



Titan a jeho slitiny

Titan - obecně

10tý nejrozšířenější prvek na Zemi

v zemské kůře 5,7 – 6,3 g/kg,

zastoupení v celkové hmotnosti země 0,071% (Si = 17,2%)

v mořské vodě 0,001mg/l (Si = 3mg/l)

Výskyt i na Měsíci – odebraná hornina Apollem 17 obsahovala 12% TiO_2

Ve vesmíru připadá na 1 atom Ti 1mil.atomů vodíku

- v období studené války, byla výroba kovového titanu soustředěna téměř výhradně v SSSR
- titan byl strategická surovina => jeho výroba byla přísně tajná
- díky špionáži byl zjištěn výrobní postup, který byl následně předán do USA a západní Evropy



Titan

V malém množství je obsažen ve většině minerálů a mezi jeho nejvýznamnější rudy patří *ilmenit* - (FeTiO_3 oxid železnato-titaničitý) a *rutil* (TiO_2 – oxid titaničitý)

Titan byl objeven roku 1791 *Williamem Gregorem* a poprvé pojmenován Martinem H. Klaprothem (1743-1817) roku 1795. Jeho izolace se podařila až po sto letech.

Titan je velmi tvrdý a lehký kov ocelového vzhledu, který je dobře odolný vůči korozi. Podobně jako u většiny d-prvků, závisí jeho reaktivita na úpravě povrchu. Dokonale vyleštěn odolává za laboratorní teploty i kyselinám.

značka Ti

protonové číslo 22

relativní atomová hmotnost 47,867

teplota tání 1941 K, 1668°C

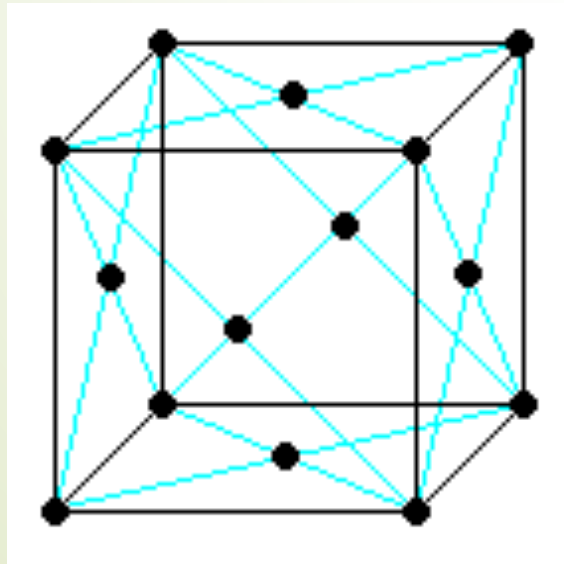
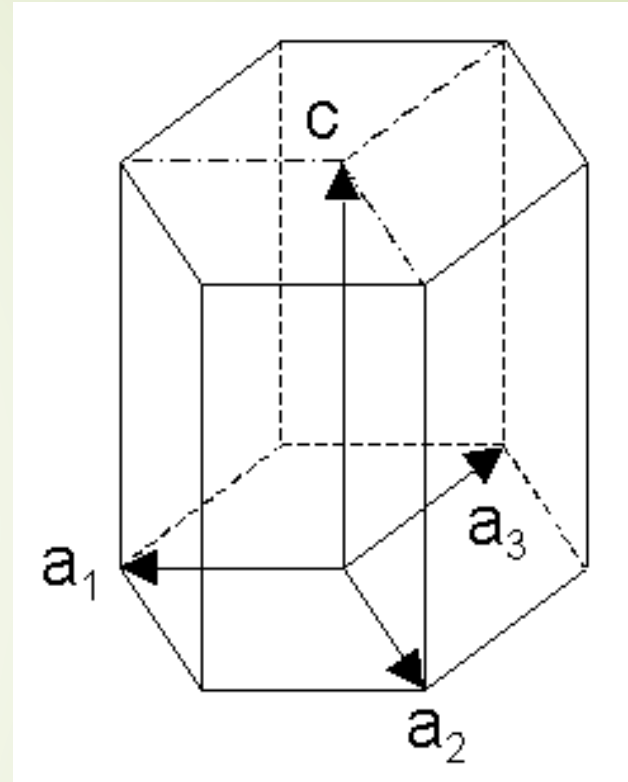
teplota varu 3560 K, 3287°C

hustota 4,5 kg/dm³ (Fe = 7,8 kg/dm³, Al = 2,7 kg/dm³)

Titan jako čistý kov

Dvě krystalové modifikace mřížky

► α – hexagonální – nejměstnější s parametry $a = 2,9 \text{ \AA}$; $c = 4,7 \text{ \AA}$



► β – kubická plošně středěná s parametrem $3,3 \text{ \AA}$
Teplota alotropické přeměny je 882°C

