

TANTALUM, PROPERTIES, COMPOUNDS AND THEIR APPLICATION

Viktorija Bezhovska

Faculty of technology and metallurgy, University St. Cyril and Methodius, Skopje, Macedonia

bezhovska@gmail.com

Blagica Cekova

MIT University, Faculty of ecological resources management, Skopje, Macedonia cekovab@yahoo.com

Filip Jovanovski

Faculty of technology and metallurgy, University St. Cyril and Methodius, Skopje, Macedonia

f.jovanovski95@yahoo.com

Abstract: The tantalum is dark blue – grey dense, elastic, very hard metal, easily arable and extremely well implemented heat and electricity. This metal exists in two crystalline phases: alpha and beta. It is known for its corrosion resistance using acids; actually at temperatures below 150 ° C, the tantalum is almost completely immune to attack, usually on very aggressive solutions.

The tantalum naturally occurs in combination with oxygen and one or more other metals such as niobates and tantalites in different types of deposits. Of these, neobites are important - tantalites such as pegmatite, pyrochlorides such as carbonites and cubitite with niobitultanal caliber as deposits of plasterers. The most important tantalum-containing minerals are tantalite, waterginite, microlith (the ultimate member is rich in pythagoras tantalum) and columbite.

Ta₂O₅ is the most important compound because it is the final product in many separation processes and insulation and starting material for the production of other tantalum compounds. The primary tantalum chemicals of industrial significance in addition to K₂TaF₇, Ta₂O₅ are tantalum chloride (TaCl₅), lithium tantalite (LiTaO₃), tantalum carbide (TaC).

In this paper, the tantalum will be characterized in detail with its characteristic properties and compounds for which tabelar will be presented benefits of using them.

Keywords: tantalum, minerals, properties, compounds, application

ТАНТАЛ, СВОЈТВА, СОЕДИНЕНИЈА И НИВНА ПРИМЕНА

Викторија Бежовска

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Технолошко – металуршки факултет, Скопје, Република

Македонија bezhovska@gmail.com

Благица Цекова

МИТ Универзитет, Факултет за менаџмент на еколошки ресурси, Скопје, Република Македонија

cekovab@yahoo.com

Филип Јовановски

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Технолошко – металуршки факултет, Скопје, Република

Македонија f.jovanovski95@yahoo.com

Резиме: Танталот е темно сино – сив густ, еластичен, многу тврд метал, лесно обработлив и исклучително добро спроведува топлина и електрична енергија. Овој метал постои во две кристални фази: алфа и бета. Познат е по својата отпорност на корозија со помош на киселини; всушност на температури под 150 °C, танталот е скоро во потполност имун на напад, обично на многу агресивни раствори.

Танталот природно се јавува во комбинација со кислород и еден или повеќе други метали како ниобати и танталити во различни видови на депозити. Од нив, важни се ниобитите – танталитите како пегматит, пирохлорите како карбонити и кабитерит со ниобитултантален калибар како депозити на плацерите. Најважните минерали кои содржат тантал се танталитот, водгинитот, микролитот (крајниот член богат со тантал од серијата пирохлори) и колумбитот.

Пентоксидот Ta_2O_5 е од далеку најважното соединение, бидејќи тој е финален производ во многу процеси на сепарација и изолација и почетен материјал за производство на други танталови соединенија. Примарните танталови хемикалии од индустриско значење како дополнување на K_2TaF_7 , Ta_2O_5 , се тантал хлорид ($TaCl_5$), литиум танталит ($LiTaO_3$), тантал карбид (TaC).

Во овој труд детално ќе биде окарактеризиран танталот со неговите карактеристични својства и соединенија за кои табеларно ќе биде прикажана примената со бенефитите на користењето на истите.

Клучни зборови: тантал, својства, соединенија, примен

ВОВЕД

Тантал е хемиски елемент со симбол Ta и атомски број 73 (Слика 1). Елементот тантал е член на 5b група на периодниот систем на елементите. Танталот е редок, тврд сино – сив, сјаен, преоден метал исклучиво отпорен на корозија. Во природата, танталот првенствено постои како огноотпорен оксид Ta_2O_5 и не се познати слободни метални депозити. Тој припаѓа на групата на огноотпорни метали, кои се широко користени како секундарни компоненти во легури. Хемиската инертност на танталот, го прави многу вредна супстанца за изработка на лабораториска опрема како замена за платината. Танталот, секогаш се јавува како придружба на хемиски сличниот елемент ниобиум, се јавува во минералите танталит, колумбит како колтан – мешавина од колумбит и танталит (Fe, Mn) (Nb, Ta) кој содржи (5 – 30% Ta_2O_5 , во колумбит и 42 – 84% Ta_2O_5 во танталит).

