



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

การตรวจพิสูจน์สีรถยนต์ด้วยฟูเรียทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี รามานสเปกโทรสโคปี
และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

Evidence Examination of Car Paints by Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Raman
Spectroscopy and Scanning Electron Microscopy

ชนาวุธ มินิน (Thanavut Minin)¹ คมสันติ โชคถวาย (Komsanti Chokthawai)²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ที่มาจากรถยนต์ยี่ห้อต่างกัน ในการทดลองนี้ชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงินที่ได้จากรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกัน จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ B1 B2 B3 B4 B5 B6 ถูกนำมาวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้เทคนิค ฟูเรียทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี รามานสเปกโทรสโคปี และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการทดลองพบว่า ฟูเรียทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปีและรามานสเปกโทรสโคปีสามารถให้ข้อมูลองค์ประกอบสีพ่นรถยนต์สีเงิน ด้านองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนและแตกต่างกัน ข้อมูลที่ตรวจพบ คือ สารประกอบอะโรมาติก และสารจำพวกเรซินที่ใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติการยึดเกาะกันของเม็ดสี ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน สามารถให้ข้อมูลโครงสร้างจุลภาคและให้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุหลัก สำหรับจำแนกชนิดของสีพ่นรถยนต์ที่มาจากรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกัน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของแต่ละเทคนิคมาวิเคราะห์ร่วมกันพบว่าสีรถยนต์สีเงินที่มาจากชิ้นตัวอย่างสีรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกันมีโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สามารถจำแนกรถยนต์ที่มียี่ห้อแตกต่างกันด้วยองค์ประกอบทางเคมีได้ การทดลองค้นคว้านี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการสร้างฐานข้อมูลสำหรับระบุชนิดและยี่ห้อของรถยนต์ที่เกิดการเฉี่ยวชนแล้วหลบหนีได้

คำสำคัญ: การตรวจพิสูจน์สีรถยนต์ ฟูเรียทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี รามานสเปกโทรสโคปี
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

¹ นักศึกษาหลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ j_minin424@hotmail.com

² อาจารย์ ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ komsanti@gmail.com



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

Abstract

This research aimed to study the structures, appearances and paint components of the car colors from different car brands. The structures of six silver car colors (i.e. B1, B2, B3, B4, B5, B6) were analyzed by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Raman spectroscopy and Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS). The results indicated that FTIR and Raman spectroscopy provided the molecular structure of aromatic compounds and the polymer composition of the resin which is used to increase adhesive properties of the pigments. The SEM-EDS provided the microstructure and quantitative elemental analysis of paint layers. After comparing the results of each technique, it was found that the silver car colors from different car brands were significantly different on the structure and chemical compositions. These research findings would be necessary to be recorded as database for investigating “Hit-and-Run” case in the near future.



Keywords: Examination of Car Paints, Raman spectroscopy, FTIR, SEM-EDS



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6 The 6th STOU National Research Conference

บทนำ

ในปัจจุบันอุบัติเหตุทางท้องถนนมีอัตราการเกิดบ่อยครั้งมากขึ้น จากผลสำรวจของกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ในช่วงปี พ.ศ.2551-2557 พบว่า สถิติการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนนมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นกว่าปี 2551 (แสดงดังภาพที่ 1) โดยการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งล้วนส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินในทางกฎหมายเกี่ยวกับการกระทำผิดบนท้องถนน กฎหมายต้องการให้บุคคลที่กระทำความผิดต้องแสดงตนต่อเจ้าหน้าที่ตำรวจที่อยู่ใกล้เคียงสถานที่เกิดเหตุทันที เพื่อให้เจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถไปจัดการดูแลการจราจรไม่ให้ติดขัด หรือดูแลช่วยเหลือผู้บาดเจ็บล้มตายได้ทันเวลาที่ และผู้กระทำความผิดต้องแสดงตนต่อผู้ที่ได้รับความเสียหายด้วย เพื่อสามารถติดต่อกรณีผู้เสียหายเรียกค่าสินไหมทดแทนในเวลาต่อมา



ภาพที่ 1 สถิติการรับแจ้งคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบกในช่วงปี พ.ศ. 2551-2557

ที่มา : กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม

อุบัติเหตุบนท้องถนนทำให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การติดตามตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษจึงต้องมีเทคนิคการตรวจสอบร่องรอยการเฉี่ยวชนอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว การพัฒนาเทคนิคการตรวจพิสูจน์สำนวนคดี เพื่อใช้ในการตรวจสอบร่องรอยการเฉี่ยวชนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการระบุชนิดสีและยี่ห้อของรถยนต์ที่เกิดการเฉี่ยวชน เมื่อทราบชนิดสีและยี่ห้อของรถยนต์ที่เกิดการเฉี่ยวชนก็จะสามารถตามหารถยนต์ของผู้ที่กระทำความผิดแล้วหลบหนีมาดำเนินคดีได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเทคนิคการตรวจพิสูจน์สำนวนคดีอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจพิสูจน์สำนวนคดีให้มีประสิทธิภาพ ทันสมัย และรวดเร็ว

ในประเทศไทย การศึกษาวิจัยเชิงนิติวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจองค์ประกอบของสีบนรถยนต์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลของรถยนต์แต่ละสีแต่ละยี่ห้อยังมีน้อยมาก และในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าเทคโนโลยี



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

สำหรับใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานเป็นจำนวนมาก อาทิ ระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System, AFIS) อุปกรณ์ตรวจสอบค้นหาข้อมูล หลักฐาน จากโทรศัพท์ (Cellebrite UFED System) และโปรแกรมวิเคราะห์เสียง (IKAR Lab) ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของความต้องการที่จะทำการศึกษาดังองค์ประกอบต่างๆ ทั้งโครงสร้างลักษณะและองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ที่มาจากยี่ห้อที่แตกต่างกัน ทำการทดลองด้วยเทคนิค 3 เทคนิค

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) คือ การวิเคราะห์พื้นที่ผิวชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ด้วยเครื่อง SEM-EDS ทำการวิเคราะห์แบบ Area Analysis วิเคราะห์เป็นพื้นที่ตารางไมโครเมตร (μm^2) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสามารถบอกได้ว่าชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่ธาตุ โบรอน (B) – ยูเรเนียม (U) ตัวอย่างการวิเคราะห์ เช่น ตรวจพบปริมาณ แคลเซียม (Ca) 34.30% ซิลิกอน (Si) 23.8 % ออกซิเจน (O) 41.30 % และเหล็ก (Fe) 0.05% รวมแล้วเป็น 99.45 %

1. เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

เทคนิค FTIR เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างโมเลกุลของสาร โดยการวัดการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด เทคนิคในการวัด คือ เมื่อแสงส่องผ่านชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ จะมีบางช่วงความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืน ทำการวัดแสงที่ส่องผ่านออกมา แสดงผลเป็นเลขคลื่น (Wave Number) กับค่าการส่องผ่านของแสง

2. เทคนิค Raman spectroscopy

เทคนิค Raman Spectroscopy เป็นเทคนิคสำหรับวิเคราะห์สูตรโครงสร้างโมเลกุลกับพันธะเคมี ตรวจสอบองค์ประกอบหลักของสารที่มีความซับซ้อน สามารถระบุภาพของสารตัวอย่างได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เทคนิคที่ใช้ในการวัด คือ คลื่นแสงเคลื่อนที่ชนกับโมเลกุลของชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ ซึ่งการชนของโมเลกุลจะเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เมื่อเกิดการชนกันของโมเลกุลจะได้คลื่นแสงที่มีพลังงานสูงกว่าหรือต่ำกว่าพลังงานที่ตกกระทบโมเลกุล จึงทำให้มีการกระเจิงเกิดขึ้นการกระเจิงในรูปแบบนี้เรียกว่า การกระเจิงแบบรามาน (Raman scattering)

3. เทคนิค Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS)

เทคนิค SEM เป็นเทคนิคที่ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้อิเล็กตรอนเป็นแหล่งกำเนิดแสง เทคนิคนี้ใช้ศึกษาลักษณะสัณฐานของวัสดุในระดับจุลภาค สามารถวิเคราะห์ชิ้นงานตัวอย่างเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) โดยใช้งานร่วมกับเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive Spectrometry EDS) สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ในตำแหน่งที่สนใจ

เทคนิค FTIR, Raman Spectroscopy และ SEM-EDS ที่ใช้สำหรับการทดลองนี้ มีทั้งข้อดีและข้อด้อยของแต่ละเทคนิคแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น เทคนิค FTIR มีข้อเด่น คือ สามารถวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของสารได้ดี ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง รวดเร็ว และมีความไวสูง ส่วนข้อด้อยของเทคนิคนี้ คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุของชิ้นงานตัวอย่างเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ เทคนิค Raman Spectroscopy มีข้อเด่น คือ สามารถวิเคราะห์สารที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดี และเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายชิ้นงานตัวอย่าง ส่วนข้อด้อย คือ ชิ้นงานตัวอย่างบางชนิดจะเกิดการเรืองแสง ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ชิ้นงานตัวอย่างได้ ส่วนเทคนิค SEM-EDS มีข้อเด่น



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

คือ สามารถวิเคราะห์ธาตุในชิ้นงานตัวอย่างได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แต่มีข้อด้อย คือ ไม่สามารถระบุองค์ประกอบของสารตัวอย่างที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนได้ ดังนั้น การใช้เทคนิคทั้ง 3 เทคนิคร่วมกันในการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์จึงเป็นแนวทางในการตรวจโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ที่มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางสำหรับสร้างเครื่องมือและพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ ในการตรวจร่องรอยของการฉีดยาให้มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือมากขึ้น ตลอดจนสามารถหาแนวทางในการออกแบบเพื่อผลิตอุปกรณ์สำหรับตรวจโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีรถ เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์สีเงินจากยี่ห้อที่แตกต่างกัน ด้วย Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Raman spectroscopy และ Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS)

ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์สีเงินจากยี่ห้อที่แตกต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Raman spectroscopy และ Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS) ทำการทดลองโดยใช้ชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงินที่มาจากยี่ห้อแตกต่างกัน 6 ยี่ห้อ จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ B1 B2 B3 B4 B5 B6 โดยใช้เทคนิค 3 เทคนิค ดังนี้

1. เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR

- เตรียมชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ B1 B2 B3 B4 B5 B6 ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงินแต่ละชิ้นมาจากยี่ห้อรถยนต์ที่แตกต่างกัน ทำการชุบผิวตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงินจากชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ให้อยู่ในรูปของผงละเอียด (ภาพที่ 2)

- ผสมผงสีพ่นรถยนต์เข้ากับผง KBr อัตราส่วนการผสมผง คือ (1:1) การทดลองนี้ใช้ผงสีพ่นรถยนต์ 5 กรัม ผสมกับผง KBr 5 กรัม ทำการบดให้ละเอียด (ภาพที่ 3)

- นำผงที่ทำการบดเข้าเครื่องอัดไฮโดรลิก จะได้ลักษณะของชิ้นตัวอย่างเป็นแผ่นใสบางๆ (ภาพที่ 4)

- นำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่อง FTIR เพื่อทำการวิเคราะห์ชิ้นงานตัวอย่าง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 2 ผงสีฟ่นรยยนต์



ภาพที่ 3 ผง KBr



ภาพที่ 4 ชิ้นงานตัวอย่างที่จะนำไปวิเคราะห์

2. Raman spectroscopy

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Raman spectroscopy

- เก็บชิ้นส่วนสีฟ่นรยยนต์จากรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกัน เพื่อเตรียมสำหรับการตัดและวิเคราะห์
- นำชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์ที่มียี่ห้อแตกต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง คือ B1 B2 B3 B4 B5 B6 ตัดให้มีขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 5)
- นำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่อง Raman spectroscopy เพื่อทำการวิเคราะห์ (การทดลองใช้แสงในช่วงคลื่น $200-4000\text{ cm}^{-1}$ หรือเรียกกันทั่วไปว่าช่วง Mid-IR)
- การทดลองวัดลำแสงที่เกิดการกระเจิงจากแหล่งกำเนิดแสงตั้งฉากกับพื้นผิวด้านบนของชิ้นงานตัวอย่าง (top surface)



ภาพที่ 5 ชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์

3. Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS)

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM-EDS

- เก็บชิ้นส่วนสีฟ่นรยยนต์จากรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกัน เพื่อเตรียมสำหรับการตัดและวิเคราะห์
- นำชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์ที่มียี่ห้อแตกต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่าง คือ B1 B2 B3 B4 B5 B6 ตัดชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยยนต์ให้มีขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปวางไปบนแท่นสตัปอะลูมิเนียมติดด้วยเทปกาวสองหน้า (double-side adhesive coated aluminum stubs) (ภาพที่ 6)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

- นำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่องฉาบผิว (Coating) ด้วยทอง (Au) ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM-EDS ชิ้นงานตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จะต้องนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงทำการฉาบผิวชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทนยนต์ เพื่อให้ชิ้นงานตัวอย่างนำไฟฟ้า (ภาพที่ 7)

- นำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่อง SEM-EDS เพื่อดูลักษณะพื้นผิวตัวอย่างสีรถ และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทนยนต์ เลือกตำแหน่งพื้นที่ขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทนยนต์แบบพื้นที่ (Area Analysis) จากนั้นทำการวิเคราะห์พื้นที่ขึ้นงานตัวอย่างเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis)



