

เปิดประเด็น....ว่าด้วยเรื่อง ความแข็งของแร่ (Hardness of Minerals)

บางท่านอาจเคยสงสัย ความเป็นมาของที่มาการวัดค่าความแข็งของแร่ ไม่ว่าจะเป็นสเกลของโมลส์ เริ่มเมื่อไร เป็นมาอย่างไร และมีการวัดค่าความแข็งของแร่ด้วยวิธีอื่นหรือไม่ อย่างไร เราคงต้องเริ่มต้นรู้จักนิยามของความแข็งของแร่นั้น คืออะไรก่อน

นิยามค่าความแข็ง (Hardness) คือ คุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัสดุ รวมถึงแร่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่วัสดุสามารถทนทานหรือ ด้านทานการเสีรูปร่างแบบพลาสติก โดยทั่วไปจะหมายถึงการเสีรูปร่างที่เกิดจากการกดทับ แต่อย่างไรก็ตาม ความแข็งอาจหมายถึงไปถึง ความต้านทานต่อการขีดข่วน การตัด การขีด และการตัด นอกจากนี้ ความเหนียวหรือความเปราะของแร่นั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความแข็ง เช่น มรกตและเซอร์คอน ที่มีความแข็งมากกว่าควอทซ์ แต่กลับเปราะและแตกได้ง่ายกว่าควอทซ์เสียอีก

การวัดความแข็งของแร่ และวัสดุ นั้น มีการประเมินมาอย่างช้านาน โดยประเมินจากความต้านทานในการขีดข่วนของวัตถุ เช่น วัตถุ A ขีดวัตถุ B เป็นรอย แต่ไม่สามารถขีดวัตถุ C เป็นรอยได้ ดังนั้น วัตถุ A จึงแข็งกว่า วัตถุ B แต่อ่อนกว่าวัตถุ C สำหรับนักธรณีวิทยาแล้ว คงจะคุ้นเคยกับมาตรฐานค่าความแข็งของโมลส์ หรือ โมลส์สเกล (Moh's scale) เป็นอย่างดี ดังนั้นในฐานะนักธรณีวิทยาเราควรจะทำความรู้จักกับโมลส์สเกลให้ดียิ่งขึ้น

โมลส์สเกล ถูกคิดค้นโดย Friedrich Mohs ในปี ค.ศ. 1812 นายคนนี่เขาเป็นทั้งนักเหมืองแร่และนักธรณีวิทยา โมลส์ใช้หลักการง่ายๆ จากการเปรียบเทียบความแข็งของแร่และวัสดุ ที่รู้จักและพบเห็นได้โดยทั่วไป นั่นเป็นปัจจัยสำคัญทำให้วิธีของโมลส์นั้นแพร่หลาย เนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน อีกทั้งยังทำให้นักธรณีวิทยาสามารถวิเคราะห์แร่ในภาคสนามได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้โมลส์ยังใช้วัสดุใกล้เคียงเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและหาค่าความแข็งของแร่อีกด้วย วัสดุใกล้เคียงที่โมลส์ใช้ในการเปรียบเทียบหาความแข็ง เช่น เล็บมือ มีความแข็งประมาณ 2.5, เหริยงู มีความแข็งประมาณ 3, ไข่มุกและแก้ว มีความแข็งประมาณ 5.5 และ เหล็กกล้ามีความแข็งประมาณ 6.5 เป็นต้น



Friedrich Mohs
(<http://www.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5103/nkc5103u.html>)

ทั้งนี้โมลส์ได้กำหนดแร่มาตรฐาน 10 ตัวอย่างแร่ เพื่อใช้ในการจำแนกค่าความแข็งในหน่วยของโมลส์
สเกล ดังนี้

ความแข็ง 1	ทัลก์ (Talc)	แร่หินสบู่ ผิวลื่นเหมือนสบู่ใช้เล็บขูดเป็นรอยได้อย่างง่ายดาย
ความแข็ง 2	ยิปซัม (Gypsum)	แร่เกลือจืด โบราณเรียกแก้วเคลบ สามารถใช้เล็บขูดเป็นรอยได้
ความแข็ง 3	แคลไซต์ (Calcite)	แร่ฟันหมา สามารถขูดยิปซัมเป็นรอยได้
ความแข็ง 4	ฟลูออไรต์ (Fluorite)	เป็นพลอยอ่อนชนิดหนึ่ง สามารถใช้แก้วขูดเป็นรอยได้
ความแข็ง 5	อะพาไทต์ (Apatite)	สามารถใช้มีดขูดเป็นรอยได้
ความแข็ง 6	ออร์โทเคลส (Orthoclase)	แร่เฟลด์สปาร์หรือแร่ฟันม้าชนิดหนึ่ง สามารถขูดแก้วเป็นรอยได้
ความแข็ง 7	ควอรทซ์ (Quartz)	แร่เขี้ยวหนุมาน สามารถขูดแก้วเป็นรอย แต่จะไม่ใช่เป็นรอยเมื่อถูกมีดขูด
ความแข็ง 8	โทแพซ (Topaz)	
ความแข็ง 9	คอร์ันดัม (Corundum)	พลอยแข็ง หรือ กระจุน
ความแข็ง 10	เพชร (Diamond)	ทำให้เกิดรอยด้วยเพชรเท่านั้น

