# ไทเทเนียม

ไทเทเนียมพบในแร่หลายชนิดในธรรมชาติ แต่ที่พบมากคือแร่รูไทล์ (rutile ; $TiO_2$) และอิลมิไนท์ (ilmenite; $TiFeO_3$) ซึ่งมีกระจายอยู่ทั่วไปในเปลือกโลก ทั้งในส่วนที่เป็นดิน หินและน้ำ นอกจากนี้ยังพบในสิ่งมีชีวิตเกือบทุกชนิด

| **Ti** | |
|---|---|
| **เลขอะตอม** | 22 |
| **มวลอะตอม** | 47.867 |
| **สถานะ** (25 **°C)** | ของแข็ง |
| **ความหนาแน่น** | 4.506 g/cm$^3$ |
| **รัศมีอะตอม** | 145 pm |
| **จำนวนอะตอมเฉลี่ย ที่เรียงต่อกันใน 1 nm** | 3.4 อะตอม |

การสกัดไทเทเนียมออกจากสินแร่จะใช้กระบวนการของครอลล์ (Kroll process) โดยนำสินแร่ที่ต้องการแยก เช่น $TiFeO_3$ มาเผากับถ่านโค้ก แล้วผ่านแก๊สคลอรีนลงไป ทำให้ได้ไทเทเนียมเตตระคลอไรด์ ($TiCl_4$) ดังสมการ

$$2TiFeO_3 + 7Cl_2 + 6C \xrightarrow{900°C} 2TiCl_4 + 2FeCl_3 + 6CO$$

นำ $TiCl_4$ ที่ได้ไปกลั่นลำดับส่วนเพื่อทำให้บริสุทธิ์ หลังจากนั้นนำมารีดิวซ์ด้วยโลหะแมกนีเซียมหลอมเหลว จะได้ไทเทเนียม ดังสมการ

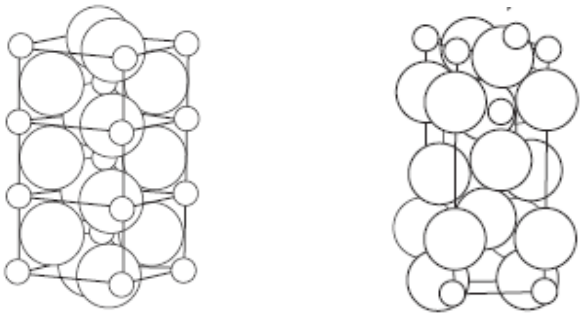
$$TiCl_4 + 2Mg \xrightarrow{1100°C} 2MgCl_2 + Ti$$

ไทเทเนียมเป็นโลหะที่มีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อนของคลอรีนและน้ำทะเล มีน้ำหนักเบา เมื่อนำมาผสมกับเหล็กและอะลูมิเนียมจะได้โลหะผสม (alloy) สีเงินที่เบาและแข็งแรง ทนต่อการผุกร่อน

**รูปที่ 1** โลหะไทเทเนียม

(ภาพจาก http://www.tirings.com)

สารประกอบของไทเทเนียมที่เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ($TiO_2$) หรือเรียกว่า ไทเทเนียม (IV) ออกไซด์ หรือ ไทเทเนีย (titania) ซึ่งสามารถอยู่ในโครงสร้างผลึกได้ 2 แบบ คือ รูไทล์ (rutile) และ แอนนาเทส (anatase) ดังรูปที่ 2



**รูไทล์** **แอนนาเทส**

**รูปที่ 2** โครงสร้างของ $TiO_2$

(ภาพจากhttp://www.threebond.co.jp)