ภาพที่ 6 แท่นสตั๊ปและเทปกาวยสองหน้า



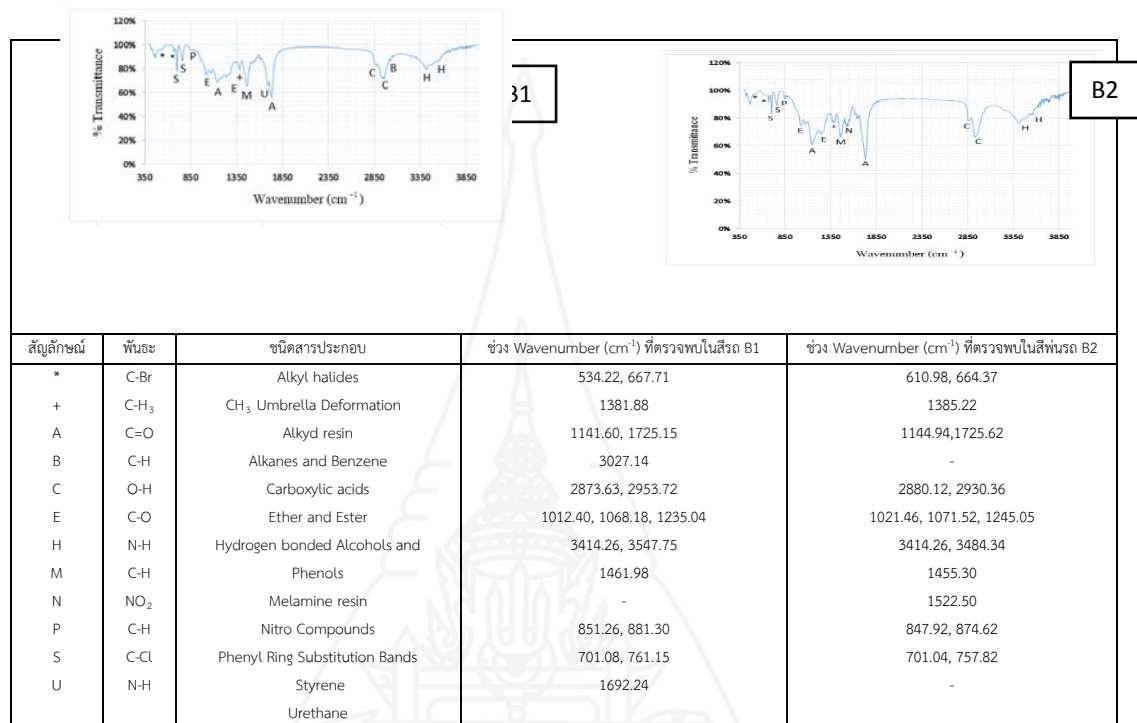
ภาพที่ 7 การฉาบผิวชิ้นงานตัวอย่าง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

ผลและอภิปราย

1) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)



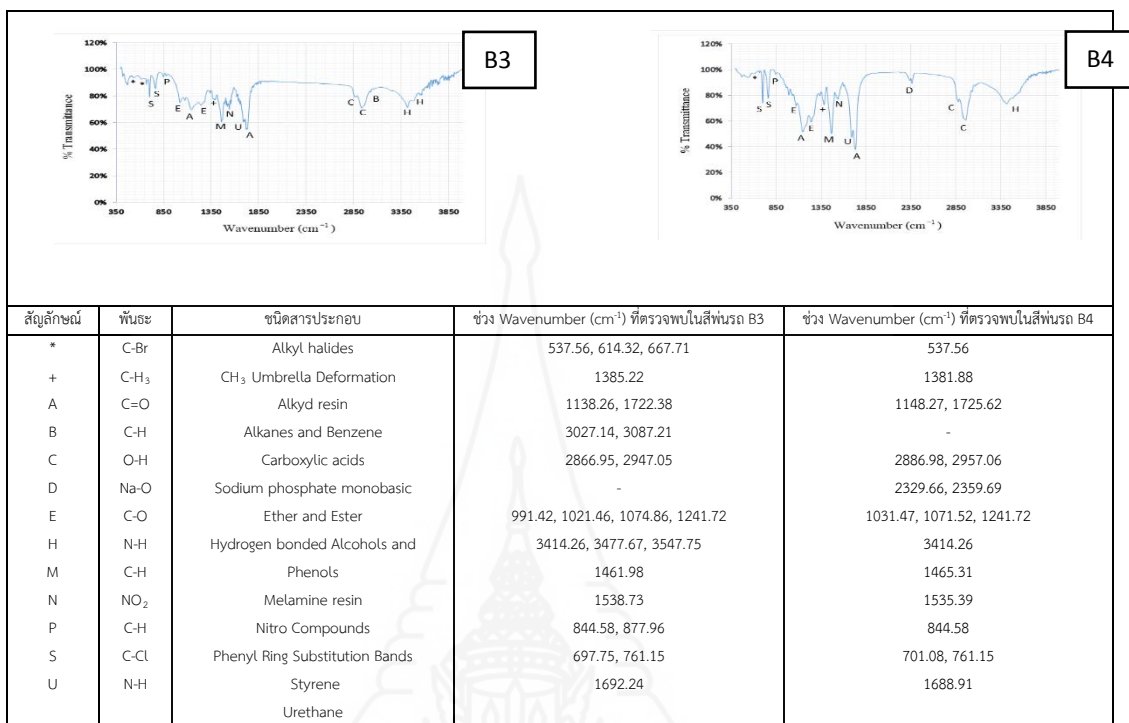
ภาพที่ 8 กราฟสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น Mid-IR ของชิ้นงานตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ B1 (ซ้าย) และ B2 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟ่นรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค FTIR พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ B1 (ภาพที่ 8 ซ้าย) และ B2 (ภาพที่ 8 ขวา) ส่วนใหญ่เหมือนกัน คือ Alkyl halides, CH₃ Umbrella Deformation, Alkyd resin, Carboxylic acids, Ether and Ester, Hydrogen bonded Alcohols, Phenols, Melamine resin, Phenyl Ring Substitution Bands และ Styrene สารประกอบหลักที่ตรวจพบต่างกันชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ คือ Alkanes and Benzene พบเฉพาะใน B1 และ Urethane พบเฉพาะใน B2