เนื่องจากวิธีของโมลส์ ไม่สามารถหาความแข็งที่แม่นยำได้ ความแข็งของแร่หรือวัสดุ จึงได้จากการ
เทียบเคียงและประมาณค่าระหว่างแร่ที่ใช้เป็นมาตรฐาน เช่น โดโลไมต์ (Dolomite) สามารถขีดลงบนแคล
ไซต์ แล้วทำให้เกิดรอย แต่ไม่สามารถ ขีดลงบน ฟลูออไรต์ให้เป็นรอยได้ ดังนั้นโดโลไมต์จึงมีความแข็งอยู่
ระหว่าง 3-4 โมลส์ จึงจัดให้มีความแข็ง 3.5

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า ค่าความแข็งของโมลส์ เริ่มตั้งแต่อ่อนที่สุด คือ 1 จนถึงแข็งที่สุดคือ 10
นอกจากนี้ และค่าความแข็งของโมลส์นั้น ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง กล่าวคือ ความแข็งที่เพิ่มขึ้นตาม
หน่วยของโมลส์ จะไม่เป็นจำนวนเท่าที่แน่นอน เช่น เพชร มีความแข็งกว่าคอร์ันดัมประมาณ 4-5 เท่า ในขณะที่
คอร์ันดัมแข็งกว่าโทแพซเพียงประมาณ 2 เท่า

วิธีการทดสอบค่าความแข็งแบบต่างๆ

การทราบค่าความแข็งที่แน่นอนของวัสดุหรือแร่ นั้น มีประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมและวัสดุศาสตร์
ยกตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ สามารถลดความแตกต่างระหว่างแร่ธรรมชาติและแร่สังเคราะห์
ได้ดียิ่งขึ้น หากเราทราบคุณสมบัติที่แน่นอนของแร่ ได้ ก็ยังส่งผลให้การสังเคราะห์แร่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ค่า
ความแข็งของแร่ ยังมีประโยชน์ในด้านอัญมณีอีกด้วย เช่น อัญมณีที่ดีควรมีความแข็งตั้งแต่ 7 ขึ้นไป เพื่อทนทาน
ต่อการขีดข่วนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้วนั้น การวัดค่าความแข็งที่แน่นอนของแร่จึง
จำเป็นสำหรับงานในด้านอื่นๆ การวัดค่าความแข็งที่แม่นยำจึงมีด้วยกันอยู่หลายวิธี ผู้เขียนเพียงยกตัวอย่างมาบาง
วิธีเท่านั้น

ประเภทการทดสอบความแข็ง โดยทั่วไปมี 3 ประเภท คือ

1. การทดสอบแบบการกดทับ (Indentation)
2. การทดสอบแบบการกระดอน (Dynamic)
3. การทดสอบแบบการขีดข่วน (Scartch)

การทดสอบแบบการกดทับ (Indentation)

- แบบบริเนล (Brinell)

Johan August Brinell เป็นผู้คิดค้นวิธีนี้ ในปี ค.ศ. 1900 เพื่อที่จะหาวิธีที่ง่ายและรวดเร็วในการทดสอบสมบัติความแข็งของเหล็กและเหล็กกล้าที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป ด้วยเหตุนี้เครื่องมือทดสอบความแข็งเครื่องแรกจึงเกิดขึ้นในปีนี้

- แบบร็อกเวล (Rockwell)

วิธีนี้คิดค้นขึ้นโดย Stanley P. Rockwell ในปี ค.ศ. 1914 โดยใช้วิธีการวัดความแตกต่างของรอยลึกที่เกิดจากการกดทับ การทดสอบจึงใช้เครื่องมือที่มีหัวกด ทำให้สามารถทดสอบได้รวดเร็ว

- แบบวิกเกอร์ส (Vickers)

เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดจากวิธีบริเนล โดย Smith and Sandland จากบริษัท Vickers Armstrong ในปี ค.ศ. 1924 เพื่อที่จะหาค่าความแข็งได้ถูกต้องและเชื่อถือได้มากกว่าเดิม โดยเลือกใช้เพชรรูปทรงปิรามิด เป็นหัวกดทดสอบ เพื่อให้เกิดความชัดเจนของรอยกดที่เกิดขึ้น อีกทั้งเพชรยังมีความแข็งสูงและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย

- แบบนูพ (Knoop)

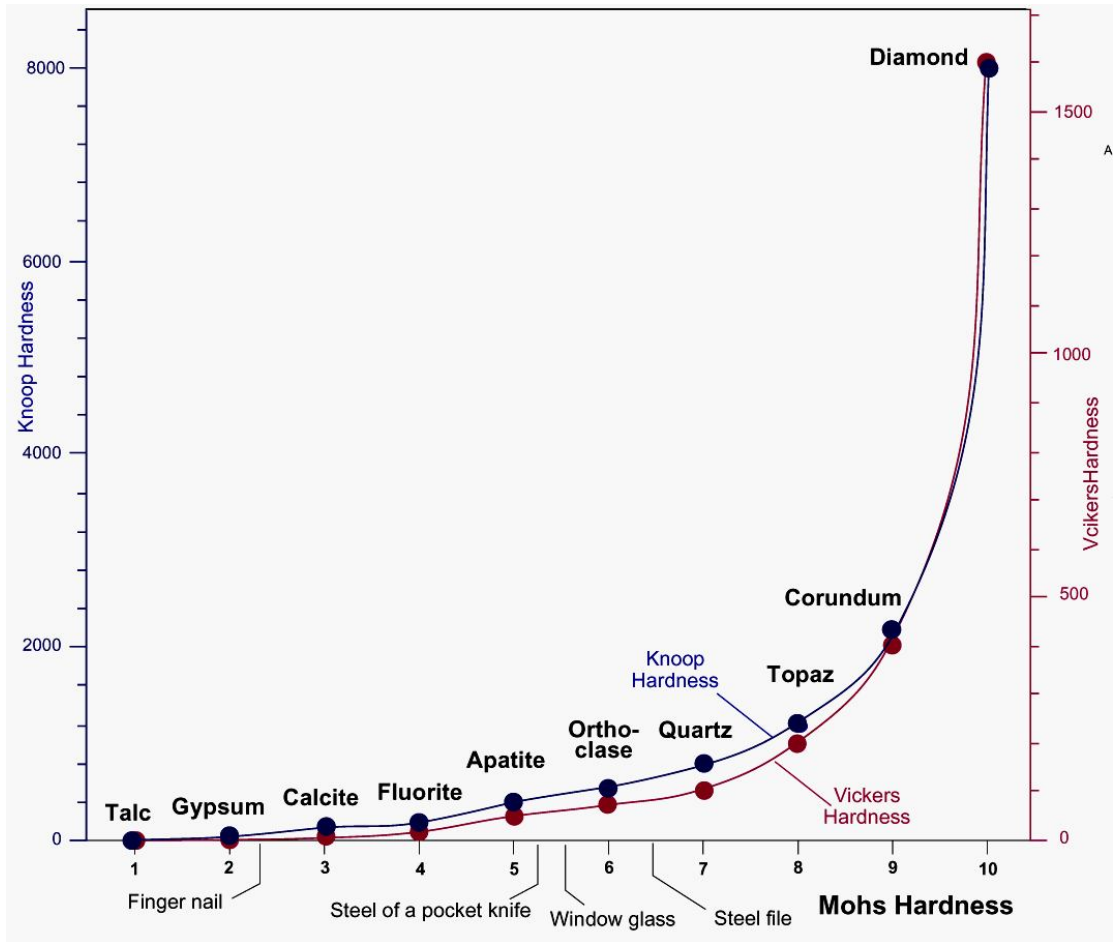
เป็นการคิดค้นวิธีการที่สามารถแสดงรอยกดที่เห็นได้ชัดเจนในกรณีที่ใช้แรงกดต่ำ ซึ่งมีประโยชน์สำหรับวัสดุที่มีความเปราะ เช่น แก้ว ซึ่งอาจแตกได้เมื่อทดสอบด้วยแรงค่อนข้างสูง วิธีนี้คิดค้นเมื่อปี ค.ศ. 1939 โดยกลุ่มนักวิจัย จาก National Bureau of Standards คือ Frederick Knoop, Chauncey G. Peter และ Walter B. Emerson

