

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č.3: Chemie

Galvanické pokovování titanu

Autoři: Anton Klubničkin

Škola: Masarykova střední škola chemická, Křemencova 179/12, 116 28 Praha 1 – Nové Město

Kraj: Hlavní město Praha

Konzultant: doc. Ing. Martin Paidar, Ph.D.

Praha, 26.10.2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praha dne 26.10.2022

Anton Klubničkin

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Martin Paidar, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování Středoškolské odborné práce.

Dále bych i rád poděkoval své přítelkyni za korekci českého jazyka.

Obsah

1. Úvod.....	6
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	6
2.1. Moření povrchu titanu	6
2.2. Pokovování titanu	6
2.2.1. V niklovací lázni	6
2.2.2. V platinovací lázni	7
2.2.3. Ve zlatíci lázni	7
2.2.4. Za pomoci chemického zlata.....	7
2.3. Cíl práce.....	7
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	8
3.1. Přístrojové vybavení a chemikálie.....	8
3.2. Postup práce.....	9
3.2.1. Úprava povrchu oceli	9
3.2.2. Niklování oceli.....	9
3.2.3. Úprava povrchu titanu.....	9
3.2.4. Niklování titanu	10
3.2.5. Platinování titanu	10
3.2.6. Zlacení titanu pomocí chemického zlata a niklu.....	10
3.2.7. Zlacení titanu	10
3.2.8. Zlacení titanu po nanesení lehké vrstvy platiny.....	11
3.2.9. Chemická stabilita povrchu.....	11
4. Výsledky a hodnocení experimentální části.....	12
4.1. Úprava a pokovování oceli	12
4.1.1. Niklování oceli.....	12
4.2. Úprava a pokovování titanu.....	13
4.2.1. Úprava povrchu.....	13

4.2.2. Niklování titanu	15
4.2.3. Platinování titanu	16
4.2.4. Zlacení titanu pomocí chemického zlata a niklu.....	18
4.2.5. Zlacení titanu	19
4.2.6. Zlacení titanu po nanesení tenké vrstvy platiny.....	21
4.2.7. Chemická odolnost vyloučených vrstev.	22
5. Diskuze.....	22
6. Závěr.....	23
7. Použitá literatura	24

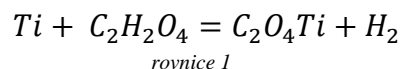
1. Úvod

Pro lidskou společnost je vodík významný prvek, bez nějž by nebyla možná řada klíčových chemických postupů. Už dříve byl využíván jako náplň do vzducholodí, potažmo v dnešní době pro výrobu amoniaku a v letech budoucích jako médium pro energetické využití. Výhodou použití vodíku je jeho variabilita způsobů výroby a použití. Na rozdíl od uhlíkatých paliv spalováním vodíku vzniká voda a nedochází ke vzniku emisí CO₂.

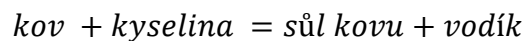
2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Moření povrchu titanu

Princip moření titanu spočívá v odstranění vrstvy oxidu titaničitého, který vytváří stabilní a odolnou vrstvu na jeho povrchu, která je stálá v chemickém prostředí. Jak bylo zmíněno, tak samotný oxid titaničitý tvoří odolnou nevodivou vrstvu, takže při moření titanu neodstraňujeme jen oxid titaničitý, ale i vrstvu titanu, pod povrchem oxidu. Odstranění vrstvy v našem případě probíhá za pomoci kyseliny šťavelové dle rovnice 1, ale obecně můžeme odstraňovat vrstvu i za pomoci jiných kyselin dle rovnice 2, při potřebné koncentraci a teplotě.



rovnice 1



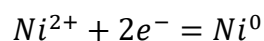
rovnice 2

2.2. Pokovování titanu

2.2.1. V niklovací lázni

Pokovování, a to konkrétně pomocí niklu, spočívá v elektrolytickém vytvoření vrstvy na katodě. Toho docílíme ponořením vzorku do lázně, která má v sobě rozpuštěné soli niklu a dalších příměsí. Následující nezbytnou podmínkou pro galvanické poniklování je přítomnost anody (+) a katody (-), mezi kterými bude probíhat stejnosměrný proud.

