

## สารบัญ

หน้า

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| สารบัญ                                                               | (1)  |
| สารบัญตาราง                                                          | (3)  |
| สารบัญภาพ                                                            | (8)  |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                                            | (12) |
| คำนำ                                                                 | 1    |
| วัตถุประสงค์                                                         | 2    |
| ขอบเขตการวิจัย                                                       | 3    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                            | 3    |
| การตรวจเอกสาร                                                        | 4    |
| ยารธรรมชาติ                                                          | 4    |
| การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางโดยใช้แม่พิมพ์                                 | 19   |
| แม่พิมพ์สำหรับการอัดขึ้นรูป                                          | 24   |
| ปัจจัยที่สำคัญในการอัดแม่พิมพ์                                       | 26   |
| กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูป (compression mould) | 29   |
| ปัญหาที่เกิดจากการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง                             | 32   |
| การหดตัว                                                             | 35   |
| เครื่องมือประสานเทียม                                                | 47   |
| แบบจำลองนิเวศและสถาปัตยกรรมเครื่องมือ                                | 53   |
| เบ็คพรอพากซ์                                                         | 64   |
| การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และเครื่องมือประสานเทียม     |      |
| ในด้านการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์                                | 68   |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                                    | 72   |
| อุปกรณ์                                                              | 72   |
| วิธีการ                                                              | 73   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ผลและวิเคราะห์                                                                                                                                                                | 126  |
| ผลการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสม กระบวนการผลิต<br>และขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                                                                                           | 126  |
| ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่าย<br>ประสาทเทียมที่มี 2 ตัวแปรนำออก ในการทำนายการหดตัวของ<br>เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด | 135  |
| ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่าย<br>ประสาทเทียม 1 ตัวแปรนำออก ในการทำนายการหดตัวของ<br>เส้นผ่านศูนย์กลาง                                                | 148  |
| ผลการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของเครือข่าย<br>ประสาทเทียม 1 ตัวแปรนำออก ในการทำนายการหดตัวของ<br>เส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด                                          | 162  |
| วิจารณ์ผลการทดลอง                                                                                                                                                             | 176  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                                                                                                             | 180  |
| สรุป                                                                                                                                                                          | 180  |
| ข้อเสนอแนะ                                                                                                                                                                    | 183  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                                                                                                          | 184  |
| ภาคผนวก                                                                                                                                                                       | 188  |
| ภาคผนวก ก ผลการทดลอง                                                                                                                                                          | 189  |
| ภาคผนวก ข คำสั่งที่ใช้ในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียม<br>ด้วยโปรแกรมแมทแล็บ                                                                                                   | 217  |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัดและทดสอบเครือข่ายประสาทเทียม                                                                                                                 | 219  |
| ภาคผนวก ง ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียม                                                                                                                | 233  |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน                                                                                                                                                    | 235  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                        | หน้า |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | ค่าความกระเดื่องตัวของยางธรรมชาติเมื่อใช้เขม่าดำ SRF N762<br>ปริมาณต่างๆ กัน           | 15   |
| 2        | อัตราส่วนกำมะถันต่อสารตัวเร่งและคุณสมบัติของยางกงรูป                                   | 18   |
| 3        | ค่าครึ่งชีวิตของเปอร์ออกไซด์                                                           | 18   |
| 4        | ข้อดีและข้อเสียของแม่พิมพ์กึ่งฉีดขึ้นรูป                                               | 21   |
| 5        | ผลการวิจัยการหดตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านอัดขึ้นรูป                                        | 37   |
| 6        | สัมประสิทธิ์การขยายตัวของยาง สารตัวเติม และโลหะบางชนิด                                 | 43   |
| 7        | ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม                                      | 50   |
