

Gold Alloys

Part 1: Karat Gold

ดร.สายสมร นิชมสรวิญญู

6 สิงหาคม 2552

คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศจันทบุรี

Gold Alloys

Part 1: Karat Gold

ทองคำบริสุทธิ์ (fine gold, pure gold) เป็นโลหะที่เฉื่อย มีความเสถียรสูง ทนการกัดกร่อนทางเคมีได้ จึงสามารถพบได้ในธรรมชาติตามแหล่งบนผิวดิน และแหล่งน้ำ¹ เรียกว่า placer gold หรือ surface gold ดังรูป 1 สามารถพบร่วมกับคอร์ตซ์ และแร่ในกลุ่มซิลไฟด์ เช่น ไพไรท์ กาลีน่า สติบไนต์ เป็นต้น หรืออยู่ในรูปของแร่ พบในหินแกรนิตหรือหินแปร แหล่งทองคำ ได้แก่ Australia, Argentina, Canada, Chile, India, Russia, South Africa, USA



รูป 1 Gold nugget จากเหมือง placer mine มลรัฐอลาสกา สหรัฐอเมริกา¹

ทองคำบริสุทธิ์มีความอ่อนนุ่ม สามารถตีขึ้นรูปได้ง่าย มีความแข็งประมาณ 2.5 ของ Mohs scale หรือ 140 HV เมื่อทำเครื่องประดับจะหลีกเลี่ยงความเสียหายขณะสวมใส่ได้ยาก จึงนิยมผสมโลหะแข็งเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โลหะผสมทองที่ใช้ในการทำเครื่องประดับเรียกว่า ทองกะรัต (Karat gold) และสามารถระบุความบริสุทธิ์ของทองคำในเครื่องประดับได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ กะรัต(Karat) ระบุโดยน้ำหนัก (%) หรือ fineness (ไฟน์เนส) ทองกะรัตสามารถทำให้มีหลายสีได้ตั้งแต่สีแดง ชมพู เหลือง เหลืองอ่อน เขียว จนกระทั่งขาว ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุเจือ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างสีของโลหะผสมทองและธาตุเจือ²

Color of Gold	Additional Metals Used
Yellow Gold	Copper, Silver
White Gold	Nickel, Zinc, Copper
Green Gold	Silver, Zinc, Copper
Rose Gold	Copper, Silver

กะรัต หรือตัวย่อ “K” ตามความนิยมในประเทศไทย มาจากคำว่า karat ในอเมริกา หรือ carat ในอังกฤษ และยุโรป มีค่าตั้งแต่ 1 K ถึง 24 K ทองคำบริสุทธิ์มีค่า 24 กะรัต เรียกว่า 'fine gold' จะมีสัดส่วนของทองบริสุทธิ์ 99.0% ถึง 99.9% ขึ้นอยู่กับกฎหมายในแต่ละประเทศ

¹ Gold nugget [Online] <http://geology.about.com/library/bl/images/blgold.htm>, access date 24/6/2008

² 24 KGold.info, [Online] <http://www.24kgold.info/alloys.shtml>, access date 5/7/2007

การคำนวณกะรัตของทองเมื่อทราบร้อยละโดยน้ำหนักของทองคำในโลหะผสมสามารถแสดงได้ด้วยสมการ

$$\text{เลขกะรัต} = \frac{24}{100} \times \text{ร้อยละโดยน้ำหนักของทองคำในโลหะผสม}$$

แต่ละประเทศให้การยอมรับทองกะรัตแตกต่างกัน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกายอมรับเครื่องประดับทองที่มีทองคำไม่ต่ำกว่า 10 กะรัต ส่วนประเทศออสเตรเลียยอมรับที่ 9 กะรัต ในยุโรปนิยมแสดงปริมาณทองคำในเครื่องประดับด้วยตัวเลข 3 หลัก เรียกว่า 'fineness' ซึ่งคือสัดส่วนของทองคำในหน่วยของน้ำหนักโลหะผสม 1000ส่วน ตาราง 2 แสดงทองกะรัต ในหน่วยกะรัต ร้อยละโดยน้ำหนักและไฟน์เนส

ตาราง 2 เลขกะรัต และร้อยละความบริสุทธิ์ของทอง (%fine gold) และสัญลักษณ์ในยุโรป

ค่ากะรัต	% fine gold.	European Fineness	หมายเหตุ
24	99.99%	999	Three nines
	99.0 %	990	Two nines (ค่าต่ำสุดสำหรับทอง 24 K)
22	91.7%	917	ได้รับความนิยมในคาบสมุทรอินเดีย
21	87.5 %	875	ได้รับความนิยมในประเทศอาหรับ
19.2	80.0 %	800	เป็นมาตรฐานของทองในประเทศโปรตุเกส
18	75.0%	750	มาตรฐานของทองผสม
14.8	62.0 %	620	ส่วนผสมทองคำสุดด้านทันตกรรม
14	58.3%	583	583, 58.3% in USA
10	41.7%	417	ทองผสมค่าต่ำสุดที่ยอมรับใน USA
9	37.5%	375	มาตรฐานทองผสมในอังกฤษ
8	33.3 %	333	ทองผสมค่าต่ำสุดที่ยอมรับใน Germany

