



การพัฒนาหมึกพิมพ์มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

# มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

โดย  
นางสาวอังศุมาล รอดภัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาหมึกพิมพ์มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

โดย

นางสาวอังศุมาล รอดภัย

# มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**THE DEVELOPMENT OF FINGERPRINT INK FOR FORENSIC USE**

**By**

**Aungsumaln Rotphai**

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree**

**MASTER OF SCIENCE**

**Program of Forensic Science**

**Graduate School**

**SILPAKORN UNIVERSITY**

**2010**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาหมึกพิมพ์  
มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์” เสนอโดย นางสาวอังสุมาล รอดภัย เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารัทสนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกหญิง ดร.พัชรา สีนลอยมา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์ กัลยะจิตร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจโทหญิง ดร. สมวดี ไชยเวช

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(พันตำรวจโท ดร.สฤณี สืบพงษ์ศิริ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกหญิง ดร.พัชรา สีนลอยมา)

...../...../.....

..... กรรมการ

(พันตำรวจเอก ดร.กฤษณพงศ์ พุตระกูล)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจโทหญิง ดร.สมวดี ไชยเวช)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์ กัลยะจิตร)

...../...../.....

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



51312337 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEYWORD : FINGERPRINT INK / CARBON BLACK / FORENSIC SCIENCE

AUNGSUMALN ROTPHAI : THE DEVELOPMENT OF FINGERPRINT INK FOR FORENSIC USED. THESIS ADVISORS : ASSOC.PROF.POL.COL. PATCHARA SINLOYMA. Ph.D., ASST..PROF. SUNEK KANYAJIT. Ph.D., AND SOMVADEE CHAIYAVEJ. Ph.D. 101pp.

This research was intended to develop carbon black fingerprint ink from by products in fuel oil industry to be used in fingerprinting by determining the appropriate proportion of carbon black and compare the qualities of fingerprint ink developed in laboratory including F1, F2, F3 with F1 (the standard formula currently being used)

Fingerprint ink quality assessment ink was performed by 100 experts who had experience in fingerprinting. The results indicated that ink being developed (F1, F2 and F3) was not expensive and safe to be used, when compared to standard ink currently being used ( $P < 0.05$ ). For the convenience of washing and smell, there was no different between fingerprint ink being developed and standard inking currently being used ( $P > 0.05$ ). However, the standard ink provides higher resolution, was more stinger, more intensified and has better acuity. It can differentiate fingerprint patterns and stick with papers better, when compared with the ink being developed ( $P < 0.05$ ). F1 and F3 have potential for being developed into standard fingerprint ink for future use.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---

Program of Forensic Science Graduate School , Silpakorn University

Academic Year 2010

Student's signature.....

Thesis Advisors's signature 1. .... 2..... 3. ....

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาและความร่วมมือช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่กรุณาสละเวลาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่มีคุณค่า และเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พันตำรวจโท ณรงค์ มั่นพรม กองทะเบียนประวัติอาชญากร ที่ได้กรุณาให้ความรู้ในเรื่องขั้นตอนการพิมพ์ลายนิ้วมือและวิธีพิมพ์ลายนิ้วมือที่ถูกต้อง รวมถึงคณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์สี มหาวิทยาลัยศิลปากร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ตำรวจทุกท่านในการตอบแบบสอบถามการใช้หมึกพิมพ์

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกหญิง ดร. พัชรา สีนลอยมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์ กัลยะจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตำรวจโทหญิง ดร.สมวดี ไชยเวช ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำในการ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ส่วนหนึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

คุณประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ มารดา - บิดา คณาจารย์ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้และอบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้ร่วมงานทุกท่านที่กรุณาให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญภาพ .....	ฌ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
2 ทบทวนวรรณกรรม.....	4
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	37
เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	37
วัตถุดิบและสารเคมี.....	40
วิธีการทดลอง.....	41
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	61
ผลการทดลอง .....	61
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	93
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย .....	95
บรรณานุกรม .....	96
ภาคผนวก.....	98
ประวัติผู้วิจัย .....	100



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความหนืดคิเนมาติก (สโตกส์) ของบับเบิลวิสโคมิเตอร์ที่ 25 องศาเซลเซียส .....	31
2	ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด .....	32
3	แสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมหมึกพิมพ์มือ.....	46
4	ขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็คที่วัดด้วยเครื่อง Particle size analysis.....	62
5	ส่วนผสมและผลทางกายภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ.....	62
6	ความละเอียดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่วัดด้วยเครื่อง Grindometer.....	69
7	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	76
8	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความละเอียดของเนื้อหมึก.....	80
9	แสดงผลการวิเคราะห์ความละเอียดของเนื้อหมึก.....	81
10	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดของเนื้อหมึก .....	81
11	แสดงผลวิเคราะห์ความหนืดของเนื้อหมึก.....	82
12	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มของสีหมึก .....	82
13	แสดงผลวิเคราะห์ความเข้มของสีหมึก .....	83
14	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสะอาดในการล้างออก.....	83
15	แสดงผลวิเคราะห์ความสะอาดในการล้างออก.....	84
16	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นของหมึกพิมพ์มือ .....	84
17	แสดงผลวิเคราะห์กลิ่นของหมึกพิมพ์มือ.....	85
18	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความคมชัดของลายเส้น .....	85
19	แสดงผลวิเคราะห์ความคมชัดของลายเส้น .....	86
20	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการแยกลายเส้นได้ชัดเจน....	86
21	แสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการแยกลายเส้นได้ชัดเจน.....	87
22	แสดงผลวิเคราะห์ ความแปรปรวนของความคงทนในการติดกับกระดาษ.....	87
23	แสดงผลวิเคราะห์ ความคงทนในการติดกับกระดาษ .....	88
24	แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของราคาของหมึกพิมพ์ .....	88
25	แสดงผลวิเคราะห์ ราคาของหมึกพิมพ์ .....	89
26	แสดงผลวิเคราะห์ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้.....	89
27	แสดงผลวิเคราะห์ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้.....	90

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงวิธีการพิมพ์มือ.....	11
2	ขนาดของ High-speed impeller ที่มีประสิทธิภาพสูง.....	20
3	ใบพัดที่นิยมใช้กับ High-speed impeller.....	20
4	เครื่องบดสีชนิดต่างๆ.....	21
5	Triple Roll Mill.....	22
6	Sand mill.....	23
7	แสดงการหมุนของ Ball mill.....	25
8	Ball mill.....	25
9	Attritor Mill.....	27
10	Grindometer.....	28
11	Bubble Viscometer.....	30
12	Ford Cup No. 4.....	33
13	ตะแกรงลวด.....	38
14	เครื่องปาด.....	38
15	อุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ.....	39
16	แบบพิมพ์ลายนิ้วมือ.....	39
17	สารเคมีที่ใช้ในการผสมหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ.....	40
18	เครื่อง Hot air oven.....	41
19	ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์.....	42
20	เครื่อง Particle size analysis.....	42
21	เครื่อง Ball mill (เพชรถมจักรกลเซรามิค).....	43
22	โถเซรามิคที่ใช้ในการบด.....	44
23	อนุภาคที่ได้หลังการกรองผ่านตะแกรงลวด.....	45
24	เครื่อง Tree roll mill.....	49
25	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผ่านการผสมบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกกลาง และลูกหน้า.....	49
26	การทำงานของเครื่อง Tree roll mill.....	50

ภาพที่		หน้า
27	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกบดแล้วจะไหลผ่านลูกบดลูกหน้าผ่าน Knife Edge แล้ว ไหลไปเก็บในภาชนะที่บรรจุรองรับอยู่ได้ Knife Edge.....	50
28	เครื่อง Grindometer.....	51
29	หยดสารตัวอย่างพอประมาณลงบนร่องด้านลึก (50 ไมครอน).....	52
30	การกระจายตัวของ grainings ค่าที่ได้เป็นบริเวณที่เห็น grainings.....	52
31	การกลิ้งหมึกที่ใช้ทดสอบบนกระดาษ.....	56
32	การกลิ้งนิ้วลงบนแท่นหมึกพิมพ์.....	57
33	การกลิ้งนิ้วลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ.....	57
34	การกลิ้งนิ้วมือจากขอบเล็บข้างหนึ่งกลิ้งนิ้วมือเบาๆ ไปจนจรดขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง...	58
35	ทดสอบความละเอียดของเนื้อหมึก.....	58
36	ตัวอย่างแบบสำรวจความพึงพอใจที่ใช้ในการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ.....	59
37	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F4.....	65
38	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F5.....	65
39	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F6.....	66
40	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F8.....	66
41	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F9.....	66
42	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F14.....	66
43	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F15.....	67
44	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F7.....	67
45	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F10.....	67
46	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F11.....	67
47	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F12.....	68
48	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F13.....	68
49	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F16.....	68
50	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1.....	68
51	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F2.....	69
52	หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3.....	69
53	ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้ Fingerprint ink .....	71

ภาพที่		หน้า
54	ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1.....	72
55	ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F2.....	73
56	ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3.....	74

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการยุติธรรมเป็นที่พึงสำคัญของประชาชน โดยนำมาใช้เพื่อลดการโต้แย้งความหวาดระแวงระหว่างผู้ควบคุมกฎหมายกับผู้ถูกกล่าวหา และนิติวิทยาศาสตร์ก็เป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมกระบวนการยุติธรรมให้สามารถนำหลักการและเหตุผลที่เป็นจริงมาพิสูจน์ได้ในปัจจุบันนี้ ได้เกิดปัญหาทางด้านอาชญากรรมขึ้นมากมาย ซึ่งการที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้น เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในประเทศที่พัฒนาแล้ว อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา จึงมีการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ มาพัฒนาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานต่างๆ ให้ได้ผลที่ถูกต้องแท้จริงตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ผลเป็นอย่างดีในการสืบสวนติดตามหาคนร้ายต่างๆ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น เมื่อเกิดคดีฆาตกรรมเกิดขึ้น สามารถจับกุมคนร้ายได้ถึง 90% โดยการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ค้นคว้าวิจัยและผลิตขึ้นอย่างทันสมัยผสานกับหลักนิติวิทยาศาสตร์นี้ ให้บรรลุผลได้เป็นอย่างมาก (ศุภกร กันทาลักษณ์ 2553)

รูปแบบการกระทำความผิดในปัจจุบันก็มีความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการก่ออาชญากรรมเกิดขึ้น คนร้ายมักจะทิ้งร่องรอยของการก่อเหตุอาชญากรรมไว้ในที่เกิดเหตุเสมอ พยานหลักฐานที่พบง่ายและบ่อย คือ รอยลายนิ้วมือซึ่งสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล เนื่องจากลักษณะลายเส้นที่ปรากฏบนลายนิ้วมือของมนุษย์แต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นบริเวณปลายนิ้วมือ ฝ่ามือ และฝ่าเท้า และไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล จึงสามารถใช้ในการยืนยันผู้กระทำความผิดและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดได้เป็นอย่างดี

ในขั้นตอนการจับกุมตัวผู้ต้องสงสัยต้องมีการบันทึกประวัติและพิมพ์ลายนิ้วมือเพื่อเก็บไว้ประกอบเป็นหลักฐาน ซึ่งหลักฐานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ เช่น ลายนิ้วมือแฝง ลายฝ่ามือที่ติดตามวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในที่เกิดเหตุ เป็นต้น สามารถนำมาเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือผู้ต้องสงสัย ถ้าตรงกันแสดงว่าผู้นั้นอยู่ในสถานที่เกิดเหตุหรืออาจเป็นผู้กระทำความผิด ในขั้นตอนการพิมพ์ลายนิ้วมือจึงมีความสำคัญและรายละเอียดที่ได้ต้องมีความชัดเจน เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือแฝงกับลายพิมพ์นิ้วมือให้ไม่ผิดคน

อีกทั้งในปัจจุบันการเข้าทำงานในระบบราชการ รัฐวิสาหกิจ และบริษัทเอกชนบางแห่งก็กำหนดให้ต้องมีประวัติในการพิมพ์ลายนิ้วมือผู้สมัครงานเพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันก็ต้องมาพิมพ์ที่กองทะเบียนประวัติ หรือสถานีตำรวจแล้วส่งให้กองทะเบียนประวัติต่อไป รายละเอียดของลายนิ้วมือที่ได้ก็ต้องมีความสำคัญ ไม่แตกต่างจากการพิมพ์ลายนิ้วมือผู้ต้องสงสัย

หมึกที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือจึงมีความสำคัญมากต่อการพิมพ์ลายนิ้วมือ เพราะหมึกที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือต้องมีความเฉพาะ เช่น เมื่อกลิ้งหมึกบนกระดาษแล้วไม่เป็นก้อน และเมื่อประทับนิ้วมือบนกระดาษแล้วได้ลายละเอียดที่ชัดเจน เป็นต้น แต่หมึกที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีราคาที่ยากแพงและต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทางสถานีตำรวจบางแห่งจึงใช้หมึกพิมพ์โรเนียวแทน ซึ่งมีราคาถูก แต่ผลที่ได้คือเห็นลายนิ้วมือไม่ชัดเจนซึ่งทำให้การตรวจสอบทำได้ค่อนข้างยาก เป็นผลให้ต้องส่งคืนลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์ไว้นั้นๆ กลับไปให้พิมพ์ลายนิ้วมือกลับมาตรวจใหม่ ซึ่งเป็นการเสียเวลาและทำให้การตรวจสอบล่าช้า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยนำวัตถุดิบจากคาร์บอนแบล็คที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตา เนื่องจากเป็นวัสดุที่เหลือใช้และเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งหาได้ภายในประเทศและมีราคาไม่แพง

## มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือจากคาร์บอนแบล็คที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตา ให้สามารถนำมาใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นจากคาร์บอนแบล็คที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตา ให้มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์มือที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีต่อหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่พัฒนาขึ้น

### สมมุติฐานของการศึกษา

Fingerprint ink กับหมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นจาก คาร์บอนแบล็คที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตา แตกต่างกัน

### ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาสูตรในการทำหมึกพิมพ์มือ นำสูตรมาผ่านกระบวนการผลิตได้ F1 F2 และ F3 แล้วเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนพิมพ์มือและหลังพิมพ์มือว่ามีความใกล้เคียงกับ Fingerprint ink เพียงใด และนำมาประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ

### นิยามศัพท์

F1 หมายถึง หมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นสูตรที่ 1

F2 หมายถึง หมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นสูตรที่ 2

F3 หมายถึง หมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นสูตรที่ 3

Fingerprint ink หมายถึง หมึกพิมพ์มือมาตรฐานที่ปัจจุบันใช้อยู่ แต่มีราคาแพง

คาร์บอนแบล็ค หมายถึง คาร์บอนแบล็คที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตาแล้วนำมาผสมสารต่างๆเพื่อนำมาใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ

สารเคลือบผิว หมายถึง สีและสารต่างๆที่มีส่วนผสมของผงสี สารยึดหรือสิ่งนำสี ตัวทำละลาย และสารเติมแต่ง

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำหมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในการพิมพ์มือ
2. เพื่อทราบถึงคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ
3. เพื่อลดต้นทุนในการซื้อหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้อยู่เดิมซึ่งมีราคาแพง
4. เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตา
5. เพิ่มคุณค่าให้กับวัสดุที่เหลือใช้ และประหยัดงบประมาณในการซื้อหมึกพิมพ์

ลายนิ้วมือที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาเอกสาร วรรณกรรมและแนวคิดทางทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาวิจัยเพื่อนำมาประกอบการศึกษา เปรียบเทียบ และยืนยันผลที่คาดว่าจะได้รับจากการ ศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วย

#### นิติวิทยาศาสตร์กับลายนิ้วมือ

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า เป็นสาขาหนึ่งในวิชาการตรวจพิสูจน์ เอกลักษณะบุคคล (Personal identification) จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เป็นเวลาช้านานพบว่าลักษณะลายเส้นที่ปรากฏบนนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของมนุษย์สามารถใช้ในการตรวจ พิสูจน์บุคคลได้ดีเนื่องจากความจริง 2 ประการ คือ

1. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน (Uniqueness) ซึ่งแต่ละบุคคล

จะมีลักษณะเฉพาะพิเศษที่แตกต่างกัน

2. ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลนั้น ไม่เปลี่ยนแปลง (Permanence) ตั้งแต่

เกิดจนกระทั่งตาย หรือแม้แต่ตายแล้วถ้ามีการรักษาสภาพศพให้ดี ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ก็จะคง สภาพไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น การยังมีประโยชน์ใช้ลายนิ้วมือ ลายฝ่ามือ ลายฝ่าเท้า ในการตรวจ พิสูจน์บุคคลจึงเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้อยู่ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก การที่ลายนิ้วมือของแต่ละ บุคคลมีความเฉพาะเป็นเอกลักษณ์ไม่เหมือนบุคคลอื่นและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต หากจะมีการ ลบเลือนด้วยสารเคมีเช่น ฟอรัมาลินไปก็ตาม แต่เมื่อเจริญขึ้นมาใหม่จะมีลักษณะลายเส้น เหมือนเดิม จึงสามารถใช้ลายนิ้วมือมาตรวจสอบจำแนกตามความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ นอกเหนือจากการตรวจสอบด้วยเสียง ม่านตา และลายพิมพ์ดีเอ็นเอ นอกจากนั้นการตรวจพิสูจน์ บุคคลด้วยลายนิ้วมือในด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อเกิดคดีอาชญากรรมขึ้น กองทะเบียนประวัติ อาชญากร กองบัญชาการตำรวจสอบสวนกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ได้มีการรวบรวม ลายนิ้วมือของบุคคลต้องโทษ หรือในกรณีข้าราชการ และพนักงานรัฐวิสาหกิจ เพื่อประโยชน์ใน การพิสูจน์ตัวบุคคล อาชญากร คนตาย คนสูญหาย เป็นต้น โดยใช้สารบบพิมพ์ลายนิ้วมือสิบนิ้วของ เฮนรี (FBI Extension of Henry System) นอกเหนือจากการใช้ระบบพิมพ์ลายนิ้วมือเดี่ยว (Single fingerprint file) ของแบทเทรี (Battley) หรือระบบพิมพ์ลายนิ้วมือห้านิ้ว (ชมพูนุท ไสยโสภณ 2552)



(Five fingerprint file) และในปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้ระบบไบโอเมตริกซ์ (Biometrics) ซึ่งได้พัฒนาไปสู่ระบบ AFIS (Automated Fingerprint Identification System) (สมทรง, 2548 หน้า 6)

### ความสำคัญของลายนิ้วมือ

ลายพิมพ์นิ้วมือมีความแน่นอนในการพิสูจน์บุคคล (Reliability in identification) ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. มีลักษณะคงทนไม่เปลี่ยนแปลง คือ ลายเส้นของผิวหนังเริ่มปรากฏขึ้นตั้งแต่ทารกอยู่ในครรภ์มารดาประมาณเดือนที่ 3 ถึงเดือนที่ 4 (Cummins and Middel 1964: 40) ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือของมนุษย์นี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยจนแก่และตายไป จะมีบ้างก็เพียงแต่ขยายให้ชัดเจนยิ่งขึ้นตามลำดับวัย และความเจริญเติบโตขึ้นของร่างกายเท่านั้น เช่น เมื่อเป็นเด็ก ๆ อายุยังน้อยลายเส้นนิ้วมือก็จะเล็ก เมื่อเติบโตขึ้นหรืออายุมากขึ้นลายเส้นของนิ้วมือก็จะขยายใหญ่ขึ้น ในรูปและสภาพเดิม ถึงแม้จะตายถ้าหากนิ้วมือนั้นยังไม่เน่าเปื่อย เช่น มัมมี่หรือศพที่ขุดยารักษาซากศพไว้เป็นรูปแห่ง ลายนิ้วมือที่ปรากฏอยู่ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

นอกจากนั้นในขณะที่นิ้วมือของมนุษย์เกิดการไม่ปกติขึ้น เช่น โรคหนังลอก ผ่นกับของหยาบหรือใช้น้ำกรดอ่อน ๆ ก็คล้ายนิ้วมือเหล่านี้จะลบเลือนไปเพียงชั่วขณะหนึ่ง เมื่อนิ้วมือนั้นหายเป็นปกติแล้วลายเส้นก็จะเกิดใหม่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ยิ่งกว่านั้นบางรายที่นิ้วมืองดลอกของมีคมบาดจนเกิดเป็นแผลเป็น รอยแผลเป็นเหล่านี้อย่างมากก็เพียงทำลายลายเส้นของนิ้วมือได้เป็นบางส่วนเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุนี้ลักษณะลายเส้นของลายนิ้วมือมนุษย์จึงนับว่าเป็นเครื่องหมายพิสูจน์ตัวบุคคลได้อย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะอื่นในร่างกายของมนุษย์ เช่น รอยแผลเป็น รอยสัก ผิวหนัง ผม นัยน์ตา เพราะสิ่งเหล่านี้ย่อมเจริญขึ้นและเสื่อมลงไปตามวัย

Hershel ได้ทำการเก็บลายพิมพ์นิ้วมือของตนเองครั้งแรกเมื่อปี 1859 ขณะนั้นเขามีอายุ 26 ปี และได้เก็บตัวอย่างอีกครั้งเมื่ออายุ 44 ปี และครั้งสุดท้ายเมื่ออายุ 83 ปี พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลายเส้นเลย นอกจากนี้ Welcker ก็ได้ทำการเก็บลายพิมพ์นิ้วมือของตนเองเมื่อปี 1856 ขณะนั้นอายุ 34 ปี และเก็บอีกครั้งเมื่อปี 1897 คือเมื่ออายุ 75 ปี ก็พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลายเส้นเลย และในปี 1887 Jemming ได้ทำการเก็บลายพิมพ์นิ้วมือของตนเองขณะอายุได้ 27 ปี และเก็บอีกครั้งเมื่ออายุ 50 ปี ก็พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลายเส้นเช่นเดียวกัน (Cummins and Middel 1961 :41)

2. ไม่อาจทำการเปลี่ยนแปลงลายนิ้วมือได้ ลักษณะลายเส้นของนิ้วมือนุษย์ยังไม่มีวิธีการที่จะเปลี่ยนแปลงให้เป็นอย่างอื่นได้ เพราะเหตุว่าลายพิมพ์นิ้วมือจำซำรุดไปด้วยประการใดๆ

ลายเส้นนิ้วมือก็จะเกิดขึ้นใหม่ในรูปและสภาพเดิมเสมอ เว้นแต่จะได้อาบน้ำให้ลึกลงไปจนถึงต่อมเหงื่อ โดยการอาบน้ำได้ผิวหนังออกให้หมด ลายเส้นของนิ้วมือจะถูกทำลายไปโดยสิ้นเชิง

3. มีเอกลักษณ์เป็นของตนเอง Sir Francis Galton ได้ทำการตรวจแยกลายนิ้วมือของมนุษย์ออกเป็นชนิดและกำหนดลักษณะพิเศษของลายเส้นในนิ้วมือที่มีอยู่ ไม่พบลักษณะลายพิมพ์นิ้วมือที่ซ้ำกัน รวมไปถึงประเทศต่างๆ ทั่วโลกที่ได้ตรวจลายพิมพ์นิ้วมือของมนุษย์ขึ้น ยังไม่ปรากฏว่ามีที่ใดได้เคยพบลายนิ้วมือของบุคคล 2 คน เหมือนกันหรือซ้ำกันเกิดขึ้น แม้ว่าจะเป็นคนคนเดียว แต่คนละนิ้วก็ไม่เหมือนกัน (วิโรจน์ ไวยวุฒิ 2532 : 352-353)