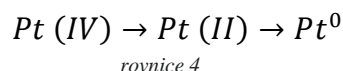
Při disociaci soli se do lázně uvolní nikelnaté kationty, které se vylučuje na katodě, kde se na něj navážou dva elektrony a následně vytvoří metalický nikl dle rovnice 3.



rovnice 3

2.2.2. V platinovací lázni

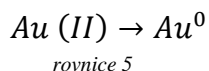
Vrstvy platiny na titanu můžeme docílit v platinovací lázni, která se skládá z hexachloroplatičité kyseliny, kde se redukuje dle rovnice 4. Na povrchu titanu vytváří vrstvu platiny. Princip zapojení je stejný jako u niklování.



2.2.3. Ve zlaticí lázni

Tentokrát je v lázni namísto hexachloroplatičité kyseliny, dikyanozlatnan draselný, ale může být použita i sůl s jiným aniontem. Model zapojení vzorku ke zlacení je stejný jako u niklování. Zlato se disociuje ze soli díky procházejícímu elektrickému proudu a následně se zlatnatý kation vyloučí na katodě (vzorku) do formy metalického zlata a vytvoří vrstvu. Tloušťka vrstvy závisí na délce zlacení.

Elektrochemická rovnice vypadá následovně viz. rovnice 5.



2.2.4. Za pomoci chemického zlata

Tato metoda je odlišná od ostatních, a to díky nepřítomnosti elektrického proudu při pokovování. Principem metody je vylučování ušlechtilého kovu, konkrétně zlata, na povrchu kovu méně ušlechtilého, konkrétně niklu, vlivem rozdílů potenciálů v roztoku.

2.3. Cíl práce

V rámci této práce mám za cíl nalezení vhodných podmínek pro pokovování titanu za pomoci niklovací, zlaticí a platinovací lázně a následně i chemického zlata. Nejprve ale bude nutné vylepšení způsobu ošetření povrchu titanu od oxidu titaničitého, a až pak může začít pokovování, u kterého bude zapotřebí najít vhodné proudové hustoty a doby pokovování.

Následně bude titan vhodně upravený pro použití, v rámci PEM elektrolýzy.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Přístrojové vybavení a chemikálie

Chemikálie, které byly použity během experimentu, jsou uvedené v Tab. 1 i s jejich výrobcí:

Druh	Výrobce
HNO ₃ , 65 %, p.a.	Ing. Petr Švec – PENTA (ČR)
HCl, 35 %, p.a.	Ing. Petr Švec – PENTA (ČR)
C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O, p.a.	Ing. Petr Švec – PENTA (ČR)
Niklovací lázeň NiSO ₄ .6H ₂ O 0,3 kg NiCl ₂ .6H ₂ O 0,068 kg H ₃ BO ₃ 0,04 Kg Nigal 501 0,01 l	-
Zlatíci lázeň AURUNA® 556 Makeup Salt AURUNA® 556 Brightener Umicore Potassium Gold Cyanide 68,2 % AURUNA® 556 Replenisher Solutin AURUNA® 556 Density Correction Salt	Umicore Galvanotechnik GmbH
Platinovací lázeň H ₂ PtCl ₆ · 6 H ₂ O 40 % Pt	Carl Roth GmbH + Co KG

Během provádění experimentů bylo používáno primárně přístrojové vybavení uvedené v Tab. 2:

Druh	Výrobce
Multimetr	UT33A UNI-T (Čína)
Magnetická míchačka s ohřevem	C-MAG HS7 digital IKA® (Německo)
Analytické váhy	MS304TS Mettler-Toledo (Švýcarsko)
Zdroj stejnosměrného proudu	RXN – 1503D ZHAOXIN® (Čína)
USB mikroskop	DigiMicro Profil dnt® (Čína)

3.2. Postup práce

3.2.1. Úprava povrchu oceli

Korozivzdorná ocel AISI 304 (dále jen ocel), která mi byla k dispozici, byly plíšky o rozměrech 1x5 cm.

Povrchová úprava plíšku (dále jen vzorek) oceli spočívala v důkladném odmaštění ethanolem. Následovalo ponoření do 20% hydroxidu sodného na 30 min., který byl zahřát na 55 °C. Po uplynutí této doby jsem vzorky opláchl destilovanou vodou a uschoval jsem je do vzorkovnice, ve které byla demineralizovaná voda. Při manipulaci jsem pracoval v rukavicích, aby nedošlo ke znečištění povrchu a znehodnocení celé povrchové úpravy.

