บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาการถ่ายโอนสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปในยางธรรมชาติโดยอาศัยระบบทัศนภาพเพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณการถ่ายโอนสารไฮโดรคาร์บอนเหลวกับขนาดที่เปลี่ยนไปของยาง และหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของการถ่ายโอนมวลของระบบ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่จำเป็นในการศึกษาการถ่ายโอนมวลของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปในยางธรรมชาติ ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ชุดเครื่องมือทดลอง ดังรูปที่ 3.1 การจับภาพแผ่นยางธรรมชาติซึ่งอาศัยแผ่นแก้วสำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อประกบแผ่นยางให้เกิดการถ่ายโอนมวลเข้าทางด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และจับภาพโดยใช้กล้องวีดีโอที่ประกบเลนส์ขยายขนาด 6 เท่าของภาพจริง

ในการทดลองใช้เครื่องแก้วที่มีฝาปิดใส่สารไฮโดรคาร์บอนเหลว แล้วนำแผ่นยางที่ประกบด้วยแผ่นแก้วบางมาใส่ไว้ในสารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ถูกควบคุมอุณภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส แล้วเริ่มจับภาพที่เริ่มต้น จนกระทั่งถึง 180 นาที ทุกครั้งที่มีการจับภาพนำแผ่นยางออกมาชั่งน้ำหนักบันทึกผล แล้วนำกลับไปแช่ในสารไฮโดรคาร์บอนเหลวดังเดิม เปลี่ยนสารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ศึกษา ทดลองตามขั้นตอนข้างต้น

ภาพที่ได้จากการทดลองนำมาแปลงเป็นภาพแบบ bitmap ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไปที่สามารถจับภาพจากกล้องวีดีโอ(video capture)ได้ อาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์แปลงสัญญาณจากแอนาลอกเป็นดิจิตอล ได้ข้อมูล bitmap ออกมา แล้วใช้โปรแกรม Corel OCR-trace ในการแปลงข้อมูลจาก bitmap ให้เป็นเวคเตอร์ เพื่อเรียกเข้าสู่โปรแกรม AutoCAD เพื่อการหาพื้นที่ของยางที่เวลาต่าง ๆ และ บันทึกข้อมูล

ข้อมูลข้างต้นใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปในยางธรรมชาติต่อไป

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.เครื่องควบคุมอุณหภูมิของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวใช้ water bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 30-110 องศาเซลเซียส ต้องให้น้ำมีอุณหภูมิคงที่ก่อนที่จะดำเนินการทดลองซึ่งต้องทิ้งให้น้ำมีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 30 นาที อุณหภูมิของน้ำต่างกับอุณหภูมิของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวในขวดแก้วประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส

2.แผ่นแก้วที่ใช้ประกบแผ่นยางธรรมชาติเป็นแผ่นแก้วบางที่ใช้สำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์มีความกว้างxยาว เป็น เซนติเมตร แผ่นยางที่ใช้จะเป็นแผ่นวงกลมรัศมีเฉลี่ย 0.6 เซนติเมตร

3.เครื่องถ่ายวิดีโอประกบเลนส์ที่มีกำลังขยายสูงขึ้นได้อีก 6-8 เท่าของภาพจริง และสามารถปรับโฟกัสได้ทั้งในระบบอัตโนมัติและปรับด้วยมือ ใช้ความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ทั่วไป และการจับภาพต้องอาศัยฉากหลังให้เป็นสีที่ตัดกับสีของยางและสีของสารไฮโดรคาร์บอนเหลว เช่น สีดำ และสีน้ำเงิน ม้วนวีดีโอที่ใช้ให้ใช้ตามระบบของเครื่องถ่ายวีดีโอเพื่อให้ได้ภาพที่คมชัด ในงานวิจัยใช้เครื่องวีดีโอแบบ super VGA จึงต้องใช้ม้วนวีดีโอที่สอดคล้องกัน