ในประเทศไทยนิยมชั่งน้ำหนักทองคำในหน่วยบาทและสลึง โดยทองคำ 1 สลึงหนัก 3.80 กรัม ทองคำ 1 บาทหนัก 15.2 กรัม

ในต่างประเทศนิยมแสดงน้ำหนักในหน่วย ทรอยออนซ์ (troy ounce) โดย 1 troy ounce หนัก 31.1 กรัม

ในยุโรป มีกฎหมายให้มีการระบุปริมาณทองคำในเครื่องประดับ เรียกว่า Hallmarking³ โดยมีการระบุปริมาณของโลหะมีค่าด้วยตัวเลข ไฟน์เนส บนสัญลักษณ์ที่แสดงชนิดของโลหะมีค่า ดังในรูป 2

โลหะผสมของโลหะมีค่าเป็นที่ยอมรับในเครื่องประดับในประเทศอังกฤษ แสดงดังตาราง 3 ปริมาณของโลหะมีค่าของทองคำ เงิน และ แพลทินัมที่ยอมรับในเครื่องประดับได้



GOLD SILVER PLATINUM

รูป 2 สัญลักษณ์ Hallmark ของทอง

เงิน และ แพลทินัม 99.9%

ตาราง 3 'Fineness' ของโลหะมีค่าในเครื่องประดับที่ยอมรับในอังกฤษ³

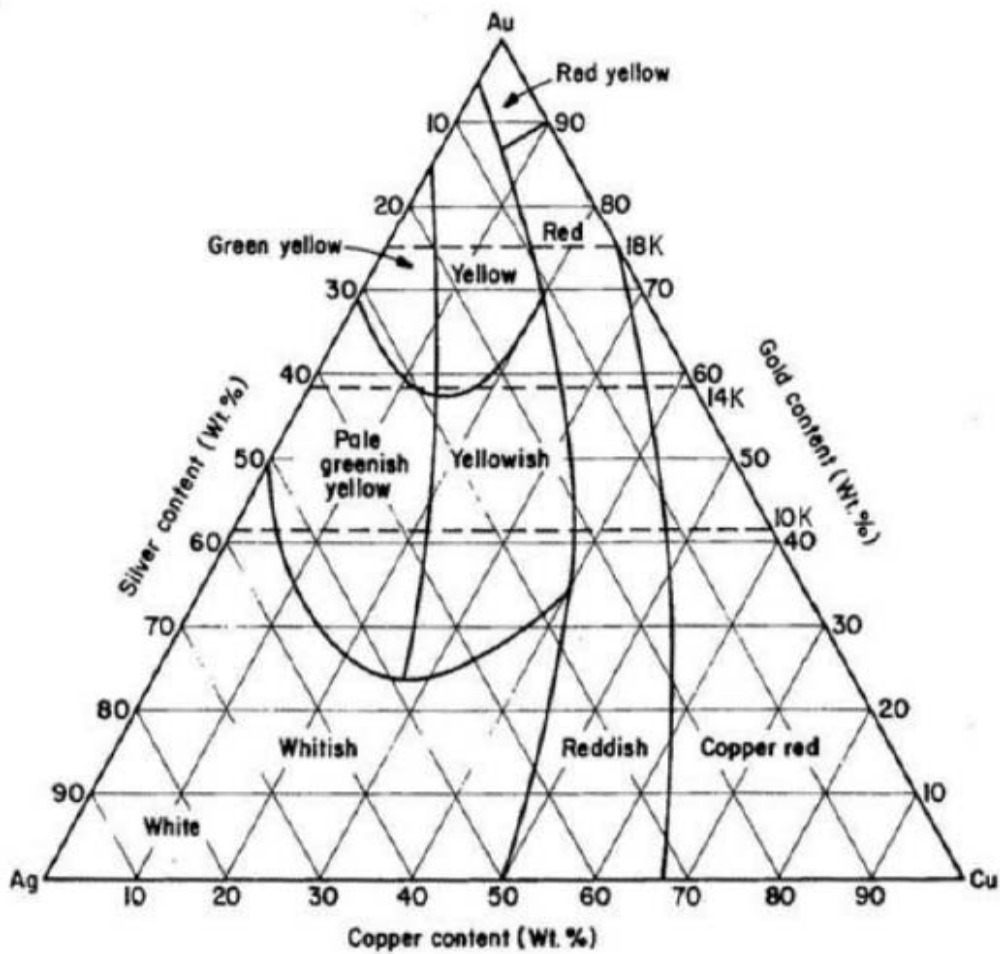
Gold	Silver	Platinum
375	800	850
585	925	900
750	958	950
916	999	999
990		
999		