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่เชื่อได้ว่า จะไม่มีลายนิ้วมือของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมีโอกาสเหมือนกันหรือซ้ำกัน ไม่ว่าบุคคลนั้นจะสืบสายโลหิตเดียวกันมา หรือเป็นฝาแฝดกัน ตลอดจนแฝดกายติดกันออกมา ลายนิ้วมือของบุคคลนั้นก็เหมือนกันหรือซ้ำกัน Sir Francis Galton รายงานว่า โอกาสที่จะซ้ำกันเพียง 1 ใน 600 ล้าน Balthazard ได้คำนวณว่ามีโอกาสเพียง 1/106 ซึ่งยิ่งน้อยลงไปอีก (ทิมาฯ ชินะนาวิน 2506 : 91)

### ประโยชน์อันพึงได้จากลายนิ้วมือมนุษย์

1. บุคคลใช้ประโยชน์เกี่ยวกับ ลายนิ้วมือได้ดังนี้
  - 1.1 เพื่อใช้คุ้มครองป้องกันตัวเองให้พ้นจากการถูกกล่าวหาโดยคลื่นแคล้ง
  - 1.2 ลายนิ้วมือของเรา จะยืนยันให้เป็นของเราอยู่เสมอ
  - 1.3 ในกรณีที่ไม่สามารถอ่านออกหรือเขียนได้ สามารถใช้ลายพิมพ์นิ้วมือพิมพ์ลงในเอกสาร หรือสัญญา เพื่อเป็นการป้องกันการปลอมแปลงที่จะเกิดขึ้น
  - 1.4 ลายนิ้วมือของเราจะช่วยยืนยันลายพิมพ์นิ้วมือที่ปรากฏในเอกสาร หรือวัตถุ หรือสัญญาให้ได้ว่า เป็นรอยนิ้วมือของเราจริงหรือไม่ เมื่อมีกรณีพิพาทเกิดขึ้น
2. สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ใช้ประโยชน์เกี่ยวกับ ลายนิ้วมือได้ดังนี้
  - 2.1 ลายนิ้วมือจะช่วยให้ทราบว่าคนร้ายเป็นใคร เมื่อมีการโจรกรรมทรัพย์สินเกิดขึ้น
  - 2.2 ใช้สำหรับตรวจประวัติการต้องโทษ และความประพฤติของบุคคล
  - 2.3 ใช้ตรวจศพผู้ตายไม่ทราบชื่อ เพื่อให้ทราบว่าผู้ตายเป็นใคร อยู่ที่ไหน มีเครื่องญาติเป็นอย่างไร และมีประวัติอย่างไรหรือไม่
  - 2.4 ใช้พิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมือที่พิสูจน์พิมพ์ลงในตัวจำนำเพื่อตรวจสอบในเมื่อปากทูลว่ามีสิ่งของที่ถูกเอาไปจำนำไว้เป็นสิ่งที่ของที่คนร้ายขโมยไป ซึ่งอาจจะเป็นแนวทางสืบสวนต่อไปได้ว่าใครเป็นผู้เอาสิ่งของนั้นไปจำนำไว้
  - 2.5 ใช้ตรวจสอบกับลายนิ้วมือที่ได้ในสถานที่เกิดเหตุ เพื่อให้ทราบว่า เป็นของผู้ใด

2.6 ใช้ตรวจสอบเพื่อให้ได้ทราบถึงบุคคลที่ถูกอายัดตัวไว้เพื่อหลบหนีคดีต่างๆ  
ว่ามาจากที่ใด หรือเป็นนักโทษที่หลบหนีมาจากที่ควบคุมหรือไม่

### 3. สำนักงานตรวจคนเข้าเมือง

3.1 ใช้เพื่อคุมคนต่างด้าวที่เข้ามาอยู่ภายในราชอาณาจักร

3.2 ใช้เพื่อป้องกันคนต่างด้าวที่ไม่พึงปรารถนาหรือที่เลขถูกเนรเทศออกไปนอกราชอาณาจักรแล้วกลับเข้ามาได้อีก

### 4. เรือนจำ

4.1 ใช้ทำประวัติของนักโทษ หรือผู้ที่เลขถูกควบคุมเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน

4.2 ใช้เพื่อควบคุมนักโทษหรือผู้ที่เลขถูกควบคุมที่จะรับตัวเข้าใหม่ หรือที่จํานำตัวออกจากไปนอกสถานที่ทุกๆกรณี หรือที่จะปล่อยตัวไป เพื่อป้องกันมิให้มีการผิดตัว หรือลับเปลี่ยนตัวกันได้

4.3 ใช้ในการที่จะประหารชีวิตนักโทษตามคำพิพากษาของศาล ว่าจะเป็นคนคลคนเดียวหรือไม่

### 5. บริษัท ห้างร้าน การธนาคาร การประกันชีวิต ฯลฯ

5.1 ใช้เพื่อป้องกันการปลอมแปลงในการจ่ายเงินหรือการขอรับเงินประกัน

5.2 ใช้เพื่อป้องกันมิให้จ้างบุคคลที่ไม่ต้องการให้เข้ามาทำงานอีก

5.3 ใช้เพื่อป้องกันมิให้ปลอมแปลงตัวคนมารับเงินค่าจ้างแรงงานแทนกัน

5.4 ใช้เพื่อตรวจพิสูจน์เมื่อมีเหตุเกิดขึ้นภายในกิจการของตน ที่จะต้องค้นคว้าหาตัวผู้กระทำผิด

### 6. กองทัพบก เรือ อากาศ ใช้ประโยชน์เกี่ยวกับลายพิมพ์นิ้วมือได้ดังนี้

6.1 ใช้เพื่อป้องกันมิให้รับบุคคลที่ไม่สมควรเป็นทหารเข้ามาในกองทัพ

6.2 ใช้เพื่อให้ทราบถึงทหารที่ขาดหนีราชการหรือไปกระทำความผิดอื่นๆ

6.3 ใช้เพื่อที่จะได้ทราบชื่อของทหารที่ตายหรือสูญหายไปนสนามรบ ฯลฯ

อีกประการหนึ่ง ในบางโอกาสที่ผู้บริสุทธิ์อาจถูกเจ้าหน้าที่ทำการจับกุมฐานสงสัยว่าเป็นคนร้ายที่ทางราชการออกประกาศจับไว้ เพราะสาเหตุเนื่องจากมีรูปร่างลักษณะคล้ายกันหรือมีตำหนิรูปพรรณคล้ายคลึงกัน ผู้ถูกจับกุมอาจขอให้ทำการพิสูจน์ลายนิ้วมือของตนเองได้ทันที ถ้าจะรอการสอบสวนจากเจ้าหน้าที่แล้วย่อมเป็นการเสียเวลาและเป็นการเดือดร้อนแก่ผู้ถูกจับกุม (พัชรา สิ้น ลอยมา 2548 : 116-118)

## แนวคิดเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมือ

### 1.1 การพิมพ์ลายนิ้วมือที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

กองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เป็นหน่วยงานหลักในการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ และยังเป็นหน่วยงานที่ให้คำแนะนำรวมทั้งจัดฝึกอบรมวิธีการพิมพ์ลายนิ้วมือที่ถูกต้องตามหลักวิชาให้แก่หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดเกี่ยวกับการพิมพ์ลายนิ้วมือที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ดังนี้

คำว่า “พิมพ์ลายนิ้วมือ” หรือ “พิมพ์มือ” ถ้าฟังกันดูเพียงผิวเผินจะรู้สึกว่าไม่มีความยากลำบากอะไร เพียงเอานิ้วมือแถมสีกดไปบนกระดาษหรือเอกสารใดๆ ก็เรียกว่าเป็นการพิมพ์ลายนิ้วมือแล้ว แต่การพิมพ์ลายนิ้วมือเช่นนี้บางทีลายนิ้วมือที่พิมพ์ไว้นั้นอาจไม่มีคุณค่าอะไรเลย เพราะลายนิ้วมือที่กดไว้เลอะเลือน พร่ามัว ไม่ชัดเจนหรือไม่ถูกต้องตามหลักวิชา ผู้ที่มีความชำนาญในด้านการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือไม่อาจตรวจให้ได้ เป็นผลให้ต้องส่งคืนลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์ไว้นั้นๆ กลับไปให้พิมพ์ลายนิ้วมือกลับมาตรวจใหม่

ฉะนั้นการพิมพ์ลายนิ้วมือที่จะให้เกิดคุณค่า ที่ผู้ชำนาญในด้านนี้จะสามารถตรวจสอบพิสูจน์ให้ได้ จึงมีความสำคัญอยู่ตรงที่ต้องให้ลายนิ้วมือ (เส้นดำ) ปรากฏชัดเจนทุกส่วนของหน้านิ้ว ไม่พร่ามัวหรือเลอะเลือน ให้ผู้ชำนาญในการตรวจลายพิมพ์นิ้วมือสามารถ “เห็น” จำนวนเส้นในลายพิมพ์นิ้วมือชัดเจน ลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์ได้อย่างนี้จึงจะเรียกว่า “ใช้ในการตรวจได้”

การพิมพ์ลายนิ้วมือต้องให้ได้ผลดีและชัดเจนจริงๆ เพราะมีความจำเป็นต่อการอ่านและระบุลักษณะ การแยกประเภทเป็นรหัสซึ่งเกี่ยวกับการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ ผลที่จะได้รับจากการตรวจสอบขึ้นอยู่กับผู้พิมพ์เป็นอย่างมาก ถ้าผู้พิมพ์ๆ ได้ดี ความรวดเร็วในการตรวจสอบก็มีมากขึ้น และได้ผลถูกต้องแน่นอน ถ้าผู้พิมพ์ๆ ได้ไม่ดีความยากลำบากในการตรวจสอบค้นหาก็มีมากขึ้นและอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย เหตุนี้ผู้มีหน้าที่พิมพ์ลายนิ้วมือจึงจำเป็นต้องฝึกให้มีความชำนาญ จนสามารถพิมพ์ได้เรียบร้อยถูกต้องตามหลักวิชา ไม่พิมพ์เลอะเทอะหรือมีดมัว หรือหมึกหนาๆบางๆไม่สม่ำเสมอ

### 1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ

การที่จะพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลหรือผู้ต้องหาให้ได้ผลดีนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้เครื่องมือเครื่องใช้ ในการพิมพ์ลายนิ้วมือทุกอย่างให้ครบถ้วน และเหมาะสมกับงานตัวอย่างง่ายๆ เช่น โตะที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ ถ้าจะให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความสะดวกและได้รับผลดี โตะนั้นควรจะมีความสูงให้เหมาะสมกับการพิมพ์คือ ไม่ต่ำหรือสูงเกินไป ถ้าต่ำหรือสูงเกินไปจะทำให้เกิดความไม่ถนัดทั้งผู้ทำการพิมพ์และผู้ถูกพิมพ์ การพิมพ์ก็จะไม่ได้รับผลดี ฉะนั้นโตะที่เหมาะสมกับการพิมพ์ควรมีความสูงประมาณ 3 ฟุตครึ่ง หรือมีความสูงให้ต่ำกว่าข้อศอกเล็กน้อยของบุคคลในขณะยืน(สำหรับคนธรรมดาไม่สูงหรือต่ำเกินไป) นอกจากนี้จะต้องมีเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ประกอบอีกดังนี้ คือ

1. แทนสำหรับคิ้วคิ้ว ใช้กระจกเรียบที่มีขนาดกว้างยาวประมาณ  $4 \times 10$  นิ้วฟุต หน้าประมาณ  $\frac{1}{2}$  ซม. หรือ 2 หุน
2. ลูกกลิ้งยางขนาดพอดีกับความกว้างของหน้าแทน ใช้สำหรับคิ้วคิ้ว
3. คิ้วคิ้ว ต้องใช้คิ้วคิ้วสีดำอย่างเดียวกับคิ้วคิ้วสีอื่น ไม่ควรใช้ (ควรใช้คิ้วคิ้วสำหรับพิมพ์ลายนิ้วมืออย่างเป็นทางการเพราะรักษาคุณภาพของคิ้วคิ้วได้ดีกว่าอย่างเป็นทางการ นอกจากนี้ยังบีบออกใช้ให้เหมาะกับปริมาณความต้องการได้ ใช้แล้วสามารถปิดได้สนิท)
4. แทนประทับสำหรับพิมพ์ลายนิ้วมือ

### 1.3 การชำระนิ้วก่อนลงมือพิมพ์

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ส่วนต่างๆของร่างกายมนุษย์เราไม่มีส่วนใดที่สกปรกที่สุดเท่ากับมือ เพราะมนุษย์ต้องใช้มือสัมผัสกับสิ่งต่างๆอยู่ทุกขณะ ฉะนั้นก่อนที่จะลงมือพิมพ์ลายนิ้วมือของผู้ใดจึงต้องชำระล้างนิ้วมือของผู้นั้นให้สะอาดเสียก่อน ถ้ามีผงหรือสิ่งเปรอะเปื้อนติดอยู่ ลายนิ้วมือที่พิมพ์ลงไปนั้นจะติดลายเส้นไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจทำให้ลายพิมพ์นิ้วมือนั้นใช้ในการตรวจสอบไม่ได้ ถ้านิ้วมือสกปรกมากก็ต้องล้างด้วยสบู่ ถ้านิ้วมือดำหรือแข็งต้องล้างมือแล้วเช็ดเบาๆพอให้นิ้วมือหมาดๆ อย่าให้แห้งสนิทแล้วลงมือพิมพ์ทันทีที่จะช่วยให้ลายพิมพ์นิ้วมือนั้นชัดเจนขึ้นได้

### 1.4 การทาหมึกบนแทนพิมพ์

บีบหมึกออกจากหลอดประมาณ 2-3 หยด เว้นระยะตามลำดับลงบนแทนสำหรับคิ้วคิ้ว แล้วใช้ลูกกลิ้งไปกลิ้งไปกลับมาจนหมึกนั้นแผ่ขยายออกไปเรียบ สม่ำเสมอทั่วทุกส่วนของหน้าแทนพิมพ์ เมื่อหมึกเรียบดีแล้วก่อนจะลงมือพิมพ์ ให้ทดลองพิมพ์ดูบนกระดาษอื่นก่อนสักนิ้วหนึ่งก่อน เพราะจะได้ทราบว่าหมึกบนแทนนั้นหนาหรือบาง ถ้าลายเส้นจางก็หมายถึงหมึกบนแทนบางเกินไปต้องเพิ่มหมึกเข้าไปอีก ถ้าลายเส้นดำมากจนเลอะเทอะก็หมายถึงหมึกบนแทนหนาหรือมากเกินไป จะต้องเอาหมึกออกเสียบ้าง

วิธีเอาหมึกออกจากแทนจะใช้วิธีเอาออกโดยใช้ของแข็งขูดออก หรือใช้ผ้าเช็ดออกเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้องเพราะจะทำให้หมึกหนาๆบางๆ และหน้าแทนจะเป็นรอยขาดความสม่ำเสมอ วิธีเอาหมึกออกโดยถูกต้องตามหลักวิชาให้ใช้ลูกกลิ้งที่ติดหมึกมากๆนั้น มากถึงถ่ายหมึกลงบนกระดาษอื่นแล้วกลับไปกลิ้งบนแทน ทำเช่นนี้จนเห็นว่าหมึกพอเหมาะกับความต้องการแล้วลงมือพิมพ์ได้ ถ้าหมึกจางลงให้เติมหมึกลงบนแทนคิ้วคิ้ว ทำการพิมพ์ใหม่ต่อไปอย่าปล่อยให้แห้งให้แทนและลูกกลิ้งสกปรกเป็นอันขาด นอกจากนี้ถ้าใช้หมึกชนิดเป็นหลอดเมื่อบีบหมึกลงบนแทนแล้วให้ปิดจุกทุกครั้ง อย่าเปิดจุกทิ้งไว้เพราะหมึกจะแห้งบีบไม่ออกตามที่ต้องการ เมื่อเลิกใช้แทนพิมพ์ให้ใช้น้ำสะอาดล้างแทนพิมพ์และเช็ดให้แห้งก่อนเก็บ

### 1.5 วิธีพิมพ์ลายนิ้วมือ

วิธีพิมพ์ลายนิ้วมือมีอยู่ 2 อย่างคือ

1. การพิมพ์ราบ ( Plain fingerprint) คือ การใช้ปลายนิ้วพิมพ์กดลงไปตรงๆแล้วยกขึ้น มีวิธีปฏิบัติคือ พิมพ์กดนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย เรียง 4 นิ้ว พร้อมกัน ลงไปบนแท่นพิมพ์ที่ละมือโดยไม่ต้องกลิ้งนิ้ว แล้วยกไปกดเบาๆลงบนกระดาษแบบพิมพ์ สำหรับนิ้วหัวแม่มือขวา – ซ้าย ให้จับนิ้วเรียงคู่กันพิมพ์กดลงไปตรงๆบนแท่นพิมพ์พร้อมกัน แล้วยกไปกดเบาๆลงบนกระดาษแบบพิมพ์พร้อมกันเช่นเดียวกัน

2. การพิมพ์กลิ้งนิ้ว (Roll fingerprint) คือ การใช้ปลายนิ้วขี้นิ้วแรกพิมพ์กลิ้งนิ้ว จากขอบเล็บข้างหนึ่ง ไปจนสุดขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง ให้ลายพิมพ์ติดเต็มหน้านิ้วหรือให้ลายเส้นติดทั่วทั้งหน้านิ้ว โดยให้นิ้วหัวแม่มือขวา – ซ้ายให้กลิ้งนิ้วเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆที่เหลือให้กลิ้งนิ้วออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์

วิธีการพิมพ์กลิ้งนิ้ว ให้ผู้พิมพ์ปฏิบัติดังนี้

1. ให้ผู้พิมพ์ยืนอยู่ริมโต๊ะข้างหนึ่ง และให้ผู้ถูกพิมพ์ยืนอยู่ริมโต๊ะข้างเดียวกันหันหน้ามาทางผู้พิมพ์และอยู่ด้านขวามือของผู้พิมพ์

2. ให้ผู้พิมพ์จับนิ้วที่จะพิมพ์ด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ ส่วนที่จะจับด้วยมือขวาหรือมือซ้าย ขึ้นอยู่กับผู้พิมพ์ว่าจะถนัดมือใด

3. การจับนิ้วให้จับที่ 2 ข้างของนิ้ว (ไม่ใช่บนหรือล่างของนิ้ว) ตรงใต้ข้อนิ้วข้อแรกนับแต่ปลายนิ้วลงมา ส่วนอีกมือหนึ่งของผู้พิมพ์ให้แตะประคองนิ้วของผู้ถูกพิมพ์ไว้เท่านั้นอย่ากดนิ้วแรง

4. ต้องจับนิ้วให้แน่นและบอกผู้ถูกพิมพ์ให้อยู่ในท่าปกติ ทำนิ้วอ่อนๆอย่าเกร็งหรืออย่าฝืน

5. เวลาพิมพ์ให้ผู้พิมพ์จับนิ้วผู้ถูกพิมพ์วางตะแคงลงบนแท่นหมึกพิมพ์ ตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่งกลิ้งมือเบาๆ ไปจนจรดขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง ให้หมึกติดทั่วทั้งหน้านิ้วโดยถือหลักว่า นิ้วหัวแม่มือทั้งขวาและซ้ายให้กลิ้งเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆให้กลิ้งออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์อย่าจับนิ้วหรือบีบแรงเกินไป

6. ถ้านิ้วมือกว้างมาก ให้พยายามกลิ้งนิ้วให้สุดขอบเล็บเท่าที่จะทำได้

7. การพิมพ์ลงบนกระดาษพิมพ์ ให้ทำเช่นเดียวกับการกลิ้งนิ้วบนแท่นหมึกตามข้อ 5 โดยถือหลักว่านิ้วหัวแม่มือทั้งขวาและซ้ายให้กลิ้งเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆให้กลิ้งออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์ ให้พิมพ์ต่ำลงมาจากข้อนิ้วแรกเล็กน้อยและให้พิมพ์อยู่ในกรอบช่องนิ้วของแบบพิมพ์ อย่าพิมพ์ออกนอกกรอบอย่าลืมนวลายพิมพ์นิ้วมือที่พรำมัวหรือเลอะเลือนไม่ชัดเจน เจ้าหน้าที่ผู้ตรวจจะไม่สามารถตรวจสอบให้ได้ต้องส่งกลับคืนไปให้พิมพ์ใหม่ ซึ่งเป็นการเสียเวลาและทำให้การตรวจสอบล่าช้า





ภาพที่ 1 แสดงวิธีการพิมพ์มือ

ที่มา : Writer, Topicstock [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 7 พฤษภาคม 2553. เข้าถึงได้จาก <http://www.pantip.com>

### 1.6 การพิมพ์ลายนิ้วมือลงในแบบพิมพ์

แบบพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือใช้ขนาด 8 นิ้ว x 8 นิ้ว มี 2 แบบคือ

1. ผู้ต้องหา (พลม. 25 – ต. 539)
2. ผู้ขออนุญาต, สมัครงาน (พลม. 24 – ต. 538)

การพิมพ์ลายนิ้วมือลงในแบบพิมพ์ให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ให้ผู้ถูกพิมพ์ลายนิ้วมือลงลายมือชื่อในแบบพิมพ์ตามช่องที่กำหนด ถ้าลงลายมือชื่อไม่ได้ให้พิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือขวาแทนการลงลายมือชื่อ
2. ให้พิมพ์กึ่งมือขวาตามลำดับที่มีช่องปรากฏอยู่ในแบบพิมพ์ เมื่อพิมพ์กึ่งมือขวาเสร็จแล้ว จึงพิมพ์มือซ้ายตามลำดับนิ้วที่มีช่องปรากฏอยู่ในแบบพิมพ์เช่นเดียวกัน การพิมพ์ดังกล่าวข้างต้น 2 มือนี้ ต้องพิมพ์ให้ติดหมึกต่ำกว่าข้อนิ้วข้อที่หนึ่งลงมาเล็กน้อย โดยใช้วิธีพิมพ์กึ่งนิ้วหัวแม่มือขวา- ซ้ายให้กึ่งนิ้วเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆที่เหลือให้กึ่งนิ้วออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์
3. ให้พิมพ์กด 4 นิ้วพร้อมกัน คือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยของแต่ละมือลงไป ในช่องตอนล่าง ของแบบพิมพ์ที่กำหนดไว้ทั้งมือขวาและมือซ้าย โดยวิธีพิมพ์ราบหรือพิมพ์ตะมุไม่ต้องกึ่งนิ้ว วางนิ้วมือขวาและมือซ้ายเอียงประมาณ 45 องศา ใ้ นิ้วทั้ง 4 ของแต่ละมือปรากฏอยู่ในช่องตอนล่างของแบบพิมพ์ที่กำหนดไว้ ให้ครบช่องละ 4 นิ้ว วางตำแหน่งนิ้วอย่าให้เกินเข้าไปในเขตของการพิมพ์กึ่งนิ้วในแบบพิมพ์
4. ให้พิมพ์หัวแม่มือขวา- ซ้าย ของผู้ถูกพิมพ์เรียงคู่พร้อมกันลงในแบบพิมพ์ตามช่องที่กำหนดไว้ด้านล่าง การพิมพ์มือขวา- ซ้ายนี้ใช้วิธีการพิมพ์เช่นเดียวกันกับการพิมพ์กด 4 นิ้วพร้อมๆกัน

### 1.7 ข้อเสนอแนะวิธีพิมพ์ลายนิ้วมือที่ถูกต้องตามหลักวิชา

1. เครื่องมือเครื่องใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ ต้องรักษาให้สะอาดอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แทนสำหรับคิ้วคิ้ว เมื่อพิมพ์ไปแล้วประมาณ 10 – 15 คนต้องทำความสะอาดเสียครั้งหนึ่ง แล้วจึงพิมพ์ต่อไป

2. หมึกพิมพ์มือต้องใช้หมึก “สีดำ” สำหรับพิมพ์ลายนิ้วมือ

3. คิ้วคิ้วบนแทนพิมพ์ให้หมึกติดเสมอกัน โดยทั่วไป

4. เมื่อคิ้วคิ้วบนแทนเรียบร้อยแล้ว ก่อนลงมือพิมพ์ในแบบพิมพ์ต้องทดลองดูก่อนว่า หมึกบนแทนหนาหรือบาง ถ้าลายเส้นจางแสดงว่าหมึกบางต้องเพิ่มหมึกอีก ถ้าหมึกหนาไปลายเส้นจะมีคิ้วคิ้วเลื้อนต้องเอาหมึกออก