การทดสอบแบบการกระดอน (Dynamic)

วิธีนี้เรียกอีกอย่างว่า Shore Scleroscope ถูกพัฒนาโดย Albret F. Shore ในปี ค.ศ. 1906 ซึ่งเทคนิคนี้ใช้การปล่อยหัวกระแทกจากความสูงที่กำหนดให้ตกลงมากระทบกับผิววัสดุ แล้ววัดความสูงจากการกระดอนกลับของหัวกระแทก สเกลที่ใช้วัดถูกแบ่งออกเป็น 100 หน่วย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการกระดอนกลับของเหล็กกล้าคาร์บอนชุบแข็ง ค่าความแข็งจึงขึ้นอยู่กับการกระดอนกลับของหัวกระแทก วัสดุที่มีความแข็งมาก ความสูงของการกระดอนกลับก็จะมาก ในทางกลับกัน วัสดุอ่อนก็จะให้ค่ากระดอนกลับน้อย ในกรณีที่วัสดุมีค่าการกระดอนกลับมากกว่า 100 หน่วย แสดงว่าวัสดุนั้นมีความแข็งมากเกินกว่าจะวัดได้

การทดสอบแบบการขีดข่วน (Scatch)

วิธีการคือการทดสอบการทนต่อการขีดของวัตถุโดยวัตถุอื่น ซึ่งวิธีการของโมลส์ก็ใช้หลักการนี้เช่นกัน จึงไม่ขอกล่าวซ้ำในส่วนนี้



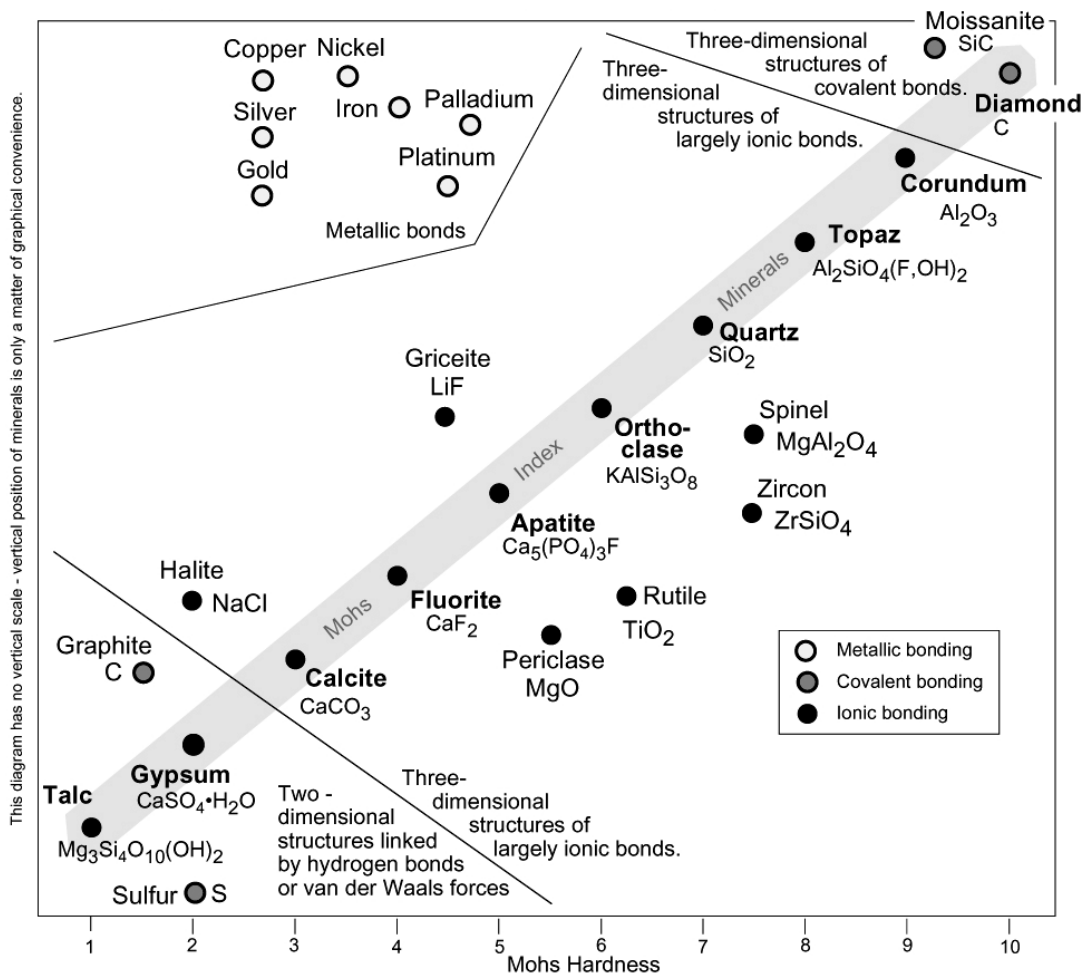
<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งของแร่

