

ภาคผนวก ก

Sequence diagram ของเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ก

Sequence diagram ของเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ข
การจดอนุสิทธิบัตรเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ข
การจดอนุสิทธิบัตรเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ค
การจดลิขสิทธิ์โปรแกรมควบคุมเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ค

การจดลิขสิทธิ์โปรแกรมควบคุมเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ภาคผนวก ง
ผลรายงานการทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายของพอลิเมอร์
เคลือบบนโลหะ

ภาคผนวก ง
ผลรายงานการทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายของพอลิเมอร์
เคลือบบนโลหะ

Sequence diagram ของเครื่องเคลือบสีผสมนิตยา

Sequence Diagram of DSReq																								
		Time , sec																						
Component M/C	Activity	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	...	480	490	500	510
Motor for mixing	Mix polymer																							
Motor for dip ↓	Dip				Dp				Up							Do						Uo		
Motor for spin ↔	Spin																							
Motor for movement ↔	Left/Right												to right											to left
Solenoid1	Air Inside Needle																							
Solenoid2	Air Cooling																							
Oven	Cure polymer																							
	20min																							
	Hold						P			L					R									

Dp = dip to polymer
 Up = up from polymer
 Do = dip to oven
 Uo = up from oven
 P = Polymer
 L = Left position
 R = Right position
 O = Oven

Sequence diagram ของเครื่องเคลือบสีผสมจิตยา

		Sequence Diagram of DSCeq																							
		Time , sec																							
Component M/C	Activity	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	...	480	490	500	510	
Motor for mixing	Mix polymer																								
Motor for dip ↓	Dip								Up																
Motor for spin ↔	Spin																Do					Uo			
Motor for movement ←→	Left/Right Air Inside Needle												to right											to left	
Solenoid1	Air Cooling																								
Solenoid2	Cure																								
Oven	polymer																								
	20min																								
	Hold																								

Dp = dip to polymer
 Up = up from polymer
 Do = dip to oven
 Uo = up from oven
 P = Polymer
 L = Left position
 R = Right position
 O = Oven

ภาคผนวก จ
เอกสารการเผยแพร่และถ่ายทอดผลการวิจัย

ภาคผนวก จ
เอกสารการเผยแพร่และถ่ายทอดผลการวิจัย

เลขที่อนุสิทธิบัตร 6660

อสป/200 - ข



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ปรากฏในอนุสิทธิบัตร

เลขที่คำขอ 1103000780
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 3 สิงหาคม 2554
ผู้ประดิษฐ์ นางสาวนันท์ ภาวรังกูร และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรนี้มีสิทธิหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ 7 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554
หมดอายุ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

(ลงชื่อ)

(นายสมศักดิ์ พงษ์กุล)
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นสุดอายุ
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
 3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นสุดอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ
 4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

เลขที่อนุสิทธิบัตร 6660

อสป/200 - ข



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ปรากฏในอนุสิทธิบัตร

เลขที่คำขอ 1103000780
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 3 สิงหาคม 2554
ผู้ประดิษฐ์ นางสาวนันท์ ถาวรังกูร และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์

ให้ผู้ทรงสิทธิหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

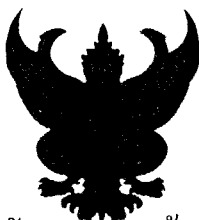
ออกให้ 7 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554
หมดอายุ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

(ลงชื่อ)

(นายสมศักดิ์ พณิษฐกุล)
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ 1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นสุดอายุ
2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันก็ได้
3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นสุดอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ
4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่



รลข.01 ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1. 4068

หนังสือรับรองการแจ้งข้อมูล

ลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ ประเภทงาน **วรรณกรรม**

ลักษณะงาน **โปรแกรมคอมพิวเตอร์**

ชื่อผลงาน **โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์**

ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา ตามคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ เลขที่ 260122

เมื่อวันที่ 30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554

ให้ไว้ ณ วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

ลงชื่อ.....

(นายสุรภูมิ ธีระนันท์)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการสำนักลิขสิทธิ์

หมายเหตุ 1. เอกสารนี้มีไว้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

2. การเปลี่ยนแปลงรายการข้างต้น ให้ดูด้านหลัง



รลข.01
ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว. 4068

หนังสือรับรองการแจ้งข้อมูล

ลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ ประเภทงาน **วรรณกรรม**

ลักษณะงาน **โปรแกรมคอมพิวเตอร์**

ชื่อผลงาน **โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องเคลือบเซมิคอนดักเตอร์**

ไว้คุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา **ตามคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ เลขที่ 260122**

เมื่อวันที่ **30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554**

ให้ไว้ ณ วันที่ **20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554**

ลงชื่อ.....

(นายสุรภูมิ ตีระนันท์)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการสำนักลิขสิทธิ์

หมายเหตุ 1. เอกสารนี้มีได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

2. การเปลี่ยนแปลงรายการข้างต้น ให้ดูด้านหลัง



หน้า ...1/9.....

เลขที่รายงาน .. 027/2554.....



Accreditation No. 1148/51

รายงานผลการทดสอบ

รายละเอียดลูกค้า

ชื่อลูกค้า คุณสรสุธิ บัวพุด

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เบอร์โทรศัพท์ 084-0053210

รายละเอียดตัวอย่าง

ชื่อตัวอย่าง แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE

หมายเลขอ้างอิง 027/2554-พลช-033

ปริมาณ/จำนวน 10 ชิ้น

วันที่รับตัวอย่าง 30 มิถุนายน 2554

ลักษณะตัวอย่าง แผ่นโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. เคลือบ PTFE สีเขียว

ผลการทดสอบ

จุดประสงค์ในการทดสอบ เพื่อประเมินความเป็นพิษของแผ่นโลหะ

วันที่ทดสอบ 21-24 สิงหาคม 2554

วันที่ออกรายงานผล 29 สิงหาคม 2554

วิธีทดสอบ Agar Overlay

ผลการทดสอบ ☆ ตามเอกสารแนบ

ภาวะในการทดสอบ (ถ้าจำเป็น) -

ค่าความไม่แน่นอน (ถ้าจำเป็น) -

หมายเหตุ -

(นางสาวราชพร สัจจันทร์)

ผู้ทดสอบ

(นางสุวรรณมา ก่อสุวรรณวงศ์)

ผู้ตรวจสอบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปานจิตต์ ทุมหมันจิตต์)

ผู้อนุมัติ

หมายเหตุ

1. เมื่อมีสัญลักษณ์ ☆ แสดงว่า ผลการทดสอบนี้เป็นรายงานผลการทดสอบที่ผ่านการรับรอง ISO/IEC 17025: 2005
2. งานบริการวิชาการและวิจัยไม่อนุญาตให้มีการแก้ไข เพิ่มเติม หรือเปลี่ยนแปลงรายงาน หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของรายงานวันแต่จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากงานบริการวิชาการและวิจัย
3. การนำรายงานฉบับนี้หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของรายงานฉบับนี้ หรืออ้างอิงชื่องานบริการวิชาการและวิจัย เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะ ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองควบคุมศิษย์วิจัยและนวัตกรรมก่อนทุกครั้ง
4. งานบริการวิชาการและวิจัยไม่สามารถรับผิดชอบต่อความเสียหายใด ๆ ที่เกิดขึ้นไม่ว่าโดยทางตรงหรือทางอ้อมในกรณีที่น่าข้อมูล ผลการวิเคราะห์ หรือข้อสรุปในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ในการออกแบบ การผลิต หรือเพื่อจุดประสงค์ก็ตาม
5. ผลการทดสอบเป็นจริงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
6. หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับรายงานผลการทดสอบ กรุณาติดต่อกลับภายใน 7 วันทำการ นับตั้งแต่วันที่ได้รับรายงานผลการทดสอบ



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เลขที่ใบนี้: แผนกทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ 10400 โทร. 02-644-7555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-6518441

หน้า...29....

รายงานผลการทดสอบความเป็นพิษของ แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE กับเซลล์ (L929)

ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อโดยวิธี Agar Overlay

นำเซลล์ L929 ที่มีความเข้มข้นจำนวน 2.5×10^5 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM completed medium จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมลงในจานเพาะเลี้ยงเซลล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร นำไปบ่มเพาะเลี้ยงในตู้ CO_2 Incubator ที่อุณหภูมิ 37°C , ความชื้นสัมพัทธ์ 95%, 5.0% CO_2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้เซลล์ลักษณะเป็นชั้นเดี่ยว (monolayer) จากนั้นหาคืออาหารเลี้ยงเซลล์ออกเดิม Agar medium ซึ่งประกอบด้วย DMEM completed medium (2X) และ 3% agar ในสัดส่วน 1:1 ทั้งไว้จน agar medium แข็งตัว จากนั้นทำการย้อมสีด้วย 0.1% neutral red

แบ่งพื้นที่ทดสอบภายในจานเพาะเลี้ยงเซลล์ออกเป็น 4 ส่วน แล้วนำชุดควบคุมทดสอบได้แก่ Negative control (Nunc): Thermanox coverslips, Positive control (Hatano): Polyurethane film containing 0.1% Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC): RM-A) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร วางไว้ด้านบนของ Agar medium ด้านขวาและซ้าย ตามลำดับ สำหรับด้านล่าง 2 ส่วน ใส่ตัวอย่างทดสอบ แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และทำการทดสอบจำนวน 2 จานเพาะเลี้ยงต่อ 1 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปบ่มเพาะเลี้ยงในตู้ CO_2 Incubator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปประเมินผล ตามเกณฑ์ International Organization for Standardization. **ISO 7405**: Preclinical evaluation of Biocompatibility of medical devices used in dentistry, test methods for dental material, ISO: 2008

รายงานผลการทดสอบความเป็นพิษของ แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE กับเซลล์ (L929)

นำเซลล์ L929 ที่มีความเข้มข้นจำนวน 2.5×10^5 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM completed medium จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมนลงในจานเพาะเลี้ยงเซลล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิลิตร นำไปบ่มเพาะเลี้ยงในตู้ CO₂ Incubator ที่อุณหภูมิ 37 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 95%, 5.0% CO₂ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้เซลล์ลักษณะเป็นชั้นเดียว (monolayer) จากนั้นหาคูอาหารเลี้ยงเซลล์ออกเคิม Agar medium ซึ่งประกอบด้วย DMEM completed medium (2X) และ 3% agar ในสัดส่วน 1:1 ทั้งไว้จน agar medium แข็งตัว จากนั้นทำการย้อมสีด้วย 0.1% neutral red

QF-DTRC-P09-01 REV-03 09/09/52



งานบริการ วิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทร : 08-1-014019, 014019, 014019 โทรสาร : 02-6007888 ถึง 7 โทรไป 02-3548510

หน้า... 3/9.....