5. ก่อนลงมือพิมพ์ลายนิ้วมือผู้ใด ต้องล้างมือหรือทำความสะอาดนิ้วของบุคคลนั้น เสียก่อนแล้วเช็ดให้แห้งสนิท

6. ในการพิมพ์คิ้วคิ้วนิ้วให้คิ้วคิ้วนิ้วจากขอบเล็บข้างหนึ่ง ไปจนถึงขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง และพิมพ์ให้ติดลายเส้นตั้งแต่ข้อนิ้วข้อแรกถึงปลายนิ้ว

7. เวลาพิมพ์อย่ากดนิ้วหรือบีบนิ้วให้แรงเกินไป และอย่าให้นิ้วเลื่อนไถลหรือบิดนิ้ว

8. พิมพ์ให้นิ้วเรียงกันไปตามลำดับที่กำหนดไว้ในแบบพิมพ์ อย่าพิมพ์ซ้ำมือหรือซ้ำนิ้ว

9. ระวังอย่าให้นิ้วสลับกันหรืออย่าให้สลับมือกัน

10. รายการต่างๆ ในแบบพิมพ์ต้องกรอกให้ครบถ้วนทุกช่องและเขียนด้วยตัวบรรจงหรือพิมพ์ดีด

11. นิ้วใดไม่สามารถพิมพ์ได้ ต้องหมายเหตุบอกไว้ในช่องของนิ้วที่พิมพ์ไม่ได้นั้นด้วยว่า นิ้วคิ้วคิ้ว หรือพิมพ์ไม่ได้เพราะเหตุใด และให้หมายเหตุในช่องคำนิ / พิการ / ลายสัก หลัง พลม.ด้วย

12. นิ้วที่เป็นแผลสดพิมพ์ไม่ได้ก็ขอให้หมายเหตุบอกไปด้วย ในช่องของนิ้วนั้นๆ และควรจะรอให้แผลหายดีก่อนแล้วจึงพิมพ์

13. อย่าลืมให้ผู้ถูกพิมพ์เซ็นชื่อตัวเอง หากเซ็นไม่ได้ให้พิมพ์หัวแม่มือขวาไว้และอย่าลืมเซ็นผู้ทำการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วย

14. ถ้ามีผู้ถูกพิมพ์ในคราวเดียวกันหลายๆคน ให้เรียกตัวมาพิมพ์หรือจดคำนิ รูปพรรณทีละคนๆ อย่าให้ปะปนกัน และต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังเพื่อมิให้สลับตัวคนกัน

15. การพิมพ์นิ้วหัวแม่มือขวา – ซ้าย ต้องจับนิ้วหัวแม่มือทั้ง 2 ให้เรียงคู่กันแล้วจึงกดลงพร้อมกัน ในช่องของแบบพิมพ์ตอนล่างที่กำหนดไว้

16. การพิมพ์กด 4 นิ้วพร้อมกัน อย่าเอานิ้วไปกดทีละนิ้วๆต้องกดลงไปพร้อมกันทั้ง 4 นิ้ว

### 1.8 การพิมพ์ลายนิ้วมือพิการหรือลายนิ้วมือที่มีปัญหา

การพิมพ์ลายนิ้วมือของคิ้วคิ้วพิการในบางกรณีอาจดำเนินการไม่ได้ เพราะคิ้วคิ้วนั้นเป็นมาแต่กำเนิด เป็นการพิการตลอดชีวิต (Permanent Disabilities) เช่น เกิดมามือคิ้วคิ้ว นิ้วคิ้วคิ้วหรือหงิกงอเป็น



ง่อย นิ้วเสียพิการติดกัน นิ้วงอก หรือเนื่องจากอายุมากขึ้น ไปนิ้วมือเหยียดนิ้วพิมพ์แล้วไม่มีลายเส้น ก็ให้  
ระบุไปให้ชัดเจน แบ่งออกได้ดังนี้

1. กรณีนิ้วด้วนทั้งหมด ให้พิมพ์ฝ่ามือลงในช่องแบบพิมพ์แล้วหมายเหตุไว้ด้วย
2. กรณีนิ้วด้วนหรือมือด้วน ไม่สามารถพิมพ์ลายนิ้วมือ ได้ให้หมายเหตุในช่องพิมพ์  
ลายนิ้วมือของนิ้วนั้นว่าด้วน
3. กรณีถูกเพียงข้อนิ้วแรก ให้พิมพ์นิ้วส่วนที่เหลือลงไปแล้วหมายเหตุด้วยว่านิ้วนั้นถูก
4. กรณีมีนิ้วมากกว่า 10 นิ้ว ให้พิมพ์นิ้วที่อยู่ด้านในของมือนั้นๆลงในช่องแบบพิมพ์  
ส่วนนิ้วที่งอกเกินให้พิมพ์ไว้ด้านหลังของแบบพิมพ์ แล้วหมายเหตุว่าเป็นนิ้วงอกของนิ้วใด เพราะ  
ต่อไปบุคคลนี้อาจตัดนิ้วที่งอกออกเสีย
5. กรณีนิ้วติดกัน ให้พยายามพิมพ์กลิ้งนิ้วเท่าที่จะสามารถทำได้แล้วหมายเหตุว่านิ้วติดกัน
6. กรณีนิ้วแห้ง นิ้วของผู้สูงอายุ นิ้วด้านแข็ง ให้แช่มือในน้ำโดยไม่ต้องฟอกสบู่จนผิว  
นุ่มขึ้น แล้วเช็ดพอให้แห้งขึ้นหมาดๆแล้วลงมือพิมพ์ทันทีที่ละนิ้ว โดยเตรียมผ้าชุบน้ำหมาดๆไว้  
คอยเช็ดนิ้วอย่าให้แห้ง
7. กรณีนิ้วมือมีเหงื่อออกมาก ก่อนลงมือพิมพ์ให้เช็ดนิ้วให้แห้งเมื่อพิมพ์นิ้วลงบนแท่น  
หมึกแล้ว ให้พิมพ์ลงในแบบพิมพ์ทันทีที่ละนิ้ว
8. กรณีนิ้วมีลายเส้นขางละเอียด ให้ทำเช่นเดียวกับข้อ 6 แต่ใช้หมึกก่อนข้างบางและ  
อย่างกดนิ้วแรงเพียงประคองนิ้วพิมพ์ลงในแบบพิมพ์เท่านั้น
9. กรณีนิ้วลอก หรือนิ้วเป็นแผล ลายเส้นจะขาดหายเป็นบางช่วงไม่สามารถตรวจสอบ  
ได้ ให้พักนิ้ว 15 วัน แล้วพิมพ์ส่งให้ตรวจสอบใหม่ ลายนิ้วมือจะขึ้นมาใหม่เป็นลายเส้นที่สมบูรณ์  
ตรวจสอบได้ (การพิมพ์ลายนิ้วมือและการทะเบียนประวัติอาชญากร 2523 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

### ส่วนประกอบของหมึก

หมึกในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ หมึกพิมพ์ (Printing ink) และหมึก  
เขียน (Writing ink) ซึ่งหมึกพิมพ์เกิดจากการผสมสารหลายชนิดในอัตราส่วนที่แตกต่างกันเข้า  
ด้วยกัน ในส่วนผสมขององค์ประกอบที่ว่าจะเป็นอย่างไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. เป็นหมึกพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์ในระบบการพิมพ์ใด
2. ใช้สำหรับการป้อนแผ่นหรือป้อนม้วน
3. ใช้พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใด
4. ต้องการให้หมึกพิมพ์มีการแห้งตัวอย่างไร
5. สิ่งพิมพ์นั้นมีการนำไปใช้งานอย่างไร

หมึกพิมพ์จึงแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามระบบการพิมพ์ดังต่อไปนี้

1. เล็ตเตอร์เพรส (letterpress) หรือดรายออฟเซต (dry offset) หมึกพิมพ์ชนิดนี้มีสมบัติเหนียวและความหนืดค่อนข้างสูง การนำไปใช้งานให้ชั้นฟิล์มของหมึกพิมพ์หนา ไม่สามารถรวมตัวกับน้ำได้

2. ออฟเซต (offset) หมึกพิมพ์ชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน เนื่องจากต้องพิมพ์ด้วยความเร็วสูง หมึกพิมพ์ชนิดนี้จึงออกแบบมาเฉพาะให้มีสมบัติความหนืด ความเหนียวหนืด และสมบัติการรวมตัวกับน้ำของหมึกพิมพ์ ไม่ควรมีค่ามาก

- หมึกออฟเซตป้อนแผ่น หมึกพิมพ์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ออกแบบมาให้แห้งตัวด้วยวิธีออกซิเดชัน และแห้งตัวด้วยรังสียูวี

3. เฟล็กโซกราฟี (flexography) เป็นหมึกพิมพ์เหลวที่มีความหนืดต่ำที่ออกแบบมาใช้งานให้สามารถแห้งตัวด้วยวิธีการดูดซึมหรือการระเหย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ หมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลายและฐานยูวี

4. กราเวียร์ (gravure) เป็นหมึกพิมพ์เหลวที่แห้งตัวด้วยการระเหย ในประเทศไทยมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ

5. หมึกพิมพ์สกรีนหรืออนุดาผ้า (screen) ใช้กับเครื่องพิมพ์สกรีนที่มีความคล่องตัวสูงสามารถใช้พิมพ์ลงบนวัสดุพิมพ์ได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว ผนัง เซรามิก และไม้ รวมทั้งการพิมพ์โปสเตอร์ ป้ายตามท้องถนน บรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติก ขวดแก้ว พิมพ์บนเสื้อยืด เป็นต้น

6. หมึกพิมพ์พ่นหมึก (Inkjet ink) เป็นหมึกเหลวที่สามารถพ่นออกจากท่อพ่นหมึกของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันตามสำนักงาน บ้าน และแหล่งทำป้ายโฆษณาตามท้องถนน หมึกพิมพ์ชนิดนี้มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ หมึกฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และฐานยูวี

7. หมึกพิมพ์พิเศษ (specialty ink) ตัวอย่างหมึกพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ หมึกพิมพ์แววโลหะ หมึกพิมพ์แมกเนติก หมึกพิมพ์ป้องกันการปลอมแปลง และหมึกพิมพ์ฉลากพิเศษ เป็นต้น

ทั้งนี้ไม่ว่าหมึกพิมพ์จะผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในระบบการพิมพ์ที่ต่างกัน ก็ล้วนแต่มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 กลุ่มซึ่งบางครั้งเรียก สารเคลือบผิว คือ

1. สารให้สี (Colorant) มีหน้าที่ให้สีในหมึกพิมพ์ ทำให้เมื่อหมึกพิมพ์แห้งตัวบนวัสดุพิมพ์แล้ว ทำให้เกิดภาพปรากฏขึ้นมาได้ โดยทั่วไปได้แก่ ผงสี และสีข้อม ผงสีมีทั้งผงสีอินทรีย์ ได้แก่ ผงสีกลุ่มสีเหลืองโคอะริไลด์ ฮันซา ผงสีกลุ่มสีแดง ได้แก่ สีแดงพารา โทลูอิดีน ลิทอล โรดามีน เลกเรด ผงสีกลุ่มสีน้ำเงิน ได้แก่ สีน้ำเงินพทาโลไซยานิน อัลคาไลน์ ส่วนผงสีอนินทรีย์

ได้แก่ ผงสีขาวไทเทเนียมไดออกไซด์ ซิงก์ซัลไฟด์ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น ผงสีค่าส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอนแบล็ก ผงสีตะกั่ว ผงสีแคดเมียม ผงสีอัลตรามารีนบลู เป็นต้น ผงสีแวลโลหะ เช่น สีเงินก็มีสารโลหะอะลูมิเนียม สีทองก็ใช้สารผสมระหว่าง ทองเหลือง ทองแดงและโลหะอื่นๆ อีกเล็กน้อยเพื่อปรับเฉดสีให้สดใส ส่วนสีข้อมเป็นสารให้สีอีกประเภทหนึ่ง ที่ให้ค่าความเข้มของสีสูง ความโปร่งสูงมาก แต่ในปัจจุบันได้รับความนิยมใช้ลดลงเนื่องจากสีข้อมละลายได้ในตัวทำละลาย ทำให้กำจัดที่ยากและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมายตามมา

2. **ตัวพา (Vehicle)** เป็นของผสมระหว่าง สารยึดติด ตัวทำละลาย หรือน้ำมัน ตัวพานี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหมึกพิมพ์ ซึ่งจะมีผลต่อการแห้งตัวของหมึกพิมพ์และสภาพการไหลรวมทั้งความเหนียวหนืด ตัวพามีหลายประเภทได้แก่

2.1 น้ำมันไม่ซึกแห้ง หรือน้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไซเซอรส์ สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดในแลกเกอร์เหมาะสำหรับใช้พิมพ์บนวัสดุที่ดูดซึมดี เช่น กระดาษ หนังสือพิมพ์หรือ กระดาษบุรูป ตัวอย่างเช่น ปิโตรเลียม ออยล์ และ โรซิน ออยล์ เป็นต้น

2.2 น้ำมันซึกแห้ง หรือน้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งได้เร็วที่สุด กล่าวคือสามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงใช้ในหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยวิธีออกซิเดชัน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้น้ำมันลินซีด เนื่องจากมีความหนืดที่สามารถกำหนดค่าได้ มีสมบัติการเปียกผิววงสีได้ดี ช่วยให้การถ่ายโอนและการกระจายตัวของวงสีเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และสามารถยึดแน่นกับผิวกระดาษได้ดีอีกด้วย นอกจากนี้ได้แก่ น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันละหุ่ง น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปลา ในบางครั้งการใช้น้ำมันซึกแห้งอาจต้องมีส่วนผสมของสารยึดติดสังเคราะห์ผสมอยู่ด้วย เพื่อช่วยปรับปรุงสภาพผิวหน้าของชั้นฟิล์มหมึกพิมพ์ เช่น ความแข็งแรง ความมันวาว ความเรียบ เป็นต้น ซึ่งน้ำมันซึกแห้งที่ผสมกับสารเหล่านี้ เรียกรวมกันว่า วาร์นิช (Vanish)

2.3 สารยึดติดฐานตัวทำละลาย (Solvent resin) ใช้ในหมึกเหลวที่แห้งตัวด้วยการระเหย สำหรับหมึกกราเวียร์ ตัวทำละลายที่ใช้มักจะเป็นสารละลายไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำ ผสมรวมกับกัมและสารยึดติด หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี จะใช้ตัวทำละลายได้ทั้งแอลกอฮอล์ น้ำ และสารไฮระเหยต่างๆ ผสมสารยึดติดที่เหมาะสม ส่วนหมึกพิมพ์ออฟเซตมีส่วนผสมของสารยึดติดนี้รวมอยู่ด้วยกับสารตัวทำละลายอื่นๆ เพื่อควบคุมอัตราการระเหยให้เหมาะสม

2.4 ไกลคอล (Glycol) ใช้ในหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยออกซิเดชันหรือการตกตะกอน ผสมรวมกับสารยึดติดที่ไม่ละลายน้ำ ในขณะที่ไกลคอลสามารถละลายรวมกับน้ำได้

การแห้งตัวจะใช้ไอน้ำหรือละอองน้ำเป่าไปที่ผิวหน้าสิ่งพิมพ์ น้ำจะละลายไกลคอล ทำให้สารยึดติดแยกออกมาพร้อมกับ ผงสีไปตกตะกอนติดที่สิ่งพิมพ์ได้

2.5 ไดลูเอนต์ (Diluent) ใช้ในหมึกพิมพ์ยูวี ซึ่งตัวพาจะประกอบไปด้วยสารโมโนเมอร์และสารริเริ่มปฏิกิริยาไวแสง

2.6 กัมที่ละลายน้ำ (Water-soluble gum) เป็นตัวพาที่ออกแบบมาเฉพาะกับหมึกพิมพ์สีน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยกัม เช่น กัมอารบิก ละลายรวมตัวกับน้ำและกลีเซอริน หมึกพิมพ์ชนิดนี้ใช้พิมพ์งานสิ่งพิมพ์ประเภทกระดาษปิดฝาผนัง บัตรอวยพรต่างๆ

2.7 น้ำ (Water) เป็นตัวทำละลายที่สำคัญในหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้น้ำที่ใช้เป็นน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง

**3. สารเติมแต่ง (Additive)** เป็นสารที่เติมเข้าไปในหมึกเพื่อทำให้สมบัติบางอย่างดีขึ้น หรือเพื่อปรับหมึกพิมพ์ให้มีสมบัติดีขึ้น เมื่อนำไปใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์และเมื่อนำสิ่งพิมพ์ไปใช้งาน

3.1 สารทำแห้ง (Dryer) เป็นสารเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวพา สารที่ใช้เป็นประเภทแวกซ์ ได้แก่ พาราฟินแวกซ์ ไขผึ้ง คาร์นูบาแวกซ์ ฟือแวกซ์ ทำหน้าที่ป้องกันซับหลัง และไม่ให้แผ่นกระดาษซ้อนติดกันในกองกระดาษ ทั้งยังช่วยต้านการเกิดรอยขีดข่วนได้ด้วย ปัจจุบันสารเร่งแห้งมักเตรียมจากเกลือโลหะของกรด เช่น กรดแนฟทีนิก (Naphthenic acid) เป็นผลพลอยได้จากการทำน้ำมันปิโตรเลียมให้บริสุทธิ์ ประกอบไปด้วยไซโคลเพนเทน ไซโคลเฮกเซน และกรดคาร์บอซิลิกเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณของแนฟทีนิกที่มีอยู่ในน้ำมันปิโตรเลียมขึ้นอยู่กับแหล่งของน้ำมัน กรด 2-เอทิลเฮกโซอิก (2-Ethylhexoic acid) หรือกรดออกโทอิก (Octoic acid) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ในที่ที่อากาศเข้าไม่ได้ เป็นสารไม่มีสี และมีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง และกรดไขมันจากน้ำมันทอลล์ (Tall oil fatty acid) มีราคาถูก สีซีดและทนทานดี แต่จะเป็ยกและเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับผงสีได้ยากกว่าแนฟทีนิก

3.2 สารป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-oxidant) ใช้ผสมเมื่อหมึกพิมพ์มีการแห้งตัวเร็วเกินไป

3.3 สารป้องกันรังสียูวี (UV stabilizer) ใช้ผสมเมื่อต้องการเพิ่มคุณภาพของหมึกพิมพ์ให้สามารถใช้งานภายนอกได้ยาวนานยิ่งขึ้น

3.4 สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เป็นสารที่ช่วยเพิ่มสมบัติการเปียกผิวของหมึกพิมพ์และการกระจายตัวของผงสีให้ดียิ่งขึ้น

3.5 สารกำจัดฟอง (Defoamer) เป็นสารที่ใช้เพื่อกำจัดฟองที่เกิดขึ้นทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์และงานพิมพ์

3.6 สารริเริ่มปฏิกิริยาไวแสง (Photoinitiator) เป็นสารเคมีเฉพาะใช้กับหมึกพิมพ์ยูวีเท่านั้น ทำหน้าที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่ออนุจนกระทั่งหมึกพิมพ์แห้งตัวบนงานพิมพ์

3.7 สารเพิ่มความขาวสว่าง (Whitening agent) ใช้เมื่อต้องการให้งานพิมพ์บริเวณสีขาวมีความขาวนวลสว่างยิ่งขึ้น

หมึกพิมพ์ทุกชนิดต้องมีองค์ประกอบหลักทั้งสาม แต่สัดส่วนและรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าหมึกพิมพ์นั้นผลิตขึ้นตามปัจจัยใดที่ได้กล่าวมา เดิมที่เราต้องอาศัยหมึกพิมพ์นำเข้าจากต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันมูลค่าการนำเข้าหมึกพิมพ์ของประเทศไทยนั้นลดลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากสามารถขยายการผลิตหมึกพิมพ์ใช้ ในประเทศได้เพียงพอยิ่งขึ้น รวมทั้งมาตรฐานการผลิตหมึกพิมพ์ในประเทศก็สามารถยกระดับเทียบกับหมึกพิมพ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ (ธีระ ตั้งวิชาชาญ 2539 : 220-239)

หมึกพิมพ์ที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีคุณสมบัติการไหลที่ดี กล่าวคือ จะต้องไหลได้ดีจากรางหมึกผ่านไปตามลูกกลิ้งหมึกต่างๆ ของเครื่องพิมพ์ เพื่อส่งต่อไปยังแม่พิมพ์ได้ตลอดเวลาอย่างเหมาะสม ทั้งนี้หมายความว่าหมึกพิมพ์จะต้องมีความข้นเหลว เหนียวหนืด เหมาะสมสำหรับเครื่องพิมพ์แต่ละระบบ หากหมึกพิมพ์มีความข้นเหลว เหนียวหนืดไม่เหมาะสม มันจะไหลถ่ายเทไปถึงแม่พิมพ์ได้ไม่ดี ในบางขณะหมึกอาจจะหยุดไหลบนเครื่องพิมพ์ทำให้ภาพพิมพ์จางซีดไปทั้งแผ่นหรืออาจไปบางส่วน

2. แท็ค (Tack) หรือความเหนียวเหนอะหนะที่เหมาะสม ขอให้นึกถึงกาวหรือของประเภทตังเม แล้วจะเข้าใจคำว่าแท็คได้ดีขึ้น คำว่าแท็คหมายถึง แรงยึดระหว่างอนุภาคในของที่เหนียวๆ ดังนั้น แท็คยิ่งมากย่อมหมายถึงแรงยึดระหว่างอนุภาคมาก เมื่อเราเอานิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้คีบตังเม และแยกสองนิ้วออกจากกันจะรู้สึกว่ามีความเหนียวเหนอะหนะเพราะจะต้องออกแรงดึงให้ตังเมขาดจากกัน แต่ถ้าท่านเอามือแตะน้ำจะไม่รู้สึกว่ามีความเหนียวเหนอะหนะ หมึกพิมพ์ก็เช่นเดียวกันเป็นของผสมที่มีแท็ค แต่แท็คของหมึกพิมพ์จะต้องมีค่าที่เหมาะสม ไม่สูงจนเกินไปนัก เพราะถ้าหมึกพิมพ์มีค่าแท็คสูงจนเกินแรงยึดเหนียวระหว่างหมึกกับกระดาษ เมื่อพิมพ์ไปบนกระดาษแล้ว ในระหว่างที่กระดาษจะแยกตัวจากแม่พิมพ์ หมึกพิมพ์จะไม่ขาดตัวระหว่างตัวเองแต่ มันจะดึงผิวกระดาษให้หลุดออกมา ทำให้ส่วนที่เป็นภาพนั้นๆ หลุดไปเป็นปรากฏการณ์ที่ทางการพิมพ์เรียกว่า การดึงอนที่ผิว

3. มีความคงทนต่อเคมีภัณฑ์ต่างๆ และแสงสว่างได้ดี หมึกที่จำหน่ายในท้องตลาดมีราคาถูกแพงแตกต่างกัน เพราะหมึกชนิดหนึ่งจะมีความคงทนต่อเคมีภัณฑ์ และแสงสว่างดีกว่าหมึกอีกชนิดหนึ่งมาก คือหมึกชนิดหนึ่งทำจากตัวพาและผงสีซึ่งมีคุณภาพสูงกว่าหมึกอีกชนิดหนึ่ง