3.2.2. Niklování oceli

V tomto kroku byl hlavní úkol zjištění optimální doby a proudové hustoty pro niklování oceli, potažmo titanového plíšku.

Vzorky oceli jsem opatrně vyndal ze vzorkovnice a omezil jsem jejich plochu na 4 cm² teflonovou páskou.

Následně jsem začal připravovat niklovací lázeň v kádince. V kádince jsem si připravil dvě niklové elektrody tak, aby byly naproti sobě, a aby mezi elektrodou a kádinkou byl co nejmenší prostor. Elektrody jsem připojil ke zdrojovému +, čímž byla lázeň připravena. Do lázně jsem ponořil vzorek oceli, u kterého byla omezena plocha na 4 cm², ten jsem před ponořením opláchl destilovanou vodou a následně jsem vzorek připojil ke zdrojovému -. Mezi vzorkem a samotným zdrojem byl zapojen multimetr, kterým jsem kontroloval procházející proud.

Proudové hustoty pro niklování jsem zvolil podle údajů od výrobce niklovací lázně, který udal proudové hustoty 1-6 A/dm². Při přepočtu na plochu, na kterou byl vzorek oceli omezen pomocí teflonové pásky to vychází na 40-240 mA/4cm². Časy ponoření v niklovací lázni jsem si zvolil podle proudových hustot a to 10 min. pro proudovou hustotu 6 A/dm²; 20 min. pro proudovou hustotu 3 A/dm²; 60 min. pro proudovou hustotu 1 A/dm². Během niklování bylo zapnuté míchadlo na rychlé otáčky, což se ukázalo jako nevýhodné, protože na vzorku oceli to zanechávalo znaky po míchání, načež jsem rychlost míchání snížil na pomalé. Celá lázeň se zahřívala na 60 °C. Vzorky jsem po vynoření z lázně nechal vysušit a následně nafotil pod mikroskopem.

3.2.3. Úprava povrchu titanu

Druh titanu, který jsem měl k dispozici byl titan (grade 5), který byl nastříhán na plíšky o rozměrech přibližně 1x5 cm. Dané plíšky bylo potřeba povrchově upravit, od povrchových nečistot a vrstvy oxidu titaničitého.

Povrchová úprava započala důkladným očištěním plíšku ethanolem. Následně jsem plíšky ponořil na 30 min. do 20% hydroxidu sodného, který byl zahřát na 55 °C. Po uběhnutí 30 min. byly plíšky vyndány a ponořeny na 1 hod. do 1:1 zředěné kyseliny chlorovodíkové.

Následující krok úpravy bylo moření vzorku (plíšků) titanu 10% kyselinou šťavelovou. Vzorky jsem opatrně rozložil v kádince a celé jsem to zalil kyselinou šťavelovou a zahříval na 95 °C. Čas moření jsem začal měřit od objevení prvních bublinek. Pro zjištění optimální doby moření jsem vyndával z kádinky v časech 15; 30; 45; 60; 90 min. vždy část vzorků, ty jsem si označil pomocí pilníku a následně jsem vzorky zabalil do papíru, aby se nechtěně nedostaly do kontaktu s lidskou kůží, což by znamenalo znehodnocení povrchové předúpravy úpravy.

3.2.4. Niklování titanu

Niklování titanu probíhalo ve stejné lázni a za stejných podmínek jako niklování oceli, a to konkrétně při 60 °C a pomalého míchání. Proudová hustota byla zvolena na 3 A/dm² na základě výsledků z niklování oceli.

Během niklování titanu jsem měnil podmínky rychlosti otáčení míchadla a způsob oplachu plíšků před vložením do niklovací lázně.