Titan jako čistý kov

- ▶ titan má špatné třecí vlastnosti – zadírá se
- ▶ obrobitelnost je horší než u ostatních kovů – povrch obrobku bývá křehký vlivem kyslíku a dusíku. Nízká tepelná vodivost způsobuje nalepování na břit obráběcího nástroje a tím jeho rychlejší otupení
- ▶ možnost vznícení titanového prachu a třísek
- ▶ tvářením titanu (hexagonální mod.) vzniká výrazná textura – anizotropie vlastností (pevnost v jednom směru může až 2x převyšovat pevnost v druhém směru – tlakové nádoby), plechy nad 2 mm nutno ohřát nad 300°C (tvorba nových skluzových rovin)
- ▶ tvářený titan rekrystalizuje při teplotě 650 - 750°C

Titan - vlastnosti

- ▶ nejvyšší poměr mezi pevností a hustotou ze všech kovových materiálů
- ▶ extrémní mechanické vlastnosti a schopnost tepelné zátěže
- ▶ vysoká pevnost v tahu – větší než u oceli při 42% úspory hmoty
- ▶ vysoká korozní odolnost
- ▶ vysoká biokompatibilita
- ▶ oproti oceli nižší Youngův modul pruž. v tahu ($E_{Ti} \sim 1.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^{-2}$, $E_{Fe} \sim 2.2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^{-2}$)

Titan - rudy

V čisté podobě se Titan v přírodě nevyskytuje

Běžné hutní metody, které se využívají k výrobě jiných kovů, jsou v případě titanu neúčinné. Příčina spočívá ve značné ochotě titanu reagovat za zvýšené teploty s kyslíkem, vodíkem, uhlíkem a dusíkem. Nejčastěji se tedy titan vyrábí redukcí par chloridu titaničitého hořčíkem v inertní argonové atmosféře.



Titan vzniklý touto reakcí je tuhá a pórovitá látka, která se po odstranění chloridu hořečnatého a nezreagovaného hořčíku dále čistí.

Slitiny titanu se přetavují ve vakuových indukčních pecích a stejně tak se ve vakuu i odlévají

Tento proces je finančně nákladný

Titan – vliv příměsí

Kyslík a dusík – se dobře rozpouštějí v obou krystalových modifikacích. Stabilizují výrazně fázi Alfa. Již při malých množstvích (desetiny %) výrazně zvyšují pevnost a snižují plasticitu.

Uhlík – se rozpouští v titanu alfa i beta omezeně. Za normální teploty pod 0,25%. Do tohoto obsahu zvyšuje mech. vlastnosti. Nad 0,25% vzniká karbid TiC. Jeho množství se ve slitinách udržuje pod hodnotu 0,1%.

Vodík – způsobuje precipitaci hydridu titanu – pokles houževnatosti. Obsah pod 0,01%.