ตัวพาและผงสีคุณภาพดีย่อมมีราคาแพง หมึกพิมพ์ที่มีราคาถูกที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด มีความคงทนต่อแสงสว่างต่ำ เมื่อถูกแดดเพียงระยะเวลาไม่นานสีก็จะจางซีดไป หรือมีฉะนั้น เมื่อถูกกับเคมีภัณฑ์ บางตัวผงสีก็จะละลายและออกมาทำให้ภาพพิมพ์เสียไป หมึกพิมพ์จะมีความคงทนกับเคมีภัณฑ์ต่างๆ และแสงสว่างได้ดีขึ้นอยู่กับผงสีและตัวพาที่ใช้

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่า การเลือกใช้หมึกพิมพ์ในการพิมพ์ทั้งหลายจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นประการสำคัญ และราคาเป็นอันดับรอง จะเห็นได้ว่าหมึกพิมพ์ชนิดใด จะต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่มีคุณสมบัติดีทั้งในด้านความทนทานต่อแสงสว่าง และเคมีภัณฑ์ เพราะถ้าชนิดใดถูกแสงสว่างแล้วซีดไป ก็จะทำให้เป็นที่สงสัยได้ว่าอาจเป็นชนิดที่ปลอม แต่ในทางตรงข้ามหมึกพิมพ์หนังสือพิมพ์จะเป็นหมึกที่มีคุณภาพด้อยที่สุดดังที่ได้กล่าวมา

#### กรรมวิธีในการผลิตสี (ดำเนิน คงพาลา 2548 : 21)

กระบวนการผลิตหมึกพิมพ์มีแนวทางควบคู่กับกระบวนการผลิตสี ผู้วิจัยจึงนำเทคนิคของการผลิตสีก็คือ การตีหรือการกระจายอนุภาคของผงสีในเรซิน และตัวทำละลายบางส่วน เพื่อให้ผงสีเม็ดเล็กๆ แยกออกจากกัน กระจายไปทั่วโดยไม่เข้ามาเกาะรวมกันอีก โดยมีตัวเรซินจะเป็นตัวยึดกันเอาไว้ จากนั้นก็เติมเรซินและตัวทำละลายเพิ่มตามความต้องการ พร้อมทั้งใส่สารเติมพิเศษลงไป แล้วตีกวนให้เข้ากัน การผลิตสีดังกล่าวมีกรรมวิธี ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิต ดังนี้

(1) การผสม (Premixing) เป็นการนำผงสีและส่วนประกอบที่เป็นของเหลว เช่น สารยึดตัวทำละลายหรือตัวกลางบางส่วน ผสมเข้าด้วยกัน

(2) การบด (Grinding) เป็นการทำให้อนุภาคของผงสีมีขนาดเล็กลงตามต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้ผงสีเกิดการเปียกและกระจายตัวได้ดี ในขั้นตอนนี้อาจมีการเติมส่วนประกอบที่เป็นของเหลวที่เหลือลงไปอีกหรือไม่ก็ได้

(3) การปรับความข้นเหลว (Adjustment of consistency) โดยการเติมสารยึด สารเติมแต่ง และตัวทำละลายที่เหลือลงไป

(4) เทียบสีของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตรงตามสีมาตรฐาน ในการเทียบสีนี้ ประเทศอังกฤษใช้คำศัพท์ว่า Tinting ส่วนในอเมริกาใช้คำศัพท์ว่า Shading

(5) ควบคุมคุณภาพ (Quality control) ให้มีคุณสมบัติต่างๆตรงตามมาตรฐานที่ได้ระบุไว้

(6) บรรจุ (Filling) ในภาชนะหรือกระป๋องที่มีขนาดต่างๆ ตามต้องการ

## 1. เครื่องผสม (Premixers)

เครื่องมือที่ใช้ในการผสมสีมีหลายชนิด ทั้งชนิดแนวนอนและชนิดแนวตั้ง สำหรับ เครื่องผสมสีที่ใช้กันทั่วไป มีดังนี้

### 1.1 Horizontal pug

เครื่องผสมชนิดนี้ใช้สำหรับผสมสารที่มีความเข้มข้นสูงมาก เช่น พัตตี (Putty) และสตอปเปอร์ (Stopper) เป็นต้น เครื่องมือประกอบด้วยอ่างยาวทำด้วยเหล็กรูปตัว U (U-shape steel trough) ภายในอ่างมี แกนพร้อมใบพัดซึ่งหมุนในแนวนอน 2 แกน สำหรับกั้นอ่างมีการออกแบบพิเศษเพื่อให้การผสม สามารถทำได้ทั่วถึง

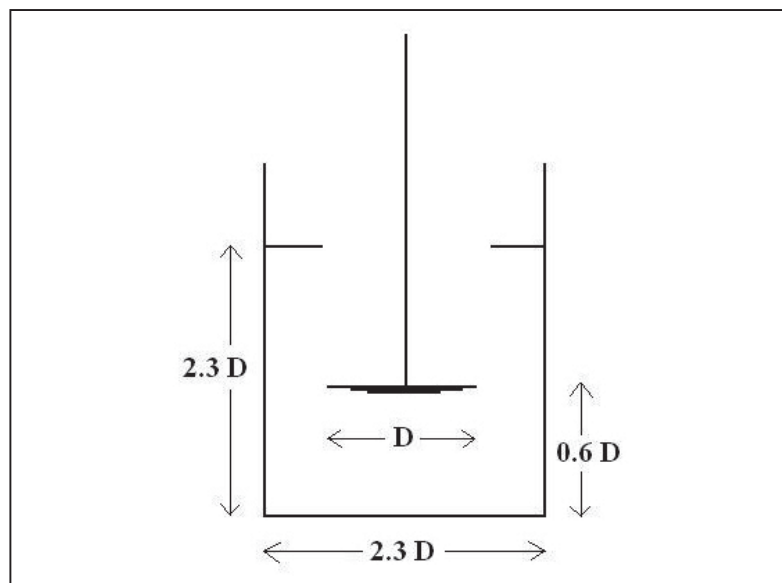
### 1.2 Vertical premixer

เครื่องผสมชนิดนี้ประกอบด้วย เครื่องกวนซึ่งประกอบด้วยแกนใบพัดรูปตัว U ที่ปลายแกน สามารถปรับระดับให้สูงหรือต่ำภายในภาชนะผสมได้ ดังนั้น ภาชนะที่ใช้จึงสามารถเลือกขนาดต่างๆ กันได้ เครื่องกวนชนิดนี้กวนอย่างช้าๆ จึงเหมาะสำหรับการผสมผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นสูง

### 1.3 High-Speed Impellers

ในการใช้เครื่องผสมชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ระดับสีที่บรรจุในภาชนะผสม ควรมีระยะเท่ากับความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะผสม ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลาง ของใบพัดควรเท่ากับ  $1/3 - 1/2$  ของความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะผสม และระดับของ ใบพัดควรสูงขึ้นมาจากก้นภาชนะผสมเป็นระยะทางเท่ากับ  $1/3$  ของระดับสี (ภาพที่ 2) เครื่องผสม ชนิดนี้จะใช้ดีกรีของการกระจายตัวของผงสีสูง



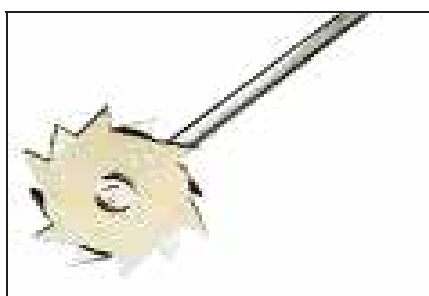


ภาพที่ 2 ขนาดของ High-speed impeller ที่มีประสิทธิภาพสูง

ที่มา: อรยา สรวารี, สารเคลือบผิว, (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537), 128-129.

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนนิเทศน์

สำหรับใบพัดที่ใช้กับ High-speed impeller ที่นิยมใช้กันมาก ทำจากแผ่นเหล็กกลม และที่ขอบมีลักษณะเหมือนฟันปลา (Steel disc with a scrated edge)



ภาพที่ 3 ใบพัดที่นิยมใช้กับ High-speed impeller

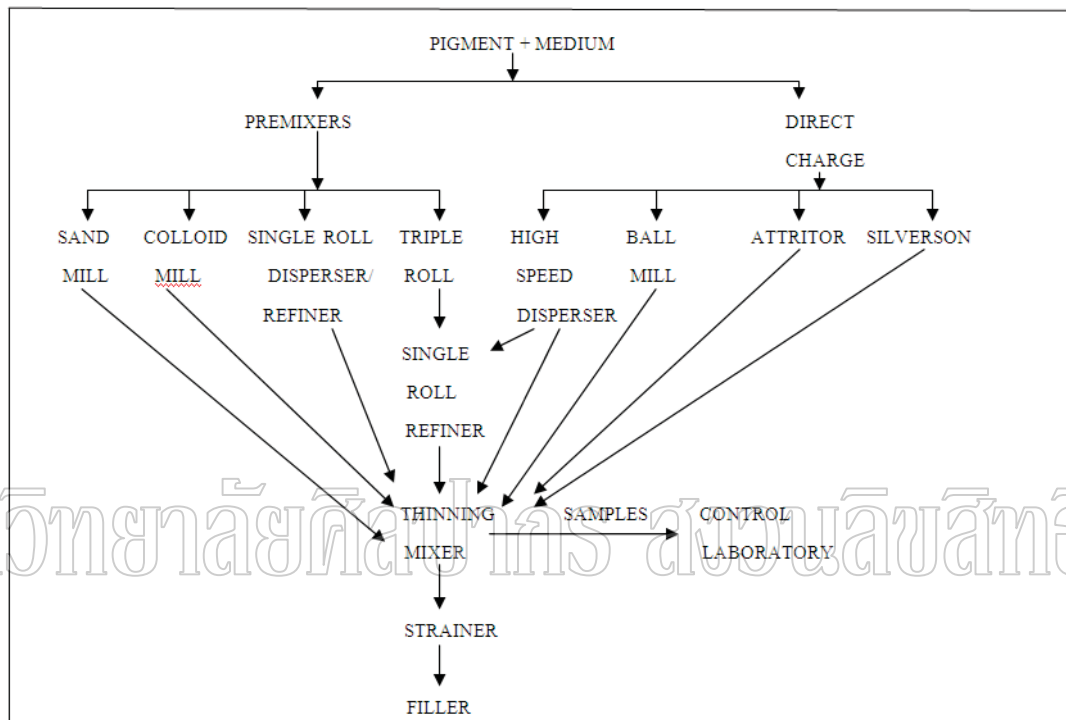
ที่มา : Products, overhead-stirrers [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.heidolph-instruments.com>

## 2. เครื่องบด (Dispersing Mills)

เครื่องบด แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ



- (1) เครื่องบดที่ต้องทำการผสมผลิตภัณฑ์มาก่อนทำการบด (Dispersing mills requiring premixes)
- (2) เครื่องบดที่สามารถนำวัตถุดิบทั้งหมดมาใส่ในภาชนะบดของเครื่อง แล้วบดได้เลย (Direct charge mills)

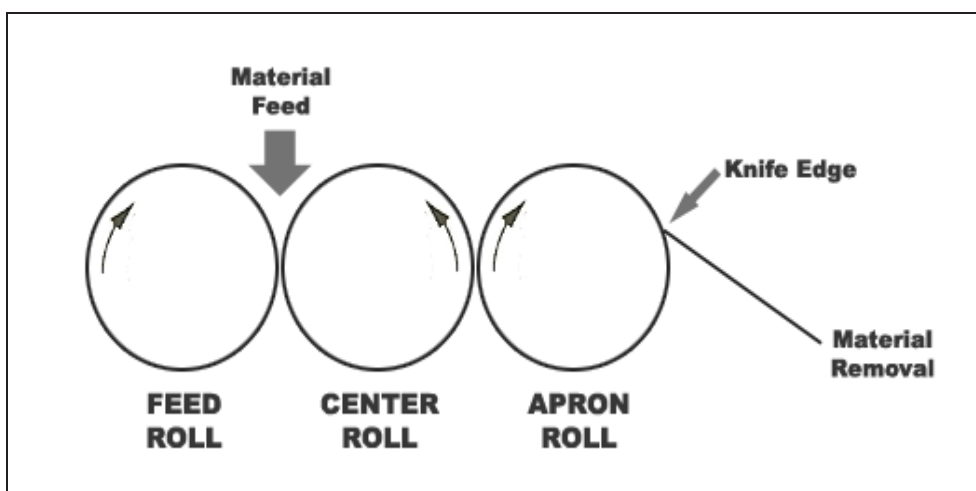


ภาพที่ 4 เครื่องบดสีชนิดต่างๆ

ที่มา : อรษา สรวารี, สารเคลือบผิว (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2537), 128-129.

### 2.1 Triple Roll Mill

รูปแสดงเครื่อง Triple roll mill เครื่องบดชนิดนี้ ประกอบด้วยลูกกลิ้งขนาด 3 ลูกเท่ากัน ซึ่งโดยปกติขนาดของลูกกลิ้งที่ใช้กันทั่วไปคือ เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 25-40 เซนติเมตร (10-16 นิ้ว) และยาว 60-120 เซนติเมตร (24-48 นิ้ว)



ภาพที่ 5 Triple Roll Mill

ที่มา : Wiki, [Three roll mill](http://en.wikipedia.org/wiki/Three_roll_mill) [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/>

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวิจัยสัตว์

ลูกกลิ้ง 3 ลูกของเครื่องบดนี้ หมุนด้วยอัตราความเร็วที่ต่างกัน และหมุนในทิศทางดังแสดงไว้ในรูป กล่าวคือลูกกลิ้งลูกหลัง (Feed roll) หมุนช้าที่สุด และลูกกลิ้งลูกหน้า (Apron roll) หมุนเร็วที่สุด โดยลูกกลิ้งลูกหลังและลูกกลาง (Center roll) จะหมุนเข้าหากัน ในขณะที่ลูกกลิ้งลูกหน้าและลูกกลาง จะหมุนออกจากกัน โดยปกติอัตราการหมุนของลูกกลิ้ง 3 ลูกนี้จะเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 1:3:9 และสำหรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกหลังและลูกกลาง จะมากกว่าช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกหน้าและลูกกลาง

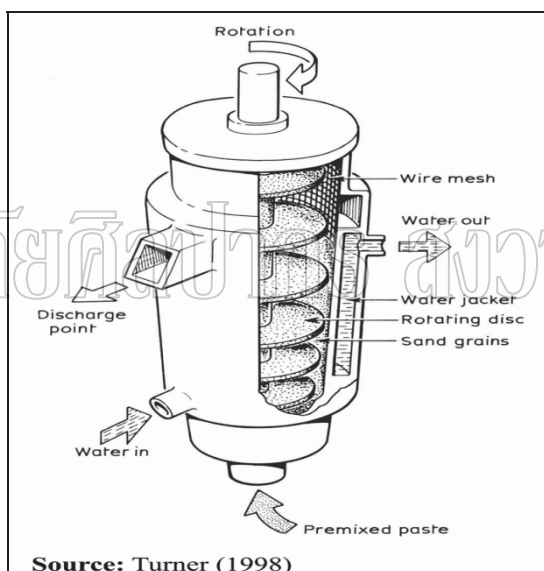
การบดจะเกิดขึ้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผสมแล้ว นำไปบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกหลังและลูกกลางก่อน แล้วจึงจะถูบบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกกลางและลูกหน้า ดังนั้นช่องว่างเล็กลงเท่าไร การบดจะยิ่งบดได้ละเอียดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ถูบบดแล้วจะไหลผ่านลูกบดลูกหน้าผ่าน Knife Edge แล้วไหลไปเก็บในถาดเก็บ หรือภาชนะที่บรรจุรองรับอยู่ใต้ Knife Edge

เนื่องจากการบดด้วยเครื่อง มีข้อจำกัดบางประการ เช่นบดได้ช้า การบำรุงรักษาและการทำความสะอาดมีข้อยุ่งยาก นอกจากนี้เครื่องบดชนิดนี้ยังไม่เหมาะกับการบดผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยตัวทำละลายที่ระเหยง่าย ดังนั้น ปัจจุบันนี้จึงไม่นิยมใช้เครื่อง Triple roll mill ใน

อุตสาหกรรมสี แต่ยังมีการใช้เครื่องบดชนิดนี้กันบ้างในอุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ และอุตสาหกรรมที่ผลิตสารที่มีความข้นสูง

## 2.2 Sand mill

ประสิทธิภาพของเครื่องบดซึ่งทำให้ผงสีกระจายตัว จากการเคลื่อนที่ของลูกบดนั้น วัดได้จากอัตราการกระจายตัวของผงสี ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบดมีขนาดเล็กลง โดยการใช้ลูกบดทรงกลมที่มีขนาดเล็กมากๆ และกวนในอัตราความเร็วสูงจะทำให้ผงสีที่มีการกระจายตัวในตัวกลางได้ดีและรวดเร็ว



ภาพที่ 6 Sand mill

ที่มา : Turner, Pain [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.madehow.com>

เครื่อง Sand mill ประกอบด้วยภาชนะรูปทรงกระบอกในแนวตั้ง และมีน้ำหล่อเลี้ยงภายนอก (Vertical water - cooled cylindrical chamber) กลางภาชนะมีแกนพร้อมแผ่นกลมหลายแผ่น (ดูภาพที่ 6) ซึ่งหมุนด้วยอัตราความเร็วสูง ภายในภาชนะบรรจุทรายซึ่งมีความละเอียด 20 - 40 mesh หรือลูกแก้ว (Glass ballotini) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตร

เมื่อจะทำการบด ผงสีและตัวกลางซึ่งผ่านงานการผสมมาแล้ว จะถูกสูบเข้าไปที่ก้นของภาชนะ จากนั้นผลิตภัณฑ์ผสมจะถูกสูบขึ้นไปทางด้านบนของภาชนะโดยอาศัยการหมุนของแกน โดยวิธีนี้ผงสีจะถูกทำให้กระจายเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้น ในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์ผสมถูกสูบขึ้นไปจนกระทั่งถึงด้านบนสุดของภาชนะ สูดผลิตภัณฑ์ออกไปเก็บในถังหรือภาชนะอื่นๆโดยผ่านตะแกรง เพื่อกรองไม่ให้ลูกแก้วหลุดปะปนมากับผลิตภัณฑ์ด้วย

การใช้เครื่อง Sand mill สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การทำความสะอาดเครื่องก็ทำได้ง่าย โดยผ่านตัวทำละลายเข้าไปจากก้นภาชนะ ดังนั้นจึงนิยมใช้เครื่อง Sand mill ในการบดสีกันอยู่จนถึงปัจจุบันนี้

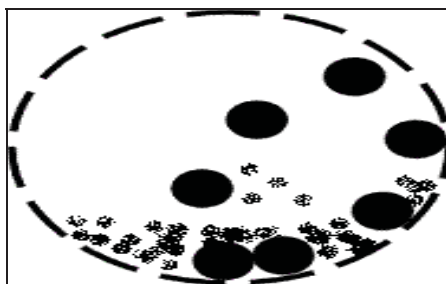
### 2.3 Horizontal Bead Mill

เครื่องบดชนิดนี้มีหลักการเช่นเดียวกับเครื่อง Sand mill แต่แตกต่างกันตรงที่ภาชนะรูปทรงกระบอกซึ่งใช้ในการบดและทำให้ผงสีกระจายตัวตั้งอยู่ในแนวนอน

### 2.4 Ball mill

เครื่องบดชนิดนี้ ประกอบด้วยหม้อบดรูปทรงกระบอก ทำด้วยเหล็กหรือเซรามิกและหมุนในแนวนอน สำหรับหม้อบดที่ทำด้วยเหล็กลูกบดที่บรรจุภายในจะเป็นลูกเหล็กและบดได้เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มเท่านั้น แต่ถ้าเป็นหม้อบดที่ทำด้วยเซรามิกลูกบดที่บรรจุภายในจะทำด้วยเซรามิก เช่น สตีไทต์ (Steatite) อะลูมินาหรือพอร์ซเลน และสามารถบดผลิตภัณฑ์สีขาวและสีอ่อนได้ แต่ดีกรีของการกระจายของผงสีจากการใช้หม้อบดเซรามิกจะต่ำกว่าการใช้หม้อบดที่ทำด้วยเหล็ก

ในการใช้งาน นำวัตถุบดทั้งหมดและลูกบดใส่ลงในหม้อบด (ดูภาพที่ 8) วางหม้อบดลงบนแกนของเครื่องวางโดยวางในแนวนอน เปิดสวิทซ์ทำให้แกนของเครื่องวางหมุน ซึ่งทำให้หม้อบดหมุนตามไปด้วย ระหว่างการหมุนของหม้อบดวัตถุบดและลูกบดจะเกิดการเหวี่ยงไปมา การบดจะเกิดขึ้นเนื่องจากการกระทบกันระหว่างวัตถุบดและลูกบดที่กลิ้งไปตลอดเวลา พร้อมกับเกิดการเสียดสีระหว่างลูกบดและผนังหม้อบดด้วย ดังนั้นถ้าใช้หม้อบดที่ทำด้วยเหล็กอาจมีเหล็กเข้าไปเจือปนกับผลิตภัณฑ์ทำให้สีเข้มขึ้น



ภาพที่ 7 แสดงการหมุนของ Ball mill

ที่มา : Ball-mill, Mining-equipment [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://diqky.blogspot.com>.



