สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก Polystyrene

Using Statistical Process Control Technique Apply to Polystyrene Resin Industrial

(Case Study : Eternal Plastics Co., Ltd.)

สมยา เย็นวารีย์

SOMYA YENWAREE

T035960

สาระนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 35960
วัน, เดือน, ปี - 3 ก.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสาระนิพนธ์	การนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพาสติกโพลีสไตรีน (กรณีศึกษา บริษัท อีเทอนัลพาสติก จำกัด)
นักศึกษา	นายสมยา เย็นวารีย์
รหัสประจำตัว	40064517
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการจัดการอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

บทคัดย่อ

เนื้อหาของสาระนิพนธ์เล่มนี้ เป็นการนำเสนอถึงการนำเทคนิคทางด้านสถิติมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์มีรายการทดสอบทั้งหมด 3 รายการ ได้แก่ การตรวจสอบหาค่าดัชนีอัตราการไหล การทดสอบการหาค่าการทนต่อแรงดึง และการทดสอบหาค่าการทนต่อแรงกระแทก ซึ่งในแต่ละการทดสอบมีผลการทดสอบออกมาเพียงค่าเดียว (n = 1) ดังนั้น จึงต้องมีการประยุกต์ใช้หลักการทางด้านสถิติการควบคุมกระบวนการผลิตชนิด Control Chart สำหรับตัวอย่างเดี่ยว โดยการสร้างแผนภูมิควบคุม X ใช้ค่าพิสัยเฉลี่ย R หรือจากผลต่างระหว่างข้อมูลเดี่ยวที่อยู่ติดกัน มาใช้ควบคุมกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน แต่อย่างไรก็ดีการทำแผนภูมิควบคุมทั้ง 3 การทดสอบทำให้สิ้นเปลืองในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลทางด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R & D) พบว่า การควบคุมกระบวนการผลิตโดยการใช้แผนภูมิควบคุมค่าดัชนีอัตราการไหลเพียงแผนภูมิเดียว เป็นอันเพียงพอในการนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจควบคุมกระบวนการผลิตได้

จากการศึกษาพบว่า ต้องมีการใช้ข้อกำหนดของการทดสอบมาใช้ในการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาใช้งานได้หรือไม่ โดยมีการใช้เทคนิค SPC มาเป็นเครื่องชี้นำแนวทางหรือชี้นำแนวโน้มในการตรวจติดตามความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thematic paper Title	Using Statistical Process Control Technique Apply to Polystyrene Resin Industrial (Case Study : Eternal Plastics Co., Ltd.)
Student	Mr. Somya Yenwaree
Student ID.	40064517
Degree	Master of Science
Programme	Industrial Management
Year	2542
Thematic paper Advisor	Assit.Prof.Dr.Threraphon Thephasadin na ayuthya

ABSTRACT

This thematic paper proposes the application of statistical process control technique to control Polystyrene (plastic resin) industrial processing. Quality control of products have three items. First, Melt flow rate ; Mfr. Second, Tensile strength at Yield ; Ty. and the Third, Izod impact strength 1/4". Each test items have one result per time. (n = 1) Therefore, appying statistical technique " control chart " type for single sample (n = 1) by draw X - Control Chart

How ever Research and Development (R & D) found that eath test items are correlation. Therafore control chart for Melt flow rate is enought.

Specification are important for identification that process are off spec. or not and use control chart for follow up process and find out abnormal case in process running.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สาระนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยการได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องที่เกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการใช้หลักการทางสถิติจากอาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์ ซึ่งได้แก่ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ผู้จัดทำสาระนิพนธ์รู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วรนาถร แสงมณี ประธานสาขาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม และคณะกรรมการร่วมอีก 2 ท่าน ซึ่งได้แก่ ดร.วินัย พุทธกูล ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ ที่ช่วยชี้แนะแนวทางในการจัดทำสาระนิพนธ์ให้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่าง ๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจทานจุดที่ผิดพลาด จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อผู้จัดทำสาระพนธ์อย่างใกล้ชิดตลอดมา

ขอขอบคุณพนักงานบริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สุดท้ายขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำสาระนิพนธ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสาระนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมยา เย็นวารีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....V

สารบัญภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ภูมิหลังและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....3

1.4 ระเบียบวิธีปฏิบัติ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีแผนภูมิควบคุม.....6

2.1 หลักการของแผนภูมิควบคุม.....6

2.2 การแปลความหมายของแผนภูมิควบคุม.....7

2.3 Out of Control Condition.....8

2.4 ประเภทของแผนภูมิควบคุม.....17

2.4.1 แผนภูมิ p.....17

2.4.2 แผนภูมิ np.....18

2.4.3 แผนภูมิ c.....19

2.4.4 แผนภูมิ u.....20

2.5 'ความสำคัญที่ต้องควบคุมทั้ง X และ R.....23

2.6 แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปร.....24

2.7 ข้อเสนอแนะของแผนภุมิควบคุมในด้านการจัดการอุตสาหกรรม.....27

2.7.1 ควบคุมกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์.....27

2.7.2 ตรวจสอบค่ามาตรฐานที่กำหนด.....27

2.7.3 รู้ถึงสมรรถภาพของกระบวนการผลิต.....27

2.7.4 แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.5 แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ.....31
2.7.6 แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันการปรับแต่งกระบวนการผลิต.....32
2.7.7 แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต.....32
บทที่ 3 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม.....33
3.1 แผนภูมิ X และแผนภูมิ R.....33
3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดสิ่งที่ต้องการควบคุม.....33
3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดจำนวนตัวอย่างและความถี่-ห่าง.....34
3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....35
3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ.....35
3.1.5 ขั้นตอนที่ 5 การเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุม 39
3.1.6 ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม.....39
3.1.7 ขั้นตอนที่ 7 การใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อปรับปรุงการผลิต.....41
บทที่ 4 การเก็บข้อมูล สร้าง และใช้แผนภูมิควบคุม.....44
4.1 การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิสำหรับตัวอย่างเดี่ยว.....48
บทที่ 5 บทสรุป.....79
บรรณานุกรม.....81
ภาคผนวก.....82
ภาคผนวก ก แผนภูมิควบคุมค่าดัชนีการไหล
ภาคผนวก ข แผนภูมิควบคุมค่าการทนต่อแรงดึง , การทนต่อแรงกระแทก
ภาคผนวก ค แผนภูมิควบคุมค่าดัชนีการไหลที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว
ภาคผนวก ง แผนภูมิควบคุมค่าการทนต่อแรงดึงที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว
ภาคผนวก จ แผนภูมิควบคุมค่าการทนต่อแรงกระแทกที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว
ภาคผนวก ฉ ประวัติบริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด
ภาคผนวก ช การทดสอบคุณสมบัติของพลาสติก
ภาคผนวก ซ พลาสติก โพลีสไตรีน โดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม X และแผนภูมิ R.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แผนภูมิควบคุมเชิงสถิติ....6
2.2 การฟอร์มรูปเส้นโค้งแบบปกติ....7
2.3 One point beyond zone A....9
2.4 Nine point in a row in zone C or beyond....10
2.5 Six point in a row steadity increasing or decreasing....11
2.6 Fourteen point in a row alternating up and down....12
2.7 Two point of Three point in a row in zone A....13
2.8 Four out of Five point in a row in zone B or beyond....14
2.9 Fifteen point in a row in zone C....15
2.10Eight point in a row on both site of centraline with non in zone C....16
2.11วิธีการเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม....22
2.12แสดงความถูกต้องและแม่นยำ....23
3.1 แสดงกระบวนการผลิตที่พัฒนาให้ดีขึ้นเนื่องจากการใช้แผนภูมิควบคุม....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ภูมิหลังและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน (Polystyrene Resin) ใช้กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีดังนี้

1. สไตรีนโมโนเมอร์ (Styrene Monomer , main raw material)
2. ตัวทำละลาย Ethyl Benzene
3. สารเติมแต่ง (Additive)
4. ตัวเริ่มปฏิกริยา (Initiator)

วัตถุดิบทั้งหมดเหล่านี้ ถูกใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต โดยผ่านเตาปฏิกริยา (Reactor) ทั้งหมด 5 Reactor แต่ละ Reactor มีการให้อุณหภูมิเข้าไปในลักษณะที่สูงขึ้นตามลำดับ เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตนับตั้งแต่เริ่มใส่วัตถุดิบเข้าไป จนกระทั่งได้เม็ดพลาสติกออกมา ใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง

ในแต่ละเดือนฝ่ายผลิตจะมีการวางแผนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน Grade ต่าง ๆ กัน โดยอาศัยข้อมูลจากฝ่ายขายเป็นหลักในการวางแผน เม็ดพลาสติกมี Grade ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Eporex 650-10
2. Eporex 825-10
3. Eporex 830-10
4. Eporex 855-10

แต่ละ Grade มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของ วัตถุดิบและสภาวะที่ใช้ในการผลิตการติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทำการติดตามอยู่ทุกๆ1 ชั่วโมง โดยแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Control Section ; QC.) มีการตรวจสอบค่าของคุณสมบัติ ต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Rate ; ,Mfr.)
2. ค่าการทนต่อแรงดึง (Tensile strength ; Ty.)
3. ค่าการทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact Strength ; Izod)

ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ฝ่ายผลิตจะทำการกักแยกผลิตภัณฑ์และทำการปรับแต่ง Condition การผลิตในจุดที่สงสัยว่าน่าจะทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนไป ซึ่งต้องใช้เวลาในการติดตามเป็นเวลาหลายชั่วโมง ถึงจะทำให้ทราบว่าแก้ปัญหาได้ถูกจุดหรือไม่ ทำให้ในช่วงนี้มีผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด Off Spec. เป็นจำนวนมาก (กำลังการผลิต 45 ตันต่อวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพ มีรายการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Melt Flow Rate ; Mfr.

   การทดสอบค่าดัชนีการไหล เป็นการหาค่าอัตราการไหลของพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกทำการทดสอบทุก ๆ 1 ชั่วโมง ๆ ละ 1 ตัวอย่าง ดังนั้น ใน 1 วัน มีข้อมูลทั้งหมด 24 ข้อมูล

2. Tensile Strength at Yield ; Ty.

   การทดสอบการทนต่อแรงดึง เป็นการทดสอบโดยให้แรงดึงกับตัวอย่าง จนกว่าตัวอย่างจะขาดออกจากกัน ทำการทดสอบทุก ๆ 6 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน มีข้อมูลทั้งหมด 4 ข้อมูล

3. Izod Impact Strength ; Izod

   การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก เป็นการทดสอบการวัดความเหนียวหรือความแข็งของตัวอย่าง ทำการทดสอบทุก ๆ 6 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน มีข้อมูลทั้งหมด 4 ข้อมูล

เห็นได้ว่า ข้อมูลของการทดสอบดัชนีการไหล มีมากถึง 24 ข้อมูลต่อวัน ในขณะที่ข้อมูลของการทดสอบการทนต่อแรงดึง และข้อมูลการทดสอบการทนต่อแรงกระแทก มีข้อมูลเพียง 4 ข้อมูลต่อวัน

ในสภาพปัจจุบันยังไม่ได้มีการนำเอากระบวนการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพียงแต่มีการนำเอาขอบเขตข้อกำหนด (Specification) มาใช้ในการควบคุม ทำให้ขาดข้อมูลในการตัดสินใจปรับแต่งกระบวนการผลิต อีกทั้งยังทำให้ไม่ทราบแนวโน้มความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอีกด้วย

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งหมดเป็นข้อมูลที่เกิดจากการวัด (Variable Data) ดังนั้นจึงน่าจะมีการนำเอาหลักการทางสถิติ Statistical Process Control ; SPC โดยการใช้ Control Chart มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต แต่ยังคงมีปัญหาที่ติดตามมาดังนี้

1. ข้อมูลที่ได้ในแต่ละชั่วโมงมีเพียงข้อมูลเดียว ซึ่งใช้เทคนิคของ Statistic Process Control ; SPC ชนิด $\overline{X}$ - R Chart มาใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องทำการประยุกต์ใช้ ซึ่งจะเหมาะสมมากกว่า
2. จำนวนข้อมูลที่มีในแต่ละวันเพียงพอต่อการนำมาคำนวณทำ Control Chart หรือไม่
3. สิ่งที่ได้จากการอ่าน Control Chart สามารถนำไปมีส่วนร่วมในการปรับแต่งกระบวนการผลิตหรือไม่ เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตแบบ Continuous Process ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างนานกว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทำ Control Chart ต้องทำการควบคุมกับการทดสอบทั้ง 3 รายการหรือไม่ ถ้าเลือกทำ เพียงค่าใดค่าหนึ่งจะมีผลอย่างไร

ซึ่งปัญหาเหล่านี้ ต้องมีการนำเทคนิค Statistic Process Control ; SPC มาทดลองประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ข้อสรุปออกมาในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

ในการทำสาระนิพนธ์เรื่อง "การนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน" มีวัตถุประสงค์ในการทำดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาถึงเทคนิค Statistical Process Control ; SPC ในการตรวจ ติดตาม และควบคุมกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ที่มีกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง Continuous Process

2. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของค่าการทดสอบ ค่าดัชนีการไหล การทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก โดยการใช้ Control Chart มาบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ที่ค่าการทดสอบต่าง ๆ มีต่อกัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน" จะทำการศึกษาโดยอาศัยข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของเม็ดพลาสติก ของแผนกควบคุมคุณภาพ บริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด มีที่อยู่ดังนี้

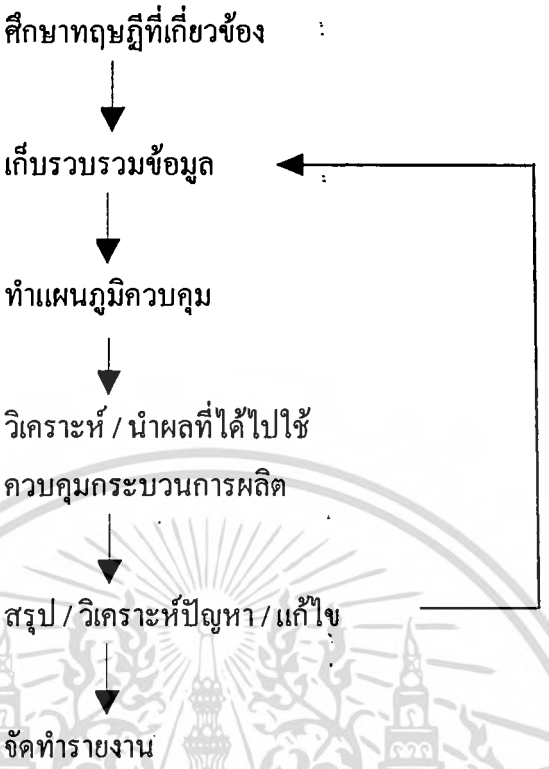
บริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด
29 / 4 หมู่ 5 ถนนบางนา - ตราด กม. 25.5
ซอยธรรมศิริ ตำบลบางเสาธง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 338-1303-6, 708-3741-3 โทรสาร 708-3744

ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน โดยใช้เครื่องหมายการค้า Eporex

1.4 ระเบียบวิธีปฏิบัติการ

ในการทำสาระนิพนธ์เรื่อง "การนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน" มีวิธีการทำโดยย่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการ Statistical Process Control ; SPC จาก หนังสือและ Text Book ดังนี้

1.1 กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ " สถิติสำหรับงานวิศวกรรม " สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , 2540

1.2 พิชิต สุขเจริญพงษ์ "การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม"บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด , 2521

1.3 Chrysler Corporation , Ford Motor Company and General Motor Corporation " STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC), Reference Manual, 1995

1.4 Eugene L. Grant & Richard S. Leaven Worth " STATISTICAL QUALITY CONTROL " Seventh edition , McGRAW - HILL , 1996

2. เริ่มดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดสอบคุณสมบัติของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีนทั้ง 3 คุณสมบัติ อันได้แก่

2.1 Melt Flow Rate , Mfr.

2.2 Tensile Strength at Yield , Ty.

2.3 Izod Impact Strength

โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลานาน 30 วัน

3. ในขณะที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะเริ่มนำข้อมูลที่ได้มาทำ Control Chart ตามที่ได้มีการศึกษาไว้ในตอนต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการวิเคราะห์ Control Chart ที่ได้ทำขึ้น พร้อมทั้งนำเอาผลที่วิเคราะห์ได้ ไปปรับใช้ในกระบวนการผลิต และติดตามผล

5. ทำการสรุปผลที่ได้จากการนำเทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาใช้ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน

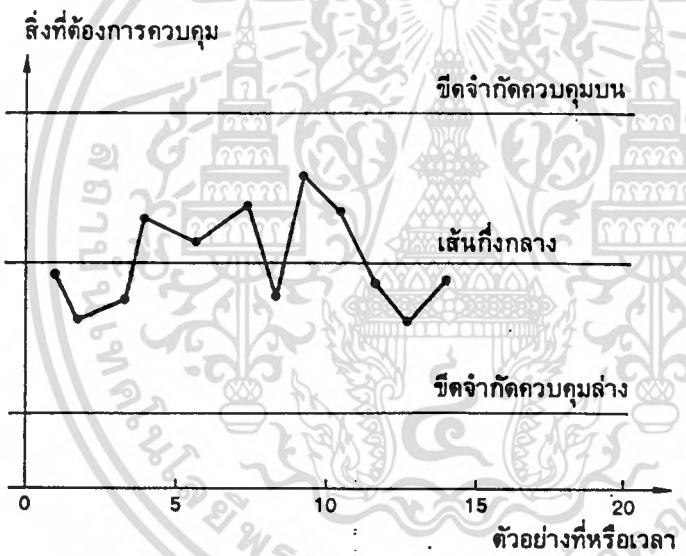
6 .จัดทำรายงานเป็นรูปเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีแผนภูมิควบคุม

2.1 หลักการของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมมีหลายชนิดจำแนกตามลักษณะและการใช้งาน 'แต่หลักการขั้นพื้นฐานของแผนภูมิควบคุมชนิดต่าง ๆ จะเหมือนกัน ตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมแสดงอยู่ในรูป



รูปที่ 2.1 แผนภูมิควบคุมเชิงสถิติ

แผนภูมิควบคุมประกอบด้วยขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit) หรือที่นิยมเขียนย่อ ๆ ว่า UCL ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit) หรือที่นิยมเขียนย่อ ๆ ว่า LCL และเส้นกึ่งกลาง (Centre Line) หรือที่นิยมเขียนย่อ ๆ ว่า CL ของสิ่งที่ต้องการควบคุม การควบคุมทำโดยวิธีสุ่มตัวอย่างและวัดผลของสิ่งที่ต้องการควบคุม แล้วเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุมและลากเส้นเชื่อมต่อจุดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

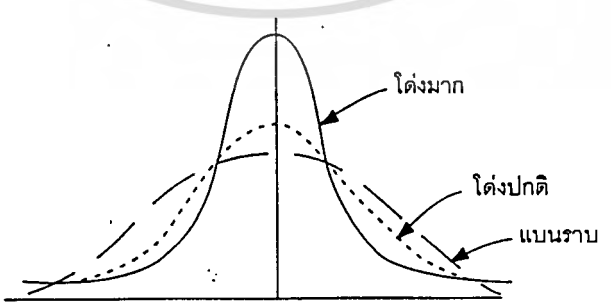
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างได้จากการคำนวณค่าโดยอาศัยตัวอย่างที่สุ่มไว้ จุดที่กระจายอยู่ในขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างแสดงถึงสภาพของกระบวนการผลิตว่ายังอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ ถ้าจุดต่าง ๆ กระจายอยู่ในช่วงขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างอย่างสม่ำเสมอก็แสดงว่า กระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม แต่เมื่อใดที่มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือขีดจำกัดควบคุมล่าง ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตได้ส่อถึงความผิดปกติไปจากสภาพปกติ ผู้ควบคุมการผลิตจะต้องทำการตรวจสอบกระบวนการผลิตและแก้ไขให้กระบวนการผลิตกลับสู่สภาพปกติ

ถึงแม้ว่าจุดบนแผนภูมิควบคุมจะอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง คือไม่มีจุดใดตกนอกขีดจำกัดควบคุม แต่ถ้าการกระจายของจุดเหล่านี้ไม่สม่ำเสมอ เช่น ถ้ามีจุด 5 จุดติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตได้ออกนอกการควบคุมแล้ว จะต้องตรวจสอบกระบวนการผลิตและแก้ไขให้กระบวนการผลิตกลับสู่สภาพปกติต่อไป การวิเคราะห์สภาพการกระจายของจุดบนแผนภูมิควบคุม เพื่อตัดสินใจว่าควรหยุดกระบวนการผลิตเพื่อตรวจสอบและแก้ไขกระบวนการผลิตกลับสู่สภาพปกติ จะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

2.2 การแปลความหมายของแผนภูมิควบคุม

ในสภาพการณ์ที่กระบวนการผลิตดำเนินไปอย่างปกติ หรืออยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ เมื่อนำจุดต่าง ๆ ในแต่ละโซนมาทำเป็น Histograme ก็จะได้รูป Normal Distribution อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตจะส่งสัญญาณให้เจ้าของกระบวนการผลิตได้รับทราบ หากกระบวนการผลิตอยู่ในสภาพที่ผิดปกติ



รูปที่ 2.2 การฟอร์มรูปเส้นโค้งแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้ว ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติเกิดขึ้นแล้ว จะสังเกตุจากสภาพดังนี้คือ

1. จุดต่าง ๆ จะอยู่ภายใต้ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง
2. จุดต่าง ๆ จะไม่วางตัวเป็นรูปร่างที่แน่ชัดถ้ามีการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตแล้ว สามารถสังเกตุได้จาก
   1. การที่มีจุดบางจุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง (รวมถึงจุดที่อยู่บนเส้นพอดีด้วย)
   2. การที่มีจุดต่าง ๆ วางตัวเป็นรูปร่างที่แน่นอน

