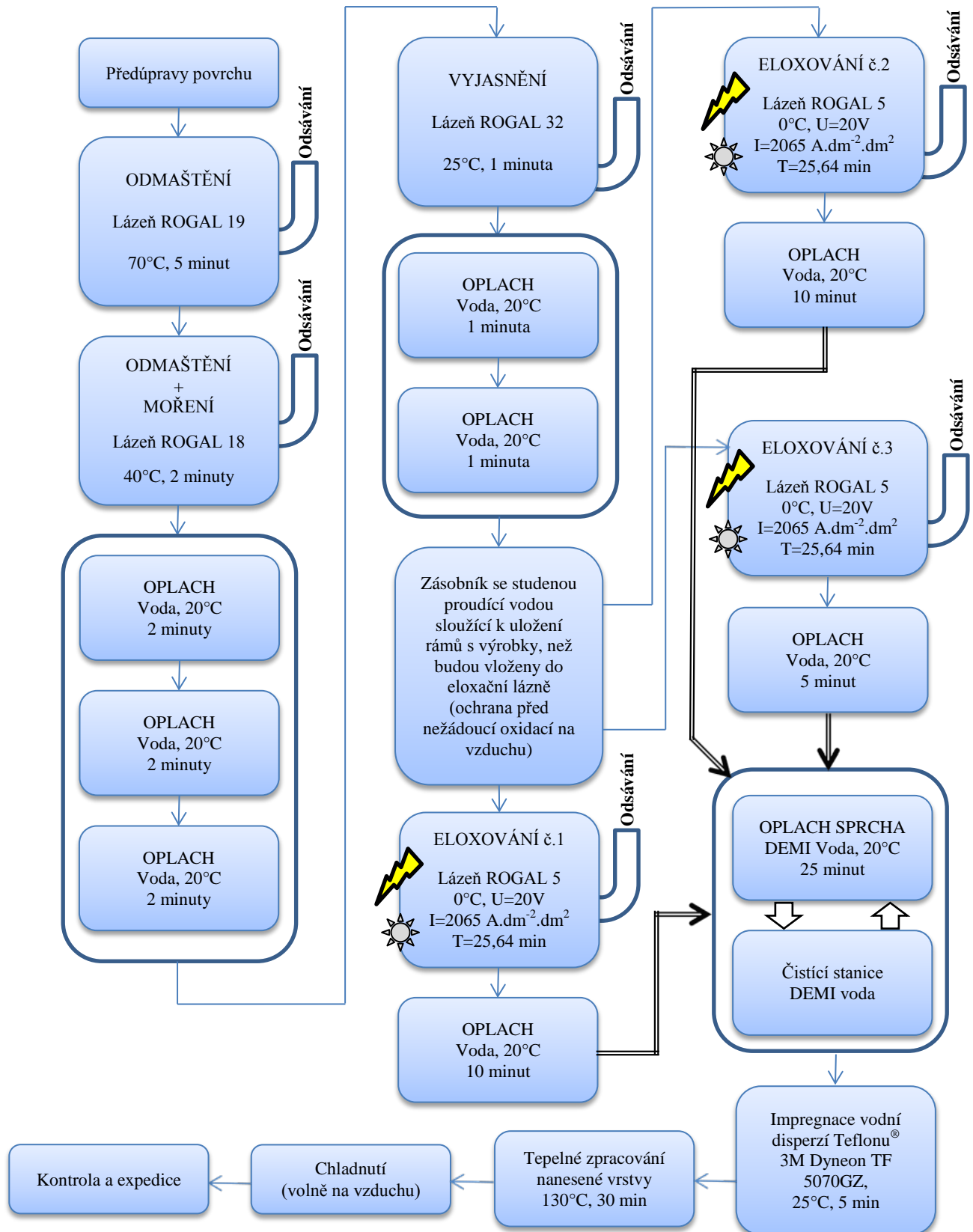
zákazník požadoval barvení i utěšňování oxidovaných součástí. Eloxační linky budou řešeny jako jednořadé se závěsovou technologií. Linka L2, bude umístěna paralelně s hlavní linkou L1. Hodinový výkon linky je cca  $20,6 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ , rozměry závěsu, kam budou zavěšovány žehlicí plochy, jsou cca  $3000 \times 1000 \times 100 \text{ mm}$ . Navěšování a svěšování zboží bude probíhat na vozících, které budou ručně zaváženy/vyváženy.

Jak již název technologie napovídá, jsou výrobky určené k povrchové úpravě zapojeny jako anoda, oxidace bude probíhat metodou GS, tedy v kyselině sírové při použití stejnosměrného proudu. Oplachy výrobků jsou řešeny jako dvoustupňové, jen v případě oplachu po moření je zařazen oplach třístupňový. Míchání lázní je realizováno pomocí čeření stlačeným vzduchem. Chlazení provozního roztoku pro tvrdou anodickou oxidaci je řešeno odebíráním tepla z lázně ve výměníku chladicího agregátu a po jejím ochlazení se bude vracen zpět. Jako zdroje proudu pro jednotlivé vany budou použity samostatné proudové zdroje (30V, 2500A). K sušení výrobků bude instalována sušička, pro tepelné zpracování impregnovaných dílů bude instalována vypalovací pec.

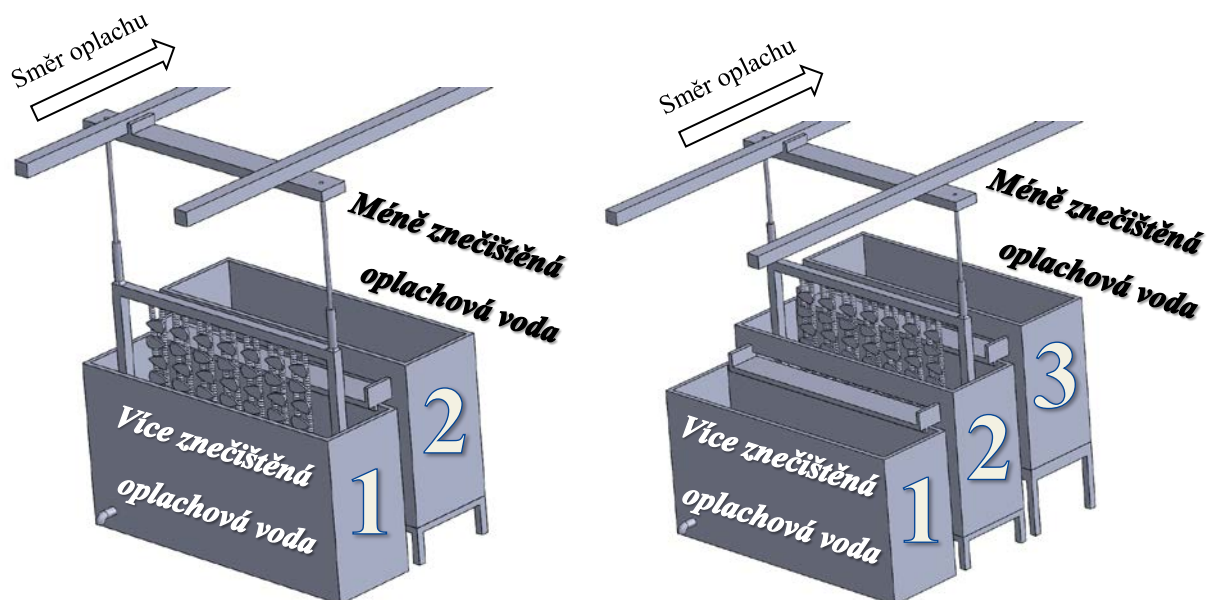
Vany jsou vyrobeny z polypropylenu. Všechny vany s lázní s aktivními chemickými látkami jsou odsávány. Vany určené pro oplachování, při kterém dochází k minimální tvorbě znečišťujících látek, odsávány nejsou.

Dopravník bude zavážet jednotlivé závěsy s díly do van eloxační linky podle programu automatického řízení. Jakmile projde rám celým procesem, bude ze sušičky zavezen do impregnační lázně a po impregnaci bude rám zavezen do vypalovací pece, kde bude impregnace tepelně zpracována. Po tepelném zpracování, kontrole a zabalení budou výrobky expedovány.

## 2.2.4. Technologický postup tvrdé anodické oxidace bez utěsnění a s impregnací



Konstrukce dvoustupňového a třístupňového oplachu je provedena tak, aby se méně znečištěná voda z následujícího oplachu mohla přečerpat do lázně více znečištěné.



Obr.19 – Schematické provedení dvoustupňového a třístupňového oplachu. Směr oplachování je naznačen šipkou. V lázni označené č.1, je nejvíce znečištěná voda od roztoku z předchozího technologického kroku. Následuje oplach ve vaně č.2, popřípadě vaně č.3 (u třístupňového oplachu).

#### 2.2.5. Základní skladba technologického zařízení:

- Vanové zařízení
- Dopravník
- Řídicí systém
- Odsávání a přívod vzduchu
- Výroba a rozvod chladu
- Výroba demineralizované vody
- Zdroje stejnosměrného proudu
- Technologické potrubní rozvody
- Likvidace odpadních vod
- Čištění vzduchu
- Sklad vysoce toxických látek a přípravků



Vanové zařízení (dodavatel PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

Vanové zařízení je složeno z jednotlivých van a jejich příslušenství. Jednotlivé vany jsou hranaté, vyrobené z polypropylenu. Výztuhy stěn i dna jsou z uzavřených ocelových profilů, které jsou zakrytovány plastovými profily. Vany s vytápěnou lázní mají obvod i dno tepelně izolované, navíc lázně vytápěné nad 90°C jsou opatřeny pohyblivým zákrytem vodní lázně. Vany mají délku 3,2 m, šířku dle jejich účelu, 0,5m a 1m, a shodnou výšku 1,3 m. Vany v menší lince mají délku 2,2m, šířku 0,5m a 1m a výšku 1,3m. Každá vana je opatřena vypouštěcím otvorem s uzavíracím ventilem zapuštěným do dna, aby mohl celý obsah vany odtéct.

Sestava technologických van eloxační linky:

1. Odmaštění: voda + RO GAL 19, teplota 70°C
2. Odmaštění + moření: voda + RO GAL 18, teplota 40°C
- 3.-5. Průtočný oplach třístupňový: voda, teplota 20°C
6. Vyjasnění: voda + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + RO GAL 32, teplota 40°C
- 7.-8. Průtočný oplach dvoustupňový: voda, teplota 20°C
9. Zásobník se studenou vodou pro uložení rámců s vyjasněnými výrobky
- 10.-12. Tvrdá anodická oxidace: voda + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + RO GAL 5, teplota 0°C
- 13.-15. Průtočný oplach: voda, teplota 20°C
- 16.-17. Oplach sprchou: DEMI voda, teplota 20°C
18. Vana pro impregnaci ve vodní disperzi Teflonu, 25°C

Dopravník (dodavatel PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

Dopravník (přepravní manipulátor) je určen pro ruční nebo programově řízenou dopravu zboží na závěsech nebo v koších nad vanovou linkou v technologickém sledu operací podle technologického postupu. Dopravník (manipulátor) je navržen jako podvěšený. Polohování, rychlost zdvihu a pojezdu je měnitelná pomocí frekvenčního měniče řídicím systémem.

Řídicí systém (dodavatel PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

Řídicí systém umožňuje zadávat zboží do linky pomocí tzv. návodky, která je předem vyhotovena technologem. Návodka obsahuje základní údaje o dílu, jako je hmotnost, plocha, vsádka, proudové hustoty apod. Samotné programy tvoří technolog ve spolupráci s programátorem.

Odsávání a přívod vzduchu (dod. PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

Odsávací rámy jsou umístěné na výztuhách van. Se sběrným potrubím jsou spojené pružnou hadicí. Výkon ventilátoru je  $25000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ . Součástí je i horizontální pračka vzduchu. Jednotlivé technologické vany budou během odsávání zakryté. Kryty budou při zakládání do vany a při vyjímání z vany automaticky otevírány a zavírány pomocí vzduchových pístů. Do pracovního prostředí se nebudou uvolňovat prakticky žádné výpary z lázní.

Výroba a rozvod chladu (dodavatel VESKOM spol. s r.o.) [23]

Chlazení elektrolytu pro tvrdou anodickou oxidaci bude probíhat nucenou cirkulací kapaliny v lázni. Kapalina z lázně bude čerpána do tepelného výměníku, kde bude ochlazována a ochlazená poté bude proudit zpět do lázně. Chlazení bude probíhat samostatně pro každou ze tří van. Použit bude chladič TAEevo 351 STD.

Chladič je v kompaktním skříňovém provedení určeném pro průmyslové aplikace. Skládá se z chladivového okruhu vybaveného hermetickými scroll kompresory, vzduchem chlazeným kondenzátorem umístěným pouze na jedné straně chladiče se standardním axiálním ventilátorem, filtrem/sušičem, ekologickým chladivem R410A a speciálního trubkového výměníku výparníku. Vodní okruh se skládá z uzavřené akumulační nádoby s integrovaným výparníkem, expanzní nádrže a integrovaným oběhovým čerpadlem. Provoz chladiče je plně bezobslužný, regulace výkonu a chodu je automatická na základě nastavené požadované teploty výstupní kapaliny. Ovládání chladiče a nastavování požadovaných provozních hodnot je pomocí mikroprocesorové karty Dixell.