Производството на тантал во голема мера зависи од неговото барање во електронската индустрија за производство на кондензатори, исправувачи, засилувачи, осцилатори, површински акустични бранови филтри, пироелектрични инфрацрвени сензори и оптоелектронски уреди, уреди за контрола на сигнали, алармни системи и тајминг уреди кои сочинуваат над 60 % од вкупната глобална потрошувачка на тантал. Потребни се 99,999 или 99,9999% чистота за употреба во електронски апликации за употреба на танталот или танталовите соединенија, додека 99,99% чистота е потребна за електрооптички компоненти и акустични намени.

Танталот заедно со металите како што се ниобиум, телуриум, индиум, сребро, диспроспиум, неодимиум и молибден, неодамна беа прогласени за критични метали од страна на Европската унија (ЕУ) поради нивната потенцијална употреба во стратешките енергетски технологии како што се нуклеарната, соларната, ветерната, зафаќањето и складирањето на јаглерод, нивната употреба во идните одржливи технологии, како и значителниот придонес што овие метали во моментов ги прават за економијата на ЕУ.

ИСТОРИЈАТ

Танталот го открил Andres Ekberg во Шведска во 1802 година. Година пред тоа Charles Hatchett го открил елементот колумбиум. Во 1809 година англискиот хемичар William Hyde Wollaston ги споредил оксидите изведени од двата елементи, колумбиум со густина од $5,918 \text{ g/cm}^3$, потоа танталот чија густина изнесува $7,935 \text{ g/cm}^3$. Заклучил дека се тоа два оксиди, иако разликата во измерената густина, била иста. Одлучил да го задржи името тантал за елементот. Откако Friedrich Wöhler го потврдил мислењето на Wollaston, тогашните научници заклучиле дека танталот и колумбиумот се еден ист елемент. Мегутоа заклучокот во 1846 година, го одбил германскиот научник Heinrich Rose кој тврдел дека во примерокот од танталитот има два елементи. Им ги дал имињата по децата на митолошкиот Тантал: ниобиум (Според Ниоби, божицата на солзите) и пелопиум (сторед Пелопи). Подоцна претпоставениот елемент „пелопиум“ е идентификуван како мешавина од тантал и ниобиум, а докажано е дека ниобиумот е всушност колумбиумот кој веќе во 1801 година го открил Hatchett.

Дури во 1864 догина Christian Wilhelm Blomstrand и Henri Etienne Sainte – Claire Devillesu недвосмислено докажале дека постојат разлики помеѓу танталот и ниобиумот, што исто така е утврдено и од Louis J. Troost, кој во 1865 година ги одредил емпириските формули за некои од нивните соединенија.



Слика 1 Елемент тантал

Подоцнежната потврда дошла во 1866 од швајцарскиот хемичар Jean Charles Galissard de Marignas кој исто така докажал дека се работи за два елемента. Меѓутоа, овие откритија не спречиле некои од научниците кои се до 1871 – та година да објавуваат статии за таканаречениот илмениум. De Marignas прв го добил металниот облик на тантал во 1864 година, кога го редуцирал тантал хлоридот загревајќи го во атмосфера на водород. Првите истражувачи успеале да добијат само нечист тантал, а првиот релативно чист нодуларен метал бил добиен од Werner von Bolton во 1903 година во Шарлоттенбург (Берлин). Се додека не го заменил волфрамот, жиците направени од метален тантал се користеле како влакна за сијалиците.

Со децении, комерцијалната технологија за развојување на танталот од ниобиумот вклучувала фракциона кристализација на калиум хептафлуортанталат од калиум оксипентафлуорниобат монохидрат. Овој процес бил развиен од страна на de Marignas во 1866 година. Овој метод надминат, а денес се користи издвојување (екстракција) на растворувачот од растворот на тантал кој содржи флуориди.

МИНЕРАЛИ НА ТАНТАЛ

Танталот природно се јавува во комбинација со кислород и еден или повеќе други метали како ниобати и танталити во различни видови на депозити. Од нив, важни се ниобитите – танталитите како пегматит, пирохлорите како карбонити и каберит со ниобитултантален калибар како депозити на плацерите.

