

Korózna odolnosť **niklu,** **titanu** a ich zliatin



BIBUS SK s.r.o.

Priemyselná 4, 949 01 Nitra
Tel.: 037/741 25 25, mobil: 0903/57 57 48
Fax: 037/651 6701

E-mail: bibus@bibus.sk , belak@bibus.sk

		Str.
Obsah		2
Firemný úvod		3
Časť prvá		3
Nikel a niklové zliatiny		
1.	Korózia v niektorých prostrediach	4
1.1.	Kyslé prostredie	4
1.1.1.	Kyselina sírová	4
1.1.2.	Kyselina chlorovodíková	5
1.1.3.	Kyselina dusičná	5
1.1.4.	Kyselina fluorovodíková	6
1.1.5.	Kyselina fosforečná	6
1.2.	Organické kyseliny	7
1.3.	Zásadité prostredie	7
1.3.1.	Žieravé luhy	7
1.4.	Halogény a plyny	9
1.5.	Soli kyselín a zásad, spracovanie rúd	10
1.6.	Použitie niklu, niklových zliatin v chemickom priemysle	10
1.7.	Obrábanie, tvarovanie a zvarovanie	11
Časť druhá		12
Titan a jeho zliatiny		
2.	Korózia v niektorých prostrediach	12
2.1.	Kyslé prostredie	12
2.1.1.	Kyselina sírová	12
2.1.2.	Kyselina chlorovodíková	12
2.1.3.	Kyselina dusičná	13
2.1.4.	Kyselina fluorovodíková	13
2.1.5.	Kyselina fosforečná	14
2.1.6.	Kyselina chrómová	14
2.2.	Organické kyseliny	14
2.3.	Zásadité prostredie	15
2.4.	Žieravé luhy	15
2.5.	Halogény a plyny	15
2.6.	Soli kyselín a zásad, roztavené kovy	16
2.7.	Príklady použitia titanu a titanových zliatin v chemickom priemysle	16
2.8.	Obrábanie, tvarovanie a zváranie titanu	16

Firemný úvod

Naša spoločnosť je slovensko-švajčiarska obchodná firma. Materská švajčiarska firma je s štyridsať ročnou tradíciou a patrí vo svojej krajine medzi tri najvýznamnejšie obchodné firmy. Firma BIBUS Švajčiarsko má vlastné sklady vo Švajčiarsku, Rakúsku a Spolkovej republike Nemecko. Teraz sa budujú sklady v Českej republike, Poľsku, Chorvátsku.

Naša spoločnosť dodáva celou radu strojných a elektronických komponentov od renomovaných zahraničných firiem. Medzi ktoré napríklad patria:

- priemyselné tlmiče rázov ako lineárne, tak aj rotačné
- plynové pružiny, ťažné alebo tlačné
- prevodovky, samostatné alebo s elektromotorom
- pevné hriadel'ové spojenia, nahrádzajúci rozoberateľný hriadel'ový spoj pero - drážka
- priemyselná elektronika (kapacitné, indukčné, optické a ultrazvukové senzory)
- približovacie, bezpečnostné, hladinové a tlakové snímače
- spínacie lišty a rohože
- membránové čerpadla s pneumatickým pohonom
- štrbinové, prachové a hydraulické filtre
- integrované elektropneumatické ventily, membránové kompresory, vývevy, dúchadla a vzduchové motory
- hydraulické čerpadla s axiálnymi piestami
- vysokotlakové hydraulické zdvíhaky, valce, špeciálne príslušenstvo a zdroje tlaku

Všetky tieto výrobky sú predstavené v našom firemnom katalógu BIBUS, alebo na Internete pod adresou:

<http://www.BIBUS.sk>

Naša spoločnosť dodáva na slovenský a český trh hutné výrobky z:

niklu a niklových zliatin, titanu a titanových zliatin.

Tieto kovy dodávame v širokom spektre hutných výrobkov: kruhové, štvorhranné alebo šesťhranné tyče, plechy a dosky, drôty, bezšvové alebo zvarované trubky, obalené elektródy a zvaracie drôty pre zvaranie metódou TIG alebo MIG. Ďalej dodávame dna, voľne kované výkovky, výpalky a ďalšie polotovary podľa špecifikácie zákazníka. Je možné tiež dodať oblúky, kolena, redukcie, príruby a niektoré ďalšie potrubné diely zo zliatin niklu a titanu. Ku všetkým hutným výrobkom a elektródam dodávame atesty o akosti podľa EN 10204-3.1.B.

Presné hodnoty chemického zloženia, fyzikálnych a mechanických hodnôt pri vyšších teplotách a k nim ekvivalentné európske normy sa nachádzajú v katalógu "**Nikl a niklové slitiny, titan a titanové slitiny**" a v špeciálnych zborníkoch.

Ďalej Vám môžeme poskytnúť katalógy s tematikou trieskového obrábania, beztrieskového tvarovania, zvarovania, korózne zborníky a pod.

Ďalej dodávame hutné výrobky zo **zirkónia, nióbu, tantalu** a ďalších špeciálnych kovov.

Poznámka:

Ochranné známky koncernu **INCO ALLOY** (Special Wiggin Metals) majú názvy **MONEL, INCONEL, INCOLOY, INCO, NIMONIC, NILO, NI-ROD, INCO-WELD.**

1. Časť prvá

Nikel a niklové zliatiny

1.Korózia v niektorých prostrediach

Korózne vlastnosti väčšiny kovových materiálov bývajú spravidla posudzované podľa odolnosti v základných **anorganických** kyselinách.

Upozornenie:

Údaje o korózných úbytkoch v prednáškach slúžia predovšetkým pre rýchle predvedenie a na porovnanie korózných úbytkov jednotlivých kovov. Existuje mnoho premenných veličín, ktoré ovplyvňujú veľmi výrazne korózne úbytky, ako napríklad koncentrácia korózneho média, jeho teplota, prevzdušnenie, rýchlosť prúdenia a taktiež zloženie nečistôt. Väčšina testov prebiehala v laboratórnych podmienkach, v praxi sú často iné podmienky než pri laboratórnych skúškach. Preto údaje z literatúry nie je možné považovať za smerodajné, skôr orientačné a je nutné overiť ich praktickými skúškami.