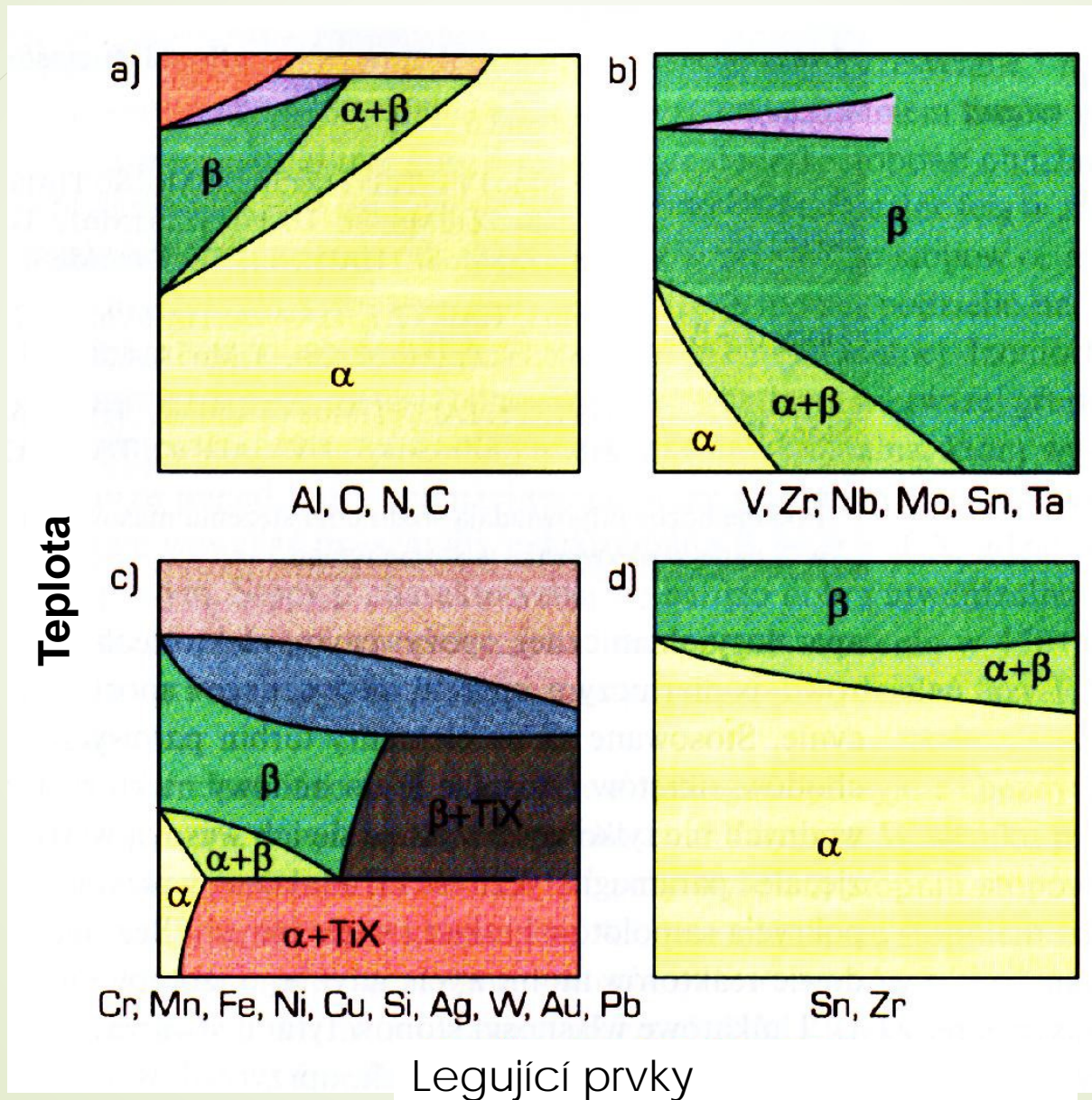
Železo - Je obvyklou nečistotou v titanových slitinách . Přichází do titanu při jeho výrobě redukcí. Při obsahu pod 0,1% je jeho vliv zanedbatelný

Křemík - Působí negativně na houževnatost. Obsah pod 0,1 %.

Titan – vliv legujících prvků na vlastnosti

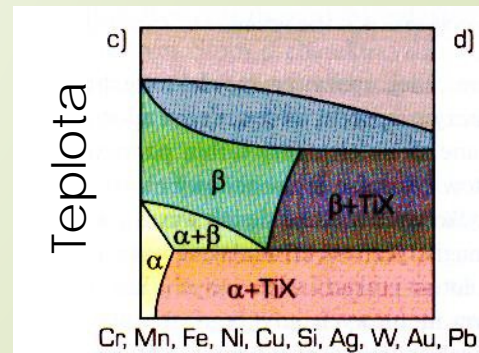
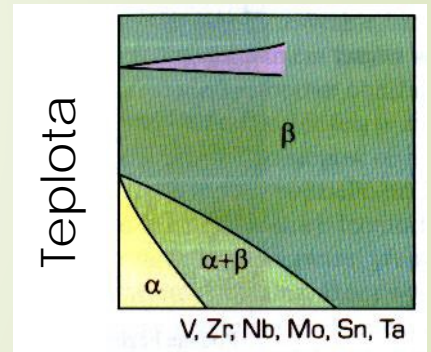
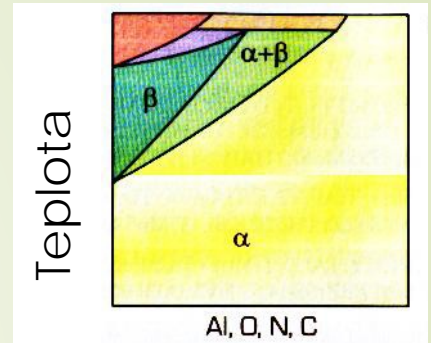
Legura	Obsah v hm. %	Vliv na strukturu
Al	2-7	Stabilizuje α
Sn	2-6	Stabilizuje α
V	2-20	Stabilizuje β
Mo	2-20	Stabilizuje β
Cr	2-12	Stabilizuje β
Cu	2-6	Stabilizuje α i β