Deskový výměník tepla od společnosti Alfa Laval se vyznačuje především vysokou energetickou účinností zajišťující úsporný provoz. Rozebíratelný deskový výměník tepla sestává ze svazku tenkých zvlněných kovových desek se vstupními otvory pro průchod dvou médií, mezi kterými dochází k přenosu tepla. Svazek desek je vložen mezi pevnou rámovou desku a pohyblivou přítlačnou desku a stlačen pomocí stahovacích šroubů. Každá deska je opatřena těsněním, které těsní kanály mezi jednotlivými deskami a směřuje tok kapaliny do střídajících se kanálků. Zvlněný povrch desek podporuje turbulenci a vytváří opěrné body, díky kterým svazek odolává rozdílu tlaků na obou stranách desek. Svazek desek a přítlačná deska jsou zavěšeny v rámu na horní nosné tyči a udržovány ve správné poloze spodní vodící tyčí. Výměník je opatřen podpěrami, které je možné přimontovat k podlaze. Výměník odolává působení 20% kyseliny sírové do teploty 35°C.



Obr.20 – Průmyslový chladič TAEevo Tech 351 STD, dodavatel VESKOM spol. s r.o. [23]

*Parametry chladiče: chladicí výkon 47,7 kW, celkový příkon chladiče 24,4 kW, medium voda + propylenglykol 35%, průtok vzduchu ventilátorem 21 600 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, výtlak oběhového čerpadla 295 kPa, objem integrované akumulární nádoby 350 litrů, chladivo R410A, regulace výkonu 0-50-100%, krytí el.boxu IP 54, instalace venkovní rozměry šxdxv 865 x 2255 x 2065 mm, elektrické připojení 400 V ±10% / 3 / 50 Hz*

Výroba demineralizované vody (dodavatel WATEK s.r.o) [24]

Pro přípravu velmi čisté demineralizované vody bude použita automatická demistanice DEWA A 50. Úprava vody probíhá u této stanice iontoměničovým způsobem. Výkon stanice je  $1500 \text{ l.h}^{-1}$ , rozsah měření  $30 \div 1000 \text{ } \mu\text{S/m}$ . Vlastní sestava je složena ze dvou kolon naplněných aniontovým a kationtovým iontoměničem a řídicího automatického ventilu, provádějící automatickou regeneraci iontoměničových náplní při překročení výstupní vodivosti.

Sestava demistanice se skládá ze dvou celoplastových ionexových kolon, dvou automatických ventilů, mikroprocesorového řízení stanice s monitorováním vodivosti, stojanu s průtokoměrem, membránovým ventilem, třemi pneuventily, sondou vodivosti, ručními ventily, dvou zásobníků regenerantů a ostatním příslušenstvím (připojovací fitinky, bižuterie).



*Obr.21 – Demistanice DEWA A50, dodavatel WATEK s.r.o [24],  
výkon stanice  $1500 \text{ l.h}^{-1}$ , rozsah měření  $30 \div 1000 \text{ } \mu\text{S/m}$*

Zdroje stejnosměrného proudu (dodavatel Dehor – elspec. Litvínov s.r.o.) [25]

Jako zdroj stejnosměrného proudu pro eloxační linku budou použity řízené usměrňovače napájené přímo ze sítě. Zdroje jsou navrhovány na základě nejmodernějších technologií výroby spínaných zdrojů pracujících systémem

středofrekvenčního přenosu výkonu s využitím IGBT modulů. Průběh účinnosti v závislosti na velikosti zátěže zdroje je v širokém rozsahu téměř konstantní. Vyznačují se též velmi dobrými dynamickými vlastnostmi, malým zvlněním výstupního napětí, vysokou účinností až 92% a malou intenzitou. Výstup zdroje je zkratuvzdorný a galvanicky oddělený od vstupu. Usměrňovače budou řízené třífázové s výstupními parametry 30V/2500A.



*Obr.22 – Spínané zdroje pro galvanotechniku a elektrochemii SZS 2500 30/400, (dva zdroje B1.3 zapojené paralelně). Dodavatel Dehor – elspec. Litvínov s.r.o. [25]*

#### Technologické potrubní rozvody (dod. PLASTIME.CHEMI s.r.o., PLASTY) [22]

Jednotlivé vany v eloxační lince budou mít obsah vodní lázně, část z nich i s příměsí chemických látek. Pro vypouštění obsahu lázní bude zavedeno odvodní potrubí. Pro napouštění jednotlivých lázní bude ke každé vaně zavedeno přívodní potrubí vody. Pro čeření lázní bude zaveden rozvod stlačeného vzduchu.

#### Likvidace odpadních vod, neutralizační stanice odpadních vod (dodavatel PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

Technologické odpadní vody z provozu linky budou zneškodňovány v objektu neutralizační stanice. Po vyčištění a kontrole bude voda vypouštěna do kanalizace, nebo může být recyklována a použita na první oplachy. K ušetření spotřeby vody je

v objektu vybudován rezervoár na dešťovou vodu, která bude jímána ze střech. Po vyčištění se tato voda může používat k oplachům.

Zařízení neutralizační stanice se skládá z těchto základních procesních stupňů:

- Chemický stupeň čištění: zahrnuje procesy koaglace (srážení), oxidace, flokulace (vločkování), usazování, neutralizace
- Dočišťovací stupeň: procesy sorpce, filtrace, iontová výměna
- Kalové hospodářství: proces strojního odvodnění kalu v kalolisu

Popis a postup čištění technologických odpadních vod je uveden v provozním řádu neutralizační stanice. V neutralizační stanici jsou skladovány v záchytných vanách s rošty chemické látky a přípravky pro potřebu stanice. Podlaha neutralizační stanice tvoří záchytnou vanu proti úniku závadných látek do okolního životního prostředí. Zařízení je uzamykatelné, příjem a výdej závadných látek je prováděn vždy za přítomnosti odpovědného pracovníka.

Tab.14 - Použití nejlepších dostupných technik pro neutralizační stanici

1. Označení části zařízení				
Neutralizace odpadních vod				
2. Zdroj informací				
Referenční zařízení 2 (Finsko) dle kapitoly 3.3.1 Referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů ze srpna 2005 [17].				
3. Sledovaná látka/skupina látek/ukazatel	4. Jednotka	5. Úroveň emisí spojená s BAT	6. Úroveň emisí zdroje	7. Zdůvodnění rozdílů
Odpadní voda	1	Úprava vody vysrážením	Úprava vody vysrážením a neutralizací	V souladu s BAT
Odpadní voda	1	Kontrola vypouštěných odpadních vod	V zařízení jsou prováděny pravidelné kontroly odpadních vod	V souladu s BAT

Čištění vzduchu (dod. PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY) [22]

K čištění odsávaného vzduchu bude sloužit horizontální pračka vzduchu. Hlavní pracovní kolona absorberu je hranatá nádoba ve tvaru kvádrů s vestavěnými děrovanými přepážkami pro uložení Pall kroužků. Na členitém povrchu náplně (Pall kroužků) dochází k záchytu kyselých emisí z eloxovacích lázní. Plastové kroužky jsou hydrofilizované pro snadné vytváření povrchového filmu kapaliny. Dolní část nádoby absorberu je vyspádovaná pro snadný odtok skrápěcí kapaliny do zásobní absorpční nádrže. Další částí horizontálního absorberu je samostatně umístěná zásobní nádrž absorpční kapaliny. Obě části absorberu, kolona a nádrž jsou vzájemně propojeny skrápěcím potrubím s armaturami a průtokoměrem.

Dopravu absorpčního roztoku k rozstřikovacím tryskám v absorberu zajišťuje odstředivé čerpadlo. Trysky rozprašují absorpční kapalinu do proudu kapének ve tvaru plného kužele. V odtahovém potrubí za skříní kolony jsou svisle umístěny kazety odlučovače aerosolu. Drobné kapénky aerosolu unášené odsávanou vzdušinou se zachycují na záhybech lamel odlučovače a odtékají vratným potrubím zpět do zásobní nádrže absorpční kapaliny.



Obr.23 – Vzduchotechnika od společnosti PLASTIME.CHEMI s.r.o.(divize PLASTY)

BAT emise do ovzduší [17]

Emise do ovzduší z povrchových úprav kovů a plastů nejsou hlavním zdrojem znečištění ovzduší [17] (str.164, kapitola 3.3.3. Emise do ovzduší) a tyto emise nejsou významným přispěvatelem k problémům dálkového přenosu, znečištění,

např. kyselých dešťů. Pro některá zařízení může být lokální kvalita vzduchu problémová (například NO<sub>x</sub> v městských oblastech). Některé látky používané v procesech povrchových úprav jsou označeny jako zdraví nebezpečné a jejich koncentrace v ovzduší v provozech je obvykle kontrolována z hlediska předpisů o bezpečnosti a hygieně práce.

V případě, že předpisy a pracovní podmínky vyžadují snížení množství těchto látek, je nutné zavedení technik popsaných v Oddíle 4.18, např. odsávání vzdušiny. Některé tyto látky mohou korozívně působit na budovy, zařízení a zpracovávané díly nebo podkladové materiály při skladování a je nutné zavést opatření zabraňující nežádoucí korozi, poškození a přepracování dílů [17] (str. 208, kapitola 4.2.1.2. Podmínky při skladování a dopravě).

#### Sklad vysoce toxických látek a přípravků

V tomto skladu (samostatná zděná místnost) budou skladovány vysoce toxické látky a přípravky v originálních plastových obalech o objemech uvedených v bezp. listech jednotlivých přípravků RO GAL xx. Všechny přípravky budou v uzamykatelné ocelové nádobě a zabezpečeny proti úniku závadných látek do okolního životního prostředí. Bude vedena zákonná evidence vysoce toxických látek a přípravků a pracovníci, kteří s nimi budou pracovat, budou řádně proškoleni. Seznamy a bezpečnostní listy používaných vysoce toxických látek a přípravků budou umístěny ve skladu. Sklad bude uzamykatelný a příjem a výdej chemikálií bude probíhat za přítomnosti odpovědného pracovníka.

Tab.15 - Použití nejlepších dostupných technik pro sklad toxických látek

1. Označení části zařízení			
Sklad chemických látek a přípravků			
2. Zdroj informací			
Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů, srpen 2005 [17]			
3. Hodnocený ukazatel	4. Parametr BAT	5. Parametr zařízení	6. Zdůvodnění rozdílů
Doba skladování	Zkrácení doby skladování.	Chemických přípravků je skladováno pouze nejnutnější množství.	V souladu s BAT