Korózne úbytky pre rýchlu orientáciu

A	0,0025	mm/rok	bez korózneho úbytku
B	0,05	mm/rok	vynikajúca korózna odolnosť
C	0,5	mm/rok	dobrá korózna odolnosť
D	0,5 – 1,3	mm/rok	vyhovujúca korózna odolnosť
E	Viac než 1,3	mm/rok	Nevyhovujúca korózna odolnosť

1.1. Kyslé prostredie

1.1.1. Kyselina sírová

Táto najviac rozšírená **anorganická** kyselina predstavuje značne veľký korózny problém, pretože korózna charakteristika **kyseliny sírovej** sa mení s jej koncentráciou. V koncentrácii do 85% pri izbovej teplote (65% pri vyšších teplotách) sa chová ako **redukčná** kyselina, nad týmito koncentraciami sa chová ako **oxidačná** kyselina.

Zliatiny **Monel 400**, **Incoloy 825** a **Inconel 625** poskytujú vynikajúce služby v prostredí s **kyselinou sírovou**. **Monel 400** je doporučený pre redukčné podmienky, **Incoloy 825** pre **oxidačné** podmienky, alebo v prípadoch keď sa bude prostredie meniť medzi **oxidačným** a **redukčným**. **Inconel 625** sa používa zvlášť tam, kde je **oxidačné** prostredie, vysoká teplota a kde je vysoké riziko pittingu vplyvom prítomnosti **halogénov**.

Laboratórne korózne testy - kyselina sírová

		Korózny úbytok (mm/rok)						
		Inconel 622	Inconel 625	Inconel 686 ^{a,b}	Incoloy 825	Oceľ **	Nerez * oceľ	Nerez oceľ 316
60 %	60°C	-	0,04	-	0,16	4,5	20,8	42,5
60 %	90°C	-	0,2	-	0,26	6,0	18,1	35,1
75 %	120°C	-	1,15	-	2,27	-	260	400
80 %	80°C	1,32	-	0,1	-	-	-	-

* feriticko - austenitická, 25%Cr, 5% Ni, 2,5% Mo, 2,0% Cu, zbytok Fe

** nízko uhlíková oceľ

^a – jedno týždňový test

^b - priemer z dvoch testov

1.1.2. Kyselina chlorovodíková

Kyselina chlorovodíková je redukčná v celom rozsahu koncentrácií a z korózneho a manipulačného hľadiska patrí do kategórie najagresívnejších kyselín.

Laboratórne korózne testy - kyselina chlorovodíková

		Korózný úbytok (mm/rok)				
		Nickel 200	Monel 400	Incoloy 825	Inconel 625	Inconel 686
0,2 %	Var	17,2	1,07	-	-	0,05
5,0 %	26°C	-	-	0,16	0,001	-
	50°C	-	-	-	-	0,05
	60°C	3,5	32,7	-	-	-
10,0 %	66°C	-	-	1,6	1,73	0,25
	26°C	-	-	0,24	0,15	-
	60°C	2,0	1,9	-	-	-
25,0 %	66°C	-	-	2,8	2,53	-
	Var	4,6	6,4	-	-	-
	26°C	-	-	0,27	0,11	-
Koncentr.	66°C	-	-	4,14	1,43	-
	Var	53	211	-	-	-
	26°C	-	-	4,11	0,06	-
	66°C	-	-	25,6	0,48	-

*192 hodinový test

1.1.3. Kyselina dusičná

Kyselina dusičná je silne oxidačná kyselina. Katódové reakcie v jej prítomnosti majú za následok redukciu kyseliny skôr než vývin vodíka, ktorý sa vyskytuje v redukčných kyselinách. Najlepšie odolné zliatiny sú tie, ktoré tvoria príľnavý oxidačný povlak.

Pri normálnych koncentráciách až do bodu varu sú vhodné nerezové ocele, ale v prípade že sú prítomné nečistoty ako chloridy, je výhodnejšie použiť vysoko niklové zliatiny napr. typu Incoloy 825.

Monel 400 a Nikl 200 by nemal byť použitý v roztokoch kyseliny dusičnej. Akokoľvek je Inconel 600 odolný koncentráciám nad 20% pri izbovej teplote, nižšia koncentrácia alebo horúce roztoky sú agresívne. Inconel 625 má dobrú koróznou odolnosť, korózný úbytok vriacej kyseliny pri 65% koncentrácií je menší než 0,7 mm/rok. Táto zliatina je stabilizovaná proti znečisteniu a nevyžaduje tepelné spracovanie po zvaraní. Incoloy 825 má vynikajúcu odolnosť voči kyseline dusičnej pri všetkých koncentráciách a teplotách až do bodu varu pri 65% kyseline. Táto zliatina je tiež stabilizovaná proti znečisteniu a nevyžaduje tepelné spracovanie po zvaraní.

Incoloy 825 bol 10 rokov v prevádzke v chemickej firme Eurochemie v meste Mol, Belgicko. Nebola zistená žiadna závažná korózia v 45% kyseline na bode varu.

Pri výrobe kyseliny dusičnej oxidáciou čpavku sa s úspešnosťou používajú zliatiny Inconel 600, 601, 617 a Nimonic 75 a to hlavne ako podporné mriežky pre katalyzátory.

Laboratórne korózne testy - kyselina dusičná

		Korózný úbytok (mm/rok)				
		Inconel 625	Incoloy 800	Incoloy 825	Nerez 304	Nerez 316
10 %	Var	-	0,002	0,002	0,002	0,002
50 %	60°C	-	0,002	0,003	0,002	0,006
65 %	Var	-	-	-	-	0,01
Dymová	Var	-	-	-	-	-

* biela HNO₃

1.1.4. Kyselina fluorovodíková

Extrémna reaktivita **kyseliny fluorovodíkovej** vylučuje použitie mnoho kovov pri výrobe a manipulácií. Z bežných používaných kovov a zliatin vykazuje najlepšie výsledky **Monel 400**.

V neprevzdušnených roztokoch **kyseliny fluorovodíkovej** môžu byť očakávané jeho korózne úbytky menšie než 0,25 mm/rok pri všetkých koncentráciách a teplotách (vynímajúc bod varu pri koncentrácií 40-70%). Dokonca i v prevzdušnených roztokoch sú vyššie korózne úbytky **Monel 400** prijateľné a môže sa očakávať dlhšia prevádzková odolnosť než u iných materiálov. V prostredí, kde sa nachádzajú pary **kyseliny fluorovodíkovej** a je možné predvídať trhlinky korózneho namáhania, doporučuje sa **Inconel 600**. **Incoloy 825** alebo **Inconel 625** - sa používajú pri výrobe **kyseliny fluorovodíkovej**, kde je kombinácia horúcej HF a H₂SO₄ v spojení s eróziou.