Table 1 ISO 7405 : 2008

ตารางที่ 1 เกณฑ์ไอเอสโอ 7405 : 2008

Decolorization index	Description	Lysis index	Description of decolorized zone	Scale	Cell response	Interpretation
0	No detectable decolorization zone around under specimen	0	No observable cytotoxicity	0	0	Noncytotoxic
1	Decolorization zone limited to area under specimen	1	Less than 20% of the decolorized zone affected	1	1	Mildly cytotoxic
2	Decolorization zone extends less than 0.5 cm beyond specimen	2	20% to < 40% of the decolorized zone affected	2	2 to 3	Moderately cytotoxic
3	Decolorization zone extends 0.5 cm to 1.0 cm beyond specimen	3	40% to < 60% of the decolorized zone affected			
4	Decolorization zone extends greater than 1.0 cm beyond specimen but not involve entire dish	4	60% to < 80% of the decolorized zone affected	3	4 to 5	Severely cytotoxic
5	Decolorization zone involves entire dish	5	Greater than 80% of the decolorized zone affected			



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 อาคารศูนย์ทันตกรรม โรงพยาบาล 1 ชั้น 6 โทร 02-264-7455 ต่อ 2756 โทรสาร 02-25488510

หน้า...3/9.....

Table 1 ISO 7405 : 2008

ตารางที่ 1 เกณฑ์ไอเอสโอ 7405 : 2008

Decolorization index	Description	Lysis index	Description of decolorized zone	Scale	Cell response	Interpretation
0	No detectable decolorization zone around under specimen	0	No observable cytotoxicity	0	0	Noncytotoxic
1	Decolorization zone limited to area under specimen	1	Less than 20% of the decolorized zone affected	1	1	Mildly cytotoxic
2	Decolorization zone extends less than 0.5 cm beyond specimen	2	20% to < 40% of the decolorized zone affected	2	2 to 3	Moderately cytotoxic
3	Decolorization zone extends 0.5 cm to 1.0 cm beyond specimen	3	40% to < 60% of the decolorized zone affected			
4	Decolorization zone extends greater than 1.0 cm beyond specimen but not involve entire dish	4	60% to < 80% of the decolorized zone affected	3	4 to 5	Severely cytotoxic
5	Decolorization zone involves entire dish	5	Greater than 80% of the decolorized zone affected			



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

๐ ธนบุรี มี นามตามเมืองเดิม คือ กรุงเทพมหานคร 10400 โทร 2-669-555 ต่อ 75-7 โทรสาร ๒๓-1871

หน้า...4/9....

ผลสำรวจ Plate 1

Decolorization index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (mm.)	Decolorization Index
1	Positive Control	3,3,3,3 (mean 3)	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Lysis index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (%)	Lysis Index
1	Positive Control	20-30	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Cells response

ชุดทดสอบ	Sample	Scale	Cell Response	Interpretation
1	Positive Control	2	2	Moderately cytotoxic
2	Negative Control	0	0	Non - cytotoxic
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6. ขอบข่ายนี้ เฉพาะกรณี ที่ตราขึ้นโดยคณะฯ มี 00-1012-02-0001555-0001567-0001568-0001569

หน้า...4/9....

ผลการทดสอบ Plate 1

Decolorization index

ชุด ทดสอบ	Sample	Decolorization zone (mm.)	Decolorization Index
1	Positive Control	3,3,3,3 (mean 3)	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Lysis index

ชุด ทดสอบ	Sample	Decolorization zone (%)	Lysis Index
1	Positive Control	20-30	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Cells response

ชุด ทดสอบ	Sample	Scale	Cell Response	Interpretation
1	Positive Control	2	2	Moderately cytotoxic
2	Negative Control	0	0	Non - cytotoxic
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รายละเอียด : นางสาวพณีย์ เพียรเพ็ญทรัพย์ 10400 โทร. 02-6607555 ต่อ 756-7 โทรสาร 02-3548510

หน้า...5/9....

ผลการทดสอบ Plate 2

Decolorization index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (mm.)	Decolorization Index
1	Positive Control	3,3,3,3 (mean 3)	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Lysis index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (%)	Lysis Index
1	Positive Control	20-30	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Cells response

ชุดทดสอบ	Sample	Scale	Cell Response	Interpretation
1	Positive Control	2	2	Moderately cytotoxic
2	Negative Control	0	0	Non - cytotoxic
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

๕ ซอยโลจิสติกส์ ถนนพหลโยธิน เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร 02-6607555 ต่อ 756-7 โทรสาร 02-3548810

หน้า...5/9....

ผลการทดสอบ Plate 2

Decolorization index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (mm.)	Decolorization Index
1	Positive Control	3,3,3,3 (mean 3)	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Lysis index

ชุดทดสอบ	Sample	Decolorization zone (%)	Lysis Index
1	Positive Control	20-30	2
2	Negative Control	0	0
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0

Cells response

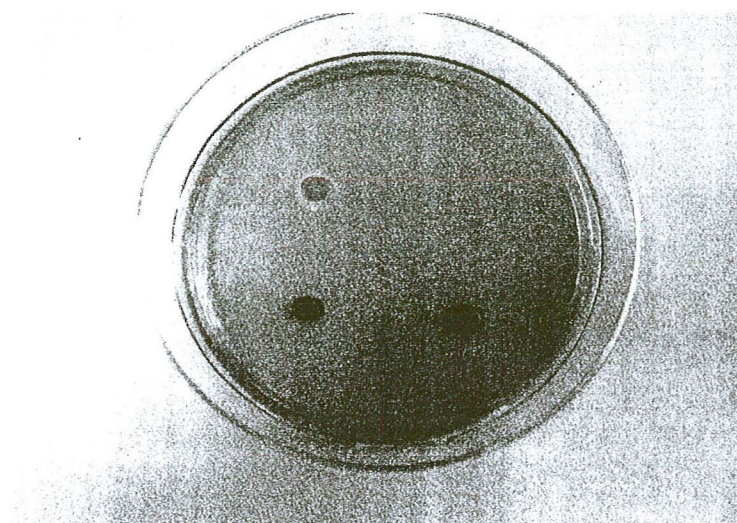
ชุดทดสอบ	Sample	Scale	Cell Response	Interpretation
1	Positive Control	2	2	Moderately cytotoxic
2	Negative Control	0	0	Non - cytotoxic
3	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic
4	แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE	0	0	Non - cytotoxic



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอยโยธี แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทร. 02-6617555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-7548514

หน้า...6/9.....



Upper

Left: Positive control Right: Negative control

Polyurethane film Thermanox cover

Lower

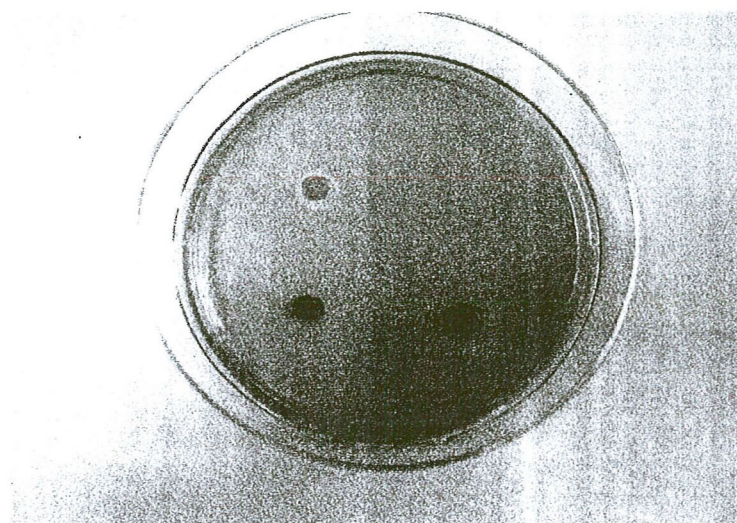
Left: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE Right: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (Plate1)



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอยโยธี แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร 02-6601555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-3548510

หน้า...6/9....



Upper

Left: Positive control Right: Negative control
Polyurethane film Thermanox cover

Lower

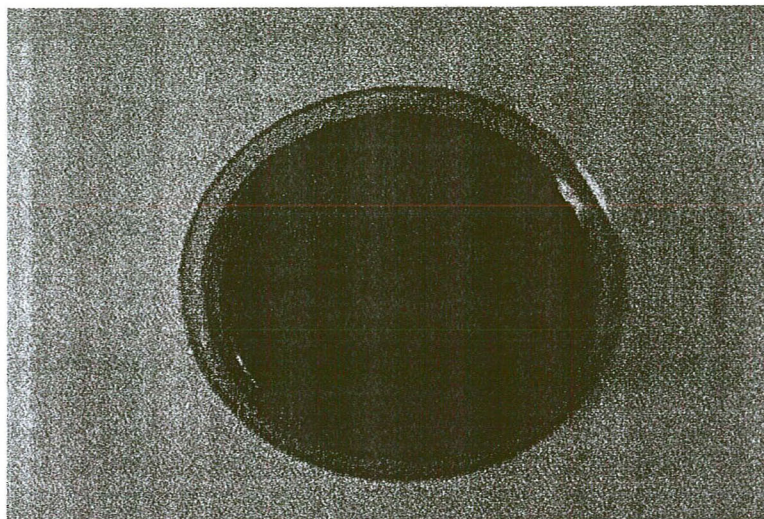
Left: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE Right: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (Plate1)



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอย ๖ ซอย ๖ แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร. 02-6607555 ต่อ 7756 โทรสาร 02-3548510

หน้า...7/9....