ภาพที่ 8 Ball mill

ที่มา : Assets, Grate Ball Mill [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.miningbasics.com>

ประสิทธิภาพในการบดของ Ball mill ขึ้นกับแฟกเตอร์หลายประการดังนี้ คือ

- (1) อัตราการหมุนของหม้อบด
- (2) ขนาด ปริมาณ และธรรมชาติของลูกบด
- (3) ปริมาณและความชื้นเหลวของวัสดุที่นำมาบด

สำหรับอัตราการหมุนที่เหมาะสมของหม้อบดจะอยู่ในช่วง 50 -60% ของอัตราเร็ว

วิกฤติ (Critical speed) ซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราเร็ววิกฤติได้จากสูตร

อัตราเร็ววิกฤติ =  $54.18 / \sqrt{r}$  เมื่อ r คือรัศมีภายใน (ฟุต) ของหม้อบด

อัตราเร็ววิกฤติ หมายถึง อัตราเร็วต่ำสุดที่ทำให้ลูกบดเหวี่ยงไปมาได้ โดยอาศัยแรงหนี

ศูนย์กลาง (Centrifugal force)

สำหรับลูกบดที่ใช้จะมีขนาดเท่าใดนั้น ขึ้นกับความหนาแน่นของลูกบดและขนาดของหม้อบด โดยปกติลูกเหล็กที่ใช้กันทั่วไปจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นลูกบดพอร์ซีเลนจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 – 3.5 เซนติเมตร ส่วนปริมาณของลูกบดที่ใช้ในการบดจะอยู่ในช่วง 40 – 50 % ของปริมาตรหม้อบด ในกรณีที่เป็นลูกเหล็กจะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าคือ ประมาณ 35 – 40 %

ในการบดด้วย Ball mill อัตราส่วนระหว่างผงสีและสารยึดหรือตัวกลาง ขึ้นกับธรรมชาติของผงสีและสารยึดหรือตัวกลาง การหาอัตราส่วนดังกล่าวนี้สามารถหาได้โดยอาศัยกรรมวิธีที่เรียกว่า Daniel flow – point method ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ เตรียมสารละลายของสารยึดที่เข้มข้นต่างๆกัน คือที่ 10 – 30 % จากนั้นนำผงสีหนัก 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วยสารละลายของสารยึดที่เตรียมไว้แล้ว โดยเริ่มจากสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำที่สุดก่อน ระหว่างไตเตรตให้ใช้แท่งแก้วคนคนของผสมในบีกเกอร์ตลอดเวลา ไตเตรตจนกระทั่งของผสมที่หยดลงมาจากปลายแท่งแก้วที่ใช้คน มีลักษณะเหมือนโคลนเหลว (Slurry)

## 2.5 Attritor Mill

เครื่องบดชนิดนี้มีลักษณะเหมือน Ball mill แต่หมุนได้ในแนวตั้ง (Vertical ball mill) กล่าวคือประกอบด้วยหม้อบดรูปทรงกระบอก ซึ่งปกติทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมและภายในบรรจุลูกบด ในการบดวัสดุที่ต้องการบดจะถูกกววนพร้อมลูกบด โดยการหมุนของแกนหมุนภายในซึ่งลูกบดที่ใช้อาจเป็นลูกเหล็กหรือลูกสตีไทต์ และมักมีขนาดเล็กกว่าลูกบดที่ใช้กับเครื่อง Ball mill การใช้งานของเครื่อง Attritor Mill และเครื่อง Ball mill คล้ายกันมาก เช่น วัสดุที่จะนำมาบดไม่จำเป็นต้องผ่านการผสมมาก่อน นอกจากนี้ปริมาณของลูกบดและอัตราส่วนระหว่างผงสีและสารยึดที่ใช้ก็เท่ากัน ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างเครื่องบด 2 ชนิดนี้ คือเครื่อง Attritor Mill จะบดได้เร็วกว่า ทำให้ดีกรีของการกระจายผงสีสูงในเวลาสั้นๆ



ภาพที่ 9 Attritor Mill

ที่มา : Alibaba, Attritor mill [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.alibaba.com>

## 2.6 High Speed Dispenser

เครื่องบดชนิดนี้ ประกอบด้วยแกนพร้อมใบพัดทำจากแผ่นเหล็กกลม และมีลักษณะเหมือนฟันปลาที่ขอบ แกนต่อกับมอเตอร์ซึ่งจะเป็นตัวปรับอัตราการหมุนของแกน ในการใช้เครื่องบดชนิดนี้ นำสารยึดบางส่วนใส่ในภาชนะบด เปิดสวิทช์มอเตอร์ให้แกนหมุนจากนั้นจึงใส่ผงสีที่ละเอียดละน้อย จนกระทั่งได้ของผสมที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เรียกของผสมที่ได้นี้ว่า มิลล์เบส (Mill base) ค่อยๆ เจือจาง มิลล์เบสด้วยสารยึดที่เหลือจากทินเนอร์ ในระหว่างการกวน จะมีความร้อนเกิดขึ้น ดังนั้นภาชนะบรรจุจะต้องหล่อเย็น

เนื่องจากการใช้เครื่อง High Speed Dispenser ทำได้ง่าย จึงนิยมใช้กันมากสำหรับการผลิตสีเคลือบเงา (Gloss finishes) จากผงสีที่มีความละเอียดมากๆ นอกจากนี้ยังนิยมใช้เครื่อง High Speed Dispenser สำหรับผสมวัสดุก่อนนำไปบดด้วยเครื่อง Sand mill

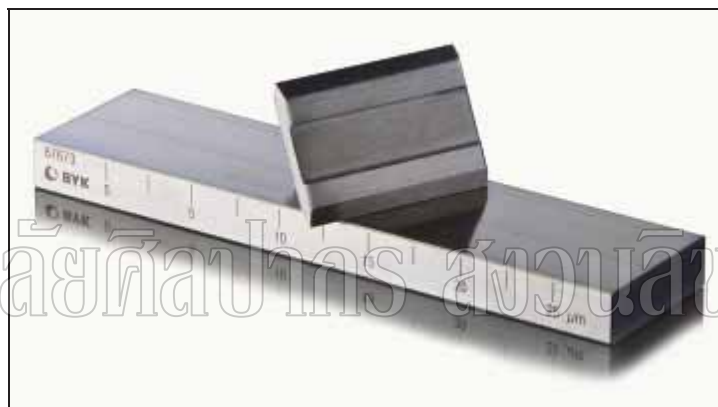
## 3. การทดสอบสารเคลือบผิวในสถานะของเหลว (Tests on liquid coatings)

### 3.1 ความละเอียด (Fineness of Dispersion or Fineness of Grind)

ความละเอียด หมายถึง การวัดความละเอียดของสารตัวอย่าง โดยการปาดสารตัวอย่างให้เป็นฟิล์มบางๆ ลงบนเครื่องวัดความละเอียด (Grindometer) ซึ่งมีความหนาที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 100-0 ไมครอน วิธีนี้สามารถที่จะตรวจสอบขนาดของเม็ด (Graining) เล็กๆ ที่

ปรากฏได้โดยอ่านค่าความหนาของฟิล์มที่ได้ ในการผลิตสีชั้นแรกจะเป็นการบดผงสีซึ่งอยู่ในสารยึด หรือตัวกลางด้วยเครื่องบดชนิดต่างๆกัน จนกว่าผงสีจะมีความละเอียดตามต้องการ จึงเติมองค์ประกอบที่เหลือของสีลงไป แล้วบดผสมต่อไปจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ ความละเอียดมีค่าเป็นหน่วยไมโครเมตร

เครื่องวัดความละเอียดทำจากเหล็กกล้าชุบแข็ง ยาวประมาณ 175 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 65 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 13 มิลลิเมตร ที่ผิวด้านหน้าด้านบนของแท่งเหล็กมีร่องหนึ่งหรือสองร่อง กว้างประมาณ 12.5 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 140 มิลลิเมตรขนานกับด้านยาวของแท่งเหล็ก แต่ร่องมีความลึกจากมากไปหาน้อย เช่น ตั้งต้นความลึกที่ 25 50 100 ไมโครเมตรที่ปลายด้านหนึ่งไปจนถึง 0 ไมโครเมตรที่ปลายอีกด้านหนึ่ง และมีขีดแสดงความละเอียด



ภาพที่ 10 Grindometer

ที่มา : Instruments, [Fineness-of-grind-gages-hegman-gages](http://www.byk.com) [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.byk.com>

### วิธีทดสอบ

1. วาง Grindometer ที่ทำความสะอาดแล้วลงบนพื้นที่เรียบไม่ลื่น โดยให้ด้าน 0 ไมครอนเข้าหาผู้ทดสอบ
2. หยดสารตัวอย่างพอประมาณลงบนร่องด้านลึก (100 ไมครอน)
3. ใช้ Sculper วางให้สัมผัสกับสารตัวอย่างแล้วลากไปตามร่องจนถึง 0 ไมครอน โดยในการลาก Sculper ควรลากครั้งเดียวไปจนตลอดความยาวในเวลา 1 วินาที ด้วยความเร็วคงที่



4. ตั้งเกณฑ์การกระจายตัวของ Graining หรือลายเส้นที่ปรากฏบนรอยโดยพิจารณา 2 แบบ คือ

วิธีที่ 1 พิจารณาการกระจายตัวของ Graining ค่าที่ได้เป็นบริเวณที่เริ่มเห็น Graining

วิธีที่ 2 พิจารณาลายเส้นที่เกิดขึ้นโดยค่าที่อ่านได้ จะเป็นบริเวณที่มีขนาดเล็กมากที่สุดที่เกิดเส้นขึ้นได้ไม่เกิน 3 เส้น (Easonpaint 2010)

### 3.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลของของเหลว การวัดความหนืดสามารถกระทำได้หลายวิธี เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืดเรียกว่า มาตรฐานความหนืดหรือวิสโคมิเตอร์ (Viscometer) ในการวัดความหนืดไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม อุณหภูมิมาตรฐานที่กำหนดให้ใช้คือ 25 องศาเซลเซียส

โดยปกติสารเคลือบผิวหาได้ในหน่วยพอยส์ (Poise) โดยที่น้ำจะมีความหนืดประมาณ 0.01 พอยส์หรือ 1 เซนติพอยส์ แต่มาตรฐานความหนืดบางประเภทจะวัดการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง กล่าวคือ อัตราการไหลหาได้จากอัตราส่วนของความหนืดต่อความหนาแน่น ความหนืดที่ได้จากการวัดโดยวิธีการแบบนี้เรียกว่า ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic viscosity) มีหน่วยเป็นสโตกส์ (Stokes) หรือตารางเซนติเมตรต่อวินาที

ก ก ก ก ก ก ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยสโตกส์และหน่วยพอยส์แสดงได้ดังนี้

$$\text{ความหนืดคิเนมาติก (สโตกส์)} = \frac{\text{ความหนืดไดนามิก (พอยส์)}}{\text{ความหนาแน่น (กรัม/ซม}^3\text{)}}$$

มาตรฐานความหนืด มีหลายชนิดดังนี้คือ

3.1.1 บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (Bubble Viscometer) มาตรฐานความหนืดชนิดนี้ นิยมใช้วัดความหนืดของน้ำมันและสารยัด ชนิดที่รู้จักกันดีที่สุดคือการ์ดเนอร์ – โฮลท์บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (Gardner – Holdt Bubble Viscometer) ซึ่งประกอบด้วยหลอดมาตรฐานที่ฝาหลอดถูกผนึกแล้ว (Sealed) จำนวน 41 หลอด แต่ละหลอดมีอักษรภาษาอังกฤษที่ผนังภายนอกแสดงความหนืดของของเหลวที่บรรจุไว้ภายในตั้งแต่อักษร A -5 ถึง Z - 10 โดยที่ของเหลวที่บรรจุในหลอดอักษร A -5 มีความหนืดต่ำ

ที่สุด และของเหลวที่บรรจุในหลอด Z-10 มีความหนืดสูงที่สุด ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนืดคิเนมาติกของของเหลวในหลอดมาตรฐานทั้ง 41 หลอด



ภาพที่ 11 Bubble Viscometer

ที่มา : Kohsieh, Bubble Viscometer [Online], accessed 7 May 2010. Available <http://www.kohsieh.com>.

มาตรฐานความหนืดชนิดนี้อาศัยหลักการว่า ความหนืดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราความเร็วของฟองอากาศ กล่าวคือของเหลวที่บรรจุอยู่ในหลอดมาตรฐานมีปริมาณพอดีที่จะทำให้เกิดฟองอากาศเหนือระดับของเหลวเมื่อถูกพลิกกลับไปกลับมา และเมื่อกลับหลอดของเหลวก็จะไหล อัตราการไหลหรือความเร็วของการเคลื่อนที่ของฟองอากาศที่เกิดขึ้น จะแปรโดยตรงกับความหนืดของของเหลว ยิ่งของเหลวมีความหนืดเพิ่มขึ้น ฟองอากาศก็จะเคลื่อนที่ได้ช้าลง

การวัดความหนืดของสารเคลือบผิว ทำได้โดยบรรจุสารเคลือบผิวในหลอดทดลองที่มีขนาดเดียวกับหลอดมาตรฐานในปริมาณที่เท่ากับของเหลวในหลอดมาตรฐาน ปิดฝาหลอดทดลองด้วยจุกคอร์กจากนั้นกลับหลอดทดสอบและหลอดมาตรฐานในเวลาเดียวกัน เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในหลอดทดสอบว่า จะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับหลอดมาตรฐานใดมากที่สุด ความหนืดของสารเคลือบผิวก็คือ ความหนืดของของเหลวในหลอดมาตรฐานหลอดที่มีการเคลื่อนที่ของฟองอากาศเท่ากับของหลอดทดสอบนั่นเอง

เนื่องจากการวัดความหนืดด้วยวิธีแบบนี้ เป็นการวัดเปรียบเทียบอัตราความเร็วของ ฟองอากาศระหว่างสารเคลือบผิวในหลอดทดสอบ และของเหลวในหลอดมาตรฐาน ดังนั้นการ บรรจุน้ำเคลือบผิวในหลอดทดสอบต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ เพื่อให้สารเคลือบผิวใน หลอดทดสอบมีขนาดของฟองอากาศ (เมื่อกลับหลอด) ใกล้เคียงกับของเหลวในหลอดมาตรฐาน มากที่สุด

นอกจากนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความหนืดด้วย ซึ่งอุณหภูมิมาตรฐานที่ กำหนดให้ใช้คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทำได้โดยแช่หลอดทดสอบและหลอดมาตรฐานใน อ่างควบคุมความร้อนที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ

ตารางที่ 1 ความหนืดคิเนมาติก (สโตกส์) ของบับเบิลวิสโคมิเตอร์ที่ 25 องศาเซลเซียส\*

A-5 ..... 0.01	F ..... 1.40	P..... 4.00	Z-1 ..... 27.0
A-4 ..... 0.06	G ..... 1.65	Q..... 4.40	Z-2 ..... 36.2
A-3 ..... 0.14	H ..... 2.00	R..... 4.70	Z-3 ..... 46.3
A-2 ..... 0.22	I ..... 2.25	S..... 5.00	Z-4 ..... 63.4
A-1 ..... 0.32	J ..... 2.50	T..... 5.50	Z-5 ..... 98.5
A ..... 0.50	K ..... 2.80	U .....6.27	Z-6 ..... 148
B ..... 0.65	L ..... 3.00	V .....8.84	Z-7 ..... 388
C ..... 0.85	M ..... 3.20	W.....10.7	Z-8 ..... 590
D ..... 1.00	N ..... 3.40	X .....12.9	Z-9 ..... 855
E ..... 1.25	O ..... 3.70	Y .....17.6	Z-10....1066
		Z .....22.7	

\*จากคู่มือการใช้งานคาร์ดเนอร์ – โสลท์บับเบิลวิสโคมิเตอร์

### 3.1.2 ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford Viscosity Cup)

การวัดความหนืดโดยใช้ถ้วยวัดความหนืดเป็นวิธีที่โรงงานนิยมใช้กันมาก เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์คทำด้วยวัสดุที่ทนการกัดกร่อนและตัวทำละลายที่กินถ้วยมีท่อทางออกซึ่งทำด้วยทองเหลือง ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์คมี 3 ขนาด คือ ถ้วยหมายเลข 2 ถ้วยหมายเลข 3 และถ้วยหมายเลข 4 ถ้วยแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออกต่างกัน และเหมาะสำหรับการหาความหนืดของสารเคลือบผิวได้ในช่วงที่ต่างกัน ตารางที่ 2 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออก และช่วงความหนืดที่หาได้ในช่วงวัดความหนืดของฟอร์คขนาดต่างๆกัน

ตารางที่ 2 ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ค

หมายเลขของถ้วย	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออก (นิ้ว)	ช่วงความหนืด(เซนติสโตกส์)
2	0.10	25-120
3	0.13	37-231
4	0.15	70-370

ก่อนการทำการทดสอบ ให้เลือกถ้วยที่เหมาะสมก่อนโดยใช้ถ้วยหมายเลข 2 สำหรับเวลาการไหลของสารเคลือบผิวออกจากถ้วยอยู่ในระหว่าง 40 – 100 วินาที และใช้ถ้วยหมายเลข 3 และ 4 สำหรับเวลาการไหลระหว่าง 20 ถึง 100 วินาที ปรับเครื่องมือให้ได้ระดับเพื่อช่วยให้สารเคลือบผิวที่บรรจุในถ้วยจนเต็มนั้น ไม่มีรอยโค้งหรือสันออกจากถ้วยด้านใดด้านหนึ่ง ทดสอบหาเวลาการไหลของสารเคลือบผิวออกจากถ้วยโดยเอานิ้วปิดท่อทางออกของถ้วย เติมสารเคลือบผิวลงไปจนล้นแล้วใช้กระจกหรือพายปาดปาดส่วนที่ล้นออก เอานิ้วส่วนที่ปิดท่อออกจับเวลาเป็นวินาทีตั้งแต่สารเคลือบผิวเริ่มไหลออกจากท่อ จนกระทั่งไหลขาดสายนำมาคำนวณหาความหนืดคิเนมาติก (เซนติสโตกส์) จากเวลาการไหล (วินาที) ได้ดังนี้ (อรษา สรวารี, 2537)

$$\text{ถ้วยหมายเลข 2} = 2.388t - 0.007t^2 - 57.008$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 3} = 2.314t - 15.200$$

$$\text{ถ้วยหมายเลข 4} = 3.846t - 17.300$$

เมื่อ  $t$  คือ เวลาการไหลของสารเคลือบผิวเป็นวินาที



ภาพที่ 12 Ford Cup No. 4

ที่มา : Easonpaint, Ford Cup [Online], accessed 7 May 2010. Available <http://www.easonpaint.co.th/>

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยในประเทศ

อุกฤษฏ์ ศรีเสือขาม (2541) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่าลายพิมพ์นิ้วมือที่พิมพ์ชัดเจนและมีคุณภาพ

ดี จะให้ผลลัพธ์ที่เท่าเทียมกับการใช้คนเป็นผู้ดำเนินการ ส่วนภาพที่มีคุณภาพรองลงมาก็จะให้คุณภาพที่ใกล้เคียงกันแต่ยังด้อยกว่าการใช้คนเป็นผู้พิจารณา ในด้านความเชื่อมั่น กฎหมายลักษณะพยานวางข้อกำหนดในเรื่องการรับรองเอกสาร และข้อกำหนดเกี่ยวกับผู้ชำนาญการพิเศษและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งกำหนดให้ต้องใช้บุคลากรที่ได้รับการยอมรับจากศาลเป็นผู้พิจารณาและรับรองผลลัพธ์ในขั้นตอนสุดท้าย ก่อนที่จะนำไปใช้ในการเป็นพยานหลักฐานในชั้นศาลเป็นเครื่องชี้ได้ว่ายังไม่มีวิธีการและเครื่องมือใด ที่มีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นตัววัดและแสดงให้ศาลยุติธรรมและประชาชนทั่วไปยอมรับได้ว่าการใช้เครื่องจักรในการประมวลภาพเบื้องต้น สำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติจะสร้างความเชื่อถือได้เท่าเทียม หรือดีกว่าการใช้คนเป็นผู้พิจารณา

หญิง สิริลักษณ์ บุญกมุติ (2544) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินผลการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือ ของกองทะเบียนประวัติอาชญากร ผลการวิจัยพบว่า ในส่วนของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือ หากแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือที่มาขอรับบริการ การพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่เป็นไปตามหลักของการพิมพ์ลายนิ้วมือ เช่นพิมพ์สูงหรือต่ำกว่ากรอบสี่เหลี่ยมในแบบฟอร์มของแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือ ทำให้พิมพ์ทับตัวหนังสือ ลักษณะของการพิมพ์หรือการกลิ้งนิ้วมือไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

เช่น การบีบหรือกดนิ้วผู้ถูกพิมพ์มากเกินไปทำให้ลายพิมพ์นิ้วมือผิดรูปไป การพิมพ์สลับมือ กอใช้หมึกสำหรับพิมพ์จางหรือเข้มเกินไป มีผลต่อความชัดเจนของลายพิมพ์นิ้วมือ

สาวิตรี พิพิทกุลและจรรยา ศุภรัตน์ภิญโญ (2548) ได้ศึกษาและจัดทำโครงการเรื่องโปรแกรมบันทึกข้อมูลพนักงานด้วยเครื่องสแกนลายนิ้วมือ โดยได้ศึกษาเรื่องเอกลักษณ์ของลายนิ้วมือสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

ประเภทแรก รูปแบบสำคัญทั่วไปของลายนิ้วมือ มีดังนี้

1. เส้นโค้ง (Arch) เป็นลายนิ้วมือที่เส้นจะเริ่มจากนิ้วมือฝั่งหนึ่ง และไปสิ้นสุดที่อีกฝั่งหนึ่ง
2. ห่วง (Loop) เป็นลายนิ้วมือที่เส้นจะเริ่มจากนิ้วมือฝั่งหนึ่ง ลากยาวไปกลางนิ้วมือ และโค้งกลับมาสิ้นสุดที่ฝั่งเดิม

3. ก้นหอย (Whorl) เป็นลายนิ้วมือที่ม้วนเป็นรูปก้นหอย

ประเภทสอง รูปแบบเฉพาะที่ (Ridge) ที่เรียกกันว่า เส้นลายละเอียด (Minutiae) รูปแบบนี้มีทั้งสันนิ้วสัน ลายเส้นสั้น เส้นแยก

ธีรเดช เรืองศรี (2550) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการควบคุมการพิมพ์เดิมไม่มีการกำหนดระดับปัจจัยอย่างชัดเจน คือน้ำยาฟาว์เทนมีค่า pH ระหว่าง 4.5 ถึง 5.5 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำยาฟาว์เทนระหว่าง 15% ถึง 25% และระยะห่างโมระหว่าง 0.05 ถึง 0.1 มม. ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก จึงนำหลักการควบคุมคุณภาพ และการออกแบบการทดลองมาใช้ในการพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์เพื่อลดจำนวนของเสีย โดยจัดทำใบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและความพร้อมพิมพ์แบบฟอร์มการบำรุงรักษาเครื่องจักรและจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน ส่วนที่สองเป็นการลดความสูญเสียเปล่าโดยพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการพิมพ์โดยการออกแบบการทดลอง ซึ่งใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับเพื่อรองรับปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย คือ จำนวนกระดาษข้อมลีก่อนพิมพ์ ค่า pH น้ำยาฟาว์เทน ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำยาฟาว์เทน ระยะห่างโมและความเร็วการพิมพ์ จากการศึกษาเหลือปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพิมพ์อยู่ 3 ปัจจัย คือ ค่า pH น้ำยาฟาว์เทน ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำยาฟาว์เทนและระยะห่างโม จากนั้นนำปัจจัยทั้ง 3 มาวิเคราะห์เชิงแฟกทอเรียลแบบเพิ่มจุดศูนย์กลางของปัจจัยเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม โดยผลที่ได้ คือน้ำยาฟาว์เทนมีค่า pH เท่ากับ 4.5 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำยาฟาว์เทนเท่ากับ 25% และระยะห่างโมเท่ากับ 0.075 มม. ภายหลังจากการพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์ทั้ง 2 ส่วน ได้นำขั้นตอนการปฏิบัติงาน และระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปใช้กับกระบวนการพิมพ์จริงพบว่า จำนวนของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เบญจวรรณ สาเรือง (2550) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือของบุคคลที่เป็นฝาแฝด โดยทำการเปรียบเทียบเฉพาะนิ้วที่มีประเภทเดียวกัน เช่น นิ้วหัวแม่มือของฝาแฝดพี่กับ

นิ้วหัวแม่มือของฝาแฝดน้อง เป็นต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือบุคคลที่เป็นฝาแฝดในประเทศไทย จำนวน 100 คู่ ซึ่งมีอายุระหว่าง 5-54 ปี โดยไม่เจาะจงว่าเป็นฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีแบบแผนลายนิ้วมือที่ตรงกัน 7-9 นิ้ว มีผลต่างของจำนวนลายเส้นของลายพิมพ์นิ้วมือ ในแบบแผนลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรงกันในนิ้วประเภทเดียวกัน 0-3 เส้น มีแบบแผนลายพิมพ์นิ้วมือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีจำนวนลายเส้นในแบบแผนลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรงกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### งานวิจัยในต่างประเทศ

Anthony E. Vassiliades (1989) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องส่วนประกอบของลายนิ้วมือ ซึ่งประกอบไปด้วยของเหลวที่ใช้ในการทำให้เกิดลายนิ้วมือ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเล็กน้อยของ Leuco หรือ Non leuco เป็นสารประกอบ Chromagenic โดยนำไปใช้ในการพัฒนาสีในสารเหลวที่ช่วยในการยึดยึด (Solvent) และการกระจายตัวของสี แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปบดให้ Pigment กระจายใน Paraffinic mineral oil แล้วค่อยๆผสมใน Naphthenic mineral oil เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม

Arndt, Douglas C, Gindelberger and Bruce H. (1995) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการผสมหมึกพิมพ์มือ โดยเก็บหมึกพิมพ์มือไว้ในจานเซรามิก ขอบให้หมึกไหลผ่านรูขนาด 5 microns ได้เฉลี่ย 40% สีของคาร์บอนแบล็คประกอบด้วย Hydrocarbon oil ซึ่งมีความเข้มข้นของคาร์บอนแบล็ค 22% โดยน้ำหนัก ขนาดของคาร์บอนแบล็คต้องลดลงไม่เกิน 0.15 ถึง 0.60 microns โดยขนาดที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ 0.35 microns และเครื่องมือที่ใช้ในการผสมต้องมีความจำเพาะ ซึ่งทำการเก็บแบบ Ink pad (แท่นหมึก) โดยทั่วไปสังเกตมาตรฐานความชัดเจนของลายนิ้วมือ คือบิบบหมึกปริมาณเล็กน้อยแล้วกลิ้งให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ถ้าสีแยกออกจากสารละลาย (เกิดขึ้นบ่อย) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นให้หมึก ผลที่ได้คือหมึกจางลง