Laboratórne korózne testy v zmesi - kyselina fluorovodíková a sírová

	Korózny úbytok (mm/rok)	
	Incoloy 825	Nerez oceľ 316
40% HF + 40% H ₂ SO ₄ / 65°C / 240 dní	0,20	0,33
15 HF + 75% H ₂ SO ₄ / 70°C / 73 dní	0,02	0,16
0-30 % HF + 60-90 % H ₂ SO ₄ / 93°C / 10 dní	4,5	viac než 20
4 - 8 % HF + 25 - 35 % H ₂ SO ₄ / 57°C / 31 dní	0,15	viac než 200

1.1.5. Kyselina fosforečná

Čistá **kyselina fosforečná** je redukčná kyselina a nie je obzvlášť agresívna. Komerčné **kyseliny fosforečné** však obsahujú nečistoty, ktoré obvykle spôsobujú nárast korózneho agresivity. Pre čistú **kyselinu fosforečnú** pod 100°C je dostačujúca **nerozová oceľ**. Roztoky kyseliny na bode varu sú agresívnejšie a **niklové** zliatiny ponúkajú podstatné zlepšenie.

Monel 400 vykazuje dobrú odolnosť voči čistej neprevzdušnenej **kyseline fosforečnej** v širokom rozsahu koncentrácií, ale je v praxi zriedka používaný - možnosť použitia **nerozovej ocele** (lacnejší variant) a taktiež pre prítomnosť oxidačných činidiel v komerčnej **kyseline fosforečnej**, ktoré znižujú jej korózne agresivitu.

V roztokoch na bode varu ponúka **Incoloy 825** väčšie výhody ako **nerozová oceľ**. Väčšina problémov v praxi vzniká tým, že **fosforečné** horniny, z ktorých sa vyrába **kyselina fosforečná** obsahujú nečistoty ako **chloridové, fluoridové, kremičitanové a boridové ióny**. Ich zloženie a koncentrácia závisí na geologickom umiestnení zdroja hornín. Napríklad, **kyselina fosforečná** vyrobená z marockej horniny bude agresívnejšia ako z náleziska na Floride. Veľké množstvo **kyseliny fosforečnej** je vyrobené tzv. "mokrým" procesom, kde je luhovaný **fosforečan vápenatý** koncentrovanou **kyselinou sírovou**, uvoľňuje sa **síran vápenatý** a 42% **kyselina fosforečná (30% P₂O₅)**. Táto je potom koncentrovaná v odparováku do koncentrácie 70% (54% P₂O₅). Proces koncentrácie je nesmierne korózne agresívni. Laboratórne práce korózných úbytkov v závislosti na rôznych nečistotách pri vedení tepla ukazujú, že **Incoloy 825** je obvykle lepšia ako **Inconel 625**, zvlášť s prihliadnutím na cenu.

V prípade že sú prítomné oxidačné **chloridy**, mal by sa použiť **Inconel 625**. Toto je veľmi úzko späté s prevádzkou, kde v **kyseline fosforečnej** z floridskej horniny (2,5% HF bez **chloridov**), **Incoloy 825** vydržal asi štyri roky vo výparníku, zatiaľ čo v **kyseline fosforečnej** z marockej horniny (1% HF + 0,5% NaCl) vznikla porucha behom 18 mesiacov. Pri jeho nahradení materiálom **Inconel 625** nebola po troch rokoch prevádzky nájdená žiadna stopa po korózií.

Laboratórne korózne testy - kyselina fosforečná

		Korózný úbytok (mm/rok)				
		Inconel 625	Inconel 686	Incoloy 825	Nerez 316	Nerez 304
20%	Var	0,002	-	0,011	0,052	0,008
60%	Var	-	-	0,2	2,5	-
70%	Var	-	-	0,16	5,0	-
80%	Var	-	-	1,25	20	-
85%	90°C	-	0,025	-	-	-
85%	Var	-	0,41	-	-	-
X	Var	4,1	-	5,9	13	105

x – koncentrovaná kyselina

1.2. Organické kyseliny

Všeobecne sa dá povedať, že **organické kyseliny** sú tak korózne agresívne ako **anorganické** a sú redukčného charakteru. Stávajú sa menej agresívnejšími, čím je uhlíkový reťazec dlhší - napr. **kyselina mravenčia** je silnejšia než **octová** atd. Rovnako ako u všetkých kyselín neoxidáčného charakteru, prevzdušnenie a teplota zvyčajne zvyšujú koróziu. **Niklové** zliatiny majú vynikajúcu odolnosť voči organickým kyselinám a je ich možné použiť tam, kde bude abnormálne vysoká teplota, alebo kde môžu agresívne ióny znečistených kyselín spôsobiť pitting alebo korózne trhlinky. **Nikel 200** a **Monel 400** sú najvhodnejšie pre prevzdušnené kyseliny, **Incoloy 825** je možné použiť i pre neprevzdušnené kyseliny.

Laboratórne korózne testy - kyselina mravenčia

		Korózný úbytok (mm/rok)							
		Nikel 200	Monel 400	Inconel 600	Inconel 625	Incoloy 800	Incoloy 825	Nerez 304	Nerez 316
20%	Var	0,644	0,017	1,222	0,092	1,164	0,034	0,812	0,048
50%	Var	0,997	0,040	1,402	0,164	1,196	0,043	1,137	1,182
75%	Var	0,268	0,05	0,552	0,063	1,079	0,105	1,009	0,487
x	Var	0,042	0,013	0,636	0,051	1,616	0,108	0,343	0,275
20%	60°C	0,129	0,049	0,294	0,014	0,115	0,012	0,118	0,015
50%	60°C	0,320	0,005	0,497	0,018	1,112	0,030	0,392	0,030
x	60°C	0,409	0,159	0,236	0,106	0,101	0,019	0,128	0,037

x - koncentrovaná kyselina

1.3. Zásadité prostredie

1.3.1. Žieravé luhy

Zriedené roztoky zásad pri normálnych teplotách nie sú agresívne a môžu zabrániť korózii u **mäkkých ocelí**. Keď teplota a koncentrácia narastá, vzrastá korózný úbytok. Napadnutie je často lokalizovateľné, lebo zásada má sklon tvoriť katodický tenký povlak, ktorý koncentruje koróziu ako aktívnu anodickú plochu v miestach, kde je film poškodený alebo nie je vytvorený. Zliatiny na báze **niklu** nie sú obvykle predmetom takého napádania.

Skrehnutie spôsobené zásadou alebo korózia spôsobená zásadou v trhlínke je tiež riskantná pri použití **mäkkých ocelí** ako aj **nerez ocelí** a vtedy je nutnosťou použiť vysoko **niklových zliatin**.