Табела 2, покажува дека најважниот извор на тантал е танталит – колумбит, (Слика 2) $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$. Најважните минерали кои содржат тантал се танталитот, водгинитот, микролитот (крајниот член богат со тантал од серијата пирохлори) и колумбитот.

Табела 1 Состав на минерали кои содржат тантал

Минерали	Состав	Ta ₂ O ₅ mass.(%)
Колумбит	$(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$	5 – 30
Танталат	$(\text{Fe, Mn})(\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$	42 – 84
Пирохлор	$(\text{Ce, Ca, Y})_2(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6(\text{OH, F})$	0 – 6
Микролит	$(\text{Na, Ca})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{O, OH, F})$	66 – 77
Лопарит	$(\text{Ce, Na, Ca})_2(\text{Ti, Nb})_2\text{O}_6$	0.5 – 3
Евсенит	$(\text{Y, Ca, Ce, U, Th})(\text{Nb, Ta, Ti})_2\text{O}_6$	0 – 47
Лименорутил	$(\text{Ta, Nb, Fe})_3\text{O}_6$	0 – 36
Симсонит	$\text{Al}_4(\text{Nb, Ta})_3\text{O}_{13}(\text{OH})$	60 – 80
Тореаулит	SnTa_2O_6	73 – 77
Тореаулит	$(\text{Ti, Ta, Fe}^{3+})_3\text{O}_6$	6 – 13
Струверит	$(\text{Re}^{3+}, \text{Nb, Ta})\text{O}_4$	4 – 43
Фергусонит	$(\text{Fe, Ca, U, Y, Ce})_2(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$	15 – 30
Сумарскит	$(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta, Ti})_2\text{O}_6$	40 – 85



Слика 2 Изглед на руди на тантал – танталит (лево) и танталит – колумбит (десно)

СВОЈСТВА НА ТАНТАЛ

Физички својства

Танталот е темно сино – сив густ, еластичен, многу тврд метал, лесно обработлив и исклучително добро спроведува топлина и електрична енергија. Познат е по својата отпорност на корозија со помош на киселини; всушност на температури под 150 °C, танталот е скоро во потполност имун на напад, обично на многу агресивни раствори. Може да се раствори во флуороводородна киселина или кисели раствори кои содржат флуориден јон и сулфур триоксид, како и во раствори на калиум хидроксид. Високата точка на топење од 3017 °C (точка на вриење 5458 °C) ги надминува поголемиот дел од елементите освен волфрамот, осмиумот и рениумот кај металите и јаглеродот.

Овој метал постои во две кристални фази: алфа и бета. Алфа фазата е релативно поеластична и помека, има просторно централизирана кубична структура, тврдина според Кноор од 200 до 400 НН, и специфичен електричен отпор 15 – 60 $\mu\Omega/\text{cm}$. Бета фазата е потврда и кршлива, нејзината кристална симетрија е тетрагонална, тврдината по Кноор изнесува од 1000 до 1300 НН и има релативно поголем специфичен електричен отпор од 170 до 210 $\mu\Omega/\text{cm}$. Меѓутоа бета фазата е метастабилна и преоѓа во алфа фаза по загревање на температура од 750 – 775 °C. Танталот во поголеми парчиња скоро во потполност се состои од алфа фаза, додека бета фазата се појавува обично во вид на тенки слоеви добиени со процесите на катодно распрашување, хемиска диспозиција со параа или електро хемиска диспозиција од раствори на степени соли.

ХЕМИСКИ СВОЈСТВА И СОЕДИНЕНИЈА НА ТАНТАЛ

Во природата, танталот првенствено постои како огноотпорен оксид Ta_2O_5 и не се познати слободни метални депозити. Електронската конфигурација на танталот како елемент е како што следува Та: $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^3 6s^2$ која се менува во $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^0 6s^0$ во +5 оксидациона состојба. Иако овој елемент има метални својства, тој исто така е хемиски сличен на оние од типични неметали главно во неговата оксидациона состојба +5. Танталот гради оксиди во кои се во оксидациони состојби +5 (Ta_2O_5) и +4 (TaO_2). Најсабилната оксидациона состојба му е +5, како што е случајот кај тантал пероксидот можеби поради губење на валентните s и d електрони. Пентоксидот Ta_2O_5 е од далеку најважното соединение, бидејќи тој е финален производ во многу процеси на сепарација и изолација и почетен материјал за производство на други танталови соединенија. Соединенијата се добиваат со растворање на пероксидот во базични +хидроксидни раствори или негово топење со други метални оксиди. Некои од примерите се литиум танталит (LiTaO_3) и лантан танталат (LaTaO_4). Кај литиум танталитот не се јавува танталатиот јон TaO_3^- , наместо него овој дел од формулата се преставува со врските со октаедралниот TaO_6^{7-} кој гради тродимензионална рамка со перовскита, додека лантан танталатот содржи осамени тетраедарски TaO_4^{3-} групи.

