

ภาคผนวก ก ทองแดง (Copper)

ชื่อธาตุ : Copper

สัญลักษณ์ : Cu

เลขอะตอม : 29

Atomic Weight : 63.546

จุดหลอมเหลว : 1085°C

จุดเดือด : 2563°C

ความหนาแน่น (300K) g/cm^3 : 8.96

สี : เงินแบบโลหะ

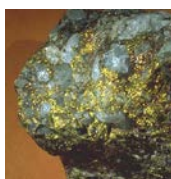
สถานะปกติ (ณ อุณหภูมิห้อง) : ของแข็ง

Electronegativity : 1.90

การจัดเรียงอะตอม : $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$

ทองแดง คือ ธาตุที่มีเลขอะตอม 29 และสัญลักษณ์คือ Cu แร่ทองแดงที่พบตามธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด ซึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตโลหะทองแดงส่วนมากจะเป็นแร่ประเภทซัลไฟด์ มีสองชนิดคือ แร่ทองแดงคาลโคไซต์ (chalcocite) (Cu_2S) มี Cu ประมาณ 79.8% และแร่ทองแดงคาลโคไพไรต์ (chalcopyrite) (Cu FeS_2) มี Cu ประมาณ 34.5% นอกจากแร่ซัลไฟด์แล้วยังมีแร่ทองแดงออกไซด์ (Cu_2O) แต่ปริมาณที่พบน้อย แร่ทองแดงอีกชนิดหนึ่งที่เป็นแร่ทองแดงคาร์บอเนต ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า Malachite มีสีเขียวสวยงามมาก สำหรับประเทศไทยนั้น แร่ทองแดงพบที่จังหวัดเลย หนองคาย ขอนแก่น นครราชสีมา ตาก อุตรดิตถ์ แพร่ น่าน ลำปาง ลำพูน เพชรบูรณ์ ลพบุรี ฉะเชิงเทรา และกาญจนบุรี แต่ยังไม่มีการผลิต

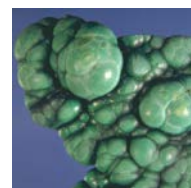
ทองแดงที่ผลิตขึ้นได้มากกว่า 2.5 ล้านปอนด์ต่อปีในสหรัฐอเมริกานั้น ส่วนใหญ่ถูกละมาจากแร่คาลโคไพไรต์ ซึ่งเป็นของผสมระหว่าง CuS กับ FeS ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยมวล เพื่อที่จะถลุงเอาทองแดงที่มีอยู่ในปริมาณน้อยออกจากแร่คาลโคไพไรต์ จึงต้องอาศัยวิธีโลหะวิทยาหลายขั้นตอน รวมถึงขั้นตอนที่ทำให้ได้ทองแดงบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.99



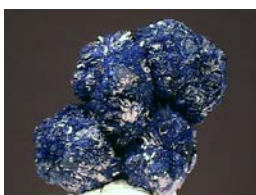
แร่คาลโคไพไรต์



แร่คิวไพไรต์



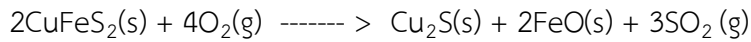
แร่มาลาไคต์



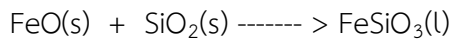
แร่อะซูไรต์

การเตรียม

โลหะทองแดงสามารถเตรียมได้โดยวิธีการถลุง การถลุงทองแดงทำได้โดยการเผาแร่คาลโคไพไรต์ในอากาศ ซึ่งเรียกว่า การย่างแร่ จะได้คอปเปอร์(I)ซัลไฟด์ ไอร์ออน(II)ออกไซด์ และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังสมการ



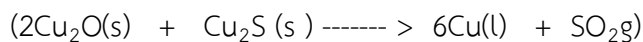
แยกแก๊ส SO_2 ออก จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่เหลือนำไปเผาพร้อมกับออกไซด์ของซิลิคอนในเตาถลุง FeO จะทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของซิลิคอน ได้กากตะกอน ดังสมการ



ส่วนคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ เมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูงจะสลายตัวได้เป็นคอปเปอร์ (I) ซัลไฟด์ ในสถานะของเหลวซึ่งสามารถแยกออกได้ และในขั้นสุดท้ายเมื่อแยกคอปเปอร์ (I) ซัลไฟด์ในอากาศบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นคอปเปอร์ (I) ออกไซด์ ดังสมการ



