

อิทธิพลของธาตุเงิน ทอง ทองแดง สังกะสี และดีบุก ที่มีผลต่อสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาค (ความแตกต่างของระดับสี) และพฤติกรรมความต้านกันหมองของทองขาวเจือต่ำ 8k

Influence of Silver Gold Copper Zinc Alloying Element onto Mechanical Properties and Microstructure (Specified a Colored Difference) and Anti Tarnish Behavior of Low Gold Alloys 8wt% Ag Au Cu Zn Sn

อาวุธ ฉายศิริ¹ ชีระวัฒน์ แม่นดิ่ง² กริธา สิงห์สมบูรณ์³ และ สัจจะชาญ พรัดมะลี⁴

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: teerawat_gt@hotmail.com

³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: greta2512@hotmail.com

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: sajachan@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาส่วนผสมโลหะทองขาวเจือต่ำ 8k สำหรับการผลิตชิ้นส่วนประกอบตัวเรือนเครื่องประดับ โดยการศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลของธาตุเงิน ทอง ทองแดง สังกะสี และดีบุก ที่มีผลต่อสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาค (ความแตกต่างของระดับสี) และพฤติกรรมความต้านกันหมองของทองขาวเจือต่ำ 8k ผลจากการทดสอบและวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของชิ้นทดสอบพบว่าค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความแข็งของส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn มีค่า Ultimate Tensile Strength ต่ำที่สุด 0.54 kN/mm² มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวต่ำที่สุด 55% และมีค่าความแข็งสูงที่สุด 137.0HV ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงออกมาแบบนี้คุณสมบัติทางกลของวัสดุจะเป็นแบบแข็งเปราะ (Brittle Material) เมื่อนำไปขึ้นรูปจะเกิดการแตกหักได้ง่าย แต่ค่าระดับสีของชิ้นงานทดสอบที่อัตราส่วนผสมนี้มีค่าระดับสีของโลหะมีค่าระดับสีที่ดีที่สุด คือ มีค่าความสว่าง L* = 74.87 มีค่า a* = -0.89, b* = 13.74 และมีค่า ΔE ที่มีระดับความแตกต่างของระดับสีน้อยที่สุด 1.35 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องการในการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ และส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn, 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn มีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในช่วง 1.10, 0.60 kN/mm² มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว 70, 61% และมีค่าความแข็ง 115.6, 123.3HV ซึ่งผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลจะเห็นว่าที่ส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn มีค่าความต้านทานแรงดึงใกล้เคียงกัน แต่เปอร์เซ็นต์ของการยืดตัวสูงที่สุด 70% และมีค่าความแข็ง

น้อยที่สุด 115.6HV จะเหมาะสำหรับการขึ้นรูปเพราะมีคุณสมบัติเหนียวและยืดได้ดี (Ductile Material) การขึ้นรูปจะทำได้ง่าย

คำสำคัญ : เครื่องประดับโลหะทองขาวเจือต่ำ 8k, กระบวนการขึ้นรูป, คุณสมบัติทางกล

Abstract

This research article is a study of the development of 8k White Gold low Alloy Metal Components for Jewelry Pieces. By studying and analyzing the influence of metal, silver, gold, copper, zinc and tin elements on mechanical properties And microstructure (Color difference) and the anti-tarnish behavior of 8k low white gold. Results from testing and analysis of mechanical properties of test pieces Found that the tensile strength And the hardness of the ingredients 33.33% Au + 50.67% Ag + 10% Cu + 5% Zn + 1% Sn with the lowest Ultimate Tensile Strength 0.54 kN / mm² with the lowest elongation percentage of 55% and the highest hardness of 137.0HV which The test results shown in this way are the mechanical properties of the material being brittle (material). When forming, the fracture is easily broken. But the color level of the specimen at this mixture has the color value of the metal with the best color level value, with the brightness L * = 74.87 with a * = -0.89, b * = 13.74 and has Δ E with the lowest level of color difference 1.35 is the physical property that is needed in the production of the jewelry. And ingredients 33.33% Au + 50.67% Ag + 8% Cu + 7% Zn + 1% Sn, 33.33% Au + 50.67% Ag + 8% Cu + 8% Zn + 0% Sn

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology

The tensile strength is in the range of 1.10, 0.60 kN / mm² with the elongation percentage of 70, 61% and the hardness of 115.6, 123.3HV.