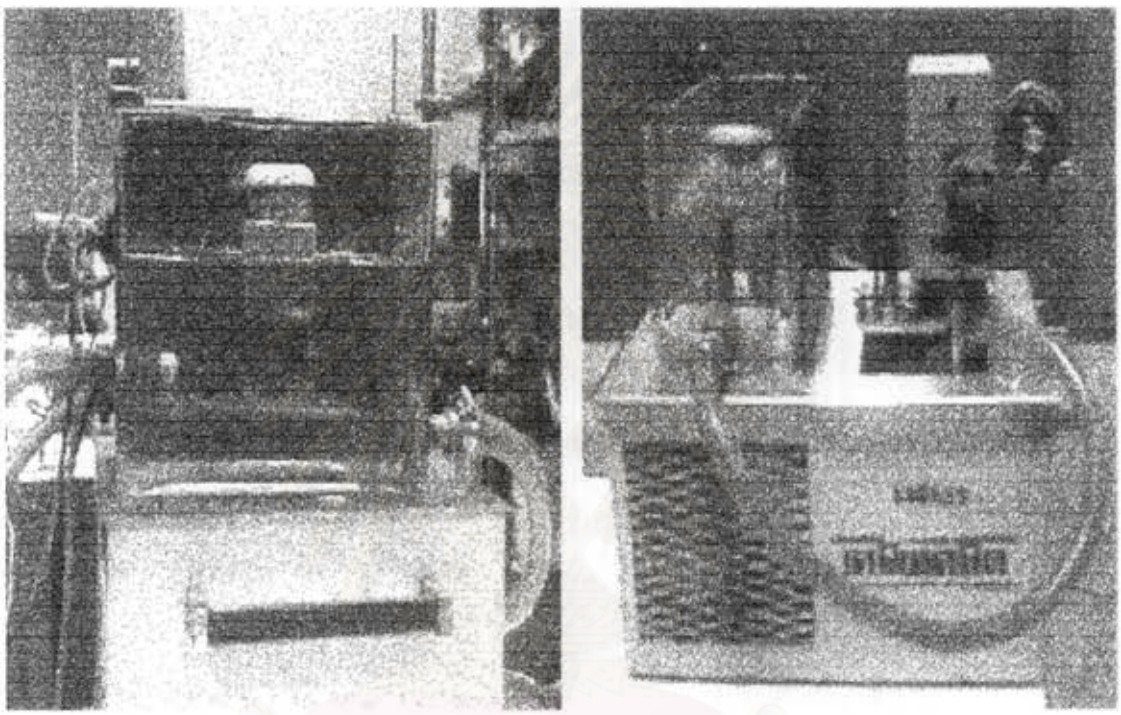
4.เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีหน่วยความจำมากพอที่จะใช้กับงานทางกราฟฟิกซึ่งต้องอาศัยหน่วยความจำมากในการเก็บข้อมูลทางกราฟฟิก ในงานวิจัยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ 32 เมกกะไบต์ และหน่วยเก็บข้อมูล 4.1 จิกะไบต์ พร้อมทั้งติดตั้ง vision processor board ที่สามารถทำการแปลงสัญญาณแอนาลอกจากเครื่องถ่ายวีดีโอเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ และเครื่องคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลเป็น bitmap

3.1.2 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในงานวิจัย

1.โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้จับภาพจากวีดีโอเป็นโปรแกรม Media studio video captures ที่ใช้ในการจับภาพจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เป็นข้อมูล bitmap (.bmp) ได้ทันที โดยปกติโปรแกรมจับภาพจากวีดีโอมักจะต้องจับภาพออกมาเป็น .avi แล้วจึงแปลงเป็น .bmp ซึ่งยุ่งยากกว่ามาก เช่น โปรแกรม Adobe premier 4.2 หรือ Corel capture