Флуоридите на танталот може да се искористат за нивно оделување од ниобиумот. Танталот гради халогени соединенија со оксидациони состојби: +5, +4 и +3 типови TaX_5 , TaX_4 и TaX_3 , иако се познати и повеќејадрени комплекси и субстехиометриски соединенија. Тантал пентафлуоридот (TaF_5) е бела супстанца

чија точка на топење изнесува 97,0 °C додека тантал пентахлоридот (TaCl₅) исто така обелува но со текот на топењето од 247,4 °C. Тантал пентахлоридот се хидролизира со вода и реагира со додатниот тантал на покачени температури и дава црн и многу хидроскопен тантал тетрахлорид (TaCl₄). Додека трихалидите може да се добијат со редукција на пентахалидот со водород, воопшто не постојат дихалиди. Легуриите на танталот и телурот формираат квазикристали. Во 2008 година откриени се танталовите соединенија чишто оксидациски состојби се движат до -1.

Како што е случајот и со другите огноотпорни метали, најтврдите познати соединенија на танталот се неговите стабилни нитрити и карбиди. Тантал карбидот (TaC), како и многу повеќе користениот волфрам карбид, е многу тврд керамички материјал, користен за правење на алати за сечење. Тантал (III) нитрит се користи како тенок филм изолатор во некои процеси на производство на микроелектронски компоненти. Хемичарите во Националната лабораторија во Лос Аламос, САД, развиле композитен материјал изработен од тантал карбид и графит, кој се нарекува најтешкиот материјал кој некогаш бил синтетизиран. Корејските истражувачи развиле аморфна легура на тантал, волфрам и бакар, која е многу пофлексибилна и два до три пати посилна од обичните челични легури. Исто така постојат и два тантал алуминида: TaAl₃ и Ta₃Al. Тие се многу стабилни, рефракторни и рефлексивни, и постои идеја за нивната употреба како огледала за инфрацрвени бранови.

Табела 2 Физичкохемиски и механички својства на тантал

Својство	Ta
Атомски волумен (cm ³ /mol)	10.87
Атомски радиус (pm)	Atomic radius, pm 147 146
Густина (g·cm ⁻³) (at 20 °C)	8.57
Точка на топење (°C)	2477
Точка на вриење (°C)	4744
Специфичен топлински капацитет (J g ⁻¹ K ⁻¹)	0.26
Топлинска проводливост (Wm ⁻¹ K ⁻¹) (на 20 °C)	53.7
Електрична спровдливост (Sm ⁻¹)	6.6 x 10 ⁶
Тврдина (mohs)	6.0
Електронегативност (Pauling – ова скала)	1.60

ПРИМЕНА НАТАНТАЛ

Примарните танталови хемикалии од индустриско значење како дополнување на K₂TaF₇, Ta₂O₅, се тантал хлорид (TaCl₅), литиум танталит (LiTaO₃), тантал карбид (TaC), Во табелата 3 се прикажани производите на тантал, односно нивната примена и техничките атрибути.

Табела 3 Примена на тантал

Производи од тантал	Примена	Технички атрибути / бенефити
Тантал карбид	Алати за сечење	Зголемување на деформација на висока температура, контрола на растот на житото.
Литиум танталат	Површински акустичен бран	Електронското сигнализирање на