เมื่อนำข้อมูลจากอดีตหรือข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างของกระบวนการผลิตมาทำเป็นแผนภูมิควบคุมแล้ว โดยการลากเส้นควบคุมทั้ง 3 เส้น ค่าของตัวอย่างแต่ละกลุ่มถูกพลอตลงในแผนภูมิเรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจสอบดู ถ้ามีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม ไม่ว่าจะเป็นเส้นควบคุมบนหรือเส้นควบคุมล่าง แสดงว่ากระบวนการผลิตยังไม่อยู่ในการควบคุม (Out of Control) ต้องกลับไปตรวจหาสาเหตุว่าทำไมถึงมีจุดอยู่นอกการควบคุม สาเหตุอาจเกิดได้จากเครื่องจักร คนงาน วัตถุดิบ หรือวิธีการ ถ้าการค้นหาสาเหตุทำไม่ได้ง่าย ๆ อาจต้องใช้ไดอะแกรมเหตุและผลมาช่วยในการค้นหาสาเหตุ เมื่อค้นหาสาเหตุพบแล้วให้ทำการแก้ไขให้เรียบร้อย ข้อมูลชุดที่อยู่นอกเส้นควบคุมและสามารถแก้ไขสาเหตุได้แล้วจะถูกตัดออกไป จากนั้นจึงนำข้อมูลที่เหลือมาคำนวณเส้นควบคุมทั้ง 3 เส้นใหม่ แล้วนำข้อมูลที่เหลือนี้มาพลอตลงในแผนภูมิใหม่ ทำจนกระทั่งไม่มีจุดหนึ่งจุดใดอยู่นอกเส้นควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม (In Control) สามารถที่จะนำแผนภูมินี้ไปใช้ควบคุมข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตเดียวกันนี้ได้ในเวลาต่อไป ถ้าข้อมูลที่ได้ในช่วงเวลาถัดไป นำมาพลอตลงในแผนภูมินี้ จุดต่าง ๆ อยู่ภายในเส้นควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในสภาพปกติ คือ ยังอยู่ในการควบคุม จะเห็นว่าแผนภูมิควบคุมที่ทำขึ้นมาเป็นแผนภูมิของกระบวนการผลิตหนึ่ง ๆ เท่านั้น แม้การผลิตจะอยู่ในการควบคุมก็ไม่ได้หมายความว่าผลิตภัณฑ์จะอยู่ในมาตรฐาน แต่ถ้าแผนภูมิควบคุมที่ทำขึ้นได้เทียบกับมาตรฐานที่ต้องการและอยู่ภายในขอบเขตของมาตรฐานก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในควบคุมได้มาตรฐานด้วย

แม้ว่าจะไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นควบคุม ก็อาจจะถือว่าข้อมูลหรือกระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมก็ได้ ถ้าเกิดกรณีต่อไปนี้กรณีใดกรณีหนึ่ง

2.3 Out of Control Condition

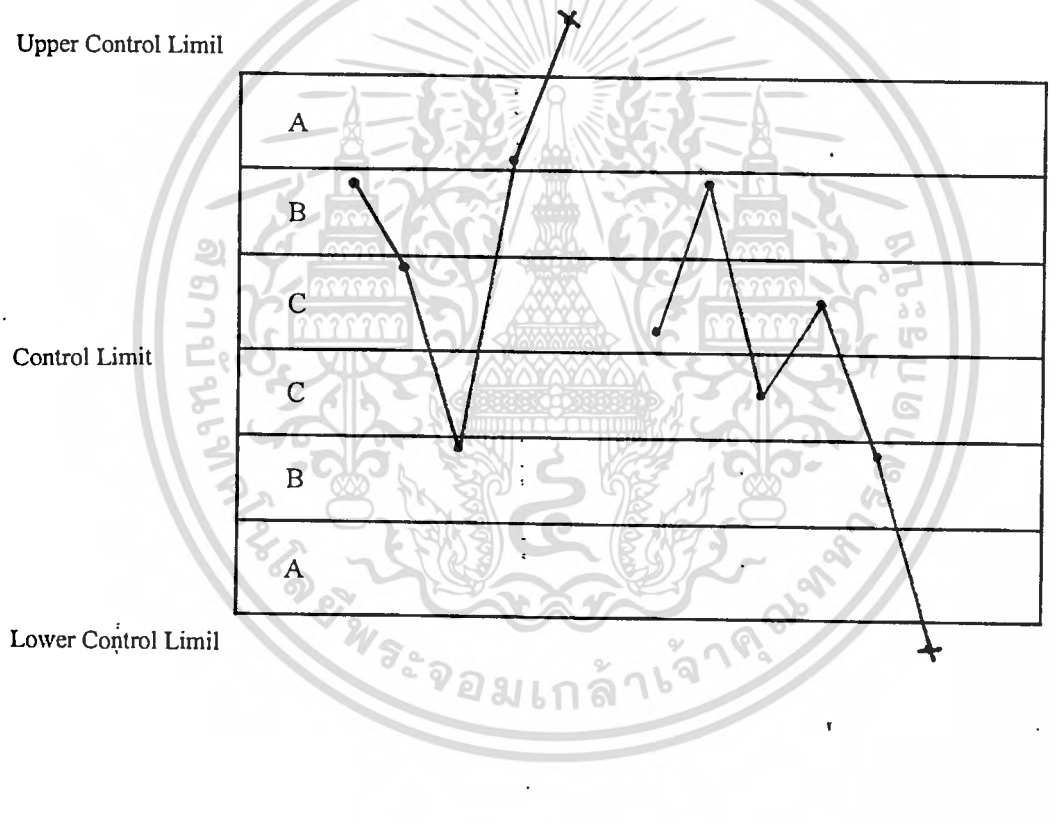
การกระจายของจุดบนแผนภูมิจะแสดงถึงสภาพของกระบวนการผลิตว่าอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ และสมควรหยุดกระบวนการผลิตเพื่อปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่หรือยัง โดยปกติถ้าจุดบนแผนภูมิควบคุมแสดงลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังต่อไปนี้ ผู้ควบคุมกระบวนการผลิตควรทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบกระบวนการผลิต เพราะกระบวนการผลิต อาจผิดปกติไปจากเดิม ลักษณะของจุดที่ควรให้ความสำคัญคือ

รูปแบบต่าง ๆ ที่แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

<u>รูปแบบที่ 1</u> : One point beyond zone A



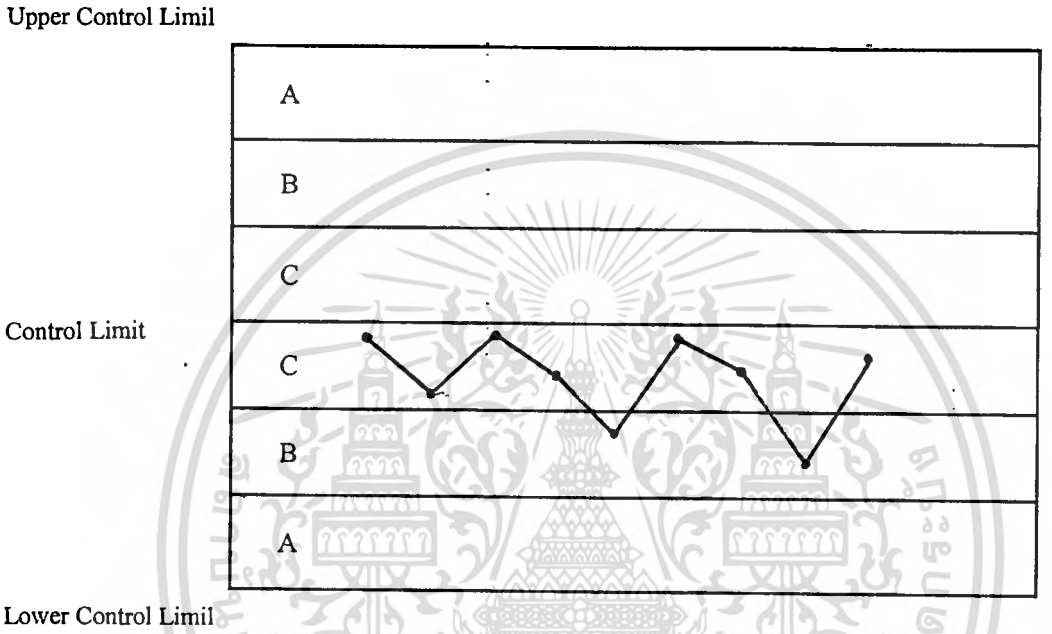
รูปที่ 2.3 One point beyond zone A

: มีจุด 1 จุดตกนอก zone A

- เมื่อปรากฏว่ามีจุด 1 จุดตกอยู่นอก zone A แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ในสถานะที่ Out of Control
- ผู้ควบคุมกระบวนการผลิตควรมีการหยุดกระบวนการผลิต แล้วทำการสืบสวนหา Assignable Cause นี้ให้พบ แล้วปฏิบัติการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 2</u> : Nine point in a row in zone C or beyond



รูปที่ 2.4 Nine point in a row in zone C or beyond

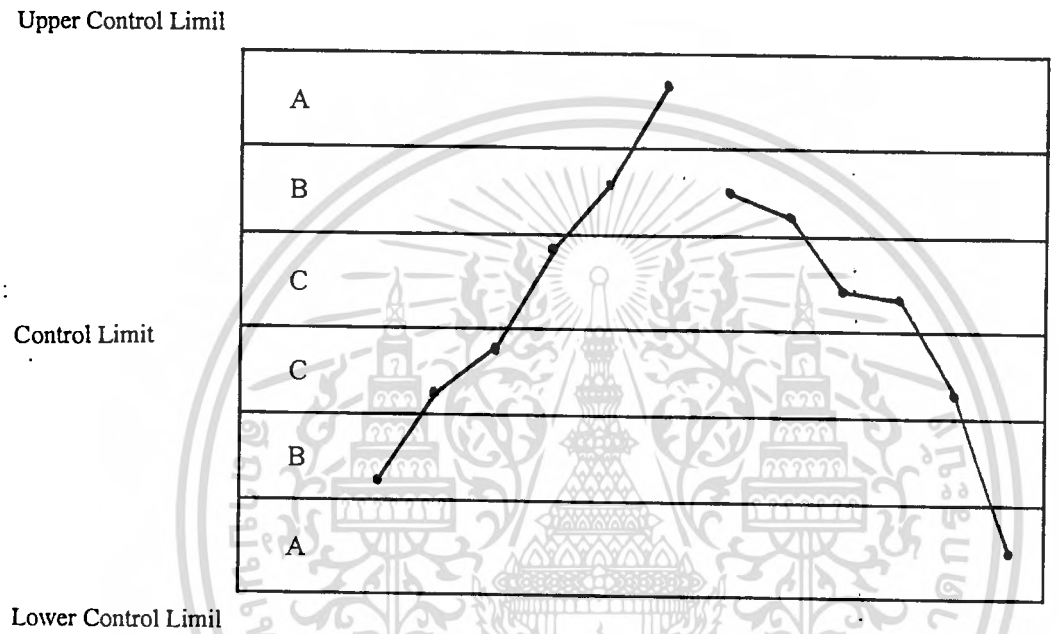
: มีจุด 9 จุดอยู่ติดต่อกันที่อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

- เมื่อมีจุดหลายจุดปรากฏอยู่ในด้านเดียวกัน โดยถือเอาเส้นกึ่งกลาง Control Limit , CL เป็นเส้นแบ่งด้าน เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า " Run "
- ถ้าปรากฏการณ์ " Run " เกิดขึ้น 9 จุดต่อเนื่องกัน แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. Setting Point ของเครื่องมือเกิดการเปลี่ยนแปลงไป
2. Raw Material Lot ใหม่มีความแตกต่างด้านคุณสมบัติจาก Raw Material Lot เก่า
3. ถ้าหากปรากฏการณ์ " Run " เกิดขึ้นบ่อยครั้ง แสดงว่าตำแหน่งของเส้นขีดจำกัดควบคุมไม่ ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 3</u> : Six point in a row steadity increassing or decreasing



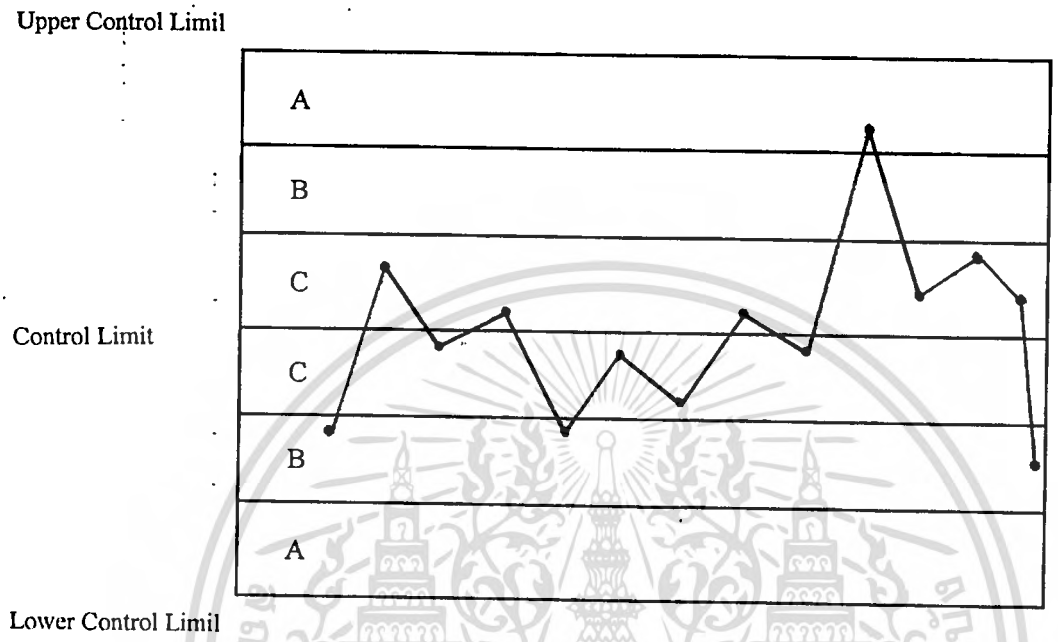
รูปที่ 2.5 Six point in a row steadity increasing or decreasing

: ถ้ามีจุด 6 จุดในแนวเดียวกันมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

- จุดต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันวางตัวในลักษณะที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ปรากฏการณ์อย่างนี้ เรียกว่า " Trend "
- แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น
  1. อุณหภูมิกำลังเพิ่มขึ้นหรือลดลงเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง
  2. ความแน่นกำลังแน่นมากขึ้นหรือลดลงเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง
- ผู้ควบคุมเครื่องจักรควรหยุดกระบวนการผลิตและสืบสวนหา'สาเหตุ ทำการปฏิบัติการแก้ไข (Corrective Action) 'เพื่อหยุดแนวโน้มหาสาเหตุดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 4</u> : Fourteen point in a row alternating up and down



รูปที่ 2.6 Fourteen point in a row alternating up and down

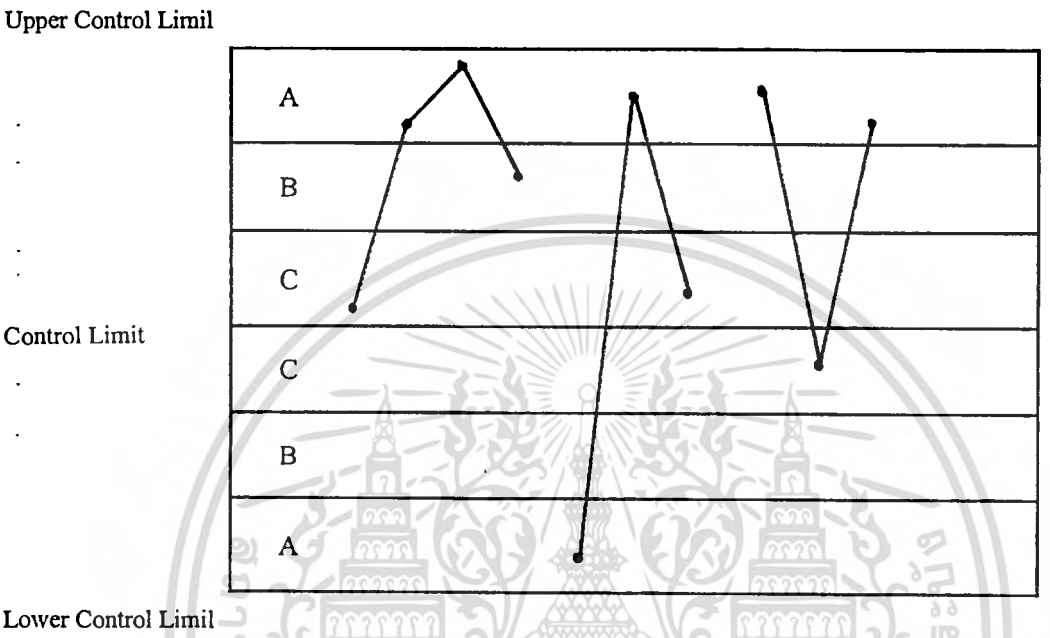
: ถ้ามีจุด 14 จุดอยู่ในแนวเดียวกันมีลักษณะที่ขึ้นและลงสลับกัน

- การที่มีจุด 14 จุดขึ้นและลงสลับกัน เป็นรูปแบบที่ขัดแย้งกับรูปแบบของความแปรผันแบบธรรมชาติ (Natural Variable) ที่ว่าการขึ้นหรือลงของจุดนั้นจะต้องเป็นไปอย่างสุ่ม หรืออย่างคาดเดาไม่ได้ว่าจุดต่อไปจะอยู่สูงหรือต่ำ
- การที่จุดขึ้นหรือลงสลับกัน เป็นรูปแบบของความผิดปกติที่เรียกว่า " Systematic Variable "
- มีสาเหตุมาจากความแตกต่างกันของ 4 M คือ
  1. ความแตกต่างกันของเครื่องจักร (Machine Discrepancy)
  2. ความแตกต่างกันของคนงาน (Man Discrepancy)
  3. ความแตกต่างกันของวัสดุ (Material Discrepancy)
  4. ความแตกต่างกันในวิธีการทำงาน (Method Discrepancy)

  ที่แตกต่างกันตลอดเวลา
- ผู้ควบคุมกระบวนการผลิตอาจไม่จำเป็นต้องหยุดกระบวนการผลิต แต่ต้องทำการสืบสวนหาสาเหตุและปฏิบัติการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 5</u> : Two out of three point in a row in zone A



รูปที่ 2.7 Two out of Three point in a row in zone A

: ถ้ามีจุด 2 ใน 3 จุดอยู่ในแนวเดียวกันอยู่ในโซน A หรือเหนือโซน A

- ในสภาพปกติ

  68.27 % ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 1 Sigma (Zone C)

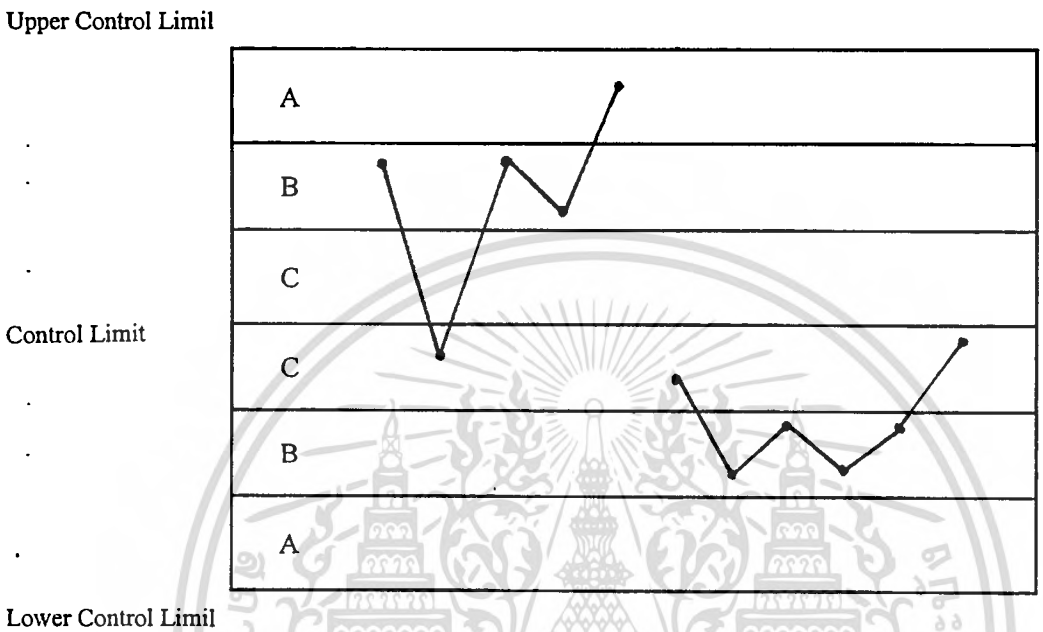
  95.45 % ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 2 Sigma (Zone B and C)

  99.73 % ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 3 Sigma (Zone A , B and C)

- แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ (Shift) ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบใหม่ เครื่องจักรใหม่ พนักงานใหม่ เป็นต้น
- ในรูปของความผันแปรแบบธรรมชาติ (Natural Variable) จุดส่วนใหญ่มักตกอยู่ในโซน A ดังนั้น จึงเป็นรูปของความไม่ปกติของกระบวนการผลิต
- ผู้ควบคุมเครื่องจักรต้องหยุดกระบวนการผลิต และทำการสืบสวนหาสาเหตุของความไม่ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 6</u> : Four out of five point in a row in zone B or beyond



รูปที่ 2.8 Four out of Five point in a row in zone B or beyond

: ถ้ามีจำนวนจุด 4 ของ 5 จุดในแนวเดียวกันอยู่ในโซน B หรือเหนือกว่า

- ในสภาพปกติ

  68.27 % ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 1 Sigma (Zone C)

  95.45 % 'ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 2 Sigma (Zone B and C)

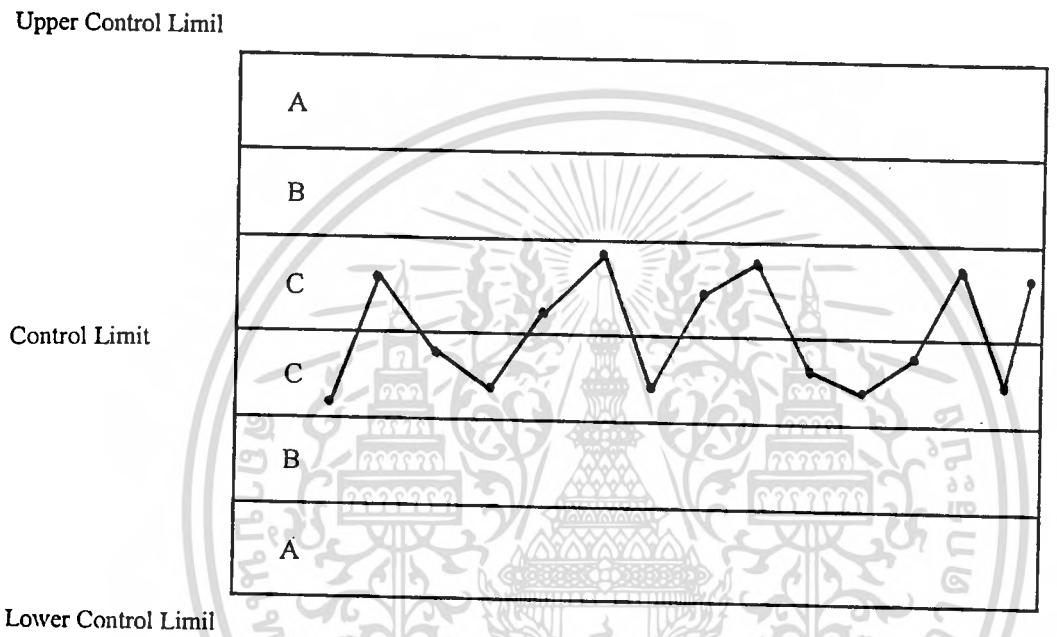
  99.73 % ตกอยู่ในช่วงของ Centrol Limit +- 3 Sigma (Zone A , B and C)