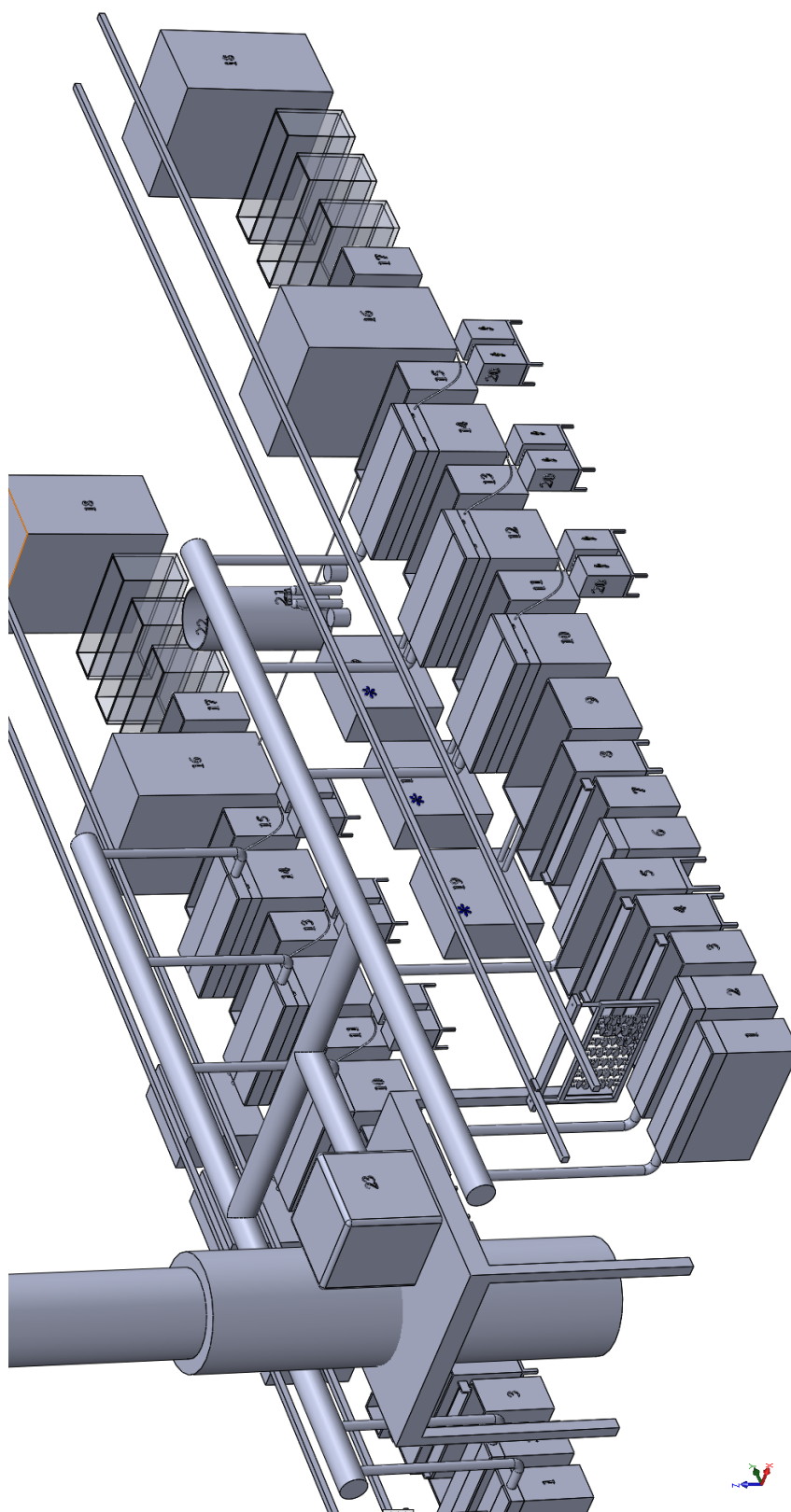


Tab.16 - Shoda s BAT eloxovny jako celku

1. Označení části zařízení			
Eloxovna			
2. Zdroj informací			
Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů ze srpna 2005 [17]			
3. Hodnocený ukazatel	4. Parametr BAT	5. Parametr zařízení	6. Zdůvodnění rozdílů
Řízení provozu a údržby	Zavedení programů kontroly a údržby.	V zařízení je prováděna pravidelná údržba dle předpisů od dodavatele technologie a dodavatelů vstupních surovin	Částečně v souladu s BAT
Minimalizace míry zmetkovitosti	Minimalizace vlivu na ŽP z nekvalitní výroby systémem řízení, pravidelná společná hodnocení specifikace a kontroly kvality výroby odběratelem a výrobcem.	Při přijetí zakázky se provede analýza realizovatelnosti včetně posouzení vlivů na ŽP.	V souladu s BAT
Promíchávání pracovních lázní	Promíchávání pracovních lázní.	Promíchávání lázní je zajištěno pomocí čerání stlačeným vzduchem.	V souladu s BAT
Ohřev	Pro monitorování teploty a její udržování v optimálním pracovním rozpětí, je nutné používat monitorovací systém, aby bylo zajištěno, že nádrže nevyschnou.	Vany s vytápěnou lázní mají dno i stěny tepelně izolované. Lázně teplotou nad 90°C mají navíc pohyblivý zákryt, aby nedošlo k jejich vyschnutí. Teplota je regulována pomocí teplotního senzoru.	V souladu s BAT
Chlazení	Zabránit nadbytečnému chlazení optimalizací složení pracovní lázně a pracovní teploty v daném rozmezí. Používání uzavřeného chladicího systému pro nové chladicí systémy.	Chlazení se využívá pouze pro anodickou oxidaci. Chlazení probíhá samostatně pro každou vanu. Každá vana je osazena výměníkem s čerpadlem a potrubím propojeným s vanou. Zdrojem chladu bude výrobník chladu umístěn vně eloxovny.	V souladu s BAT

Tab.16 - Shoda s BAT eloxovny jako celku, pokračování

1. Označení části zařízení			
Galvanizace a eloxování			
2. Zdroj informací			
Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů			
3. Hodnocený ukazatel	4. Parametr BAT	5. Parametr zařízení	6. Zdůvodnění rozdílů
Snížení spotřeby vody v procesu	Monitoring všech míst spotřeby vody a materiálů v provozu, zaznamenávání údajů o spotřebě. Zpětné využití vody z oplachových lázní.	Snížení spotřeby vody a surovin monitorováním spotřeby v provozu dodržením technologické kázně.	V souladu s BAT
Oplachování	Použití vícenásobného oplachu.	Oplachy jsou dvoustupňové, popř. třístupňové. Provádí se ve dvou, resp. třech vanách za sebou.	V souladu s BAT
Předcházení a snížení množství odpadů	Minimalizace vzniku odpadu použitím technik kontroly používání surovin v procesech. Pokud vzniknou odpady, je nutné je třídit a označovat, a to již v procesech nebo v průběhu úpravy odpadů. Lze je pak zpětně využít nebo regenerovat s dostatečnou účinností.	Obsluha na základě technologických návodů míchá suroviny. Spotřeby surovin jsou tudíž monitorovány. Odpady jsou tříděny, označeny a předány dalším firmám k využití.	V souladu s BAT



Obr.24 – Model hlavní eloxovací linky, v popředí je linka L1, v pozadí linka L2

- 1 - Odmaštění, lázeň ROGAL 19, 70°C, 5 minut
- 2 - Odmaštění + moření, lázeň ROGAL 18, 40°C, 2 minuty
- 3, 4, 5 - Oplach třístupňový, 3x voda 20°C, 2 minuty
- 6 - Vyjasňování, lázeň ROGAL 32, 25°C, 1 minuta
- 7, 8 - Oplach dvoustupňový, 2x voda 20°C, 2 minuty
- 9 - Zásobník se studenou vodou pro uchování vyjasněných dílů před eloxací
- 10 - ELOXOVÁNÍ č.1, lázeň ROGAL 5, 0°C,  $U=20\text{ V}$ ,  $I=2065\text{ A.dm}^{-2}.\text{dm}^2$ , doba eloxace  $t=1538\text{ s}$
- 11 - Oplach, voda 20°C, 10 minut
- 12 - ELOXOVÁNÍ č.2, lázeň ROGAL 5, 0°C,  $U=20\text{ V}$ ,  $I=2065\text{ A.dm}^{-2}.\text{dm}^2$ , doba eloxace  $t=1538\text{ s}$
- 13 - Oplach, voda 20°C, 10 minut
- 14 - ELOXOVÁNÍ č.3, lázeň ROGAL 5, 0°C,  $U=20\text{ V}$ ,  $I=2065\text{ A.dm}^{-2}.\text{dm}^2$ , doba eloxace  $t=1538\text{ s}$
- 15 - Oplach, voda 20°C, 10 minut
- 16 - Oplach DEMI voda, sprchováním, 25 minut (doba oplachu = doba eloxování)
- 17 - Impregnace vodní disperzí Teflonu<sup>®</sup>, roztok 3M Dyneon TF, 25°C, 5 minut
- 18 - Tepelné zpracování nanesené vrstvy, 130°C, 30 minut
- 19 - Chladicí zařízení 6x TAEevo Tech 351 STD od fy. VESKOM, spol. s r.o.
- 20 - Zdroje proudu 6x SZS 2500 30/400 (celkem 6 jednotek B1.3 zapojených paralelně) od fy. Dehor – elspec. Litvínov s.r.o.
- 21 - Automatická demistanice DEWA A 50, výkon stanice je  $1500\text{ l.h}^{-1}$ , rozsah měření  $30\div 1000\text{ }\mu\text{S/m}$ . Stanice je od fy. WATEK, s.r.o.
- 22 - Zásobní nádrž na demineralizovanou vodu o objemu  $5,3\text{m}^3$  od fy. PLASTIME.CHEMI s.r.o.(divize PLASTY)
- 23 - Horizontální pračka odsávaného vzduchu, výkon ventilátoru  $25000\text{ m}^3.\text{hod}^{-1}$  od fy. PLASTIME.CHEMI s.r.o.(divize PLASTY)

### **3. Ekonomické zhodnocení**

V této části práce se pokusím zhodnotit provoz eloxovny z ekonomického hlediska. Nejprve musíme vyčíslit ceny vybavení, podpůrných zařízení a technologických kapalin (ceny uvedeny bez DPH).

Vanové vybavení: Vanové vybavení bude od české společnosti se sídlem v Jablonci nad Nisou - PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY. Vany budou vyrobeny z PP (polypropylenu), některé vany budou vytápěny, některé budou bez vytápění. V cenové kalkulaci jsou započítány i vany, které bude možno využít pro barvení a utěšňování, ačkoliv tyto operace nebudou u zakázky pro povrchovou úpravu kontaktních ploch využity.

*Tab.17 – Cenová nabídka na vanové vybavení hlavní a menší linky*

Rozměr vany	Vyhřívaná	Cena (ks)	Počet	Celkem
3,2x0,5x1,3m	ANO	60 000 Kč	5	300 000 Kč
3,2x0,5x1,3m	NE	35 000 Kč	11	385 000 Kč
3,2x1x1,3m	ANO	95 000 Kč	3	285 000 Kč
3,2x1x1,3m	NE	58 000 Kč	1	58 000 Kč
Odsávání 3,2x0,5x1,3		7 000 Kč	3	21 000 Kč
Odsávání 3,2x1x1,3		8 500 Kč	3	25 500 Kč
2,2x0,5x1,3m	ANO	50 000 Kč	5	250 000 Kč
2,2x0,5x1,3m	NE	30 000 Kč	11	330 000 Kč
2,2x1x1,3m	ANO	68 000 Kč	3	204 000 Kč
2,2x1x1,3m	NE	42 000 Kč	1	42 000 Kč
Odsávání 2,2x0,5x1,3		6 500 Kč	3	19 500 Kč
Odsávání 2,2x1x1,3		7 500 Kč	3	22 500 Kč
<b>Celkem</b>				<b>1 942 500 Kč</b>

Tab.18 – Cenová kalkulace náplní do van

Používané přípravky	Cena přípravku (za jednotku)	Linka L1	Linka L2
ROGAL 5		3x	3x
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (40%)	18 Kč . l <sup>-1</sup>	25 459,2 Kč	14 256,0 Kč
H <sub>2</sub> O (demi 1mS.m <sup>-1</sup> )	0,09 Kč . l <sup>-1</sup>	247,1 Kč	169,9 Kč
ROGAL 5.1	75 Kč . kg <sup>-1</sup>	9 360,0 Kč	6 435,0 Kč
ROGAL 5.2	75 Kč . kg <sup>-1</sup>	9 360,0 Kč	6 435,0 Kč
ROGAL 5.3	87 Kč . l <sup>-1</sup>	361,9 Kč	248,80 Kč
ROGAL 18		1x	1x
H <sub>2</sub> O	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	124,8 Kč	85,8 Kč
ROGAL 18.1	67 Kč . kg <sup>-1</sup>	20 904,0 Kč	14 371,5 Kč
ROGAL 18.2	87 Kč . l <sup>-1</sup>	542,8 Kč	373,2 Kč
ROGAL 19		1x	1x
H <sub>2</sub> O	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	124,8 Kč	85,8 Kč
ROGAL 19.1	90 Kč . kg <sup>-1</sup>	7 488,0 Kč	5 148,0 Kč
ROGAL 19.2	87 Kč . l <sup>-1</sup>	542,9 Kč	373,2 Kč
ROGAL 21		1x	1x
H <sub>2</sub> O	100 Kč . l <sup>-1</sup>	6 240,0 Kč	4 290,0 Kč
	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	124,8 Kč	85,8 Kč
ROGAL 32		1x	1x
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (40%)	18 Kč . l <sup>-1</sup>	11 232,0 Kč	7 722,0 Kč
H <sub>2</sub> O	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	87,4 Kč	60,1 Kč
ROGAL 32.1	110 Kč . kg <sup>-1</sup>	6 864,0 Kč	4 719,0 Kč
ROGAL 32.2	87 Kč . l <sup>-1</sup>	723,8 Kč	497,6 Kč
Oplach + uložení dílů před eloxací		(10x2,08m <sup>3</sup> + 1x4,16m <sup>3</sup> )	(10x1,43m <sup>3</sup> + 1x2,86m <sup>3</sup> )
H <sub>2</sub> O	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	1 497,6 Kč	1 029,6 Kč
Impregnace			
3M Dyneon TF 5070	780 Kč.kg <sup>-1</sup>	116 812,8 Kč	80 308,8 Kč
H <sub>2</sub> O	0,06 Kč . l <sup>-1</sup>	117,3 Kč	80,7 Kč
Celkové náklady		307 916,5 Kč	201 951,1 Kč

Ve skladu toxických látek bude uložena zásoba chemikálií odpovídající potřebě celkové obnovy lázní hlavní linky bez vody, tj. v hodnotě 305 185,9 Kč.

Dopravník: Dopravník nad vanovou kaskádou bude řízen ručně nebo programem podle technologického postupu. Dopravník bude dodán českou společností se sídlem v Jablonci nad Nisou - PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY. Cena přepravníku je 250 000 Kč.

Odsávání a přívod vzduchu: Odsávací rámy jsou umístěné na výztuhách rámu. Množství odsávané vzdušiny bude cca 25000 m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>. Dodaná pračka odsávaného vzduchu bude mít rozměry 2x2x4,7m, bude napojena na vzduchotechniku o průměru 900mm. Cena pračky, včetně zásobní nádrže, potrubních rozvodů zkrápění, čerpadla a náplně je 520 000 Kč. Vzduchotechnika bude dodána společností PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY.

Výroba a rozvod chladu: Chlazení elektrolytu pro tvrdou anodickou oxidaci bude probíhat nucenou cirkulací. Chlazení eloxovací lázně bude realizováno prostřednictvím předřazeného deskového výměníku Alfa Laval a kompresorového vzduchem chlazeného chladiče MTA TAEevo tech. Hydraulický okruh mezi deskovým výměníkem a kompresorovým chladičem bude naplněn směsí vody a propylenglykolu 35%. Složení lázně je 20% kyselina sírová, voda a přípravky RO GAL 5.1, RO GAL 5.2 a RO GAL 5.3. Návrhová teplota okolí je 35°C a vzhledem k nutnosti velkého průtočného množství vzduchu chladičem budou chladiče umístěny venku. Systém chlazení obsahuje:

- Chladicí jednotka TAEevo Tech 351 STD
- Integrované oběhové čerpadlo 3 bary
- Tlaková akumuláční nádoba 350 litrů
- Hlídač sledu fází
- Vzduchové filtry kondenzátoru
- Elektrické vyhřívání oleje kompresoru
- Kompletní proti mrazová ochrana do -20°C
- Deskový výměník Alfa LAVAL M6-FG

Cena kompletu je 642 000 Kč. Ke chlazení obou linek bude zapotřebí šest chladičů, celkem za cenu 3 852 000 Kč. Chladiče budou dodány společností VESKOM spol. s r.o., Dolnoměcholupská 522/12a, 102 00 Praha 10.