Douglas C. Arndt (2002) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องวิธีการผสมหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือและพัฒนาปฏิกิริยาในสารละลายให้เหมาะสมต่อลายนิ้วมือ ที่จะนำไปพิมพ์บนกระดาษโดยประกอบไปด้วยตัวทำละลาย (Solvent) สี และ เกลือโลหะที่เข้ากันได้กับตัวทำละลาย โดยสามารถนำมาดัดแปลงให้เป็น Hydroxiquinoling ซึ่งจะช่วยให้ปฏิกิริยาให้เกิดสีดำ และปริมาณที่เพียงพอของ Chelating agent เช่น Carboxylic acid ที่เติมลงในสารละลายก่อนใส่สี

Ronald stenley, 2003 ได้ศึกษาวิจัยเรื่องส่วนประกอบที่ช่วยให้หมึกพิมพ์มือมีความแห้ง คือ (a) 2-Phenoxy ethanol, (b) Propylene glycol, (c) สารที่ใช้เป็นสีอินทรีย์, (d) Glyceryl monoricinoleate แล้วปรับความชื้นเหนียวด้วยกลุ่ม Polyvinyl ซึ่งเป็นสารที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการ



เห็นสัญญาณของลายนิ้วมือให้มีความคมชัดขึ้น และเติมกรดไขมันลงไปประมาณ 2% ใน ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์มือซึ่งยังคงเป็นที่ยอมรับ

Douglas C. Arndt (2005) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องความเหมาะสมในการพิมพ์นิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ล้อรถ และพื้นรองเท้าบนกระดาษที่รูปพรุนปานกลาง โดยใช้หมึกพิมพ์ที่มีส่วนผสมของน้ำที่ไม่มีประจุไฟฟ้า และ Ethoxylation (เป็นสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางค์ และมีความเป็นพิษน้อยที่สุด แต่ไม่แห้งในอากาศ) ซึ่งช่วยให้น้ำสามารถผสมกับน้ำมันได้ ทำให้เห็นสัญญาณของนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ล้อรถ และพื้นรองเท้า น้ำที่ผสมลงในหมึกพิมพ์ช่วยทำให้ ผิวหน้าของรอยพิมพ์ต่างๆระเหยได้ช้าลง ทั้งยังเป็นส่วนผสมที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้แต่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือเก็บได้ไม่นาน

Ronald Stanley (2006) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องส่วนประกอบที่ช่วยให้หมึกพิมพ์มือมีความแห้งซึ่งประกอบด้วย กรดไขมันที่กระจายในส่วนประกอบทางเคมีซึ่งได้สูตรที่เหมาะสม โดยประมาณ คือ (a) 2-Phenoxy ethanol, (b) Propylene glycol และ (c) Oleic acid และสูตรที่ 2 คือ (d) Sorbitan monopalmitate และ (e) Myristic acid โดยสูตรที่ 2 ใช้เป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของสูตรแรก กรดไขมันที่ช่วยทำให้แห้งใช้ประมาณ 1% โดยน้ำหนัก ผู้วิจัยต้องการให้หมึกที่ได้มีความแห้งพอประมาณและไม่ระเหยมากเกินไป และ Solvent ที่ใช้ต้องมีความปลอดภัย การพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้เป็นพยานหลักฐานจะสังเกตหมึกที่มีความชื้นเหนียว แต่ถ้าใช้กับการกลิ้งหมึกบน กระดาษอาจพบข้อเสียคือ บางครั้งมีการติดผิวมากเกินไปและภาพที่ได้ไม่ชัดเจน สูตรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบ Fingerprinting pad



### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องพัฒนาหมึกพิมพ์มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อคิดค้นและพัฒนาวิธีการทำหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารให้สีซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตน้ำมันเตา แล้วนำมาพัฒนาสูตรหมึกให้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับFingerprint ink ที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่นการผสมโซเวนท์กับคาร์บอนแบล็ค แล้วทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับ Fingerprint ink

#### เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### เครื่องมือ

1. เครื่องวัด Particle size analysis
2. เครื่อง Hot Air Oven
3. เครื่อง Ball mill
4. เครื่อง Tree roll mill
5. เครื่อง Grindometer
6. เครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง
7. กล้องถ่ายรูป

##### อุปกรณ์

1. ตะแกรงลวดขนาด 100 Mesh
2. เกรียงปาด
3. กระดาษแข็งสีขาวที่มีการระบุตำแหน่งของลายนิ้วมือที่แน่นอน
4. แท่นพิมพ์มือ
5. ลูกกลิ้ง
6. กระดาษหรือกระดาษขนาด 10 cm x 26 cm ใช้สำหรับกลิ้งลูกกลิ้ง
7. ปีกเกอร์

8. แท่งแก้วคนสารเคมี

9. ซ้อนตักสาร

10. แวนชยาย



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 13 ตะแกรงลวด



ภาพที่ 14 เครื่องปาด



ภาพที่ 15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์

ชื่อผู้ทำ		ชื่ออาจารย์		ชื่อภาควิชา	

ภาพที่ 16 แบบพิมพ์ลายนิ้วมือ

### วัตถุดิบและสารเคมี

1. คาร์บอนแบล็ค
2. Naphthenic mineral oil (True star)
3. Paraffinic mineral oil (True star)
4. Propylene glycol (Vidhtasom)
5. Soy bean (TVO Thai)
6. Acrylic resin1
7. Acrylic resin2
8. Acrylic resin3
9. Oleo resin (Advance pharma)
10. 2-Phenoxy ethanol (Fluka)
11. Fingerprint ink ผลิตจาก บจก.พลาสติกโรเคม
12. ถุงมือ
13. กระดาษทิชชู
14. ภาชนะพลาสติก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 17 สารเคมีที่ใช้ในการผสมหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ

## วิธีการทดลอง

ขั้นตอนในการผลิตหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ

### 1. การเก็บตัวอย่าง

1.1 เก็บตัวอย่างคาร์บอนแบล็คด้วยที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันเตา โดยเลือกที่มีลักษณะเป็นอนุภาคคล้ายเขม่าแล้วใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท

1.2 อบตัวอย่างคาร์บอนแบล็คด้วยเครื่อง Hot air oven ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น

1.3 รอให้ตัวอย่างเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นบรรจุลงภาชนะเพื่อวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 18 เครื่อง Hot air oven

### 2. วัดขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็คด้วยเครื่อง Particle size analysis

2.1 ทำการสุ่มตัวอย่างคาร์บอนแบล็ค โดยเทตัวอย่างคาร์บอนแบล็คลงบนกระดาษขาวแล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วนก่อนสุ่มเก็บตัวอย่างแต่ละส่วนมาผสมกัน

2.2 เปิดเครื่อง Particle size analysis ก่อนการวิเคราะห์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของเครื่อง ตั้งค่าสภาวะของเครื่องให้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์

2.3 ใส่ตัวอย่างคาร์บอนแบล็คประมาณ 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ใส่น้ำสะอาดให้มีปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตร จากนั้นใส่สารลดแรงตึงผิวซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำยาล้างจาน เพื่อให้สภาวะเหมาะสมกับน้ำซึ่งเป็นสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.4 วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมของเครื่อง Particle size analysis และบันทึกผลการวิเคราะห์



ภาพที่ 19 ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 20 เครื่อง Particle size analysis

### 3. ลดขนาดตัวอย่างด้วยการบด

3.1 นำตัวอย่างคาร์บอนแบล็คมาบดเชิงกลด้วยเครื่อง Ball mill ด้วยขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ชั่งตัวอย่างคาร์บอนแบล็คปริมาณ 1 กิโลกรัมใส่ลงในโถเซรามิกพร้อมกับใส่ลูกแก้วขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วปิดฝาให้สนิท

3.1.2 เปิดเครื่อง Ball mill ซึ่งมีความเร็วของมอเตอร์ 100รอบ/นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นเทตัวอย่างคาร์บอนแบล็ค แล้วบรรจุลงภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 21 เครื่อง Ball mill (เพชรเกษมจักรกลเซรามิก)





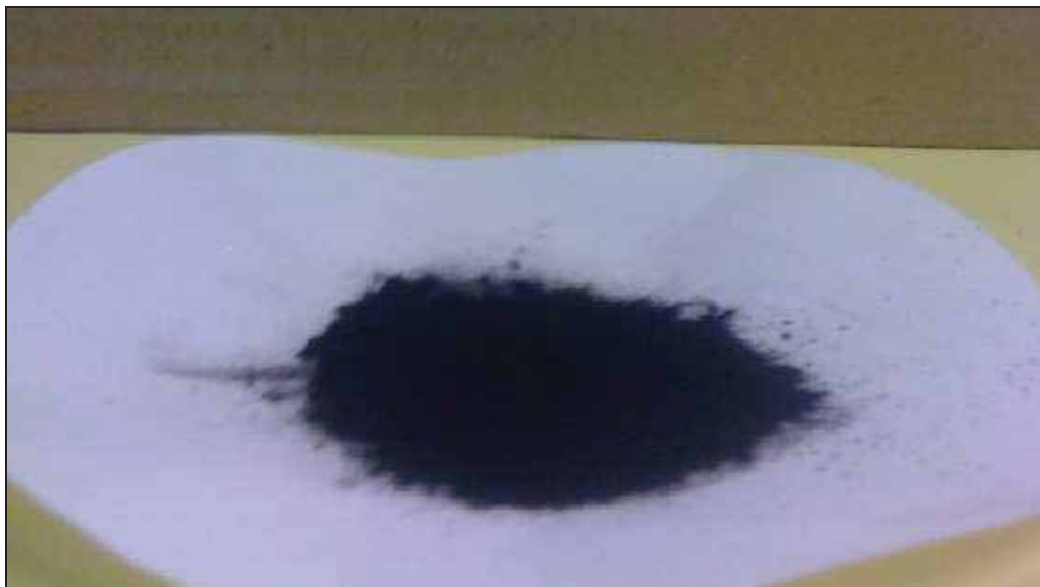
ภาพที่ 22 โถเซรามิกที่ใช้ในการบด

3.2 นำตัวอย่างคาร์บอนแบล็คที่ได้จากการบดเชิงกลมาทำการกรองผ่านตะแกรงลวด เพื่อแยกอนุภาคของคาร์บอนแบล็คให้มีขนาดที่เท่ากัน ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.2.1 ชั่งตัวอย่างคาร์บอนแบล็คปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ลงบนตะแกรงลวด
- 3.2.2 ทำการร่อนตัวอย่างคาร์บอนแบล็คด้วยมือ โดยให้อนุภาคตัวอย่างคาร์บอนแบล็คที่ได้ผ่านตะแกรงสู่ภาชนะบรรจุ
- 3.2.3 แยกตัวอย่างคาร์บอนแบล็คที่ไม่ผ่านตะแกรง เพื่อเก็บไว้บดเชิงกลในขั้นตอนที่ผ่านมา
- 3.2.4 นำตัวอย่างคาร์บอนแบล็คที่ผ่านตะแกรงบรรจุลงในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.3 วัดขนาดอนุภาคผงคาร์บอนแบล็คด้วยเครื่อง Particle size analysis อีกครั้ง แล้วบันทึกผลการวิเคราะห์





ภาพที่ 23 อนุภาคที่ได้หลังการกรองผ่านตะแกรงลวด

#### 4. การผสมหมึกพิมพ์มือ

4.1 เตรียมวัตถุดิบ ในขั้นตอนการผสมหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือจะคล้ายกับการผลิตสี ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

4.1.1 สารให้สี (colorant) มีหน้าที่ให้สีในหมึกพิมพ์ ทำให้เมื่อหมึกพิมพ์แห้งตัวบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ทำให้เกิดภาพปรากฏขึ้นมาได้ ในการทดลองนี้คือคาร์บอนแบล็คในขั้นตอนที่ 3

4.1.2 ตัวพา (vehicle) เป็นของผสมระหว่าง สารยึดติด ตัวทำละลาย หรือน้ำมันในการทดลองนี้ใช้ Naphthenic mineral oil (True star) , Paraffinic mineral oil (True star) , Propylene glycol (Vidhtasom) , Soy bean (TVO Thai) , Acrylic resin1, Acrylic resin2 และ Acrylic resin3

4.1.3 สารเติมแต่ง (additive) เป็นสารที่เติมเข้าไปในหมึกเพื่อให้สมบัติบางอย่างดีขึ้นในการทดลองนี้ใช้ Oleo resin (Advance pharma) และ 2-Phenoxy ethanol (Fluka) นำส่วนผสมต่างๆมาชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง ตามกระบวนการผลิตสีที่กล่าวมาแล้วในข้อ 4.1 โดยใช้อัตราส่วนตามสูตร ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมหมึกพิมพ์มือ

สูตร	ส่วนประกอบ	% By weight
F1	1. Carbon black	35
	2. Mixture solvent	63
F2	1. Carbon black	35
	2. propylene glycol	31.5
	3. Mixture solvent	20
F3	1. Carbon black	35
	2. Soy bean	31.5
F4	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin1	50
	3. Propylene glycol	20
	4. Oleo resin	10
F5	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin1	50
	3. Propylene glycol	20
	4. 2-Phenoxy ethanol	10
F6	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin1	50
	3. Mixture solvent	20
	4. Oleo resin	10
F7	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin1	50
	3. Mixture solvent	20
	4. 2-Phenoxy ethanol	10

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สูตร	ส่วนประกอบ	% By weight
F8	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Propylene glycol 4. Oleo resin	20 50 20 10
F9	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Propylene glycol 4. 2-Phenoxy ethanol	20 50 20 10
F10	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Mixture solvent 4. Oleo resin	20 50 20 10
F11	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Mixture solvent 4. 2-Phenoxy ethanol	20 50 20 10
F12	1. Carbon black 2. Acrylic resin3 3. Propylene glycol 4. Oleo resin	20 50 20 10

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สูตร	ส่วนประกอบ	% By weight
F13	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin <sup>3</sup>	50
	3. Propylene glycol	20
	4. 2-Phenoxy ethanol	10
F14	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin <sup>3</sup>	50
	3. Mixture solvent	20
	4. Oleo resin	10
F15	1. Carbon black	20
	2. Acrylic resin <sup>3</sup>	50
	3. Mixture solvent	20
	4. 2-Phenoxy ethanol	10
F16	1. Carbon black	20
	2. Propylene glycol	60
	3. 2-Phenoxy ethanol	20

4.2 นำส่วนผสมที่ได้ในแต่ละสูตรมาผ่านกระบวนการบดด้วยเครื่อง Tree roll mill เพื่อให้ได้หมึกพิมพ์มือที่มีความละเอียด ตามขั้นตอนดังนี้

4.2.1 โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ทำการผสมมาแล้ว นำไปบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกหลังและลูกกลิ้งกลางก่อน

4.2.2 หมึกที่ได้จะถูกบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกกลางและลูกหน้า ถ้าช่องว่างเล็กลงเท่าไร การบดจะยิ่งบดได้ละเอียดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ถูกบดแล้วจะไหลผ่านลูกบดลูกหน้าผ่าน

Knife Edge แล้วไหลไปเก็บในถาดเก็บ หรือภาชนะที่บรรจุรองรับอยู่ได้ Knife Edge เพื่อดำเนินการ  
ในขั้นต่อไป



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 24 เครื่อง Tree roll mill



ภาพที่ 25 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผ่านการผสมบดผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งลูกกลางและลูกหน้า



ภาพที่ 26 การทำงานของเครื่อง Tree roll mill



ภาพที่ 27 ผลิตรกัณฑ์ที่ถูกบดแล้วจะไหลผ่านลูกบดลูกหน้าผ่านKnife Edge แล้ว ไหลไปเก็บในภาชนะ  
ที่บรรจุรองรับอยู่ที่ Knife Edge

### 4.3 นำหมึกที่ได้ไปวัดความละเอียดด้วยเครื่อง Grindometer ตามขั้นตอนดังนี้

4.3.1 วาง Grindometer ที่ทำความสะอาดแล้วลงบนพื้นที่เรียบไม่ลื่นโดยให้ด้าน 0 ไมครอนเข้าหาผู้ทดสอบ

4.3.2 หยดสารตัวอย่างพอประมาณลงบนร่องด้านลึก (50 ไมครอน)

4.3.3 ใช้ sculper วางให้สัมผัสกับสารตัวอย่างแล้วลากไปตามร่องลึกจนถึง 0 ไมครอน โดยในการลาก sculper ควรลากครั้งเดียวไปจนตลอดความยาวในเวลา 1 วินาที ด้วยความเร็วคงที่

4.3.4 สังเกตการกระจายตัวของ graining หรือลายเส้นที่ปรากฏบนรอยโดยพิจารณา 2 แบบคือ

วิธีที่ 1 พิจารณาการกระจายตัวของ graining ค่าที่ได้เป็นบริเวณที่เห็น graining

วิธีที่ 2 พิจารณาลายเส้นที่เกิดขึ้น โดยค่าที่อ่านได้ จะเป็นบริเวณที่มีขนาดเล็กมากที่สุดที่เกิดเส้นได้ไม่เกิน 3 เส้น

4.3.5 บันทึกผลการวิเคราะห์

4.4 บรรจุหมึกที่ผ่านกระบวนการบดลงในภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 28 เครื่อง Grindometer



ภาพที่ 29 หยดสารตัวอย่างพอประมาณลงบนร่องด้านลึก (50 ไมครอน)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 30 การกระจายตัวของ graining ค่าที่ได้เป็นบริเวณที่เห็น graining



## 5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 การพิมพ์ลายนิ้วมือของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใช้บุคคลเดียวตลอดการทดลอง เพื่อควบคุม ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน และสามารถเปรียบเทียบกันได้ระหว่างหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือแต่ละชนิด

5.1.2 นำหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแล้วว่า สามารถพิมพ์ลายนิ้วมือแล้วมีความใกล้เคียงกับ Fingerprint ink ซึ่งจากการทดลองทั้งหมด 16 สูตร มี 3 สูตรที่นำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ F1, F2 และ F3

5.1.3 กรอกรข้อมูลลงในแบบพิมพ์ลายนิ้วมือว่าเป็นหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตรใด

5.1.4 หยดหมึกพิมพ์มือลงบนกระดาษหรือกระดาษขนาด 10 cm x 26 cm แล้วกลิ้งลูกกลิ้งให้หมึกเสมอกันทั่วทั้งแผ่น

5.1.5 ทำความสะอาดนิ้วมือของกลุ่มตัวอย่าง แล้วกลิ้งนิ้วมือของกลุ่มตัวอย่างบนกระดาษหรือกระดาษที่ทำหมึกแล้ว จากนั้นนำไปพิมพ์ลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งหนีบไว้กับแผ่นพิมพ์มือเพื่อไม่ให้แผ่นเคลื่อนที่เวลาทำการกลิ้งนิ้วมือ

5.1.6 ทำตามข้อ 5.1.5 ซ้ำโดยใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตรละ 30 แผ่น

## 6. เก็บข้อมูลภาคสนาม

6.1 การเก็บข้อมูลภาคสนามจะใช้แบบสอบถามความพึงพอใจโดยภาพรวมของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 22 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ จำนวน 9 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐม จำนวน 13 ท่าน เนื่องด้วยทั้งสองหน่วยงานมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนมากที่มีหน้าที่ในการพิมพ์ลายนิ้วมืออยู่เป็นประจำ โดยมีรายละเอียดของการสร้างเครื่องมือในการวิจัยดังต่อไปนี้

6.2 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย จากการทดลองในครั้งนี้เป็นการสร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อใช้ในการประเมินผลการทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.2.1 ก่อนทำการทดสอบหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้ ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินความพึงพอใจในคุณภาพการใช้งานของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติของลายเส้นหลังจากที่พิมพ์บนกระดาษ กับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

6.2.2 เมื่อทำการสร้างแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว นำร่างแบบสอบถามที่ได้ไปทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (Wording) จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบและขอคำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมครบถ้วนสมบูรณ์ และสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้

6.2.3 แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เป็นคำถามปลายเปิด (Open – Ended Questions) ได้แก่ ระดับยศ ชื่อ-สกุล ตำแหน่ง สังกัด และประสบการณ์ในการพิมพ์มือเป็นระยะเวลา จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค จำนวน 10 ข้อ โดยแบบสอบถามเป็นคำถามที่แสดงความคิดเห็น (Scale Questions) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
ระดับ 1-3	อยู่ในเกณฑ์ต่ำ
ระดับ 4-7	อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
ระดับ 8-10	อยู่ในเกณฑ์สูง

7. การทดสอบหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค เปรียบเทียบกับ Fingerprint ink

ในการทดสอบครั้งนี้ ทำการทดลองโดยใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็ค เปรียบเทียบกับ Fingerprint ink ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ

ที่มีประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ และการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องในการอ่านลายนิ้วมือและเทคนิคในการพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นอย่างดี จาก 5 หน่วยงาน คือ

1. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 35 ท่าน
2. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 29 ท่าน
3. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐมและเขตลาดกระบัง จำนวน 15 ท่าน
4. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองบังคับการสันติบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 8 ท่าน
5. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 (นครปฐม) จำนวน 13 ท่าน

เพื่อทำการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็คในการพิมพ์ลายนิ้วมือ และให้ผู้ทดสอบทำการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการประเมินความพึงพอใจและคุณภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็ค โดยกำหนดเงื่อนไขในการพิมพ์ลายนิ้วมือและขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

#### 7. การทดสอบพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ

7.1 ให้ผู้เชี่ยวชาญพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้หมึก Fingerprint ink F1, F2 และ F3ตามหลักวิชาการในการพิมพ์ลายนิ้วมือ คือผู้พิมพ์ยืนอยู่ริมโต๊ะข้างหนึ่ง และให้ผู้ถูกพิมพ์ยืนอยู่ริมโต๊ะข้างเดียวกันหันหน้ามาทางผู้พิมพ์และอยู่ด้านขวามือของผู้พิมพ์

7.2 ให้ผู้พิมพ์จับนิ้วที่จะพิมพ์ด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ ส่วนที่จะจับด้วยมือขวาหรือมือซ้ายขึ้นอยู่กับผู้พิมพ์ว่าจะถนัดมือใด

7.3 การจับนิ้วให้จับที่ 2 ข้างของนิ้ว (ไม่ใช่บนหรือล่างของนิ้ว) ตรงใต้ข้อนิ้วข้อแรกนับแต่ปลายนิ้วลงมา ส่วนอีกมือหนึ่งของผู้พิมพ์ให้ตะประคองนิ้วของผู้ถูกพิมพ์ไว้เท่านั้นอย่ากดนิ้วแรง

7.4 ต้องจับนิ้วให้แน่นและบอกผู้ถูกพิมพ์ให้อยู่ในท่าปกติ ทำนิ้วอ่อนๆอย่าเกร็งหรืออย่าฝืน

7.5 เวลาพิมพ์ให้ผู้พิมพ์จับนิ้วผู้ถูกพิมพ์วางตะแคงลงบนแท่นหมึกพิมพ์ ตั้งคั่นจากขอบเล็บข้างหนึ่งกลิ้งมือเบาๆไปจนจรดขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง ให้หมึกติดทั่วทั้งหน้านิ้วโดยถือ

หลักว่า นิ้วหัวแม่มือทั้งขวาและซ้ายให้กลิ้งเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆให้กลิ้งออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์อย่าจับนิ้วหรือบีบแรงเกินไป