3.2.5. Platinování titanu

Platinování vzorku titanu probíhalo v nádobě ve tvaru krychle za pomalého míchání a při pokojové teplotě. Platinová elektroda byla použita pouze jedna. Ta byla zapojena do + a vzorek titanu byl zapojen do -. Počáteční proudovou hustotu jsem zvolil stejnou jako u niklování titanu, to jest 3 A/dm² a 20 min. Poté jsem použil následující proudové hustoty a časy: 0,2 A/dm² a 20 min.; 1 A/dm² a 60 min.; 6 A/dm² a 10 min.; 10 A/dm² a 5 min.; 15 A/dm² a 5 min.; 20 A/dm² a 3 min.; 25 A/dm² a 5 min.; 37,5 A/dm² a 5 min.; 50 A/dm² a 5 min.; 75 A/dm² a 5 min. Plocha byla vždy omezena na 2 cm² a po vyjmutí z lázně jsem vzorek vysušil a nafotil pod mikroskopem.

3.2.6. Zlacení titanu pomocí chemického zlata a niklu

Pro chemické zlacení titanu bylo potřeba vytvořit na povrchu titanu vrstvu niklu, aby se na něj/místo něj mohlo uchytit zlato, čehož jsem docílil ponořením vzorku titanu do niklovací lázně na 15; 30; 45 při proudové hustotě 3 A/dm². Po vytvoření vrstvy niklu, jsem vzal poniklované vzorky titanu a vložil je na 10 min. do lázně s chemickým zlatem, která byla vyhřátá na 50 °C. Po celou dobu byla lázeň míchána míchadlem při pomalých otáčkách. Vzorky jsem po vynoření z lázně vysušil a následně nafotil pod mikroskopem.

3.2.7. Zlacení titanu

Pro zlacení bylo třeba použít nové uspořádání lázně. Ta spočívala ve dvou platinových elektrodách, které byly naproti sobě, tak aby byla co nejmenší vzdálenost mezi elektrodami a

kádinkou, a připojené ke zdrojovému +. Proudové hustoty jsem zvolil podle údajů dané výrobcem zlaticí lázně, což jsou proudové hustoty v rozsahu 0,2–0,8 A/dm². Povrch vzorků jsem omezil pomocí teflonové pásky na 4 cm², čemuž následně odpovídaly proudové hustoty v rozmezí 16–24 mA/4 cm². Lázeň byla zahřívána na 50 °C. Před ponořením vzorku do zlaticí lázně byl povrch opláchnut pomocí destilované vody a ethanolu a bez osušení byl vložen do zlaticí lázně, ke vzorku byl zapojen drát, který vedl ke zdrojovému -. Časy ponoření ve zlaticí lázni jsem si zvolil podle proudových hustot, a to 20 min. pro proudovou hustotu 0,2 A/dm²; 15 min. pro proudovou hustotu 0,4 A/dm²; 10 min. pro proudovou hustotu 0,6 A/dm²; 5 min. pro proudovou hustotu 0,8 A/dm². Během zlcení bylo potřeba doplňovat lázeň z důvodu jejího vyčerpání a odparu.

Po ověření proudových hustot, které byly dány výrobcem, jsem dle svého vlastního uvážení zkusil proudovou hustotu 0,1 A/dm², ale z důvodu až moc malého proudu jsem zvýšil velikost povrchu ze 4 cm² na 8 cm². Vzorek titanu byl ponořený v lázni 40 min. Následně jsem vzorek vysušil a nafotil pod mikroskopem stejně, jako všechny předchozí pokusy.

3.2.8. Zlcení titanu po nanesení lehké vrstvy platiny

Toto zlcení probíhalo za stejných podmínek a ve stejné lázni, jako v předchozím bodě. Pouze byl vybrán dříve už poplatinovaný vzorek, namísto nepokovaného vzorku titanu. Proudová hustota byla zvolena 0,2 A/dm², přičemž byl povrch omezen na 4 cm². Zlcení trvalo 20 min při teplotě 50 °C. Po vyndání jsem vzorek vysušil a nafotil pod mikroskopem.

3.2.9. Chemická stabilita povrchu

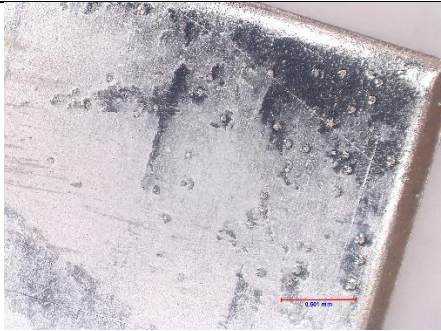


Po provedení všech pokovovacích prací jsem vždy vzal jeden vzorek pokoveného titanu a vložil jsem ho do 50 ml vzorkovnice, ve které byl roztok 1,5 M kyseliny chlorovodíkové a 5 kapek kyseliny dusičné.