| 8        | ตัวแปรจากยางผสมที่เลือกมาเพื่อใช้ในการวิจัย                                            | 74   |
| 9        | ตัวแปรในกระบวนการผลิตที่เลือกมาเพื่อใช้ในการวิจัย                                      | 75   |
| 10       | ตัวแปรจากขนาดแม่พิมพ์ที่เลือกมาเพื่อใช้ในการวิจัย                                      | 76   |
| 11       | สูตรยางต่างๆ ที่ใช้ในการบดผสม                                                          | 77   |
| 12       | แผนการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มี<br>ผลต่อการหดตัว                | 85   |
| 13       | แผนการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                                    | 86   |
| 14       | ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2<br>ปัจจัย แบบจำลองผลกระทบคงที่ | 91   |
| 15       | แผนการทดลองที่ 1                                                                       | 106  |
| 16       | แผนการทดลองที่ 2                                                                       | 107  |
| 17       | แผนการทดลองที่ 3                                                                       | 108  |
| 18       | แผนการทดลองที่ 4                                                                       | 109  |
| 19       | แผนการทดลองที่ 5                                                                       | 110  |
| 20       | แผนการทดลองที่ 6                                                                       | 111  |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                 | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 21       | แผนการทดลองที่ 7                                                                                | 112  |
| 22       | แผนการทดลองที่ 8                                                                                | 113  |
| 23       | แผนการทดลองที่ 9                                                                                | 114  |
| 24       | แผนการทดลองที่ 10                                                                               | 115  |
| 25       | แผนการทดลองที่ 11                                                                               | 116  |
| 26       | แผนการทดลองที่ 12                                                                               | 117  |
| 27       | แผนการทดลองที่ 13                                                                               | 118  |
| 28       | แผนการทดลองที่ 14                                                                               | 119  |
| 29       | แผนการทดลองที่ 15                                                                               | 120  |
| 30       | ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยเดียว<br>แบบจำลองผลกระทบคงที่                   | 122  |
| 31       | ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง<br>เชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย แบบจำลองผลกระทบคงที่ | 123  |
| 32       | การหาค่าของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและ<br>กระบวนการผลิต                                   | 126  |
| 33       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อหาตัวแปร<br>ที่มีผลต่อการหดตัว                         | 127  |
| 34       | การหาค่าของการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                                     | 131  |
| 35       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อศึกษาขนาด<br>แม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                | 132  |
| 36       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 1                                                                | 135  |
| 37       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 1                                                       | 136  |
| 38       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 2                                                                | 137  |
| 39       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 2                                                       | 139  |
| 40       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 3                                                                | 139  |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                         | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|------|
| 41       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 3                               | 140  |
| 42       | ผลการทดลองเพื่อกำหนดจำนวนนิรอนในชั้นซ้อนที่เหมาะสม<br>ของการทดลองที่ 4  | 141  |
| 43       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 4                               | 143  |
| 44       | ผลการวิเคราะห์โดยวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด<br>ของการทดลองที่ 4     | 144  |
| 45       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 5                                        | 144  |
| 46       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 5                               | 147  |
| 47       | ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด<br>ของการทดลองที่ 5 | 147  |
| 48       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 6                                        | 148  |
| 49       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 6                               | 150  |
| 50       | เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 7                             | 150  |
| 51       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 7                               | 152  |
| 52       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 8                                        | 153  |
| 53       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 8                               | 154  |
| 54       | ผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม<br>ของการทดลองที่ 9     | 155  |
| 55       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 9                               | 157  |
| 56       | ผลการวิเคราะห์โดยวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด<br>ของการทดลองที่ 9     | 157  |
| 57       | ผลการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>ของการทดลองที่ 9      | 158  |
| 58       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 10                                       | 158  |
| 59       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 10                              | 161  |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                      | หน้า |