- แสดงว่า'มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ (Shift)ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบใหม่ เครื่องจักรใหม่ พนักงานใหม่ เป็นต้น .
- ในรูปของความผันแปรแบบธรรมชาติ (Natural Variable) จุดส่วนใหญ่มักตกอยู่ในบริเวณโซน C และมีส่วนน้อยที่ตกอยู่ในบริเวณโซน A ดังนั้น จึงเป็นรูปของความไม่ปกติของกระบวนการผลิต
- ผู้ควบคุมเครื่องจักรต้องหยุดกระบวนการผลิต และทำการสืบสวนหาสาเหตุของความไม่ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 7</u> : Fifteen point in a row in zone C

(above and below centraline)



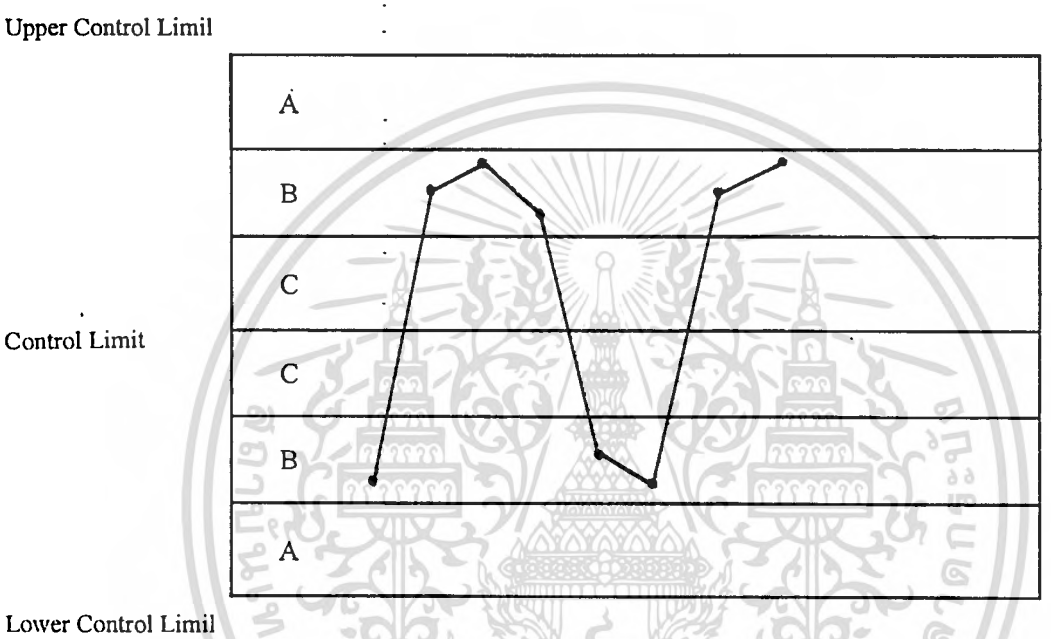
รูปที่ 2.9 Fifteen point in a row in zone C

: ถ้ามีจุด 15 จุดอยู่ในแนวเดียวกันแต่อยู่ในโซน C

- เมื่อมี 15 จุดแต่อยู่ในโซน C นั่นแสดงว่ามีความผันแปรเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้อย มาก เป็นความผิดปกติที่เรียกว่า Stratification
- สาเหตุของความผิดปกติที่เป็นไปได้
  1). 'พนักงานที่ปฏิบัติงานมีอคติ (Bias)
  2). กระบวนการผลิตดีเกินไป ต้องทำการ'ปรับขีดจำกัดควบคุม
- ผู้ควบคุมกระบวนการผลิตต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อสืบสวนหาสาเหตุและปฏิบัติการแก้ไข ในกรณีที่ไม่พบสาเหตุที่ผิดปกติให้เดินเครื่องจักรผลิตต่อ แต่ต้องเฝ้าติดตามและดูแลอย่างใกล้ชิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปแบบที่ 8</u> : Eight point in a row on both sites of centraline with non in zone C



รูปที่ 2.10 Eight point in a row on both site of centraline with non in zone C

: ถ้ามีจุด 8 จุดอยู่ในแนวเดียวกัน แต่ไม่อยู่ในโซน C เลย

- เมื่อจุดต่าง ๆ มีแนวโน้มตกอยู่ใกล้ ๆ UCL หรือ LCL โดยไม่ยอมตกอยู่ในโซน C เป็นความผิดปกติ ที่เรียกว่า Mixture
- สาเหตุของความผิดปกติ
  1. มีความแตกต่างกันของแหล่งวัตถุดิบ เครื่องจักรและพนักงาน
- ผู้ควบคุมเครื่องจักรต้องหยุดกระบวนการผลิตและสืบสวนหาสาเหตุ แล้วปฏิบัติการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ประเภทของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ แผนภูมิควบคุมตามลักษณะ หรือ แผนภูมิควบคุมชนิดแอตตริบิวท์(Attribute Control Charts) และแผนภูมิชนิดผันแปร (Variable Control Charts)

แผนภูมิควบคุมตามลักษณะที่สำคัญประกอบด้วย

แผนภูมิ p เพื่อควบคุมสัดส่วนของเสีย

แผนภูมิ np เพื่อควบคุมจำนวนของเสีย

แผนภูมิ c เพื่อควบคุมจำนวนสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย

แผนภูมิ u เพื่อควบคุมจำนวนสาเหตุต่อหน่วยที่ทำให้เกิดของเสีย

แผนภูมิควบคุมตามลักษณะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นแผนภูมิเพื่อควบคุมจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต แผนภูมิ p เป็นแผนภูมิที่นิยมใช้ในกลุ่มแรกนี้ แผนภูมิ p ใช้ควบคุมสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution)

แผนภูมิควบคุมตามลักษณะในกลุ่มที่ 2 คือ แผนภูมิเพื่อควบคุมรอยตำหนิ หรือ สาเหตุที่ทำให้สินค้าเป็นของเสีย แผนภูมิควบคุมในกลุ่มนี้มี 2 ชนิดคือ แผนภูมิ c ซึ่งใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิในสินค้า เช่น รอยตำหนิในม้วนผ้า รอยตำหนิในแผ่นกระจก เป็นต้น แผนภูมิชนิดที่ 2 คือ แผนภูมิ u ซึ่งใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยของสินค้า จำนวนรอยตำหนิในสินค้ามีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution)

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (แผนภูมิ p)

แผนภูมิควบคุมที่ใช้ควบคุมสัดส่วนของเสียคือ แผนภูมิ p ซึ่งใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตโดยควบคุมสัดส่วนของเสีย

ถ้ากำหนดให้

n เป็นจำนวนตัวอย่างในกลุ่มตัวอย่าง

np เป็นจำนวนของเสียที่พบในกลุ่มตัวอย่าง

p เป็นสัดส่วนของเสีย

ดังนั้น

$$p = \frac{np}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ในการตรวจสอบคุณภาพของหลอดไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่ามีหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานไม่ได้ 3 หลอด จากตัวอย่าง 450 หลอด คิดเป็นสัดส่วนของเสียคือ

$$p = \frac{np}{n} = \frac{3}{450}$$

$$= 0.0067$$

ค่าสัดส่วนของเสียโดยทั่วไปจะมีค่าน้อย โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 0.15 หรือ 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากค่าของ p มีค่าน้อย ดังนั้นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่างจึงมักต้องมีค่ามาก จึงจะสร้างแผนภูมิได้ดี

แผนภูมิ p เป็นแผนภูมิที่สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง แผนภูมิ p อาจใช้ในการควบคุมลักษณะคุณภาพสินค้าเพียงลักษณะเดียวเช่นเดียวกับแผนภูมิ X และแผนภูมิ R หรือใช้ควบคุมลักษณะคุณภาพกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง หรือควบคุมลักษณะคุณภาพหลาย ๆ อย่างของสินค้าพร้อมกันก็ได้ แผนภูมิ p สามารถใช้เพื่อควบคุมเครื่องจักร หน่วยงานผลิต กะการผลิต หรือทั้งโรงงาน นอกจากนี้แผนภูมิ p ยังสามารถใช้เพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของพนักงานหรือกลุ่มพนักงานเพื่อประโยชน์ในการประเมินความสามารถในการผลิต

ข้อมูลสำหรับการสร้างแผนภูมิ p เพื่อควบคุมเครื่องจักร หน่วยงานผลิต กะการผลิต หรือทั้งโรงงาน สามารถเก็บรวบรวมโดยตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่ผลิตโดยเครื่องจักร หน่วยงานผลิต กะการผลิต หรือโรงงานนั้น ๆ ในกรณีนี้เรานิยมกำหนดให้จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มอย่างมีจำนวนเท่ากันทุกกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ข้อมูลสำหรับแผนภูมิ p อาจเก็บรวบรวมจากแผนภูมิ p อื่น ๆ หรือจากแผนภูมิ X และแผนภูมิ R ซึ่งในกรณีนี้จำนวนตัวอย่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างอาจไม่เท่ากัน

แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (แผนภูมิ np)

แผนภูมิ np เป็นแผนภูมิที่พัฒนามาจากแผนภูมิ p เช่นเดียวกัน แผนภูมิ p ใช้เพื่อควบคุมสัดส่วนของเสีย แต่แผนภูมิ np ใช้เพื่อควบคุมจำนวนของเสียสำหรับผู้ควบคุมเครื่องจักร จำนวนของเสียซึ่งสามารถนับได้อาจสื่อความหมายได้ดีกว่าค่าสัดส่วนของเสีย การใช้แผนภูมิ np สำหรับคนทำงานในระดับปฏิบัติการจึงอาจสะดวกกว่า ส่วนการสร้างแผนภูมิ np และการประยุกต์ใช้มีขั้นตอนและวิธีการเหมือนแผนภูมิ p ทุกประการ เพียงแต่คูณค่าของ UCL , LCL และ CL ด้วยจำนวนตัวอย่าง n ก็จะได้ขีดจำกัดควบคุม ดังนั้นขีดจำกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิ np คือ

$$UCL_{np} = n\bar{p} + 3\,\mathrm{Sqrt}\, n\bar{p}\,(1 - \bar{p})$$

$$Cl_{np} = n\bar{p}$$

$$LCL_{np} = n\bar{p} - 3\,\mathrm{Sqrt}\, n\bar{p}\,(1 - \bar{p})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ปรับปรุงแผนภูมิ np แล้ว หรือรู้ค่าของสัดส่วนของเสียขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ np คือ

$$UCL_{np} = np_0 + 3\ \text{Sqrt}\ np_0(1 - p_0)$$

$$Cl_{np} = np_0$$

$$LCL_{np} = np_0 - 3\ \text{Sqrt}\ np_0(1 - p_0)$$

แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (แผนภูมิ c)

แผนภูมิควบคุมตามลักษณะประเภทที่สองคือ แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ ขณะที่แผนภูมิ p ใช้เพื่อการควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิจะใช้เพื่อการควบคุมจำนวนรอยตำหนิ หรือสาเหตุที่ทำให้สินค้าเป็นของเสีย แผนภูมิในกลุ่มนี้ประกอบด้วยแผนภูมิ c ที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิและแผนภูมิ u ซึ่งใช้ควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วย

เนื่องจากแผนภูมิทั้งสองนี้สร้างบนพื้นฐานของการแจกแจงแบบปัวซอง ซึ่งมีเงื่อนไขที่สำคัญ 2 ประการคือ ประการแรกจำนวนเฉลี่ยของรอยตำหนิจะต้องน้อยกว่าจำนวนรอยตำหนิที่มีโอกาสเกิดขึ้นมาก หรืออีกนัยหนึ่งคือโอกาสที่จะมีรอยตำหนิมีสูง แต่โอกาสที่จะเกิดเฉพาะตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งจะต้องมีน้อยมาก ตัวอย่างเช่น หมุดย้ำรอยต่อบนลำตัวเครื่องบินมีจำนวนมากมาย และแต่ละตัวก็มีโอกาสที่จะเกิดรอยตำหนิ แต่โอกาสที่จะพบหมุดที่เป็นรอยตำหนิจะมีน้อยมาก ประการที่สองคือ การเกิดรอยตำหนิในที่ต่าง ๆ เป็นอิสระต่อกันหรืออีกนัยหนึ่ง โอกาสในการเกิดรอยตำหนิในครั้งต่อไปไม่ขึ้นกับการเกิดรอยตำหนิที่ผ่านมา ตัวอย่างเช่นโอกาสในการเกิดหัวของการโยนเหรียญในครั้งต่อไป จะไม่ขึ้นกับผลลัพธ์ของการโยนเหรียญในครั้งที่ผ่านมา

แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ ประยุกต์ใช้ได้กับการควบคุมรอยตำหนิในม้วนกระดาษ จำนวนรอยตำหนิในแผ่นเหล็ก จำนวนฟองอากาศในแผ่นกระจกหรือภาชนะแก้ว รอยตำหนิในฝ้าเป็นต้น

เช่นเดียวกับแผนภูมิ p ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิจะสร้างบนพื้นฐานที่ขีดจำกัดควบคุมบนและล่างห่างจากเส้นกึ่งกลาง 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนั้น โอกาสที่จุดจะตกอยู่ระหว่างขีดควบคุมบนและล่างจึงเป็น 99.73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการวิเคราะห์สภาพการผลิตว่าอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ก็อาศัยหลักเกณฑ์เช่นเดียวกับแผนภูมิชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว

วัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ

เช่นเดียวกับแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิสามารถใช้เพื่อควบคุมลักษณะคุณภาพสินค้า เครื่องจักร กลุ่มของเครื่องจักร หรือสินค้าทั้งหมด

การสร้างแผนภูมิ c

ขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ หรือแผนภูมิ c ก็มีขั้นตอนเหมือนกับการสร้างแผนภูมิชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วคือ เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำหนดจำนวนตัวอย่าง ซึ่งขั้นตอนในการกำหนดวัตถุประสงค์จะเหมือนกับการสร้างแผนภูมิ p ส่วนการกำหนดจำนวนตัวอย่างก็เช่นเดียวกัน จำนวนตัวอย่างจะต้องมากพอที่จะทำให้ได้แผนภูมิที่ดีและอ่านง่าย

คำนวณขีดจำกัดควบคุม

ขีดจำกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิ c คือ

$$UCL_c = \bar{c} + 3 \text{ Sqrt } \bar{c}$$

$$CL_c = \bar{c}$$

$$LCL_c = \bar{c} - 3 \text{ Sqrt } \bar{c}$$

เมื่อ c เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิ คำนวณจาก

$$\bar{c} = \frac{\Sigma c}{\Sigma n}$$

แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วย (แผนภูมิ u)

แผนภูมิ c จะใช้กับกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาด 1 หน่วย เช่น กระเบื้องเคลือบ 1 ตารางเมตร ผ้า 1 ตารางหลา กระดาษ 1 รีม เครื่องบิน 1 ลำ เป็นต้น แต่ถ้าจำนวนแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันแผนภูมิควบคุมที่ใช้จะเป็นแผนภูมิ u

การสร้างแผนภูมิ u มีขั้นตอนและวิธีการเหมือนกับแผนภูมิ c ทุกประการ เพียงแต่ว่าจะต้องคำนวณจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย คือ

$$u = \frac{c}{n}$$

จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของ u จาก

$$\bar{u} = \frac{\Sigma c}{\Sigma n}$$

ส่วนขีดจำกัดควบคุมคำนวณได้จากสมการคือ

$$UCL_u = \bar{u} + 3 \text{ Sqrt } \frac{\bar{u}}{n}$$

$$CL_u = \bar{u}$$

$$LCL_u = \bar{u} - 3 \text{ Sqrt } \frac{\bar{u}}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปรที่สำคัญประกอบด้วย

แผนภูมิ X เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ย

แผนภูมิ R เพื่อควบคุมค่าพิสัย

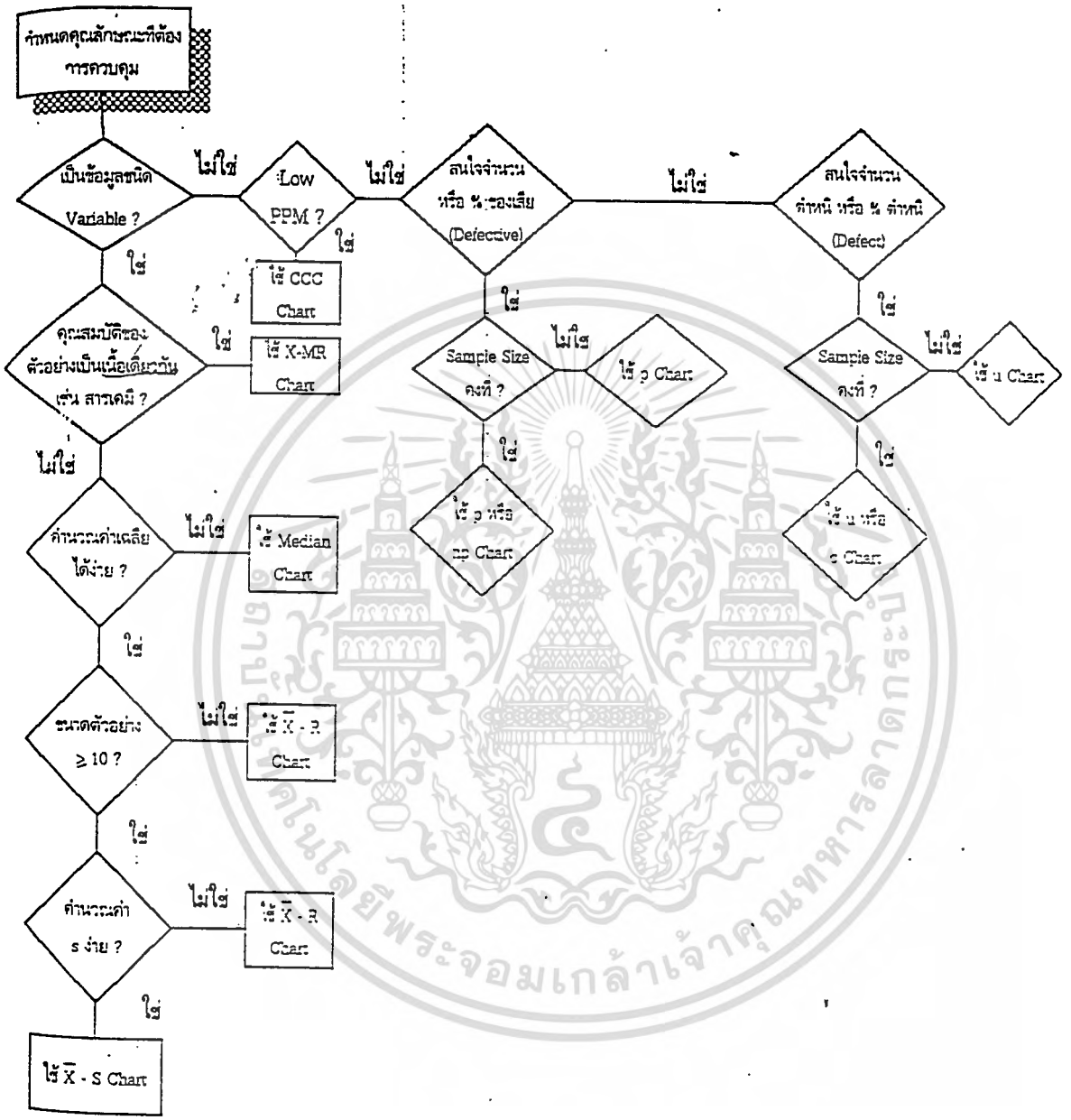
แผนภูมิ S เพื่อควบคุมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม

การเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุมภายใต้การพิจารณา

1. 'ชนิดของข้อมูล
2. ขนาดตัวอย่างคงที่หรือเปลี่ยนแปลง
3. อัตราการเกิดของเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

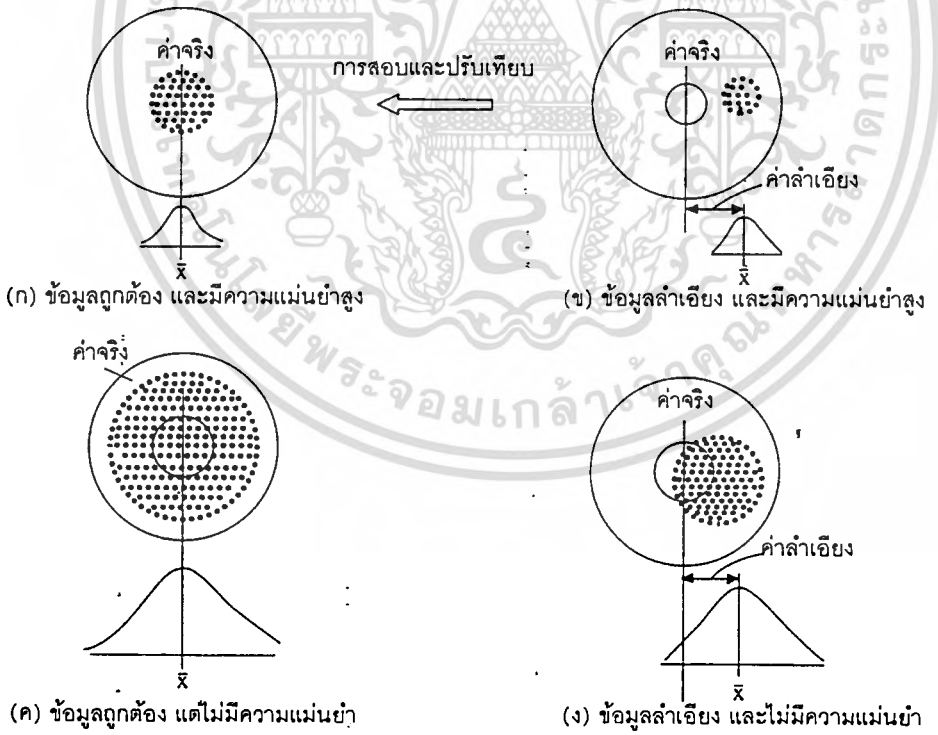


รูปที่ 2.11 วิธีการเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความสำคัญที่ต้องควบคุมทั้ง X และ R