4. Výsledky a hodnocení experimentální části

4.1. Úprava a pokovování oceli

4.1.1. Niklování oceli

V této části bylo nejdůležitější stanovit vhodnou proudovou hustotu pro niklování a okolní podmínky.

Proudová hustota [A/dm ²]	Čas [min]	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
3	20	2		Na fotce lez vidět nejednolistot vrstvy niklu způsobené až moc rychlým mícháním.
6	10	3		Vrstva niklu je nedokonalá s oděrky a jinak lesklými částmi.
1	60	4		Na vrstvě niklu jdou vidět lehké oděrky a v dolním rohu jde vidět stopa po míchání míchadlem. Na další měření jsem vyměnil velké míchadlo za menší.

3	20	15		U této fotky lze vidět jednolitou vrstvu niklu, která je nejlepší ze všech předešlích.
---	----	----	--	--

Po provedení této experimentální části se mohu dobrat výsledku, že vhodná proudová hustota pro niklování je 3 A/dm^2 po dobu 20 min., podmínky v lázni by měly být, teplota $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a pomalé míchání malým míchadlem, jinak jsou na povrchu známky po míchání. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradyova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy. V šedě vyznačeném poli se nachází vzorek při nevhodnějších podmínkách.


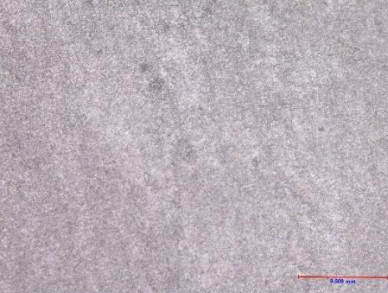

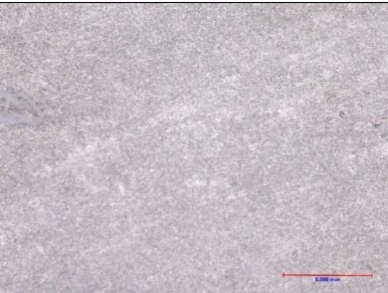

	[g]	[g]	[g]	[min]	[s]	[A]	[V]	[g]	[g]	[μm]
vz	$m_{\text{před Ni}}$	$m_{\text{po Ni}}$	$m_{\text{(váha Ni)}}$	t	t	I	U	$m_{\text{podle F zákona}}$	$\Delta m_{\text{teorie-praxe}}$	vrstva
2	4,4124	4,4589	0,0465	20	1200	0,122	1,0	0,0445	-0,0020	13
3	4,4968	4,5431	0,0463	10	600	0,242	1,3	0,0442	-0,0021	13
4	4,5599	4,6080	0,0481	60	3600	0,043	0,8	0,0471	-0,0010	13
15	4,5416	4,5894	0,0478	20	1200	0,123	0,9	0,0449	-0,0029	13

4.2. Úprava a pokovování titanu

4.2.1. Úprava povrchu

Úprava titanu probíhala dle už dříve specifikovaných podmínek, které obsahovaly čištění ethanolem, louhování v louhu a moření v kyselině šřavelové, u které bylo potřeba zjistit vhodnou dobu moření.





Doba moření [min]	Foto
0 (surový)	

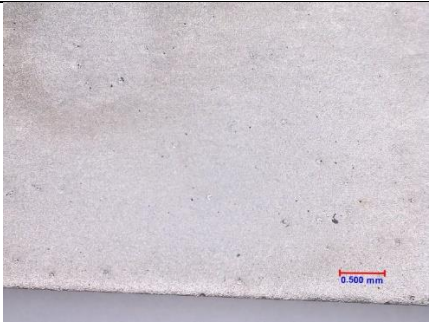

15			
30			
45			
60			
90			

Pro moření povrchu titanu je optimální čas 45 min v kyselině šťavelové při 95 °C z toho důvodu, že na povrchu se nevyskytuje takové množství nečistot, jako na surovém či jen 15 min. mořeném titanu. Titan, který byl mořen 30 min. lze taky použít, ale na jeho povrchu se můžou objevovat nečistoty a případně anomálie a defekty.