The mechanical properties test will see that the mixture 33.33% Au + 50.67% Ag + 8% Cu + 7% Zn + 1% Sn With similar tensile strength But the percentage of elongation is the highest, 70% and the least hardness is 115.6HV. It is suitable for forming because it has good toughness and stretch properties (Ductile Material). Forming would be Easy.

Keywords : 8k White Gold Low Alloy Metal Jewelry, Forming Process, Mechanical Properties

1. บทนำ

ทอง 8k โดยทั่วไปคนส่วนมากมักจะรู้จักและเคยได้ใช้สินค้ากลุ่มนี้มาบ้าง เช่นทอง 9k, 10k, 14k, 18k, 21k, 22k ที่ใช้ขึ้นรูปเครื่องประดับรูปลักษณะต่างๆ ที่ผู้ประกอบการทั่วไปผลิตและจำหน่ายในปัจจุบัน มีทั้งการขึ้นรูปด้วยมือและการหล่อขึ้นรูป ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้สอยและความสะดวกในการใช้งาน สำหรับทอง 8k ที่จะกล่าวถึงนั้น ไม่เป็นที่นิยมนักในต่างประเทศเพราะส่วนผสมที่ต่ำ แต่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันในหมู่คนไทย จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำเป็นเข็มขัด สร้อยคอ แหวน กำไล และกำไลข้อเท้าเด็ก คนไทยจะรู้จักในชื่อ นาค นิยมนำมาหล่อขึ้นรูปตัวเรือนเครื่องประดับและชิ้นส่วนตัวเรือนเครื่องประดับ เพื่อทำการฝังอัญมณีเพิ่มบนตัวเรือนเครื่องประดับ และการขัดแต่งผิวชิ้นงานสำเร็จรูป ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มมากขึ้น ทองขาว 8k ที่ผู้วิจัยมีความต้องการทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นมุ่งหวังที่จะพัฒนางานในด้านวัสดุทดแทน หรือวัสดุทางเลือกที่มีค่าในรูปแบบอื่น เพื่อการใช้งานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งอุตสาหกรรมจิวเวลรี่ และอุตสาหกรรมนาฬิกา ผู้วิจัยมุ่งหวังที่จะทำการวิจัยทองขาว 8k หรือในชื่อ (นาคขาว) สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นที่นิยมและเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในอนาคต เพื่อสอดคล้องกับภาวะปัจจุบัน ที่ราคาทองสูงขึ้น แต่รายได้ต่ำลง ด้วยสาเหตุปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจทั้งในและนอกประเทศ จึงต้องมองหาเครื่องประดับที่มีลักษณะคล้ายทองและสวยงาม ด้วยคุณสมบัติของทองขาว 8k ที่มีความแข็งแรงยังสามารถนำมาใช้ผลิตสปริงล๊อค หรือบานพับ ขาต่างหูที่ต้องการความแข็งแรงและแรงคืนกลับของชิ้นส่วนต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นวัสดุในการประกอบชิ้นส่วนตัวเรือนเครื่องประดับ หรือส่วนที่มีความสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับที่ราคาถูกแต่รูปลักษณะเหมือนกับเครื่องประดับทองขาว 9k, 10k, 14k, 18k, 21k หรือ 22k เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของธาตุเงิน ทอง ทองแดง สังกะสี และดีบุกที่มีผลต่อสมบัติทางกลของทองขาวเจือดำ 8k

2.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของธาตุเงิน ทอง ทองแดง สังกะสี และดีบุก ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ (ความแตกต่างของค่าระดับสี) และพฤติกรรมความต้านทานการหมองของทองขาวเจือดำ 8k

3. วิธีการศึกษา

3.1 การหล่อหลอมขึ้นรูปขึ้นทดสอบ โลหะทองขาวเจือดำ 8k ได้ดำเนินการหล่อขึ้นรูปขึ้นทดสอบเป็นแท่งคิมเบล สำหรับการวิเคราะห์สมบัติความต้านแรงดึงโดยตัวแบบเทียนของขึ้นทดสอบสำหรับการหล่อขึ้นรูปได้จากการฉีดเทียนเข้าไปใน โพรงแบบซิลิโคน สำหรับในส่วนขึ้นทดสอบสำหรับการวิเคราะห์ทดสอบความแข็ง ขึ้นทดสอบถูกกำหนดให้มีขนาด 20×20×3 mm ซึ่งตัวแบบเทียนทั้งหมดจะถูกนำไปติดเป็นต้นเทียนสำหรับการหล่อขึ้นรูปด้วยขบวนการหล่อเหวี่ยง