Výroba DEMI vody: Výroba demineralizované vody bude zajištěna automatickou stanicí DEWA A 50. Cena stanice včetně kolon, náplní, ventilů a mikroprocesorového řízení je 153 000 Kč. Stanice bude dodána společností WATEK s.r.o, se sídlem Jiřího Wolкера 852, Ledec nad Sázavou.

Zdroje proudu: Jako zdroje proudu budou použity řízené usměrňovače napájené přímo ze sítě. Vzhledem k požadované proudové hustotě byly vybrány proudové zdroje SZS 2500 30/400, s výstupem 30V a proudem 2500A. Řešení je docíleno paralelním zapojením dvou modulů B1.3 (2x modul 30V, 1250A). Cena proudového zdroje včetně stojanu, skříňky dálkového ovládání, digitálního měření a programovatelné regulace je 528 600 Kč. Budeme potřebovat šest proudových zdrojů, čili cena je 3 171 600 Kč. Dodavatelem průmyslových zdrojů pro galvanotechniku je společnost DEHOR – ELSPEC. Litvínov s.r.o, Jiráskova 413, Litvínov.

Technologické potrubní rozvody: Technologické rozvody budou zajištěny v rámci dodávky van pro eloxování společností PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY. Cena za rozvody je zahrnuta v ceně vanového vybavení.

Neutralizační stanice: Celkový objem všech technologických tekutin v provozu je 84m<sup>3</sup>, roztoky, jež bude třeba v průběhu činnosti neutralizovat, jsou ROGAL 5,ROGAL 19,ROGAL 19, ROGAL 21 a ROGAL 32 a oplachové vody. K neutralizaci těchto vod bude použita průtočná neutralizační stanice o průtoku 2m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>. Neutralizační stanice sestává z přečerpávací jímky, nádrže, reaktorů, lamelových usazováku, kalolisu, pískového filtru, nádrže pro dávkování chemie,



potrubních rozvodů a řídicím systémem. Cena za komplet je 3 970 000 Kč a dodána bude společností PLASTIME.CHEMI s.r.o., divize PLASTY. Přesný postup neutralizace odpadních vod je popsán v manuálu stanice.

Celkové náklady na výrobní linky jsou značně vysoké, nicméně cena technologií je vysoká. Při provozování eloxační linky je potřeba dbát důsledné kontroly složení roztoků a procesů a tím předcházet vytvářené nekvalitních výrobků, jejichž opravy by provoz prodražovaly. Byly rovněž navrženy víceúrovňové oplachy, které snižují potřebu oplachových vod. Náklady na pořízení technologie dosahují výše 12 731 652,00 Kč, a to zde nejsou započteny náklady prostoru, personální náklady, náklady na materiál, náklady na energie, náklady na pořízení a splácení úvěru pro nákup technologie atd.

Pokud bychom vztahovali návratnost investice pouze na jednu zakázku, potom by cena hotového produktu (tedy jedné kontaktní plochy žehličky) musela být minimálně 17 Kč + příspěvek na úhradu na výše uvedené nevyčíslené náklady. Společností, které nabízejí povrchovou úpravu tvrdým eloxováním s dodatečnou úpravou povrchu teflonováním není v ČR příliš mnoho, a tak, pokud si eloxovna bude udržovat vysoký standard odvedené práce, o zakázky nebude mít nouzi, a ekonomicky bude prospívat.

## **4. Závěr**

V této diplomové práci jsem se snažil shrnout poznatky o metodě povrchové úpravy hliníku a jeho slitin tvrdým eloxováním v kyselém elektrolytu kyseliny sírové (v komerčně dodávané lázni ROGAL 5 od fy. EKOCEM-PPÚ s.r.o.). Pokusil jsem se shrnout podstatu procesu vytváření oxidické vrstvy, vliv slitinových příměsí na vlastnosti vrstvy a poukázat na velikou důležitost pečlivé přípravy dílů před vlastní oxidací. Jsou zde popsány metody předúprav povrchu, metody vybarvování oxidické vrstvy a různé metody utěšňování. Pokusil jsem se také shrnout základní vlastnosti, v současné době velmi populární látky PTFE (polytetrafluoretylenu) a možnosti jeho využití k impregnaci povrchové vrstvy oxidické vrstvy. Metoda impregnace byla konzultována s výzkumníky SVÚOM v Čelákoviciích a několika podniky v ČR, na Slovensku a také se zástupci výrobců disperzí fy. DuPont (USA, Německo), fy. Clariant (Švýcarsko) a fy. 3M (Německo, ČR)

Další částí této diplomové práce bylo navrhnutí výrobní linky pro úpravu povrchu konkrétního výrobku metodou tvrdého eloxování s dodatečnou modifikací vrstvy oxidu impregnací teflonovými částicemi dispergovanými ve vodném roztoku. Jako nejvhodnější je ukázalo použití jednovrstvého přípravku Dyneon TF od společnosti 3M, a to vzhledem k relativní jednoduchosti aplikace a také na základě dobrých referencí od podniků, jež tento produkt používají. Byly navrženy dvě eloxační linky, jedna hlavní a druhá záložní pro vykrytí činnosti v případě poruchy na hlavní lince. Menší linka může být souběžně používána na jiný typ zakázek, například pro dekorativní elox. Obě linky byly navrženy s ohledem na maximální šetrnost k životnímu prostředí a byly navrženy tak, aby co nejvíce využívaly oplachové vody (dvoustupňové a třístupňové oplachy), recyklace oplachové DEMI vody atd.

Třetí částí této práce bylo ekonomické zhodnocení celé linky s ohledem na konkrétní zakázku a s výhledem pokračování výroby pro jiné zakázky.

## **5. Použité literární zdroje**

[1] MICHNA, Štefan, Ivan Lukáč, Vladivoj Očenášek, Rudolf Kořený, Jaromír Drápala, Heinz Schneider a Andrea Miškuřová. 2005. Encyklopedie hliníku. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 700 s. ISBN 80-890-4188-4.

[2] RONEŠ, Josef. 1961. Anodická oxydace hliníku. [Vyd. 1.]. Praha: Státní nakl, technické literatury, p. cm.

[3] EKOChem-PPÚ s.r.o. Anodická oxidace hliníku a jeho slitin - eloxování [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z:  
[http://www.ekochem-ppu.cz/Materi%C3%A1ly/Anodicka\\_oxidace\\_hliniku\\_a\\_jeho\\_slitin.pdf](http://www.ekochem-ppu.cz/Materi%C3%A1ly/Anodicka_oxidace_hliniku_a_jeho_slitin.pdf)

[4] HUNTER, M. S. u. P. E.: Determination of Barrier Layer Thickness of Anodic Oxide Coatings. J, Elektr. Soc. 101.

[5] Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection was published in 2003 as Volume 13A of the ASM Handbook. The Volume was prepared under the direction of the ASM Handbook Committee. 10th edition. ISBN 0871707055, strana 1899

[6] Properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials was published in 1990 as Volume 2 of the ASM Handbook. The Volume was prepared under the direction of the ASM Handbook Committee. 10th edition. ISBN 0871703785, strana 55

[7] ALUCAD BOHEMIA. [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z:  
[http://www.alucad.cz/public/var/files/file\\_109.pdf](http://www.alucad.cz/public/var/files/file_109.pdf)

[8] KREIBICH, Viktor. Příčiny a důsledky nevhodných aplikací povrchových úprav: Causes and consequences undersirable applications of surface treatments. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2004, 29 s. ISBN 80-01-03120-9.

[9] COTELL, C.M., Sprague, J.A., Smidt, F.A. ASM Handbook - Vol.5 Surface Engineering, ASM International, Ohio 1994.

[10] Anodizig of aluminum [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z:  
<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/metals/8E.pdf>

- [11] doc. Ing. Martin Kormunda, Ph.D., studijní texty, přednáška č. 7, Fyzikální metody depozice - KFY/P223, dostupné z: <http://physics.ujep.cz/~mkormund/P223/FMD-prednaska7.pdf>
- [12] KREIBICH, Viktor, Ostrá, Vladislava: Chyby při eloxování hliníku a jeho slitin. Povrcháři [online]. 2009, č. 3, s. 3-5 [cit. 2015-05-20]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/200903\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/200903_povrchari.pdf)
- [13] OSTRÁ, V., Rozmánek M., Tvrdá anodická oxidace hliníku a jeho slitin [PDF dokument], dostupné z WWW: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/200801\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/200801_povrchari.pdf), Leden 2008, 1. číslo.
- [14] HOLEČEK, P., Kudláček, J.: Anodická oxidace rotorů dopřádacích strojů [PDF dokument], dostupné z WWW: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201006\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201006_povrchari.pdf), Srpen 2010, 6. Číslo.
- [15] ČSN EN 2536: Letectví a kosmonautika - Tvrdá anodická oxidace hliníkových slitin. Aerospace series. Hard anodizing of aluminium alloys. Třídící znak: 318232, Vydána: 2.1997  
PDF: Plnotextové
- [16] ČSN EN 7583: Anodická oxidace hliníku a jeho slitin. Slovník. Anodizing of aluminium and its alloys. Vocabulary. Třídící znak: 038007, Vydána: 5.1994, PDF: Skenované
- [17] Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC). Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů, Srpen 2005. Překlad MPO ČR, Zpracoval SVUOM s.r.o. Ke stažení z: <http://www.ippc.cz/obsah/CF0204/vlastni-dokumenty-bref/povrchove-upravy-kovu-a-plastu>
- [18] FICKOVÁ, Z., Kudláček, J.: Technologie v kosmickém výzkumu – část II [PDF dokument], dostupné z WWW: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201401\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201401_povrchari.pdf), Leden 2014, 1. Číslo.
- [19] BAS Rudice s.r.o., Pražská 66, 678 01 Blansko - Česká republika, [info@spektrometry.cz](mailto:info@spektrometry.cz)
- [20] 3M Česko, spol. s r.o., V Parku 2343/24, 148 00 Praha 4, Česká republika
- [21] EKOCEM-PPÚ s.r.o., Výroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu, Pražská 76, LETOVICE, 679 61, [ekochem@sendme.cz](mailto:ekochem@sendme.cz), <http://www.ekochem-ppu.cz>
- [22] PLASTIME.CHEMI s.r.o. – divize PLASTY, U Přehrady 5206/63, 466 02 Jablonec nad Nisou, Česká Republika, [info@chemi.cz](mailto:info@chemi.cz), <http://www.chemi.cz>

[23] VESKOM spol. s r.o. – člen skupiny VESKOM Group, Dvorská 171, 252 03 Řitka, Česká Republika, <http://www.veskom.cz>

[24] HLAVÁČEK, V., SVÚM a.s. Praha, Použití povlaků z PTFE ve strojírenství [PDF dokument] dostupné z WWW: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/200805\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/200805_povrchari.pdf), Květen 2008, 5.číslo

## **6. Kontakty**

[1] DuPont Česká Republika: DuPont CZ s.r.o., Pekařská 14/628, 15500 Praha, Tel: 257 414 111

[2] DuPont USA: Wilmington - Concord Plaza, Delaware, Telephone: 1-800-441-7515 or  
1-302-774-1000

[3] MICEL, Parc d'activités Stelytec, 42400 Saint Chamond, Service Client : 04 77 29 39 49  
Service achats (industriels) : 04 77 29 39 33, Mail : info@micel.fr

[4] MICEL Česká Republika: Mob : +420 608 20 26 24, Mail : czech-republic@micel.fr

[5] CLARIANT SWITZERLAND, Clariant SE, Rothausstrasse 61, 4132 Muttenz 1,  
Switzerland/Europe, Phone: +41 61 469 51 11, Fax: +41 61 469 59 01

[6] CLARIANT GERMANY, Clariant SE, Brünigstrasse 50, 65929 Frankfurt am Main,  
Postal address: Am Unisys Park 1, 65843 Sulzbach am Taunus, Germany,  
Phone: +49 6196757-60, Fax: +49 6196757-8856, E-Mail: Melanie.kandora@clariant.com

[7] OMYA AG SCHWEIZ, Andreas vanBaerle, Head of Sales Aluminium Finishing,  
Baslerstrasse 42, Aargau 4665 Oftringen, Switzerland, Phone direct: +41 62 789 2263  
Mobile: +41 79 203 1278, Fax: +41 62 789 2238, Email: Andreas.vanBaerle@omya.com

[8] OMYA GmbH, Bernd Kirchner, Sales Manager and Technical Support Aluminium  
Finishing, Omya GmbH, Siegburger Strasse 229 c, North Rhine Westfalia 50679 Köln  
(Deutz), Germany, Phone direct: +49 173 731 87 13, Mobile: +49 173 731 87 13,  
Fax: +49 9071 705 4943, Email: Bernd.Kirchner@omya.com

[9] SVÚM a.s., Tovární 2053, 250 88 Čelákovice, oddělení polymerů a technologie  
fluoroplastů, Ing. Vratislav Hlaváček, CSc., Tel: +420 326 509 043, Mobil: 602 860 548,  
Email: fluoroplastics@svum.cz