หลายท่านคงสงสัยว่า สาเหตุที่ค่าความแข็งของแร่มีค่าที่แตกต่างกัน เพราะเหตุใด สำหรับหัวข้อนี้จึงกล่าวถึง ปัจจัยหลัก ที่ทำให้วัสดุมีความแข็งที่แตกต่างกัน แต่จะใช้สเกลของโมลส์ในการเปรียบเทียบความแข็งในหัวข้อนี้ ลองดูซิว่าปัจจัยหลักนั้นมีอะไรบ้าง

1. พันธเคมีที่เชื่อมในโครงสร้างแร่

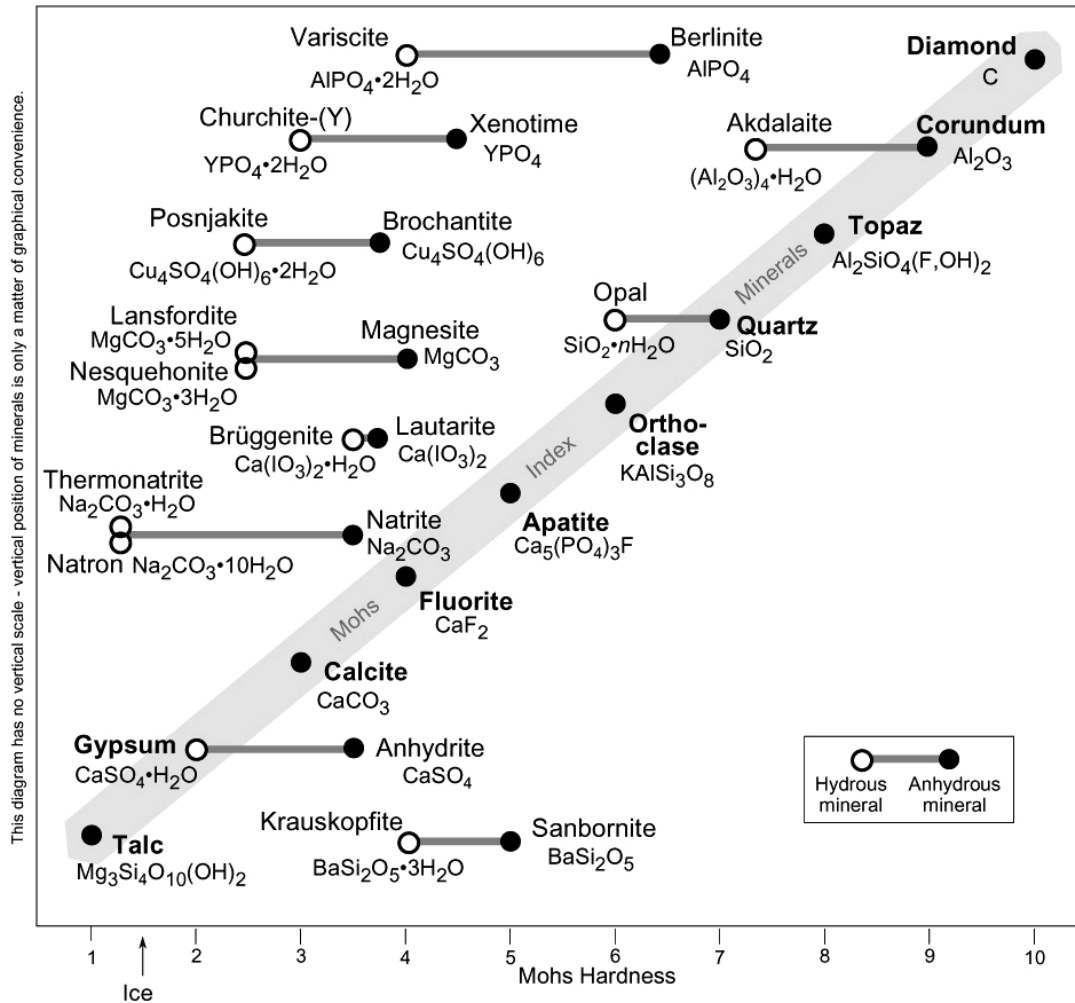
จากรูปภาพจะได้ได้ชัดว่า แร่ที่มีความแข็งสูงนั้นจะมีพันธเคมี เป็นพันธะโควาเลนต์ (Covalent bonds) ซึ่งพันธะโควาเลนต์นี้ จะแข็งแรงกว่าพันธะไอออนิกและพันธะไฮโดรเจน ยิ่งไปกว่านั้น การสานต่อของพันธะในรูปแบบ สามมิติ ยิ่งทำให้แร่มีความแข็งมากขึ้นด้วย เห็นได้ชัดว่า ทั้ง แกรไฟต์ (graphite) และ เพชร (Diamond) ต่างก็เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ แต่เพชรเชื่อมต่อกันในรูปแบบ สามมิติ ในขณะที่แกรไฟต์ เชื่อมต่อในระนาบ สองมิติ ทำให้แร่เกิดระนาบการเลื่อนในตัวแร่ได้



