

IL TITANIO: QUANTA STRADA FAREMO?

CARATTERISTICHE



ELEMENTO	TITANIO
Numero atomico	22
Punto di fusione	1725°C
Punto di ebollizione	3290 °C
Densità	4 507 kg/m ³
Configurazione elettronica	[Ar]3d ² 4s ²

- Proprietà chimiche:** Il titanio è resistente all'acido solforico diluito e all'acido cloridrico, alle soluzioni di cloruri. Si passiva all'aria, ha una buona resistenza alla corrosione.
- Proprietà meccaniche:** è apprezzato per l'elevato rapporto resistenza/peso: possiede infatti una densità superiore rispetto ad altri metalli leggeri di interesse strutturale come alluminio o magnesio, ma quasi la metà rispetto a quella degli acciai. Ha una buona durezza, è difficile da lavorare con le macchine utensili quasi come l'acciaio. Presenta un basso coefficiente di dilatazione termica e una buona saldabilità, per questo viene impiegato per fabbricare tubi per scambiatori di calore.

I minerali del titanio sono moltissimi, quelli di interesse commerciale sono solamente due:

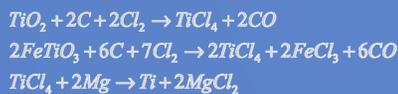
Ilmenite: FeTiO₃ Rutilo: TiO₂



Questi minerali si trovano in rocce ignee o in rocce sedimentarie derivanti da queste. Vengono estratti in miniere a cielo aperto, le cui pareti sono a terrazza con una inclinazione tale da evitare frane o crolli.



Produzione di Titanio metallico: il processo Kroll è il più utilizzato.



Le diverse fasi del processo possono essere così schematizzate:

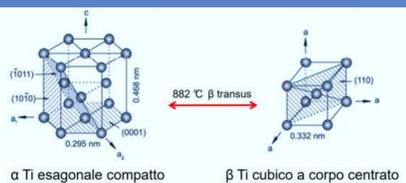


Struttura cristallografica del Titanio e sue leghe

Il titanio puro ha due strutture cristallografiche:

- esagonale compatta (o fase α), stabile fino a 882°C,
- cubica a corpo centrato (fase β), stabile nell'intervallo 882°C – 1670°C.

Alla temperatura di 882°C viene convenzionalmente assegnato il nome di β-transus (si veda figura). La temperatura di 1670°C corrisponde al punto di fusione del titanio puro.



Gli elementi di lega si classificano in α o β-stabilizzanti in base ai relativi effetti sulla temperatura di transizione α-β o sulla diversa solubilità nelle due differenti fasi.

- L'elemento sostituzionale Al e gli interstiziali O, C e N sono potenti α-stabilizzanti e innalzano la temperatura di β-transus;
- Gli elementi β-stabilizzanti, al contrario, abbassano la temperatura di transizione, come ad es. V, Mo, Nb, Ta Mn, Fe, Cr, Co, Ni, Si, H.
- altri elementi, come Sn e Zr, si comportano in modo pressoché neutro, determinando unicamente un lieve abbassamento della temperatura di β-transus.

Nelle leghe binarie, a differenza del titanio puro, la transizione da fase α a β non avviene esattamente a una temperatura precisa (es. 882°C), ma in un intervallo di temperature.

Le principali classi di titanio commercialmente puro sono di gradi dall'1 al 4, che differiscono per il tenore di ferro e di elementi interstiziali: in particolare il tenore di ossigeno cresce da 0,18% (grado 1) a 0,40% (grado 4).

Il grado 2 è il titanio commercialmente puro più prodotto e utilizzato. Viene impiegato nei settori più disparati: in architettura, nel settore marino, automobilistico, aeronautico e nell'industria chimica.

Fonti: <https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/462294>
 Dispense «La chimica del Titanio» Prof. Attilio Citterio, Dipartimento CMIC «G. Natta», Politecnico di Milano

FOTOCATALISI E MOBILITA' SOSTENIBILE

Il biossido di titanio TiO₂ è alla base di soluzioni innovative per l'abbattimento degli inquinanti grazie alle sue proprietà fotocatalitiche.

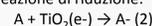
La fotocatalisi è un processo dalle molte potenzialità: sfrutta l'energia solare, fonte rinnovabile per eccellenza, per diversi processi, molto interessanti da un punto di vista ambientale:

- la riduzione di CO₂ per la produzione di prodotti per l'energia, per esempio la trasformazione di anidride carbonica a metano;
- la scissione fotocatalitica dell'acqua per produrre ossigeno e idrogeno, vettore energetico;
- La decomposizione dei composti organici volatili (VOCs), SOx e NOx.