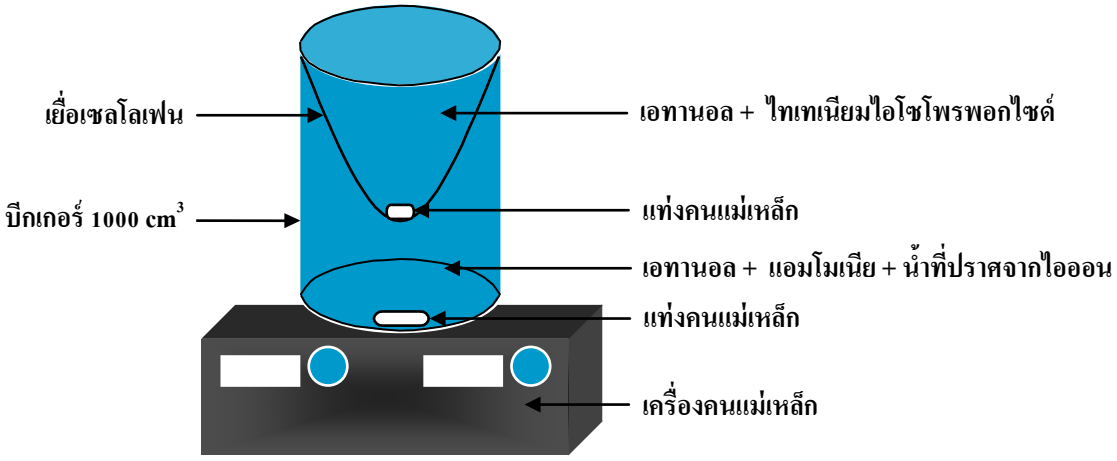
สารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์ในรูปรูไทล์สามารถดูดกลืนแสง UV ได้จึงถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจำพวกไวท์เทนนิ่งและครีมกันแดด ส่วนในรูปของแอนนาเทสมีสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง

**รูปที่ 3** ครีมกันแดดที่มีส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์
(ภาพจาก http://www.topnews.com.sg)

นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในการนำมาทำโลหะผสมที่มีสมบัติป้องกันการผุกร่อน ใช้ในการผลิตเม็ดสีสีขาวสำหรับสีทาอาคาร ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ดังนั้นสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์จึงได้รับความสนใจในการนำมาสังเคราะห์และประยุกต์ใช้ในงานด้านนาโนเทคโนโลยีจำนวนมาก

## การสังเคราะห์

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ทำได้โดยการนำไทเทเนียมไอโซโพรพอกไซด์ (titanium isopropoxide; $Ti[OCH(CH_3)_2]_4$) มาละลายในเอทานอลแล้วใส่ในเยื่อเซลโลเฟน จากนั้นนำมาใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายผสมของเอทานอล แอมโมเนีย และน้ำที่ปราศจากไอออน โดยจัดอุปกรณ์ ดังรูปที่ 4

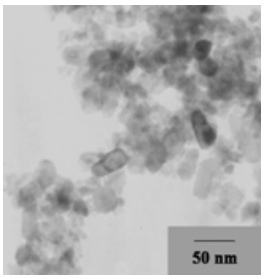



**รูปที่ 4** การจัดอุปกรณ์สังเคราะห์อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์
(ภาพจาก http://www.thaitextile.org)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$Ti[OCH(CH_3)_2]_4 + 2H_2O \longrightarrow TiO_2 + 4\,(CH_3)_2CHOH$$

นำไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมาล้างด้วยน้ำเย็น อบให้แห้ง แล้วนำมาเผาแคลไซน์ (calcined) ซึ่งเป็นการเผาสารโดยใช้อุณหภูมิไม่เกินจุดหลอมเหลวของสารนั้น จะได้อนุภาคนาโนของไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังรูปที่ 5




**รูปที่ 5** อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

(ภาพจาก http://www.thaitextile.org)

## สมบัติและการใช้ประโยชน์

### เทคโนโลยีชีวภาพ

อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีสมบัติในการดูดกลืนแสง UV จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางโดยใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดดต่างๆ ซึ่งจากการที่มีอนุภาคขนาดเล็กทำให้เมื่อใช้ครีมไม่เกิดเป็นคราบขาวหลังทาผิว

### อิเล็กทรอนิกส์

อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เมื่อดูดกลืนแสง UV จะทำให้เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนได้ดี จึงนำไปประยุกต์ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ได้

**รูปที่ 6** เซลล์แสงอาทิตย์

(ภาพจาก http://blogs.discovermagazine.com)