3.2 การทดสอบความต้านแรงดึงของโลหะทองขาวเจือดำ 8k เพื่อต้องการตรวจวัดค่าความแข็งแรงสูงสุดและค่าความยืดหยุ่นของโลหะทองขาว เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงที่ใช้สำหรับงานทดสอบเป็นเครื่องทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบพลาสติกและโลหะอ่อนที่มีความยืดหยุ่นสูง โดยทำการทดสอบแรงดึงอัตราส่วนผสมละ 5 ชิ้น และเงื่อนไขการทดสอบเพิ่มความเค้นไม่เกิน 10 N/mm²ต่อวินาที ขนาดของชิ้นทดสอบช่วง Gauge length มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm ยึดถือตามมาตรฐาน ASTM E 8 M – 99

3.3 การทดสอบความแข็งของโลหะทองขาวเจือดำ 8k เป็นการตรวจสอบวัดค่าความแข็งสำหรับการทดสอบ ใช้เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Micro Hardness Testing Machine ของ Mitutoyo, Japan รุ่น MVK-H11 ที่ได้รับการสอบเทียบความแข็งกับแผ่นทดสอบความแข็งมาตรฐานก่อนการทดสอบขึ้นทดสอบทุกครั้ง

3.4 การวิเคราะห์ทดสอบระดับสีโลหะทองขาวเจือดำ 8k เป็นการวิเคราะห์ทดสอบระดับสีของโลหะทองขาวเจือดำ 8k นี้ มีจุดประสงค์เพื่อต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับสีของชิ้นทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k เพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุผสมต่างๆ ดังที่ได้กล่าวข้างต้นที่มีผลต่อระดับสีของโลหะทองขาวเจือดำ 8k โดยมีเป้าหมายหลักที่ต้องการให้โลหะทองขาวเจือดำ 8k มีค่าระดับสีใกล้เคียงกับโลหะทองขาวเจือดำ 8k มากที่สุด

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานแรงดึง

ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ในแต่ละอัตราส่วนผสม โดยทำการวิเคราะห์ค่า Force Max. Strength Max., Ultimate Tensile Strength และค่า Elongation แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 จากผลการทดสอบ พบว่าค่า Force Max., Strength Max., Ultimate Tensile Strength ของชิ้นงานทดสอบที่อัตราส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn มีค่าสูงที่สุด และ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology

มีค่า Elongation สูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ และที่อัตราส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn , 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+ 0%Sn สมบัติทางกลแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้การที่อัตราส่วนผสมมีปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกันและอิทธิพลคุณสมบัติของธาตุแต่ละชนิดไม่เหมือนกันจึงทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงและมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงต่ำไม่เท่ากัน ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสม	Force Max. (kN)	Strength Maximum (MPa)	Ultimate Tensile Strength (kN/mm ²)	Elongation (%)
33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn	1.67	184.09	0.54	55
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn	1.78	198.08	1.10	70
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn	1.55	180.33	0.60	61

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง

จากการศึกษาค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k หลังเติมธาตุเงิน(Ag) ทองแดง (Cu) สังกะสี(Zn) และดีบุก(Sn) เข้าไปในอัตราส่วนที่ต่างกัน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในแต่ละด้านของชิ้นงานทดสอบ โดยเฉพาะค่าความแข็งที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ (HV) สามารถแสดงรายละเอียดค่าความแข็งดัง ตารางที่ 2 พบว่าโลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่อัตราส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn มีค่าความแข็งเท่ากับ 137.0 HV ที่มีส่วนผสมใกล้เคียงส่วนผสม ซึ่งเกิดจากการผสมทองแดงและสังกะสีผสมเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียวกันในลักษณะสารละลายของแข็งและตรงกับทฤษฎีพื้นฐานทางโลหะวิทยาที่โลหะผสมจะมีความแข็งแรงสูงสุดที่ส่วนผสมยูเทคติก และปริมาณทอง(Au) เงิน(Ag) และทองแดง(Cu) ที่ผสมเข้าไปมีปริมาณค่อนข้างมากจึงส่งผลต่อค่าความแข็งที่สูงกว่าส่วนผสมอื่น ๆ ส่วนค่าความแข็งของที่อัตราส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn มีค่าความแข็งค่อนข้างใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 123.3 HV และที่ในส่วนของอัตราส่วนผสมโลหะทองขาวเจือดำ 8k 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn มีค่าความแข็งเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 115.6 HV จากผลการทดสอบเป็นไปตามหลักทฤษฎีพื้นฐานทางโลหะ