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference



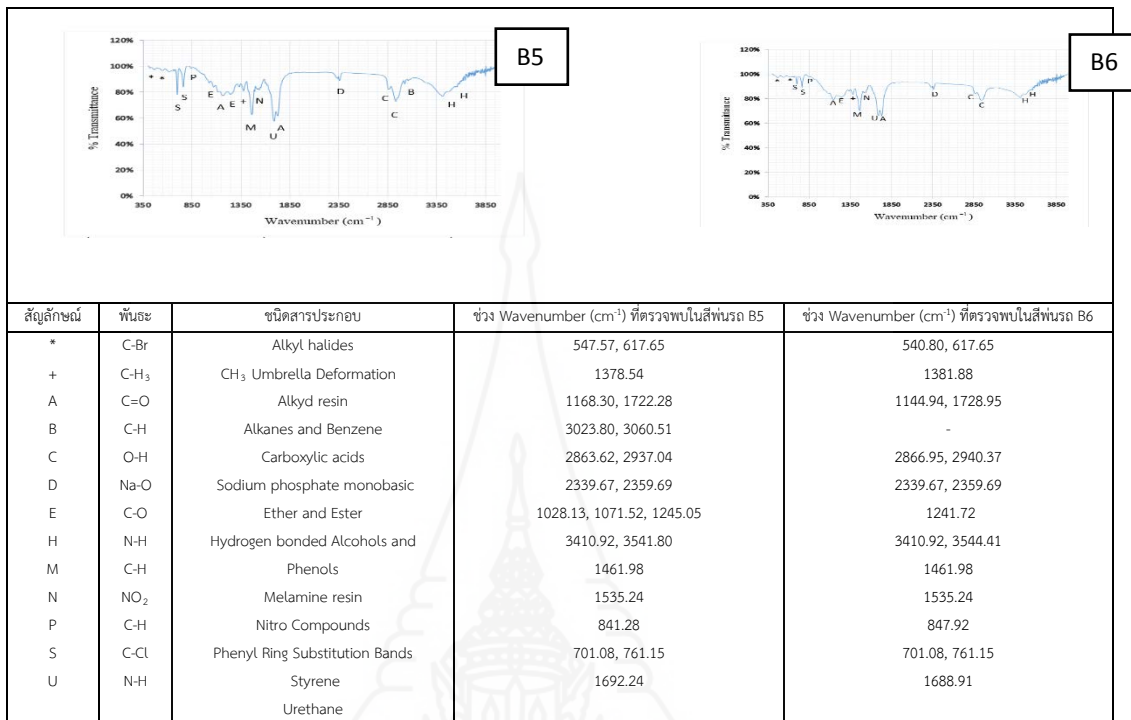
ภาพที่ 9 กราฟสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น Mid-IR ของชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B3 (ซ้าย) และ B4 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีพ่นรถยนต์สีเงินด้วยเทคนิค FTIR พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B3 (ภาพที่ 9 ซ้าย) และ B4 (ภาพที่ 9 ขวา) ส่วนใหญ่เหมือนกัน คือ Alkyl halides, CH₃ Umbrella Deformation, Alkyd resin, Carboxylic acids, Ether and Ester, Hydrogen bonded Alcohols, Phenols, Melamine resin, Phenyl Ring Substitution Bands, Styrene และ Urethane สารประกอบหลักที่ตรวจพบต่างกันชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ คือ Alkanes and Benzene พบเฉพาะใน B3 และ Sodium phosphate monobasic พบเฉพาะใน B4



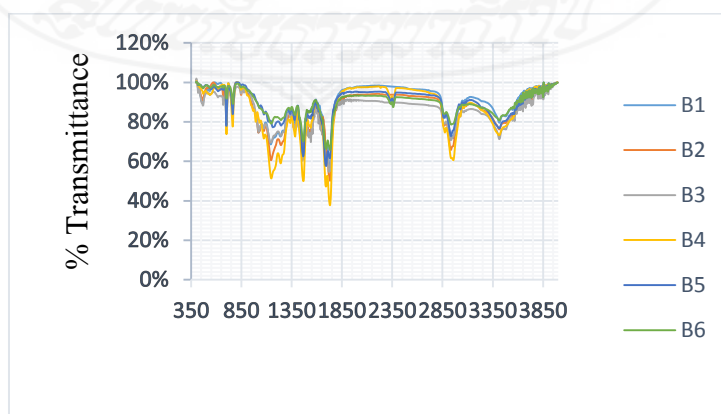
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 9 กราฟสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น Mid-IR ของชิ้นงานตัวอย่างสีฟรอนต์ B5 (ซ้าย) และ B6 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟรอนต์ที่สังเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟรอนต์ B5 (ภาพที่ 10 ซ้าย) และ B6 (ภาพที่ 10 ขวา) ส่วนใหญ่เหมือนกัน คือ Alkyl halides, CH₃ Umbrella Deformation, Alkyd resin, Alkanes and Benzene, Carboxylic acids, Ether and Ester, Hydrogen bonded Alcohols, Phenols, Melamine resin, Phenyl Ring Substitution Bands, Styrene และ Urethane ยกเว้น Alkanes and Benzene ที่พบเฉพาะ B5



ภาพที่ 11 กราฟสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น Mid-IR ของชิ้นงานตัวอย่างสีฟรอนต์ B1-B6



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบชนิดของสารประกอบที่ตรวจพบในชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ด้วยเทคนิค FTIR

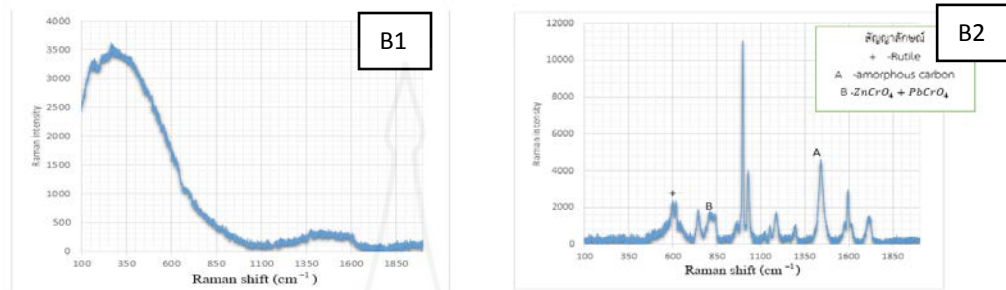
ชนิดสารประกอบ	สัญลักษณ์	ชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Alkyl halides	*	/	/	/	/	/	/
CH ₃ Umbrella Deformation	+	/	/	/	/	/	/
Alkyd resin	A	/	/	/	/	/	/
Alkanes and Benzene	B	/	-	/	-	/	-
Carboxylic acids	C	/	/	/	/	/	/
Sodium phosphate monobasic	D	-	-	-	/	/	/
Ether and Ester	E	/	/	/	/	/	/
Hydrogen bonded Alcohols, Phenols	H	/	/	/	/	/	/
Melamine resin	M	/	/	/	/	/	/
Nitro Compounds	N	-	/	/	/	/	/
Phenyl Ring Substitution Bands	P	/	/	/	/	/	/
Styrene	S	/	/	/	/	/	/
Urethane	U	/	-	/	/	/	/