[10] DEHOR-elspec. Litvínov s.r.o., Ing. Lukáš Krahulík, Jiráskova 413, 436 01 LITVÍNŮV,  
Tel.: +420 417 633 253, Tel./fax : +420 476 731 365, Mobil: +420 607 547 731  
Email : dehor@dehor.cz

[11] SurTec ČR s.r.o., Zuzana Žaloudková, A company of the Freudenberg Group,  
Tel: 257 760 037, fax: 257 760 036, mobil: 607 009 614, Email: zz@surtec.cz

[12] VESKOM GROUP, Ing. PETR HÝSEK, Dolnoměcholupská 522/12a, 10200 Praha 10,  
tel.: +420 272 088 130, fax: +420 272 088 188, mobil: +420 724 149 838, e-mail:  
hysek@veskom.cz

[13] WATEK s.r.o., Ing. Jiří Báborský, Jiřího Wolkera 852, 584 01 Ledec nad Sázavou,  
Telefon: 569 720 533(4), mobil: +420 731 612 186, Email: baborsky@watek.cz

[14] Plastime.chemi s.r.o., Helena Němečková, Ing. Pavel Novák, U Přehrady 63, 466 01  
Jablonec n. Nisou, tel: 777 482 509, 483 369 706, e-mail: helena.nemeckova@chemi.cz,  
pavel.novak@chemi.cz

[15] EKOCHÉM-PPÚ s.r.o., Výroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu,  
Pražská 76, 679 61 LETOVICE, tel.: 516 474 148, fax: 516 474 140, mobil: 721 731 160,  
e-mail: ekochem@sendme.cz

## **7. Přehled obrázků**

*Obr.1 – Standardní elektrodové potenciály( $Al=-1,69V$ )*

*Obr.2 – Model růstu oxidické vrstvy podle Keller – Hunter [5]*

*Obr.3 – Model růstu oxidické vrstvy podle Keller – Hunter [5]*

*Obr.4 – Model vytváření pórovité struktury a princip vybarvení*

*Obr.5 – Model konverzní vrstvy u dekorativního eloxování [1]*

*Obr.6 – Model konverzní vrstvy u „tvrdého“ eloxování*

*Obr.7 – Grafické znázornění růstu vrstvy (v roztoku  $H_2SO_4$  při proudové hustotě  $1,6 A \cdot dm^{-2}$ ) a přeměny substrátu s časem. Interval „x“ vymezuje oblast anodizace používané v technické praxi, bod „S“ označuje průsečík oxidické vrstvy s úrovní původního povrchu [11]*

*Obr.8 – Ruční rentgenový analyzátor Olympus Innov X (výrobce OLYMPUS) dodavatel [19]*

*Obr.9 – Označení tvrdé anodické oxidace podle ČSN EN 2536 [15]*

*Obr.10 – Schéma obecného technologického postupu při anodické oxidaci*

*Obr.11 – Typické mořící parametry E0 a E6 moření [1]*

*Obr.12 - Porovnání principu mechanického a chemického leštění povrchu [2]*

*Obr.13 – Schématické znázornění metod barvení [1]*

*Obr.14 – Schématicky znázorněný mechanismus horkého utěsnění - podle W. Hiibnera [1]*

*Obr.15 – Vodní disperze: 3M Dyneon TF 5070GZ, výrobce 3M [20]*

*Obr.16 – Nepravidelnosti ve vytvořené oxidické vrstvě (připraveno v 20%  $H_2SO_4$  při napětí 20V a teplotě elektrolytu 0°C)*

*Obr.17 – Kontaktní plocha žehličky (po povrchové úpravě)*

*Obr.18 – Umístění žehlicích ploch v rámu na pružinových závěsech. Pro hlavní linku má rám rozměr 3000x1000 mm(35ks) a pro menší linku má rozměr 2000x1000 mm(25ks)*

*Obr.19 – Schematické provedení dvoustupňového a třístupňového oplachu. Směr oplachování je naznačen šipkou. V lázni označené č.1, je nejvíce znečištěná voda od roztoku z předchozího technologického kroku. Následuje oplach ve vaně č.2, popřípadě vaně č.3 (u třístupňového oplachu).*

*Obr.20 – Průmyslový chladič TAEvo Tech 351 STD, dodavatel VESKOM spol. s r.o. [23]*

*Parametry chladiče: chladicí výkon 47,7 kW, celkový příkon chladiče 24,4 kW, medium voda + propylenglykol 35%, průtok vzduchu ventilátorem 21 600 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>,výtlač oběhového čerpadla 295 kPa, objem integrované akumulární nádoby 350 litrů, chladiivo R410A, regulace výkonu 0-50-100%, krytí el.boxu IP 54, instalace venkovní rozměry šxdxv 865 x 2255 x 2065 mm, elektrické připojení 400 V ±10% / 3 / 50 Hz*

*Obr.21 – Demistanice DEWA A50, dodavatel WATEK s.r.o [24], výkon stanice 1500 l.h<sup>-1</sup>, rozsah měření 30÷1000 μS/m*

*Obr.22 – Spínané zdroje pro galvanotechniku a elektrochemii SZS 2500 30/400, (dva zdroje B1.3 zapojené paralelně). Dodavatel Dehor – elspec. Litvínov s.r.o. [25]*

*Obr.23 – Vzduchotechnika od společnosti PLASTIME.CHEMI s.r.o.(divize PLASTY)*

*Obr.24 – Model hlavní eloxovací linky, v popředí je linka L1, v pozadí linka L2*



## **8. Přehled tabulek**

*Tab.1- Varianty anodické oxidace*

*Tab.2 - Zkoušky znaků jakosti anodických oxidových povlaků, jak jsou definovány v jednotlivých ČSN*

*Tab.3 - Velikost vytvořených pórů v závislosti na druhu elektrolytu [18]*

*Tab.4 – Vliv slitinových příměsí na vlastnosti oxidických vrstev [6]*

*Tab.5 - Chemické složení slitiny hliníku 5042, žehlící plochy [6]*

*Tab.6 - Vhodnost slitin hliníku pro anodickou oxidaci [1]*

*Tab.7 - Základní parametry oxidické vrstvy dekorativní a tvrdé [13]*

*Tab.8 - Metody předúprav povrchu dle DIN 17611 [1]*

*Tab.9 - Součásti a funkce čisticích prostředků ředitelných vodou*

*Tab.10 - Soupis základních parametrů pro tvrdou anodickou oxidaci (pro jednu vanu)*

*Tab.11 - Přehled vanového vybavení eloxovny hlavní linka*

*Tab.12 - Přehled vanového vybavení eloxovny menší linka*

*Tab.13 - Přehled a složení používaných lázní*

*Tab.14 - Použití nejlepších dostupných technik pro neutralizační stanici*

*Tab.15 - Použití nejlepších dostupných technik pro sklad toxických látek*

*Tab.16 - Shoda s BAT eloxovny jako celku (použití nejlepších dostupných technik)*

*Tab.17 - Cenová nabídka na vanové vybavení hlavní a menší linky*

*Tab.18 - Cenová kalkulace náplní do van*

## **9. Přílohy**

### **9.1. Technický list lázně ROGAL 5**

# **TVRDÁ ANODICKÁ OXIDACE HLINÍKOVÝCH SLITIN**

## **R o g a l 5**

Lázeň ROGAL 5 speciál je výhodná pro tvrdou anodickou oxidaci hliníku a hliníkových slitin. Tato lázeň se vyznačuje nižší koncentrací kyseliny sírové než běžně používané lázně. Používané přísady zlepšují kvalitu oxidické vrstvy a také pracovní podmínky. Povlaky z této lázně vykazují vyšší tvrdost a silnější vrstvy.

#### **Příprava 100 litrů eloxační lázně:**

Do vany s kyselinovzdorným vyložením se za stálého míchání nalije:

66 litrů demi vody (1mS/m), 34 litrů kyseliny sírové akumulátorové 40%, při použití kyseliny sírové konc.ch.č.je nutné upravit poměr kyseliny a vody (8,2 lt kyseliny sírové konc. 96% a 92 lt demi vody, u koncentrované kyseliny je nutné věnovat větší pozornost bezpečnosti práce.

Po naředění kyseliny se doplní:

**3 kg přísady Rogal 5.1**  
**3 kg přísady Rogal 5.2**  
**100 ml přísady Rogal 5.3**

Po rozpuštění přísad a vychlazení je lázeň provozuschopná.

#### **Složení lázně:**

Kyselina sírová (volná)	140 g/litr
Provozní koncentrace kysel.sírové	130 - 180 g/litr
Maximální obsah hliníku	20 g/lit.
Maximální obsah NaC	200 mg/lit.

**Pracovní podmínky:**

Teplota lázně:	-5 až +5 °C, optimum 0°C
Doba:	20- 60 minut (dobu je nutné upravit dle požadované tloušťky)
Tvorba vrstvy:	1,6 -2 um/minutu při 4A/dm <sup>2</sup>
Proudová hustota:	4 - 8 A/dm <sup>2</sup>
Napětí:	20 - 40 V

**Bezpečnost práce:**

Při práci je nutné používat ochranné pomůcky. Lázeň za provozu odsávat. Podrobnosti viz bezpečnostní list.

**Přípravek Rogal 5.1 a Rogal 5.2 je dráždivý (označení Xi).**

**Likvidace vyčerpané lázně:**

Spočívá v úpravě pH a sedimentace kalu. K úpravě doporučujeme hydroxid vápenatý (vápenné mléko) nebo hydroxid sodný. Při likvidaci odpadních vod je nutné dodržet podmínky kanalizačního řádu a zákona č.354/2001Sb.

**Upozornění:**

Pro zajištění dlouhodobé skladovatelnosti je Rogal 5 dodáván jako dvě složky Rogal 5.1 a Rogal 5.2. Doplnění během provozu je provedeno ve vypočteném množství v poměru 1:1.

**Klasifikace (výpis z ČSN EN 2536) :**

Slitiny s obsahem mědi do 1%: tloušťka povlaku: 30 - 120 um, tvrdost: min. 350 HV,  
Slitiny s obsahem mědi nad 1%: tloušťka povlaku: 30 - 60 um, tvrdost: min. 300 HV  
Slitiny s obsahem mědi do 1%: při tloušťce cca 100 um je pokles tvrdosti na min 250 HV

**Stanovení koncentrace celkové a volné kyseliny sírové:**

Stanovení veškeré (celkové) kyseliny sírové:

Do titrační baňky 250 ml odpipetujeme mikropipetou 1 ml lázně, spláchneme demi vodou, přidáme fenolftalein a titrujeme do změny zabarvení n 0,1 NaOH.

Spotřeba = A ml n 0,1 NaOH

Stanovení volné kyseliny sírové:

Postupujeme shodně jako u celkové, ale k roztoku před titrací přidáme cca 0,5g fluoridu sodného. Spotřeba = B ml n0,1 NaOH.

**Výpočet:**

Celková kyselina sírová: A ml x 4,9 = g/lit. kysel.sírové

Volná kyselina sírová: B ml x 4,9 = g/lit. kysel. Sírové

## 9.2. Technický list lázně ROGAL 18



Mýroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu  
679 61 LETOVICE, Pražská 76, tel.: 516 474 148, fax: 516 474 140, mobil: 721 731 160  
www.ekochem-ppu.cz e-mail: ekochem@sendme.cz

---

### ODMAŠŤOVACÍ LÁZEŇ NA HLINÍK S MOŘÍCÍM EFEKTEM

#### R o g a l 1 8

---

**Rogal 18** je radikální odmašťovací lázeň s mořícím efektem zvyšujícím produktivitu, zlepšuje čistící efekt, prodlužuje se životnost lázně a dochází k zlepšení hygieny a bezpečnosti práce. Lázeň je vhodná pro odmaštění hliníku a jeho slitin s jemným mořícím efektem, takže je schopná odmastit a očistit silně znečištěné a zoxidované povrchy. Po odmaštění a oplachu je nutné součástku aktivovat - vyjasnit v 10 - 20 % kyselině dusičné, nebo v lázni Rogal 32.

Při použití Rogalu 18 nedochází k usazeninám na stěnách vany a strhávání lázně do ovzduší.

**Označení jednotlivých složek:**

**Rogal 18.1** - je základní a zesilovací sůl (nasazení dle návodu a zesílení lázně podle rozboru)

**Rogal 18.2** - je přísada zajišťující zvýšenou emulgační schopnost a zajišťující tvorbu pěny.

Tato složka se přidává při poklesu pěnivosti.

**Pracovní podmínky:**

Optimální koncentrace lázně	150 g/litr
Provozní koncentrace lázně	100 - 200 g/litr
Provozní teplota	40 - 65 °C
Doba	1 - 5 minut

**Příprava 100 litrů lázně:**

10 - 20 kg Rogal 18.1

0,2-0,5 litru Rogal 18.2

Po rozpuštění soli a ohřátí na provozní teplotu je lázeň provozuschopná.

Lázeň neobsahuje komplexotvorné látky.

**Likvidace vyčerpané lázně:**

Likvidace spočívá v úpravě pH na hodnotu 7 a sedimentaci kalu. Ropné látky je nutné separovat.

Při likvidaci odpadních vod je nutné dodržet podmínky kanalizačního řádu a zákona

č. 254/2001 Sb.

*Pozor: Rogal 18 je žíravina ! (symbol C)*

**Bezpečnost práce:**

Rogal 18 je silně alkalický roztok, proto je nutné používat ochranné pomůcky a za provozu lázeň odsávat.