(<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>)

2. องค์ประกอบของน้ำในโครงสร้างแร่

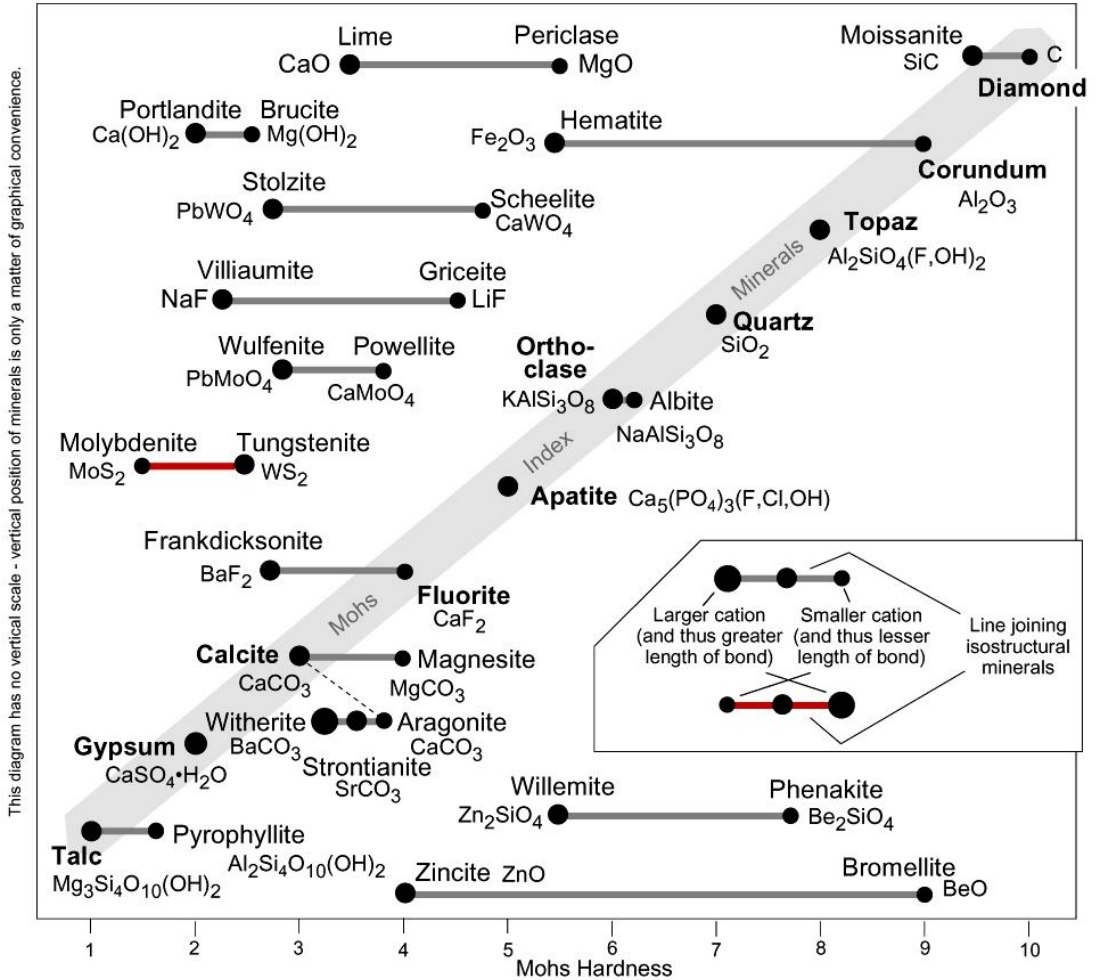
จากภาพแสดงองค์ประกอบทางเคมีของแร่ ที่เป็น hydrous และ anhydrous จะเห็นว่า เมื่อแร่มีน้ำเป็นองค์ประกอบแล้วจะทำให้ความแข็งของแร่ลดลง นั่นเป็นเพราะว่าน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของแร่ จะเข้าไปเชื่อมด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้แร่มีความแข็งน้อยลง อย่างไรก็ตาม แร่ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบก็สามารถมีความแข็งได้มากเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่าง Akdalaite และ Opal เป็นต้น นอกจากนี้ น้ำแข็ง ซึ่งเชื่อมด้วยพันธะไฮโดรเจนทั้งหมด แต่กลับมีความแข็งประมาณ 1.5 ซึ่งมากกว่า ทล็ก นั่นเป็นเพราะว่าน้ำแข็งเชื่อมต่อกับอะตอมด้วยรูปแบบสามมิติ จึงทำให้น้ำแข็งมีความแข็งมากกว่าทล็ก ซึ่งเชื่อมด้วยพันธะวานเดอร์วาล