Hydroxid sodný - **Nikel 200** a **201** majú vynikajúcu odolnosť voči **hydroxidu sodnému** a ponúkajú optimálny pomer cena/životnosť pri akejkoľvek koncentracii až po bezvodný **hydroxid sodný** na bode varu. Odolnosť **niklu** voči korózii je zvýšená tvorbou ochranného filmu čierneho **oxidu niklu**. Jeho korózný úbytok v 80% roztoku **hydroxidu sodného** pri teplote 450°C bol za prvých 24 hodín 0,5mm/rok. Potom sa spomaľuje a udržuje sa na

hodnote cca 0,05mm/rok za predpokladu vytvorenia čierneho ochranného filmu. Je dôležité použiť LC (Lower Carbon) - **Nikel 201** v prevádzkach pri teplotách nad 320°C a to z dôvodu vyvarovania sa medzikryštalického napadnutia alebo následnej trhlínkovej korózie.

Nikel 200 a **201** sú štandardné materiály odparovávok **hydroxidov** od koncentrácie 50% roztoku až k bezvodným hodnotám. Navyše pristupuje k ich vynikajúcej koróznej odolnosti schopnosť produkovať produkt vysokej čistoty bez škodlivých kovových iónov, ako napríklad **meď** a **železo**. Pri niektorých znečisteniach **hydroxidu sodného** stúpa jeho korózna agresivita voči **Niklu 201**. **Chlorečnan sodný**, vyrábaný elektrolyzou, je obzvlášť nebezpečný. Tento sa rozkladá za pomoci prísady **dextróza** na **hydroxid sodný**. V tomto prípade by vhodná náhrada mohla byť **Inconel 600**. Oxidačné prvky **síry** tiež spôsobujú nárast koróznej agresivity **hydroxidu sodného** voči niklu. Tento jav je pozorovateľný v prítomnosti **sírovodíkov**, **merkaptanov**, **siričitanov** a **tiosíranov** - vhodným materiálom by mohol byť **Inconel 600**.

Niklové materiály najviac odolnými voči korózie a napätovým trhlínkam spôsobené **hydroxidom sodným** sú **Nikel 200** a **201**. Taktiež je možné použiť **Inconel 600**, **625** - **Incoloy 825** a **Monel 400** sa zvlášť používajú pre doskové výmenníky tepla pre manipuláciu s roztokmi 50% **hydroxidu sodného**, vyrobeného v **kausticko-chloridových elektrolyzéroch**. Z hľadiska korózie pod napätím by sa nemal používať **Monel 400** tam, kde sa používajú **ortuťové** elektrolyzéry. Vtedy by sa mal použiť **Incoloy 825**. Jeden takýto výmenník tepla ktorý bol vyrobený z **Incoloy 825** bol v prevádzke 8 rokov bez známky korózie. **Inconel 625** sa používa pri chladení **morskou vodou** a poskytuje vynikajúcu odolnosť.

Hydroxid draselný - Pretože jeho chovanie je podobné **hydroxidu sodnému**, korózna odolnosť **niklu** a jeho zliatin je podobná ako u **hydroxidu sodného**.

Sírnik sodný - zliatiny na základe **niklu** ponúkajú dobrú odolnosť **sírniku sodnému** a používajú sa v koncentrátoroch pracujúcich s roztokmi do 60%. Laboratórne a prevádzkové testy ukazujú, že **Inconel 600** ponúka najlepšiu odolnosť.

Roztoky čpavku - väčšina **niklových** zliatin je vysoko odolná všetkým koncentráciám až do bodu varu. **Monel 400**, ktorý je odolný bezvodnému **čpavku**, je napádaný vodnými roztokmi. Korózne úbytky stúpajú s teplotou a prevzdušením a maximálna koncentrácia 3% je limitná pre použiteľnosť týchto zliatin.

Prevádzkový korózný test - **hydroxid sodný**

	Korózný úbytok (mm/rok)			
	Nikel 200	Monel 400	Nerez 304	Šedá liatina
60 – 75% 149 – 177°C	0,03	0,10	1,9	-
75%-bezvodný 482°C max.	1,5	6,6	46	33
60%-bezvodný 149 – 260°C	0,07	0,3	4,3	-
Bezvodná roztavená soľ 400 – 410°C	0,2	1,4	1,6	-

1.4. Halogény a plyny

Niektoré **niklové** zliatiny majú vhodnú koróznú odolnosť voči **halogénovým plynom** pre výrobné zariadenia alebo nádrže. **Niklové zliatiny** sa široko používajú v **chlórovom** prostredí (napr. výroba **kysličníka titaničitého** a spracovanie čistenie rúd). V takomto **chlórovom** prostredí má vlhkosť výrazný vplyv na koróznú úbytok.

Chlór - všetky korózne odolné zliatiny na báze **niklu** odolávajú **suchému chlóru** a **chlorovodíku**, väčšina z nich i pri vyšších teplotách. **Monel 400** je štandardný materiál pre výstavbu **chlórových** valcov a ventilov, pre clony v potrubíach vedúcich **chlór** a pre rozličné časti pre **chlórové** zariadenia. Viac menej, vlhký **chlór** (pri teplote pod rosným bodom) alebo jemu zodpovedajúce vodné roztoky (obsahujúce značné množstvo voľného **chlóru**) korózne napadá všetky zliatiny.

Fluór - pretože všetky kovy reagujú priamo s **fluórom**, korózna odolnosť kovov závisí na vzniku ochranného fluoridového filmu. **Nikel**, **meď**, **horčík** a **železo** tvorí tieto ochranné tenké povlaky a sú vyhovujúce pri nízkych teplotách pre manipuláciu s **fluórom**. Pri vyšších teplotách ponúka najlepšiu odolnosť **Nikel 200** a **Monel 400**. Pri manipulácii s tekutým **fluórom** je nebezpečie zapálenie kovov pri údere. Pri teste s dynamitovou rozbuškou, trubičky z **Niklu 200** alebo **Monel 400** plnené **fluórom** nehoreli. Tieto skúšky viedli k použitiu **Monel 400** pre Dewarove nádrže pre prepravu tekutého **fluóru**.

V iných testoch bola zistená zápalná teplota **niklu** vo **flóre** asi okolo 1135°C. Odolnosť voči vzplanutiu a schopnosť tvoriť ochranný tenký povlak **niklových fluoridov** umožňuje **niklovým zliatinám** efektívne použitie pri vyšších teplotách vo **fluoridovom** prostredí. **Nikel 200** a **Monel 400** sa používajú pre valce, membránové čerpadla a ventilové drážky a sedla.