**Metodika kontroly lázně:**

Pro stanovení koncentrace odpipetujeme mikropipetou do titrační baňky (250 ml) 1 ml lázně Rogal 18, spláchneme destil. vodou, přidáme 2 kapky fenolftaleinu a titrujeme n 0,1 HCl, spotřeba "A". K titrovanému roztoku přidáme metyloranž (5 kapek) a titrujeme n 0,1 HCl do změny zbarvení, spotřeba "B".

První spotřeba "A" ml by měla být vyšší než 20 ml.

Druhá spotřeba "B" minimálně 3 ml.

Celková spotřeba by měla být vyšší než 23 ml.

Schází-li při první titraci "A" 1 ml je nutné doplnit 1 kg Rogalu 18.1 na 100 litrů lázně.

V případě nedostatku Rogalu 18.1 je možné lázeň zesílit 0,5 kg hydroxidu sodného na 100 litrů lázně. Trvalé přidávání louhu zhoršuje kvalitu odmaštění a nelze zabránit inkrustaci.

Schází-li při druhé titraci "B" 1 ml je nutné doplnit 1 kg Rogalu 18.1 na 100 litrů lázně. Při doplňování Rogalu 18.1 se zvyšují současně obě složky.

Přísadu Rogal 18.2 je nutné doplňovat podle intenzity pění a odmašťovacího efektu.

**Balení:**

Rogal 18.1 - je balen v PE pytlích po 30 kg, tato sůl je označena symbolem C.

Rogal 18.2 - je balen v PE kanistrech dle objednávky.

### 9.3. Technický list lázně ROGAL 19



Výroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu  
679 61 LETOVICE, Pražská 76, tel.: 516 474 148, fax: 516 474 140, mobil: 721 731 160  
www.ekochem-ppu.cz e-mail: ekochem@sendme.cz

---

#### CHEMICKÁ ODMAŠŤOVACÍ LÁZEŇ NA HLINÍK A JEHO SLITINY BEZ NARUŠENÍ POVRCHU

#### R o g a l 19

---

**Rogal 19** je odmašťovací lázeň používaná k odmaštění a očištění hliníku a jeho slitin bez narušení povrchu a poškození rozměrů součástky.

**Rogal 19** je odmašťovací lázeň, kde je využito účinku alkalických solí s biologicky odbouratelným tenzidem a speciálních přísad.

Odmašťovat je možné ponorem nebo postřikem. Při ponorném odmaštění se odmašťovací efekt zvyšuje pohybem zboží, prouděním roztoku a také ultrazvukem.

**Označení jednotlivých složek:**

**Rogal 19.1** - je nasazovací a doplňovací sůl

**Rogal 19.2** - je směs detergentů zvyšujících odmašťovací efekt

**Pracovní podmínky:**

optimální koncentrace lázně	20 g/litr
pracovní koncentrace lázně	10 - 40 g/litr
provozní teplota	50 - 70 °C
doba	1 - 5 minut

**Příprava 100 litrů lázně:**

2 - 4 kg Rogal 19.1

0,2-0,5 litrů Rogal 19.2

Po rozpuštění soli a ohřátí na provozní teplotu je lázeň provozuschopná.

Lázeň neobsahuje komplexotvorné látky.

**Likvidace vyčerpané lázně:**

Likvidace spočívá v úpravě pH na hodnotu 7 a sedimentaci kalu. Ropné látky je nutné separovat. Při likvidaci odpadních vod je nutné dodržet podmínky kanalizačního řádu a zákona č. 254/2001 Sb.

**Pozor: Rogal 19 je dráždivý ! (symbol Xi)**

**Bezpečnost práce:**

Rogal 19 je alkalický roztok, proto je nutné používat ochranné pomůcky a za provozu lázeň odsávat.



**EKOCHÉM-PPÚ**

[www.ekochem-ppu.cz](http://www.ekochem-ppu.cz)

Technický list RO GAL 19

**Metodika kontroly lázně:**

Do titrační baňky (250 ml) odpipetujeme 5 ml lázně, přidáme 5 kapek metyloranže a po spláchnutí titrujeme  $n$  0,1 HCl do změny zbarvení.

Při dávkování 2 kg na 100 litrů musí být minimální spotřeba 12 ml, při koncentraci 1kg/100 lit. je spotřeba 6ml, při dávce 4 kg na 100 litrů je minimální spotřeba 24 ml.

Schází-li při titraci 1 ml je nutné doplnit 0,2 kg Rogalu 19.1 na 100 litrů lázně.

Rogal 19.2 se dávkuje podle intenzity pění.

**Balení:**

Rogal 19.1 - je balen v PE pytlích po 30 kg, tato sůl je označena symbolem Xi.

Rogal 19.2 - je balen v PE kanistrech dle objednávky.

#### 9.4. Technický list lázně ROGAL 21



Výroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu  
679 61 LETOVICE, Pražská 76, tel.: 516 474 148, fax: 516 474 140, mobil: 721 731 160  
www.ekochem-ppu.cz e-mail: ekochem@sendme.cz

---

### LÁZEŇ PRO UTĚSNĚNÍ ELOXAČNÍ VRSTVY

#### R o g a l 2 1

---

Lázeň Rogal 21 je vhodná pro utěsnění eloxační vrstvy. Výhodou této lázně je úspora energie, protože její provozní teplota je 20 - 30 °C. Doba utěsnění je závislá na tloušťce vrstvy oxidu, v provozu odpovídá cca 15 minutám. Použití této lázně je provozně velmi výhodné.

**Pozor:** Přípravek je určen jen pro technické účely a na povrchy nepřicházející do styku s požívatiny. Pro potravinářské účely doporučujeme utěsnění v destilované vodě.

**Příprava lázně:** na 100 litrů lázně je zapotřebí 2-3 litry Rogalu 21  
Po promíchání je lázeň provozuschopná.

**Optimální pracovní podmínky:**

optimální koncentrace roztoku niklu:	2 g/lit.
rozsah koncentrace niklu:	1 - 3 g/lit
pH lázně:	5,5 - 6,5 optimální pH 6
provozní teplota	20 - 30 °C
doba utěsnění:	1 min/ 1µm
doba utěšňování:	5 - 20 minut

**Pozor:** Po utěsnění v lázni Rogal 21 je nutné součástku opláchnout ! (průtočný oplach)  
Usušení součástky - ofuk stlačeným a horkým vzduchem.

Za provozu je nutná kontrola koncentrace lázně a pH.

Při poklesu koncentrace Ni pod 1 g/litr (min. koncentrace) je nutné doplnit 1 litr Rogal 21 na 100 litrů lázně, tím se zvýší obsah Ni o 0,5 g/litr.

**Pozor :** Rogal 21 je dráždivý ! ( označení symbolem Xi )

**Bezpečnost práce:**

Lázeň Rogal 21 je neutrální až mírně kyselý roztok, obsahující koncentraci niklových iontů. Obsluha musí používat předepsané ochranné pomůcky (brýle, ochranný štít, pracovní rukavice).

**Likvidace vyčerpané lázně:**

Likvidace spočívá v úpravě pH vápenným mlékem na hodnotu 8 a sedimentaci kalu. Při likvidaci odpadních vod je nutné dodržet podmínky kanalizačního řádu a zákona č. 254/2001 Sb.





EKOCHÉM-PPÚ

[www.ekochem-ppu.cz](http://www.ekochem-ppu.cz)

Technický list RO GAL 21

**Metodika kontroly lázně:**

Stanovení obsahu Ni je možné komplexometricky nebo fotometricky.

**Komplexometrické (chelatomrické) stanovení:**

Do titrační baňky 250 ml odpipetujeme 50 ml lázně, přidáme indikátor murexid (suchý roztok), několik kapek čpavku, 2 - 3 ml n 0,1 M komplexonu, spláchneme a zamícháme. Dále přidáme cca 10 ml M 0,1 komplexonu = 5,87 mg Ni.

**Výpočet:** ml x 0,02 x 5,87 = g Ni/litr.

**Balení:** Rogal 21 je balen do PE kanystrů s označením Xi v souladu s ustanoveními příslušných vládních zařízení.

## 9.5. Technický list lázně ROGAL 32



Výroba chemických přípravků pro povrchovou úpravu  
679 61 LETOVICE, Pražská 76, tel.: 516 474 148, fax: 516 474 140, mobil: 721 731 160  
www.ekochem-ppu.cz e-mail: ekochem@sendme.cz

### LÁZEŇ PRO VYJASNĚNÍ HLINÍKU NA BÁZI KYSELINY SÍROVÉ

#### R o g a l 32

Rogal 32 je lázeň k vyjasnění hliníku a jeho slitin po alkalickém moření.

Rogal 32 nahrazuje stávající lázeň na bázi kyseliny dusičné. Nová lázeň má dobrý čistící efekt, také zlepšuje hygienu a bezpečnost práce. Vyřazením kyseliny dusičné se podstatně snižuje koncentrace dusičnanů v odpadních vodách. Rogal 32 je proto přínosem z hlediska ekologie.

#### Příprava 100 litrů lázně:

70 litrů vody

30 litrů kyseliny sírové akumulátorové, při použití kyseliny sírové konc. je nutné upravit poměr kyseliny a vody (8,2 litru kyseliny sírové konc. a 92 litrů vody) - nutno věnovat větší pozornost bezpečnosti práce

2 - 4 kg přísady Rogal 32.1

0,2 - 0,5 lt přísady Rogal 32.2

Po dokonalém promíchání a rozpuštění přísady je lázeň provozuschopná.

#### Pracovní podmínky:

teplota lázně:	20 - 30 °C	doba:	1 - 5 minut
pH:	1	min. koncentrace volné kys. sírové:	100 g/lt
		provozní koncentrace:	100 - 150 g/lt

#### Bezpečnost práce:

Při práci je nutné používat ochranné pomůcky. Lázeň je nutné za provozu odsávat.

Likvidace vyčerpané lázně spočívá v úpravě pH na hodnotu 7-8 a sedimentaci kalu. K úpravě pH doporučujeme vápenné mléko. Při likvidaci odpadních vod je nutné dodržovat podmínky kanalizačního řádu, zákona č. 185/2001 Sb. a zákona č. 254/2001 Sb.

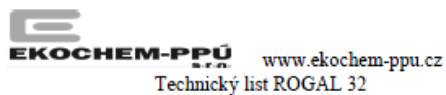
#### Metodika stanovení koncentrace celkové a volné kyseliny sírové :

##### Stanovení veškeré (celkové) kyseliny sírové:

Do titrační baňky 250 ml odpipetujeme mikropipetou 1 ml lázně, spláchneme destilovanou vodou, přidáme fenlftaleín (indikátor) a titrujeme do změny zabarvení n 0,1 NaOH.  
Spotřeba = A ml n 0,1 NaOH.

##### Stanovení volné kyseliny sírové:

Postupujeme shodně jako u celkové, ale k roztoku před titrací přidáme cca 0,1 g fluoridu draselného. Spotřeba = B ml n 0,1 NaOH.



Výpočet:

Celková kyselina sírová :  $A \text{ ml} \times 4,9 = \text{g} / \text{litr kyseliny sírové}$

Volná kyselina sírová :  $B \text{ ml} \times 4,9 = \text{g} / \text{litr kyseliny sírové}$

Minimální koncentrace kyseliny sírové 100 g/ litr

Doplnění: Při poklesu volné kyseliny sírové o 10 g/lit (t.j. na hodnotu 90 g/lit) se doplní na 100 litrů lázně 1 kg kyseliny sírové chemicky čisté konc. 96 % (t.j. 0,5 litru) nebo 2 litry kyseliny sírové akumulátorové.

Pro zlepšení hygienických podmínek provozu lázně je možné doplnit saponátovou přísadu **ROGAL 32.2**. Dávkování se provádí dle potřeby k udržení optimální pěnové vrstvy, která zabraňuje sthávání kyseliny do ovzduší.

**Balení přípravku:** Rogal 32.1 PE pytle dle požadavku zákazníka.  
Rogal 32.2 PE kanystry

## 9.6. Bezpečnostní list lázně 3M Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ.

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ



### Safety Data Sheet

Copyright, 2014, 3M Company. All rights reserved. Copying and/or downloading of this information for the purpose of properly utilising 3M products is allowed provided that: (1) the information is copied in full with no changes unless prior written agreement is obtained from 3M, and (2) neither the copy nor the original is resold or otherwise distributed with the intention of earning a profit thereon.

Document group:	29-6543-2	Version number:	3.00
Revision date:	18/03/2014	Supersedes date:	08/04/2013
Transportation version number:	1.00 (29/03/2012)		

This Safety Data Sheet has been prepared in accordance with the REACH Regulation (EC) 1907/2006 and its modifications.

### SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

#### 1.1. Product identifier

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ

#### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

##### Identified uses

Custom Compound

#### 1.3. Details of the supplier of the substance or mixture

Address: 3M United Kingdom PLC, 3M Centre, Cain Road, Bracknell, Berkshire, RG12 8HT.

E Mail: tox.uk@mmm.com

Website: www.3M.com/uk

#### 1.4. Emergency telephone number

+44 (0)1344 858 000

### SECTION 2: Hazard identification

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

CLP REGULATION (EC) No 1272/2008

##### CLASSIFICATION:

Serious Eye Damage/Eye Irritation, Category 2 - Eye Irrit. 2; H319

For full text of H phrases, see Section 16.

##### Dangerous substances(67/548/EEC)/preparations(1999/45/EC) directive

##### Indication of danger

Irritant; Xi; R36

For full text of R phrases, see Section 16.