ตารางที่ 2 ค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบที่มีส่วนผสมของเงิน(Ag) ทองแดง(Cu) สังกะสี(Zn) และดีบุก(Sn) ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

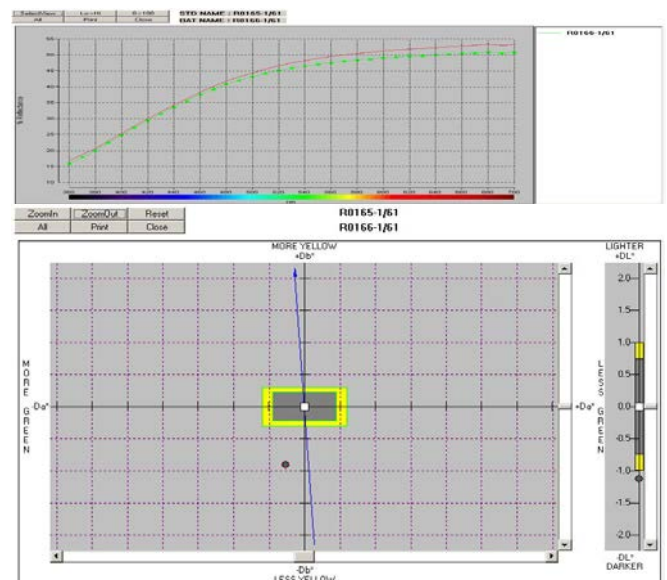
อัตราส่วนผสม	ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV)
33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn	137.0
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn	115.6
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn	123.3

4.2 วิเคราะห์ค่าระดับสีของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k

หลังจากทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกลของส่วนผสมต่างๆ โลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่ผลิตขึ้น ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าระดับสีโดยใช้เครื่องมือสำหรับวัดค่าระดับสี จากการวิเคราะห์ค่าระดับสีโดยปริภูมิสีโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแตกต่างของ ΔL แทนระดับความสว่างของสี ($L = 0$ (สีดำ), $L = 100$ (สีขาว), Δa แทนค่าความเป็นสีแดง - เขียว ($a = 100$ (สีแดงเข้ม), $a = -100$ (สีเขียว)), Δb แทนค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินเข้ม ($b = 100$ (สีเหลือง), $b = -100$ (สีน้ำเงินเข้ม)) แสดงพิกัดสีของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังตารางที่ 3 โดยยึดปริภูมิสีระบบ CIELAB และนำค่าที่ได้จากการวัดวิเคราะห์ทดสอบมาคำนวณหาค่า ΔE เพื่อใช้อธิบายความแตกต่างของระดับสีตามทฤษฎีที่ใช้สำหรับการวัดค่าระดับความแตกต่างของสีทองคำ

ตารางที่ 3 พิกัดและระดับความแตกต่างของระดับสีของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

ชิ้นทดสอบ\ ค่าปริภูมิสี CIELAB	Color Coordinates						
	L*	a*	b*	ΔL	Δa	Δb	ΔE
33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn	74.87	-0.89	13.74	-	-	-	1.35
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn	73.75	-1.16	12.83	-1.13	-0.26	-0.91	1.47
33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn	73.42	-1.57	13.67	-1.45	-0.67	-0.06	1.60



รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าระดับสีของชิ้นงานทดสอบ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
Proceedings of the 4th RMUTP Conference of Engineering and Technology

จากการวิเคราะห์ค่าระดับสีของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ พบว่าแนวโน้มมีค่าระดับสีที่มากขึ้นหรือน้อยหรือเข้าใกล้ค่าระดับสีโดยรวม ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุแต่ละชนิดที่ผสมเข้าไปมีอิทธิพลต่อค่าระดับสีตามปริมาณที่สามารถวิเคราะห์ได้ และให้ค่าระดับสีต่างๆ มีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นที่อัตราส่วนผสม 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด เท่ากับ 74.87 ส่วนค่า ΔE ที่มีระดับความแตกต่างของระดับสีน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k ได้รับอิทธิพลมาจากปริมาณธาตุที่ผสมในอัตราส่วนที่ต่างกัน จึงส่งผลต่อระดับสีที่ได้มีความคล้ายและแตกต่างกัน