Bróm - **Nikel 200** sa používa viac než 30 rokov pri manipulácií, uskladňovaní a preprave suchého **brómu**. Odolnosť **Niklu 200** voči suchému brómu môže byť potvrdená jeho používaním v ponorných čerpadlách, ktoré sú v prevádzke viac než 10 rokov a u nádob, v ktorých sú **bromidné** páry s vyššou teplotou.

Takmer všetky **niklové** zliatiny sú korózne odolné i pri vysokých teplotách a tak sa tieto kovy používajú pre najviac namáhané časti spaľovní. **Incoloy 825** sa používa pre horné časti mokrej pračky plynov, kde **plynný hydrochlorid** a **oxid siričitý** môžu prekorodovať materiál pračky behom niekoľkých mesiacov. **Inconel 625** a **686** kombinuje vysokú pevnosť pri zvýšených teplotách a dobrú koróznú odolnosť voči **oxidu dusnatému**, **oxidu siričitému** a **sírovému**, **chloridom** a rôznym zriedeným kyselinám, ktoré sa môžu vyskytnúť v mokrej pračke.

Laboratórny korónny test – fluór

	Korózný úbytok (mm/rok)		
	Nikel 200	Monel 400	Inconel 600
400°C	0,21	0,15	11,6
450°C	0,58	0,46	Viac než 25
500°C	1,55	0,61	18,9
600°C	8,84	18,3	Viac než 25
650°C	4,48	24,4	Viac než 25
700°C	10,4	Viac než 25	Viac než 25

1.5. Soli kyselín a zásad, spracovanie rúd.

Monel 400 vyniká ako štandardný materiál pre zariadenia na výrobu neutrálnych a **zásaditých solí**, ako sú **chloridy**, **sírany**, **fosfáty** a **uhličitan sodíka** a **draslíka**. Pretože **Monel 400** má všeobecne vynikajúcu odolnosť voči korózii spôsobenú **solami** a nie je napadnuteľný trhlínkovou koróziou spôsobenou **chloridovými iónmi**, používa sa posledné roky vo výrobe takmer všetkých typov zariadení pre výrobu **solí**. Vysoká korózná odolnosť je zvlášť dôležitá pri výrobe **jedlých solí**, kde môže byť hladina nečistôt len **0,001% železa** a **0,002% medi**. **Monel 400** rieši tento problém, lebo jeho korózný úbytok je 0,002 - 0,08 mm/rok. Ako alternatíva pre styk so **solami kyselín**, **chloridu vápenatého**, **chloridu horečnatého**, **chloridu zinočnatého** a **síranu hlinitého** môže byť **Monel 400** a **Incoloy 825**. Pre zariadenie na výrobu **chloridu vápenatého** a **horečnatého** sa bežne používa **Inconel 600** a **625**. Tam, kde vysoká agresivita prostredia môže spôsobiť pitting, sa s výhodou používa **Inconel 625**.

Pri Krollovom procese výroby **zirkónia** alebo **titanu** sa používa **Inconel 600** alebo **Nikel 200** pre pred ohrievač **chlóru** na jeho ohrev pred vstupom do **chlórového** reaktoru. **Nikel 200** je možné použiť pre kondenzátor pár **chloridu zirkónia** alebo **titanu**. Rafinovanie **zirkónových solí** sa prevádza umiestnením kovových **solí** v bubnoch **Inconelu 600**, kde je ohriata približne na 650°C.

Inconel 600 a **Nikel 201** poskytujú vynikajúcu koróznou odolnosť proti vysoko ohriatemu **chlóru**, **chloridovým plynom**, **vodným chloridom** a **oxidácii**. Majú dobrý koeficient prestupu tepla a ľahko sa obrábajú. **Inconel 600** má navyše dobrú odolnosť voči vysoko teplotnej erózii a abrázií.

Nikel 200, 201, Inconel 600 a 601 má široké využitie v priemysle vyrábajúcom **kysličník titaničitý** chlórovaním rutilov. Použitie zahŕňa prívodné potrubie horúcich **chloridných** pár, kondenzátory **chloridu titaničitého**, odparováky, potrubie pár, výstupné potrubie **kysličníka titaničitého**, potrubie **kyslíkových** predhrievačov a pieskové zachytávače. V procese Bayer-Hall pre výrobu **hliníka** sa používa **Nikel 200** pre potrubie varákov a **Inconel 600** v procese výroby **fluoridu hlinitého**. Niekoľko niklových zliatin sa používa pri novších výrobných metódach v procese výroby **hliníka chlórovou** cestou.

Inconel 625 a **Incoloy 825** sa používajú v hydrometalurgii pre ich odolnosť **sírovým** a **siričitým kyselinám** a **chloridovým soliam** - zvlášť pre výmenky tepla v procese rafinovania **medi**.

1.6. Použitie niklu a niklových zliatin v chemickom priemysle.

Pre informáciu uvádzame typické príklady použitia **niklu** a **niklových zliatin** v chemickom priemysle:

Nikel 200 chemické zariadenia pri výrobe **zásaditých solí**, **žieravých zásad** do teploty 315°C a v **chlórovaní**.

Nikel 201 zariadenia na výrobu **hydroxidov sodného** nad teplotu 300°C, ako sú napr. potrubia, výmenky tepla, odparováky, použitie pre **chlórové** zariadenia do 540°C.

Monel 400 zariadenia, kde bude kov vystavený účinkom **morskej vody** alebo **solanky**, na prístroje pre chemický priemysel a výrobu **uhl'ovodíkov**, petrochemický priemysel (napr. vrchná časť kolón pre destiláciu surovej ropy, bohaté na **merkaptany**, **sírovodík** a **chloridy**), ventily, čerpadla, armatúry, skrutky a svorníky, výmenníky tepla.