4.2.2. Niklování titanu

V této části bylo zapotřebí zkusit optimální proudovou hustotu 3 A/dm^2 v kombinaci s různou dobou moření.

Doba moření [min]	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
0 (surový)	6		Na surovém titanu vrstva niklu nadrží a lze ji jednoduše odstranit.
15	12		Zde vrstva není tak jednolitá, jdou vidět povrchové nedokonalosti, které nejsou optimální.
30	13		Zde vrstva už je jednolitá, ale stále lze pozorovat jemná zrnitost způsobena nedostatečným mořením titanu.
45	14		Zde vrstva už je jednolitá a optimální pro další použití.






60	10		Stjeně jako v předchozím bodě. Není znát moc velký rozdíl mezi mořením 45 min. a 60 min.
90	5		Stjeně jako v případě moření 45 min., potažmo 60 min.

Z fotek vyplývá, že nejvhodnější doba moření je 45+ min. Pro následující experimenty byla zvolena doba moření 45 min. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradayova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy.

	[g]	[g]	[g]	[min]	[s]	[A]	[V]	[g]	[g]	[μm]
vz	$m_{\text{před Ni}}$	$m_{\text{po Ni}}$	m (váha Ni)	t	t	I	U	$m_{\text{podle F zákona}}$	$\Delta m_{\text{teorie-praxe}}$	vrstva
5	3,4269	3,4720	0,0451	20	1200	0,123	1,0	0,0449	-0,0002	13
6	5,7110	5,7639	0,0529	20	1200	0,122	1,1	0,0445	-0,0084	15
10	3,4835	3,5309	0,0474	20	1200	0,123	1,1	0,0449	-0,0025	13
12	3,4854	3,5324	0,0470	20	1200	0,124	0,8	0,0453	-0,0017	13
13	3,4259	3,4723	0,0464	20	1200	0,121	0,8	0,0442	-0,0022	13

4.2.3. Platinování titanu

Platinování probíhalo za stejných podmínek jako předchozí pokusy. Začínal jsem na proudové hustotě 3 A/dm^2 a postupně zvyšoval ke 75 A/dm^2 .




Proudová hustota [A/dm ²]	Čas [min]	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
3	20	16		Vrstva platiny je jednolitá, ale černá, což není výsledek, který očekáváme.
10	5	19		Vrstva platiny je světlejší oproti předchozímu experimentu, ale i tak to není výsledek, který očekáváme.
25	5	26		Stejně jako v předchozím případě vrstva je o něco světlejší, ale stále je černá.
25	1	27		Vrstva platiny se smyla během oplachování po vyndání z lázně, a to z důvodu moc krátkého času.
75	5	30		Nejsvětlejší vrstva platiny, co byla vytvořena, ale i tak je stále černá.



Dle fotek lze usoudit, že platinování pouze v lázni bez jakýchkoliv přísad nevede k požadovanému výsledku a po platinování zůstává platina černá, což způsobuje tvorbu platinové černi namísto kompaktní vrstvy. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradayova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy.

	[g]	[g]	[g]	[min]	[s]	[A]	[V]	[g]	[g]	[nm]
vz	$m_{\text{před Pt}}$	$m_{\text{po Pt}}$	$m_{\text{(váha Pt)}}$	t	t	I	U	$m_{\text{podle F zákona}}$	$\Delta m_{\text{teorie-praxe}}$	vrstva
16	3,4086	3,4185	0,0099	20	1200	0,123	1,6	0,0746	0,0647	115
19	3,4579	3,4603	0,0024	5	300	0,407	2,3	0,1234	0,1210	28
26	-	-	-	5	300	0,998	2,32	0,3027	-	-
27	-	-	-	1	60	0,998	2,32	0,0605	-	-
30	3,2255	3,2295	0,004	5	300	3,001	5,05	0,9102	0,9062	47

4.2.4. Zlacení titanu pomocí chemického zlata a niklu

V této části experimentu bylo potřeba zjistit, jak dlouho se musí titan niklovat, aby následně mohlo probíhat chemické zlacení.

Čas ponoření v niklovací lázni [s];	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
20 min	11 vol2		Na fotce je vidět velká přítomnost niklu, což je způsobené velkou podkladovou vrstvou vzniklé při niklování.
60	21		V tomto případě je přítomnost niklu značně nižší a vrstva zlata pokrývá celý povrch.
45	25		Vrstva zlata na tomto vzorku je optimální a jednolitá.