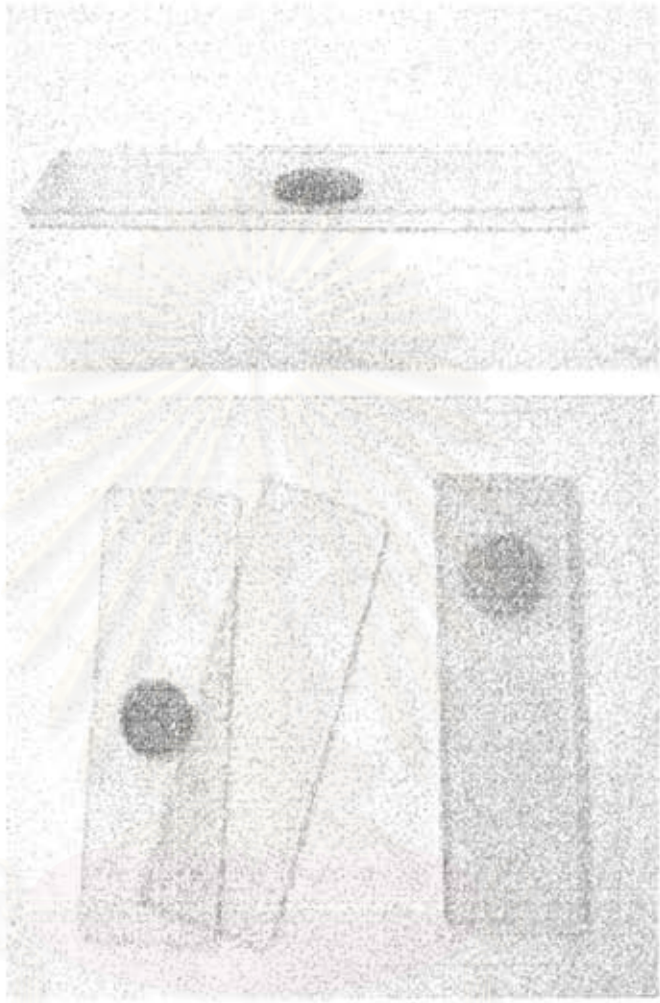
2.โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เปลี่ยนข้อมูลจาก bitmap มาเป็นแวกเตอร์ ใช้โปรแกรม Corel OCR-trace ที่อาศัยหลักการ ลำดับขั้นตอนของการระบาย (flood-fill) และการตามรอยขอบเขตพื้นที่เพื่อให้

3.โปรแกรมที่ใช้หาพื้นที่ของภาพแผ่นยางกลม ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการหาพื้นที่ โดยอาศัยฟังก์ชัน area ในโปรแกรม เพื่อหาพื้นที่โดยถือว่ารูปที่ได้เป็นรูปวงกลมเสมอ



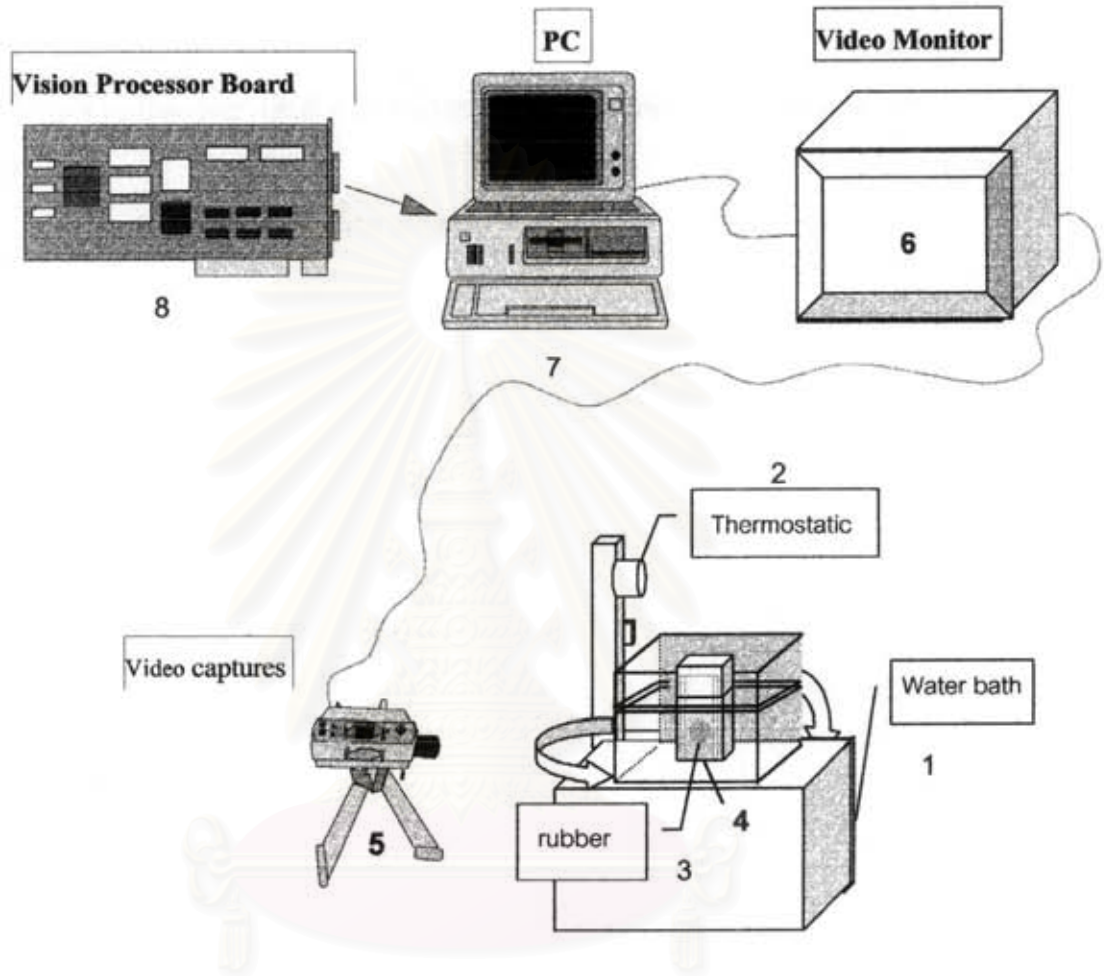
รูปที่ 3.1 ชุดเครื่องมือทดลองที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แผ่นแก้วประกบแผ่นยางธรรมชาติที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 คือ สารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.3 *ภาพรวมของการทดลองการถ่ายโอนมวลของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าสู่ยางธรรมชาติ*