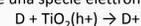
Il biossido di titanio è un semiconduttore: la sua struttura elettronica è caratterizzata da una banda di valenza completa (VB) e una banda di conduzione vuota (CB). La differenza tra il livello di energia più basso della CB e il livello di energia più alto della VB è il cosiddetto "energy gap" Eg. Esso corrisponde alla minima energia di luce richiesta per rendere il materiale conduttore.

Il processo di fotocatalisi può essere così riassunto:

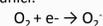
- Quando il TiO₂ viene irradiato da una sorgente luminosa, l'elettrone presente nella banda di valenza si eccita e salta nella banda di conduzione, formando una coppia ionica buca (hole: h⁺) / elettrone (e⁻). Questa coppia migra sulla superficie del semiconduttore, interagisce con le molecole che sono state adsorbite e facilita il processo di ossidoriduzione.
- Gli elettroni formati dal processo descritto possono migrare sulla superficie della particella di TiO₂ ed essere trasferiti ad una specie elettrone-accettore (A) secondo la semi-reazione di riduzione:



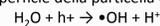
- Allo stesso modo la lacuna fotogenerata va ad ossidare una specie elettrone-donatore:



Possiamo ipotizzare che l'acceptore A sia l'ossigeno. In questo si ha la formazione dello ione super-ossido, specie chimica fortemente reattiva in grado di ossidare gli inquinanti organici:



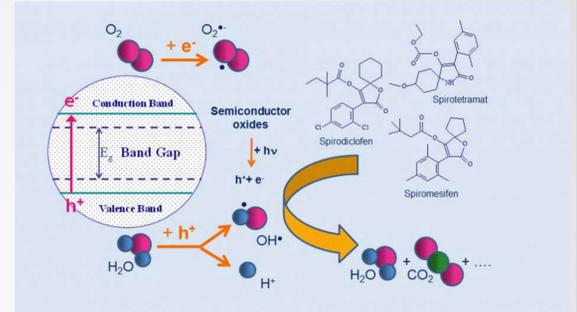
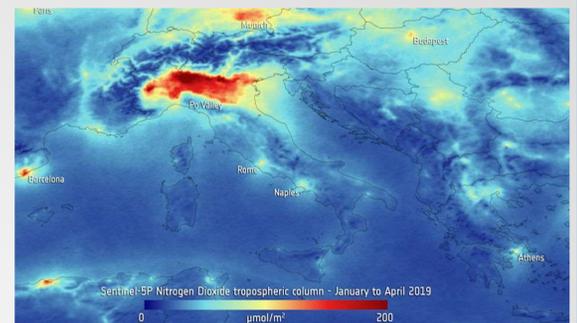
Se le lacune h⁺ reagiscono con l'acqua assorbita sulla superficie della particella di TiO₂, si ha la reazione:



che porta alla formazione di un radicale ossidante altamente reattivo (•OH). Le lacune e i radicali ossidanti sono entrambi fortemente ossidanti e come tali possono essere usati per ossidare la maggior parte dei contaminanti organici.

In modo analogo, gli NOx possono essere ossidati a NO₃ e venire così rimossi dall'atmosfera.

Fonti: http://www.antonio.licciulli.unisalento.it/MONOGRAFIE2004/materiale_fotocatalitici.pdf
 G. B.aldi, S. Cappelletti, Applicazioni di biossido di titanio nanoparticellare parnasos™TiO2 sviluppo di nuovi materiali, La chimica e l'Industria, dic.06)



ARCHITETTURA E RESTAURO: WORK IN PROGRESS

L'inquinamento atmosferico non danneggia solo la salute dell'uomo e gli ecosistemi ma degrada anche il patrimonio archeologico e architettonico. Spesso gli edifici storici sono costruiti con materiali naturali che sono facilmente deteriorati dalle sostanze inquinanti. Pietre e laterizi sono spesso colonizzati da alghe e da cianobatteri. La patina biologica formatasi sul materiale facilita l'adesione di particolato e di altre sostanze inquinanti, accelerando i processi di degrado. Le tecniche tradizionali di restauro consentono da un lato la rimozione e il recupero dell'aspetto originale ma non riescono ad evitare il ripresentarsi i problemi descritti in precedenza.

Negli ultimi vent'anni si è fatta strada l'idea di applicare un trattamento superficiale (coating) sul materiale da preservare. Per tale scopo viene utilizzato il biossido di titanio (TiO₂) nano-strutturato che, grazie alle sue proprietà fotocatalitiche, ossida la maggior parte dei composti organici e produce radicali liberi con azione battericida.

L'efficacia autopulente, disinquinante e biocida è stata testata su pietre calcaree quali travertino, pietra di Lecce, pietra di Modica, ma anche su marmi quali marmo di Carrara, marmo bianco e su rocce di dolomia. L'applicazione di coating contenenti TiO₂ contro il biodeterioramento è anche stata provata su materiali di rivestimento attuali quali intonaci a base cementizia e laterizi.



