

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 ทฤษฎีและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.7 ตารางเวลาการดำเนินการทดลอง	4
1.8 ประโยชน์ที่ได้ในงานวิจัย	5
 บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	 6
2.1 การศึกษาประเภทและองค์ประกอบของเข็มฉีดยา	6
2.2 การศึกษาขนาดและเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเข็ม	8
2.3 การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบริษัทผู้ผลิตเข็มฉีดยาในประเทศไทย	8
2.4 ประเภทของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตาย	9
2.5 การศึกษาลักษณะองค์ประกอบของเข็มเคลือบพอลิเมอร์จากสิทธิบัตร	11
2.6 การศึกษาพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบเข็มฉีดยาทางการแพทย์	12
2.6.1 Parylene	12
2.6.2 Teflon	14
2.6.3 PS ^x	16
2.7 การศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์	18
2.7.1 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตส่วนของตัวเข็มฉีดยา	19
2.7.2 การศึกษาเทคโนโลยีการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนผิววัสดุ	19
2.7.3 กลไกการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะ	24
2.8 การศึกษาวิธีการเคลือบ PTFE ลงบนโลหะ	25

	หน้า
2.9 ลักษณะการเกิดฟิล์ม Aqueous Fluoropolymer Dispersion บนโลหะ	27
2.10 การศึกษาลักษณะการฝังตัวของเซมิเจ็ดยา	27
บทที่ 3 วิเคราะห์กรรมย่อนรอยของเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	30
3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	30
3.1.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น	30
3.1.2 การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของตัวเซมิเจ็ดยา	30
3.1.3 การศึกษาประเภทของพอลิเมอร์เคลือบ	30
3.1.4 การศึกษาความหนาของผิวพอลิเมอร์บนเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	31
3.1.5 การศึกษาสมบัติของเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	31
3.2 ผลการทำวิเคราะห์กรรมย่อนรอยของเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	31
3.2.1 ลักษณะทางกายภาพของผิวเคลือบพอลิเมอร์	31
3.2.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	35
3.2.3 ผลการศึกษาประเภทของพอลิเมอร์เคลือบบนเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	37
3.2.4 ผลการศึกษาความหนาของผิวพอลิเมอร์เคลือบ	38
3.2.5 สมบัติของเซมิเจ็ดยาเคลือบพอลิเมอร์	39
บทที่ 4 การจัดหาเซมิเจ็ดยาและพอลิเมอร์	41
4.1 การจัดหาเซมิเจ็ดยา	41
4.1.1 ขนาดของเซมิเจ็ดยาที่จำหน่ายอยู่ทั่วไป	41
4.1.2 การตรวจสอบชนิดของโลหะที่ผลิตตัวเซมิเจ็ดยา	42
4.2 การจัดหาพอลิเมอร์	42
4.3 การจัดหาอุปกรณ์การเคลือบ	43
บทที่ 5 ผลและอภิปรายผลการดำเนินงาน	45
5.1 การทดลองเคลือบผิวเบื้องต้น	45
5.1.1 การเตรียมผิวโลหะและเซมิเจ็ดยา	45
5.1.2 การเตรียมพอลิเมอร์ที่ใช้สำหรับเคลือบ	46
5.1.3 การเคลือบ	47
5.1.4 การอบให้ความร้อนของพอลิเมอร์เคลือบ	48
5.2 การตรวจสอบชนิดของพอลิเมอร์เคลือบบนโลหะที่ได้ทดลองเคลือบ	50
5.3 การทดสอบความหนืดของพอลิเมอร์ที่นำมาใช้เคลือบ	51
5.3.1 การทดสอบความหนืดของพอลิเมอร์ด้วยเครื่อง Zahn cup	52

	หน้า
5.3.2 การทดสอบความหนืดของพอลิเมอร์ด้วยเครื่อง Brookfield RVT viscometer	54
5.4 การศึกษาการทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายของวัสดุ	55
5.5 การศึกษาการทดสอบการยืดเกาะของผิวพอลิเมอร์เคลือบบนโลหะ	56
5.6 การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนเซมิคอนดักเตอร์	64
5.6.1 การทดสอบความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบบนเซมิคอนดักเตอร์	64
5.6.2 การทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์เคลือบพอลิเมอร์	66
5.6.3 การทดสอบแรงเสียดทานของเซมิคอนดักเตอร์เคลือบพอลิเมอร์	67
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	72
6.1 สรุปผล	72
6.2 ข้อเสนอแนะ	73
 เอกสารอ้างอิง	 74
ภาคผนวก ก Sequence diagram ของเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์	76
ภาคผนวก ข อนุสิทธิบัตรเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์	78
ภาคผนวก ค ลิขสิทธิ์โปรแกรมควบคุมเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์	80
ภาคผนวก ง ผลรายงานการทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายของพอลิเมอร์เคลือบบนโลหะ	82
ภาคผนวก จ เอกสารการเผยแพร่และถ่ายทอดผลการวิจัย	91