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีพ่นรถยนต์สีเงิน โดยเทคนิค FTIR พบว่า องค์ประกอบสีพ่นรถยนต์สีเงิน B1-B6 (ภาพที่ 11) มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนและแตกต่างกัน องค์ประกอบที่แตกต่างกันของสีพ่นรถยนต์ที่มีสีเหลืองแตกต่างกันส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบด้านพอลิเมอร์ของสารจำพวกเรซินที่ใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติการยึดเกาะกันของเม็ดสี และเพื่อความเงางามของสีรถยนต์ สารประกอบด้านพอลิเมอร์จำพวกเรซินที่ตรวจพบว่าสีพ่นรถยนต์สีเงินแต่ละยี่ห้อองค์ประกอบสารจำพวกเรซินที่แตกต่างกัน คือ (แสดงในตารางที่ 1) ตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B2 ตรวจไม่พบองค์ประกอบสารผสมเรซินที่มีโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบอะโรมาติกประเภท Urethane (N-H) B1 มีการนำเรซินที่ได้จากพืชและสัตว์มาเป็นส่วนผสมของสีเพื่อเพิ่มความเงางาม สารตัวอย่างที่สามารถระบุได้ว่าชิ้นงานตัวอย่าง B1 มาจากเรซินที่ได้จากพืชและสัตว์ คือ ตรวจพบสารประกอบเรซินจำพวก Carboxylic acids แต่ไม่พบโครงสร้าง Nitro Compounds B2, B3, B4 และ B5 มีส่วนผสมของเรซินที่ผลิตจากการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ สารที่ตรวจพบที่สามารถระบุได้ว่าสารตัวอย่างมาจากเรซินที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ คือ Carboxylic acids + Nitro Compounds



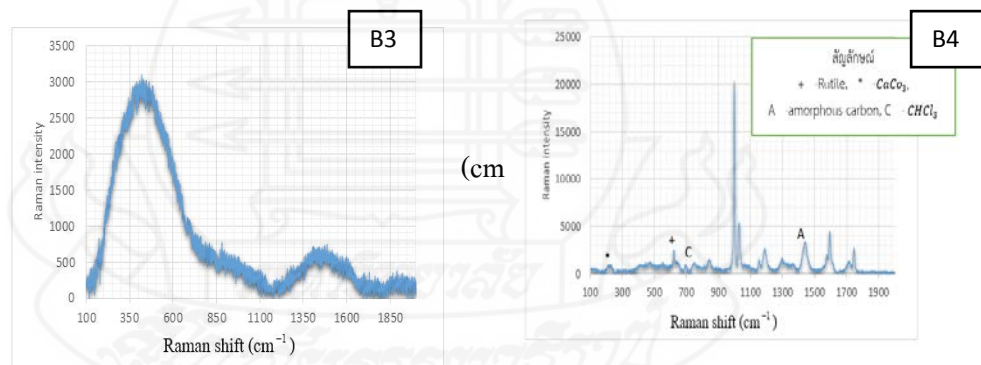
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

2) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสีฟันรยนต์ โดยใช้เทคนิค Raman spectroscopy



ภาพที่ 12 สเปกตรัม Raman spectroscopy ของของชิ้นงานตัวอย่างสีฟันรยนต์ B1 (ซ้าย) และ B2 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟันรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค Raman spectroscopy พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟันรยนต์ B1 (ภาพที่ 12 ซ้าย) ไม่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ เนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างเกิดการเรืองแสง (Fluorescent) ส่วนชิ้นตัวอย่างสีฟันรยนต์ B2 (ภาพที่ 12 ขวา) ตรวจพบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่าง คือ Rutile, amorphous carbon และ $\text{ZnCrO}_4 + \text{PbCrO}_4$

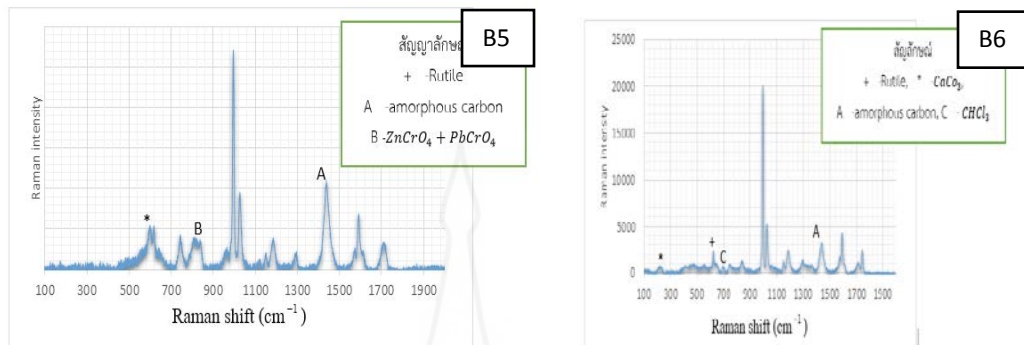


ภาพที่ 13 สเปกตรัม Raman spectroscopy ของของชิ้นงานตัวอย่างสีฟันรยนต์ B3 (ซ้าย) และ B4 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟันรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค Raman spectroscopy พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟันรยนต์ B3 (ภาพที่ 13 ซ้าย) ไม่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ เนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างเกิดการเรืองแสง (Fluorescent) ส่วนชิ้นตัวอย่างสีฟันรยนต์ B4 (ภาพที่ 13 ขวา) ตรวจพบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่าง คือ Rutile, CaCO_3 , amorphous carbon และ CHCl_3