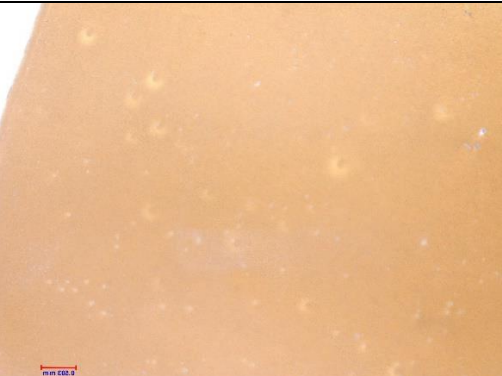

30	24		Vrstva zlata je optimální a jednolitá. Defekt na povrchu je způsoben neodbornou manipulací.
15	23		Vrstva je optimální a jednolitá.



Z fotek vyplývá, že stačí i vrstva, která vznikne po 15 sec. niklování při proudové hustotě 3 A/dm². Co se týče vytvořené vrstvy zlata, tak velikost této vrstvy spočívá pouze v délce pobytu v pokovovací lázni. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradayova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy. V šedě vyznačeném poli se nachází vzorek při nejvhodnějších podmínkách.

	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[nm]
vz	m _{před Ni}	m _{po Ni}	m _(váha Ni)	m _{před Au}	m _{po Au}	m _(váha Au)	vrstva
11 vol2	-	-	-	-	-	-	-
21	6,4573	6,4612	0,0039	6,4612	6,4618	0,0006	8
23	3,462	3,4637	0,0017	3,4637	3,4642	0,0005	6
24	3,3137	3,3147	0,001	3,3147	3,3153	0,0006	8
25	3,4326	3,4335	0,0009	3,4335	3,4344	0,0009	12

4.2.5. Zlacení titanu

Zlacení titanu probíhalo bez větších problémů, za úkol bylo zjistit optimální proudovou hustotu.

Proudová hustota [A/dm ²]	Čas [min]	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
0,2	20	31		Vrstva zlata je optimální a jednolitá.
0,4	15	32		Vrstva je jednolitá, ale není tak dokonalá jako na předchozím obrázku.
0,6	10	33		Vrstva je jednolitá, ale není dokonalá a objevují se defekty.
0,8	5	34		Vrstva je jednolitá, ale objevují se defekty.

0,1	40	37		Vrstva je jednodlnitá, ale není tak optimální jako u fotky číslo 27.
0,2	20	36		Vrstva je nejednodlnitá a z části je tvořena pouze titanem. Tato vada je způsobena vyčerpáním lázně.

Z experimentu vyplývá, že vhodná proudová hustota je $0,2 \text{ A/dm}^2$ po dobu 20 min a při $50 \text{ }^\circ\text{C}$. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradayova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy. V šedě vyznačeném poli se nachází vzorek při nejvhodnějších podmínkách.

	[g]	[g]	[g]	[min]	[s]	[A]	[V]	[g]	[g]	[nm]
vz	$m_{\text{před Au}}$	$m_{\text{po Au}}$	$m_{\text{(váha Au)}}$	t	t	I	U	$m_{\text{podle F zákona}}$	$\Delta m_{\text{teorie-praxe}}$	vrstva
31	3,3528	3,3761	0,0233	20	1200	0,009	1,9	0,0110	-0,0123	302
32	3,4189	3,4458	0,0269	15	900	0,016	2	0,0147	-0,0122	348
33	3,3573	3,3787	0,0214	10	600	0,025	2,3	0,0153	-0,0061	277
34	3,471	3,4846	0,0136	5	300	0,033	2,3	0,0101	-0,0035	176
36	3,4844	3,504	0,0196	20	1200	0,009	1,9	0,0110	-0,0086	254
37	3,3617	3,5054	0,1437	40	2400	0,009	2	0,0220	-0,1217	1861

4.2.6. Zlacení titanu po nanesení tenké vrstvy platiny

Vzorek poplatinovaného titanu byl vzat z předešlých experimentů, a to konkrétně vzorek s proudovou hustotou nanášení platiny 50 A/dm^2 a době pokovování 5 min.