|----------|----------------------------------------------------------------------|------|
| 60       | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองที่ 10                                 | 161  |
| 61       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 11                                    | 162  |
| 62       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 11                           | 163  |
| 63       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 12                                    | 164  |
| 64       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 12                           | 166  |
| 65       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 13                                    | 166  |
| 66       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 13                           | 167  |
| 67       | ผลการทดลองเพื่อกำหนดวิธีการปรับข้อมูลที่เหมาะสม<br>ของการทดลองที่ 14 | 168  |
| 68       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 14                           | 170  |
| 69       | ผลการวิเคราะห์โดยวิธีความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุด<br>ของการทดลองที่ 14 | 171  |
| 70       | ความแม่นยำเฉลี่ยของการทดลองที่ 15                                    | 172  |
| 71       | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองที่ 15                           | 174  |
| 72       | ผลการวิเคราะห์จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองที่ 15                | 174  |
| 73       | ผลการทดลองการเลือกของเครือข่ายประสาทเทียม                            | 182  |

### ตารางผนวกที่

|    |                                                                        |     |
|----|------------------------------------------------------------------------|-----|
| ก1 | ผลการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิต<br>ที่มีผลต่อการหดตัว | 190 |
| ก2 | ผลการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว               | 191 |
| ก3 | ผลการทดลองที่ 1                                                        | 191 |
| ก4 | ผลการทดลองที่ 2                                                        | 192 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ |                                       | หน้า |
|--------------|---------------------------------------|------|
| ก5           | ผลการทดลองที่ 3                       | 193  |
| ก6           | ผลการทดลองที่ 4                       | 194  |
| ก7           | ผลการทดลองที่ 5                       | 196  |
| ก8           | ผลการทดลองที่ 6                       | 199  |
| ก9           | ผลการทดลองที่ 7                       | 200  |
| ก10          | ผลการทดลองที่ 8                       | 200  |
| ก11          | ผลการทดลองที่ 9                       | 202  |
| ก12          | ผลการทดลองที่ 10                      | 204  |
| ก13          | ผลการทดลองที่ 11                      | 208  |
| ก14          | ผลการทดลองที่ 12                      | 208  |
| ก15          | ผลการทดลองที่ 13                      | 209  |
| ก16          | ผลการทดลองที่ 14                      | 211  |
| ก17          | ผลการทดลองที่ 15                      | 213  |
| ค1           | ข้อมูลในการฝึกหัดเครือข่ายประสาทเทียม | 220  |
| ค2           | ข้อมูลในการทดสอบเครือข่ายประสาทเทียม  | 230  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                 | หน้า |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ                                                          | 5    |
| 2      | ลักษณะสายโซ่โมเลกุลของยางธรรมชาติ                                                               | 6    |
| 3      | ผลการบดยาง 30 นาที ในสภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิต่างๆ<br>ต่อค่าความหนืด Mooney ของยาง           | 11   |
| 4      | แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป                                                                              | 20   |
| 5      | แม่พิมพ์กึ่งฉีดขึ้นรูป                                                                          | 21   |
| 6      | ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง                                                                | 23   |
| 7      | แม่พิมพ์แบบโอเพ่นแฟลช                                                                           | 24   |
| 8      | แม่พิมพ์แบบโพซิทิว                                                                              | 25   |
| 9      | แม่พิมพ์แบบเนกาทิวโพซิทิว                                                                       | 25   |
| 10     | หน้าตัดของแม่พิมพ์โอริง                                                                         | 30   |
| 11     | ผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อการหดตัวเดิมที่มีของ<br>ยางธรรมชาติที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ | 36   |
| 12     | ผลของการวางตัวของเส้นใยต่อการหดตัวของยางผสม NR                                                  | 38   |
| 13     | ตัวอย่างแม่พิมพ์ที่ใช้ทดสอบการหดตัว                                                             | 40   |
| 14     | แสดงชุดควบคุม                                                                                   | 40   |
| 15     | แสดงตำแหน่งที่จะทำการวัดขึ้นงาน                                                                 | 41   |
| 16     | แสดงอุปกรณ์ตรวจวัด                                                                              | 41   |
| 17     | แสดงการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขึ้นงานด้วยเวอร์เนีย<br>คาร์ลิปเปอร์                             | 42   |
| 18     | แบบจำลองกราฟสำหรับแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป                                                            | 47   |
| 19     | แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ประสาทในทางชีววิทยา<br>กับเซลล์ประสาทเทียม                        | 49   |
| 20     | หนังสืออนุทินวโรน                                                                               | 54   |
| 21     | ฟังก์ชันฮาร์ดลิมิต                                                                              | 55   |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                    | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------|------|
| 22     | ฟังก์ชันลิเนียร์                                   | 56   |