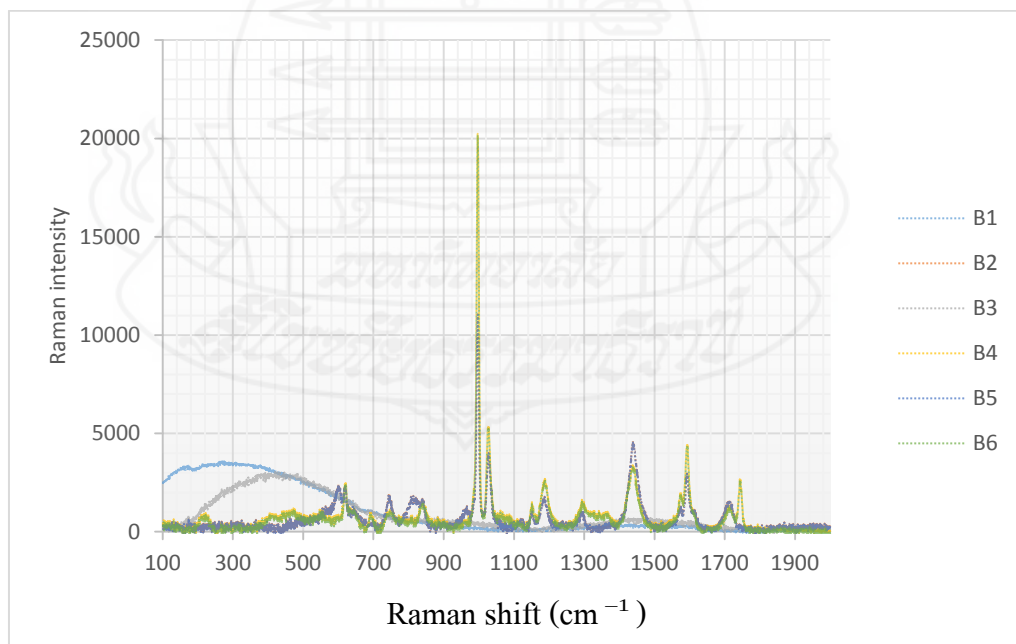


การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 14 สเปกตรัม Raman spectroscopy ของของชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทนยนต์ B5 (ซ้าย) และ B6 (ขวา)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟันทนยนต์สีเงินด้วยเทคนิค Raman spectroscopy พบว่า สารประกอบหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟันทนยนต์ B5 (ภาพที่ 14 ซ้าย) ตรวจพบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่าง คือ Rutile, amorphous carbon และ ZnCrO₄+PbCrO₄ ส่วนชิ้นตัวอย่างสีฟันทนยนต์ B6 (ภาพที่ 14 ขวา) ตรวจพบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่าง คือ Rutile, CaCO₃, amorphous carbon และ CHCl₃



ภาพที่ 15 สเปกตรัม Raman spectroscopy ของชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทนยนต์ B1-B6



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบชนิดสารประกอบที่พบในชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ด้วยเทคนิค Raman spectroscopy

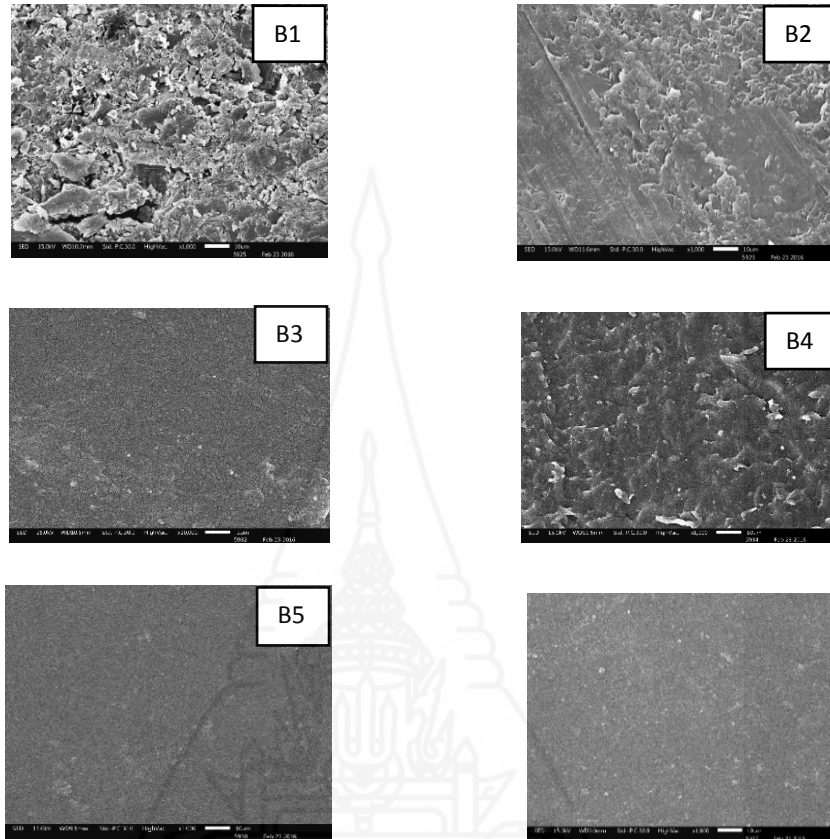
ชนิดสารประกอบ	สัญลักษณ์	ชิ้นงานตัวอย่างสีฟ่นรยนต์			
		B2	B4	B5	B6
Rutile	+	/	/	/	/
CaCO ₃	*	-	/	-	/
amorphous carbon	A	/	/	/	/
ZnCrO ₄ +PbCrO ₄	B	/	-	/	-
CHCl ₃	C	-	/	/	/

ผลการทดลองการตรวจโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟ่นรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค Raman spectroscopy พบว่า สารประกอบที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ B1-B6 (ภาพที่ 15) สามารถวิเคราะห์ชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ได้เพียง 4 ตัวอย่าง คือ B2 B4 B5 และ B6 ซึ่งสารตัวอย่างที่ตรวจพบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่มาจากผิวเคลือบของสีฟ่นรยนต์ สารตัวอย่างที่ตรวจพบ คือ Rutile, amorphous carbon, ZnCrO₄+PbCrO₄, CaCO₃ และ CHCl₃ โดยที่ Rutile ตรวจพบใน B2 B4 B5 และ B6 ส่วนสารประกอบชนิดอื่นพบในบางชิ้นตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ (แสดงในตารางที่ 2) สำหรับ B1 และ B3 ไม่สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ เนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์เกิดการเรืองแสง (Fluorescent) ซึ่งสาเหตุของการเรืองแสงของชิ้นงานตัวอย่างเกิดจากส่วนประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเรืองแสง สารประกอบที่ทำให้เกิดการเรืองแสงในชิ้นงานตัวอย่างเช่น ออกซาเลตเอสเทอร์ (oxalate ester series) ฟีนิลออกซาเลตเอสเทอร์ (phenyl oxalate ester) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) โซเดียมอะซิเตท (sodium acetate) เป็นต้น

3) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสีฟ่นรยนต์ โดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 16 พื้นที่ผิวที่ทำการวิเคราะห์ด้วย SEM-EDS ของของชิ้นงานตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B1 (ซ้าย) และ B2 (ขวา)
ปริมาณของธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค SEM-EDs (Weight%)