และคอปเปอร์ (I) ออกไซด์กับคอปเปอร์ (I) ซัลไฟด์ จะทำปฏิกิริยากันโดยมีซัลไฟด์ไอออนเป็นตัวรีดิวซ์ ดังสมการ



แต่ยังมีสิ่งเจือปนจึงต้องนำไปทำให้บริสุทธิ์ก่อน โดยทั่วไปจะใช้วิธีแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

สมบัติและประโยชน์ของทองแดง

- โลหะทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ 99.95%ขึ้นไป จะมีประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าได้ดีมาก จึงถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- ใช้โลหะทองแดงทำท่อในอุปกรณ์ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ
- ใช้ทำอุปกรณ์เกี่ยวกับรถยนต์ อาวุธ เหยี่ยวนกชาปณ์ และตราต่างๆ
- ใช้เป็นส่วนประกอบในโลหะหลายชนิด เช่น

ก. โลหะผสมระหว่างทองแดงกับนิกเกิล มีความเหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี โดยเฉพาะในน้ำทะเลจึงใช้ทำท่อในระบบกลั่น อุปกรณ์ภายในเรือ

ข. โลหะผสมระหว่างทองแดง นิกเกิล และสังกะสี หรือเรียกว่า เงินนิกเกิลหรือเงินเยอรมัน ใช้ทำเครื่องใช้ต่างๆ เช่น ช้อน ส้อม เครื่องมือแพทย์

ค. ทองบรอนซ์ หรือบรอนซ์ หรือทองสัมฤทธิ์ หรือทองสำริด โลหะผสมที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบหลัก ถ้ามีดีบุกผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 0.8-10โดยมวล และมีการเติมฟอสฟอรัสเล็กน้อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (deoxidation) จะมีความแข็งกว่าทองแดง เมื่อเย็นตัวมีความแข็งแรง มีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี และไม่ถูกกัดกร่อน

- ทองเหลือง โลหะผสมที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบหลัก มีสังกะสีผสมอยู่ร้อยละ 20-45 โดยมวล ทองเหลืองจะมีความแข็ง และความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของสังกะสีเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการตีแผ่ให้เป็นแผ่น ขึ้นรูปง่าย ทองเหลืองจึงถูกนำมาใช้ในการทำท่อ ล้นปิด-เปิด และตัวเชื่อม

- ทองแดงไม่ทำปฏิกิริยากับกรด แต่ในกรณีกรดไนตริก พบว่า NO_3^- จะเป็นตัวออกซิไดซ์ และปรีดิคซ์ทองแดงให้เป็น Cu^{2+} ไอออน
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (จนลี) ใช้ฆ่าเชื้อราและสาหร่าย
- แร่ทองแดงที่มีสีหรือลวดลายสวยงาม เช่น มาลาไคต์ ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, สีเขียวอ่อน), อะซูไรต์ ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2 (\text{OH})_2$ หรือ $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, สีน้ำเงิน) และคริโซคอลลา ($(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) สามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับได้

บทบาทของทองแดงในสิ่งมีชีวิต

เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ในพืชทองแดงเกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น กุ้ง ปู ทองแดงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเลือดฮีโมไซแอนิน (hemocyanin) ในคนทองแดงมีความสำคัญในการสร้างฮีโมโกลบิน ในร่างกายมีทองแดงประมาณ 75-150 มิลลิกรัม ทองแดงส่วนใหญ่อยู่ในตับ สมอง หัวใจ และไต

ก . หน้าที่

1. จำเป็นสำหรับการสร้างเม็ดเลือด เพราะเป็นตัวกระตุ้นในการใช้เหล็กสร้างฮีโมโกลบิน นอกจากนี้มีผู้พบว่าทองแดงช่วยให้เหล็กดูดซึมดีขึ้น
2. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจหรือปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนในร่างกาย เช่น ไซโทโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) แอสคอร์บิก แอซิด ออกซิเดส (ascorbic acid oxidase) และอื่น ๆ

ข . ปริมาณที่ควรรับประทาน ร่างกายต้องการทองแดงวันละประมาณ 2 มิลลิกรัม

ค . ผลของการกินน้อยไป ในสัตว์ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง ระบบประสาทพิการ เป็นหมัน และขนมักเปลี่ยนสี แกะที่กินหญ้ามีทองแดงต่ำ จะให้ขนแกะน้อยลง เติบโตช้า ล้มง่าย และตายทันที ในคนปกติยังไม่พบอาการของโรคขาดทองแดง ในเด็กที่ป่วยเป็นโรคขาดโปรตีน หรือเด็กและผู้ใหญ่ที่เป็นโรคโลหิตจาง เพราะขาดเหล็ก โรคไต หรือโรคที่เกิดจากเหล็กดูดซึมไม่ดี มักขาดทองแดงด้วย