### วัสดุ

- **สิ่งทอ เครื่องใช้ไฟฟ้า**

อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ในรูปของแอนนาเทส มีสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค เช่น *E.coli* ซึ่งทำให้เกิดโรคท้องเสีย ท้องร่วง เป็นต้น โดยเมื่ออนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกกระตุ้นด้วยแสง UV จะทำปฏิกิริยากับน้ำที่อยู่บนผิวของเชื้อโรค ได้อนุมูลอิสระซึ่งไปทำหน้าที่ออกซิไดซ์ผนังเซลล์ของเชื้อโรค รวมถึงสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ ทำให้เชื้อโรคและสารต่างๆ เหล่านั้นแตกสลายในที่สุด จากสมบัติดังกล่าวอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์จึงถูกนำมาใช้เคลือบเส้นด้ายหรือสิ่งทอ เช่น เสื้อผ้า เบาะรถยนต์ และยังนำมาใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ เช่น นำมาใช้กับเครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยในการกำจัดมลพิษต่างๆ ได้

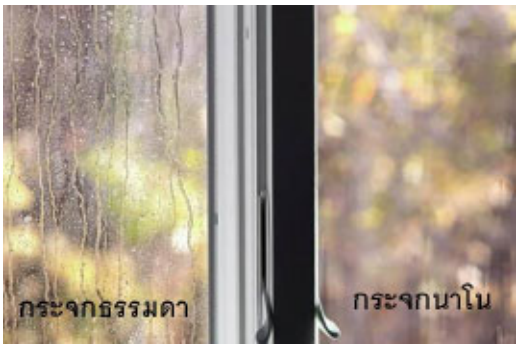
นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่ในรูปของฟิล์มโดยการเจือด้วยโลหะเงิน (Ag) ซึ่งเมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแล้วนำไปทดสอบการฆ่าเชื้อโรค พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคดีกว่าฟิล์มของอนุภาคนาโนไทเทเนียมเพียงอย่างเดียว แต่ยังต่ำกว่าที่อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์อิสระ แต่การขึ้นรูปเป็นฟิล์มนี้เพิ่มโอกาสที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

- **เซรามิกส์**

อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ช่วยลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในส่วนของการเผา เนื่องจากจะใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่าการเผาเซรามิกส์ตามปกติ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีความแข็งแรง และทนทานต่อการแตกหักสูงกว่าเซรามิกส์ปกติ

- **กระจก**

อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ฉาบเป็นฟิล์มบางๆ บนกระจก สามารถออกซิไดซ์สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวกระจกให้เป็นสารที่สามารถถูกชะล้างด้วยน้ำได้ง่าย ทำให้กระจกสะอาดอยู่เสมอ จึงเรียกกระจกลักษณะนี้ว่า กระจกทำความสะอาดตนเอง




**รูปที่ 7** เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำและสิ่งสกปรก
ของกระจกธรรมดาและกระจกนาโน
(ภาพจาก http://www.nanotec.or.th)

## เอกสารอ้างอิง

"ผ้าทำความสะอาดตัวเองกับไทเทเนียมไดออกไซด์," [Online]. Available: http://www.nanotec.or.th/th/index.php?type=knowledge_room&second=cexe&status=read&readid=105 (Retrieved 12/8/2007)

รุ้งนภา ทองพูล และคณะ. "การฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยใช้แสงยูวีและไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา," วิทยานิพนธ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อดิสร เตือนตรานนท์, "นวัตกรรมใหม่ด้วยนาโนไทเทเนียม" [Online]. Available: http://www.bangkokbiznews.com/scitech/2005/0304/news.php?news=column_16797686.html (Retrieved 6/8/2007)

Natda Wetchakun., et al. "Synthesis and Characterization of Titanium Dioxide Nanoparticles by Sol-Gel Method," [Online]. Available: http://www.thaitextile.org/th/textile_intel/document/thtidoc/06technology/Present_Seminar_29_3_49/MedicalTextiles_Nanotechnology.ppt (Retrieved 6/8/2007)

"Titanium," [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Titanium (Retrieved 6/8/2007)

"Titanium," [Online]. Available http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ti/key.html (Retrieved 6/8/2007)