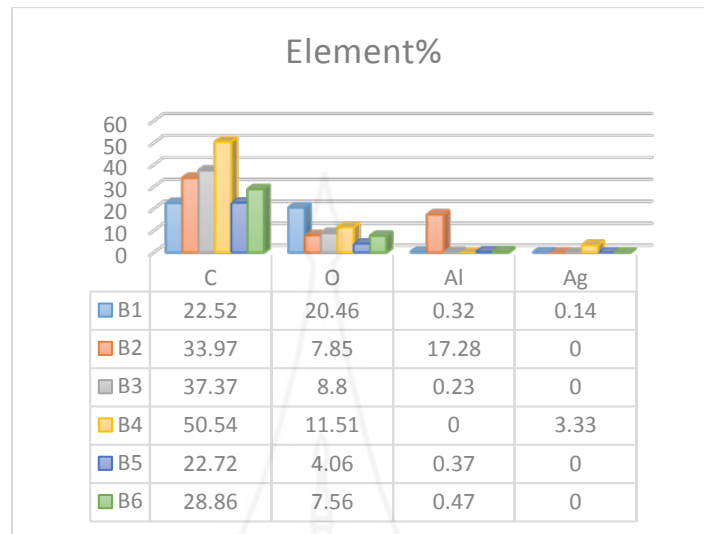
1) ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟ้านรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่าตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B1 (ภาพที่ 16 B1) ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (C) 22.52% ออกซิเจน (O) 20.46% และอะลูมิเนียม (Al) 0.32% และตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B2 (ภาพที่ 16 B2) ประกอบด้วยธาตุ(C) 33.97% ออกซิเจน (O) 7.85% และอะลูมิเนียม (Al) 17.28%

2) ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟ้านรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่าตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B3 (ภาพที่ 16 B3) ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (C) 37.37% ออกซิเจน (O) 8.80% และอะลูมิเนียม (Al) 0.23% และตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B4 (ภาพที่ 16 B4) ประกอบด้วยธาตุ(C) 50.54% ออกซิเจน (O) 11.51% ในชิ้นงานตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B4 ตรวจไม่พบธาตุอะลูมิเนียม

3) ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบสีฟ้านรยนต์สีเงินด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่าตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B5 (ภาพที่ 16 B5) ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (C) 22.72% ออกซิเจน (O) 4.06% และอะลูมิเนียม (Al) 0.37% และตัวอย่างสีฟ้านรยนต์ B6 (ภาพที่ 16 B6) ประกอบด้วยธาตุ (C) 28.86% ออกซิเจน (O) 7.56% % และอะลูมิเนียม (Al) 0.47%



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 19 กราฟแท่งของตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ B1-B6 แกน X แสดงชื่อธาตุ แกน y แสดงปริมาณธาตุ (Weight%)

ผลการทดลองการตรวจโครงสร้างลักษณะและองค์ประกอบสีฟันทรงยนต์สีเงินด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่า องค์ประกอบธาตุหลักที่ตรวจพบในชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีเงิน B1-B6 คือ คาร์บอน (C) พบมากที่สุดในชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ B4 ออกซิเจน (O) พบมากที่สุดในชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ B1 อะลูมิเนียม (Al) พบมากที่สุดในชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ B2 และเงิน (Ag) พบมากที่สุดในชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ B4 ปริมาณของธาตุที่น่าสนใจในชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้น คือ ปริมาณของธาตุ อะลูมิเนียม (Al) เพราะธาตุอะลูมิเนียมที่ตรวจพบในชิ้นงานตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีเงินที่มียี่ห้อต่างกันมีปริมาณธาตุอะลูมิเนียมแตกต่างกันออกไป จากการทดลองพบว่า ปริมาณของธาตุอะลูมิเนียม (Al) พบมากที่สุดในยี่ห้อสีฟันทรงยนต์สีเงิน B2 สาเหตุมาจากรถยนต์สีเงินยี่ห้อ B2 เป็นรถยนต์รุ่นแรกๆ ที่ทำการผลิตขึ้นมา ซึ่งปัจจุบันรถยนต์สีเงินจะใช้ธาตุเงิน (Ag) แทนผงอะลูมิเนียม (Al) เนื่องจากธาตุเงิน (Ag) ทำให้สีฟันทรงยนต์มีความแวววาวและเงางามมากกว่าการใช้ผงอะลูมิเนียม (Al) แต่เนื่องจากราคาของธาตุเงินมีราคาสูงกว่าผงอะลูมิเนียม เพื่อลดต้นทุนในการผลิต รถยนต์สีเงินเกือบทุกยี่ห้อจะนิยมใช้ผงอะลูมิเนียมแทนธาตุเงิน อย่างไรก็ตาม การเติมธาตุลงในสีฟันทรงยนต์เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการเพิ่มความแตกต่างระหว่างความแวววาวและความเงางามของสีฟันทรงยนต์ ซึ่งรถยนต์แต่ละยี่ห้อจะมีการเติมธาตุหรือไม่มีการเติมธาตุลงไปสีฟันทรงยนต์ เพราะองค์ประกอบหลักของสีฟันทรงยนต์มาจากผงสี (Pigment) ที่ใช้ในการพ่นเคลือบ จากงานวิจัยของ Tianxi Sun และคณะ ปี (ค.ศ. 2014) ได้ทำการศึกษาชั้นของสีฟันทรงยนต์โดยใช้เทคนิค X-ray fluorescence การวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดลองตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ที่มีสีแตกต่างกันจำนวน 10 ตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า ในตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ที่มีสีแตกต่างกันจำนวน 10 ตัวอย่าง องค์ประกอบของธาตุของสีแต่ละตัวอย่างมีความเหมือนและแตกต่างกัน ส่วนที่ต่างกันของชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ คือ สีฟันทรงยนต์แต่ละสีมีธาตุหลักที่เป็นธาตุเด่นที่สามารถแยกสีฟันทรงยนต์แต่ละสีออกจากกัน ตัวอย่างธาตุหลักที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีฟันทรงยนต์ คือ ธาตุอะลูมิเนียม (Al) และธาตุเงิน (Ag) ตรวจพบในตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีเงิน ธาตุไทเทเนียม (Ti) ตรวจพบในตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีน้ำเงิน ธาตุโครเมียม (Cr) ตรวจพบในตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีแดง และธาตุทองแดง (Cu) ตรวจพบในตัวอย่างสีฟันทรงยนต์สีเขียว