ง . ผลของการกินมากเกินไป แกะที่เลี้ยงไว้ในทุ่งหญ้าที่มีทองแดงสูง จะเกิดโรคไตพิการ ฮีโมโกลบิน จำนวนมากไปอุดในหลอดไต ถ้าทิ้งไว้อาจถึงตายได้ อาการป่วยจะหายไปถ้ากินโมลิบดีนัม ดังนั้นจึงเชื่อว่าโมลิบดีนัม และสังกะสีทำให้ร่างกายสัตว์ใช้ทองแดงได้น้อยลง ในคนการกินทองแดงมาก (วันละ 16 - 23 มิลลิกรัม) อาจเป็นพิษได้ มีโรคชนิดหนึ่งเรียก Wilson ' s disease เกิดจากทองแดงสะสมในตับและสมองมากผิดปกติ ไม่สามารถกำจัดให้หมดไป ทำให้แรงดันเลือดสูง หลอดเลือดตีบง่าย ชี้น้ำเหลือง และเป็นโรคจิต

ความเป็นพิษของทองแดง

กลไกการเกิดพิษ

การเกิดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป ช่องทางที่ได้รับและสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ทองแดงถูกดูดซึมได้ดีในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนบน โดยซึมผ่านเข้าผนังลำไส้ไปที่ตับ จากนั้นจะรวมตัวกับน้ำดี แล้วถูกหลั่งออกมาบริเวณลำไส้ ขับออกไปกับอุจจาระ หรืออาจถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกายได้ 30% โดยไปสะสมที่กระดูก กล้ามเนื้อ ตับ สมอง การสะสมจะมากที่ตับและสมอง

เมื่อได้รับทองแดงในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ คลื่นเหียน อาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ ท้องเสีย การทำงานของหัวใจผิดปกติ กระบวนการภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต ส่วนอาการเรื้อรังจากการได้รับ

ติดต่อกันเป็นเวลานาน และระดับทำหน้าที่บกพร่อง ไม่สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายได้ตามปกติ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย หรือกลุ่มอาการ Wilson' Diseases คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก

การแก้ไขการเกิดพิษและวิธีการป้องกันการเกิดพิษ

ผิวหนัง : ควรสวมเสื้อผ้าที่รัดกุมและมีเครื่องป้องกันร่างกาย ก่อนการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารทุกครั้ง เมื่อสารพิษถูกผิวหนังรีบล้างออกด้วยสบู่และน้ำสะอาด ถ้าสารพิษกระเด็นหรือหกเปื้อนเสื้อผ้า ต้องรีบเปลี่ยนเสื้อผ้าทันที แล้วล้างผิวหนังด้วยสบู่และน้ำสะอาด จากนั้นรีบนำส่งโรงพยาบาล

ตา : ควรมีเครื่องป้องกันสายตาที่เหมาะสมก่อนการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสาร (ไม่ควรสวม Contact lens ขณะทำงานเกี่ยวข้องกับสารเคมี) เมื่อสารพิษกระเด็นเข้าตา ต้องรีบล้างออกด้วยน้ำสะอาด จำนวนมากสลับกับการค่อยๆ กระพริบตาขึ้น-ลง จากนั้นรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที

การหายใจ : เมื่อหายใจรับเอาสารเข้าไปเป็นจำนวนมาก ต้องรีบเคลื่อนย้ายผู้ได้รับสารออกจากบริเวณนั้น ไปสู่บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก ถ้าหยุดหายใจให้รีบทำการผายปอด (mouth-to-mouth) แล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที

การกลืนกินสารพิษ : รีบนำส่งโรงพยาบาลทันที

เอกสารอ้างอิง

1. CAMEO Chemical Database-Response Information Data Sheet " Copper " .
2. Vom Himmel Kommt., Zum Himmel Steigt., Und wieder nieder., Zur Erde' muss and Ewig wechselnd. Health risks of water and sanitation. National Institute for Public Health and Environmental (RIVM). The Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Netherlands. Page 62-64.