Proudová hustota zlacení [A/dm^2]	Čas [min]	Vzorek	Foto	Popis vyloučené vrstvy
0,2	20	29		Na fotce je vidět jednolitá vrstva zlata, která velmi dobře drží na platině.

Vhodná vrstva zlata nám vznikne po 20 min. pokování při proudové hustotě $0,2 A/dm^2$ a $50\text{ }^\circ\text{C}$. V tabulce pod textem jsou uvedené údaje ke vzorkům a teoretický výpočet hmotnosti dle Faradayova zákona. Následně se zde nachází i výpočet tloušťky vytvořené vrstvy.

	[g]	[g]	[g]	[min]	[s]	[A]	[V]	[g]	[g]	[nm]
vz	$m_{\text{před Au}}$	$m_{\text{po Au}}$	m (váha Au)	t	t	I	U	$m_{\text{podle F zákona}}$	$\Delta m_{\text{teorie-praxe}}$	vrstva
29 vol2	3,6041	3,625	0,0212	20	1200	0,009	1,8	0,0055	-0,0157	275

4.2.7. Chemická odolnost vyloučených vrstev.

Na vzorky jsem nechal směs kyselin působit po dobu dvou týdnů, což mělo za následek rozklad pokovování niklem a vrstvy, která byla vytvořena chemickým zlatem a niklem.

Foto	Komentář
	Na fotce můžeme vidět zazelenání roztoku, které způsobuje rozložení niklu.

5. Diskuze

Poznatky, které jsem nabil během praktické části se týkají primárně ve vylepšení procesu pokovování.

U procesu pokovování je potřeba si hlídat mnoho vnějších jevů. Jeden z hlavních, který měl dopad na práci bylo míchadlo, které mělo hlavně ze začátku na svědomí několik defektů. Konkrétně co je potřeba si ohlídat je jeho rychlost, a to v tom poměru, že čím pomalejší, tím je menší šance na defekt, které způsobuje vytvořený vír v lázni. Na druhou stranu absence míchadla není taky žádoucí, protože může docházet k sedimentaci jednotlivých složek lázně a následně to může vést k její nefunkčnosti.

Následně je i potřeba si dát pozor na umístění katody, která by měla být co nejvíce uprostřed, aby nanášená vrstva kovu byla co nejvíce rovnoměrná. Přičemž by anody měly být co nejvíce u stěn nádoby ve které probíhá galvanické pokovování, a to ze stejného důvodu jako umístění katody.

Co se týče předúpravy titanu, a to konkrétně moření, je potřeba si dát pozor na vkládání titanových plíšků do kádinky tak, aby nebyly na sebe nalepené, čemuž jde zabránit vložením nekovových podpěr do kádinky.

Další předúprava nebo konkrétně smáčení, před vložením do galvanické lázně se osvědčilo kombinace vody a ethanolu, a to konkrétně nejdříve nechat vzorky malou chvíli v kádince s destilovanou vodou a těsně před vložením do lázně, opláchnout celý povrch ethanolem, a ještě mokřý povrch vložit do lázně.

U samotného pokovování je třeba si uvědomit, že velikost nanesené vrstvy závisí na délce pokovování, a ne na proudové hustotě. Co se týče proudových hustot, tak nejde říct konkrétně zda vyšší, či nižší proudové hustoty jsou vhodnější nebo ne, u každé galvanické lázně se hodnoty odlišují.

6. Závěr

Cíl práce se povedlo naplnit pouze z části. Úspěšně se jevila povrchová úprava titanu a následně i pokovování pomocí niklovací lázně, zlatící lázně a chemického zlata.

Jako neúspěšné se ukázalo z části pokovování za pomoci platinovací lázně, díky které byla vytvořena vrstva platiny, která ale neměla platinově lesklý vzhled, což nejspíš bylo způsobeno vnějším faktorem, který mi není známý.

7. Použitá literatura

1. Ing. Jaromír Tulka, CSc., Ochrna materiálů proti vlivům prostředí. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUTIUM, 2021. ISBN 978-80-214-5879-6.
2. Metal Finishing [online]. New York : Eugene B. Nadel, Podzim 2013. ISSN 0026-0576
3. Pavlína Beberová. Galvanické pokovení šperků. Plzeň, 27. května 2022, 64 str. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Ing. Ondřej Chocholatý, Ph.D.