สารบัญรูป

	หน้า
1. ส่วนประกอบของเข็มฉีดยา	6
2. ลักษณะมุมมองของปลายเข็ม	7
3. ลักษณะหัวเข็มเพื่อเชื่อมต่อกับกระบอกฉีดยาในรูปแบบต่าง ๆ	7
4. ลักษณะรอยบากของปลายเข็ม	7
5. ลักษณะตัวเข็มต่าง ๆ	7
6. เข็มฉีดยาที่ทำการผลิตโดยบริษัท Infus Medical (Thailand) จำกัด	8
7. เข็มฉีดยาที่ผลิตโดยบริษัท Medical Device Manufacturer (Thailand) จำกัด	9
8. เข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์	10
9. ลักษณะของ EMG Injection Needle Electrodes	11
10. เครื่องอัดรีดขึ้นรูปโลหะ	18
11. เครื่อง Rotary Needle Grinding Machine	19
12. เครื่อง CNC Needle Grinding Machine	19
13. การจุ่มเคลือบด้วยพอลิเมอร์	20
14. เครื่องจุ่มเคลือบพอลิเมอร์	21
15. การเคลือบด้วยวิธี Electrocoating	21
16. การเคลือบด้วยวิธี Electroplating	22
17. การเคลือบด้วยวิธี Spin Casting	23
18. การเคลือบด้วยวิธีการ Sputtering	23
19. การเปรียบเทียบหยดน้ำมันผิวเคลือบด้วยวิธีทั่วไปและเคลือบด้วยวิธี NanoCoating	24
20. การเกิดการเคลือบพอลิเมอร์บนโลหะและมุมที่มีผลต่อการเคลือบ	25
21. ขั้นตอนการเคลือบ Fluoropolymer Dispersion	25
22. ขั้นตอนการเคลือบ Fluoropolymer Powder	26
23. ขั้นตอนการเคลือบ Fluoropolymer ลงบนโลหะ	26
24. ลักษณะการเกิดฟิล์ม Fluoropolymer เคลือบบนโลหะ	27
25. ลักษณะของเข็มฉีดยาเข้าภายในร่างกายและหลังการดึงเข็มฉีดยาออก	28
26. ลักษณะการฝังเข็มฉีดยาเข้าภายในร่างกาย	28
27. EMG Concentric Needle Electrodes	31
28. รอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 5x	32
29. รอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 10x	32
30. ผิวพอลิเมอร์ กำลังขยาย 10x	32
31. ผิวพอลิเมอร์ กำลังขยาย 50x	33

	หน้า
32. EMG Injection Needle Electrodes	33
33. ปลายเข็มโลหะกำลังขยาย 5X	34
34. รอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 10x	34
35. รอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 20x	34
36. รอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 20x	34
37. ผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 20x	35
38. ตำแหน่ง Wavenumber ต่าง ๆ ของพอลิเมอร์เคลือบที่ทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR	37
39. โครงสร้างของพอลิเตตระฟลูออโรเอทีลีน	38
40. ความหนาฟิล์มพอลิเมอร์ กำลังขยาย 10x	38
41. ความหนาฟิล์มพอลิเมอร์ กำลังขยาย 20x	39
42. ตำแหน่ง Wavenumber ต่าง ๆ ของพอลิเมอร์เคลือบเข็มฉีดยาทั่วไปที่ทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR	43
43. เครื่องเคลือบเข็มฉีดยาด้วยวิธี Dip spinning	44
44. การทำความสะอาดผิวโลหะแผ่น	45
45. การทำความสะอาดผิวโลหะเข็มฉีดยาด้วยกระดาษทราย	46
46. เครื่อง Tumbling Mill	47
47. เข็มฉีดยาที่เตรียมผิวด้วยการขัดกระดาษทรายเคลือบพอลิเมอร์	48
49. Wetting ของพอลิเมอร์เคลือบ	48
50. ผิวพอลิเมอร์เคลือบบนตัวเข็มฉีดยาที่ผ่านการอบ	49
51. ภาพกำลังขยาย 20X ของผิวเคลือบพอลิเมอร์บนเข็มฉีดยา	49
52. ภาพกำลังขยาย 5X ของผิวเคลือบพอลิเมอร์บนโลหะแผ่น	49
53. ตำแหน่ง Wavenumber ต่าง ๆ ของพอลิเมอร์เคลือบที่ได้ทดลองเคลือบโดยนำไปทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR	50
54. สูตรโครงสร้างของ Polyamide-imide (PAI)	51
55. สูตรโครงสร้างของ Fluorinated ethylene propylene resin (FEP)	51
56. การทดสอบความหนืดด้วย Zahn cup	52
57. เครื่อง Brookfield RVT viscometer	54
58. ความหนืดของพอลิเมอร์ที่วัดได้ในระหว่างขั้นตอนการเคลือบ	55
59. ความหนืดของพอลิเมอร์ที่ผสมด้วยความเร็วรอบและเวลาต่างกัน	56
60. ผลการทดสอบของชิ้นงานตัวอย่าง Negative Control และ Positive Control	60
61. เครื่อง Cross-cut Tester	61
62. ระดับการหลุดของผิวเคลือบพอลิเมอร์	61
63. ขั้นตอนการเตรียมวัสดุและการทดสอบการยึดเกาะของพอลิเมอร์บนโลหะ	62