(<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>)

3. ความยาวพันธะและขนาดของอะตอม

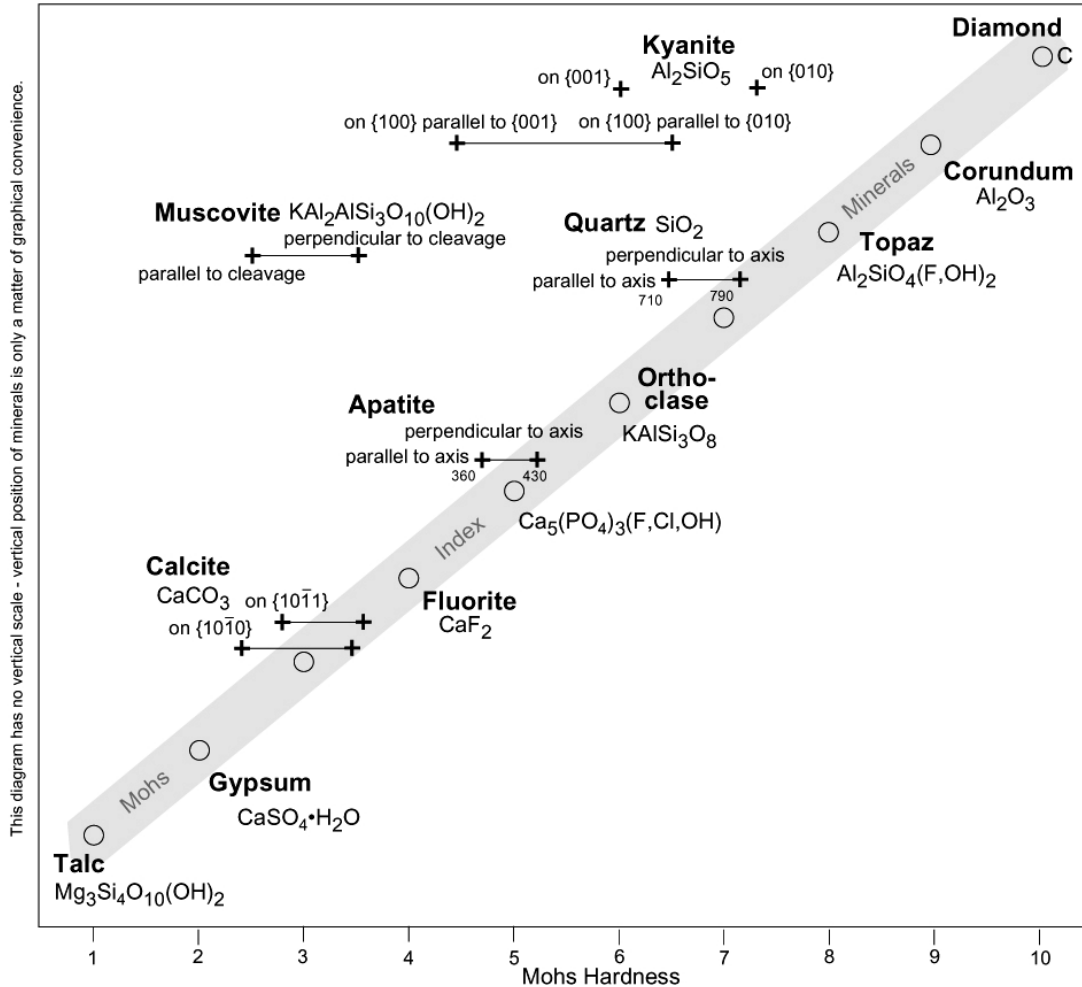
ปัจจัยอีกอย่างที่ควบคุมค่าความแข็งของแร่ คือ ความยาวของพันธะและขนาดอะตอมของธาตุ โดยส่วนใหญ่แล้วแร่ที่มีขนาดอะตอมเล็กจะมีความยาวพันธะสั้น จึงทำให้แร่มีความแข็งมากกว่าแร่ที่มีขนาดอะตอมใหญ่กว่า เช่นเดียวกันกับธาตุที่มีประจุลบ ขนาดอะตอมที่เล็กกว่าจะมีค่าความแข็งที่มากกว่าด้วย