ข้อมูลในทางสถิติจะอยู่ภายใต้คุณสมบัติของความไม่เท่ากันเสมอ โดยจะวัดขนาดของความไม่เท่ากันด้วยความคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ความคลาดเคลื่อนโดยธรรมชาติหรือความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการสุ่ม (Ramdom Error) และความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error) โดยความคลาดเคลื่อนตามธรรมชาติ หมายถึง ความผันแปรของข้อมูลรอบค่าที่ควรจะเป็น และเรียกความเบี่ยงเบนของค่าที่ควรจะเป็นจากค่าจริงว่า ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ในการศึกษาความผันแปรนี้ โดยเรียกขนาดของความผันแปรซึ่งหมายถึงความสามารถในการซ้ำ (Repeatability) นี้ว่า ความแม่นยำ (Precision) ของข้อมูล โดยข้อมูลใดยิ่งมีความผันแปรน้อย ก็อาจกล่าวได้ว่า ข้อมูลชุดนั้นมีความแม่นยำสูง (High Precision) และเรียกความเบี่ยงของค่าที่ควรจะเป็นของข้อมูลชุดนั้นที่เบี่ยงเบนไปจากค่ามาตรฐานหรือค่าที่แท้จริงว่า ค่าลำเอียง (Bias) โดยที่ถือว่าข้อมูลจะมีความถูกต้อง (Accuracy) ก็เมื่อมีค่าลำเอียงเป็นศูนย์



รูปที่ 2.12 แสดงความถูกต้องและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปพบว่า ข้อมูลที่มีคุณภาพสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติจะต้องเป็นข้อมูลตามรูป (ก) คือ ข้อมูลมีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูงเท่านั้น สำหรับในกรณี (ข) ข้อมูลมีความลำเอียง ซึ่งส่วนมากมักเกิดจากความเสื่อมของอุปกรณ์วัด ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขให้ถูกต้องด้วยการสอบและปรับเทียบ สำหรับในกรณี (ค) และ (ง) ซึ่งข้อมูลไม่มีความแม่นยำนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเปลี่ยนแปลงระบบการวัดเสียใหม่ ให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น มิฉะนั้นจะไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้

$\overline{X}$ (Mean) เป็นการควบคุมความแม่นยำ เป็นความผันแปร Sample to Sample

R (Range) เป็นการควบคุมความเที่ยงตรง เป็นความผันแปร Within Sample

2.6 แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปร

แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปร เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตสำหรับคุณสมบัติหรือลักษณะคุณภาพที่วัดค่าได้ เช่น ความสามารถในการทนแรงดึงของชิ้นงานพลาสติก ค่าอัตราการไหลของพลาสติกที่ผ่านการหลอมเหลวแล้ว ลักษณะคุณภาพเหล่านี้เป็นค่าผันแปร จึงเรียกแผนภูมิควบคุมลักษณะคุณภาพเหล่านี้ว่า แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปร แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปรเป็นแผนภูมิควบคุมที่นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ นอกจากแผนภูมิควบคุมจะทำหน้าที่ในการควบคุมกระบวนการผลิตแล้ว ยังสามารถให้รายละเอียดส่วนอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย เช่น การประเมินค่าเฉลี่ยของลักษณะคุณภาพ การประเมินค่าการกระจายของลักษณะคุณภาพ ตลอดจนสมรรถภาพของกระบวนการผลิต นอกจากนี้ แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปรยังสามารถป้องกันความเสียหายอันเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการผลิตได้อย่างทันท่วงทีอีกด้วย

แผนภูมิควบคุมชนิดผันแปรที่สำคัญประกอบด้วย

แผนภูมิ $\overline{X}$ เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ย

แผนภูมิ R เพื่อควบคุมค่าพิสัย

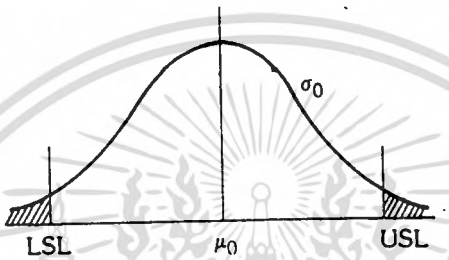
แผนภูมิ S เพื่อควบคุมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แผนภูมิทั้งสามนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการควบคุมแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Tendency)หรือค่าเฉลี่ย (Mean) และการกระจาย (Dispersion) ของลักษณะคุณภาพ แผนภูมิ $\overline{X}$ ใช้เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ยของลักษณะคุณภาพ ส่วนแผนภูมิ R และแผนภูมิ S ใช้เพื่อควบคุมการกระจายของลักษณะคุณภาพ ลักษณะคุณภาพที่ต้องการควบคุมโดยทั่วไปจะมีการแจกแจงแบบปกติ การควบคุมคุณภาพ คือ การควบคุมให้ลักษณะคุณภาพมีค่าเฉลี่ยและการกระจายตามที่กำหนด ค่าที่กำหนดนี้เรียกว่า ขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limit) ขีดจำกัดข้อกำหนดนี้ประกอบด้วย ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (Upper Specification Limit) หรือที่เขียนย่อ ๆ ว่า USL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

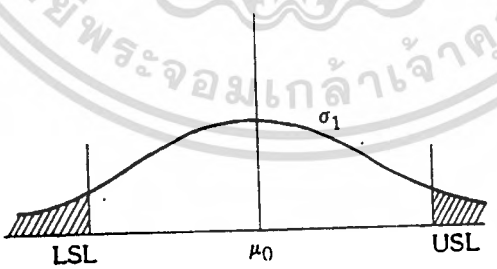
และขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limit) หรือที่เขียนย่อ ๆ ว่า LSL ลักษณะคุณภาพบางชนิดอาจกำหนดเฉพาะขีดจำกัดข้อกำหนดล่างเพียงอย่างเดียว เช่น ความสามารถในการทนแรงกระแทกของชิ้นงานพลาสติก ลักษณะคุณภาพบางชนิดอาจกำหนดเฉพาะขีดจำกัดข้อกำหนดบนเพียงอย่างเดียว เช่น ค่าความต้านทานของลวดทองแดงต้องไม่เกินค่าที่กำหนด ลักษณะคุณภาพบางชนิดต้องกำหนดทั้งขีดจำกัดข้อกำหนดบนและขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง เช่น ค่าดัชนีอัตราการไหลของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ต้องมีค่าระหว่าง 5.00 ถึง 7.00 g./10min. เป็นต้น

พิจารณาการแจกแจงของลักษณะเฉพาะคุณภาพ



(ก)

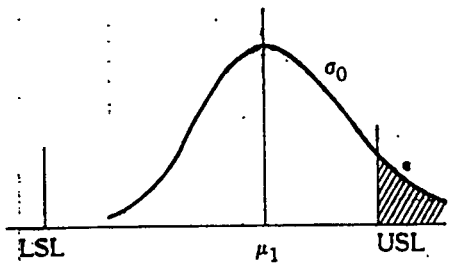
ลักษณะเฉพาะคุณภาพนี้มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ_0 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_0 ขีดจำกัดข้อกำหนดบนและล่างแสดงด้วยค่า USL และ LSL จากรูปด้านบนแสดงว่ามีสินค้าบางส่วนที่มีลักษณะคุณภาพที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด แต่มีจำนวนน้อยปริมาณของสินค้าที่มีคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนดแสดงด้วยพื้นที่แรเงา



(ข)

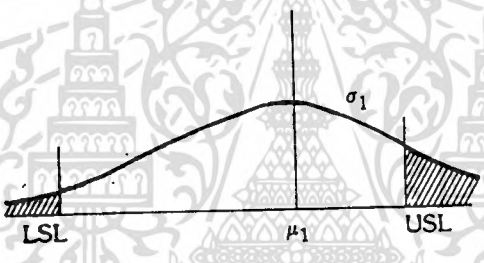
แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการผลิตโดยที่ค่าการกระจายของลักษณะคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้นจาก σ_0 เป็น σ_1 แต่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการยังคงเดิม คือ μ_0 การที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีสินค้าที่ไม่ได้ตามคุณภาพที่กำหนดเพิ่มมากขึ้น คือ มีสินค้าที่มีลักษณะคุณภาพต่ำกว่า LSL และสูงกว่า USL มากขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช



(ค)

แสดงการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการผลิต โดยค่าเฉลี่ยของกระบวนการเพิ่มจาก μ 0 เป็น μ 1 แต่ค่าการกระจายของกระบวนการยังคงเดิม ทำให้จำนวนสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพเพิ่มมากขึ้น คือมีจำนวนสินค้าที่มีลักษณะคุณภาพเกินกว่า USL จำนวนมากขึ้น



(ง)

แสดงการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการผลิตทั้งค่าเฉลี่ย คือ μ 0 เปลี่ยนเป็น μ 1 และค่าการกระจาย คือ σ 0 เปลี่ยนเป็น σ 1

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตอาจเปลี่ยนแปลงไป หรือเกิดความแปรปรวนไปจากค่าที่กำหนดไว้ด้วยสาเหตุต่าง ๆ เช่น เกิดจากคนทำงาน (Man) เกิดจากเครื่องจักร (Machine) เกิดจากวัตถุดิบ (Material) หรือเกิดจากวิธีการทำงาน (Method) การแปรปรวนไปของกระบวนการผลิตนี้จะทำให้สินค้าที่ผลิตได้มีระดับคุณภาพต่ำลง ถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานานก็จะส่งผลต่อความเสียหายในการผลิต แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการที่จะเตือน หรือแสดงเพื่อแจ้งให้ผู้ควบคุมกระบวนการผลิต หรือผู้ควบคุมเครื่องจักรทราบและสามารถหยุดหรือปรับแก้กระบวนการผลิตได้ทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ข้อเสนอแนะของแผนภูมิควบคุมในด้านการจัดการอุตสาหกรรม

แผนภูมิควบคุมเป็นวิธีทางสถิติที่สำคัญประการหนึ่งในการควบคุมกระบวนการผลิต นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมยังมีประโยชน์อื่น ๆ อีกหลายประการซึ่งสามารถนำไปใช้ในส่วนหนึ่งของการจัดการทางอุตสาหกรรม (Industrial Management) พอสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

1. ควบคุมกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์

สิ่งที่ต้องการควบคุมจะถูกสุ่มตัวอย่างและเขียนจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ๆ ถ้าจุดมิได้แสดงความผิดปกติก็แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในการควบคุม เมื่อใดที่จุดแสดงความผิดปกติผู้ควบคุมการผลิตก็สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิต ให้สภาพการผลิตกลับสู่สภาพปกติได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้สภาพการกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมยังสามารถใช้เพื่อคาดการณ์สภาพการของกระบวนการผลิตในอนาคตได้อีกด้วย

2. ตรวจสอบค่ามาตรฐานที่กำหนด

ประโยชน์สำคัญประการหนึ่งของแผนภูมิควบคุม ' คือการตรวจสอบค่าผลการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น ผู้บริหารกำหนดค่ามาตรฐานของดัชนีการไหลของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีนไว้ที่ 5.0 - 7.0 gm./10 min. เมื่อใดที่ตัวอย่างที่สุ่มวัดได้ตกอยู่นอกเส้นพิกัดควบคุม ย่อมแสดงว่ากระบวนการผลิตได้คลาดเคลื่อนออกจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว

3. รู้ถึงสมรรถภาพของกระบวนการ (Process Capability)

กระบวนการผลิตที่ตกอยู่ภายใต้การควบคุมอาจอยู่ในข้อกำหนด (Specification) หรือไม่ก็ได้ กระบวนการผลิตที่แสดงว่าอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ สามารถนำไปใช้เพื่อคำนวณถึงสมรรถภาพของกระบวนการผลิต เพื่อหาความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนด เมื่อนำแผนภูมิควบคุมไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ จะพบว่ามีทั้งกรณีที่อยู่ในข้อกำหนดเฉพาะและไม่อยู่ในข้อกำหนดเฉพาะ กรณีที่อยู่ในข้อกำหนดเฉพาะนั้นเรียกว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถเพียงพอ ส่วนในกรณีหลังนั้นเรียกว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถไม่เพียงพอ ความสามารถของกระบวนการผลิต คือความสามารถของกระบวนการผลิตในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ' เป็นดัชนีที่ใช้ชี้ว่าเมื่อขจัดต้นเหตุของความผิดปกติ และวางมาตรฐานการทำงานในกระบวนการผลิตจะทำให้กระบวนการผลิตอยู่ในสภาพที่มีเสถียรภาพ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นก็จะอยู่ในข้อกำหนดเฉพาะดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์คือ 4 M อันประกอบด้วย วัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์วิธีปฏิบัติ และคน ซึ่งกระบวนการผลิตคือ ผลรวมของสิ่งเหล่านี้ และความสามารถของกระบวนการผลิตก็คือ ขีดความสามารถสูงสุดของกระบวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตในการควบคุมความเบี่ยงเบนของ คุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ภายใต้ต้นทุนและเทคโนโลยีที่กำหนด ในการออกแบบ ผลิตและขายสินค้าที่มีคุณภาพเป็นที่พึงพอใจของลูกค้านั้น กระบวนการผลิตทั้งหมดต้องมีความสามารถเพียงพอที่จะรองรับระบบทั้งหมดได้ หากกระบวนการผลิตมีความสามารถเพียงพอ เปรียบเหมือนว่าคุณภาพนั้นกลายเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิต ทำให้รับประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ด้วยความมั่นใจ ถ้ากระบวนการผลิตมีความสามารถไม่เพียงพอ จะต้องปรับปรุงแก้ไขใหม่ อย่างไรก็ดีจะเห็นว่าสิ่งสำคัญอันดับแรกคือ ต้องทราบความสามารถของกระบวนการผลิตเสียก่อน โดยการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการผลิต ในการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการผลิตนั้น สิ่งที่ต้องกระทำในอันดับแรกคือ ระบุให้แน่ชัดลงไปว่า จะตรวจสอบคุณลักษณะสมบัติใดของผลิตภัณฑ์จากนั้นให้ทำการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการดังต่อไปนี้

1. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนลงในกราฟตามลำดับเวลา (รูปที่แสดงความสามารถของกระบวนการผลิต)
2. จัดสร้างแผนภูมิควบคุมตรวจ สอบดูว่ากระบวนการผลิตอยู่ในลักษณะที่มีเสถียรภาพหรือไม่
3. คำนวณหาดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต แล้วนำมาพิจารณาว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถเพียงพอหรือไม่ หากพิจารณาแล้วเห็นว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถไม่เพียงพอให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

วิธีการคำนวณหาดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต

เพื่อตัดสินว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถเพียงพอหรือไม่นั้น คำที่นิยมใช้กันมากได้แก่ Cp (Coefficient of Process Capability) หรือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต และ Cpk (ดัชนีความสามารถของกระบวนผลิต ซึ่งนำความเอนเอียง (Bias) มาร่วมพิจารณาด้วย ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของการกระจายคือเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ) Cp และ Cpk นั้น คำนวณโดยวิธีการดังต่อไปนี้

กรณีที่มีพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะทั้งสองด้าน

ดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต

$$Cp = \frac{Su - Sl}{6\sigma}$$

$$= \frac{(\text{ พิกัดบนของข้อกำหนดเฉพาะ} - \text{ พิกัดล่างของข้อกำหนดเฉพาะ })}{6 * (\text{ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน })}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้ข้อกำหนดเฉพาะของขนาดของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 183 มม.+-15 มม. ดังนั้น

พิกัดด้านบน = 183 + 15 = 198 มม.

พิกัดด้านล่าง = 183 - 15 = 168 มม.

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5.34

ดังนั้น

$$Cp = \frac{198 - 168}{6 * 5.34} = \frac{30}{32.04} = 0.936$$

อย่างไรก็ตามสูตรคำนวณนี้ไม่ได้นำเอาความเอนเอียงจากค่ากลางมาประกอบในการคำนวณและไม่ว่าการกระจายตัวจะอยู่ในข้อกำหนดเฉพาะหรือไม่ จะไม่มีผลทำให้การคำนวณโดยสูตรนี้เปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า จะใช้สูตรนี้โดยมีสมมติฐานว่า เราสามารถปรับให้ค่าเฉลี่ยของการกระจายมาอยู่ตรงกับค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะได้โดยง่าย

ถ้าเราไม่สามารถปรับให้ค่าเฉลี่ยของการกระจายตัวมาอยู่ตรงกับค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะได้โดยง่ายเราจะใช้ดัชนี Cp ควบคู่ไปกับดัชนี Cpk ซึ่งเป็นดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิตที่นำเอา ความเอนเอียงมาประกอบในการคำนวณ Cpk นั้นคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$Cp = \frac{(1 - K) * Su - Sl}{6\sigma}$$

$$= \frac{(1 - (\text{ค่าความเอนเอียง}) * (\text{พิกัดบนของข้อกำหนดเฉพาะ} - \text{พิกัดล่างของข้อกำหนดเฉพาะ})}{6 * (\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน})}$$

ค่าความเอนเอียง (K) นั้นคำนวนได้จากสูตรต่อไปนี้

$$K = \frac{\{(Su + Sl)/2 - x\}}{(Su + Sl)/2}$$

$$= \frac{(198 + 168)/2 - 184.9}{(198 - 168)/2}$$

$$= \frac{183 - 184.9}{15}$$

$$= 0.127$$

$$Cp = (1 - K) * \frac{Su - Sl}{6\sigma}$$

$$= (1 - 0.127) * \frac{198 - 168}{6 * 5.34}$$

$$= 0.817$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเรานำเอาความเอนเอียงมาประกอบการพิจารณา ความสามารถของกระบวนการผลิตที่ได้นั้น ต่ำกว่าการพิจารณาโดยการใช้การคำนวณ Cp

กรณีที่' มีพิกัดข้อกำหนดเฉพาะแบบด้านเดียว

1. กรณีที่มีพิกัดบนของข้อกำหนดเฉพาะ (Su) เพียงด้านเดียว

$$Cp = \frac{Su - x}{3\sigma}$$

$$= \frac{(\text{พิกัดบนของข้อกำหนดเฉพาะ}) - (\text{ค่าเฉลี่ย})}{3 * (\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน})}$$

$$= \frac{198 - 184.9}{3 * 5.34}$$

$$= \frac{13.1}{16.02}$$

$$= 0.818$$

2. กรณีที่มีพิกัดล่างของข้อกำหนดเฉพาะ (Sl) เพียงด้านเดียว

$$Cp = \frac{x - Sl}{3\sigma}$$

$$= \frac{(\text{ค่าเฉลี่ย}) - (\text{พิกัดล่างของข้อกำหนดเฉพาะ})}{3 * (\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน})}$$

$$= \frac{184.9 - 168}{3 * 5.34}$$

$$= \frac{16.9}{16.02}$$

$$= 1.055$$

จากตัวอย่างข้างต้น ค่าเฉลี่ย 184.9 อยู่ห่างออกจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะซึ่งเท่ากับ 183 ออกไป 1.9 ดังนั้น ความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีต่อพิกัดล่างของข้อกำหนดเฉพาะจึงมีมากกว่าความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีต่อพิกัดบนของข้อกำหนดเฉพาะ

การตัดสินว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถหรือไม่

กล่าวได้ว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถต่อเมื่อกระบวนการผลิตมีคุณสมบัติครบตามเงื่อนไข 2 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิตสม่ำเสมอ เนื่องจากการควบคุมกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต Cp และ / หรือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิตซึ่งนำเอาความเอนเอียงมาพิจารณาประกอบ Cpk แสดงค่าที่เหมาะสม

พิกัดของดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิตที่จะใช้ในการตัดสินว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถหรือไม่นั้น จะแตกต่างกันไปตามชนิดของงานหรือนโยบายของบริษัท จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเหมือนกันเสมอไป และที่เขียนไว้ข้างล่างนี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น

(ตัวอย่างพิกัดการตัดสินดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต)

Cp (หรือ) Cpk > 1.67 S ..... (สูงมาก)

1.67 < Cp (หรือ) Cpk > 1.33 A ..... (สูง)

1.33 < Cp (หรือ) Cpk > 1.00 B ..... (ปานกลาง)

1.00 < Cp (หรือ) Cpk > 0.67 A ..... (ต่ำ)

0.67 < Cp (หรือ) Cpk D ..... (ต่ำมาก)

ตัวเลข 1.67 , 1.33 , 1.00 , 0.67 ในตัวอย่างนี้เป็นเพียงการคำนวณโดยกำหนดให้ขนาดความคลาดเคลื่อนอนุโลมสามารถรองรับการเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ 10σ , 8σ , 6σ , 4σ (10 เท่า 8 เท่า 6 เท่า 4 เท่า ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในกรณีที่มีพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะแบบสองด้าน เวลานำไปใช้ ควรพิจารณาว่าการกำหนดเช่นนี้เหมาะสมกับชนิดของงานและนโยบายของบริษัทหรือไม่

เมื่อผู้บริหารทราบถึงว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถอยู่ในระดับใดแล้ว ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างสำคัญสำหรับการตัดสินใจในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้เช่น

1. เพื่อตัดสินใจการลงทุนปรับปรุงสมรรถภาพของกระบวนการผลิต
2. เพื่อการตัดสินใจรับคำสั่งผลิตจากลูกค้า (Make to order)
3. เพื่อใช้ในการตัดสินใจนัดวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าอย่างตรงเวลา

4. แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต

แผนภูมิควบคุมมีส่วนช่วยอย่างสำคัญในการลดจำนวนของเสียและการทำซ้ำ (Re-Work) ตัวอย่างเช่น แผนภูมิควบคุมสาเหตุของเสียและแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย การลดของเสียจากการผลิตและลดการทำซ้ำก็ช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับกระบวนการ

5. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ

แผนภูมิควบคุมช่วยให้กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมตลอดเวลา การใช้แผนภูมิควบคุมจะช่วยขจัดสภาพการผลิตสินค้าที่ด้อยคุณภาพ เมื่อใดที่กระบวนการผลิตเริ่มผิดปกติ แผนภูมิควบคุมจะแสดงให้รู้ ทำให้ผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตไม่ผลิตของเสียหรือของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้อยคุณภาพออกมาซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อย่างดียิ่ง เช่น มีการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม

6. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันการปรับแต่งกระบวนการผลิตโดยไม่จำเป็น

แผนภูมิควบคุมสามารถแยกแยะสภาพความแปรปรวนของกระบวนการผลิตว่าเมื่อใดเป็นความแปรปรวนตามสภาพธรรมชาติ (Natural Variations) และเมื่อใดเป็นสภาพความแปรปรวนที่เกิดจากความผิดปกติ (Assignable Variation) การแยกแยะสภาพความแปรปรวนนี้ไม่มีวิธีใดทำได้ดีเท่าแผนภูมิควบคุม แม้กระทั่งผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิต ถ้าผู้ควบคุมเครื่องจักรหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับแต่งกระบวนการผลิตเป็นระยะ ๆ ตามเวลาที่กำหนด อาจทำให้กระบวนการผลิตที่ดีอยู่แล้วผิดปกติไปก็ได้ แผนภูมิควบคุมจะเป็นตัวกำหนดได้เป็นอย่างดีว่าถึงเวลาแล้วหรือยังที่จะปรับแต่งกระบวนการผลิต กล่าวอีกนัยหนึ่งคือถ้ากระบวนการผลิตยังปกติดีอยู่ ถ้าไม่จำเป็นต้องปรับแต่งกระบวนการผลิตให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย

7. แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์สภาพการกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จะทำให้ได้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต เช่น การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ การเปลี่ยนวิธีการทำงาน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางวิศวกรรม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