Upper

Left: Positive control Right: Negative control

Polyurethane film

Thermanox coverslips

Lower

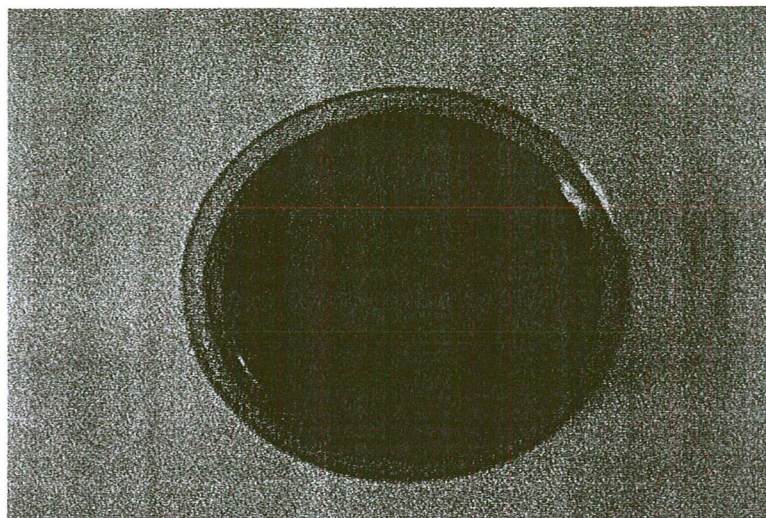
Left: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE Right: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (Plate2)



งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนิคม

6 ซอยโชติ แขวงหนองโงก เขตวชิรบุรี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร. 02-6607555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-3548510

หน้า...7/9.....



Upper

Left: Positive control Right: Negative control

Polyurethane film

Thermanox coverslips

Lower

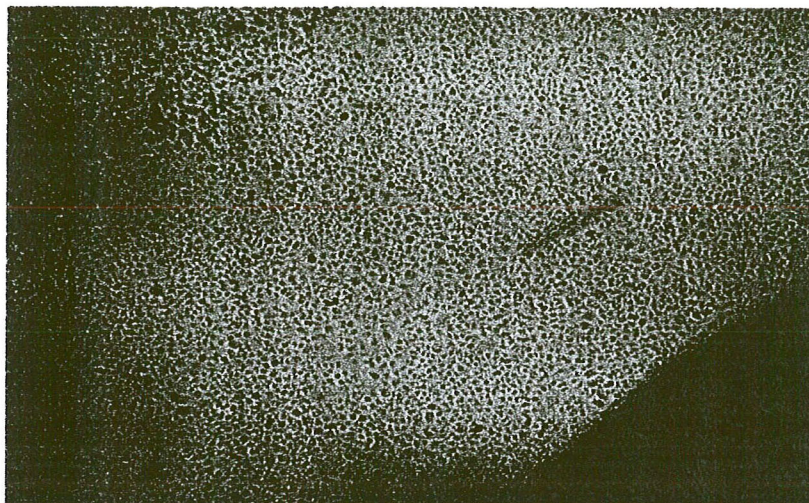
Left: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE Right: แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (Plate2)



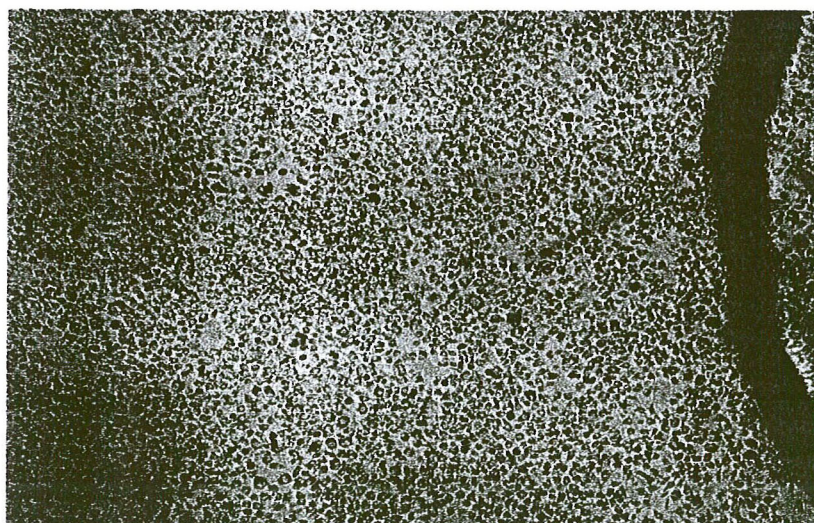
งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอยโยธี แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร. 02-6607555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-6548510

หน้า...8/9...



Positive control (4X)



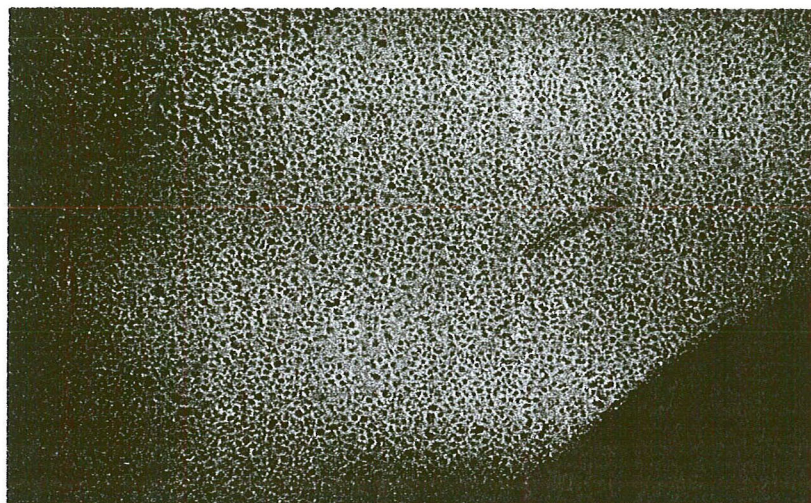
Negative Control (4X)



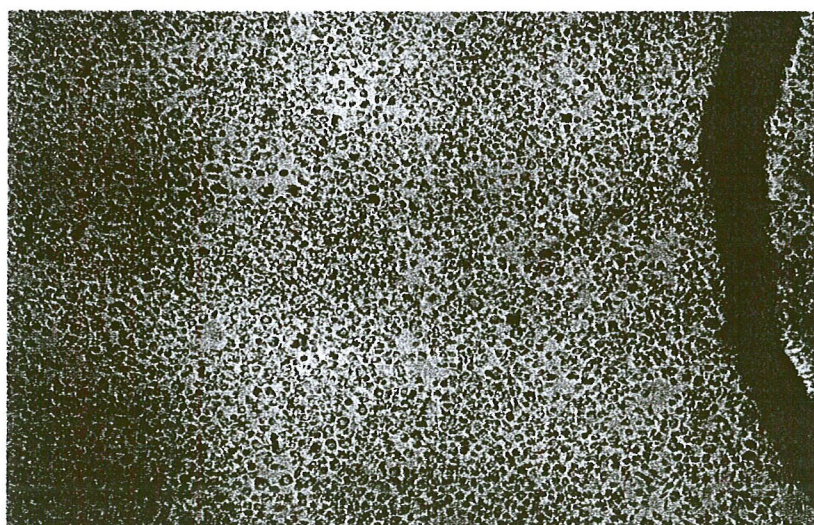
งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอยโยธี แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10400 โทร 02-6375555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-3548510

หน้า...8/9....



Positive control (4X)



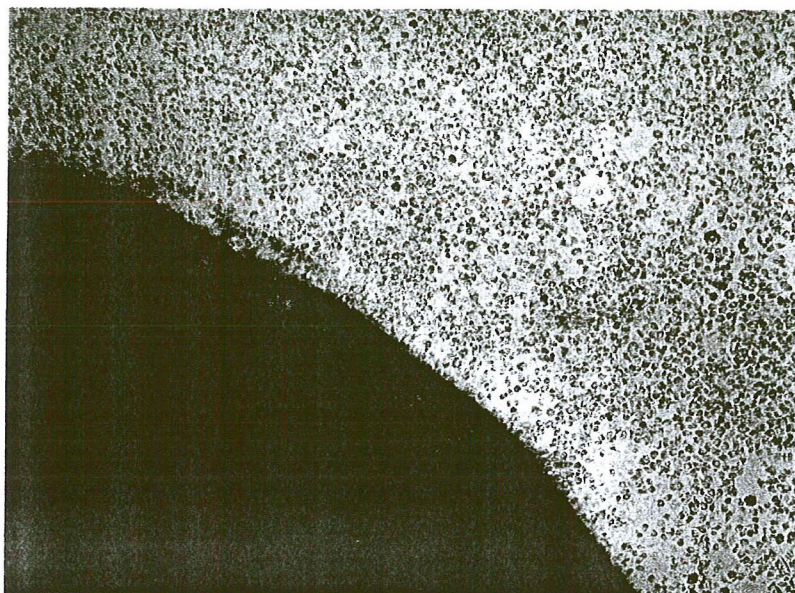
Negative Control (4X)



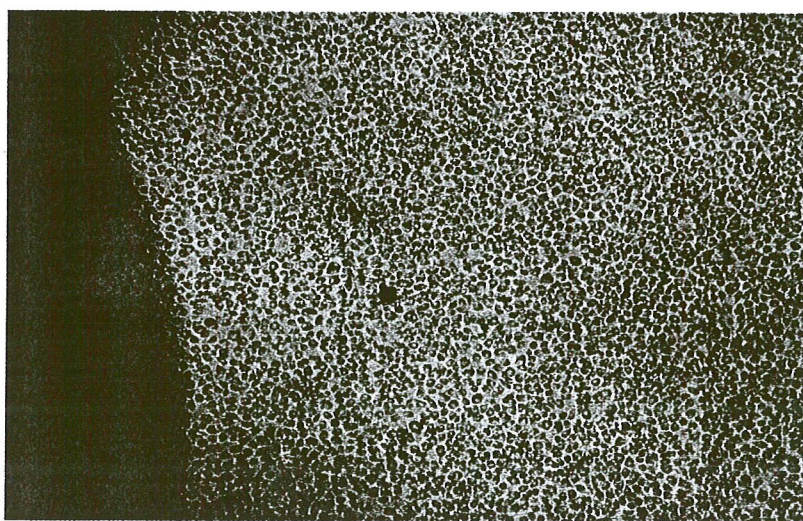
งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ซอยโอดี แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10400 โทร 02-6697555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-3548810

หน้า...9/9....



แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (plate1) Magnification (4x)



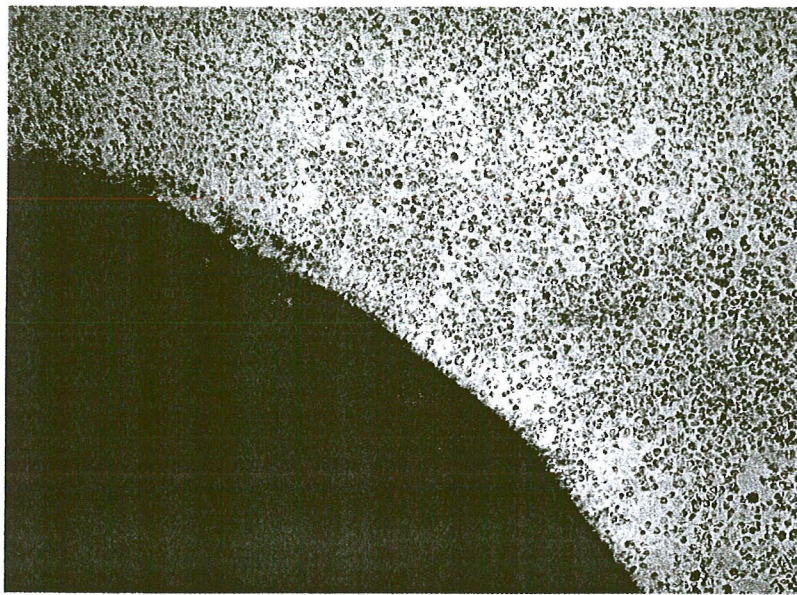
แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (plate2) Magnification (4x)



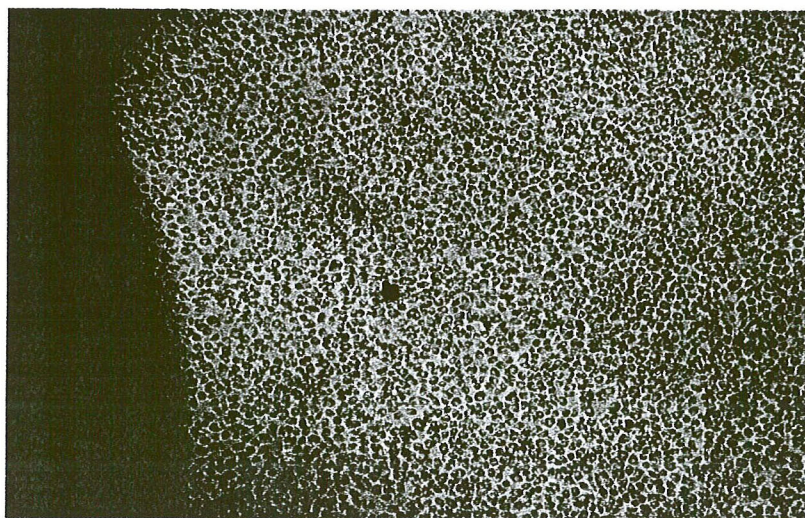
งานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ซอยไฮลี แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทร. 02-6607555 ต่อ 7756-7 โทรสาร 02-3548510

หน้า...9/9....



แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (plate1) Magnification (4x)



แผ่นโลหะ SS316 เคลือบ PTFE (plate2) Magnification (4x)

การทำวิศวกรรมย้อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์

Reverse Engineering of Polymer-Coated Medical Needle

สรุทธิ์ บัวพูล

สาขาวิชาการออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

นันท์ อารังกูร

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

ชูชาติ นิตินัญญาวงศ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

ปรีชา เต็มสุขสวัสดิ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

นคร ศรีสุขุมบวรชัย

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

นุชธนา พูลทอง

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

บทคัดย่อ

การศึกษาในงานนี้ได้ทำวิศวกรรมย้อนรอยของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง ได้แก่ การค้นหาชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ขนาด และเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ ลักษณะการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ และศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วยเครื่อง Optical Microscope (OM) โดยดูลักษณะผิวและสีของพอลิเมอร์เคลือบ การศึกษาชนิดของโลหะที่ใช้ในการผลิตเข็มฉีดยาด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) และการศึกษาชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบว่าเข็มเคลือบพอลิเมอร์มี 2 ประเภทโดยทำจากวัสดุชนิดเดียวกันคือตัวเข็มโลหะผลิตมาจาก Stainless Steel เกรด 304L และ 316L และเคลือบด้วยพอลิเมอร์ชนิด Polytetrafluoroethylene (PTFE) ซึ่งผลที่ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมให้มีอุปกรณ์การเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่เหมาะสมกับทางการแพทย์ในประเทศไทย เพื่อสร้างเทคโนโลยีสำหรับลดต้นทุนและเพิ่มศักยภาพในการรักษาโรคที่มีการใช้โลหะเคลือบพอลิเมอร์ได้

คำสำคัญ: เข็มฉีดยา / วัสดุสำหรับทางการแพทย์ / วิศวกรรมย้อนรอย / พอลิเตตระฟลูออไรเอทิลีน

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้มีจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและสมองเป็นอันดับที่ 2 ของภาวะโรคทั้งหมด โดยที่สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความเครียดและอุบัติเหตุ ซึ่งภาวะโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทมีผลทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหลาย ๆ อย่าง ตามมา เช่น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง แผลกดทับ โรคทางเดินปัสสาวะ เป็นต้น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง (Spasticity) เป็นต้น

การทำวิศวกรรมย้อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์

Reverse Engineering of Polymer-Coated Medical Needle

สรุทธิ์ บัวพูล

สาขาวิชาการออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

ห็นท์ ภาวรังกูร

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

ชญาติ นิตปัญญาวงศ์

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

ปรีชา เดิมสุขสวัสดิ์

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

นคร ศรีสุขุมบวรชัย

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

นุชธนา พูลทอง

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ทุ่งครุ 10140

บทคัดย่อ

การศึกษาในงานนี้ได้ทำวิศวกรรมย้อนรอยของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง ได้แก่ การค้นหาชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ขนาดและเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ ลักษณะการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ และศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วยเครื่อง Optical Microscope (OM) โดยดูลักษณะผิวและสีของพอลิเมอร์เคลือบ การศึกษาชนิดของโลหะที่ใช้ในการผลิตเข็มฉีดยาด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) และการศึกษาชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบว่าเข็มเคลือบพอลิเมอร์มี 2 ประเภทโดยทำจากวัสดุชนิดเดียวกันคือตัวเข็มโลหะผลิตมาจาก Stainless Steel เกรด 304L และ 316L และเคลือบด้วยพอลิเมอร์ชนิด Polytetrafluoroethylene (PTFE) ซึ่งผลที่ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมให้มีอุปกรณ์การเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่เหมาะสมกับทางการแพทย์ในประเทศไทย เพื่อสร้างเทคโนโลยีสำหรับลดต้นทุนและเพิ่มศักยภาพในการรักษาโรคที่มีการใช้โลหะเคลือบพอลิเมอร์ได้

คำสำคัญ: เข็มฉีดยา / วัสดุสำหรับทางการแพทย์ / วิศวกรรมย้อนรอย / พอลิเตตระฟลูออไรเอทิลีน

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้มีจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและสมองเป็นอันดับที่ 2 ของภาวะโรคทั้งหมด โดยที่สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความเครียดและอุบัติเหตุ ซึ่งภาวะโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทมีผลทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหลาย ๆ อย่างตามมา เช่น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง ผลกดทับ โรคทางเดินปัสสาวะ เป็นต้น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง (Spasticity) เป็นต้น

ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยที่สุดถึงร้อยละ 70 ของภาวะแทรกซ้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและสมอง [1] และภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งส่งผลต่อผู้ป่วยในหลายด้าน เช่น การสูญเสียความสามารถในการทำงาน การสูญเสียเคลื่อนไหว เป็นต้น ซึ่งผลเสียที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อญาติผู้ป่วยด้วย เช่น เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก เสียเวลาในการดูแลผู้ป่วยให้หายเป็นปกติ เป็นต้น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งนี้ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้แต่เป็นการรักษาแบบฟื้นฟูให้กลับมาทำงานได้เป็นปกติเท่านั้น ยกเว้นการผ่าตัดที่สามารถทำให้หายขาดได้แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและเสี่ยงต่อการเกิดผลข้างเคียง การรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง การกระจายของการหดเกร็ง และตำแหน่งการรักษา

วิธีการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่ตรงจุดตำแหน่งของการรักษา ระยะเวลาการรักษาน้อย และค่าใช้จ่ายถูกที่สุด คือ วิธีการฉีดยา เนื่องจากการรักษาด้วยวิธีนี้จะทำการตรวจสอบตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่จะบ่อนยาแล้วทำการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่ตำแหน่งของกล้ามเนื้อนั้นเพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวมากที่สุดก่อนแล้วจึงทำการฉีดยาเข้าไป จากนั้นกระตุ้นด้วยไฟฟ้าอีกครั้งเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับของการหดเกร็งของกล้ามเนื้อว่าลดลงหรือไม่ ซึ่งระยะเวลาในการรักษาด้วยวิธีการฉีดยาประมาณ 10 นาที และค่าใช้จ่ายสำหรับการฉีดยานั้นเป็นค่าใช้จ่ายของเข็มฉีดยาสูงถึงมากกว่า 90 เปอรเซ็นต์ เนื่องจากเข็มที่เคลือบพอลิเมอร์ไม่มีการผลิตขึ้นในประเทศไทย และมีการนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษายังคงมีราคาสูง ดังนั้นการผลิตเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ขึ้นเองโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศจะสามารถลดการนำเข้าเข็มฉีดยาและลดค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วย ทำให้การรักษาไม่จำกัดอยู่เพียงเฉพาะประชากรบางกลุ่มเท่านั้น และยังเป็นการพัฒนานวัตกรรมภายในประเทศทางด้านเทคโนโลยีวัสดุสำหรับส่งเสริมการแพทย์อีกด้วย