7.6 ถ้านิ้วมือกว้างมาก ให้พยายามกลิ้งนิ้วให้สุดขอบเล็บเท่าที่จะทำได้

7.7 การพิมพ์ลงบนกระดาษพิมพ์ ถือหลักว่านิ้วหัวแม่มือทั้งขวาและซ้ายให้กลิ้งเข้าหาตัวผู้ถูกพิมพ์ ส่วนนิ้วอื่นๆให้กลิ้งออกจากตัวผู้ถูกพิมพ์ ให้พิมพ์ต่ำลงมาจากข้อนิ้วแรกเล็กน้อยและให้พิมพ์อยู่ในกรอบช่องนิ้วของแบบพิมพ์ อย่าพิมพ์ออกนอกกรอบอย่าลืมนิ้วหัวแม่มือที่พรมัวหรือเลอะเลือนไม่ชัดเจน

7.8 ตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือที่ได้ว่าเห็นลายเส้นที่คมชัดหรือไม่ด้วยแว่นขยาย

7.9 ผู้เชี่ยวชาญกรอกแบบสำรวจความพึงพอใจในการใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีส่วนผสมของคาร์บอนแบล็ค



ภาพที่ 31 การกลิ้งหมึกที่ใช้ทดสอบบนกระดาษ



ภาพที่ 32 การกลิ้งนิ้วลงบนแท่นหมึกพิมพ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 33 การกลิ้งนิ้วลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ





ภาพที่ 34 การกลิ้งนิ้วมือจากขอบเล็บข้างหนึ่งกลิ้งนิ้วมือเบาๆ ไปจนจรดขอบเล็บอีกข้างหนึ่ง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 35 ทดสอบความละเอียดของเนื้อหมึก

## แบบสำรวจ

## ความพึงพอใจโดยภาพรวมในการใช้หมึกพิมพ์มือที่ผลิตจาก Carbon black

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

(กรุณาเติมคำลงในช่องว่างที่เว้นไว้)

1. ยศ/ชื่อ-นามสกุล.....
2. ตำแหน่ง.....สังกัด.....
3. ประสบการณ์ในการพิมพ์มือเป็นระยะเวลา.....ปี.....เดือน

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้หมึกพิมพ์มือที่ผลิตจาก Carbon black

(กรุณาใส่คะแนนที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านมากที่สุด คะแนนเต็มข้อละ 10 คะแนน)

รายการ	คะแนนความพึงพอใจ			
	1	2	3	Fingerprint ink
<b>1.คุณสมบัตินอกกายภาพของหมึกพิมพ์มือ</b>				
1.1 ความละเอียดของเนื้อหมึก				
1.2 ความหนืดของเนื้อหมึก				
1.3 ความเข้มของสีหมึก				
1.4 ความสะดวกในการล้างออก				
1.5 กลิ่นของหมึกพิมพ์มือ				
<b>2.คุณสมบัตินอกกายภาพของกระดาษพิมพ์ลาย</b>				
2.1 ความคมชัดของลายเส้น				
2.2 สามารถแยกลายเส้นได้ชัดเจน				
2.3 ความคงทนในการติดกับกระดาษ				
<b>3. ปัจจัยแวดล้อมอื่น</b>				
3.1 ราคาของหมึกพิมพ์				
3.2 ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้				
<b>คะแนนความพึงพอใจรวม (สำหรับผู้วิจัย)</b>				

ชื่อเล่นและนามสกุล (กรุณาระบุหัวข้อ)

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 36 ตัวอย่างแบบสำรวจความพึงพอใจที่ใช้ในการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

## 8. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science) สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage), ค่าสูงสุด (Maximum), ค่าต่ำสุด (Minimum), ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาหมึกพิมพ์มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Study) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้คาร์บอนแบล็คซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตา โดยนำคาร์บอนแบล็คมาเป็นสารให้สี (colorant) ผสมระหว่างตัวพา (vehicle) เช่นสารยี่ตีดหรือตัวทำละลาย ซึ่งบางสูตรอาจมีการเติมสารเติมแต่งเข้าไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยงานวิจัยนี้เลือกการพิมพ์ลายนิ้วมือลงในแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ ในการทดลองนี้ใช้ลายนิ้วมือบุคคลคนเดียวตลอดการทดลอง เปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์มือจากประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้พิมพ์ลายนิ้วมือ พิมพ์นิ้วมือจากอาสาสมัครแล้วใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ทดสอบคุณภาพแล้วว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือมาตรฐานที่ใช้อยู่โดยทั่วไป ได้แก่สูตร F1 F2 และ F3 จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีประสบการณ์ด้านการพิมพ์ลายนิ้วมือ ทำการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์มือที่ผลิตขึ้นจากคาร์บอนแบล็ค ได้สูตร F1 F2 และ F3 แล้วนำมาพิมพ์ลายนิ้วมือ และให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินความพึงพอใจและคุณภาพของหมึกพิมพ์มือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็คในการพิมพ์ลายนิ้วมือนั้น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคิดค้นและพัฒนาหมึกพิมพ์มือที่เหมาะสมสำหรับใช้พิมพ์ลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพ ในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยทำการวิเคราะห์และเสนอผลการทดลองดังต่อไปนี้

#### 1. ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

##### 1.1 ผลการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็ค

ผลการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็ค ก่อนทำการบดลดขนาด และที่ผ่านการบดลดขนาดตามขั้นตอนต่างๆดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Particle Size Analysis แสดงดังตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็คที่วัดด้วยเครื่อง Particle size analysis

อนุภาคของคาร์บอนแบล็ค	ขนาดอนุภาค (ไมครอน)
อนุภาคก่อนบดลดขนาด	129.7 - 848.3
อนุภาคหลังบดลดขนาด	89.5 - 119.3
อนุภาคหลังร่อนผ่านตะแกรงลวด	5.0 - 72.0

จากผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็ค แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดอนุภาคอย่างชัดเจน อนุภาคก่อนทำการบดลดขนาดมีขนาดอนุภาค 129.7 - 848.3 ไมครอน และเมื่อทำการบดลดขนาดด้วยกระบวนการบดเชิงกลด้วยเครื่อง Ball Mill มีขนาดอนุภาค 89.5 - 119.3 ไมครอน จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงลวดขนาด 100 Mesh ขนาดอนุภาคจะลดลงเหลือ 5.0 - 72.0 ไมครอน

## 1.2 ผลทางกายภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือและส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อได้ขนาดอนุภาคของคาร์บอนแบล็ค แล้วนำมาผสมส่วนผสมต่างๆตามกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ส่วนผสมและผลทางกายภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ

ลำดับ	สูตรที่ใช้ในการทดลอง	ส่วนประกอบ	ผลทางกายภาพ	หมายเหตุ
1	F1	1. Carbon black 2. Mixture solvent	เนื้อครีม ชันเหนียว	เห็นเส้นลายนิ้วมือชัดเจน
2	F2	1. Carbon black 2. propylene glycol 3. Mixture solvent	เนื้อครีม ชันหนืด	เห็นเส้นลายนิ้วมือปานกลาง
3	F3	1. Carbon black 2. Soy bean	เนื้อครีม ชันเหนียว	เห็นเส้นลายนิ้วมือชัดเจน

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	สูตรที่ใช้ในการทดลอง	ส่วนประกอบ	ผลทางกายภาพ	หมายเหตุ
4	F4	1. Carbon black 2. Acrylic resin1 3. Propylene glycol 4. Oleo resin	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
5	F5	1. Carbon black 2. Acrylic resin1 3. Propylene glycol 4. 2-Phenoxy ethanol	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
6	F6	1. Carbon black 2. Acrylic resin1 3. Mixture solvent 4. Oleo resin	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
7	F7	1. Carbon black 2. Acrylic resin1 3. Mixture solvent 4. 2-Phenoxy ethanol	เนื้อครีม	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
8	F8	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Propylene glycol 4. Oleo resin	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
9	F9	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Propylene glycol 4. 2-Phenoxy ethanol	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	สูตรที่ใช้ในการทดลอง	ส่วนประกอบ	ผลทางกายภาพ	หมายเหตุ
10	F10	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Mixture solvent 4. Oleo resin	รวมเป็นก้อนเหนียว	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
11	F11	1. Carbon black 2. Acrylic resin2 3. Mixture solvent 4. 2-Phenoxy ethanol	รวมเป็นก้อนเหนียว	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
12	F12	1. Carbon black 2. Acrylic resin3 3. Propylene glycol 4. Oleo resin	เนื้อเหลว	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
13	F13	1. Carbon black 2. Acrylic resin3 3. Propylene glycol 4. 2-Phenoxy ethanol	เนื้อเหลว	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
14	F14	1. Carbon black 2. Acrylic resin3 3. Mixture solvent 4. Oleo resin	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ
15	F15	1. Carbon black 2. Acrylic resin3 3. Mixture solvent 4. 2-Phenoxy ethanol	รวมเป็นก้อน	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

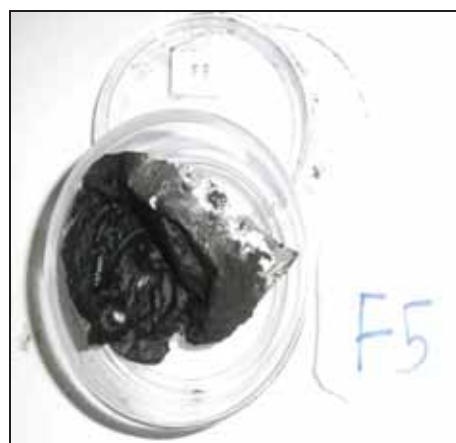
ลำดับ	สูตรที่ใช้ในการทดลอง	ส่วนประกอบ	ผลทางกายภาพ	หมายเหตุ
16	F16	1. Carbon black 2. Propylene glycol 3. 2-Phenoxy ethanol	เนื้อครีมข้น	พิมพ์ไม่ติดนิ้วมือ

หมายเหตุ Mixture solvent = (Naphthenic mineral oil +Paraffinic mineral oil)

จากผลการทดสอบทางกายภาพหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ พบว่าหมึกสูตร F4 F5 F6 F8 F9 F14 และ F15 รวมกันเป็นก้อน หมึกสูตร F7 เป็นเนื้อครีม หมึกสูตร F10, F11 รวมตัวเป็นก้อนเหนียว หมึกสูตร F12 F13 เนื้อเหลว และหมึกสูตร F16 เป็นเนื้อครีมข้น ซึ่งหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือทั้งหมดที่กล่าวมาไม่สามารถพิมพ์ติดลายนิ้วมือได้ ดังนั้นจึงมีหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือเพียง 3 สูตรเท่านั้นที่มีคุณสมบัติในการพิมพ์ลายนิ้วมือแล้วเห็นลายนิ้วมือได้ชัดเจนใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



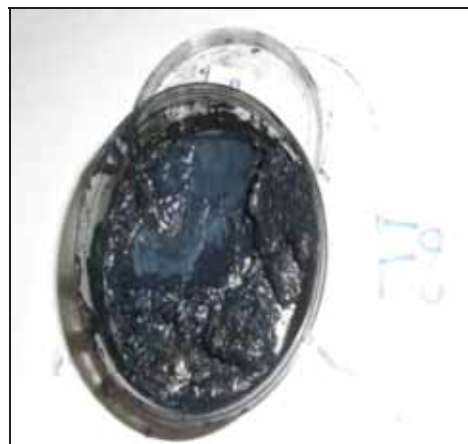
ภาพที่ 37 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F4  
(รวมกันเป็นก้อน)



ภาพที่ 38 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F5  
(รวมกันเป็นก้อน)



ภาพที่ 39 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F6  
(รวมกันเป็นก้อน)



ภาพที่ 40 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F8  
(รวมกันเป็นก้อน)



ภาพที่ 41 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F9  
(รวมกันเป็นก้อน)

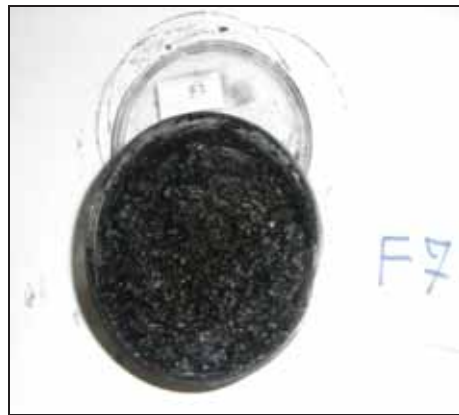


ภาพที่ 42 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F14  
(รวมกันเป็นก้อน)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สอนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 43 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F15  
(รวมเป็นก้อน)



ภาพที่ 44 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F7  
(เป็นเนื้อครีม)

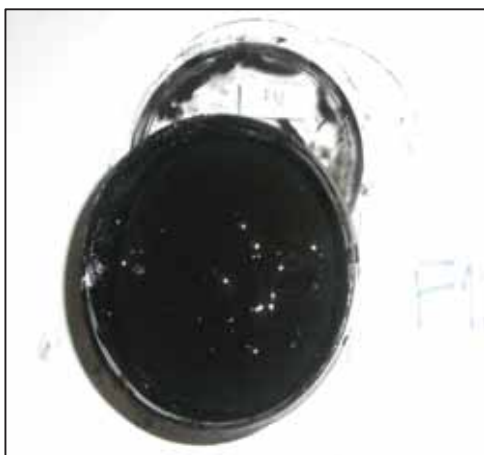


ภาพที่ 45 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F10  
(รวมกันเป็นก้อนเหนียว)



ภาพที่ 46 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F11  
(รวมกันเป็นก้อนเหนียว)

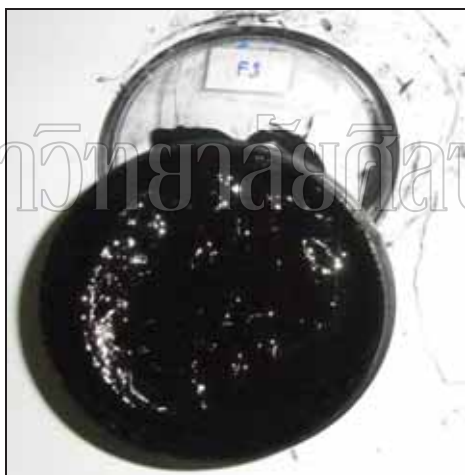
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 47 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F12  
(เป็นเนื้อเหลว)



ภาพที่ 48 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F13  
(เป็นเนื้อเหลว)



ภาพที่ 49 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F16  
(เป็นเนื้อครีมข้น)



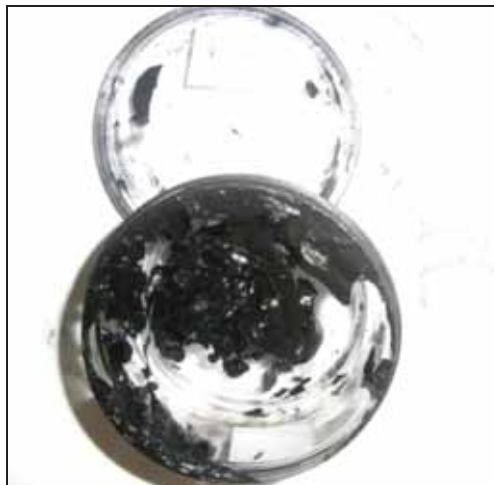
ภาพที่ 50 หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1  
(เนื้อครีม ข้นเหนียว)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์





ภาพที่ 51 หมักพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F2  
(เนื้อครีม ชั้นหนืด)



ภาพที่ 52 หมักพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3  
(เนื้อครีม ชั้นเหนียว)

### 1.3 ผลการเปรียบเทียบความละเอียดของหมักพิมพ์ลายนิ้วมือ

หลังจากที่ทำการทดสอบทางกายภาพของหมักพิมพ์ลายนิ้วมือ พบว่ามีหมักพิมพ์ลายนิ้วมือเพียง 3 สูตรเท่านั้น ที่สามารถนำมาใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ ดังนั้นจึงนำหมักพิมพ์ลายนิ้วมือทั้ง 3 สูตรมาผ่านการบดด้วยเครื่อง Tree Roll Mill แล้วเปรียบเทียบกับความละเอียดของหมักพิมพ์ลายนิ้วมือทั้ง 3 กับหมักพิมพ์ลายนิ้วมือสูตรมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ด้วยเครื่อง Grindometer แสดงดังตารางที่ 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ความละเอียดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่วัดด้วยเครื่อง Grindometer

ชนิดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ	ขนาดความละเอียด
F1	20 -25 ไมครอน
F2	30 -35 ไมครอน
F3	10 - 15 ไมครอน
Fingerprint ink	5 -15 ไมครอน

จากผลการวัดความละเอียดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ แสดงให้เห็นถึงความละเอียดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่พัฒนาขึ้นจากคาร์บอนแบล็ค มีความใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตรมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

#### 1.4 ผลการทดลองนำหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือพิมพ์ลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ

หลังจากที่ทำการทดสอบความละเอียดของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือแล้ว พบว่ามีความใกล้เคียงกันจึงนำมาพิมพ์ลายนิ้วมือลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยใช้ Fingerprint ink จำนวน 5 แผ่น ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1 จำนวน 30 แผ่น หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F2 จำนวน 30 แผ่น และหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3 จำนวน 30 แผ่น โดยแสดงรูปตัวอย่างดังนี้



ภาพที่ 53 ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้ Fingerprint ink





ภาพที่ 55 ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้หมึกพิมพ์ถ่ายนิ้วมือสูตร F2



ภาพที่ 56 ลายพิมพ์นิ้วมือที่ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3

จากผลการทดลองพิมพ์ลายนิ้วมือลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ พบว่าหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือFingerprint ink และหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3 สามารถเห็นลายละเอียดของลายเส้นได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจจะเกิดจากความละเอียดของหมึกพิมพ์ซึ่งมีขนาด 5 -15 ไมครอน รองลงมาคือหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1 และ F2 ตามลำดับ

### วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ ที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็คในการพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 100 คน ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ และตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินความพึงพอใจและคุณภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค โดยได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

### ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน แบ่งออกเป็นเพศชายจำนวน 56 ท่าน เพศหญิงจำนวน 44 คน เป็นผู้เชี่ยวชาญกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 35 คน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองพิสูจน์หลักฐานกลางสำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 29 คน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐมและเขตลาดกระบัง จำนวน 15 คน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองบังคับการสันติบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 8 คนและผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 (นครปฐม) จำนวน 13 คน

ในด้านชั้นยศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีชั้นยศเป็นดาบตำรวจ 25 คน รองลงมาคือชั้นยศสิบตำรวจเอก จำนวน 22 คน ถัดมาคือชั้นยศพันตำรวจโท จำนวน 13 คน ต่อมาคือชั้นยศร้อยตำรวจเอกจำนวน 10 คน รองลงมาคือชั้นยศร้อยตำรวจโท จำนวน 8 คน ถัดมาคือชั้นยศร้อยตำรวจตรี จำนวน 7 คน ต่อมาคือชั้นยศจ่าสิบตำรวจ จำนวน 7 คน รองลงมาคือชั้นยศสิบตำรวจตรี จำนวน 5 คน และชั้นยศพันตำรวจตรี จำนวน 3 คน

ในด้านระดับตำแหน่ง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีตำแหน่งเป็นผู้บังคับหมู่ จำนวน 60 คน รองลงมาคือตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ (สบ.1) จำนวน 18 คน รองลงมาคือตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ (สบ.2) จำนวน 12 คน รองลงมาคือตำแหน่งสารวัตร จำนวน 5 คน รองลงมาคือตำแหน่งรองสารวัตรจำนวน 3 คน รองลงมาคือตำแหน่งรองผู้กำกับ จำนวน 1 คน และตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ (สบ.3) จำนวน 1 คน

ในด้านประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ และประสบการณ์ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ และประสบการณ์ในการตรวจลายนิ้วมือแฝง มากที่สุดคือ 28 ปี และน้อยที่สุดคือ 4 เดือน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 7 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่ (เพศ)	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	ประสบการณ์
1 (ช)	รองผกก.กลุ่มงานตรวจสอบและ วิเคราะห์การกระทำความผิด ทางเทคโนโลยีฯ	กองบังคับการสนับสนุนทาง เทคโนโลยี	28 ปี
2 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. สามกวางเือก	25 ปี
3 (ช)	สารวัตรงานทะเบียนประวัติ อาชญากร	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	20 ปี 6 เดือน
4 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ3) คนฝ.	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	19 ปี
5 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (พฐ.จว.กาญจนบุรี)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	16 ปี 5 เดือน
6 (ช)	สารวัตรงานทะเบียนประวัติ อาชญากร 4	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	16 ปี
7 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.5)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	15 ปี 6 เดือน
8 (ช)	สารวัตรฝ่ายอำนวยการ	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	15 ปี
9 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กอป.ศพฐ.)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	15 ปี
10 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	15 ปี
11 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2) คนฝ.	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	15 ปี
12 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2) คนฝ.	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	15 ปี
13 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	15 ปี
14 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7) กลุ่มงานที่ 1	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	15 ปี
15 (ช)	ผู้บังคับหมู่	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	13 ปี
16 (ช)	ผู้บังคับหมู่	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	12ปี5เดือน
17 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2) คนฝ.	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	12 ปี
18 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2) คนฝ.	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	10 ปี
19 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กยส.)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	10 ปี



ตารางที่ 7 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่(เพศ)	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	ประสบการณ์
20 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ.นครชัยศรี	9 ปี 8 เดือน
21 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	9 ปี 3 เดือน
22 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
23 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.6)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
24 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
25 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
26 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
27 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
28 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
29 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
30 (ญ)	รองสารวัตร	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
31 (ช)	ผู้บังคับหมู่	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	8 ปี 4 เดือน
32 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
33 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 4 เดือน
34 (ช)	ผู้บังคับหมู่	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 3 เดือน
35 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 3 เดือน
36 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.6)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 3 เดือน
37 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 2 เดือน
38 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.6)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี 2 เดือน
39 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	8 ปี
40 (ช)	ผู้บังคับหมู่	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	8 ปี
41 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี
42 (ช)	ผู้บังคับหมู่	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี
43 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	8 ปี
44 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 ปี
45 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 ปี
46 (ช)	ผู้บังคับหมู่	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	7 ปี
47 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.5)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	6 ปี
48 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	6 ปี

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่(เพศ)	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	ประสบการณ์
49 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ฝ่ายอำนวยการ)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	6 ปี
50 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	กองบังคับการสันติบาล	6 ปี
51 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	6 ปี
52 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. โพนแก้ว	5 ปี 6 เดือน
53 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	5 ปี 6 เดือน
54 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	5 ปี
55 (ช)	ผู้บังคับหมู่	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	5 ปี
56 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. นครชัยศรี	5 ปี
57 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. โพนแก้ว	5 ปี
58 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. โพนแก้ว	5 ปี
59 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สทว.5)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	5 ปี
60 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ.2)	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	5 ปี
61 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กก.4)	กองบังคับการสันติบาล	5 ปี
62 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กก.4)	กองบังคับการสันติบาล	4 ปี
63 (ญ)	สารวัตรงานทะเบียนประวัติ อาชญากร	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	4 ปี
64 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ. 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	4 ปี
65 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์(สบ.2) กลุ่มงาน ลายนิ้วมือแฝง	ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7	4 ปี
66 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กก.3)	กองบังคับการสันติบาล	4 ปี
67 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กก.3)	กองบังคับการสันติบาล	3 ปี
68 (ช)	รองสารวัตร (ป)	สน.ลาดกระบัง	3 ปี
69 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (กก.3)	กองบังคับการสันติบาล	3 ปี
70 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ. 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	3 ปี
71 (ญ)	สารวัตร (สทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	3 ปี
72 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (กก.4)	กองบังคับการสันติบาล	3 ปี
73 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ.เมืองนครปฐม	2 ปี 6 เดือน
74 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ.สามควายเผือก	2 ปี 4 เดือน
75 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ.1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	2 ปี