3.2 ยางธรรมชาติและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติที่ใช้เป็นแผ่นยางดิบที่ทำจากน้ำยางสด โดยศูนย์วิจัยยางจังหวัดฉะเชิงเทรา

พันธุ์ยาง	KRS225
สี	เหลืองปนน้ำตาลอ่อน
น้ำหนักโมเลกุล	1.26×10^6
ค่าความหนืดมูนนี	80.7 ML1+4 $100^{\circ}C$

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ ในการทดลอง

1. Gasoline
2. Jet oil
3. Diesel
4. Paraffin oil (885)
5. n-pentane
6. Hexane
7. n-heptane
8. iso-octane
9. benzene
10. toluene
11. xylene
12. Linear-alkyl benzene (LAB)
13. 2-ethly-hexanediol
14. propylene glycol
15. isopropyl alcohol
16. Tetrahydrofuran (THF)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. Two-roll mill : LabTech Engineering
2. Gel permeation chromatography : Waters 510
3. Moony viscometer : Shimadzu SMV-200
4. กล้องวีดีโอ Panasonic : NV-S990EN
5. ม้วนวีดีโอ Panasonic : Panasonic compact
6. close-up lens : Nikon

3.4 การดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การบดยางธรรมชาติด้วยเครื่องบดผสมยาง (two-roll mill)

การบดยางธรรมชาติด้วยเครื่องบดผสมยาง ดังรูปที่ 3.5 เป็นวิธีทางกลที่ทำให้ขนาดของโมเลกุลยางเล็กลง พิสูจน์ได้จากการที่ความหนืดมูนนี (Mooney viscosity) ของยางลดลง

เตรียมยางแผ่นที่จะบดน้ำหนักประมาณ 35-40 กรัม และการบดยางต้องเตรียมอุณหภูมิของเครื่องบดไว้ประมาณ 70 องศาเซลเซียส เครื่องบดจะมีลูกกลิ้ง 2 ลูก ตั้งให้ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งในขณะทำการบดความเร็วของลูกกลิ้งด้านหลังจะเร็วกว่าด้านหน้า ยางถูกบดให้ขนาดโมเลกุลเล็กลงด้วยแรงของลูกกลิ้งและความร้อนจากลูกกลิ้ง บดยางเป็นเวลานาน 15 30 และ 60 นาทีตามลำดับ ยางที่บดแล้วห่อด้วยแผ่นพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและไม่โดนแสง

รูปที่ 3.5 แสดงภาพเครื่องบดผสมยาง (two-roll mill) ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

3.4.2 การวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล และการวัดค่าความหนืดมูนนีของยางธรรมชาติ