3.1 แผนภูมิ $\overline{X}$ และแผนภูมิ R

แผนภูมิชนิดผันแปรที่นิยมใช้มากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมคือแผนภูมิ $\overline{X}$ และแผนภูมิ R แผนภูมิทั้งสองนี้ จะใช้ควบคู่กันเพื่อควบคุมค่าเฉลี่ยของกระบวนการและค่าการกระจายของกระบวนการ วัตถุประสงค์และประโยชน์ที่สำคัญของแผนภูมิทั้งสอง ประกอบด้วย

1. แผนภูมิ $\overline{X}$ ใช้ประโยชน์เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต เช่น ค่าดัชนีการไหลเฉลี่ยของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ค่าการทนแรงกระแทกเฉลี่ยของชิ้นงานพลาสติก เป็นต้น
2. แผนภูมิ R ใช้ประโยชน์เพื่อควบคุมค่าการกระจายของกระบวนการผลิต เช่น ค่าดัชนีการไหลของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ค่าการทนแรงกระแทกของชิ้นงานพลาสติก เป็นต้น
3. แผนภูมิ $\overline{X}$ และ แผนภูมิ R สามารถใช้เพื่อประเมินสมรรถภาพของกระบวนการผลิต เพื่อวิเคราะห์ถึงความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนด และประเมินจำนวนสินค้าที่มีระดับคุณภาพต่ำกว่าที่กำหนด

นอกจากนี้ แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุม R ยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนแรก ๆ ขั้นตอนในการสร้างและประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุม R ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังแสดงต่อไปนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1. การกำหนดสิ่งที่ต้องการควบคุม

แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุม R ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งสิ่งที่จะควบคุมต้องเป็นลักษณะคุณภาพที่สามารถวัดค่าได้ เช่น ความยาว อุณหภูมิ แรงกระแทก แรงต้านทานการดึง และอื่น ๆ สินค้าบางชนิดอาจมีลักษณะคุณภาพเพียงอย่างเดียว สินค้าบางชนิดอาจมีลักษณะคุณภาพหลายอย่าง การควบคุมคุณภาพของสินค้าบางชนิดจึงอาจต้องใช้แผนภูมิควบคุมหลายแผนภูมิหรือหลายชนิด เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตบางกระบวนการผลิตอาจใช้แผนภูมิควบคุมเพียงชุดเดียว เพราะมีลักษณะคุณภาพที่ต้องควบคุมเพียงอย่างเดียว แต่บางกระบวนการผลิตต้องใช้แผนภูมิควบคุมหลายชุด เพราะลักษณะคุณภาพที่ต้องการควบคุมมีหลายอย่าง การกำหนดว่าจะควบคุมลักษณะคุณภาพใดของกระบวนการผลิตจะต้องวิเคราะห์ และพิจารณาเลือกควบคุม ลักษณะ คุณภาพที่มีความสำคัญต่อคุณภาพสินค้า และเมื่อลักษณะคุณภาพนั้นเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายของคุณภาพสินค้ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 . กำหนดจำนวนตัวอย่างและความถี่-ห่างในการเก็บข้อมูล

จำนวนตัวอย่างที่จะทำการเก็บ ขึ้นอยู่กับชนิดของแผนภูมิควบคุม ปริมาณการผลิตของกระบวนการและค่าใช้จ่ายในการเก็บและทดสอบตัวอย่าง นอกจากนี้ในกรณีที่กระบวนการผลิตประกอบด้วยเครื่องจักรหลายเครื่อง การตัดสินใจว่าจะเลือกเก็บตัวอย่างจากเครื่องจักรใดและด้วยเวลาที่ถี่-ห่างเท่าใดก็เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแผนภูมิควบคุม แนวทางในการกำหนดจำนวนตัวอย่างและวิธีการการเก็บตัวอย่างอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 คือเลือกเก็บตัวอย่างโดยแบ่งเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น เก็บตัวอย่างทุกๆ ครึ่งชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างที่ผลิตได้ ณ เวลานั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ทุก ๆ ชั่วโมงผู้คุมเครื่องจักรอาจเก็บตัวอย่างซองผงชูรสจากกระบวนการผลิตออกมาชั่งหรือตรวจสอบโดยเก็บตัวอย่างจากเครื่องจักรเลย

วิธีที่ 2 คือเก็บตัวอย่างจากผลผลิตที่ได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ผู้คุมเครื่องจักรบรรจุผงชูรสอาจเก็บซองผงชูรสที่ผลิตได้ระหว่างเวลา 8.00 - 9.00 น. ไว้แล้วทำการสุ่มตัวอย่างจากซองผงชูรสทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว

โดยทั่วไปวิธีที่ 1 คือเก็บตัวอย่างจากกระบวนการผลิต ณ เวลาใด ๆ เป็นวิธีที่นิยมใช้มากกว่า ทั้งนี้เพราะวิธีนี้จะให้ผลของคุณภาพสินค้า ณ เวลาที่เก็บข้อมูลซึ่งเมื่อเกิดปัญหาด้านคุณภาพก็สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์ อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างข้อมูลตามวิธีที่ 2 ก็มีข้อดีในแง่ที่ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวแทนของสภาพทั้งหมดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เช่น ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลา 9.00 น. โดยเก็บจากผลผลิตที่ผลิตได้ระหว่างเวลา 8.00 - 9.00 น. จะแทนผลของกระบวนการ ตลอดเวลาตั้งแต่ 8.00 - 9.00 น. ซึ่งถ้าใช้วิธีที่ 1 ข้อมูลที่ได้จะแทนเฉพาะ ณ เวลา 9.00 น. เท่านั้นการกำหนดวิธีเก็บข้อมูลอาจทำผสมผสานกันไประหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ซึ่งในกรณีนี้จะต้องสร้างแผนภูมิควบคุมแยกจากกัน

สำหรับกรณีที่กระบวนการผลิตประกอบด้วยเครื่องจักรหลายเครื่องนั้นการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างจะต้องวิเคราะห์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้ากระบวนการผลิตประกอบด้วยเครื่องจักร 8 เครื่อง ทุกเครื่องทำการผลิตชิ้นงานชนิดเดียวกัน แล้วส่งต่อไปให้กระบวนการถัดไป ผลผลิตที่ได้จะมีความแปรปรวนในเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และยิ่งมีความแปรปรวนระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่องด้วย ถ้าแผนภูมิควบคุมที่ใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตแต่เพียงแผนภูมิเดียว การเก็บข้อมูลอาจมีคำถามว่าควรจะเก็บจากเครื่องจักรใด หรือควรเก็บรวมกันทุกเครื่อง ทั้งนี้ เพราะถ้าเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดผิดปกติไปเพียงเครื่องเดียว แผนภูมิควบคุมอาจไม่สามารถแสดงถึงความผิดปกติได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าจะสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับเครื่องจักรทุกเครื่อง ก็ต้องมีแผนภูมิควบคุม 8 แผนภูมิ การเก็บข้อมูลอาจเสียค่าใช้จ่ายมาก ผู้บริหารจึงต้องวิเคราะห์ผลได้ผลเสียในการกำหนดจำนวนตัวอย่างและจำนวน แผนภูมิของแต่ละกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากวิธีการเก็บข้อมูล การกำหนดจำนวนตัวอย่างก็เป็นสิ่งสำคัญ จำนวนตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันไป และยังแตกต่างตามประเภทผลิตภัณฑ์ และค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบ อย่างไรก็ตามแนวทางในการกำหนดจำนวนตัวอย่าง ประกอบไปด้วย

1. จำนวนตัวอย่างที่มาก จะทำให้ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างอยู่ใกล้เส้นกึ่งกลาง ทำให้แผนภูมิควบคุมแคบจึงสามารถบอกเหตุเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการผลิตได้ดีกว่า
2. จำนวนตัวอย่างที่มากทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง
3. ถ้าการทดสอบตัวอย่างเป็นการทดสอบที่ทำให้ชิ้นงานถูกทำลายไป จำนวนตัวอย่างไม่ควรใช้มาก ในทางปฏิบัติอาจใช้เพียง 2 - 3 ตัวอย่างก็เพียงพอ

ในด้านความถี่-ห่างในการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วในการผลิตและจำนวนตัวอย่างที่จะเก็บในแต่ละครั้ง แต่ก็ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวใด ๆ โดยทั่วไปถ้าเก็บตัวอย่างถี่มากเท่าใดก็จะสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ดีมากขึ้นแต่ก็จะเสียค่าใช้จ่ายมาก โดยปกติการเก็บตัวอย่างนิยมให้ห่างกันระหว่าง 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนถัดไปคือ การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนนี้อาจทำโดยใช้ตารางจดบันทึก การเก็บข้อมูลในทางปฏิบัติ จะทำโดยพนักงานควบคุมเครื่องจักรหรือพนักงานควบคุมกระบวนการผลิต

ขั้นตอนที่ 4. การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ

ขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุม R คำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้คือ

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \overline{X}i}{m}$$

$$\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{m} Ri}{m}$$

เมื่อ $\overline{\overline{X}}$ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{R}$ เป็นค่าเฉลี่ยของพิสัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{X}i$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ i ใด ๆ

Ri เป็นค่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างที่ i ใด ๆ

m เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ คือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}}$

เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}}$

เมื่อ σX เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจาก $\sigma_{\bar{x}} = \dfrac{\sigma}{\text{Sqrt } n}$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

n เป็นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

และค่าของ σ สามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

เมื่อ $\bar{R}$ เป็นพิสัยเฉลี่ยของพิสัยกลุ่มตัวอย่าง

d_2 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

ดังนั้น

$$3\sigma_{\bar{x}} = \frac{3\sigma}{\text{Sqrt } n} = \frac{3\bar{R}}{d2\ \text{Sqrt } n} = A_2\bar{R}$$

เมื่อ A_2 เป็นค่าคงที่

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$

เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

สำหรับแผนภูมิควบคุม R ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม คือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_R = \bar{R} + 3\sigma_R$

เส้นกึ่งกลาง $CL_R = \bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_R = \bar{R} - 3\sigma_R$

เมื่อ σR เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพิสัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $\sigma_R = d_3\sigma$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิต

d_3 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

และเนื่องจาก $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$

ดังนั้น $\sigma_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$

แทนค่า σR ลงในชุดสมการขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ R จะได้

$$UCL_R = \bar{R} + 3 * d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$= (1 + 3 * d_3) \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$= D_4 \bar{R}$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3 * d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$= (1 - 3 * d_3) \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$= D_3 \bar{R}$$

ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม R จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_R = D_4 \bar{R}$

เส้นกึ่งกลาง $CL_R = \bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_R = D_3 \bar{R}$

ค่าของ A_2 , D_3 และ D_4 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในกลุ่มข้อมูลซึ่งอ่านได้จากตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Median Charts, **				Charts for Individuals*			
	Chart for Medians (X)	Chart for Ranges (R)			Chart for Individuals (X)	Chart for Ranges (R)		
	Factors for Control Limits	Divisors for Estimate of Standard Deviation	Factors for Control Limits		Factors for Control Limits	Divisors for Estimate of Standard Deviation	Factors for Control Limits	
Subgroup Size	$\bar{\bar{A}}_2$	d_2	D_3	D_4	E_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	–	3.267	2.660	1.128	–	3.267
3	1.187	1.693	–	2.574	1.772	1.693	–	2.574
4	0.796	2.059	–	2.282	1.457	2.059	–	2.282
5	0.691	2.326	–	2.114	1.290	2.326	–	2.114
6	0.548	2.534	–	2.004	1.184	2.534	–	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777	0.975	3.078	0.223	1.777

$UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm \bar{\bar{A}}_2 \bar{R}$

$UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_R = D_3 \bar{R}$

$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$

$UCL_X, LCL_X = \bar{\bar{X}} \pm E_2 \bar{R}$

$UCL_R = D_4 \bar{R}$

$LCL_R = D_3 \bar{R}$

$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$

* From ASTM publication STP–15D, *Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis*, 1976; pp 134–136. Copyright ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103. Reprinted, with permission.

** $\bar{\bar{A}}_2$ Factors Derived from ASTM–STP–15D Data and Efficiency Tables Contained in W. J. Dixon and F.J. Massey, Jr., *Introduction to Statistical Analysis*, Third Edition, 1969; Page 488; McGraw–Hill Book Company, New York.

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม X และแผนภูมิ R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ ค่าของขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างจะสมมาตรกับเส้นกึ่งกลาง คือห่างจากเส้นกึ่งกลางเท่ากัน ในทางทฤษฎีขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุม R ควรจะสมมาตรเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากในกรณีที่จำนวนตัวอย่าง n มีน้อยกว่า 6 ค่าของขีดจำกัดควบคุมล่างจะมีค่าน้อยกว่าศูนย์ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่พิสัยจะมีค่าติดลบ ดังนั้นค่าของ D_3 จึงกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ เมื่อจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 6

เมื่อจำนวนตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 7 ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุม R จะสมมาตรกับเส้นกึ่งกลาง อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติการใช้แผนภูมิควบคุม R นิยมที่จะให้ค่าของขีดจำกัดควบคุมล่างมีค่าเป็นศูนย์ เพื่อให้พนักงานควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตเน้นที่การควบคุมในแง่การกระจายมากขึ้นของกระบวนการผลิต โดยให้รักษาระดับการกระจายของกระบวนการผลิตในระดับต่ำสุด นอกจากนี้ยังตัดปัญหาการตีความเมื่อมีจุดของกลุ่มตัวอย่างที่ตกต่ำกว่าขีดจำกัดควบคุมล่างในแผนภูมิควบคุม R ด้วย อย่างไรก็ตามผู้บริหารคุณภาพอาจใช้แผนภูมิควบคุม R ที่มีขีดจำกัดควบคุมล่างที่มีค่ามากกว่าศูนย์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงเหตุผลที่กระบวนการผลิตมีการกระจายน้อยกว่าปกติซึ่งเป็นสิ่งที่ดีซึ่งอาจใช้เป็นบรรทัดฐานใน การทำงานต่อไป

ขั้นตอนที่ 5. การเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุม

จากแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ และ R ที่ได้ นำจุด $\bar{X}$ และ R เขียนลงในแผนภูมิ จากนั้นทำการวิเคราะห์แผนภูมิโดย อิงหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น สำหรับจุดที่ผิดปกติจะต้องทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดปกติไป การวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดขึ้นมีประโยชน์อย่างสำคัญในการใช้เป็นบทเรียน เพื่อระมัดระวังมิให้เกิดสภาพเหตุการณ์อย่างนั้นอีก

ขั้นตอนที่ 6. การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม

การปรับปรุงแผนภูมิควบคุมทำได้โดยการตัดจุดของ $\bar{X}$ และ R ที่รู้สาเหตุของความผิดปกติออก แล้วทำการ คำนวณขีดจำกัดควบคุม'ของแผนภูมิควบคุมใหม่ โดยอาศัยความสัมพันธ์คือ

$$\bar{\bar{X}}' = \frac{\sum \bar{X} - \sum \bar{X}_d}{m - md}$$

$$\bar{R}' = \frac{\sum R - \sum R_d}{m - md}$$

เมื่อ $\bar{\bar{X}}'$ = เป็นค่าของ $\bar{\bar{X}}$ หลังปรับปรุง

$\bar{R}'$ = เป็นค่าของ $\bar{R}$ หลังปรับปรุง

$\sum \bar{X}$ = เป็นผลรวม $\bar{X}$ ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\sum \bar{X}_d$ = เป็นผลรวมของค่า $\bar{X}$ ที่ถูกตัดออก

$\sum R$ = เป็นผลรวม R ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

$\sum R_d$ = เป็นผลรวมของค่า R ที่ถูกตัดออก

m = เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อนปรับปรุง

m_d = เป็นจำนวนตัวอย่างที่ถูกตัดออก

จากนั้น คำนวนค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ โดยกำหนดให้

$$\bar{\bar{X}}_o = \bar{\bar{X}}'$$

$$R_o = \bar{R}'$$

และ

$$\sigma_o = \frac{R_o}{d_2}$$

เมื่อ d_2 เป็นค่าคงที่จากการเปิดตาราง เพื่อใช้ประมาณค่า σ_o ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{X}$ และ R ประกอบด้วย

แผนภูมิควบคุม X

ขีดจำกัดควบคุมบน	$UCL_{\bar{X}}$ =	$\bar{\bar{X}}_o + A\sigma_o$
เส้นกึ่งกลาง	$CL_{\bar{X}}$ =	$\bar{\bar{X}}_o$
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	$LCL_{\bar{X}}$ =	$\bar{\bar{X}}_o - A\sigma_o$

แผนภูมิควบคุม R

ขีดจำกัดควบคุมบน	UCL_R =	$D_2\sigma_o$
เส้นกึ่งกลาง	CL_R =	R_o
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	LCL_R =	$D_1\sigma_o$

ค่าของ A , D_1 และ D_2 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3.1 ซึ่งค่าของ A, D_1 และ D_2 นี้จะขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

วิธีที่ 1

ตัดทั้งจุดบนแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ และแผนภูมิควบคุม R สำหรับจุดที่ค้นหาสาเหตุของความผิดปกติได้

วิธีที่ 2

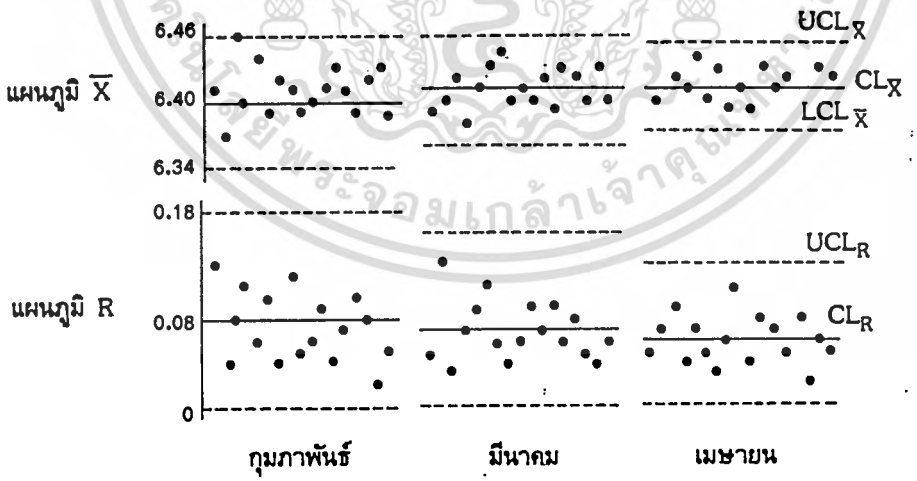
ตัดเฉพาะจุดบนแผนภูมิ $\bar{X}$ ถ้าจุดบน $\bar{X}$ มีความผิดปกติ แต่บนแผนภูมิ R ไม่แสดงความผิดปกติก็ให้คงจุดนั้นไว้ในแผนภูมิ R ในทำนองเดียวกัน ถ้าจุดแสดงความผิดปกติบนแผนภูมิ R แต่ไม่แสดงถึงความผิดปกติบนแผนภูมิ $\bar{X}$ ก็ตัดเฉพาะจุดบนแผนภูมิ R ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิควบคุมทั้ง $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุม R นี้จะใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตในอนาคต โดยผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตจะทำการสุ่มตัวอย่างทุกชั่วโมงหรือทุกครึ่งชั่วโมง แล้วทำการตรวจวัดหาค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ และพิสัย R แล้วเขียนจุดลงบนแผนภูมิควบคุมที่ปรับปรุงแล้วนี้ ถ้าจุดกระจายในแผนภูมิโดยมิได้แสดงความผิดปกติ ผู้ควบคุมเครื่องจักรก็ปล่อยให้กระบวนการผลิตดำเนินต่อไป แต่เมื่อใดที่จุดบนแผนภูมิควบคุมแสดงความผิดปกติตามลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ผู้ควบคุมเครื่องจักรอาจต้องมีการตรวจสอบเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิต หรืออาจหยุดกระบวนการผลิตแล้วปรับตั้งเครื่องจักร หรือตรวจสอบวัตถุดิบ เพื่อหาสาเหตุของความผิดปกติ ก่อนที่กระบวนการผลิตจะผลิตของเสียออกไปมาก

ขั้นตอนที่ 7. การใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต

การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ และ R กับกระบวนการผลิต โดยทั่วไปจะส่งผลต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างได้ผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลทางจิตวิทยาต่อผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการ ทั้งนี้เนื่องจากผู้ควบคุมเครื่องจักรมีเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบสมรรถภาพกระบวนการ ซึ่งทำให้ผู้ควบคุมเครื่องจักรพยายามปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการผลิตที่พัฒนาให้ดีขึ้นเนื่องจากการใช้แผนภูมิควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป แสดงถึงกระบวนการผลิตที่พัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมในเดือนมกราคม ในช่วงเดือนมกราคมค่าเฉลี่ยของการกระจายค่อนข้างมาก ซึ่งผู้บริหารและคนทำงานต่างรู้สึกว่า ควรจะต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความแปรปรวนน้อยลงกว่าเดิม ผู้บริหารและผู้ควบคุมเครื่องจักรจึงได้คิดค้นวิธีการต่าง ๆ เช่น การปรับตั้งเครื่องจักร การควบคุมการสึกหรอของเครื่องจักร การจัดซื้อวัตถุดิบที่มีคุณภาพ การกำหนดมาตรฐานวิธีการทำงาน การตรวจสอบชิ้นงานก่อนการกลึง และอื่น ๆ จากผลของความร่วมมือของทั้งฝ่ายบริหารและคนทำงานก็พบว่า ผลการปฏิบัติงานในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตที่มีความแปรปรวนน้อยลงจนเป็นที่น่าพอใจ

สำหรับกรณีที่รู้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ μ และรู้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ σ แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ และ แผนภูมิควบคุม R สามารถสร้างได้โดยตรงจากค่าของ μ และ σ ดังนี้ คือ

ขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$

ขีดจำกัดควบคุมบน	$UCL_{\bar{x}}$ =	$\mu + 3\sigma / \sqrt{n}$
เส้นกึ่งกลาง	$CL_{\bar{x}}$ =	μ
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	$LCL_{\bar{x}}$ =	$\mu - 3\sigma / \sqrt{n}$

ถ้ากำหนดให้ $A = 3/\sqrt{n}$ ดังนั้น

ขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน	$UCL_{\bar{x}}$ =	$\mu + A\sigma$
เส้นกึ่งกลาง	$CL_{\bar{x}}$ =	μ
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	$LCL_{\bar{x}}$ =	$\mu - A\sigma$

ขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม R

ขีดจำกัดควบคุมบน	UCL_R =	$R + 3\sigma_R$
เส้นกึ่งกลาง	CL_R =	R
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	LCL_R =	$R - 3\sigma_R$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$

และ $\sigma_R = d_3 \sigma$

ดังนั้น ขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม R จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_R = d_2\sigma + 3d_3\sigma$

$= \sigma (d_2 + 3d_3)$

เส้นกึ่งกลาง $CL_R = d_2\sigma$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_R = d_2\sigma - d_3\sigma$

$= \sigma (d_2 - 3d_3)$

กำหนดให้ $D1 = (d_2 - 3d_3)$

$D2 = (d_2 + 3d_3)$

ดังนั้น

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_R = D2\sigma$

เส้นกึ่งกลาง $CL_R = d2\ \sigma$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_R = D1\sigma$

ค่าของ A , D1 , D2 และ d_2 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3.1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสมการที่ผ่าน ๆ มาจะเห็นได้ว่าค่า $\bar{X}_o$ ก็คือ μ ของกระบวนการ และ $\frac{\bar{R}_o}{d_2}$ ก็คือ σ ของกระบวนการนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การเก็บข้อมูล สร้าง และใช้แผนภูมิควบคุม

จากการเก็บข้อมูลของการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ Polystyrene เพื่อนำมาทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ $\overline{X}$ - R Chart มี 3 รายการ ได้แก่

1). Melt Flow Rate ; Mfr.