L. Graziani E. Quagliarini M. D'Orazio «Superfici autopulenti e biocide nel Restauro Archeologico di pietre e laterizi», (Università Politecnica delle Marche), Restauro Archeologico, aprile 2017

L'applicazione di film di biossido di titanio, consente inoltre di modificare le caratteristiche di bagnabilità delle superfici trattate rendendole superidrofili. L'acqua che bagna la superficie trattata tende a formare, anziché delle gocce, un film sottile e continuo. Questo determina le proprietà autopulenti favorendo anche il dilavamento delle molecole degradate derivanti dall'attività fotocatalitica. I cementi e le malte fotocatalitiche hanno quindi la proprietà di rimanere puliti senza annerirsi nel tempo.

Un esempio di edificio realizzato con cemento fotocatalitico è Palazzo Italia a Expo 2015, che è rivestito di 900 pannelli di questo materiale.

Le applicazioni fotocatalitiche in campo civile ed edile possono essere così riassunte:

- manti stradali, masselli autobloccanti,
- malte e cementi,
- ceramiche, vetri, pitture.

SETTORE AERONAUTICO E AEROSPAZIALE

Durante la seconda guerra mondiale l'aviazione militare statunitense iniziò a impiegare il titanio per la costruzione di aerei. Anche l'Unione Sovietica utilizzò questo metallo a partire dagli anni '50 tanto che, per diversi decenni, fu considerato un metallo strategico per la produzione di armamenti e dedicato in gran parte a questo settore, limitandone l'uso per impieghi civili.

E' famoso l'aereo da ricognizione Lockheed SR-71, meglio conosciuto e passato alla storia come "Blackbird", costituito per il 93% del proprio peso in leghe di titanio: Ti-6Al-4V, Ti-5Al-2,5Sn e Ti-13V-11Cr-3Al

E' stato impiegato dall'aviazione statunitense dal 1966 al 1989. La sua fama è dovuta principalmente al fatto che si tratta del velivolo (inteso come aeroplano) più veloce del mondo: è sua la velocità mai raggiunta da un aereo con pilota, 3.530 km/h, e l'altezza massima di quasi 26.000 m. Negli anni '90, con la caduta dell'URSS, non fu più prodotto e utilizzato a causa dei costi di gestione e di sviluppo elevatissimi.

In aeronautica viene impiegato per la costruzione di:

- turbine,
- airframe (è l'insieme di parti atte a reggere i carichi durante la vita operativa del velivolo)
- altri componenti strutturali.

A partire dagli anni '50 del secolo scorso, il titanio è stato largamente impiegato l'industria aerospaziale americana, per esempio nella realizzazione dello space shuttle.



<https://www.tae.it/leghe-di-titanio-introduzione-caratteristiche-applicazioni/>
<https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/462294>

SETTORE BIOMEDICO

Il Titanio e sue leghe, inizialmente usati in aeronautica, sono attualmente di grande interesse nel campo biomedico, grazie alle loro proprietà quali elevata biocompatibilità, adeguata elasticità, buona resistenza alla corrosione e bassa densità. E' stato ampiamente utilizzato per produrre protesi perché dà osteointegrazione, cioè riesce a integrarsi con i tessuti che lo circondano migliorando la capacità di reggere carichi fisiologici. Tra le tipologie di titanio quelle più utilizzate in ortopedia sono il Ti commercialmente puro (CP Ti), di grado 4 e il Ti6Al4V.

Il vanadio e l'alluminio migliorano le proprietà meccaniche: buona resistenza a trazione e a compressione, una buona resistenza a fatica e un aumento della resistenza all'usura.

Bisogna però rilevare che alcuni studi hanno evidenziato la citotossicità del vanadio, quindi recentemente sono state sviluppate nuove composizioni in titanio per risolvere il problema.

Negli ultimi anni si è verificata una netta espansione della stampa 3D in campo ortopedico. Questo ha consentito di realizzare protesi custom made, impiegate soprattutto nell'ortopedia oncologica e nelle ricostruzioni protesiche complesse.

La produzione della protesi avviene tramite la ripetizione di un ciclo di stampa che prevede:

- la distribuzione di un letto di polvere di spessore pari a 50 μm di titanio,
- il preriscaldamento della camera di stampa
- la fusione tramite un fascio di elettroni opportunamente direzionato.

Il susseguirsi degli strati secondo uno schema computerizzato permette la produzione della protesi, che verrà successivamente depurata da tutti i residui di lavorazione.



Fonte: Zoccali, La stampa 3D in ortopedia: indicazioni e limiti, Giornale Italiano di ortopedia e traumatologia, 2017