นำยางธรรมชาติทั้งที่ไม่ผ่านและผ่านการบดด้วยเครื่องบดผสมยาง 15, 30 และ 60 นาที ไปหาน้ำหนักโมเลกุล และการกระจายน้ำหนักโมเลกุล ตามวิธี ASTM D 33536, 1980[18] โดยใช้เครื่อง GPC (Gel permeation chromatography) แบ่งตัวอย่างยางไปวิเคราะห์หาค่าความหนืดมูนนี ตามวิธี ASTM D 1646, 1996[19] ได้ข้อมูลแสดงน้ำหนักโมเลกุลและค่าความหนืดมูนนี

จากข้อมูลพบว่าการบดยางนาน 15 นาที สามารถทำให้โมเลกุลของยางลดลงถึง 0.6 เท่า และมีค่าความหนืดมูนนีลดลง 0.56 เท่าของโมเลกุลยางที่ไม่ผ่านการบด จึงเลือกใช้ยางที่ผ่านการบด 15 นาทีในการทดลองศึกษาการถ่ายโอนสารไฮโดรคาร์บอนเหลวต่อไป

3.4.3 การถ่ายโอนสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไปในยางธรรมชาติ

นำยางธรรมชาติที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดผสมยางนาน 15 นาที มาตอกให้เป็นแผ่นกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.15 เซนติเมตร หนา 0.115 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักบันทึกผลเป็นน้ำหนักของยางแผ่นก่อนการทดลอง นำแผ่นยางกลมที่เตรียมไว้ประกบด้วยแผ่นกระจกบาง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

เตรียมสารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ต้องการศึกษาปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วสี่เหลี่ยม แล้วนำไปแช่ใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 37±2 องศาเซลเซียส แช่ไว้ประมาณ 30 นาทีให้อุณหภูมิของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวมีอุณหภูมิคงที่ 35±2 องศาเซลเซียส (ทดสอบโดยการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์พบว่าของเหลวในขวดแก้วจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำ 2 องศาเซลเซียส)

สารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ใช้ในการทดลองเริ่มด้วยศึกษาการถ่ายโอนสารประเภทน้ำมันเข้าสู่ยางธรรมชาติ น้ำมันที่ใช้คือ Gasoline, Jet oil, Diesel และ Paraffin oil(885) ทำการจับภาพและชั่งน้ำหนักของยางแผ่นที่แช่ในน้ำมันทุก 5 นาที จนกระทั่งครบ 60 นาที บันทึกผล แล้วทิ้งไว้จนกระทั่งครบ 120 และ 180 นาทีจึงทำการจับภาพและชั่งน้ำหนักของแผ่นยางอีก บันทึกผล ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางข้อมูลการทดลองใน ภาคผนวก ข

สารไฮโดรคาร์บอนเหลวชนิดอื่นที่สนใจ คือ สารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่มีโมเลกุลเล็ก สำหรับสารที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรง ตั้งแต่ C_5-C_8 คือ pentane, hexane, heptane, octane และที่มีโครงสร้างเป็นวงเบนซีน คือ benzene, toluene, xylene และ linear-alkyl benzene (LAB)

นำสารไฮโดรคาร์บอนเหลวเหล่านี้ไปทดลองวิธีการเดียวกับน้ำมันชนิดต่างๆ แล้วบันทึกผลไว้ดังข้อมูลการทดลองในภาคผนวก ข

เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายโอนมวลของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่มีขั้วและไม่มีขั้วเข้าสู่ยางธรรมชาติซึ่งเป็นสารที่ไม่มีขั้ว ได้นำสารที่มีขั้วมาศึกษาเพิ่มเติม คือ propylene glycol (PG), isopropyl alcohol, 2-ethyl hexanediol และ tetrahydrofuran (THF) แล้วทำการทดลองแบบเดิม บันทึกผลการทดลองใน ตารางข้อมูลการทดลอง ภาคผนวก ข

3.4.4 การแปลงสัญญาณภาพจากกล้องวีดีโอเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