- Monel K-500** hriadele čerpadiel, súčiastky a príslušenstvo ropných vrtov, pružiny, ventilové príslušenstvo, skrutky a svorníky.
- Inconel 600** časti pecí v chemickom priemysle.
- Inconel 601** petrochemický priemysel.
- Inconel 617** spaľovacie komory, trubkové vedenia a priechodky, petrochemický priemysel, zariadenie na výrobu **kyseliny dusičnej**.
- Inconel 686** chemický priemysel a to najmä s **chlórovým** prostredím, ochrana životného prostredia (zvlášť k odsíreniu dymových plynov), výroba buničiny a papieru, rovnako ako zariadenia pre odpadové látky s vyšším podielom **chloridov**.
- Inconel 718** čerpadla.
- Inconel X-750** tlakové nádoby, vysoko teplotné pružiny a skrutky.
- Incoloy 825** zliatina je zvlášť odolná **kyseline sírovej** a **kyseline fosforečnej**, použitie v chemickom priemysle, pre zariadenia pre znečistené vody, potrubia ropných a plynových vrtov, výroba kyselín, korózne odolné pružiny.
- Incoloy DS** priemyselné pece, poschodia kolón.
- Nimonic 75** súčasti priemyselných pecí a zariadení pre vysoké teploty.
- Nimonic 90** súčasti priemyselných pecí a zariadení, pružiny pre vysoké teploty.
- Nilo 36** dĺžkové etalóny - porovnávacie meracie meradla, meracie zariadenia, súčiastky laserov, dvoj kovové termostatické pásky, termostátové tyčky, nádrže a potrubia pre uchovávanie a prepravu **kaplánových plynov**.

1.7. Obrábanie, tvárnenie a zváranie

Nikel a **niklové zliatiny** je možné bežne trieskovo obrábať na všetkých klasických obrábacích strojoch - typ obrobiteľnosti materiálu závisí na typu zliatiny a tepelnom spracovaní. Základné údaje o typu obrobiteľnosti, doporučených rezných rýchlosti, posuvoch a uhloch rezných nástrojov sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Obrábění Ni slitin**".

Vybrané kovy je možné tvárniť za studena aj za tepla. Základné údaje o typu tváriteľnosti, doporučených teplotách tvárnenia a ďalších technologických podmienkach sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Tváření Ni slitin**".

Tavné zvarovanie je možné prevádzať bežnými obalenými elektródami, tak aj metódou TIG alebo MIG. Pre zvariteľné materiály dodávame buď obalené elektródy alebo prídavný drôt vo forme priamych drôtov, alebo na cievke. Existuje možnosť odporúčenia vhodného zvaracieho materiálu pre privarenie **niklu** a **niklových zliatin** k bežnej **nerozovej ocele**, **nízko uhlíkovej ocele** atd. Základné údaje o typu zvariteľnosti, doporučených technologických hodnotách pre zvarovanie a ostatných údajoch sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Svařování Ni slitin**".

Časť druhá **Titan a jeho zliatiny**

2. Korózia v niektorých prostrediach

2.1 Kyslé prostredie

Redukčné kyseliny - **titan** ponúka menšiu koróznú odolnosť voči redukčným kyselinám typu **chlorovodíková**, **sírová** a **fosforečná**. Korózný úbytok stúpa v závislosti na koncentrácii kyseliny a teplote. **Ti-Pd** ponúka najlepšiu odolnosť, ďalej je **Ti gr.12**, **CP titany** a **Ti- 6Al - 4V**.

Oxidačné kyseliny - **titan** má vynikajúcu koróznú odolnosť voči **oxidačným kyselinám** ako napr. **kyselina dusičná** alebo **chrómová**.

2.1.1. Kyselina sírová

Titan je odolný koróznemu napádaniu zriedenými roztokmi čistej **kyseliny sírovej** pri nízkych teplotách. Pri 0°C je **CP titan** odolný koncentraciám asi do 20% **kyseliny sírovej**. Odolnosť klesá k hodnote asi 5% pri izbovej teplote. **Ti-Pd** je odolný asi do hodnotu 47% kyseliny pri izbovej teplote. Vo vriacej **kyseline sírovej**, **CP titan** bude vykazovať vysoké korózne úbytky už v roztoku s obsahom 0,5% **kyseliny sírovej**. **Ti gr.12** má dostatočnú odolnosť v roztoku do 1% vriacej **kyseliny sírovej**. **Ti-Pd** sú použiteľné vo vriacej **kyseline sírovej** do 7% koncentrácie. **Ti gr.5** vykazujú trochu nižšiu koróznú odolnosť než **CP titan**.

Prítomnosť istých viac mocných kovových iónov alebo oxidačných činidiel v **kyseline sírovej** spomaľuje koróziu titanu podobným spôsobom ako v **kyseline chlorovodíkovej**. Napríklad, ióny **železa** alebo **medi** brzdia koróziu **CP titanu** v 20% **kyseline sírovej**. Oxidačné činidla, ako **kyselina dusičná** alebo **chrómová** a **chlór** sú tiež efektívnymi inhibítormi.

Laboratórne korózne testy - kyselina sírová Platí len pre CP titany

			Korózný úbytok (mm/rok)
Prevzdušená kyselina sírová	1 %	60°C	0,008
	3 %	60°C	0,013
	5 %	60°C	4,83
	1 %	100°C	0,005
	3 %	100°C	23,4
	5 %	100°C	20,6
Koncentrovaná kyselina sírová		20°C	1,57
	1 %	var	17,8
	5 %	var	25,4

2.1.2. Kyselina chlorovodíková

Taktiež v **kyseline chlorovodíkovej** je korózia **titanu** na rozdiel od väčšiny pasivovateľných kovov riadená vlastnosťami pasívnej vrstvy. Malé množstvo niektorých viac mocných kovových iónov v roztokoch, ako sú ióny **železa**, môže efektívne spomaliť koróziu **titanu** v **kyseline chlorovodíkovej**. Keď sú prítomné ióny **železa** v dostatočnej miere, **Ti gr.2**, **12** a **Ti-Pd** vykazujú zhodnú koróznú odolnosť. Iné kovové ióny, ako napr. **Cu**, **Ni**, **Mo**. Tieto, tiež pasivujú **titan** voči napadnutiu **kyselinou chlorovodíkovou**. Napr. prísada 0,02 až 0,03 mol % **Cu** alebo **Fe**-iónov môže zmenšiť koróziu až 100x. Oxidačné činidla, ako napr. **kyseliny**, **chlór**, **chlornan sodný** alebo **chrómové ióny** sú tiež výkonné inhibítory korózie. Tieto opatrenia dovoľujú použiť **titan** v procese výroby a použiť **kyselinu chlorovodíkovú**.