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่(เพศ)	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	ประสบการณ์
76 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ.1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	2 ปี
77 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (กก.3)	กองบังคับการสันติบาล	2 ปี
78 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	2 ปี
79 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	2 ปี
80 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (ฝทว.7)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	1 ปี 10 เดือน
81 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ.สามควายเผือก	1 ปี 8 เดือน
82 (ญ)	ผู้บังคับหมู่ (สส)	สภ. โพธิแก้ว	1 ปี 5 เดือน
83 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (สส)	สภ.สามควายเผือก	1 ปี 4 เดือน
84 (ช)	ผู้บังคับหมู่	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	1 ปี 3 เดือน
85 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	1 ปี
86 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	1 ปี
87 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	11 เดือน
88 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	10 เดือน
89 (ญ)	ผู้บังคับหมู่	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	9 เดือน
90 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	8 เดือน
91 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 เดือน
92 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 เดือน
93 (ช)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 เดือน
94 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	7 เดือน
95 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 2)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	6 เดือน
96 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ฝทว.4)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	6 เดือน
97 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. สามควายเผือก	6 เดือน
98 (ญ)	นักวิทยาศาสตร์ (สบ 1)	กองพิสูจน์หลักฐานกลาง	5 เดือน
99 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ฝทว.5)	กองทะเบียนประวัติอาชญากร	4 เดือน
100 (ช)	ผู้บังคับหมู่ (ป)	สภ. สามควายเผือก	4 เดือน

### ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม

จากการทดสอบพิมพ์ลายนิ้วมือบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เหลือใช้จากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์น้ำมันเตา เปรียบเทียบกับหมึก Fingerprint ink ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ และตรวจสอบลายนิ้วมือแฝง เป็นผู้ทำการทดสอบและทำการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินความพึงพอใจของคุณภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค ในการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้

### ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ

ตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความละเอียดของเนื้อหมึก

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	361.46	120.487	57.172	.0
Within Groups	396	834.54	2.107		
Total	399	1196			

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าความละเอียดของเนื้อหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความละเอียดของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	7.73	1.286
F2	100	6.76	1.821
F3	100	7.71	1.653
FI	100	9.4	0.853

จากตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านความละเอียดของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่าหมึกสูตร FI (Mean = 9.4 S.D. = 0.85) มีคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 7.73 S.D. = 1.28) และ F3 (Mean = 7.71 S.D. = 1.65) ไม่แตกต่างกันและ F2 (Mean = 6.76 S.D. = 1.82) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 10 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดเนื้อหมึก

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	261.027	87.009	33.324	0
Within Groups	396	1033.97	2.611		
Total	399	1294.997			

จากตารางที่ 10 พบว่าค่าความหนืดของเนื้อหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 11 แสดงผลวิเคราะห์ความหนักของเนื้อหมึก

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	7.69	1.594
F2	100	6.85	1.914
F3	100	7.86	1.775
FI	100	9.11	1.043

จากตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านความหนักของเนื้อหมึก ทั้ง 4 สูตร พบว่าหมึกสูตร FI (Mean = 9.11 S.D. = 1.04) มีคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 7.69 S.D. = 1.59) และ F3 (Mean = 7.86 S.D. = 1.77) ไม่แตกต่างกันและ F2 (Mean = 6.85 S.D. = 1.91) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 12 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มสีหมึก

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	138.8	46.267	24.983	0
Within Groups	396	733.36	1.852		
Total	399	872.16			

จากตารางที่ 12 พบว่าค่าความเข้มสีหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 13 แสดงผลวิเคราะห์ความเข้มของสีหมึก

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	8.06	1.162
F2	100	7.6	1.421
F3	100	7.78	1.508
FI	100	9.12	1.328

จากตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความเข้มของเนื้อหมึก ทั้ง 4 สูตร พบว่า FI (Mean = 9.12 S.D. = 1.32) มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 8.06 S.D. = 1.16) และ F3 (Mean = 7.78 S.D. = 1.50) ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 (Mean = 7.6 S.D. = 1.42) และ F3 (Mean = 7.78 S.D. = 1.50) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 14 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเข้มสีหมึก

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	8.38	2.793	1.005	0.39
Within Groups	396	1100.46	2.779		
Total	399	1108.84			

จากตารางที่ 14 พบว่าค่าความเข้มสีหมึกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 15 แสดงผลวิเคราะห์ความเสถียรในการล้างออก

สูตรของ หมึก	จำนวนผู้ตอบ แบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
F1	100	7.99	1.63
F2	100	7.64	1.679
F3	100	7.81	1.509
FI	100	7.64	1.834

จากตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความเสถียรในการล้างออกของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า ไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 16 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นหมึกพิมพ์มือ

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	52.327	17.442	1.613	0.186
Within Groups	396	4281.07	10.811		
Total	399	4333.397			

จากตารางที่ 16 พบว่าค่าของกลิ่นหมึกพิมพ์มือไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ )



ตารางที่ 17 แสดงผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของหมึกพิมพ์มือ

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	7.89	1.385
F2	100	8.16	5.989
F3	100	7.2	1.627
FI	100	7.96	1.675

จากตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า ไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของลายเส้นหลังจากที่พิมพ์บนกระดาษ

ตารางที่ 18 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนความคมชัดของลายเส้น

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	133.387	44.462	6.317	0
Within Groups	396	2787.31	7.039		
Total	399	2920.697			

จากตารางที่ 18 พบว่าค่าความคมชัดลายเส้นของหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 19 แสดงผลวิเคราะห์ความคมชัดของลายเส้น

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	8.02	1.054
F2	100	7.75	4.986
F3	100	8.34	1.13
FI	100	9.28	0.954

จากตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความคมชัดของลายเส้นเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI (Mean = 9.28 S.D. = 0.95) มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 8.02 S.D. = 1.05) และ F3 (Mean = 8.34 S.D. = 1.13) ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 (Mean = 7.75 S.D. = 4.98) และ F3 (Mean = 8.34 S.D. = 1.13) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 20 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการแยกลายเส้นได้ชัดเจน

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	119.49	39.83	5.646	0.001
Within Groups	396	2793.7	7.055		
Total	399	2913.19			

จากตารางที่ 20 พบว่าค่าความสามารถในการแยกลายเส้นได้ชัดเจนของหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 21 แสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการแยกสายได้ชัดเจน

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	8.21	1.113
F2	100	7.96	4.985
F3	100	8.27	1.196
FI	100	9.38	0.838

จากตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความสามารถในการแยกสายได้ชัดเจนของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI (Mean = 9.38 S.D. = 0.83) มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 8.21 S.D. = 1.11) และ F3 (Mean = 8.27 S.D. = 1.19) ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 (Mean = 7.96 S.D. = 4.98) และ F3 (Mean = 8.27 S.D. = 1.19) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 22 แสดงผลวิเคราะห์ ความแปรปรวนของความคงทนในการติดกับกระดาษ

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	228.65	76.217	57.496	0
Within Groups	396	524.94	1.326		
Total	399	753.59			

จากตารางที่ 22 พบว่าค่าความความคงทนในการติดกับกระดาษของหมึกมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 23 แสดงผลวิเคราะห์ ความคงทนในการติดกับกระดาษ

สูตรของ หมึก	จำนวนผู้ตอบ แบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
F1	100	7.91	1.093
F2	100	7.24	1.408
F3	100	7.95	1.158
FI	100	9.32	0.886

จากตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความคงทนในการติดกับกระดาษของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI (Mean = 9.32 S.D. = 0.88) มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 (Mean = 7.91 S.D. = 1.09) และ F3 (Mean = 7.95 S.D. = 1.15) ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 (Mean = 7.24 S.D. = 1.14) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

#### ผลการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมอื่น

ตารางที่ 24 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนราคาของหมึกพิมพ์

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	469.31	156.437	92.126	0
Within Groups	396	672.44	1.698		
Total	399	1141.75			

จากตารางที่ 24 พบว่าราคาของหมึกพิมพ์มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 25 แสดงผลวิเคราะห์ราคาของหมึกพิมพ์

สูตรของหมึก	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F1	100	9.26	0.928
F2	100	9.16	1.022
F3	100	9.18	1.038
FI	100	6.7	1.951

จากตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านราคาของหมึกพิมพ์ของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า F1 (Mean = 9.26 S.D. = 0.92) F2 (Mean = 9.16 S.D. = 1.02) และ F3 (Mean = 9.18 S.D. = 1.03) มีค่ามากที่สุด โดยที่ FI (Mean = 6.7 S.D. = 1.95) มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 26 แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้

S.O.V.	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3	64.61	21.537	13.159	0
Within Groups	396	648.1	1.637		
Total	399	712.71			

จากตารางที่ 26 พบว่าราคาของหมึกพิมพ์มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 27 แสดงผลวิเคราะห์ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้

สูตรของ หมึก	จำนวนผู้ตอบ แบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
F1	100	8.68	1.109
F2	100	8.45	1.226
F3	100	8.7	1.133
FI	100	7.71	1.591

จากตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพ  
ของผู้ใช้ของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า F1 (Mean = 8.68 S.D. = 1.10) F2 (Mean = 8.45 S.D. = 1.22)  
และ F3 (Mean = 8.7 S.D. = 1.13) มีค่ามากที่สุด โดยที่ FI (Mean = 7.71 S.D. = 1.59) มีค่าน้อยที่สุด  
( $P < 0.05$ )

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาหมึกพิมพ์มือเพื่อใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Study) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้คาร์บอนแบล็ค ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตา นำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อพัฒนาเป็นหมึกพิมพ์เพื่อนำมาใช้ในการพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยงานวิจัยนี้เลือกหมึกพิมพ์มือที่ทำการคิดค้นจากทั้งหมด 16 สูตร มา 3 สูตร แล้วเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์มือที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศแล้วมาทำการทดสอบ โดยนำมาพิมพ์ลายนิ้วมือลงบนแบบพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้ Fingerprint ink จำนวน 5 แผ่น ใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F1 จำนวน 30 แผ่น หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F2 จำนวน 30 แผ่น และหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสูตร F3 จำนวน 30 แผ่น โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจาก 5 หน่วยงาน คือ

1. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
2. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
3. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐมและเขตลาดกระบัง
4. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองบังคับการสันติบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
5. ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 (นครปฐม)

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ท่าน แบ่งออกเป็น เพศชาย จำนวน 56 ท่าน เพศหญิง จำนวน 44 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ จำนวน 35 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 29 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐมและเขตลาดกระบัง จำนวน 15 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองบังคับการสันติบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 8 ท่านและผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 (นครปฐม) จำนวน 13 ท่าน ได้ทำการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์มือที่ผลิตขึ้นจาก คาร์บอนแบล็คในการใช้พิมพ์ลายนิ้วมือและให้ผู้ทดสอบทำการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินความพึงพอใจ

คุณภาพของหมึกพิมพ์มือที่ผลิตจากคาร์บอนแบล็ค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นและ พัฒนาหมึกพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้พิมพ์ลายนิ้วมือแฝงที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำมา ประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science) สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' Multiple Range Test ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard Deviation)

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

### สรุปผลการวิจัย

การทดลองผสมหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้คาร์บอนแบล็ค ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ที่ เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเตานำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อพัฒนาเป็นหมึกพิมพ์มือ แล้วนำมาพิมพ์ลายนิ้วมือบนแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์มือมาตรฐานที่ต้องสั่งซื้อ จากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 100 คน ทำการทดสอบ คุณภาพของหมึกพิมพ์มือที่ผลิตขึ้นจากคาร์บอนแบล็ค โดยให้พิมพ์ลายนิ้วมือบนแผ่นพิมพ์ ลายนิ้วมือและให้ผู้ทดสอบทำการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อประเมินคะแนนของหมึก พิมพ์มือโดยภาพรวม สรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

#### 1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คนเป็นผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 35 คน, ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานกองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 29 คน, ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานสืบสวนสอบสวนสถานีตำรวจ พื้นที่อำเภอที่อยู่ภายในจังหวัดนครปฐมและเขตลาดกระบัง จำนวน 15 คน, ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงาน กองบังคับการสันติบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติจำนวน 8 คนและผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มงานศูนย์ พิสูจน์หลักฐาน 7 (นครปฐม) จำนวน 13 คน



## 2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการทดสอบทางกายภาพหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือ พบว่าหมึกสูตร F4 F5 F6 F8 F9 F14 และ F15 รวมกันเป็นก้อน หมึกสูตร F7 เป็นเนื้อครีม หมึกสูตร F10, F11 รวมตัวเป็นก้อนเหนียว หมึกสูตร F12 F13 เนื้อเหลว และหมึกสูตร F16 เป็นเนื้อครีมข้น ซึ่งหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือทั้งหมดที่กล่าวมาไม่สามารถพิมพ์ติดลายนิ้วมือได้ ดังนั้นจึงมีหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือเพียง 3 สูตรเท่านั้นที่มีคุณสมบัติในการพิมพ์ลายนิ้วมือแล้วเห็นลายนิ้วมือได้ชัดเจนใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความละเอียดของเนื้อหมึก, ความหนืดความของเนื้อหมึก ทั้ง 4 สูตร พบว่า FI มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 และ F3 ไม่แตกต่างกัน และ F2 มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความเข้มของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 และ F3 ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 และ F3 มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความสะดวกในการล้างออก และคุณภาพด้านกลิ่นของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า ไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ )

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความคมชัดของลายเส้นและความสามารถในการแยกลายเส้นได้ชัดเจนของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 F2 และ F3 ไม่แตกต่างกัน ( $P < 0.05$ )

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านความคงทนในการติดกับกระดาษของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า FI มีค่ามากที่สุด โดยที่ F1 และ F3 ไม่แตกต่างกันซึ่ง F2 มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การประเมินคุณภาพด้านราคาและด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้หมึกพิมพ์มือของเนื้อหมึกทั้ง 4 สูตร พบว่า F1 F2 และ F3 มีค่ามากที่สุด โดยที่ FI มีค่าน้อยที่สุด ( $P < 0.05$ )

### อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่าหมึกพิมพ์มือที่พัฒนามาจากคาร์บอนแบล็ค ที่เหลือจากการผลิตน้ำมันเตามีความแตกต่างกันนั้น โดยนำหมึกพิมพ์มือที่ได้พัฒนามาจากคาร์บอนแบล็คทั้งหมด 16 สูตรมาทดสอบสมมุติฐานจากการทดลองพิมพ์ลายนิ้วมือบนแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือ สามารถพิมพ์ติดลายนิ้วมือได้เพียง 3 สูตร จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในด้านการพิมพ์ลายนิ้วมือและ

ตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงเป็นผู้ทำการตอบแบบสอบถาม(Questionnaire) เพื่อประเมินคะแนนโดยภาพรวมของหมึกพิมพ์มือที่พัฒนาขึ้นจากคาร์บอนแบล็คกับหมึกพิมพ์มือที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ผลการทำสอบพบว่าคุณภาพของหมึกที่พัฒนาขึ้น (F1,F2 และ F3) มีราคาถูก และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพสูงกว่าหมึกมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน ( $P < 0.05$ ) ด้านความสะดวกในการล้างออกและกลิ่นของหมึกพิมพ์มือไม่แตกต่างกันกับหมึกมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน ( $P > 0.05$ ) ในขณะที่หมึกมาตรฐานมีความละเอียด ความหนืด ความเข้ม ความคมชัด ความสามารถในการแยกลายเส้นและความคงทนในการติดกับกระดาษ มากกว่าหมึกที่พัฒนาขึ้น ( $P < 0.05$ )

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการวิจัยมีข้อจำกัดบางประการที่เป็นอุปสรรคในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับรอยลายนิ้วมือ โดยการใช้หมึกพิมพ์ลายนิ้วมือจากคาร์บอนแบล็คซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับหมึกพิมพ์มือสำหรับใช้ปิดหารอยลายนิ้วมือ เป็นประเด็นที่น่าสนใจ และจำเป็นต้องการนำไปสร้าง องค์ความรู้เกี่ยวกับพิสูจน์หลักฐานและการพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลในอนาคต ทั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหมึกพิมพ์มือที่ใช้สำหรับพิมพ์ลายนิ้วมือในประเทศไทยยังมีน้อยมารวมทั้งหมึกพิมพ์มือมาตรฐานที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ปัจจุบันมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐจึงควรให้ความสนใจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้พัฒนาในประเทศไทยเป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาและควรให้การสนับสนุนในงานวิจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการพิมพ์ลายนิ้วมือมากยิ่งขึ้น

2. ผู้ที่ถูกพิมพ์ลายนิ้วมือบางท่านมีเส้นลายนิ้วมือที่บางมากและมีเหงื่อ ความมัน จึงควรล้างมือก่อนทำการพิมพ์ลายนิ้วมือเพื่อให้ลายพิมพ์นิ้วมือที่มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ควรนำหมึกพิมพ์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในหน่วยงานที่ทำการพิมพ์ลายนิ้วมือจริง ซึ่งอาจทำให้พบข้อเสนอนี้ในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อให้การศึกษามีความสมบูรณ์และเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ควรทำการตรวจลักษณะพิเศษของลายนิ้วมือร่วมด้วยเพื่อให้ได้ความชัดเจนและวิเคราะห์ผลได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น
2. ในการทดสอบความพึงพอใจควรปิดฉากของสารที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้ได้ผลคะแนนที่เที่ยงตรง
3. ควรทำการทดสอบความปลอดภัยในเชิงเคมี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านความปลอดภัยอย่างสูงสุดกับผู้ทำการพิมพ์ลายนิ้วมือและผู้ถูกพิมพ์ลายนิ้วมือ
4. ควรทำการศึกษาพัฒนาหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้วัสดุชนิดอื่น เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์และพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

กองทะเบียนประวัติอาชญากร. การพิมพ์ลายนิ้วมือและการทะเบียนประวัติอาชญากร. เอกสาร  
ฝึกอบรมกองทะเบียนประวัติอาชญากร, ม.ป.ท., 2546.

ชมพูนุท ไสยโสภณ. ลายนิ้วมือและการตรวจเก็บ. เอกสารกองกำกับการ วิทยาการ เขต 23  
สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ].มปป.มปส, 2552

ดำเนิน คงพลา . เทคโนโลยีงานสี . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-  
ญี่ปุ่น), 2548.

ธีระ ตั้งวิชาชาญ, ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช,  
2539, 220-239.

ธีรเดช เรืองศรี. “การพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล้องบรรจุภัณฑ์เพื่อลดความสูญเสีย  
กรณีศึกษา: โรงงานผลิตกล้องบรรจุภัณฑ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

เบญจวรรณ สาเรือง. “การวิเคราะห์เปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือของบุคคลที่เป็นฝาแฝด.” วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

พัชรา สีนลอยมา. การทะเบียนประวัติอาชญากรและการพิมพ์ลายนิ้วมือ, 2548

วิโรจน์ ไวยวุฒิ. “นิติเวชศาสตร์ การพิสูจน์พยานหลักฐาน.” ภาควิชานิติเวชศาสตร์  
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2532. (อัดสำเนา)

ศิริลักษณ์ บุญภูมิ. การประเมินผลการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบประวัติลาย  
พิมพ์นิ้วมือของกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2544

ศุภกร กันทาลักษณ์ คู่มือการทำงานสืบสวน [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 7 พฤษภาคม 2553. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.champa.kku.ac.th/>

สาวตรี พิพิธกุลและจรรยา สุภรัตน์ภิญโญ ศึกษาและจัดทำโครงการเรื่องโปรแกรมบันทึก ข้อมูล  
พนักงานด้วยเครื่องสแกนลายนิ้วมือ, 2548

สมทรง ณ นคร และคณะ. ลายนิ้วมือ : ประวัติความเป็นมาทางนิติวิทยาศาสตร์และพันธุศาสตร์  
[ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 7 พฤษภาคม 2553. เข้าถึงได้จาก <http://www.champa.kku.ac.th/>

อุกฤษฏ์ ศรีเสื่อขาม. “ประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ  
อัตโนมัติ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541

อรษา สรวารี. สารเคลือบผิว. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

### ภาษาอังกฤษ

Alibaba, Attritor mill [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.alibaba.com>

Arndt, Douglas C., Gindelberger and Bruce H. Fingerprintink dispenser. United States patent

[Online]. Accessed 3 Auguste 1995. Available from <http://www.google.com/patents>.

Assets, Grate Ball Mill [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.miningbasics.com>

Ball-mill, Mining-equipment [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://diqky.blogspot.com>

Cummins, H., and C. Middlo. Finger Prints, Palms and Soles. New York : Dover Publication, 1961.

Douglas C. Arndt. Fingerprint compound and method. United States patent [Online]. Accessed 3

December 2002. Available from <http://www.google.com/patents>.

Douglas, C. Arndt. Fingerprint compound and method. United States patent [Online]. Accessed

17 May 2005. Available from <http://www.google.com/patents>.

Easonpaint, Ford Cup [Online], accessed 7 May 2010. Available <http://www.easonpaint.co.th/>

Instruments, Fineness-of-grind-gages-hegman-gages [Online], accessed 7 May 2010. Available from

<http://www.byk.com>

Kohsieh, Bubble Viscometer [Online], accessed 7 May 2010. Available <http://www.kohsieh.com>

Products, overhead-stirrers [Online], accessed 7 May 2010. Available from [http://www.heidolph-](http://www.heidolph-instruments.com)

[instruments.com](http://www.heidolph-instruments.com)

Ronald, Stenley. Fingerprint ink composition. United States patent [Online]. Accessed 11

December 2003. Available from <http://www.google.com/patents>.

Ronald, Stenley. Fingerprint ink composition. United States patent [Online]. Accessed 19 October

2006. Available from <http://www.google.com/pates>

Turner, Pain [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.madehow.com>

Wiki, Three roll mill [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Writer, Topicstock [Online], accessed 7 May 2010. Available from <http://www.google.co.th/>

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## แบบสำรวจ

## ความพึงพอใจโดยภาพรวมในการใช้หมึกพิมพ์มือที่ผลิตจาก Carbon black

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

(กรุณาเติมคำลงในช่องว่างที่เว้นไว้)

1. ชศ/ชื่อ-นามสกุล.....
2. ตำแหน่ง.....สังกัด.....
3. ประสบการณ์ในการพิมพ์มือเป็นระยะเวลา.....ปี.....เดือน

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้หมึกพิมพ์มือที่ผลิตจาก Carbon black

(กรุณาใส่คะแนนที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านมากที่สุด คะแนนเต็มข้อละ 10 คะแนน)

รายการ	คะแนนความพึงพอใจ			
	F1	F2	F3	F4
<b>1.คุณสมบัติทางกายภาพของหมึกพิมพ์มือ</b>				
1.1 ความละเอียดของเนื้อหมึก				
1.2 ความหนืดของเนื้อหมึก				
1.3 ความเข้มของสีหมึก				
1.4 ความสะดวกในการล้างออก				
1.5 กลิ่นของหมึกพิมพ์มือ				
<b>2.คุณสมบัติของการละลายหลังจากที่พิมพ์บนกระดาษ</b>				
2.1 ความคมชัดของลายเส้น				
2.2 สามารถแยกลายเส้นได้ชัดเจน				
2.3 ความคงทนในการติดกับกระดาษ				
<b>3. ปัจจัยแวดล้อมอื่น</b>				
3.1 ราคาของหมึกพิมพ์				
3.2 ความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้				
<b>คะแนนความพึงพอใจรวม (สำหรับผู้วิจัย)</b>				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (กรุณาระบุ หัวข้อ).....

.....

.....

.....

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอังสุมาล รอดภัย
วัน เดือน ปีเกิด	5 พฤษภาคม 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
พ.ศ. 2551	ศึกษาคณะระดับปริญญาโทบริหาร สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2549 - 2551	ผู้ช่วยวิจัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน	ผู้ช่วยวิจัย สำนักอนุรักษ์ วิจัย และการศึกษา องค์การสวนสัตว์ในพระบรมราชูปถัมภ์