(<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>)

4. หน้าผลึกของแร่

โดยที่รู้กันทั่วไปแล้วว่า แร่ประกอบด้วยหน้าผลึก ซึ่งขึ้นอยู่กับระบบผลึกของแร่ ดังนั้นค่าความแข็งของแร่ จึงมีค่าเท่ากันหมดทุกด้านของหน้าผลึก ซึ่งอาจเรียกค่าความแข็งเป็นแบบ **anisotropic** ดังตัวอย่างที่เห็นในภาพ แร่ โคยาไนต์ มีค่าความแข็งที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับการวัดค่าความแข็งที่ตั้งฉากกับหน้าผลึกนั้นๆ นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า แร่ที่เป็นแร่มาตรฐานของโมลส์สเกล เช่น แคลไซต์ อะพาไทต์ และ ควอตซ์ นั้นก็มีค่าความแข็งที่ไม่แน่นอน เช่นกัน



ปัจจัยที่ควบคุมค่าความแข็งอาจมีมากกว่านี้ ซึ่งผู้อ่านสามารถเรียนรู้ได้จากสื่อต่างๆ ที่ยกตัวอย่างเป็นเพียงน้ำจิ้มเล็กๆ เท่านั้น หากผู้อ่านสนใจก็ศึกษาได้เพิ่มเติมนะครับ

ยังมีแร่ที่แข็งแกร่งกว่าเพชร อีกหรือไม่?

ผู้อ่านเคยสงสัยไหมว่า ในขณะที่คุณ โมลส์ ได้เริ่มคิดค่ามาตรฐานความแข็ง แล้วให้เพชรเป็นแร่ที่แข็งที่สุด ซึ่งก็ยังเป็นแบบนั้นมาจนถึงปัจจุบัน ผ่านมาเกือบ 200 ปีแล้ว เพชรยังคงเป็นแร่ที่แข็งที่สุดจริงหรือ? เรามีคำตอบให้ นั่นคือ เพชร ยังคงครองแชมป์แร่ที่แข็งที่สุดต่อไป แต่ถ้าถามว่า มีแร่ที่แข็งแกร่งกว่า 10 อีกหรือไม่ คำตอบคือ ใช่ครับ มีแร่ที่แข็งแกร่งกว่า 10 ครับ นั่นคือ เพชรสังเคราะห์ ที่ชื่อว่า Aggregated diamond nanorod (ADNRs) หรือ hyperdiamond ซึ่งเป็นการสังเคราะห์แร่จากผงแร่ ฟลูออไรด์ (Fullerite) ภายใต้การเพิ่มความดัน และ/หรือ อุณหภูมิ ทำให้เพชรสังเคราะห์นี้มีค่าความแข็งแกร่งกว่าเพชรธรรมชาติ โดยเพชรสังเคราะห์ชนิดนี้มีค่าโมดูลัสที่ 491 GPa ในขณะที่เพชรธรรมชาติมีค่าโมดูลัสอยู่ที่ 442 GPa เท่านั้น



ตัวอย่าง ADNRs ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตร

เอกสารอ้างอิง

Mohs Scale of Hardness:

<http://chemistry.about.com/od/geochemistry/a/mohsscale.htm>

Some Fundamentals of Mineralogy and Geochemistry:

<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>

สเกลความแข็งของโมลส์ Mohs scale of hardness:

<http://www.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5103/nkc5103u.html>

Mohs scale of mineral hardness:

http://en.wikipedia.org/wiki/Mohs_scale_of_mineral_hardness

Knoop hardness test:

http://en.wikipedia.org/wiki/Knoop_hardness_test

Vickers hardness test:

http://en.wikipedia.org/wiki/Vickers_hardness_test

Rockwell scale:

http://en.wikipedia.org/wiki/Rockwell_scale

Brinell scale:

http://en.wikipedia.org/wiki/Brinell_hardness_test