การทำวิศวกรรมย่อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์ที่มีการจำหน่ายอยู่ทั่วไปเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการผลิตอุปกรณ์การเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่ใช้ในทางการแพทย์ต่อไป

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการทำวิศวกรรมย่อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์เริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อสืบกลับถึงชนิดของวัสดุที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา

ได้ทำการรวบรวมสืบค้นข้อมูลชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ความยาวและ Gauge Number ของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ และฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์จากข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเข็มฉีดยาที่จัดจำหน่ายอยู่ทั่วไป

2.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น

ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น คือ พื้นผิวและสีเคลือบพอลิเมอร์ โดยพิจารณาตัวเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ด้วยตาและด้วย Optical Microscope (OM)

2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา

ใช้เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) ในการตรวจหาคุณสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา ซึ่งขั้นตอนเตรียมชิ้นงานได้ทำการกำจัดพอลิเมอร์เคลือบออกจากตัวเข็มด้วยวิธีการขูดออกแล้วนำตัวเข็มไปทดสอบ ซึ่งผลที่ได้ของ XRF จะทราบถึงเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดของตัวเข็ม จากนั้นก็นำไปทำการเทียบกับมาตรฐานองค์ประกอบทางเคมีของโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อจะได้ทราบถึงชนิดของโลหะ

2.4 การศึกษาชนิดของพอลิเมอร์เคลือบ

ใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) โดยเลือกใช้ Reflectance Mode ในการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ของเข็มฉีดยา ซึ่งขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานได้ทำการตัดเฉพาะส่วนตัวเข็มเท่านั้น จากนั้นก็นำทั้งตัวเข็มที่มีการเคลือบพอลิเมอร์ไปทดสอบ ผลที่ได้คือตำแหน่ง Peak ที่ระบุหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ จากนั้นก็นำไปทำการเทียบกับมาตรฐานตำแหน่ง Peak ของหมู่ฟังก์ชันชนิดของพอลิเมอร์ เพื่อจะได้ทราบถึงชนิดของพอลิเมอร์

3. ผลการศึกษาและทดสอบ

3.1 การศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา

3.1.1 ชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์และการนำไปใช้งาน
ชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งมี 2 แบบ ดังนี้

1. EMG Concentric Needle Electrodes

เข็มเคลือบพอลิเมอร์แบบ EMG Concentric Needle Electrodes ดังรูปที่ 1ก. ตัวเข็มมีลักษณะเป็นโลหะตันและผิวพอลิเมอร์เคลือบสีเขียว ซึ่งตัวเข็มสามารถต่อเข้ากับเครื่อง Electromyography (EMG) ได้ เข็มเคลือบพอลิเมอร์ประเภทนี้ใช้ใน

ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยที่สุดถึงร้อยละ 70 ของภาวะแทรกซ้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและสมอง [1] และภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งส่งผลต่อผู้ป่วยในหลายด้าน เช่น การสูญเสียความสามารถในการทำงาน การสูญเสียเคลื่อนไหว เป็นต้น ซึ่งผลเสียที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อญาติผู้ป่วยด้วย เช่น เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก เสียเวลาในการดูแลผู้ป่วยให้หายเป็นปกติ เป็นต้น ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งนี้ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้แต่เป็นการรักษาแบบฟื้นฟูให้กลับมาทำงานได้เป็นปกติเท่านั้น ยกเว้นการผ่าตัดที่สามารถทำให้หายขาดได้แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและเสี่ยงต่อการเกิดผลข้างเคียง การรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง การกระจายของการหดเกร็ง และตำแหน่งการรักษา

วิธีการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่ตรงจุดตำแหน่งของการรักษา ระยะเวลาการรักษาน้อย และค่าใช้จ่ายถูกที่สุด คือ วิธีการฉีดยา เนื่องจากการรักษาด้วยวิธีนี้จะทำการตรวจสอบตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่จะบ่อนยาแล้วทำการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่ตำแหน่งของกล้ามเนื้อนั้นเพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวมากที่สุดก่อนแล้วจึงทำการฉีดยาเข้าไป จากนั้นกระตุ้นด้วยไฟฟ้าอีกครั้งเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับของการหดเกร็งของกล้ามเนื้อว่าลดลงหรือไม่ ซึ่งระยะเวลาในการรักษาด้วยวิธีการฉีดยาประมาณ 10 นาที และค่าใช้จ่ายสำหรับการฉีดยานั้นเป็นค่าใช้จ่ายของเข็มฉีดยาสูงถึงมากกว่า 90 เปอรเซ็นต์ เนื่องจากเข็มที่เคลือบพอลิเมอร์ไม่มีการผลิตขึ้นในประเทศไทย และมีการนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษายังคงมีราคาสูง ดังนั้นการผลิตเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ขึ้นเองโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศจะสามารถลดการนำเข้าเข็มฉีดยาและลดค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วย ทำให้การรักษาไม่จำกัดอยู่เพียงเฉพาะประชากรบางกลุ่มเท่านั้น และยังเป็นการพัฒนานวัตกรรมภายในประเทศทางด้านเทคโนโลยีวัสดุสำหรับส่งเสริมการแพทย์อีกด้วย

การทำวิศวกรรมย่อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์ที่มีการจัดจำหน่ายอยู่ทั่วไปเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการผลิตอุปกรณ์การเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่ใช้ในทางการแพทย์ต่อไป

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการทำวิศวกรรมย่อนรอยของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์เริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อสืบกลับถึงชนิดของวัสดุที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา

ได้ทำการรวบรวมสืบค้นข้อมูลชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ความยาวและ Gauge Number ของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ และฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์จากข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเข็มฉีดยาที่จัดจำหน่ายอยู่ทั่วไป

2.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น

ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น คือ พื้นผิวและสีเคลือบพอลิเมอร์ โดยพิจารณาตัวเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ด้วยตาและด้วย Optical Microscope (OM)

2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา

ใช้เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) ในการตรวจหาคุณสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา ซึ่งขั้นตอนเตรียมชิ้นงานได้ทำการกำจัดพอลิเมอร์เคลือบออกจากตัวเข็มด้วยวิธีการขูดออกแล้วนำตัวเข็มไปทดสอบ ซึ่งผลที่ได้ของ XRF จะทราบถึงเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดของตัวเข็ม จากนั้นก็นำไปทำการเทียบกับมาตรฐานองค์ประกอบทางเคมีของโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อจะได้ทราบถึงชนิดของโลหะ

2.4 การศึกษาชนิดของพอลิเมอร์เคลือบ

ใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) โดยเลือกใช้ Reflectance Mode ในการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ของเข็มฉีดยา ซึ่งขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานได้ทำการตัดเฉพาะส่วนตัวเข็มเท่านั้น จากนั้นก็นำทั้งตัวเข็มที่มีการเคลือบพอลิเมอร์ไปทดสอบ ผลที่ได้คือตำแหน่ง Peak ที่ระบุหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ จากนั้นก็นำไปทำการเทียบกับมาตรฐานตำแหน่ง Peak ของหมู่ฟังก์ชันชนิดของพอลิเมอร์ เพื่อจะได้ทราบถึงชนิดของพอลิเมอร์

3. ผลการศึกษาและทดสอบ

3.1 การศึกษาเกี่ยวกับชนิดของเข็มฉีดยา

3.1.1 ชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์และการนำไปใช้งาน

ชนิดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งมีใน 2 แบบ ดังนี้

1. EMG Concentric Needle Electrodes

เข็มเคลือบพอลิเมอร์แบบ EMG Concentric Needle

Electrodes ดังรูปที่ 1ก. ตัวเข็มมีลักษณะเป็นโลหะตันและผิวพอลิเมอร์เคลือบสีเขียว ซึ่งตัวเข็มสามารถต่อเข้ากับเครื่อง

Electromyography (EMG) ได้ เข็มเคลือบพอลิเมอร์ประเภทนี้ใช้ใน

การตรวจสอบตำแหน่งของกล้ามเนื้อหดเกร็ง โดยนำเข็มแทงเข้าไปในตำแหน่งกล้ามเนื้อแล้วกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด 15-20 mA เป็นเวลา 1.0 msec ที่มีการต่อเข้าเครื่อง EMG ผลการหดตัวของกล้ามเนื้อแสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่มีอาการหดเกร็งและระดับความเกร็งของกล้ามเนื้อเป็น การระบุตำแหน่งที่เหมาะสมในการฉีดยา

2. EMG Injection Needle Electrodes

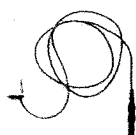
เข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์แบบ EMG Injection Needle Electrodes ดังรูปที่ 1 ข. ตัวเข็มสามารถเชื่อมต่อกับกระบอกฉีดยา และตัวเข็มมีลักษณะกลวงสามารถป้อนยาได้และผิวพอลิเมอร์ที่เคลือบเป็นสี่เหลี่ยม เช่นเดียวกับ EMG Concentric Needle Electrodes เข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ประเภทนี้ใช้ในการการฉีดยาเพื่อลดอาการเกร็ง โดยการนำเข็มฉีดยาป้อนยาเข้าไปที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่ต้องการรักษาจากนั้นกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด 1mA เป็นเวลา 0.1 msec เพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวแรงที่สุด และทำการฉีดยาตามปริมาณยาที่เหมาะสม ทั้งไว้ประมาณ 1 นาที และกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่ากล้ามเนื้อมีระดับการหดเกร็งลดลงหรือไม่ โดยที่ปริมาณของยาในการรักษาจะขึ้นกับประเภทของยาและความรุนแรงของการหดเกร็ง



ก.

รูปที่ 1 เข็มเคลือบพอลิเมอร์

ก. EMG Concentric Needle Electrodes [2]



ข.