โลหะผสมทองที่ผสมเงินและทองแดงเป็นส่วนผสมพื้นฐานของโลหะผสมทองที่ใช้ทำเครื่องประดับ และด้านทันตกรรมในปัจจุบัน โลหะทั้งสามชนิดสามารถผสมเข้ากันได้เหตุผลหนึ่งเนื่องจากมีโครงสร้าง

³ Precious Metals Hallmark System [Online] http://www.khulsey.com/jewelry/precious_metals_hallmarks.html access date 5/11/2007

ผลึกแบบ face-centered cubic เหมือนกัน สัดส่วนต่างๆ ของโลหะผสมทำให้ได้สีหลากหลาย⁴ ดังแสดง
 ในรูป 3 ไดอะแกรมแสดงส่วนผสมของโลหะทองคำ เงินและทองแดงในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

โลหะผสมที่มีร้อยละของทองคำที่มากจะสามารถผสมเพื่อให้เกิดสีต่างๆ ได้น้อยกว่าโลหะผสมที่มี
 ทองค่าน้อยกว่า เช่น ทอง 22 K (91.6% gold) สามารถเติมโลหะเจือได้ 8.4% มีสีเหลืองจนถึงชมพู
 ในขณะที่ทอง 18 K (75.0% gold) หรือต่ำกว่า นอกจากนี้เลขกะรัตที่ลดลง โลหะผสมทองมีจุดหลอมเหลว
 และความหนาแน่นลดลงด้วยดังแสดงในตาราง 4



รูป 3 ไดอะแกรมสำหรับทอง เงิน และทองแดง เพื่อแสดงสีของโลหะผสมทองที่ส่วนผสมต่างๆ⁴

⁴ C.W. Corti, Basic Metallurgy, the SantaFe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology 2007, New Mexico (2007)

ตาราง 4 ส่วนผสมและสีของโลหะผสมทอง⁵

Carat	Composition %		Colour	Density g/cm ³	Melting Range °C
	Silver	Copper			
24	-	-	Yellow	19.32	1064
22	5.5	2.8	Yellow	17.9	995-1020
	3.2	5.1	Dark yellow	17.8	964-982
21	4.5	8.0	Yellow-pink	16.8	940-964
	1.75	10.75	Pink	16.8	928-952
	-	12.5	Red	16.7	926-940
18	16.0	9.0	Pale yellow	15.6	895-920
	12.5	12.5	Yellow	15.45	885-895
	9.0	16.0	Pink	15.3	880-885
	4.5	20.0	Red	15.15	890-895

เงินและทองแดงมีผลต่อสมบัติเชิงกลของโลหะผสมทองแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 5 แสดงค่า ความแข็ง (hardness) ความแข็งแรง (tensile strength) และความสามารถในการดัดยืด (elongation) ของทอง 18 กระรัตที่ผ่านการอบอ่อน (Annealed) เปรียบเทียบกับทองคำบริสุทธิ์ เมื่อผสมเงิน หรือทองแดง ค่าความแข็งและความแข็งแรงของทองกระรัตจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการดัดยืดมีค่าลดลง ทองแดงทำให้สมบัติเชิงกลของทองกระรัตมีค่ามากกว่าเงินอย่างมาก อะตอมของเงินมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมของทองคำ และอะตอมของทองแดงเล็กกว่าอะตอมของทองคำเล็กน้อย ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของโครงสร้างผลึก ส่งผลให้ความแข็งแรงและความแข็งเพิ่มขึ้น

ตาราง 5 สมบัติเชิงกลของทองคำ และโลหะผสมทองกับเงินหรือทองแดง⁶

	Hardness HV	Tensile Strength N mm ⁻²	Elongation %
Pure Gold	23	124	45
18ct 75% Au - 25% Ag. Annealed	32	185	36
18ct 75% Au - 25% Cu. Annealed	165	514	42

หมายเหตุ Annealed คือ โลหะผ่านการอบอ่อนก่อนทำการทดสอบสมบัติ

⁵ Gold Jewellery Alloys, [Online] <http://www.gold.org/jewellery/technology/alloys/index.html>, access date 5/16/2007

⁶ M. Grimwade, A Plain Man's Guide To Alloy Phase Diagrams: Their Use In Jewellery Manufacture - Part 2, Gold Technology 30, 2000 p 8-15