2). Tensile Strength at Yield ; Ty.

3). Izod Impact 1/4"

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ Polystyrene ทั้ง 3 รายการ สามารถศึกษารายละเอียดได้ในภาคผนวก ช

โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 30 วัน ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In Process Line Testing Result

Date		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
15-07-99	Melt Flow Rate	5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.5	5.9	5.7	5.8	5.1	5.8	6.3	6.4	6.3	6.0	5.6	5.4	5.7	5.2	5.3
	Tensile Strength at Yield	238	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	239	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.1	-	-	-	-	-	10.2	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-
16-07-99	Melt Flow Rate	6.4	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.6	5.6	5.5	5.5	5.7	6.0	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.8	6.0	5.9	5.8	5.4	5.4	5.7
	Tensile Strength at Yield	232	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.0	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-
17-07-99	Melt Flow Rate	6.3	6.1	6.5	6.5	6.4	6.9	6.7	6.6	6.4	6.4	6.7	6.7	6.4	6.0	6.2	6.2	6.1	6.7	6.4	6.4	6.1	6.4	6.5	6.3
	Tensile Strength at Yield	223	-	-	-	-	-	224	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.5	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-
18-07-99	Melt Flow Rate	7.2	7.1	6.8	6.8	6.7	6.3	6.7	6.8	7.1	6.7	6.3	6.4	6.2	6.4	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.1	6.6
	Tensile Strength at Yield	232	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-	229	-	-	-	-	-	227	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.3	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-
19-07-99	Melt Flow Rate	6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	6.1	6.2	6.1	6.1	6.2	6.1	6.0	6.3	6.7	6.6	6.8	7.0	6.9	6.9	7.1	7.2	7.0	7.1	7.1
	Tensile Strength at Yield	233	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-	229	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	8.8	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-
20-07-99	Melt Flow Rate	5.8	5.9	5.9	5.9	6.1	6.0	5.6	6.1	6.2	6.3	6.0	5.8	6.2	6.3	6.0	5.9	5.9	6.3	6.2	6.2	6.3	6.4	6.1	6.2
	Tensile Strength at Yield	229	-	-	-	-	-	226	-	-	-	-	-	221	-	-	-	-	-	223	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.0	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-
21-07-99	Melt Flow Rate	5.3	5.4	5.4	5.9	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	5.7	5.9	5.6	5.6	5.7	6.2	5.1	5.8	5.8	5.8	5.6	5.7	5.9	5.9	5.7
	Tensile Strength at Yield	234	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	224	-	-	-	-	-	227	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	8.8	-	-	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-
22-07-99	Melt Flow Rate	5.8	5.7	5.4	5.6	5.5	5.4	5.6	5.5	5.7	5.7	5.6	5.3	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4	5.7	5.3	5.3	5.5	5.7	5.4	5.5
	Tensile Strength at Yield	233	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.7	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-
23-07-99	Melt Flow Rate	5.6	5.7	5.6	5.5	5.7	5.4	5.7	6.3	5.7	5.1	5.5	5.5	5.9	5.5	5.7	5.6	5.3	5.4	5.9	5.7	5.7	5.9	5.8	5.7
	Tensile Strength at Yield	234	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.8	-	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-
24-07-99	Melt Flow Rate	5.9	5.5	5.8	5.7	5.7	5.6	5.4	5.4	5.6	5.2	5.5	5.4	5.3	5.5	5.9	6.2	5.8	5.7	5.8	5.8	6.0	6.2	5.8	5.6
	Tensile Strength at Yield	229	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.3	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-

In Process Line Testing Result

Date		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
25-07-99	Melt Flow Rate	5.8	5.8	5.6	5.7	5.7	5.7	5.9	5.9	5.6	5.6	5.9	5.7	5.8	5.8	6.0	6.3	5.9	6.0	5.7	5.9	5.8	5.9	5.9	5.7
	Tensile Strength at Yield	226	-	-	-	-	-	221	-	-	-	-	-	228	-	-	-	-	-	223	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.2	-	-	-	-	-	11.0	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-
26-07-99	Melt Flow Rate	5.5	5.7	5.8	5.8	5.8	5.6	5.7	5.8	5.5	5.6	5.8	5.5	5.3	5.7	5.9	5.6	5.8	5.6	5.6	5.7	5.6	5.7	5.7	5.8
	Tensile Strength at Yield	233	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.4	-	-	-	-	-	9.2	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-
27-07-99	Melt Flow Rate	5.1	5.1	5.0	5.9	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.5	5.6	5.8	5.3	5.6	5.6	5.4	5.4	5.4	5.5	5.4	5.4	5.3
	Tensile Strength at Yield	238	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.3	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-
28-07-99	Melt Flow Rate	6.0	6.0	6.3	6.2	6.0	5.6	6.4	6.0	5.6	5.8	5.4	5.4	5.1	5.3	5.3	5.0	5.1	5.3	5.6	5.4	5.2	5.2	5.2	5.0
	Tensile Strength at Yield	252	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	240	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.7	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	11.0	-	-	-	-	-	10.4	-	-	-	-	-
29-07-99	Melt Flow Rate	5.5	5.4	5.3	5.7	-	-	-	-	-	4.6	6.6	5.0	4.4	5.6	6.1	5.6	5.8	6.6	6.3	6.9	6.7	6.6	6.4	6.5
	Tensile Strength at Yield	256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	281	-	-	-	-	-	274	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	7.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.3	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	-
30-07-99	Melt Flow Rate	4.6	4.5	4.6	4.7	4.9	5.4	5.2	5.1	5.0	5.4	5.0	5.1	5.3	5.2	5.0	5.6	5.4	5.8	5.6	5.4	5.5	5.6	5.4	5.5
	Tensile Strength at Yield	241	-	-	-	-	-	247	-	-	-	-	-	252	-	-	-	-	-	257	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.1	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	8.2	-	-	-	-	-	7.8	-	-	-	-	-
31-07-99	Melt Flow Rate	4.0	3.9	4.2	4.0	4.1	4.0	4.1	4.2	4.2	4.1	4.1	4.2	4.3	4.2	4.2	4.3	4.4	4.6	4.2	4.5	4.5	4.6	4.4	4.5
	Tensile Strength at Yield	245	-	-	-	-	-	245	-	-	-	-	-	247	-	-	-	-	-	241	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.2	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-
01-08-99	Melt Flow Rate	6.4	6.1	6.5	6.4	6.3	6.1	6.5	6.2	5.9	5.9	6.3	6.1	5.8	5.9	5.5	5.4	5.0	5.3	5.5	4.5	4.5	4.5	5.4	5.1
	Tensile Strength at Yield	243	-	-	-	-	-	246	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-	238	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.6	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-
02-08-99	Melt Flow Rate	5.4	5.9	5.7	5.7	5.8	5.9	5.6	5.6	5.6	5.6	5.2	5.6	5.8	6.0	5.6	5.8	5.8	5.7	5.8	6.1	6.7	6.3	6.4	6.3
	Tensile Strength at Yield	263	-	-	-	-	-	262	-	-	-	-	-	255	-	-	-	-	-	249	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	8.3	-	-	-	-	-	8.3	-	-	-	-	-	7.9	-	-	-	-	-	8.2	-	-	-	-	-
03-08-99	Melt Flow Rate	6.5	6.1	6.2	6.2	6.0	6.0	5.9	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.5	6.3	6.3	6.2	6.4	6.5	6.3	6.3	6.2	6.2	6.6	6.3
	Tensile Strength at Yield	236	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.7	-	-	-	-	-	10.4	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	10.4	-	-	-	-	-

In Process Line Testing Result

Date		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
04-08-99	Melt Flow Rate	5.5	5.5	5.7	5.8	5.8	6.0	6.2	6.5	5.7	6.1	5.9	5.7	5.8	6.3	6.0	5.9	6.6	5.8	5.7	5.8	5.9	5.9	6.0	6.3
	Tensile Strength at Yield	243	-	-	-	-	-	241	-	-	-	-	-	241	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.1	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-
05-08-99	Melt Flow Rate	5.7	5.6	5.6	5.6	5.7	6.1	5.9	5.7	6.0	6.1	6.0	6.1	6.1	6.1	6.0	6.2	6.3	6.0	6.4	6.2	6.2	6.3	6.4	6.4
	Tensile Strength at Yield	237	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	225	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.3	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-
06-08-99	Melt Flow Rate	5.7	5.9	5.5	5.6	5.4	5.5	6.0	5.6	5.7	5.7	6.1	6.0	5.8	5.6	5.7	6.2	5.4	5.8	5.5	6.0	6.1	6.0	5.9	6.0
	Tensile Strength at Yield	241	-	-	-	-	-	238	-	-	-	-	-	238	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.6	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-
07-08-99	Melt Flow Rate	5.7	5.9	5.6	5.5	5.7	5.5	5.5	5.9	6.0	6.2	5.9	5.7	5.4	5.7	5.6	5.6	5.0	5.9	5.9	6.0	6.3	6.1	6.3	5.9
	Tensile Strength at Yield	238	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	240	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.6	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	-
08-08-99	Melt Flow Rate	5.6	5.8	5.5	5.5	5.6	5.5	5.6	5.4	5.4	5.5	5.8	5.7	5.4	5.6	5.7	5.5	5.4	5.5	5.6	5.5	5.5	5.7	5.6	5.8
	Tensile Strength at Yield	233	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	229	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.6	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-	8.7	-	-	-	-	-
09-08-99	Melt Flow Rate	5.9	5.6	6.0	5.8	5.7	6.2	5.8	5.9	6.3	5.9	5.7	5.5	5.5	5.1	5.5	6.0	5.9	5.4	5.7	5.5	5.8	6.1	5.9	5.6
	Tensile Strength at Yield	245	-	-	-	-	-	238	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	8.8	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	10.2	-	-	-	-	-
10-08-99	Melt Flow Rate	5.4	5.5	5.5	5.5	5.2	5.4	5.0	5.6	5.3	5.6	5.6	5.5	5.6	5.8	5.4	5.6	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.9	5.8	5.1
	Tensile Strength at Yield	249	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	240	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.1	-	-	-	-	-	8.7	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-
11-08-99	Melt Flow Rate	5.8	5.5	5.0	5.0	5.2	5.1	5.2	5.2	5.5	5.7	5.5	5.6	5.6	5.9	6.1	5.7	5.6	6.0	6.5	6.1	6.1	6.3	5.9	6.2
	Tensile Strength at Yield	244	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-	249	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	8.8	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	-
12-08-99	Melt Flow Rate	6.2	5.9	6.7	6.4	6.2	6.8	7.0	6.8	6.2	6.8	6.0	6.4	6.8	6.6	6.6	6.7	6.2	6.1	6.0	6.0	6.1	5.9	5.8	5.0
	Tensile Strength at Yield	231	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.5	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-
13-08-99	Melt Flow Rate	5.1	5.5	5.2	5.6	5.3	5.6	5.8	6.0	6.5	6.0	5.7	5.3	5.5	5.5	5.1	5.9	5.8	6.5	6.2	6.4	6.3	6.6	6.1	6.4
	Tensile Strength at Yield	241	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.5	-	-	-	-	-	10.2	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-

จากข้อมูลผลการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 3 รายการ โดยในแต่ละเวลาจะมีการทดสอบเพียงครั้งเดียว หรือ n = 1

ในกรณีเช่นนี้ต้องสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยว โดยสร้างแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ ใช้ค่าพิสัยเฉลี่ย R หรือจากผลต่างระหว่างข้อมูลเดี่ยวที่อยู่ติดกัน

การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิสำหรับตัวอย่างเดี่ยว

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{\bar{X}}$ และ $\bar{R}$ คำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \bar{X}i}{m}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{m} Ri}{m}$$

เมื่อ $\bar{\bar{X}}$ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{R}$ เป็นค่าเฉลี่ยของพิสัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}i$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ i ใด ๆ

Ri เป็นค่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างที่ i ใด ๆ

m เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{\bar{X}}$ คือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}}$

เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}}$

เมื่อ $\sigma_{\bar{x}}$ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจาก $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\text{Sqrt } n}$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

n เป็นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

และค่าของ σ สามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

เมื่อ $\bar{R}$ เป็นพิสัยเฉลี่ยของพิสัยกลุ่มตัวอย่าง

d_2 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$3\sigma_{\bar{x}} = \frac{3\sigma}{\text{Sqrt } n}$$

ในกรณีนี้ค่า n = 1

$$3\sigma_{\bar{x}} = \frac{3\sigma}{\text{Sqrt } 1}$$

$$= \frac{3\bar{R}}{d2 \text{ Sqrt } 1}$$

$$= \frac{3\bar{R}}{d2}$$

เมื่อ d2 เป็นค่าคงที่

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{\bar{X}}$ จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL\,\bar{x} = \bar{\bar{X}} + \frac{3R}{d2}$

เส้นกึ่งกลาง $CL\,\bar{x} = \bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL\,\bar{x} = \bar{\bar{X}} - \frac{3R}{d2}$

สำหรับแผนภูมิควบคุม R ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม คือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_R = \bar{R} + 3\sigma_R$

เส้นกึ่งกลาง $CL_R = \bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_R = \bar{R} - 3\sigma_R$

เมื่อ σ_R เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพิสัย

เนื่องจาก $\sigma_R = d_3\sigma$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิต

d_3 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

และเนื่องจาก $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$

ดังนั้น $\sigma n = d_3 \frac{R}{d_2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า σ_R ลงในชุดสมการขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ R จะได้

$$UCL_R = \bar{R} + 3 * \frac{d_3}{d_2} \bar{R}$$

$$= (1 + 3 * \frac{d_3}{d_2}) \bar{R}$$

$$= D_4 \bar{R}$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3 * \frac{d_3}{d_2} \bar{R}$$

$$= (1 - 3 * \frac{d_3}{d_2}) \bar{R}$$

$$= D_3 \bar{R}$$

ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม R จึงกลายเป็น

ขีดจำกัดควบคุมบน	UCL_R	=	$D_4 \bar{R}$
เส้นกึ่งกลาง	CL_R	=	$\bar{R}$
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	LCL_R	=	$D_3 \bar{R}$

ค่าของ D_3 และ D_4 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในกลุ่มข้อมูลซึ่งอ่านได้จากตารางที่ 3.1

จากข้อมูลที่เก็บได้จากการทดสอบค่าดัชนีการไหล เมื่อใช้สูตรการคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{\bar{X}}$ และการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{R}$ สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล ได้ดังภาคผนวก ก. ซึ่งในที่นี้ได้ยกตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมมาประกอบเพียง 10 วัน ส่วนที่เหลืออีก 20 วัน จะมีลักษณะที่คล้าย ๆ กัน

จากข้อมูลที่เก็บได้จากการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และข้อมูลที่เก็บได้จากการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก เมื่อใช้สูตรการคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{\bar{X}}$ และการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\bar{R}$ สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง Tensile Strength at Yield ; Ty. และ แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก Izod Impact Strength ได้ดังภาคผนวก ข. ในที่นี้ได้ยกตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมมาประกอบเพียง 10 วัน ส่วนที่เหลืออีก 20 วัน จะมีลักษณะที่คล้าย ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล พบว่า

1. ในแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล มีบางวันที่มีค่าออกนอกขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง ดังนั้น ต้องทำการปรับปรุงแผนภูมิควบคุม โดยการตัดทิ้งจุดบนแผนภูมิควบคุม $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิควบคุม $\overline{R}$ ที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมทั้ง 2 ออก แล้วทำการสร้างแผนภูมิโดยอาศัยความสัมพันธ์ คือ

$$\overline{\overline{X}}' = \frac{\sum \overline{X} - \sum \overline{X}_d}{m - md}$$

$$\overline{R}' = \frac{\sum R - \sum R_d}{m - md}$$

เมื่อ $\overline{\overline{X}}'$ = เป็นค่าของ $\overline{\overline{X}}$ หลังปรับปรุง

$\overline{R}'$ = เป็นค่าของ R หลังปรับปรุง

$\sum \overline{X}$ = เป็นผลรวม $\overline{X}$ ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

$\sum \overline{X}_d$ = เป็นผลรวมของค่า $\overline{X}$ ที่ถูกตัดออก

$\sum R$ = เป็นผลรวม R ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

$\sum R_d$ = เป็นผลรวมของค่า R ที่ถูกตัดออก

m = เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อนปรับปรุง

m_d = เป็นจำนวนตัวอย่างที่ถูกตัดออก

จากนั้น คำนวนค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ โดยกำหนดให้

$$\overline{X}_o = \overline{\overline{X}}'$$

$$R_o = \overline{R}'$$

และ $$\sigma_o = \frac{R_o}{d_2}$$

เมื่อ d_2 เป็นค่าคงที่จากการเปิดตารางที่ 3.1 เพื่อใช้ประมาณค่า σ_o ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\overline{X}$ และ R ประกอบด้วย

แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$

ขีดจำกัดควบคุมบน	$UCL_{\overline{X}}$ =	$\overline{X}_o + A\sigma_o$
เส้นกึ่งกลาง	$CL_{\overline{X}}$ =	$\overline{X}_o$
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	$LCL_{\overline{X}}$ =	$\overline{X}_o - A\sigma_o$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิควบคุม R

ขีดจำกัดควบคุมบน	UCL_R	=	$D_2 \sigma o$
เส้นกึ่งกลาง	CL_R	=	$R o$
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	LCL_R	=	$D_1 \sigma o$

ค่าของ A , D_1 และ D_2 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3.1 ซึ่งค่าของ A , D_1 และ D_2 นี้จะขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

2. จากการสืบสวนหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พบว่า เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่ใช้ในการควบคุมปฏิกริยาการเกิด Polymerization เกิดความเบี่ยงเบนขึ้นในบางช่วงเท่านั้น ยกเว้นในวันที่ 29 - 07 - 1999 ได้มีการหยุดเครื่องจักรการผลิตในเวลา 12.00 - 17.00 น. เพื่อเปลี่ยนตะแกรงกรองสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในเนื้อ Polymer ออก ทำให้ไม่มีข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้การกระจายตัวของข้อมูลไม่อยู่ในสภาวะปกติแบบ Normol Distribution จึงสามารถตัดออกจากแผนภูมิควบคุมได้

3. เนื่องจากการทดสอบค่า Melt Flow Rate ได้มีการกำหนดค่า Specification ไว้ที่ 5.0 - 7.0 gm./ 10 min. ถ้าผลการทดสอบพบว่ามีค่าสูงหรือต่ำกว่า Specification แสดงว่า สินค้าในช่วงเวลาดังกล่าวไม่สามารถขายเป็นสินค้าปกติให้ลูกค้าได้ แต่เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมในวันที่ 31 - 07 - 1999 พบว่าค่า เส้นกึ่งกลาง , CL มีค่าเท่ากับ 4.2 ค่าขีดจำกัดควบคุมบน , UCL มีค่าเท่ากับ 4.6 และขีดจำกัดควบคุมล่าง , LCL มีค่าเท่ากับ 3.9 พิจารณาจุดที่พลอตลงไปพบว่า จุดอยู่ในขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง ซึ่งแสดงถึงว่ากระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุมได้ แต่เมื่อพิจารณาเทียบกับ Specifiation ที่ได้กำหนดไว้ ปรากฏว่าสินค้าที่ผลิตขึ้นนี้ไม่สามารถขายเป็นสินค้าปกติให้ลูกค้าได้ ดังนั้น จึงเห็นควรมีการนำเอา Specification ที่ได้กำหนดไว้มาพิจารณาร่วมกับแผนภูมิควบคุมที่ได้สร้างขึ้น โดยใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือชี้นำแนวทางหรือแนวโน้มที่จะส่งผลต่อคุณภาพของสินค้า

ดังนั้น สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว ดังภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก พบว่า

1). ในแต่ละวันมีการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก จำนวน 4 ครั้งต่อวันเท่านั้น ทำให้การพลอตจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเพื่อดูแนวโน้มของคุณภาพสินค้าได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น จึงเห็นสมควรรวมผลการทดสอบหลาย ๆ วันเข้าด้วยกัน เพื่อให้การพลอตจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเพื่อดูแนวโน้มของคุณภาพสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในที่นี้จะทำการรวมผลการทดสอบจำนวน 5 วันเข้าด้วยกันแล้วถึงทำการสร้างแผนภูมิขึ้นหนึ่งครั้ง

2). ในแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก พบว่าบางวันที่มีค่าออกนอกขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง ดังนั้น ต้องทำการปรับปรุงแผนภูมิควบคุม โดยการตัดทั้งจุดบนแผนภูมิควบคุม $\overline{\overline{X}}$ และแผนภูมิควบคุม $\overline{R}$ ที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมทั้ง 2 ออก แล้วทำการสร้างแผนภูมิขึ้นมาใหม่โดยอาศัยความสัมพันธ์ คือ

$$\overline{\overline{X}}' = \frac{\sum \overline{X} - \sum \overline{X}_d}{m - md}$$

$$\overline{R}' = \frac{\sum R - \sum R_d}{m - md}$$

เมื่อ $\overline{\overline{X}}'$ = เป็นค่าของ $\overline{\overline{X}}$ หลังปรับปรุง

$\overline{R}'$ = เป็นค่าของ $\overline{R}$ หลังปรับปรุง

$\sum \overline{X}$ = เป็นผลรวม $\overline{X}$ ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

$\sum \overline{X}_d$ = เป็นผลรวมของค่า $\overline{X}$ ที่ถูกตัดออก

$\sum R$ = เป็นผลรวม R ทั้งหมดก่อนปรับปรุง

$\sum R_d$ = เป็นผลรวมของค่า R ที่ถูกตัดออก

m = เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อนปรับปรุง

md = เป็นจำนวนตัวอย่างที่ถูกตัดออก

จากนั้น คำนวนค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ โดยกำหนดให้

$$\overline{X}_o = \overline{\overline{X}}'$$

$$R_o = \overline{R}'$$

และ $$\sigma_o = \frac{R_o}{d_2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ d_2 เป็นค่าคงที่จากการเปิดตารางที่ 3.1 เพื่อใช้ประมาณค่า σ_o ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{X}$ และ R ประกอบด้วย

แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$

ขีดจำกัดควบคุมบน	$UCL_{\bar{X}}$ =	$\bar{X}_o + A\sigma_o$
เส้นกึ่งกลาง	$CL_{\bar{X}}$ =	$\bar{X}_o$
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	$LCL_{\bar{X}}$ =	$\bar{X}_o - A\sigma_o$

แผนภูมิควบคุม R

ขีดจำกัดควบคุมบน	UCL_R =	$D_2\sigma_o$
เส้นกึ่งกลาง	CL_R =	R_o
ขีดจำกัดควบคุมล่าง	LCL_R =	$D_1\sigma_o$

ค่าของ A , D_1 และ D_2 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3.1 ซึ่งค่าของ A , D_1 และ D_2 นี้จะขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

3. จากการสืบสวนหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พบว่า เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่ใช้ในการควบคุมปฏิกริยาการเกิด Polymerization เกิดความเบี่ยงเบนขึ้นในบางช่วงเท่านั้น ยกเว้นในวันที่ 29 - 07 - 1999 ได้มีการหยุดเครื่องจักรการผลิตในเวลา 12.00 - 17.00 น. เพื่อเปลี่ยนตะแกรงกรองสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในเนื้อ Polymer ออก ทำให้ไม่มีข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้การกระจายตัวของข้อมูลไม่อยู่ในสภาวะปกติแบบNormol Distribution จึงสามารถตัดออกจากแผนภูมิควบคุมได้

4. เนื่องจากการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง ได้มีการกำหนดค่า Specification ไว้ที่ > 220 kg./ cm^2 และการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก ได้มีการกำหนดค่า Specification ไว้ที่ > 7.8 kg.cm./cm. ถ้าผลการทดสอบพบว่ามีค่าสูงหรือต่ำกว่า Specification แสดงว่า สินค้าในช่วงเวลาดังกล่าวไม่สามารถขายเป็นสินค้าปกติให้ลูกค้าได้ดังนั้น จึงเห็นควรมีการนำเอา Specification ที่ได้กำหนดไว้มาพิจารณาร่วมกับแผนภูมิควบคุมที่ได้สร้างขึ้น โดยใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือชี้นำแนวทางหรือแนวโน้มที่จะส่งผลต่อคุณภาพของสินค้า

ดังนั้น สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว ดังภาคผนวก ง. และแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว ดังภาคผนวก จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทำแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบทั้ง 3 ชนิดอันได้แก่

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล
2. แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง
3. แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก

พบว่า

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก มีความสัมพันธ์กับแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล กล่าวคือ เมื่อผลการทดสอบค่าดัชนีการไหล อยู่ในการควบคุม ผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก ก็จะอยู่ในการควบคุมด้วยเช่นกัน ดังนั้นสามารถที่จะตัดการทำแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบของทั้ง 2 ค่าออกได้ แล้วทำแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล เพียงแผนภูมิเดียว เนื่องจากการทดสอบค่า ดัชนีการไหล มีการทำการทดสอบทุก ๆ ชั่วโมง ทำให้การติดตามคุณภาพของสินค้าและการควบคุมกระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่า

2. เนื่องจากข้อกำหนด (Specification) ของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง กำหนดไว้ที่ > 220 $kg./cm^2$ และ จากข้อกำหนด (Specification) ของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก กำหนดไว้ที่ > 8.7 kg.cm./cm. ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาขีดจำกัดควบคุมบน , UCL และเส้นกึ่งกลาง , CL ได้

3. จากการทำแผนภูมิควบคุมจะให้ผลดีที่สุดคือการทำให้เป็นปัจจุบันมากที่สุด ไม่ใช้เป็นการทำแผนภูมิควบคุมเพื่อเป็นเพียงรายงานเท่านั้น ดังนั้น สามารถสร้างขีดจำกัดควบคุมทั้ง 3 เส้นไว้ล่วงหน้าได้ โดยการอาศัยข้อมูลที่ทำการศึกษามาแล้วหาค่าเฉลี่ยของขีดจำกัดควบคุมทั้ง 3 เส้นได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chart Type	$\bar{\bar{X}}$ - Chart			$\bar{R}$ - Chart		
Date	CLx	UCLx	LCLx	CLR	UCLR	LCLR
15 - 07 - 1999	5.5	6.1	4.9	0.2	0.7	0.0
16 - 07 - 1999	5.5	5.9	5.1	0.1	0.5	0.0
17 - 07 - 1999	6.4	7.0	5.9	0.2	0.7	0.0
18 - 07 - 1999	6.5	7.0	6.0	0.2	0.6	0.0
19 - 07 - 1999	6.4	6.8	6.0	0.1	0.5	0.0
20 - 07 - 1999	6.1	6.5	5.6	0.2	0.6	0.0
21 - 07 - 1999	5.5	6.0	5.1	0.2	0.5	0.0
22 - 07 - 1999	5.5	6.0	5.1	0.2	0.5	0.0
23 - 07 - 1999	5.6	6.3	5.0	0.3	0.8	0.0
24 - 07 - 1999	5.7	6.2	5.1	0.2	0.7	0.0
25 - 07 - 1999	5.6	5.9	5.2	0.1	0.4	0.0
26 - 07 - 1999	5.7	6.1	5.3	0.2	0.5	0.0
27 - 07 - 1999	5.5	5.9	5.1	0.2	0.5	0.0
28 - 07 - 1999	5.5	6.0	5.0	0.2	0.7	0.0
29 - 07 - 1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30 - 07 - 1999	5.2	5.8	4.7	0.2	0.7	0.0
31 - 07 - 1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01 - 08 - 1999	5.2	5.7	4.6	0.2	0.7	0.0
02 - 08 - 1999	5.3	5.7	5.0	0.1	0.4	0.0
03 - 08 - 1999	6.3	6.6	5.9	0.1	0.4	0.0
04 - 08 - 1999	5.9	6.6	5.3	0.3	0.8	0.0
05 - 08 - 1999	6.0	6.4	5.7	0.1	0.4	0.0
06 - 08 - 1999	5.8	6.5	5.1	0.3	0.8	0.0
07 - 08 - 1999	5.6	6.1	5.1	0.2	0.6	0.0
08 - 08 - 1999	5.6	5.9	5.2	0.1	0.5	0.0
09 - 08 - 1999	5.8	6.5	5.0	0.3	1.0	0.0
10 - 08 - 1999	5.5	6.1	5.0	0.2	0.7	0.0
11 - 08 - 1999	5.4	5.9	4.9	0.2	0.6	0.0
12 - 08 - 1999	6.1	6.9	5.3	0.3	1.0	0.0
13 - 08 - 1999	5.8	6.7	4.9	0.3	1.1	0.0
Average	5.7	6.3	5.2	0.2	0.6	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิการทดสอบค่าดัชนีการไหล คือ

แผนภูมิควบคุม $\overline{\overline{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}}$	=	6.3
เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}}$	=	5.7
ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}}$	=	5.2

แผนภูมิควบคุม $\bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมบน UCL_R	=	0.6
เส้นกึ่งกลาง CL_R	=	0.2
ขีดจำกัดควบคุมล่าง LCL_R	=	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง หาได้ดังนี้

Chart Type	$\overline{\overline{X}}$ - Chart			$\overline{R}$ - Chart		
Date	CLx	UCLx	LCLx	CLR	UCLR	LCLR
15 - 19 / 07 / 1999	232	241	222	4	12	0
20 - 24 / 07 / 1999	231	241	220	4	13	0
25 - 29 / 07 / 1999	233	250	216	6	21	0
30 - 03 / 07 / 1999	239	249	229	4	12	0
04 - 08 / 08 / 1999	236	247	225	4	14	0
09 - 13 / 08 / 1999	238	256	220	7	23	0
Average	235	247	222	5	16	0

ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิการทดสอบ คือ

แผนภูมิควบคุม $\overline{\overline{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}}$ = 247

เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}}$ = 235

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}}$ = 222

แผนภูมิควบคุม $\overline{R}$

ขีดจำกัดควบคุมบน UCL_R = 16

เส้นกึ่งกลาง CL_R = 5

ขีดจำกัดควบคุมล่าง LCL_R = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก หาได้ดังนี้

Chart Type	$\bar{\bar{X}}$ - Chart			$\bar{R}$ - Chart		
Date	CLx	UCLx	LCLx	CLR	UCLR	LCLR
15 - 19 / 07 / 1999	9.6	10.7	8.4	0.4	1.4	0.0
20 - 24 / 07 / 1999	9.5	10.8	8.2	0.5	1.6	0.0
25 - 29 / 07 / 1999	9.9	11.2	8.6	0.5	1.6	0.0
30 - 03 / 07 / 1999	9.4	11.3	7.5	0.7	2.3	0.0
04 - 08 / 08 / 1999	9.5	10.5	8.4	0.4	1.3	0.0
09 - 13 / 08 / 1999	9.5	10.7	8.4	0.4	1.4	0.0
Average	9.6	10.9	8.3	0.5	1.6	0.0

ดังนั้น ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิการทดสอบ Izod Impact 1/4" คือ

แผนภูมิควบคุม $\bar{\bar{X}}$

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL_{\bar{x}}$ = 10.9

เส้นกึ่งกลาง $CL_{\bar{x}}$ = 9.6

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL_{\bar{x}}$ = 8.3

แผนภูมิควบคุม $\bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมบน UCL_R = 1.6

เส้นกึ่งกลาง CL_R = 0.5

ขีดจำกัดควบคุมล่าง LCL_R = 0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาขีดจำกัดควบคุมทั้ง 3 เส้น สามารถนำไปสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบทั้ง 3 ชนิดล่วงหน้าอันได้แก่

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล

2.แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง

3.แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก

ทำให้การติดตามคุณภาพของสินค้าและการควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุมเป็นไปอย่างทันเหตุการณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากการนำไปใช้ในการติดตามกระบวนการผลิตเป็นเวลา 10 วัน โดยเริ่มในวันที่ 16 ถึง-25 ตุลาคม 1999 ให้ผลเป็นไปตามรายละเอียดของข้อมูลและแผนภูมิควบคุมดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In Process Line Testing Result

Date		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
16-10-99	Melt Flow Rate	6.3	6.0	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.1	6.7	6.3	6.3	6.6	6.7	6.5	6.3	5.9	6.3	5.9	5.7	6.7	5.7	5.8	5.5	5.9
	Tensile Strength at Yield	242	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-	228	-	-	-	-	-	232	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.5	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-
17-10-99	Melt Flow Rate	5.7	5.9	5.9	5.7	5.9	5.9	6.1	6.2	5.8	6.0	6.1	6.1	5.6	5.9	5.7	5.7	5.7	5.5	5.9	5.9	6.0	5.9	6.0	5.7
	Tensile Strength at Yield	234	-	-	-	-	-	222	-	-	-	-	-	228	-	-	-	-	-	246	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.3	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-	9.8	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-
18-10-99	Melt Flow Rate	5.8	5.9	5.8	5.7	5.9	5.6	5.7	5.6	5.3	5.2	5.1	5.2	5.0	5.6	5.5	5.5	5.8	6.0	6.2	6.2	6.3	6.0	6.3	6.8
	Tensile Strength at Yield	245	-	-	-	-	-	239	-	-	-	-	-	245	-	-	-	-	-	248	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.2	-	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-
19-10-99	Melt Flow Rate	6.2	6.5	6.0	6.0	6.2	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.8	6.3	6.5	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	6.3	6.2	6.2	6.5	5.8	6.1
	Tensile Strength at Yield	242	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-	239	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.1	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-
20-10-99	Melt Flow Rate	5.9	6.3	6.2	6.8	6.8	6.9	6.8	6.6	6.2	6.7	6.5	6.2	6.3	6.3	5.9	6.3	6.1	6.2	6.4	6.0	6.2	6.8	6.3	6.3
	Tensile Strength at Yield	240	-	-	-	-	-	239	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-	242	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.8	-	-	-	-	-	10.3	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-
21-10-99	Melt Flow Rate	6.1	6.4	6.8	7.0	6.3	6.1	6.4	6.3	6.7	6.7	6.8	6.6	6.8	7.0	6.8	6.3	6.7	6.5	6.6	6.4	6.2	6.1	6.2	6.0
	Tensile Strength at Yield	239	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.0	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	8.7	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-
22-10-99	Melt Flow Rate	6.2	5.9	5.9	5.7	5.6	5.3	5.7	5.6	5.5	5.8	5.5	5.6	5.8	5.6	6.0	6.0	5.8	6.2	6.2	6.3	6.0	6.0	6.3	5.9
	Tensile Strength at Yield	234	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-	245	-	-	-	-	-	247	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.3	-	-	-	-	-	9.7	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-
23-10-99	Melt Flow Rate	6.6	6.8	6.7	6.5	5.9	6.5	6.3	6.7	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.3	6.4	6.6	6.3	6.8	7.0	6.5	6.5	6.4	6.3	6.2
	Tensile Strength at Yield	239	-	-	-	-	-	235	-	-	-	-	-	228	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.1	-	-	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-
24-10-99	Melt Flow Rate	6.2	6.4	6.2	6.5	6.4	6.5	6.7	6.5	6.8	6.7	6.7	6.7	6.3	6.7	6.5	6.1	6.5	6.2	6.2	6.3	6.7	6.4	6.1	6.4
	Tensile Strength at Yield	229	-	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-	233	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	9.2	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	9.1	-	-	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-
25-10-99	Melt Flow Rate	6.2	5.9	6.0	6.4	6.0	6.3	6.1	6.0	6.2	6.2	6.0	6.5	6.3	6.0	5.9	6.2	5.8	6.2	6.2	6.0	6.1	6.1	6.4	6.1
	Tensile Strength at Yield	242	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-	256	-	-	-	-	-	268	-	-	-	-	-
	Izod Impact 1/4"	10.0	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหลระหว่างวันที่ 16 ถึง 25 ตุลาคม 1999 แสดงได้ดังต่อไปนี้

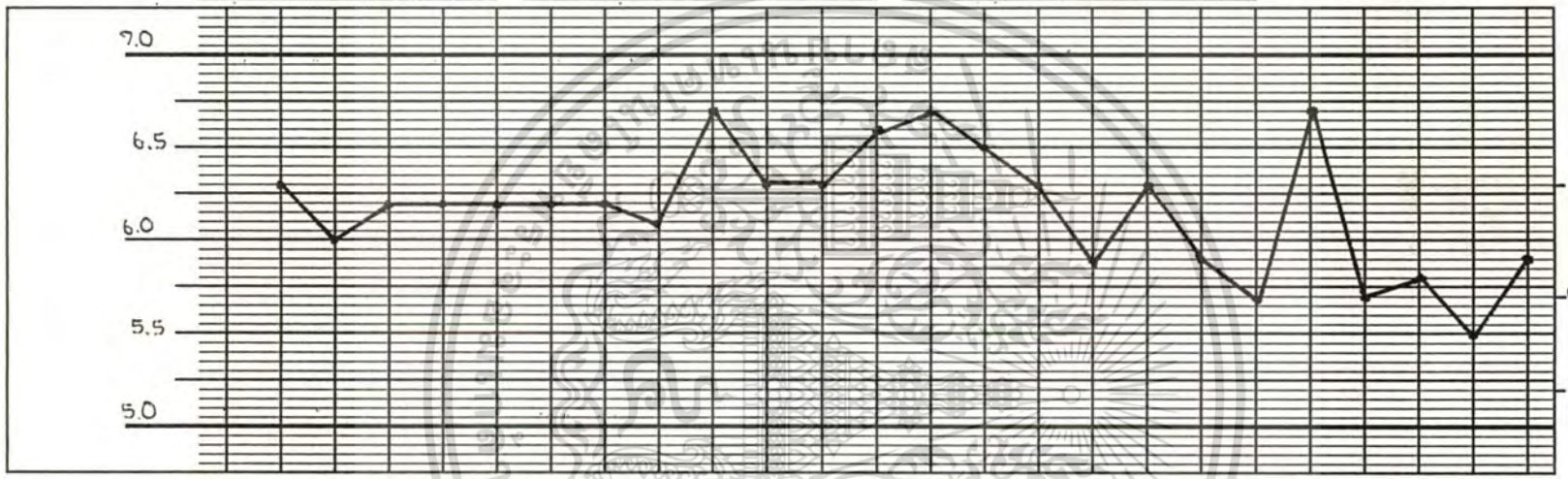
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

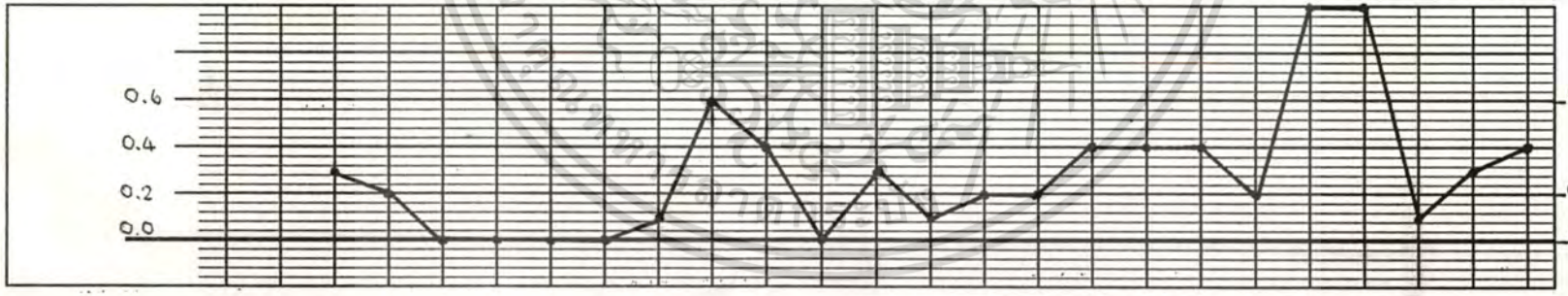
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	001/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	16-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	16-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.3	6.0	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.1	6.7	6.3	6.3	6.6	6.7	6.5	6.3	5.9	6.3	5.9	5.7	6.7	5.7	5.8	5.5	5.9
Moving Range		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.4	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	1.0	1.0	0.1	0.3	0.4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

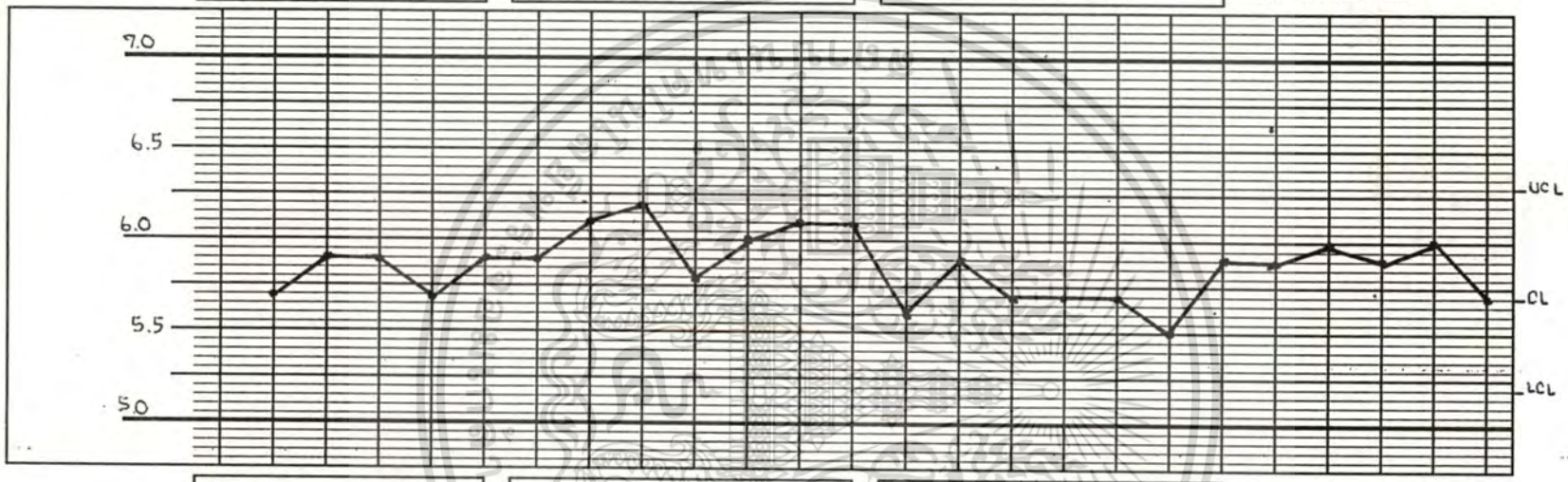
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	002/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	17-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

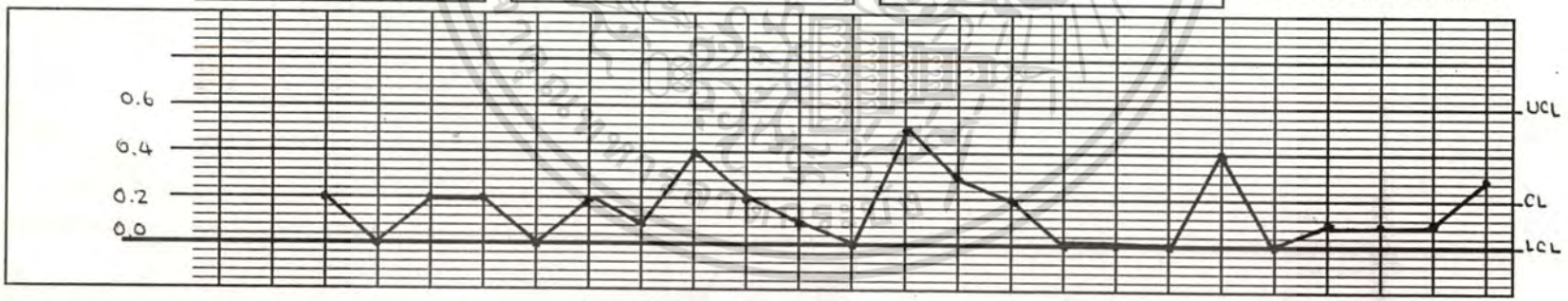
CL = Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	17-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	5.7	5.9	5.9	5.7	5.9	5.9	6.1	6.2	5.8	6.0	6.1	6.1	5.6	5.9	5.7	5.7	5.7	5.5	5.9	5.9	6.0	5.9	6.0	5.7
Moving Range		0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.0	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