ข. EMG Injection Needle Electrodes [2]

3.1.2 การศึกษาขนาดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่มีใช้ทั่วไป

การศึกษาในส่วนนี้ได้พบว่าขนาดของ EMG Concentric Needle Electrodes และ EMG Injection Needle Electrodes จะมีการระบุข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งในกรณี EMG Concentric Needle Electrodes มีลักษณะด้านจะมีการระบุเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเข็มเท่านั้น [2] แต่กรณีของ EMG Injection

Needle Electrodes ตัวเข็มมีลักษณะทอกลวงจึงมีการระบุเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกของตัวเข็มและความหนาของผนังของตัวเข็มด้วย โดยที่ความยาวและ Gauge Number ของตัวเข็มขึ้นอยู่กับระดับความลึกของตำแหน่งการรักษา

ตารางที่ 1 ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Concentric Needle Electrodes [2]

ความยาวของตัวเข็ม (mm)	Gauge Number	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
25	30	0.30
25	27	0.41
37	26	0.46
37	27	0.41
50	25	0.51
75	22	0.71

ตารางที่ 2 ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Injection Needle Electrodes [3]

ความยาวของตัวเข็ม (mm)	Gauge Number	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (mm)	ความหนา (mm)
25	30	0.0123	0.0063	0.0030
25	27	0.0163	0.0083	0.0040
37	26	0.0183	0.0103	0.0040
50	25	0.0203	0.0103	0.0050
75	22	0.0283	0.0163	0.0060

3.1.3 ฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์

ในส่วนนี้ได้ทำการศึกษาฟังก์ชันการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ได้ผลจากการศึกษาพบว่าเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ประเภทหนึ่ง ซึ่งมีฟังก์ชันในการใช้งานคล้ายคลึงกับ Biomedical Materials ที่มีการสัมผัสกับส่วนของร่างกาย จากการศึกษาเบื้องต้นสามารถสรุปฟังก์ชันที่จำเป็นของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ มีดังนี้

- Biostability and Biocompatibility เข็มฉีดยาส่วนที่เข้าไปในร่างกายต้องสัมผัสกับเลือดหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ในร่างกาย พอลิเมอร์ที่ทำการเคลือบหรือตัวเข็มจำเป็นต้องมีความคงทนและสามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกายและเลือด

การตรวจสอบตำแหน่งของกล้ามเนื้อหดเกร็ง โดยนำเข็มแทงเข้าไปในตำแหน่งกล้ามเนื้อแล้วกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด 15-20 mA เป็นเวลา 1.0 msec ที่มีการต่อเข้าเครื่อง EMG ผลการหดตัวของกล้ามเนื้อแสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่มีอาการหดเกร็งและระดับความเกร็งของกล้ามเนื้อเป็นการระบุตำแหน่งที่เหมาะสมในการฉีดยา

2. EMG Injection Needle Electrodes

เข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์แบบ EMG Injection Needle Electrodes ดังรูปที่ 1 ข. ตัวเข็มสามารถเชื่อมต่อกับกระบอกฉีดยา และตัวเข็มมีลักษณะกลวงสามารถป้อนยาได้และผิวพอลิเมอร์ที่เคลือบเป็นสี่เหลี่ยม เช่นเดียวกับ EMG Concentric Needle Electrodes เข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ประเภทนี้ใช้ในการการฉีดยาเพื่อลดอาการเกร็ง โดยการนำเข็มฉีดยาป้อนยาเข้าไปที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่ต้องการรักษาจากนั้นกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด 1mA เป็นเวลา 0.1 msec เพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวแรงที่สุด และทำการฉีดยาตามปริมาณยาที่เหมาะสม ทั้งไว้ประมาณ 1 นาที และกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่ากล้ามเนื้อมีระดับการหดเกร็งลดลงหรือไม่ โดยที่ปริมาณของยาในการรักษาจะขึ้นกับประเภทของยาและความรุนแรงของการหดเกร็ง



ก.

ข.

รูปที่ 1 เข็มเคลือบพอลิเมอร์

ก. EMG Concentric Needle Electrodes [2]

ข. EMG Injection Needle Electrodes [2]

3.1.2 การศึกษาขนาดของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ที่มีใช้ทั่วไป

การศึกษาในส่วนนี้ได้พบว่าขนาดของ EMG Concentric Needle Electrodes และ EMG Injection Needle Electrodes จะมีการระบุข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งในกรณี EMG Concentric Needle Electrodes มีลักษณะเด่นจะมีการระบุเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเข็มเท่านั้น [2] แต่กรณีของ EMG Injection

Needle Electrodes ตัวเข็มมีลักษณะทอกลวงจึงมีการระบุเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกของตัวเข็มและความหนาของผนังของตัวเข็มด้วย โดยที่ความยาวและ Gauge Number ของตัวเข็มขึ้นอยู่กับระดับความลึกของตำแหน่งการรักษา

ตารางที่ 1 ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Concentric Needle Electrodes [2]

ความยาวของตัวเข็ม (mm)	Gauge Number	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
25	30	0.30
25	27	0.41
37	26	0.46
37	27	0.41
50	25	0.51
75	22	0.71

ตารางที่ 2 ความยาวและ Gauge Number ของ EMG Injection Needle Electrodes [3]

ความยาวของตัวเข็ม (mm)	Gauge Number	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (mm)	ความหนา (mm)
25	30	0.0123	0.0063	0.0030
25	27	0.0163	0.0083	0.0040
37	26	0.0183	0.0103	0.0040
50	25	0.0203	0.0103	0.0050
75	22	0.0283	0.0163	0.0060

3.1.3 ฟังก์ชันในการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์

ในส่วนนี้ได้ทำการศึกษาฟังก์ชันการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ ได้ผลจากการศึกษาพบว่าเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ประเภทหนึ่ง ซึ่งมีฟังก์ชันในการใช้งานคล้ายคลึงกับ Biomedical Materials ที่มีการสัมผัสกับส่วนของร่างกาย จากการศึกษาเบื้องต้นสามารถสรุปฟังก์ชันที่จำเป็นของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ มีดังนี้

- Biostability and Biocompatibility เข็มฉีดยาส่วนที่เข้าไปในร่างกายต้องสัมผัสกับเลือดหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ในร่างกาย พอลิเมอร์ที่ทำการเคลือบหรือตัวเข็มจำเป็นต้องมีความคงทนและสามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกายและเลือด

- Surface Properties ตัวเข็มควรเคลือบ

ด้วยพอลิเมอร์ที่สามารถทำให้ผิวมีความลื่นสูง เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยเกิดอาการบาดเจ็บในขณะฉีดยาและหลังการฉีดยา [4]

- Barrier Properties ผิวพอลิเมอร์เคลือบควรจะเป็น

Pinhole-free จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตำแหน่งบริเวณตัวเข็ม ถ้ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านไปยังบริเวณกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ไม่ใช่ตำแหน่งการรักษาจะทำให้กล้ามเนื้อบริเวณนั้นตายหรือไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ และเป็นการ ป้องกันไม่ให้น้ำเหลือง และน้ำดีออกมาจากเข็มด้วย ถ้าเข็มติดเลือด น้ำเหลือง และน้ำดีออกมาจะส่งผลให้เข็มเกิดการอุดตันกับบริเวณผิวหนังในขณะที่ยิงเข็มออก

- Dielectric Properties เข็มฉีดยาประเภทนี้ใช้การรักษา

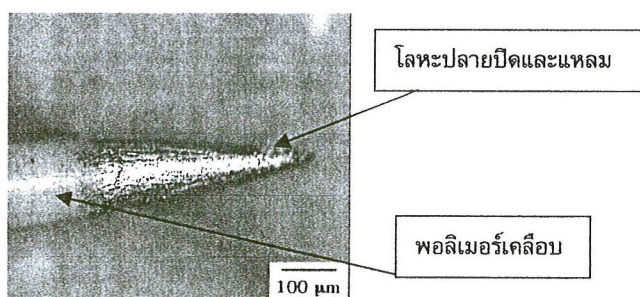
ด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่บริเวณปลายเข็มเท่านั้น ส่วนตัวเข็มทำการเคลือบพอลิเมอร์เพื่อเป็นฉนวนไฟฟ้าไม่ให้ไฟฟ้าผ่านเข้าร่างกายในบริเวณที่ไม่ต้องการทำการรักษา ดังนั้นพอลิเมอร์เคลือบต้องสมบัติที่มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าหรือมีสมบัติ Dielectric Strength สูง [4]

3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น

ผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์พบลักษณะเบื้องต้นดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของ EMG Concentric Needle Electrodes

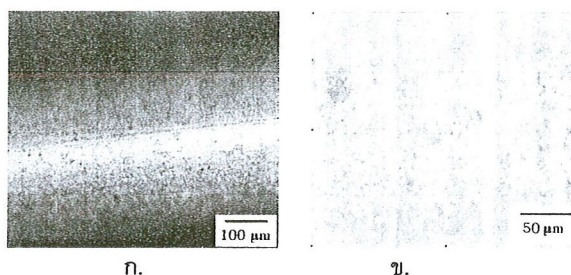
ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วย OM บริเวณรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์ แสดงในรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 ลักษณะรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์จาก OM



รูปที่ 3 ลักษณะรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์จาก OM



รูปที่ 4 พื้นผิวพอลิเมอร์จาก OM

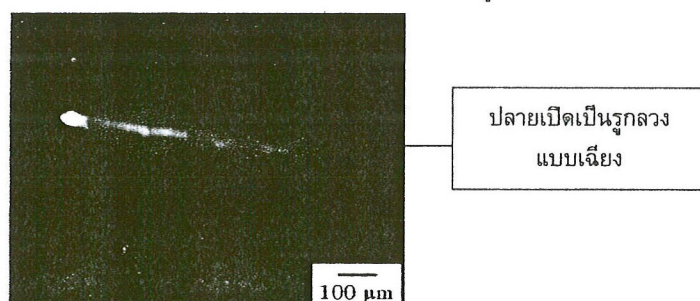
ก. ผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 10x