| 23     | ฟังก์ชันส่งผ่านแบบซิกมอยด์                         | 57   |
| 24     | มัลติอินพุตนิวรอน                                  | 57   |
| 25     | การเขียนโดยย่อของนิวรอนที่มี $R$ อินพุต            | 58   |
| 26     | เครือข่ายที่มี 1 ชั้น $S$ นิวรอน                   | 59   |
| 27     | การเขียนโดยย่อของเครือข่ายที่มี 1 ชั้น $S$ นิวรอน  | 60   |
| 28     | เครือข่าย 3 ชั้น                                   | 61   |
| 29     | การเขียนโดยย่อของเครือข่าย 3 ชั้น                  | 62   |
| 30     | เครือข่ายแบบรีเคอร์เรนซ์                           | 63   |
| 31     | ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย                           | 73   |
| 32     | ตัวแปรในการศึกษาผลิตภัณฑ์ยางโอริง                  | 76   |
| 33     | ขั้นตอนการบดผสมยางด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง         | 78   |
| 34     | วิธีการหาเวลาดึงรูป                                | 79   |
| 35     | ชิ้นงานยาง                                         | 79   |
| 36     | ส่วนประกอบและการกำหนดขนาดแม่พิมพ์อัด               | 80   |
| 37     | ขนาดของแลนซ์                                       | 81   |
| 38     | ขนาดของเคียว                                       | 81   |
| 39     | แม่พิมพ์ผลิตโอริงที่ผลิตและใช้ในการศึกษาการหดตัวใน | 82   |
| 40     | วิธีการอัดขึ้นรูปยาง                               | 83   |
| 41     | ยางโอริงที่ผ่านการอัดขึ้นรูป                       | 87   |
| 42     | แสดงการสวมโอริงในกรวยประคอง                        | 88   |
| 43     | แสดงตำแหน่งการวัดด้วยเครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์     | 88   |
| 44     | การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาคตัด                  | 89   |
| 45     | ตัวอย่าง normal probability plot                   | 93   |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                        | หน้า |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 46     | ตัวอย่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาการเก็บข้อมูล                                                                         | 93   |
| 47     | ตัวอย่างค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต                                                                                   | 94   |
| 48     | ข้อมูลตัวแปรนำเข้าและตัวแปรนำออกของเครือข่ายประสาทเทียม                                                                | 97   |
| 49     | ตัวอย่างแผนภาพแบบกล่อง                                                                                                 | 121  |
| 50     | normal probability plot ในส่วนของการทดลองเพื่อหาตัวแปร<br>จากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว                  | 128  |
| 51     | ค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลในส่วนของการทดลอง<br>เพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว | 129  |
| 52     | ค่าส่วนตกค้างกับค่าการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ถูกทำนาย<br>เพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการหดตัว | 130  |
| 53     | normal probability plot ในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษาขนาด<br>แม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                                  | 133  |
| 54     | ค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลในส่วนของ<br>การทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                 | 133  |
| 55     | ค่าส่วนตกค้างกับค่าการหดตัวของผลิตภัณฑ์ยางโอริงที่ถูกทำนาย<br>เพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว                 | 134  |
| 56     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 1                                                                                         | 136  |
| 57     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 2                                                                                         | 138  |
| 58     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 4                                                                                         | 142  |
| 59     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 5                                                                                         | 146  |
| 60     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 6                                                                                         | 149  |
| 61     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 7                                                                                         | 151  |
| 62     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 9                                                                                         | 156  |
| 63     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 10                                                                                        | 160  |
| 64     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 11                                                                                        | 163  |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                             | หน้า |
|--------|-------------------------------------------------------------|------|
| 65     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 12                             | 165  |
| 66     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 14                             | 169  |
| 67     | แผนภาพแบบกล่องของการทดลองที่ 15                             | 173  |
| 68     | ผลหลักของการทดลองเพื่อหาตัวแปรจากยางผสมและ<br>กระบวนการผลิต | 176  |
| 69     | ผลหลักของการทดลองเพื่อศึกษาขนาดแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการหดตัว   | 177  |
| 70     | ฟังก์ชันส่งผ่านแบบลอจิสติกมอยด์                             | 178  |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|            |   |                                                                                                                                                                                   |
|------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $K$        | = | อัตราการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate)                                                                                                                                             |