5. สรุป

5.1 จากการทดสอบ และวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของชิ้นทดสอบพบว่าค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความแข็งของโลหะทองขาวเจือดำ 8k ส่วนผสมสูตรที่ 1: 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn มีค่า Ultimate Tensile Strength ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.54 kN/mm² มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวต่ำที่สุดเท่ากับ 55% และมีค่าความแข็งสูงที่สุดเท่ากับ 137.0HV ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงออกมาแบบนี้คุณสมบัติทางกลของวัสดุจะเป็นแบบเปราะ (Brittle Material) เมื่อนำไปขึ้นรูปจะเกิดการแตกหักได้ง่าย และกระบวนการขึ้นรูปจะเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ จะ พบ ว่า ผล การ ทด ล อ ง อี ก 2 ส ู ต ร 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn, 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+8%Zn+0%Sn มีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในช่วง 1.10, 0.60 kN/mm² มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวอยู่ในช่วง 70, 61% และมีค่าความแข็งอยู่ที่ 115.6, 123.3HV ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลดังกล่าว จะ แสดง ให้ เห็น ว่า ที่ ส่วน ผ ส ม สูตร ที่ 2 : 33.33%Au+50.67%Ag+8%Cu+7%Zn+1%Sn มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ใกล้เคียงกัน แต่เปอร์เซ็นต์ของการยืดตัวสูงที่สุดเท่ากับ 70% และมีค่าความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 115.6HV จะเหมาะสำหรับการขึ้นรูปเพราะมีคุณสมบัติเหนียว และยืดได้ดี (Ductile Material) การขึ้นรูปจะทำให้ได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกลที่ดีในการขึ้นรูปโลหะมีค่า ต่อไป

5.2 จากการทดสอบ และวิเคราะห์ค่าระดับสีของชิ้นงานทดสอบโลหะทองขาวเจือดำ 8k อัตราส่วนผสมที่มีค่าระดับสีสูตรที่ 1: 33.33%Au+50.67%Ag+10%Cu+5%Zn+1%Sn มีค่าระดับสีที่ดีที่สุดคือมีค่าความสว่าง $L^* = 74.87$ มีค่า $a^* = -0.89$, $b^* = 13.74$ และมีค่า ΔE ที่มีระดับความแตกต่างของระดับสีน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.35 เมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่นๆ นั้นแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานทดสอบของโลหะทองขาวเจือดำ 8k มีสีค่อนข้างเขียวมากและออกมาค่อนข้างเหลืองเล็กน้อยเมื่อเทียบกับระดับสีเงินสีเงินที่มีค่าเข้าใกล้กับสีมาตรฐาน ซึ่ง

คุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องการในการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับโลหะทองขาวเจือดำ 8k ต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาระบบทองคำเจืออื่นๆ ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนผสมรองอีกหลายชนิดที่มีผลต่อสมบัติทางกล โครงสร้างจุลภาค ความเรียบผิว และระดับสีของทองคำกะรัตผสมอัลลอยของโลหะทองขาวเจือดำ 8k ในโครงการนี้เป็นเพียงตัวอย่างอัลลอยในระบบทองคำ-ทองคำและเงินมาตรฐาน และยังไม่ได้ทำการศึกษาในระบบทองคำเจือระบบอื่นๆ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, "การใช้งานทองและทองผสม", การสัมมนาโครงการวิจัย คุณสมบัติของโลหะมีค่าสำหรับอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ, 2541, หน้า 76-77
- [2] สมนึก วัฒนศรีกุล, "การทดสอบวัสดุ (Material Testing)", กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549, หน้า 13-19



อาจารย์อาวุธ นายศิริ

งานวิจัยที่สนใจ: การปรับปรุงสมบัติโลหะมีค่าสำหรับการผลิตเครื่องประดับ



อาจารย์ธีระวัฒน์ แม้นด้วง

งานวิจัยที่สนใจ: การปรับปรุงสมบัติทางกลและไทรโบโลยีของ UHMWPE ด้วยไมโครนาโนฟิลเลอร์, Precious Metal Metallurgy



นายกรีชา สิงห์สมบูรณ์

งานวิจัยที่สนใจ: การลดของเสียในงานอุตสาหกรรม, การลดความสูญเปล่าในโรงงาน



นายสังกะชาญ พรัดมะณี

งานวิจัยที่สนใจ: การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม, การบริหารโครงการและพัฒนาโครงการ