Laboratórny korózný test - kyselina chlorovodíková Platí len pre CP titan

			Korózný úbytok (mm/rok)
Kyselina chlorovodíková	1 %	var	Viac než 25,4
	3 %	var	14
	5 %	var	10,2
Kyselina chlorovodíková, nasýtená chlórom	5 %	190°C	Menej než 0,025
	10 %	190°C	Viac než 28,5
Kyselina chlorovodíková + 1 % HNO ₃	5 %	93°C	20,6
Kyselina chlorovodíková + 5 % HNO ₃	5 %	93°C	0,030
Kyselina chlorovodíková + 5 % HNO ₃	1 %	var	0,074

2.1.3. Kyselina dusičná

Titan sa bežne používa pre manipuláciu s kyselinou dusičnou a vykazuje nízke korózne úbytky v širokom rozpätí hodnôt. Jeden užívateľ uvádza napr. použitie **titanu** na výmenníky tepla pre 60% kyselinu dusičnou pri teplote 193°C a tlaku 2,06 MPa - po dvoch rokoch prevádzky nevykazuje materiál žiadnu stopu po korózii. **Titan** sa používa pre reaktory kyseliny dusičnej, potrubia a teplomerné odmerky pre roztoky od 20 do 70% kyseliny dusičnej a teploty od bodu varu do 315°C.

Červená dymová kyselina dusičná - akokoľvek má **titan** vynikajúcu odolnosť voči kyseline dusičnej v širokom rozsahu koncentrácií a teplôt, nemal by sa používať pre červenú dymovú kyselinu dusičnú, lebo hrozí nebezpečie prudkej až explozívnej pyroforickej reakcie. Odhaduje sa, že obsah vody v roztoku musí byť menší než 1,34 % a obsah NO₂ väčší než 6%, aby mohla vzniknúť pyroforická reakcia.

Pyroforická reakcia znamená samovoľné horenie na vzduchu alebo tvorbu iskier.

Laboratórny korózný test - kyselina dusičná Platí len pre CP titan

			Korózný úbytok (mm/rok)
Kyselina dusičná, prevzdušnená	10 %	20°C	0,005
	50 %	20°C	0,005
	70 %	20°C	0,005
	10 %	40°C	0,003
	50 %	40°C	0,037
	70 %	70°C	0,040
	40 %	200°C	0,610
Kyselina dusičná, neprevzdušnená	70 %	270°C	1,22
	20 %	290°C	0,305
	70 %	80°C	0,025-0,076
	17 %	var	0,076-0,102
	35 %	var	0,127-0,508

2.1.4. Kyselina fluorovodíková

Prakticky jediná kyselina, v ktorej **titan** veľmi rýchle koroduje i pri nízkych koncentráciách a teplotách je kyselina fluorovodíková. Kyselina tvorí značne porézne pasivačné vrstvy, ktoré však ihneď rozpúšťa, takže **titan** silno napadá už pri koncentrácii 1%. Preto je kyselina fluorovodíková pre **titan** najnebezpečnejšia a tvorí najčastejšiu hlavnú zložku leptacích a moriacích kúpeľov pre **titan** a jeho zliatiny.

Veľmi agresívne pôsobí nie len kyselina sama, ale taktiež ióny fluóru. I stopové množstvá fluoridov môžu desaťnásobne zvýšiť koróziu v niektorých kyselinách, napr. v kyseline

dusičnej, brómovodíkovej, sírovej, mravenčej atd. Napríklad prídavok 0,05mol **fluoridu amónneho** / l liter **kyseliny sírovej** zväčší koróziu **titanu** 20 až 40 násobne podľa koncentrácie kyseliny.

2.1.5. Kyselina fosforečná

CP titan je prirodzene odolný prevzdušenému čistému roztoku **kyseliny fosforečnej** až do 30%. Táto odolnosť siaha od 10% čistej kyseliny pri 60°C až po 2% kyselinu pri 100°C. Roztoky na bodu varu významne urýchľujú koróziu, napr. pri 100°C nastáva silná korózia už pri 3% koncentrácii. **Ti-Pd** ponúka výrazne lepšiu odolnosť. Pri izbovej teplote, 60°C teplote a bodu varu budú **Ti -Pd** odolné až do koncentrácie 80%.

Laboratórny koróznny test - **kyselina fosforečná** Platí len pre **CP titan**

			Koróznny úbytok (mm/rok)
Kyselina fosforečná	10 -30%	20°C	0,020-0,051
	30-80 %	20°C	0,051-0,762
	1 %	var	0,254
	30 %	var	26,2
Kyselina fosforečná+3%HNO ₃ +16%H ₂ O	81 %	88°C	0,381

2.1.6. Kyselina chrómová

Korózna odolnosť **titanu** v **kyseline chrómovej** je veľmi podobná odolnosti v **kyseline dusičnej**.

Laboratórny koróznny test - **kyselina chrómová** Platí len pre **CP titan**

			Koróznny úbytok (mm/rok)
Kyselina chrómová	20%	21°C	0,102 max.
	10 %	var	0,003
	10 %	var	menej než 0,127
	20 %	20°C	0,0
	15 %	82°C	0,015
	50 %	82°C	0,028

2.2. Organické kyseliny

Vo väčšine **organických kyselín** má **titan** priaznivé korózne vlastnosti. Jeho chovanie závisí na tom, či je prostredie redukčné alebo oxidačné. Len niekoľko organických kyselín napáda **titan**. Medzi ne patrí horúca neprevzdušená **kyselina mravenčia**, horúca **kyselina šťaveľová**, koncentrovaná **kyselina trichlóroctová**. Najagresívnejšie sa chová **kyselina šťaveľová**, obzvlášť za vysokých teplôt. Prevzdušenie zlepšuje odolnosť **titanu** vo väčšine týchto neoxidačných roztokov kyselín. V prípade **kyseliny mravenčej**, toto opatrenie znižuje koróznny úbytok na veľmi malé hodnoty.

Titan je odolný **kyseline octovej** v širokom rozsahu koncentrácií a teplôt až do bodu varu. Používa sa pre **kyselinu tereftalovu** a **adipovu** do 204°C a pri koncentrácií do 67%. Dobrá odolnosť je voči **kyseline citrónovej**, **vinnej**, **stearovej**, **mliečnej**, **benzeovej**, **propionovej**, **maleinovej** a **trieslovej** v širokom rozmedzí teplôt a koncentrácií.

Laboratórny koróznny test - **organické kyseliny** Platí len pre **CP titan**

			Koróznny úbytok
--	--	--	-----------------

			(mm/rok)
Kyselina octová	99%	100°C	0,00
Kyselina citrónová, prevzdušnená	50 %	100°C	Menej než 0,127
Kyselina citrónová, neprevzdušnená	50 %	var	0,356
Kyselina mravenčia, prevzdušnená	90 %	100°C	Viac než 0,127
Kyselina mravenčia, neprevzdušnená	10 %	var	Viac než 1,27
Kyselina mliečna	85%	100°C	0,008
Kyselina mliečna, neprevzdušnená	85%	var	0,010
Kyselina šťaveľová	1%	35°C	0,151
Kyselina stearová	100%	182°C	Menej než 0,127
Kyselina vinná	50 %	100°C	0,005

2.3. Zásadité prostredie

Vysoká odolnosť **titanu** je vysvetľovaná absorpciou záporných **OH iónov** a vznikom ochrannej pasívnej vrstvy.