| $S$        | = | ค่าคงที่ (constant)                                                                                                                                                               |
| $E$        | = | พลังงานกระตุ้น (energy of activation)                                                                                                                                             |
| $R$        | = | ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant)                                                                                                                                                    |
| $T$        | = | อุณหภูมิของปฏิกิริยา (kelvin, K)                                                                                                                                                  |
| $D$        | = | การแพร่ความร้อน (thermal diffusivity)                                                                                                                                             |
| $S$        | = | การหดตัว (shrinkage, %)                                                                                                                                                           |
| $\Delta T$ | = | อุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ทำให้ยางคงรูปกับอุณหภูมิห้อง<br>(difference between cure temperature and room temperature)                                                    |
| $\Delta A$ | = | ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของยางกับวัสดุที่ทำแม่พิมพ์<br>(difference between the expansion coefficients of the rubber and the mould)                                    |
| $K$        | = | เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของยางและสารที่ละลายได้ในอะซิโตน<br>(percent by volume of rubber and acetone solubles)                                                                       |
| $\Delta F$ | = | ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของสารตัวเดิมกับวัสดุทำแม่พิมพ์<br>(difference between the expansion coefficients of the fillers and the mould)                               |
| $\Delta H$ | = | ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของสารที่ละลายได้ในอะซิโตน<br>กับของยาง (difference between the expansion coefficients of the acetone<br>and the mould)                       |
| $S_p$      | = | การหดตัว (shrinkage, %)                                                                                                                                                           |
| $x$        | = | เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของยางที่รวมสารตัวเร่ง แอนติออกซิแดนซ์และ<br>พลาสติกไซเซอร์ (percent in the compound by volume that includes<br>accelerators, antioxidants and plasticizers) |
| $m$        | = | ค่าคงที่ของแต่ละสารตัวเดิม (constant)                                                                                                                                             |
| $p$        | = | อินพุต (input)                                                                                                                                                                    |
| $a$        | = | เอาต์พุต (output)                                                                                                                                                                 |
| $w$        | = | ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight)                                                                                                                                                           |
| $b$        | = | ไบแอส (bias)                                                                                                                                                                      |
| $f$        | = | ฟังก์ชันส่งผ่าน (transfer function)                                                                                                                                               |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

|                            |   |                                                                       |
|----------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>p</b>                   | = | อินพุตเวกเตอร์ (input vector)                                         |
| <b>a</b>                   | = | เอาต์พุตเวกเตอร์ (output vector)                                      |
| <b>W</b>                   | = | เมตริกซ์ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight matrix)                                |
| <b>b</b>                   | = | ไบแอสเวกเตอร์ (bias vector)                                           |
| <b>S</b>                   | = | จำนวนนิวรอน (number of neuron)                                        |
| <b>R</b>                   | = | จำนวนอินพุต (number of input)                                         |
| <b><math>t_q</math></b>    | = | ค่าเป้าหมาย (target)                                                  |
| <b>LSM</b>                 | = | ค่ากำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด (least mean square)                       |
| <b>MSE</b>                 | = | ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (mean square error)                  |
| <b>E</b>                   | = | ค่าคาดหวัง (expectation)                                              |
| <b>x</b>                   | = | เวกเตอร์ของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส (weight vector)                  |
| <b><math>\alpha</math></b> | = | อัตราการเรียนรู้ (learning rate)                                      |
| <b><math>D_m</math></b>    | = | เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่วัดได้จากแม่พิมพ์ (Inside diameter of mould) |
| <b>D</b>                   | = | เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่วัดได้จากชิ้นงาน (Inside diameter of part)   |
| <b>SS</b>                  | = | ผลรวมกำลังสอง (sum of squares)                                        |
| <b>MS</b>                  | = | กำลังสอง (mean square)                                                |
| <b>LSD</b>                 | = | ความแตกต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด (least significant difference)          |
| <b><math>\mu</math></b>    | = | ค่าเฉลี่ยของประชากร (mean of population)                              |