	(SAW) филтри за мобилни телефони, hi – fi стерео и телевизори.	брановитите сигнали овозможува појасен аудио и видео излез.
Тантал оксид	Леќи за очила, дигитални камери и мобилни телефони. Ренгенски филм. Мастилни принтери	Ta ₂ O ₅ обезбедува висок индекс на рефракција, така што леќите за одредена фокусна сила може да бидат потенки и помали. Итриум танталит фосфор ја намалува изложеноста на X – зраци и го подобрува квалитетот на сликата. Карактеристики на отпорност на абење. Интегрирани кондензатори во интегрирани кола (ICs).
Танталов прав	Танталонски кондензатори за електронски кола во: Медицински апарати како слушни помагала и пејсмејкери; Автомобилски компоненти како што се ABS, активирање на воздушни перничувања, модули за управување на моторот, GPS, Преносливата електроника, на пр. лаптоп компјутери, мобилни телефони, видео камери, дигитални фотоапарати; Друга опрема, како што се DVD плеери, телевизори со рамен екран, конзоли за игри, батерии, сигнални јарболи на мобилен телефон.	Високи карактеристики на сигурност и ниски стапки на неуспех, работа во широк опсег на температурата од -55 до + 200 ° C, можат да издржат тешки вибрациони сили, мала големина по микрофадорен рејтинг / капацитет за складирање на електрична енергија.
Танталови фабрикувани листови и плочи	Опрема за хемиски процес, вклучувајќи постава, обложување, резервоари, вентили, разменувачи на топлина. Системи за катодна заштита за челични конструкции, како што се мостови, резервоари за вода. Конектори, завртки, навртки, отпорни на корозија. Спинери во синтетичко	Супериорна отпорност на корозија еквивалентна во перформанси на стакло.

	производство на текстил.	
Танталови фабрикувани плочи, чинии, прачки, жици	Високо температурни делови од печки.	Точка на топење е 2996 ° C иако е потребна заштитна атмосфера или висок вакуум.
Танталови инготи	Високотемпературни легури за: воздушна и копнена турбина (на пр., дискови на млазниот мотор, сечила и лопатки). Ракетни млазници.	Примена на калајни премази на полупроводници со тантал, тантал оксид или нитридни премази за да се спречи бакарната миграција.
Танталови инготи	Високотемпературни легури за: воздушна и копнена турбина (на пр., дискови на млазниот мотор, сечила и лопатки). Ракетни млазници.	Композициите на легури кои содржат 3 – 11% тантал нудат отпорност на корозија од топли гасови, овозможуваат поголема работна температура, а со тоа и ефикасност и економичност на горивото.
Танталови инготи	Компјутерски хард диск дискови.	Легура која содржи 6% тантал својства на меморија на форми.
Танталови инготи	Експлозивно проектиран проектил за TOW – 2 проектили.	Билансот на густина и формабилност овозможуваат полесен и поефикасен систем.

ЗАКЛУЧОК

Танталот е редок, тврд сино – сив, сјаен, преоден метал исклучиво отпорен на корозија. Во природата, танталот првенствено постои како огноотпорен оксид Ta_2O_5 и не се познати слободни метални депозити. Танталот, секогаш се јавува како придружба на хемиски сличниот елемент ниобиум, се јавува во минералите танталит, колумбит како колтан – мешавина од колумбит и танталит (Fe, Mn) (Nb, Ta) кој содржи (5 – 30% Ta_2O_5 , во колумбит и 42 – 84% Ta_2O_5 во танталит).

Овој метал постои во две кристални фази: алфа и бета. Алфа фазата е релативно поеластична и помека, има просторно централизирана кубична структура, додека бета фазата е потврда и кршлива, нејзината кристална симетрија е тетрагонална.

Пентоксидот Ta_2O_5 е од далеку најважното соединение, бидејќи тој е финален производ во многу процеси на сепарација и изолација и почетен материјал за производство на други танталови соединенија. Производството на тантал во голема мера зависи од неговото барање во електронската индустрија за производство на кондензатори, исправувачи, засилувачи, осцилатори, површински акустични бранови филтри, пироелектрични инфрацрвени сензори и оптоелектронски уреди, уреди за контрола на сигнали, алармни системи и тајминг уреди кои сочинуваат над 60 % од вкупната глобална потрошувачка на тантал.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. Nete, Separation and purification of niobium and tantalum from synthetic and natural compounds, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State, 2013
- [2] J. M. Kabangu, Extraction and separation of tantalum and niobium from mozabican tantalite ore by solvent extraction in the ammonium bifluoride – octanol system, Faculty of Engineering, the Built Environment and Information Technology, University of Pretoria
- [3] Morrison, G. H. and Freiser, H., Solvent Extraction in Analytical Chemistry, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1962, p. 3

- [4] Gaur, R. P. S. and Mendenhall, R. G., 2007, Inventors; Osram Sylvania Inc., assignee. Tantalum concentrates dissolution and purification method. United States Patent US 7182925 B2. 2007 Feb 27.
- [5] Uria, J.E.S., Ortiz, C.G., Garcia, A.M., and Sanz-Medel, A.,1987, “Determination of niobium and tantalum in some ores and special alloys by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry.”, *Mikrochim. Acta [Wien]*. 2: pp. 195–202