ข. ผิวพอลิเมอร์ กำลังขยาย 50x

ผลจากการทดสอบพบว่า ลักษณะเข็มมีบริเวณปลายเข็มเป็นโลหะปลายปิดตันและแหลม เนื้อพอลิเมอร์เป็นสีเขียวย่อน มีลักษณะค่อนข้างเรียบสม่ำเสมอ แต่เมื่อใช้กำลังขยาย 50x ในรูปที่ 4ข พบว่า เนื้อพอลิเมอร์มีพริ้วเล็กน้อย รอยเชื่อมต่อระหว่างพอลิเมอร์กับเข็มมีบางส่วนเป็นสีดำ มีความลาดเอียงกับตัวเข็ม ซึ่งน่าจะเกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบพอลิเมอร์

3.2.2 ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของ EMG Injection Needle Electrodes

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วย OM บริเวณรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์ แสดงในรูปที่ 5-7



รูปที่ 5 ลักษณะปลายเข็มโลหะจาก OM

- Surface Properties ตัวเข็มควรเคลือบด้วยพอลิเมอร์ที่สามารถทำให้ผิวมีความลื่นสูง เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยเกิดอาการบาดเจ็บในขณะฉีดยาและหลังการฉีดยา [4]

- Barrier Properties ผิวพอลิเมอร์เคลือบควรจะเป็น Pinhole-free จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตำแหน่งบริเวณตัวเข็ม ถ้ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านไปยังบริเวณกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ไม่ใช่ตำแหน่งการรักษาจะทำให้กล้ามเนื้อบริเวณนั้นตายหรือไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ และเป็นการป้องกันไม่ให้น้ำเหลือง และน้ำดีออกมาจากเข็มด้วย ถ้าเข็มติดเลือด น้ำเหลือง และน้ำดีออกมาจะส่งผลให้เข็มเกิดการอุดตันกับบริเวณผิวหนังในขณะที่ตั้งเข็มออก

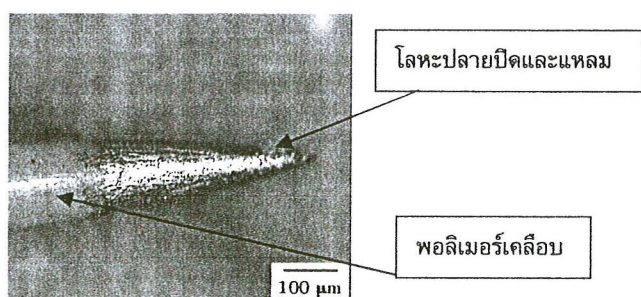
- Dielectric Properties เข็มฉีดยาประเภทนี้ใช้การรักษาด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่บริเวณปลายเข็มเท่านั้น ส่วนตัวเข็มทำการเคลือบพอลิเมอร์เพื่อเป็นฉนวนไฟฟ้าไม่ให้ไฟฟ้าผ่านเข้าร่างกายในบริเวณที่ไม่ต้องการทำการรักษา ดังนั้นพอลิเมอร์เคลือบต้องสมบัติที่มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าหรือมีสมบัติ Dielectric Strength สูง [4]

3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น

ผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์พบลักษณะเบื้องต้นดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของ EMG Concentric Needle Electrodes

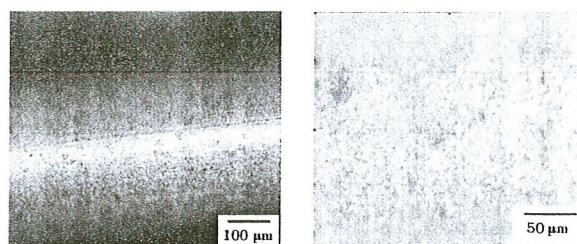
ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วย OM บริเวณรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์ แสดงในรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 ลักษณะรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์จาก OM



รูปที่ 3 ลักษณะรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์จาก OM



รูปที่ 4 พื้นผิวพอลิเมอร์จาก OM

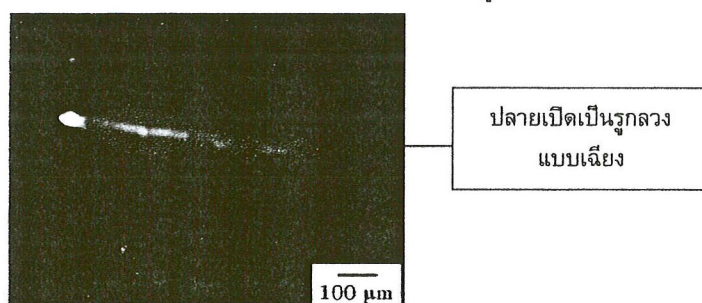
ก. ผิวพอลิเมอร์กำลังขยาย 10x

ข. ผิวพอลิเมอร์ กำลังขยาย 50x

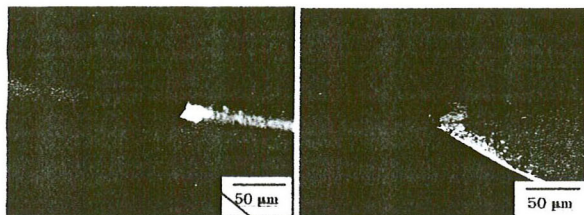
ผลจากการทดสอบพบว่า ลักษณะเข็มมีบริเวณปลายเข็มเป็นโลหะปลายปิดตันและแหลม เนื้อพอลิเมอร์เป็นสีเขียวยาวอ่อน มีลักษณะค่อนข้างเรียบสม่ำเสมอ แต่เมื่อใช้กำลังขยาย 50x ในรูปที่ 4ข พบว่า เนื้อพอลิเมอร์มีพูนเล็กน้อย รอยเชื่อมต่อระหว่างพอลิเมอร์กับเข็มมีบางส่วนเป็นสีดำ มีความลื่นเยิ้มกับตัวเข็ม ซึ่งน่าจะเกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบพอลิเมอร์

3.2.2 ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของ EMG Injection Needle Electrodes

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นด้วย OM บริเวณรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์ แสดงในรูปที่ 5-7

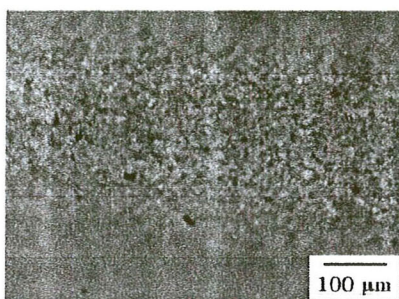


รูปที่ 5 ลักษณะปลายเข็มโลหะจาก OM



รูปที่ 6 ลักษณะรอยต่อของปลายเข็มและผิวพอลิเมอร์จาก OM

บริเวณปลายเข็มไม่ได้เคลือบพอลิเมอร์เคลือบ
และมีรอยตำหนิระหว่างรอยต่อ



รูปที่ 7 พื้นผิวพอลิเมอร์ กำลังขยาย 20x

ผลจากการทดสอบพบว่า ลักษณะเข็มมีบริเวณปลายเข็มเป็นโลหะเปิดถูกตัดเฉียง ตัวเข็มมีลักษณะเป็นทอกลวง เนื้อพอลิเมอร์เป็นสีเขียวย่อน มีลักษณะค่อนข้างเรียบสม่ำเสมอ แต่เมื่อใช้กำลังขยาย 20x ในรูปที่ 7 พบว่า เนื้อพอลิเมอร์มีพูนเล็กน้อย ซึ่งพอลิเมอร์จะถูกเคลือบบริเวณตัวเข็มทั้งหมดยกเว้นรอบปลายเข็มที่ไม่ได้เคลือบหรือการเคลือบไม่สมบูรณ์ รอยเชื่อมต่อยระหว่างพอลิเมอร์กับเข็มมีบางส่วนเป็นสีดำนัยรอยไหม้และมีความลาดเอียงกับตัวเข็ม เช่นเดียวกันกับเข็ม EMG Concentric Needle Electrodes และไม่สามารถทดสอบโดยใช้กำลังขยายที่ 50x เนื่องจากผิวพอลิเมอร์มีลักษณะพูนละเอียดมากทำให้ภาพที่ออกมาไม่ชัดเจน

จากผลการทดสอบของเข็มทั้งสองชนิด พบว่าผลที่ได้ที่มีลักษณะเดียวกัน จึงสรุปว่าเข็มทั้งสองชนิดเคลือบด้วยพอลิเมอร์ประเภทเดียวกันและกระบวนการเคลือบด้วยวิธีเดียวกัน คณะผู้วิจัยได้เลือกเข็ม EMG Injection Needle Electrodes ในการศึกษาส่วนถัดไปเพื่อที่จะได้สะดวกในการเตรียมชิ้นงานและประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากว่าเข็ม EMG Injection Needle Electrodes มีขนาดของเข็มที่ใหญ่กว่า EMG Concentric Needle Electrodes และมีปริมาณของพอลิเมอร์เคลือบมากกว่า

3.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยา

การศึกษาก่อนองค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มฉีดยาที่เป็นโลหะ ได้ผลการทดสอบตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 4

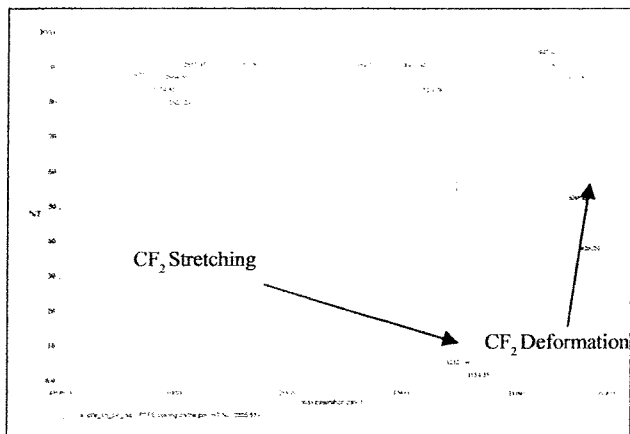
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็ม

ธาตุ	เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบ
Fe	64.90
Cr	19.10
Ni	9.930
P	1.820
Mn	1.030
Si	0.958
Na	0.608
Mo	0.421
Cu	0.332
Ti	0.272
Zn	0.143
S	0.130
V	0.093
Al	0.090