การแปลงสัญญาณภาพจากกล้องวีดีโอที่เป็นสัญญาณแอนาลอกเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ให้เก็บข้อมูลเป็น bitmap ต้องอาศัย vision processing board ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ นอกจากนั้นคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานต้องมีหน่วยความจำมากพอที่จะใช้กับงานประเภทกราฟฟิกเพราะข้อมูลกราฟฟิกจำเป็นต้องใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำมาก และถ้าจอมอนิเตอร์เป็น VGA (Video graphic array) แบบธรรมดาจะมีจำนวนจุดบนจอ 640×480 จุดต่อนิ้ว 256 สี[30] เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากในงานวิจัยต้องการเพียงขนาดที่เปลี่ยนไปที่เวลาต่างๆของยางธรรมชาติจึงไม่จำเป็นต้องใช้ความละเอียดมากนัก

เมื่อแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลเข้ามายังเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรมที่มี video capture ในการจับภาพของแผ่นยางที่เวลาต่างๆ ในงานวิจัยใช้โปรแกรม Media studio video capture ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ในการเก็บเป็น ข้อมูลแบบ bitmap คือแต่ละจุดจะมีค่าของสีสามสีผสมกัน แดง น้ำเงิน และเขียว ในอัตราส่วนต่างกันของแต่ละจุด

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการจับภาพ สำหรับการใช้เลนส์โคลสอัพช่วยในการจับภาพจะทำให้ได้ภาพของยางที่ครอบคลุมพื้นที่ของจุดบนหน้าจอในช่วงกว้าง คือ 300-360 จุด (pixel) ถ้าการจับภาพเกิดการคลาดเคลื่อนไปข้างละหนึ่งจุดจะทำให้เกิดความผิดพลาด 0.5 – 0.7% และมีความละเอียด (resolution) เป็น 0.385 มิลลิเมตรต่อหนึ่งจุด ซึ่งความละเอียดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกำลังขยายของเครื่องมือที่ใช้จับภาพ ถ้าใช้เป็นกล้อง microscope จะมีความละเอียดได้ถึง 0.25 μm.ต่อหนึ่งจุด [29]

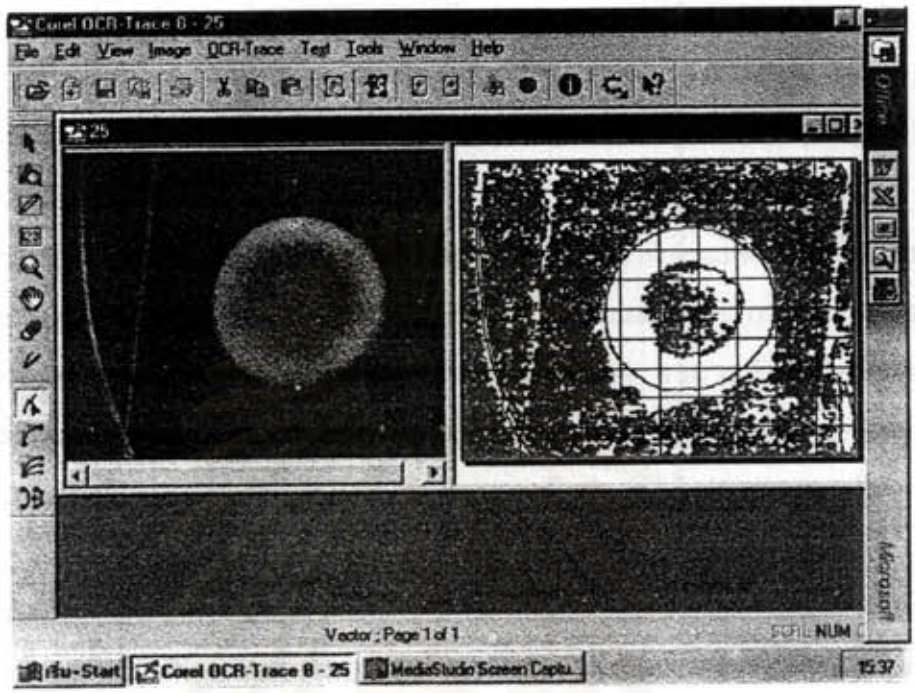
3.4.5 การหาขอบเขตของภาพ และแปลงเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์

การหาขอบเขตของภาพมีแนวคิดจากขั้นตอนวิธีการระบาย (Flood-fill algorithm) และการหาขอบเขตด้วยการตามรอยขอบเขตพื้นที่ให้ได้จุดแนวขอบ (trace) [1]