	หน้า
64. ผิวพอลิเมอร์เคลือบที่ผ่านการทดสอบการยึดเกาะบนโลหะ	63
65. ผิวพอลิเมอร์เคลือบที่ผ่านการทดสอบการยึดเกาะบนโลหะจาก Optical Microscope	63
66. ผิวพอลิเมอร์เคลือบที่ผ่านการทดสอบการยึดเกาะบนโลหะจาก SEM	63
67. ความหนาของฟิล์มเคลือบพอลิเมอร์กำลังขยาย 100X	65
68. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์เคลือบพอลิเมอร์	66
69. เครื่อง Texture analyzer	68
70. Rubber stopper ที่ใช้วัดแรงเสียดทาน	68
71. ลักษณะกราฟที่ได้จากการทิ่มเซมิคอนดักเตอร์เข้าไปยัง Rubber stopper	69
72. การทดสอบแรงเสียดทานของเซมิคอนดักเตอร์ขนาด 26G ด้วยความเร็วในการทิ่มต่างกัน	70
73. การทดสอบแรงเสียดทานด้วยขนาดของเซมิคอนดักเตอร์เคลือบพอลิเมอร์ที่ขนาดต่างกัน	71
74 การทดสอบแรงเสียดทานของเซมิตัวอย่างและเซมิที่ได้ทำการเคลือบ	72

สารบัญตาราง

	หน้า
1. แผนการดำเนินการวิจัย	4
2. ผลงานในแต่ละช่วงเวลา	5
3. ขนาดและความยาวของเข็มฉีดยาตามวัตถุประสงค์การใช้	6
4. Gauge Number เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของผนังตัวเข็ม	8
5. ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Injection Needle Electrodes	10
6. ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Concentric Needle Electrodes	11
7. องค์ประกอบของ EMG Injection Needle Electrodes	12
8. ประเภทของ Parylene และสมบัติต่าง ๆ	13
9. ประเภทของ Teflon และสมบัติต่าง ๆ	15
10. ประเภทของ PS ^X และสมบัติต่าง ๆ	16
11. ประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์	17
12. สูตร Fluoropolymer ที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีผิวลื่น	17
13. องค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็ม	36
14. องค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยาทั่วไป	37
15. Gauge Number และความยาวของเข็มฉีดยาที่มีจัดจำหน่าย	41
16. องค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา	42
17. ตำแหน่งของ Wavenumber และหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ที่ได้นำมาทดลองเคลือบ	50
18. ช่วงของความหนืดและ Efflux time ของการเลือกใช้เบอร์ Zahn cup	53
19. ค่าคงที่สำหรับการคำนวณความหนืดตามเบอร์ของ Zahn cup	53
20. วิธีการทดสอบความเป็นพิษของเข็มฉีดยา	57
21. Decoloration Index	59
22. Lysis Index	60
23. Cell Response	61
24. ความหยาบผิวโลหะที่มีการเตรียมผิวต่างกัน	62
25. ค่าของตัวแปรของกระบวนการเคลือบ	64
26. ความหนาฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบ	65
27. ผลการทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้าของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์	67