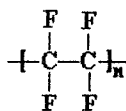
จากตารางที่ 4 ทำให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีของตัวเข็มแล้วนำผลที่ได้ไปเทียบกับมาตรฐานของ American Iron and Steel Institute (AISI) พบว่าตัวเข็มฉีดยาได้ผลิตขึ้นจาก Stainless Steel เกรด 304 หรือเกรด 304 L เนื่องจากว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของธาตุโครเมียมอยู่ในช่วง 18.00-20.00 เปอร์เซ็นต์ และธาตุนิเกิลอยู่ในช่วง 8.00-1.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ทำการสืบค้นชนิดของโลหะที่นำมาผลิตเข็มฉีดยาจากบริษัทผู้ผลิตเข็มฉีดยา [3] พบว่าโลหะที่นำมาใช้คือ Stainless Steel เกรด 304 304L และ 316L

3.4 การศึกษาชนิดของพอลิเมอร์เคลือบ

การศึกษานี้ของพอลิเมอร์เคลือบ ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 8 พบว่ามี Peak ตำแหน่ง Wave Number ที่อยู่ในช่วง 1300-1000 cm^{-1} และในช่วง ที่ 640-630 cm^{-1} เมื่อนำไปตรวจสอบกับเทียบกับหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ที่มีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดในช่วงนั้นคือ หมู่ของ CF_2 ที่ Stretching และ CF_2 ที่ Deformation [5] ซึ่งตรงกับโครงสร้างของพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) ที่ประกอบไปด้วย CF_2 ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 ตำแหน่ง Wave Number ต่าง ๆ ของพอลิเมอร์เคลือบที่ทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR



รูปที่ 9 โครงสร้างของพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน

จากการทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR พบว่าพอลิเมอร์ที่ใช้ทำการเคลือบคือ PTFE แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นเกรดใด แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [4] ได้มีรายงานว่าไม่ว่าจะเป็น PTFE เกรดใดที่มีจำหน่ายจะปรากฏตำแหน่งของ Wave Number ที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะเช่นเดียวกันกับผลการทดลองที่ได้

คณะผู้วิจัยได้ทำการค้นหานิคมของ PTFE พบว่าบริษัทผู้ผลิตพอลิเมอร์ได้ทำการจำแนกเกรดย่อยเป็นจำนวนมากเพื่อให้สอดคล้องกับการนำพอลิเมอร์ไปใช้งานต่าง ๆ และยังไม่รับประกันที่จะนำไปใช้กับทางการแพทย์อีกด้วย ซึ่งเป็นปัญหาในการค้นหานิคมของ PTFE เพื่อนำมาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับทางการแพทย์ และในขณะนี้ยังไม่สามารถระบุถึงชนิดของ PTFE จึงได้ทำการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของ PTFE ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาเคลือบบนเข็มฉีดยาหรือไม่ สมบัติเบื้องต้นของ PTFE มีดังนี้

- เป็นพอลิเมอร์ประเภท Bioinert ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาใช้ในทางการแพทย์ เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์เข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ยาก
- มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานประมาณ 0.05-0.4 เป็นพอลิเมอร์ที่นิยมนำไปใช้ในงานที่ลดแรงเสียดทาน
- มีสมบัติฉนวนไฟฟ้าโดยมีค่า Dielectric Strength ประมาณ 18-79 โดยขึ้นอยู่กับเกรดย่อยของ PTFE

จากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของ PTFE พบว่ามีความเหมาะสมกับฟังก์ชันการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ใน

หัวข้อ 3.1.3 ดังนั้นจึงสามารถนำ PTFE ไปใช้ในการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนเข็มฉีดยาได้

4. สรุปผล

ผลจากการดำเนินการทำวิศวกรรมย้อนของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ทำให้ทราบถึงประเภทของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ 2 ประเภทพบว่าทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน คือตัวเข็มโลหะผลิตมาจาก Stainless Steel เกรด 304L และ 316L และตัวเข็มเคลือบด้วยพอลิเมอร์ชนิด PTFE ผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นทราบว่ากระบวนการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนเข็มทั้ง 2 ประเภทน่าจะเป็นกระบวนการเดียวกัน และผลจากการศึกษา PTFE เบื้องต้นพบว่าสามารถที่จะนำมาใช้เคลือบพอลิเมอร์ได้ ในขั้นตอนถัดไปจะทำการคัดเลือกพอลิเมอร์และนำมาทดลองเคลือบผิวด้วยเทคนิคที่ได้เลือกแล้วว่าเหมาะสมกับพอลิเมอร์และแผ่นโลหะ หลังจากนั้นก็ทำการทดสอบเบื้องต้นว่าสามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับฟังก์ชันการใช้งานของเข็มเคลือบพอลิเมอร์หรือไม่ ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมและปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่ใช้ในทางการแพทย์

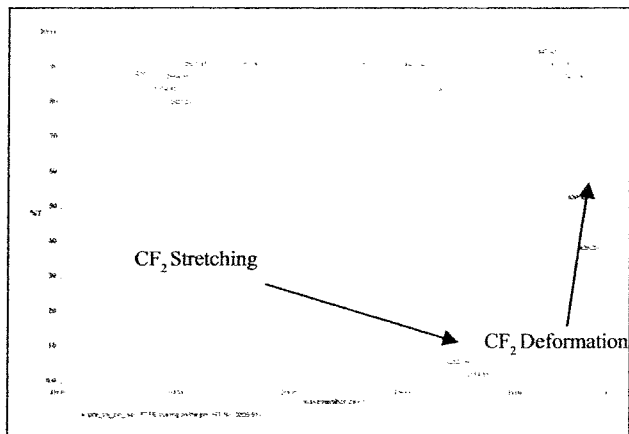
แพทยขึ้นภายในประเทศไทย

5. กิตติกรรมประกาศ

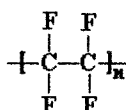
ขอขอบคุณสำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อาริรัตน์ สุพุทธิธาดา ,ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง , สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2547
- [2] <http://www.viasyshalthcare.com> : Available : 10 Sep 2008
- [3] <http://www.medtube.com> : Available : 12 Sep 2008
- [4] <http://www.bd.com/> : Available : 12 Sep 2008
- [5] Judith Mihaly , Silvana Sterkel , FTIR and FT-Raman Spectroscopic Study on Polymer Based High Pressure Digestion Vessels , Original Scientific Paper ,2006



รูปที่ 8 ตำแหน่ง Wave Number ต่าง ๆ ของพอลิเมอร์เคลือบที่ทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR



รูปที่ 9 โครงสร้างของพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน

จากการทดสอบด้วยเทคนิค FT-IR พบว่าพอลิเมอร์ที่ใช้ทำการเคลือบคือ PTFE แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นเกรดใด แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [4] ได้มีรายงานว่าไม่ว่าจะเป็น PTFE เกรดใดที่มีจำหน่ายจะปรากฏตำแหน่งของ Wave Number ที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะเช่นเดียวกันกับผลการทดลองที่ได้

คณะผู้วิจัยได้ทำการค้นหานิตของ PTFE พบว่าบริษัทผู้ผลิตพอลิเมอร์ได้ทำการจำแนกเกรดย่อยเป็นจำนวนมาก เพื่อให้สอดคล้องกับการนำพอลิเมอร์ไปใช้งานต่าง ๆ และยังไม่มีประกันที่จะให้นำไปใช้กับทางการแพทย์อีกด้วย ซึ่งเป็นปัญหาในการค้นหานิตของ PTFE เพื่อนำมาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์ และในขณะนี้ยังไม่สามารถระบุถึงชนิดของ PTFE จึงได้ทำการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของ PTFE ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาเคลือบบนเข็มฉีดยาหรือไม่ สมบัติเบื้องต้นของ PTFE มีดังนี้

- เป็นพอลิเมอร์ประเภท Bioinert ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาใช้ในทางการแพทย์ เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์เข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ยาก
- มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานประมาณ 0.05-0.4 เป็นพอลิเมอร์ที่นิยมนำไปใช้ในงานที่ลดแรงเสียดทาน
- มีสมบัติฉนวนไฟฟ้าโดยมีค่า Dielectric Strength ประมาณ 18- 79 โดยขึ้นอยู่กับเกรดย่อยของ PTFE

จากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของ PTFE พบว่ามีความเหมาะสมกับฟังก์ชันการใช้งานของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ใน

หัวข้อ 3.1.3 ดังนั้นจึงสามารถนำ PTFE ไปใช้ในการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนเข็มฉีดยาได้

4. สรุปผล

ผลจากการดำเนินการทำวิศวกรรมย้อนของเข็มเคลือบพอลิเมอร์ทำให้ทราบถึงประเภทของเข็มฉีดยาเคลือบพอลิเมอร์ 2 ประเภทพบว่าทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน คือตัวเข็มโลหะผลิตมาจาก Stainless Steel เกรด 304L และ 316L และตัวเข็มเคลือบด้วยพอลิเมอร์ชนิด PTFE ผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นทราบว่ากระบวนการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนเข็มทั้ง 2 ประเภทน่าจะเป็นกระบวนการเดียวกัน และผลจากการศึกษา PTFE เบื้องต้นพบว่าสามารถที่จะนำมาใช้เคลือบพอลิเมอร์ได้ในขั้นตอนถัดไปจะทำการคัดเลือกพอลิเมอร์และนำมาทดลองเคลือบผิวด้วยเทคนิคที่ได้เลือกแล้วว่าเหมาะสมกับพอลิเมอร์และแผ่นโลหะ หลังจากนั้นก็ทำการทดสอบเบื้องต้นว่าสามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับฟังก์ชันการใช้งานของเข็มเคลือบพอลิเมอร์หรือไม่ ศึกษาถึงสถานะที่เหมาะสมและปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการเคลือบพอลิเมอร์ลงบนโลหะที่ใช้ในทางการแพทย์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา ,ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง , สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2547
- [2] <http://www.viasyshalthcare.com> : Available : 10 Sep 2008
- [3] <http://www.medtube.com> : Available : 12 Sep 2008
- [4] <http://www.bd.com/> : Available : 12 Sep 2008
- [5] Judith Mihaly , Silvana Sterkel , FTIR and FT-Raman Spectroscopic Study on Polymer Based High Pressure Digestion Vessels , Original Scientific Paper ,2006