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

จากการทดลองทั้ง 3 เทคนิค เมื่อนำผลการทดลองโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ สีเงินแต่ละยี่ห้อมาเปรียบเทียบกัน พบว่าเทคนิค FTIR สามารถระบุองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานตัวอย่างได้ หลากหลาย ตัวอย่างสารประกอบที่ตรวจพบในชิ้นงานตัวอย่าง B1-B6 คือ Alkyl halides, CH₃ Umbrella Deformation, Alkyd resin, Alkanes and Benzene, Carboxylic acids, Ether and Ester, Hydrogen bonded Alcohols, Phenols, Melamine resin, Phenyl Ring Substitution Bands, Styrene และ Urethane เป็นต้น ส่วนเทคนิค Raman spectroscopy สามารถตรวจระบุองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างสารประกอบที่ตรวจพบในชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงิน B2 B4 B5 และ B6 คือ Rutile, CaCO₃, amorphous carbon, CHCl₃ และ ZnCrO₄+PbCrO₄ โดยที่ Rutile ตรวจพบใน B2 B4 B5 และ B6 ส่วนสารประกอบ ชนิดอื่นพบในบางชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ สุดท้ายเทคนิค SEM-EDS สามารถให้ข้อมูลโครงสร้างลักษณะของ ตัวอย่างสีรถยนต์และสามารถระบุปริมาณธาตุหลักของชิ้นงานตัวอย่างได้ ตัวอย่างปริมาณธาตุที่ตรวจพบคือ คาร์บอน (C) พบมากที่สุดชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B4 ออกซิเจน (O) พบมากที่สุดชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B1 และอะลูมิเนียม (Al) พบมากที่สุดชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ B2 จากข้อมูลการวิเคราะห์ของเทคนิคทั้ง 3 เทคนิคทำให้ทราบว่าโครงสร้างลักษณะและองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์สีเงินที่มาจากชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ยี่ห้อต่างกัน มี ข้อมูลโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนและแตกต่างกัน ส่วนที่แตกต่างกันสามารถจำแนก องค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์ของแต่ละยี่ห้อออกจากกันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zieba-Palus และ Borusiewicz (ค.ศ.2006) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยองค์ประกอบสีรถโดยใช้เทคนิค 3 เทคนิค คือ Infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, และ XRF spectroscopy ศึกษาถึงความแตกต่างขององค์ประกอบของสี รถแต่ละยี่ห้อ ผลการทดลองพบว่า สีของรถแต่ละยี่ห้อ มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันสามารถแยกยี่ห้อของ รถยนต์ด้วยองค์ประกอบทางเคมีได้

บทสรุป

การทดลองการตรวจโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบของสีพ่นรถยนต์สีเงิน ผลการทดลองพบว่า ฟลูออโรพอลิเมอร์อินฟราเรดสเปกโทรสโคปีและรามานสเปกโทรสโคปีสามารถให้ข้อมูลองค์ประกอบสีพ่นรถยนต์สี เงิน ด้านองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนและแตกต่างกัน องค์ประกอบที่แตกต่างกันของสีพ่นรถยนต์ที่มียี่ห้อแตกต่างกันส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบด้านพอลิเมอร์ของสารจำพวกเรซินที่ใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติการยึดเกาะกันของเม็ดสี และเพื่อความเงางามของสีรถยนต์ ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมด้วยกับเครื่องวิเคราะห์รังสี เอกซ์แบบกระจายพลังงาน สามารถให้ข้อมูลโครงสร้างจุลภาคและให้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุหลักที่ตรวจพบใน ชิ้นงานตัวอย่างสีพ่นรถยนต์สีเงิน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของแต่ละเทคนิคมาวิเคราะห์ร่วมกันพบว่าสีพ่นรถยนต์สีเงิน ที่มาจากชิ้นตัวอย่างสีพ่นรถยนต์ยี่ห้อแตกต่างกันมีโครงสร้าง ลักษณะ และองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญ สามารถจำแนกรถยนต์ที่มียี่ห้อแตกต่างกันด้วยองค์ประกอบทางเคมีได้ การทดลองครั้งนี้สามารถนำไป เป็นแนวทางในการสร้างฐานข้อมูลสำหรับระบุชนิดและยี่ห้อของรถยนต์ที่เกิดการเฉี่ยวชนแล้วหลบหนีได้



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.สำราญ ลาขโรจน์, รศ.ดร.ชุลีพร วงศ์วัชรกุล ที่ปรึกษาห้องปฏิบัติการวิจัย เลเซอร์และทัศนศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้ง ขอขอบคุณ สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้โอกาสสำหรับการวิจัยด้านนิติ วิทยาศาสตร์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ไทพิศรินวัต ภัคติกุล. (2004). การตรวจหาพยานหลักฐานจากสถานที่เกิดเหตุ. คณะสังคมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- A.R.W. Jackson, J.M. Jackson, Forensic Science, Pearson Prentice Hall, Essex, 2004.
- ASTM, E1610-02, Standard Guide for Forensic Paint Analysis and Comparison, 2008.
- A.H. Kuptsov, Applications of fourier transform raman spectroscopy in forensic science, Journal Forensic Sciences, 1994; 39: 305–318.
- C. Muehlethaler, G. Massonnet, P. Buzzini, Influence of the shaking time on the forensic analysis of FTIR and Raman spectra of spray paints, Journal Forensic Sciences International, 2014; 237: 78–85.
- D.J. McEwen, G.D. Cheever, Infrared microscopic analysis of multiple layers of automotive paints, Journal of Coatings Technology and Research, 1993; 65: 35–41.
- The First coating Technology in the World that simultaneously reduces VOC and CO2 emissions, In: Social & Environmental Report, (2006) 29–30.
- F. Govaert, M. Bernard, Discriminating red spray paints by optical microscopy, fourier transform infrared spectroscopy and X-ray fluorescence, Journal Forensic Sciences International, 2004; 140: 61–70.
- G. Edmondstone, J. Hellman, K. Legate, G.L. Vardy, E. Lindsay, An assessment of the evidential value of automotive paint comparisons, Canadian Society of Forensic Science Journal, 2004; 37: 147–153.
- J.P. Beauchaine, J.W. Peterman, R.J. Rosenthal, Applications of FT-IR/microscopy in forensic analysis, MCA, 1988; 1: 133–138.
- Metals handbook, vol. 13. Metals Park (OH): ASM International; 1987.
- E.M. Suzuki, Infrared spectra of U.S. automobile original topcoats (1974–1989): III in situ identification of some organic pigments used in yellow, orange and brown non-metallic and brown metallic finishes-benzimidazolones, Journal Forensic Sciences, 1997; 42: 619–648.
- J.N Zieba-Palus, R.F Borusiewicz, Examination of multilayer paint coats by the use of infrared, Raman and XRF spectroscopy for forensic purposes. Journal of Molecular Structure, 2006; 792-793: 286–292.



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

- P. Buzzini, G. Massonnet, A market study of green paints by FTIR and raman spectroscopy, *Sciences. Justice*, 2004; 3: 123–131.
- T.C Ska, J.N. Zieba-Palus, K. Cielniak, Application of microspectrometry in the visible range to differentiation of car paints for forensic purposes. *Journal of Molecular Structure*, 2009; 924–926: 393–399.
- M. Maric, W.V. Bronswijk, S.W. Lewis, K. Pitts, D.E. Martin, Characterisation of chemical component migration in automotive paint by synchrotron infrared imaging. *Journal Forensic Science International*, 2013; 228: 165–169.