Titan – vliv dalších prvků



Titan - slitiny

- Slitiny se rozdělují podle rozpustnosti přísady ve fázi alfa a ve fázi beta a jejich stabilizačního vlivu na tyto fáze – viz předchozí strana
- přísadový prvek se více rozpouští v alfa než v beta fázi. Teplota fázové přeměny se zvyšuje v závislosti na koncentraci přísady. Tak působí **Al, N, O, C**
- Příkladový prvek se rozpouští více v beta než v alfa fázi. Teplota přeměny se snižuje a beta je tak stabilní i za normální teploty. **Mo, Nb, Ta, V**
- Příkladový prvek se rozpouští více v beta fázi a tuto fázi stabilizuje. Za nižších teplot dochází k eutektoidní reakci, kde eutektoidní směs je tvořena tuhým roztokem alfa a intermediální fází bohatou na přísadový prvek. Rozpustnost přísadového prvku je největší za eutektoidní teploty a s klesající se teplotou se snižuje. **Mn, Fe, Cr, Si, Ag, H**



Titan – tepelné zpracování

- ▶ **žihání** – na odstranění pnutí, stabilizační, homogenizační, rekrytalizační
- ▶ **zušlechťování** – polymorfní přeměna je využitelná při tep. zprac. jen zčásti. Základem tepelného zpracování je eutektoidní rozpad tuhého roztoku
- ▶ **Alotropická přeměna** beta na alfa probíhá za podmínek nerovnovážného ochlazování způsobem **podobným martenzitické přeměně**. Kubická mřížka se mění v hexagonální bezdifuzně, má jehlicovitou strukturu a orientace jehlice k matici svědčí o koherentním vztahu. I zde je možno stanovit Ms a Mf.
Transformace beta na přesycený tuhý roztok alfa´ však u většiny slitin **nezvýší tvrdost**. Zvláštnosti tepelného zpracování těchto slitin jsou dány hlavně složitostí přeměny beta na alfa. Při určité rychlosti ochlazování se vedle fází beta a alfa´ objevuje ještě **fáze sigma (tvrdá a křehká)**. Lze se jí vyhnout při izotermické přeměně
- ▶ Tepelným zpracováním slitin s vyšším obsahem přísad **se snažíme získat větší podíl** nestabilní fáze **beta**, kterou **dalším** zpracováním (**žiháním**)– řízenou reakcí převedeme **na** stabilní **fázi alfa**. Je třeba dát **pozor na zhrubnutí zrna**. Nelze jej zjemnit normalizací jako u ocelí, ale jen tvářením a rekrytalizačním žiháním

Titan – slitiny

- ▶ **Ti6Al4V** 70% všech titanových slitin
- ▶ Nejběžnější slitina titanu – alfa-beta struktura
- ▶ složení

C <0.08%; Fe <0.25%;

N₂ <0.05%; O₂ <0.2%;

Al 5.5-6.76%; V 3.5-4.5%; Ti – zbytek

Vlastnosti – Hustota 4,42 kg/dm³ Teplota tavení °C Teplota změny

beta – alfa 999 °C R_m = 1000 MPa R_{p0,2} = 910 MPa E = 114 GPa

Použitelné do 400 °C

Používá se pro součásti v leteckém a kosmickém průmyslu. Nachází také uplatnění v lodářském průmyslu a v medicíně

- ▶ **Ostatní slitiny:**

Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo a Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo – pro vyšší teploty



Titan – mechanické vlastnosti slitin

Tabulka 6.13. Mechanické vlastnosti titanu a vybraných titanových slitin

Slitina	$\sigma_{0,2}$ (MPa)	σ_{Pt} (MPa)	δ (%)	ψ (%)	(HB) HRC
Ti99,5	25	34	30	55	(120)
Ti99,0	60	67	20	40	(265)
TiAl5Sn2,5	82	88	16	40	36
TiAl8Mo1V1	96	102	15	28	35
TiAl6V4					
žiháný	94	101	14	30	36
vytvrzený	112	119	10	25	41
TiAl7Mo4	105	112	16	22	40
TiV13Cr11Al3	122	130	8		40

Titan – použití

Nákladná výroba ==> 1. použití ve zbrojním průmyslu, letectví a raketové technice, kosmonautice

50. léta – vyvinuto firmou Lockheed Corporation letadlo SR-71 Blackbird – prakticky celotitanová konstrukce (poprvé vzlétlo 1962), Airbus A380 – 9% celkové váhy



Světová produkce titanu – 40. léta 2,5 tuny/10 let

2002 – cca 8 000 000 tun/rok

Titan a slitiny

Rozšíření použití titanových slitin do „civilní“ oblasti

- hodinky
- šperky – duhové efekty tenkých oxidických filmů na povrchu
- protetika
- rámy a ochranné kryty přístrojů – fotoaparáty, mobilní zařízení, notebooky
- sportovní potřeby vyžadující nízkou hmotnost a „vysokou“ pevnost



Titan – použití

Jedinečná odolnost vůči:

Korozi

Erozi tvrdými částicemi (abraze)

+ poměr mezi pevností a hustotou

+ vysoká mez kluzu (až 1,4 GPa !!!)

=> Konstrukce raket,

Ti-Al slitiny

na komponenty leteckých motorů

(lopatky, kryty atp.)