2.3.1. Žieravé luhý

Titan je veľmi odolný zásaditému prostrediu napr. **hydroxidu sodnému**, **hydroxidu draselnému**, **hydroxidu vápenatému** a **hydroxidu amónnemu**. Takmer nulové korózne úbytky je možné pozorovať na bode varu u **hydroxidu vápenatého**, **hydroxidu horečnatého** a u roztokov **hydroxidu amónneho** až do nasýtenia.

Laboratórny korózný test - žieravé luhý Platí len pre CP titan

			Korózne úbytky (mm/rok)
Hydroxid sodný	5-30%	21°C	Viac než 0,001
	10 %	var	0,021
	40 %	80°C	0,0127
	50 %	57°C	0,0127
	73 %	129°C	0,178
	50-73%	188°C	Viac než 1,09
Hydroxid draselný	50%	29°C	0,010
	10%	var	Menej než 0,127
	25%	Var	0,305
	50 %	var	2,74

2.4. Halogény a plyny

Titan je korózne odolný voči **chlóru** a **chlórovým** zlúčeninám vo vodných roztokoch, lebo sú to silne oxidačné činidlá. **Titan** je jedinečný medzi kovmi tým, že je vysoko odolný týmito prostrediami.

Suchý **chlór** môže spôsobiť rýchle korózne napadnutie **titanu** a dokonca spôsobiť jeho vzplanutie, v prípade nízkeho obsahu vlhkosti. Ale už pri obsahu 0,035 % vlhkosti je **titan** odolný proti **chlóru**. Táto hodnota je dostačujúca pre pasiváciu pri mechanickom poškodení povrchu **titanu** v **chlórovom** prostredí pri izbovej teplote.

Odolnosť **titanu** voči **brómu** je podobná ako u **chlóru**. Kov je napadnutelný suchým plynom, ale je pasivovaný prítomnosťou vlhka v plyne. **Titan** je odolný **brómovej** vode. Naopak **titan** nie je doporučený pre použitie v styku s **fluórom** a reaguje i so zlúčeninami **jódu**.

Oxidačný film na povrchu **titanu** je odolný voči väčšine suchých a vlhkých priemyselných plynov napr. **HCl**, **SO₂**, **NH₃**, **CO₂** a **H₂S**. Tato ochrana pôsobí asi do teploty 150°C. Pri

teplotách okolo 300°C a poškodením ochranného filmu môže dôjsť k medzi kryštalickému skrehnutiu.

Korózne testy - chlór Platí pre CP titan

			Korózný úbytok (mm/rok)
Chlór, vlhký (viac než 0,7% H ₂ O)		20°C	0,00
Chlór, vlhký(viac než 1,5% H ₂ O)		200°C	0,00
Chlór, suchý(menej než 0,5% H ₂ O)		20°C	môže vzplanúť

2.5. Soli kyselín a zásad, roztavené kovy

Titan odoláva niektorým roztaveným **soliam**, hlavne **síranu sodnému**, **uhličitanu sodnému**, **dusičnanu sodnému**. Naproti tomu **titan** je silne napadnuteľný roztavenými **chloridmi** a hlavne **fluoridmi**, zvlášť za prístupu vzduchu a pri vyšších teplotách. Z ostatných látok odoláva **titan** roztavenej **síre** a **sírnym zlúčeninám**, **sírovodíku** a **kysličníku siričitému**. Z roztavených kovov nepôsobí na **titan** **cín** do 480°C, **gálium** do 400°C, **horčík** do 700°C, **ortuť** do 350°C. Roztavený **hliník** a **zinok** rozpúšťa **titan** už po krátkej dobe.

2.6. Príklady použitia titanu a titanových zliatin v chemickom priemysle

Chemický priemysel spotrebovávajú predovšetkým **CP-titan** a využíva jeho výbornú odolnosť v prostrediach, ktorým iné kovové materiály nevyhovujú. Protí nekovovým materiálom má **titan** tu výhodu, že je mechanicky pevný za normálnych i vyšších teplôt, dá sa spracovať tvárnením a zvarovaním. Nevýhodou je obmedzená možnosť odlievania **titanu**, vyššie nároky pri zvarovaní a hlavne jeho vyššia cena.

Preto použitie **titanu** pomáha riešiť mnohé materiálové problémy, ktoré obmedzovali alebo brzdili rozvoj chémie aj niekoľko desiatok rokov.

2.7. Obrábanie, tvárnenie a zvarovanie titanu.

Titan a jeho zliatiny je možné trieskovo obrábať na klasických obrábacích strojoch - typ obrobiteľnosti sa líši podľa druhu zliatiny a tepelného spracovania. Základné údaje o typu obrobiteľnosti, doporučených rezných rýchlostiach, posuvoch a uhloch rezných nástrojov sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Obrábění titanu a jeho slitin**". Všeobecne sa požiadavky na technológiu a typu zariadenia pre obrábanie **titanu** podobá požiadavkám pre **austenitickú nerezovú oceľ** s prihliadnutím ku špecifickým fyzikálnym vlastnostiam titanu.

Titan je možné tiež tvárniť za tepla alebo za studena. Základné údaje o typu tváriteľnosti, doporučených teplotách tvárnenia a ďalších technologických podmienkach sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Tváření titanu a jeho slitin**".

CP-titan a niektoré zliatiny **titanu** sú zvariteľné pomocou technológií, zariadení a nástrojov, ktoré sa používajú pre zvarovanie **nerezovej ocele** a **niklových zliatin**. Tavné zvarovanie je možné len metódou TIG alebo MIG, prídavný materiál je vždy **titan**. Zvar a teplom ovplyvnená zóna musí byť chránená inertným plynom nie len počas zvarovania, ale taktiež po dobu, kedy teplota kovu poklesne na teplotu okolo 300°C. Preto neexistuje možnosť zvarovania **titanu** obalenou elektródou. Dodávame prídavný drôt vo forme priamych drôtov alebo na cievke. Základné údaje o typu zvariteľnosti a doporučených technologických podmienkach zvarovania sú uvedené v špeciálnom katalógu "**Svařování titanu a jeho slitin**".