#### 2.2. Label elements

CLP REGULATION (EC) No 1272/2008

3M Dyneon PTFE Dispersion TF #070GZ

**SIGNAL WORD**  
WARNING!

**Symbols:**  
GHS07 (Exclamation mark) |

**Pictograms**



**HAZARD STATEMENTS:**  
H319 Causes serious eye irritation.

**PRECAUTIONARY STATEMENTS**

**Response:**  
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

**SUPPLEMENTAL INFORMATION**

**Supplemental Precautionary Statements:**  
Vapours liberated during processing may be hazardous if inhaled. Eye, nose, throat and lung irritation can occur from such vapours. Avoid contamination of tobacco with polymer resin. Before using, read the most current Safety Data Sheet.

Contains 7% of components with unknown hazards to the aquatic environment.

Dangerous substances(67/548/EEC)/preparations(1999/45/EC) directive

**Symbol(s)**



Irritant

**Contains:**

No ingredients are assigned to the label.

**Risk phrases**  
R36 Irritating to eyes.

**Safety phrases** None.

**Special provisions concerning the labelling of certain substances**

Avoid contamination of tobacco with polymer resin.  
Before using, read the most current Safety Data Sheet.  
Vapours liberated during processing may be hazardous if inhaled. Eye, nose, throat and lung irritation can occur from such vapours.

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ

### 2.3. Other hazards

May cause thermal burns.

## SECTION 3: Composition/information on ingredients

Ingredient	CAS Nbr	EU Inventory	% by Wt	Classification
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	9002-84-0		45 - 55	
Non-Hazardous Ingredient	Mixture		35 - 55	
Isotridecanol, ethoxylated	9043-30-5	NLP 500-027-2	1 - 10	Xn:R22; Xi:R41 (Self Classified) Acute Tox. 4, H302; Eye Dam. 1, H318 (Self Classified)

Please see section 16 for the full text of any R phrases and H statements referred to in this section  
Please refer to section 15 for the any applicable Notas that have been applied to the above components

For information on ingredient occupational exposure limits or PBT or vPvB status, see sections 8 and 12 of this SDS

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1. Description of first aid measures

#### Inhalation

Remove person to fresh air. If you feel unwell, get medical attention.

#### Skin contact

Immediately flush skin with large amounts of cold water for at least 15 minutes. DO NOT ATTEMPT TO REMOVE MOLTEN MATERIAL. Cover affected area with a clean dressing. Get immediate medical attention.

#### Eye contact

Immediately flush eyes with large amounts of water for at least 15 minutes. DO NOT ATTEMPT TO REMOVE MOLTEN MATERIAL. Get immediate medical attention.

#### If swallowed

Rinse mouth. If you feel unwell, get medical attention.

### 4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

See Section 11.1 Information on toxicological effects

### 4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment required

Not applicable

## SECTION 5: Fire-fighting measures

### 5.1. Extinguishing media

In case of fire: Use a fire fighting agent suitable for ordinary combustible material such as water or foam to extinguish.

### 5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Exposure to extreme heat can give rise to thermal decomposition.

### 5.3. Advice for fire-fighters

When fire fighting conditions are severe and total thermal decomposition of the product is possible, wear full protective clothing, including helmet, self-contained, positive pressure or pressure demand breathing apparatus, tunic and trousers

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ

(leggings), bands around arms, waist and legs, face mask, and protective covering for exposed areas of the head.

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Evacuate area. Ventilate the area with fresh air. Refer to other sections of this SDS for information regarding physical and health hazards, respiratory protection, ventilation, and personal protective equipment.

### 6.2. Environmental precautions

Avoid release to the environment. For larger spills, cover drains and build dykes to prevent entry into sewer systems or bodies of water.

### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Contain spill. Working from around the edges of the spill inward, cover with bentonite, vermiculite, or commercially available inorganic absorbent material. Mix in sufficient absorbent until it appears dry. Remember, adding an absorbent material does not remove a physical, health, or environmental hazard. Collect as much of the spilled material as possible. Place in a closed container approved for transportation by appropriate authorities. Clean up residue with an appropriate solvent selected by a qualified and authorised person. Ventilate the area with fresh air. Read and follow safety precautions on the solvent label and Safety Data Sheet. Seal the container. Dispose of collected material as soon as possible.

### 6.4. Reference to other sections

Refer to Section 8 and Section 13 for more information

## SECTION 7: Handling and storage

### 7.1. Precautions for safe handling

Avoid breathing of vapours created during the cure cycle. Avoid inhalation of thermal decomposition products. Avoid skin contact with hot material. For industrial or professional use only. Store work clothes separately from other clothing, food and tobacco products. Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapours/spray. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not eat, drink or smoke when using this product. Wash thoroughly after handling. No smoking: Smoking while using this product can result in contamination of the tobacco and/or smoke and lead to the formation of hazardous decomposition products.

### 7.2. Conditions for safe storage including any incompatibilities

Keep container tightly closed. Protect from sunlight. Store away from heat. Store away from areas where product may come into contact with food or pharmaceuticals.

### 7.3. Specific end use(s)

See information in Section 7.1 and 7.2 for handling and storage recommendations. See Section 8 for exposure controls and personal protection recommendations.

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

### 8.1 Control parameters

#### Occupational exposure limits

No occupational exposure limit values exist for any of the components listed in Section 3 of this Safety Data Sheet.

#### Biological limit values

No biological limit values exist for any of the components listed in Section 3 of this safety data sheet.

### 8.2. Exposure controls

#### 8.2.1. Engineering controls

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ
-------------------------------------

Use general dilution ventilation and/or local exhaust ventilation to control airborne exposures to below relevant Exposure Limits and/or control dust/fume/gas/mist/vapours/spray. If ventilation is not adequate, use respiratory protection equipment. Provide appropriate local exhaust when product is heated. Local exhaust ventilation with a minimum capture velocity of 100 linear feet per minute (0.5 m/sec) should be provided for applications at or above the boiling temperature. For those situations where the material might be exposed to extreme overheating due to misuse or equipment failure, use with appropriate local exhaust ventilation sufficient to maintain levels of thermal decomposition products below their exposure guidelines.

### 8.2.2. Personal protective equipment (PPE)

#### Eye/face protection

Select and use eye/face protection to prevent contact based on the results of an exposure assessment. The following eye/face protection(s) are recommended:

Full face shield.  
Indirect vented goggles.

#### Skin/hand protection

No chemical protective gloves are required.

#### Respiratory protection

Use a positive pressure supplied-air respirator if there is a potential for over exposure from an uncontrolled release, exposure levels are not known, or under any other circumstances where air-purifying respirators may not provide adequate protection. An exposure assessment may be needed to decide if a respirator is required. If a respirator is needed, use respirators as part of a full respiratory protection program. Based on the results of the exposure assessment, select from the following respirator type(s) to reduce inhalation exposure:

Full facepiece air-purifying respirator suitable for organic vapours and particulates  
Full facepiece supplied-air respirator

For questions about suitability for a specific application, consult with your respirator manufacturer.

#### Thermal hazards

Wear heat insulating gloves when handling hot material to prevent thermal burns.

<b>SECTION 9: Physical and chemical properties</b>
--

#### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state	Liquid.
Specific Physical Form:	Emulsion
Appearance/Odour	White, slight ammonia odour
Odour threshold	<i>No data available.</i>
pH	8 - 11
Boiling point/boiling range	100 °C
Melting point	<i>Not applicable.</i>
Flammability (solid, gas)	Not applicable.
Explosive properties	Not classified
Oxidising properties	Not classified
Flash point	No flash point
Autoignition temperature	<i>Not applicable.</i>
Flammable Limits(LEL)	<i>Not applicable.</i>
Flammable Limits(UEL)	<i>Not applicable.</i>
Vapour pressure	2,500 Pa [ @ 20 °C ]



3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ
-------------------------------------

Relative density	1.2 - 1.6 [ @ 23 °C ] [Ref Std: WATER=1]
Water solubility	Negligible [Details: Polymer not soluble]
Solubility- non-water	No data available.
Partition coefficient: n-octanol/water	No data available.
Evaporation rate	1 [Ref Std: WATER=1]
Vapour density	25 [ @ 20 °C ] [Ref Std: AIR=1]
Decomposition temperature	No data available.
Viscosity	5 - 15 MPa-s
Density	1.2 - 1.6 g/ml
<b>9.2. Other information</b>	
Volatile organic compounds (VOC)	Not applicable.
Percent volatile	33 - 37 %
VOC less H <sub>2</sub> O & exempt solvents	Not applicable.

<b>SECTION 10: Stability and reactivity</b>
---

**10.1 Reactivity**

This material is considered to be non reactive under normal use conditions

**10.2 Chemical stability**

Stable.

**10.3 Possibility of hazardous reactions**

Hazardous polymerisation will not occur.

**10.4 Conditions to avoid**

None known.

**10.5 Incompatible materials**

None known.

**10.6 Hazardous decomposition products**

<u>Substance</u>	<u>Condition</u>
Carbonyl fluoride.	At elevated temperatures. - above 380 C
Carbon monoxide.	At elevated temperatures. - above 380 C
Carbon dioxide.	At elevated temperatures. - above 380 C
Hydrogen Fluoride	At elevated temperatures. - above 380 C
Ammonia	At elevated temperatures. - above 380 C
Perfluoroisobutylene (PFIB).	At elevated temperatures. - above 380 C
Toxic vapour, gas, particulate.	At elevated temperatures. - above 380 C

If the product is exposed to extreme conditions of heat from misuse or equipment failure, toxic decomposition products that include hydrogen fluoride and perfluoroisobutylene can occur.

<b>SECTION 11: Toxicological information</b>
--

The information below may not be consistent with the material classification in Section 2 if specific ingredient classifications are mandated by a competent authority. In addition, toxicological data on ingredients may not be

## 3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ

reflected in the material classification and/or the signs and symptoms of exposure, because an ingredient may be present below the threshold for labelling, an ingredient may not be available for exposure, or the data may not be relevant to the material as a whole.

## 11.1 Information on Toxicological effects

## Signs and Symptoms of Exposure

Based on test data and/or information on the components, this material may produce the following health effects:

**Inhalation**

Vapours from heated material may cause irritation of the respiratory system: Signs/symptoms may include cough, sneezing, nasal discharge, headache, hoarseness, nose and throat pain.

If thermal decomposition occurs:

May cause target organ effects after inhalation.

**Skin contact**

During heating:

Thermal burns: Signs/symptoms may include intense pain, redness and swelling, and tissue destruction.

Contact with the skin during product use is not expected to result in significant irritation.

**Eye contact**

During heating:

Thermal burns: Signs/symptoms may include severe pain, redness and swelling, and tissue destruction.

Corrosive (eye burns): Signs/symptoms may include cloudy appearance of the cornea, chemical burns, severe pain, tearing, ulcerations, significantly impaired vision or complete loss of vision.

**Ingestion**

Gastrointestinal irritation: Signs/symptoms may include abdominal pain, stomach upset, nausea, vomiting and diarrhoea.

**Target Organ Effects:****Single exposure may cause:**

During heating:

Polymer fume fever: Sign/symptoms may include chest pain or tightness, shortness of breath, cough, malaise, muscle aches, increased heart rate, fever, chills, sweats, nausea and headache.

**Toxicological Data**

If a component is disclosed in section 3 but does not appear in a table below, either no data are available for that endpoint or the data are not sufficient for classification.

**Acute Toxicity**

Name	Route	Species	Value
Overall product	Ingestion		No data available; calculated ATE >5,000 mg/kg
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Dermal		LD50 estimated to be > 5,000 mg/kg
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Ingestion		LD50 estimated to be > 5,000 mg/kg
Isotridecanol, ethoxylated	Ingestion	Rat	LD50 1,350 mg/kg

ATE = acute toxicity estimate

**Skin Corrosion/Irritation**

Name	Species	Value
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Human and animal	No significant irritation
Isotridecanol, ethoxylated	Rabbit	Mild irritant

**Serious Eye Damage/Irritation**

## 3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ

Name	Species	Value
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer		No significant irritation
Isotridecanol, ethoxylated	Rabbit	Corrosive

## Skin Sensitisation

Name	Species	Value
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Human	Not sensitizing
Isotridecanol, ethoxylated	Human	Some positive data exist, but the data are not sufficient for classification

## Respiratory Sensitisation

Name	Species	Value

## Germ Cell Mutagenicity

Name	Route	Value

## Carcinogenicity

Name	Route	Species	Value
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Not specified.	Multiple animal species	Some positive data exist, but the data are not sufficient for classification

## Reproductive Toxicity

## Reproductive and/or Developmental Effects

Name	Route	Value	Species	Test result	Exposure Duration

## Target Organ(s)

## Specific Target Organ Toxicity - single exposure

Name	Route	Target Organ(s)	Value	Species	Test result	Exposure Duration

## Specific Target Organ Toxicity - repeated exposure

Name	Route	Target Organ(s)	Value	Species	Test result	Exposure Duration
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	Ingestion	hematopoietic system	Some positive data exist, but the data are not sufficient for classification	Rat	NOAEL Not available	90 days

## Aspiration Hazard

Name	Value

Please contact the address or phone number listed on the first page of the SDS for additional toxicological information on this material and/or its components.

**SECTION 12: Ecological information**

The information below may not be consistent with the material classification in Section 2 if specific ingredient classifications are mandated by a competent authority. Additional information leading to material classification in Section 2 is available upon request. In addition, environmental fate and effects data on ingredients may not be reflected in this section because an ingredient is present below the threshold for labelling, an ingredient is not expected to be available for exposure, or the data is considered not relevant to the material as a whole.

3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ
-------------------------------------

**12.1. Toxicity**

No product test data available.