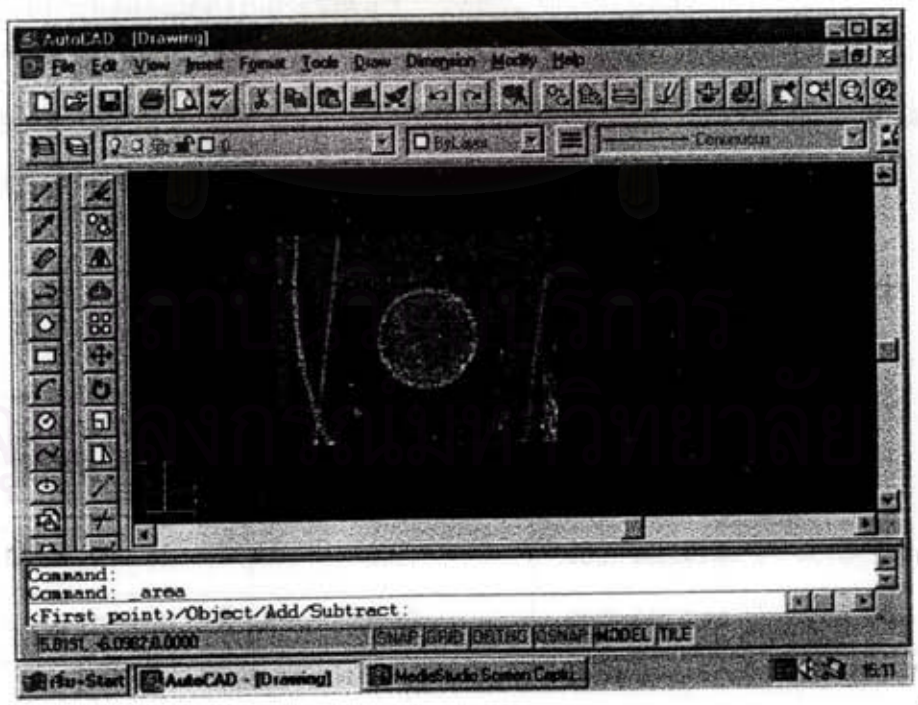
ขั้นตอนวิธีการระบายอาศัยสีที่เหมือนกันของจุดที่ต่อเนื่องกันระบายเป็นพื้นที่เดียวกัน ดังนั้น การจับภาพจึงต้องเข้าใจในหลักการนี้ ในงานวิจัยใช้ฉากหลังที่มีสีดำ ตัดกับสีของยางและสีของสารไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ศึกษา อีกทั้งต้องใช้แสงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดเห็นสีที่ต่างกันของยางและฉากหลังชัดเจนจึงนำไปหาพื้นที่ต่อได้ ในการหาขอบเขตนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเข้ามาช่วย คือ Corel OCR-trace 8 จะสามารถเปลี่ยนข้อมูลจาก bitmap เป็น เวกเตอร์ และหาขอบเขตของภาพได้ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยอาศัยฟังก์ชันในการปรับค่าความเข้มแสงและค่าความคมชัดของภาพ หลังจากนั้นก็นำไปหาพื้นที่

การหาพื้นที่ของภาพแผ่นยางกลมที่เวลาต่างๆ สามารถใช้โปรแกรม AutoCAD โดยการเรียกฟังก์ชัน area ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แล้วเลือก object เป็นวงกลมในการหาพื้นที่ เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมีลงไป โปรแกรมก็สามารถคำนวณค่าพื้นที่ของภาพได้ทันที โดยเป็นไปตามหลักการเดียวกันกับหัวข้อ 2.3 เรื่องการสกัดภาพ (feature extract)

รูปที่ 3.6 การจับภาพของแผ่นยางที่เวลาต่างๆ จากโปรแกรม Media studio video captures



รูปที่ 3.7 Corel OCR-trace 8 เปลี่ยนข้อมูลจาก bitmap เป็นแวกเตอร์ และหาขอบเขตของภาพ



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงการใช้โปรแกรม AutoCAD โดยการเรียกฟังก์ชัน area ในการหาพื้นที่