Material	CAS Nbr	Organism	Type	Exposure	Test endpoint	Test result
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	9002-84-0		Data not available or insufficient for classification			
Isotridecanol, ethoxylated	9043-30-5		Data not available or insufficient for classification			

**12.2. Persistence and degradability**

Material	CAS Nbr	Test type	Duration	Study Type	Test result	Protocol
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	9002-84-0	Data not available or insufficient for classification	N/A	N/A	N/A	N/A
Isotridecanol, ethoxylated	9043-30-5	Experimental Biodegradation	28 days	CO2 evolution	≤ 70 % weight	OECD 301B - Modified sturm or CO2

**12.3 : Bioaccumulative potential**

Material	CAS Nbr	Test type	Duration	Study Type	Test result	Protocol
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	9002-84-0	Data not available or insufficient for classification	N/A	N/A	N/A	N/A
Isotridecanol, ethoxylated	9043-30-5	Experimental BCF - Fathead Mi	72 hours	Bioaccumulation factor	233	Other methods

**12.4. Mobility in soil**

Please contact manufacturer for more details

**12.5. Results of the PBT and vPvB assessment**

No information available at this time, contact manufacturer for more details

**12.6. Other adverse effects**

No information available.

<b>SECTION 13: Disposal considerations</b>
--

**13.1 Waste treatment methods**

See Section 11.1 Information on toxicological effects

Dispose of waste product in a permitted industrial waste facility. As a disposal alternative, incinerate in a permitted waste incineration facility. Proper destruction may require the use of additional fuel during incineration processes. Combustion products will include halogen acid (HCl/HF/HBr). Facility must be capable of handling halogenated materials. Empty drums/barrels/containers used for transporting and handling hazardous chemicals (chemical substances/mixtures/preparations

**3M Dyneon PTFE Dispersion TF #070GZ**

classified as Hazardous as per applicable regulations) shall be considered, stored, treated & disposed of as hazardous wastes unless otherwise defined by applicable waste regulations. Consult with the respective regulating authorities to determine the available treatment and disposal facilities.

The coding of a waste stream is based on the application of the product by the consumer. Since this is out of the control of 3M, no waste code(s) for products after use will be provided. Please refer to the European Waste Code (EWC - 2000/532/EC and amendments) to assign the correct waste code to your waste stream. Ensure national and/or regional regulations are complied with and always use a licensed waste contractor.

EU waste code (product as sold)  
080299 Wastes not otherwise specified

**SECTION 14: Transportation information**

ADR/IMDG/IATA: Not restricted for transport.

**SECTION 15: Regulatory information****15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture****Carcinogenicity**

<u>Ingredient</u>	<u>CAS Nbr</u>	<u>Classification</u>	<u>Regulation</u>
Ethene, 1,1,2,2-tetrafluoro-, homopolymer	9002-84-0	Gr. 3: Not classifiable	International Agency for Research on Cancer

**Global inventory status**

Contact 3M for more information. The components of this material are in compliance with the provisions of Australia National Industrial Chemical Notification and Assessment Scheme (NICNAS). Certain restrictions may apply. Contact the selling division for additional information. The components of this product are in compliance with the chemical notification requirements of TSCA.

**15.2. Chemical Safety Assessment**

Not applicable

**SECTION 16: Other information****List of relevant H statements**

H302	Harmful if swallowed.
H318	Causes serious eye damage.
H319	Causes serious eye irritation.

**List of relevant R-phrases**

R22	Harmful if swallowed.
R36	Irritating to eyes.
R41	Risk of serious damage to eyes.

**Revision information:**

Revision Changes:

Section 8: Eye/face protection information information was modified.

Section 8: Respiratory protection - recommended respirators information information was modified.

Section 3: Composition/ Information of ingredients table information was modified.

Copyright information was modified.

Label: Signal Word information was modified.

**3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ**

Label: CLP Classification information was modified.  
Label: CLP Classification information was modified.  
Label: Graphic information was modified.  
Label: Symbol information was modified.  
Label: CLP Precautionary - Response information was modified.  
Section 11: Acute Toxicity table information was modified.  
Section 11: Carcinogenicity Table information was modified.  
Section 11: Target Organs - Repeated Table information was modified.  
Section 11: Health Effects - Skin information information was modified.  
Section 5: Fire - Extinguishing media information information was modified.  
Section 5: Fire - Advice for fire fighters information information was modified.  
Section 6: Accidental release personal information information was modified.  
Section 6: Accidental release clean-up information information was modified.  
Section 7: Precautions safe handling information information was modified.  
Section 8: Appropriate Engineering controls information information was modified.  
Section 8: Personal Protection - Eye information information was modified.  
Section 8: Personal Protection - Skin/hand information information was modified.  
Section 8: Personal Protection - Respiratory Information information was modified.  
Section 8: Personal Protection - Thermal hazards information information was modified.  
Section 13: 13.1. Waste disposal note information was modified.  
Section 13: Standard Phrase Category Waste GHS information was modified.  
Two-column table displaying the unique list of H Codes and statements (std phrases) for all components of the given material. information was modified.  
Section 12: Component ecotoxicity information information was added.  
Section 12: Persistence and Degradability information information was added.  
Section 12: Biocumulative potential information information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table Material column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table CAS No column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table Organism column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table Type column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table Exposure column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table End point column header information was added.  
Section 12: Component Ecotoxicity table Result column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Material column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table CAS No column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Test Type column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Duration column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Test Result column header information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Protocol column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table Material column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table CAS No column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table CAS No column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table Test Result column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table Protocol column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table Test Type column header information was added.  
Section 10: Hazardous Decomposition Products information information was added.  
Section 12: Persistence and degradability table Study Type column header information was added.  
Section 12: Biocumulative potential table Test Type column header information was added.  
Section 11: Disclosed components not in tables text information was added.  
Section 8: 8.1.1 Biological limit values table heading information was added.  
Section 8: BLV information was added.  
Section 8: Skin protection - recommended gloves information information was deleted.  
Section 8: Eye/face protection text information was deleted.  
Section 8: Respiratory protection - recommended respirators information was deleted.  
Section 8: Skin protection - recommended gloves text information was deleted.  
Section 12: Acute aquatic hazard information information was deleted.

**3M Dyneon PTFE Dispersion TF 5070GZ**

Section 12: Chronic aquatic hazard heading information was deleted.  
Section 12: Acute aquatic hazard heading information was deleted.  
Section 12: Chronic aquatic hazard information information was deleted.  
Prints No Data if Component ecotoxicity information is not present information was deleted.  
Prints No Data if Persistence and Degradability information is not present information was deleted.  
Prints No Data if Bioaccumulative potential information is not present information was deleted.  
Label: CLP Precautionary - Prevention information was deleted.  
Label: CLP Precautionary - Prevention - Header information was deleted.  
CLP: Ingredient table information was deleted.  
Section 11: Aspiration Hazard Table information was deleted.  
Section 11: Germ Cell Mutagenicity Table information was deleted.  
Section 11: Respiratory Sensitization Table information was deleted.  
Section 11: Reproductive Toxicity Table information was deleted.  
Label: CLP Ingredients table Ingredient heading information was deleted.  
Label: CLP Ingredients table CAS No heading information was deleted.  
Label: CLP Ingredients table Percent by Wt heading information was deleted.

DISCLAIMER: The information on this Safety Data Sheet is based on our experience and is correct to the best of our knowledge at the date of publication, but we do not accept any liability for any loss, damage or injury resulting from its use (except as required by law). The information may not be valid for any use not referred to in this Data Sheet or use of the product in combination with other materials. For these reasons, it is important that customers carry out their own test to satisfy themselves as to the suitability of the product for their own intended applications.

3M United Kingdom MSDSs are available at [www.3M.com/uk](http://www.3M.com/uk)

## 9.7. Technický list lázně 3M Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ.



# 3M™ Dyneon™

## PTFE Dispersion TF 5070GZ

For non-stick coating systems

**Features**

- Good stability
- Good film-forming properties
- Low settling tendency

**Typical properties**

Property	Test Method	Unit	Value*
Solids content	DIN EN ISO 12086	%	50
Emulsifier			non ionic
Emulsifier content (based on solid content)	DIN EN ISO 12086	%	8
Average particle size	DIN ISO 13321	nm	120
pH	DIN ISO 976		> 9

\*typical values

**Processing**

3M™ Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ is because of the small particle size an excellent product in formulations for non-stick coating systems, based on aqueous solutions. Coatings including the 3M™ Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ can be used for applications on metal, glass or ceramic surfaces, e.g. frying pans or bakeware.

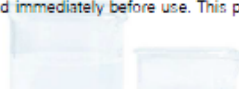
**Supply form**

Standard Packaging	Approx.	Weight of dispersion (wet) approx.
30 liter plastic drum	(7.9 US gallons)	40 kg (88 lbs)
1000 liter IBC container (in the USA known as Gaylord)	(264 US gallons)	1200 kg (2640 lbs)

**Storage and Material Handling**

The aqueous dispersion must be stored under frost-proof conditions (5 °C – 30 °C) to avoid the irreversible precipitation of PTFE.

Although the dispersion has a relatively low settling tendency, it should be homogenized by rolling or, gentle stirring once or twice per month and immediately before use. This procedure can also be used to redisperse formed sediment.





## 3M™ Dyneon™ PTFE Dispersion TF 5070GZ



### Safety/Toxicology

This is a PTFE material, so normal precautions observed with PTFE should be followed. Before processing these products, consult the Material Safety Data Sheet and follow all label directions and handling precautions. General handling/processing precautions include: (1) Process only in well ventilated areas; (2) Do not smoke in areas contaminated with powder/residue from these products; (3) Avoid eye contact; (4) After handling these products wash any contacted skin with soap and water. (5) Avoid contact with hot fluoropolymer. Potential hazards, including evolution of toxic vapors, can exist if processing occurs under excessively high temperature conditions. Vapor extractor units should be installed above processing equipment. When cleaning processing equipment, do not burn off any of this product with an open flame or in a furnace.

### Our Worldwide Commitment to Quality

Indicative of our commitment, most Dyneon design, development, production and service facilities have achieved global quality management certification. Production facilities have also received certification for their environmental management system. Please see the Dyneon website ([www.dyneon.eu](http://www.dyneon.eu)) for the most up-to-date certification details.

### Important Notes

This Dyneon product is a newly introduced product that has not been fully commercialized. As a result, the formulation, manufacturing process, performance characteristics, and other properties of this product are not guaranteed and are subject to change without notice, provided that the Dyneon product will meet Dyneon's then current product specification. User is responsible for evaluating and determining whether this Dyneon product is suitable and appropriate for a particular use and intended application. The conditions of evaluation, selection, and use of the Dyneon product can vary widely and affect the use and intended application of the Dyneon product. Because many of these conditions are uniquely within the Buyer's knowledge and control, Buyer must evaluate and determine whether the Dyneon product is suitable and appropriate for a particular use and intended application.

### Warranty and Limited Remedy

Dyneon warrants that this Dyneon product will conform to the Dyneon specification for the product at the time of shipment to Buyer. DYNEON MAKES NO OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR IMPLIED WARRANTY ARISING OUT OF COURSE OF DEALING, CUSTOM, OR USAGE OF TRADE. If this Dyneon product does not conform to this warranty, Buyer's exclusive remedy, at Dyneon's option, shall be refund of the purchase price or replacement of the quantity of the Dyneon product shown to be nonconforming. Dyneon has no obligation under this warranty with respect to Dyneon product that has been modified or damaged through misuse, abuse, accident, neglect, or mishandling by Buyer.

### Limitation of Liability

Except where prohibited by law, DYNEON SHALL NOT UNDER ANY CIRCUMSTANCES BE LIABLE TO BUYER FOR ANY DIRECT, INDIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL LOSS OR DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, LOSS OF PROFITS, REVENUE, BUSINESS, OPPORTUNITY, OR GOODWILL) RESULTING FROM OR IN ANY WAY RELATED TO THIS DYNEON PRODUCT, regardless of the legal or equitable theory under which such loss or damages are sought including breach of warranty or contract, negligence, strict liability, or any other legal or equitable theory.

### Technical Information

Technical information and data, recommendations, and other statements provided by Dyneon are based on information, tests, or experience which Dyneon believes to be reliable, but the accuracy or completeness of such information is not guaranteed. Such technical information and data are intended for persons with knowledge and technical skills sufficient to assess and apply their own informed judgment to the information. No license under any Dyneon or third party intellectual property rights is granted or implied with this information.

### Dyneon Customer Service

**Europe** Phone: 00 800 396 366 27  
Fax: 00 800 396 366 39

**Italy** Phone: 00 800 7 910 18  
Fax: 00 800 7 610 19

**USA** Phone: +1 800 810 8499  
Fax: +1 800 635 8061

### Dyneon GmbH

Industrieparkstr. 1  
D-84508 Burgkirchen  
Germany  
Phone: +49 8679 7 4709  
Fax: +49 8679 7 5037

### Dyneon GmbH

Carl-Schurz-Str. 1  
D-41453 Neuss  
Germany  
Phone: +49 2131 14 2265  
Fax: +49 2131 14 3857

### 3M

3M Center  
St. Paul, MN 55144  
USA  
Phone: +1 651 737 6501

Please contact us if you wish to know further addresses of any of our sales offices worldwide.

**Web Site: [www.dyneon.eu](http://www.dyneon.eu)**  
**Dyneon is a 3M company.**

© Dyneon 2011  
All Rights Reserved

3M and Dyneon are trademarks of 3M company  
Used under license.

Printed in Germany  
Issue: January 2011  
98-0504-2450-0