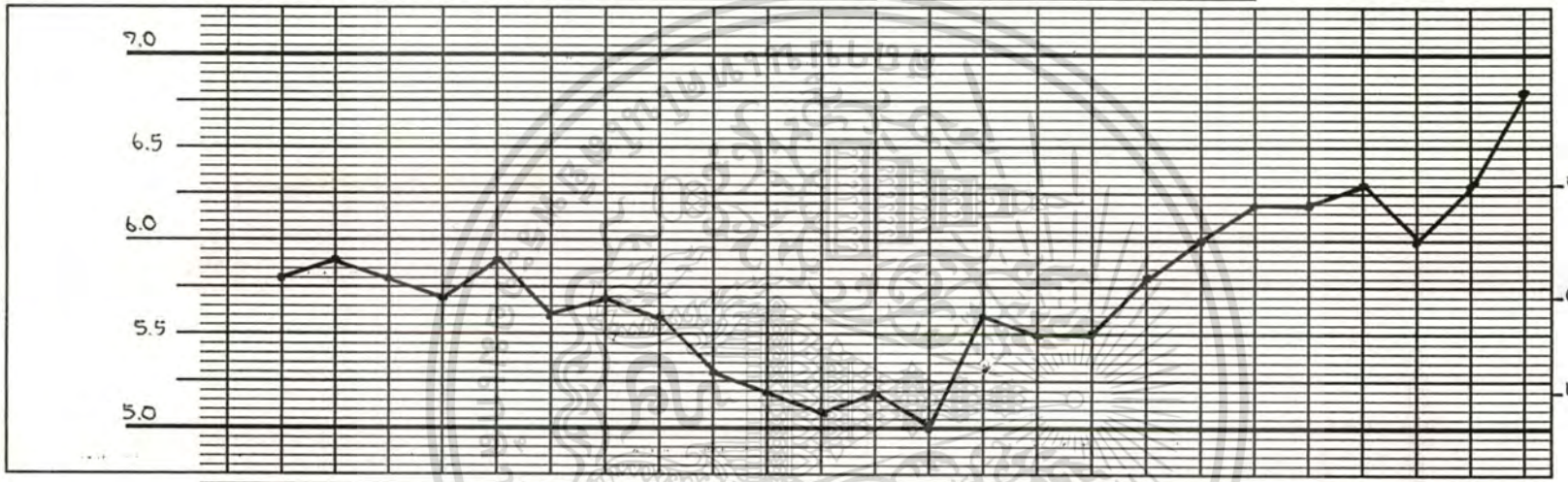
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	003/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	18-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	18-10-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate		5.8	5.9	5.8	5.7	5.9	5.6	5.7	5.6	5.3	5.2	5.1	5.2	5.0	5.6	5.5	5.5	5.8	6.0	6.2	6.2	6.3	6.0	6.3	6.8	
Moving Range			0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5	

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

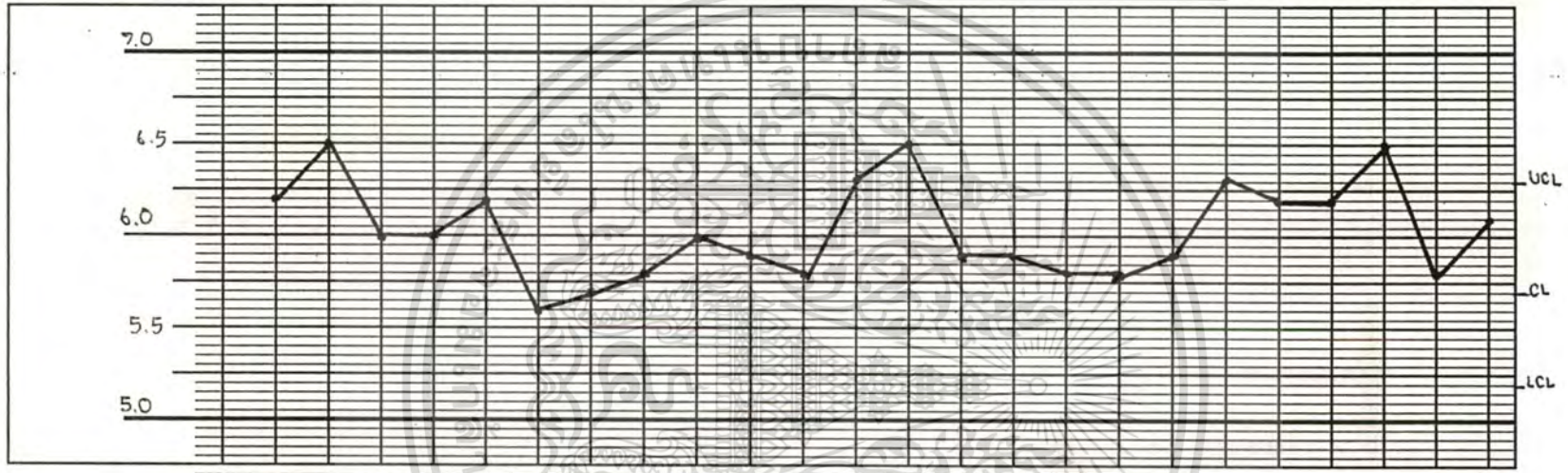
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	004/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	19-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4R = 0.6 | LCL = D3R = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	19-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.2	6.5	6.0	6.0	6.2	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.8	6.3	6.5	5.9	5.9	5.8	5.8	5.9	6.3	6.2	6.2	6.5	5.8	6.1
Moving Range		0.3	0.5	0.0	0.2	0.6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	0.2	0.6	0.0	0.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.3	0.7	0.3

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

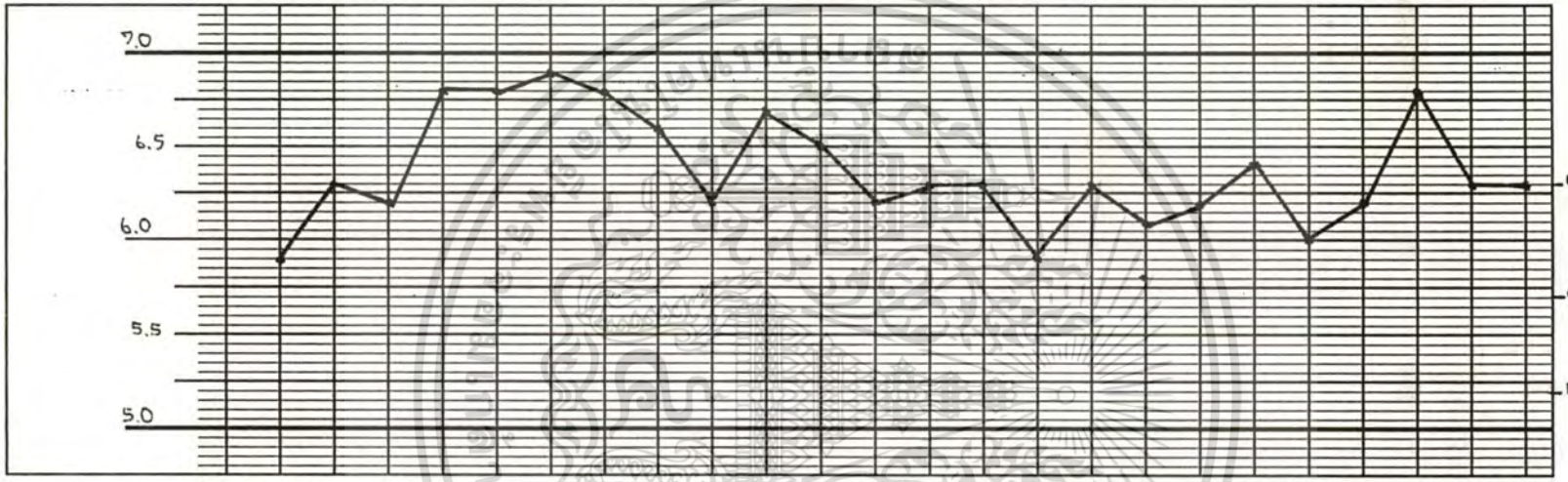
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	005/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	20-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average $\bar{R}$ = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	20-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	5.9	6.3	6.2	6.8	6.8	6.9	6.8	6.6	6.2	6.7	6.5	6.2	6.3	6.3	5.9	6.3	6.1	6.2	6.4	6.0	6.2	6.8	6.3	6.3
Moving Range		0.4	0.1	0.6	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.3	0.1	0.0	0.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.6	0.5	0.0

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

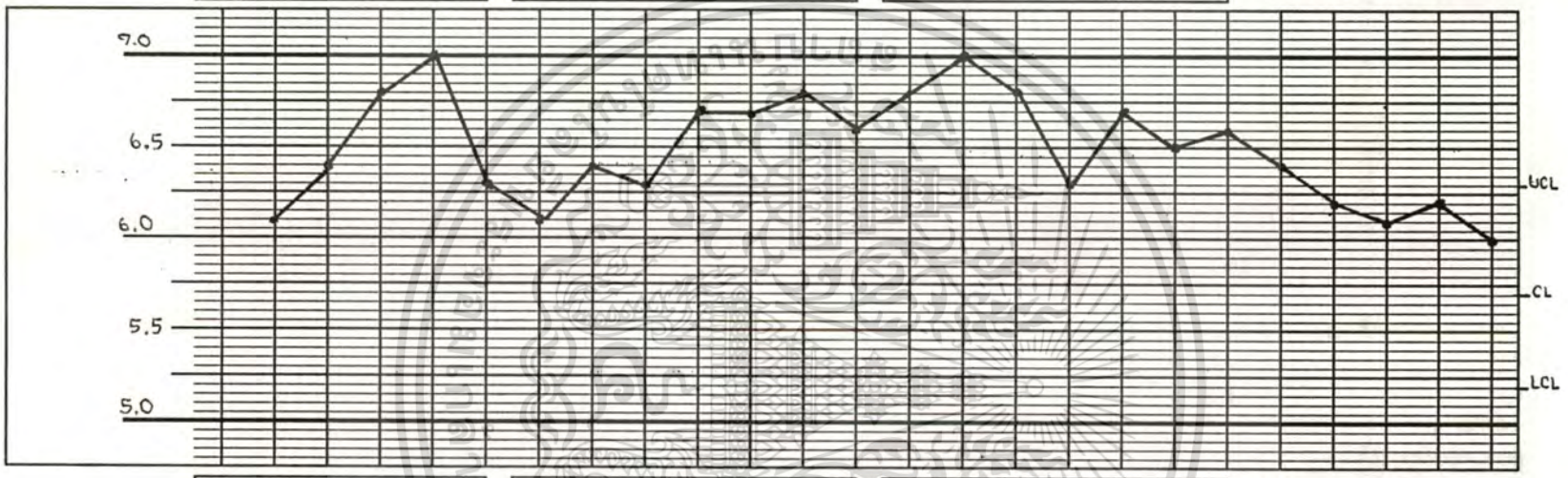
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	006/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	21-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

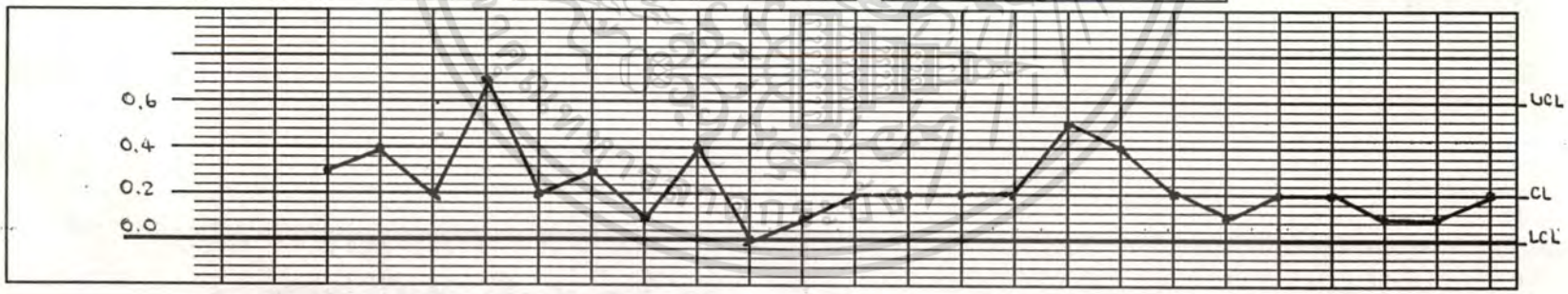
CL = Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	21-10-1999																								
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.1	6.4	6.8	7.0	6.3	6.1	6.4	6.3	6.7	6.7	6.8	6.6	6.8	7.0	6.8	6.3	6.7	6.5	6.6	6.4	6.2	6.1	6.2	6.0
Moving Range		0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.3	0.1	0.4	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2

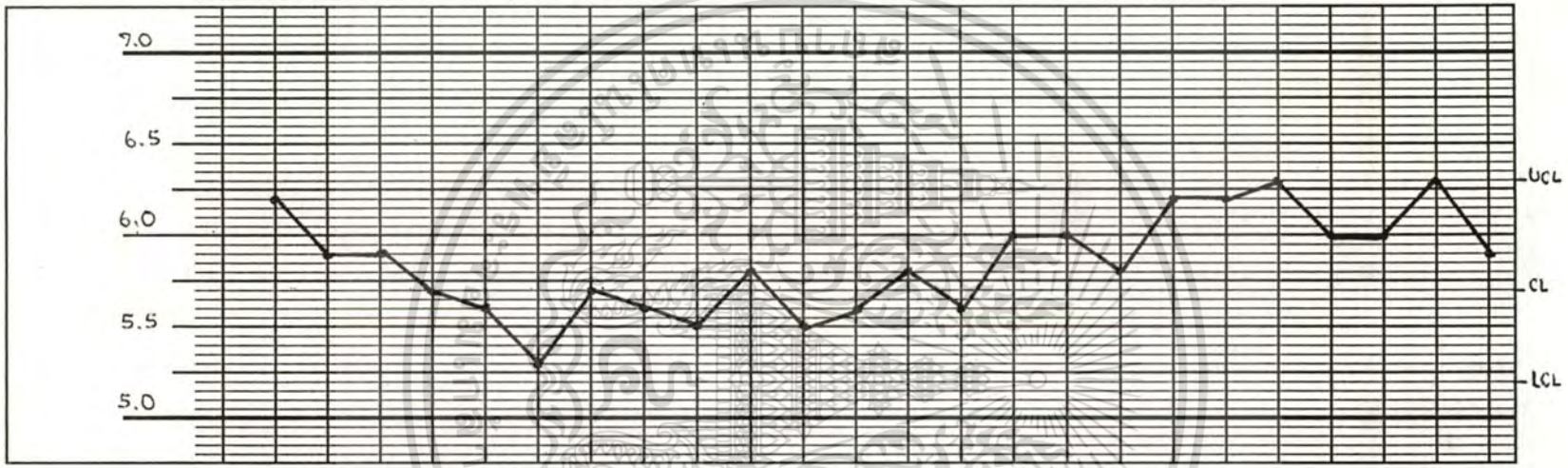
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

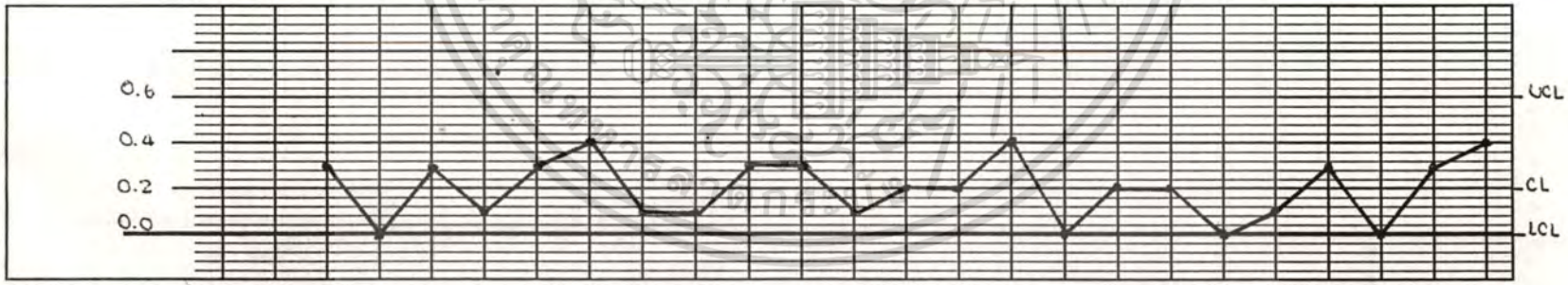
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	007/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	22-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	22-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.2	5.9	5.9	5.7	5.6	5.3	5.7	5.6	5.5	5.8	5.5	5.6	5.8	5.6	6.0	6.0	5.8	6.2	6.2	6.3	6.0	6.0	6.3	5.9
Moving Range		0.3	0.0	0.3	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.3	0.0	0.3	0.4

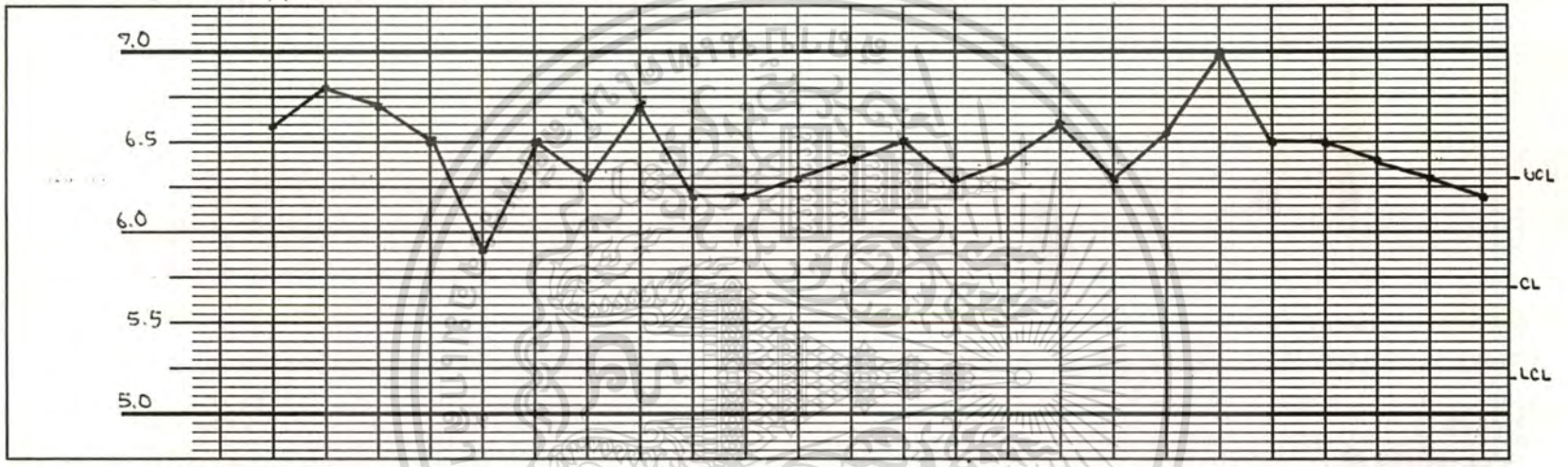
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

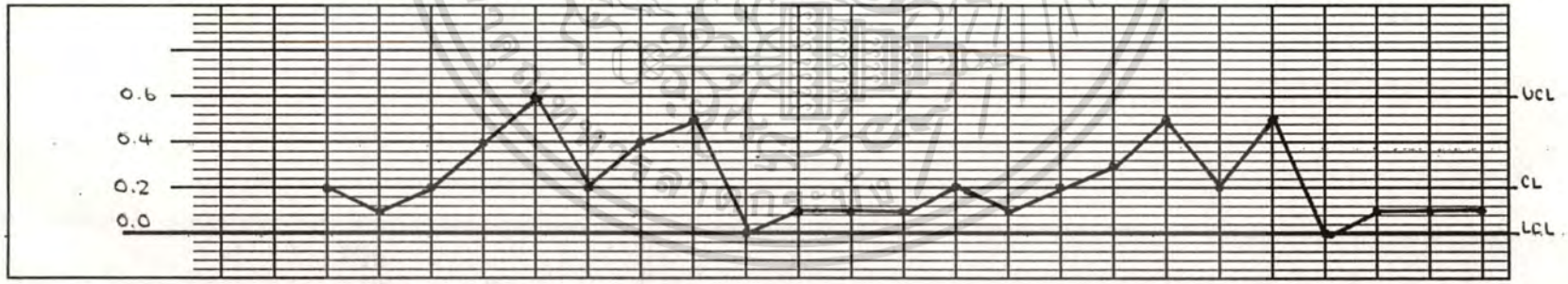
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	008/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	23-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	23-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.6	6.8	6.7	6.5	5.9	6.5	6.3	6.7	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.3	6.4	6.6	6.3	6.8	7.0	6.5	6.5	6.4	6.3	6.2
Moving Range		0.2	0.1	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

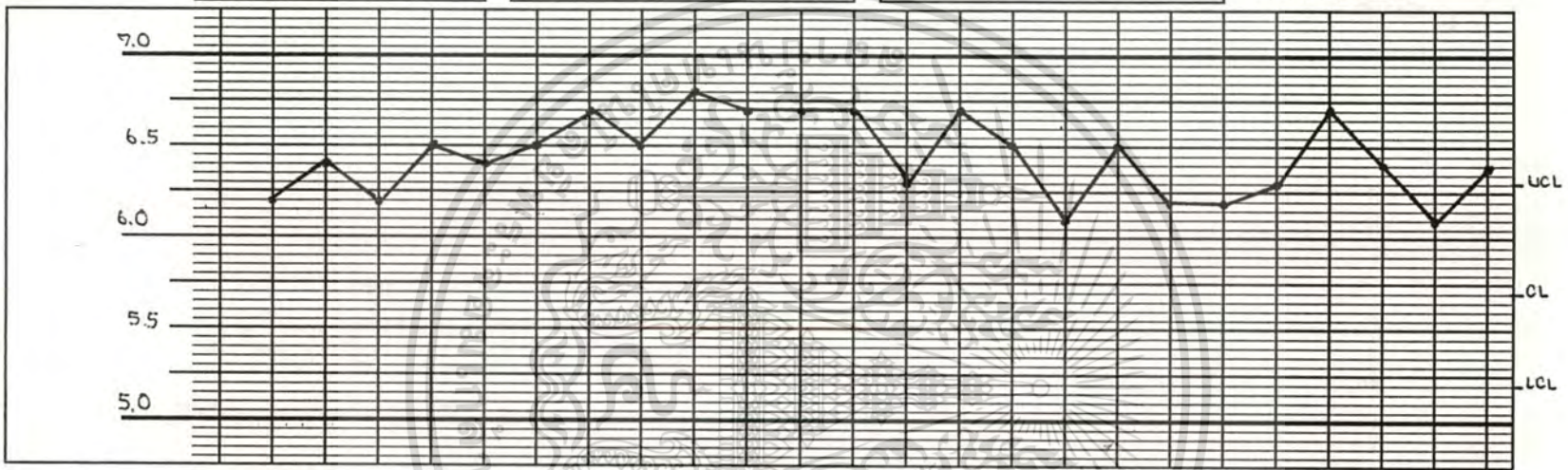
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	009/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	24-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	24-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.2	6.4	6.2	6.5	6.4	6.5	6.7	6.5	6.8	6.7	6.7	6.7	6.3	6.7	6.5	6.1	6.5	6.2	6.2	6.3	6.7	6.4	6.1	6.4
Moving Range		0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.0	0.1	0.4	0.3	0.3	0.3

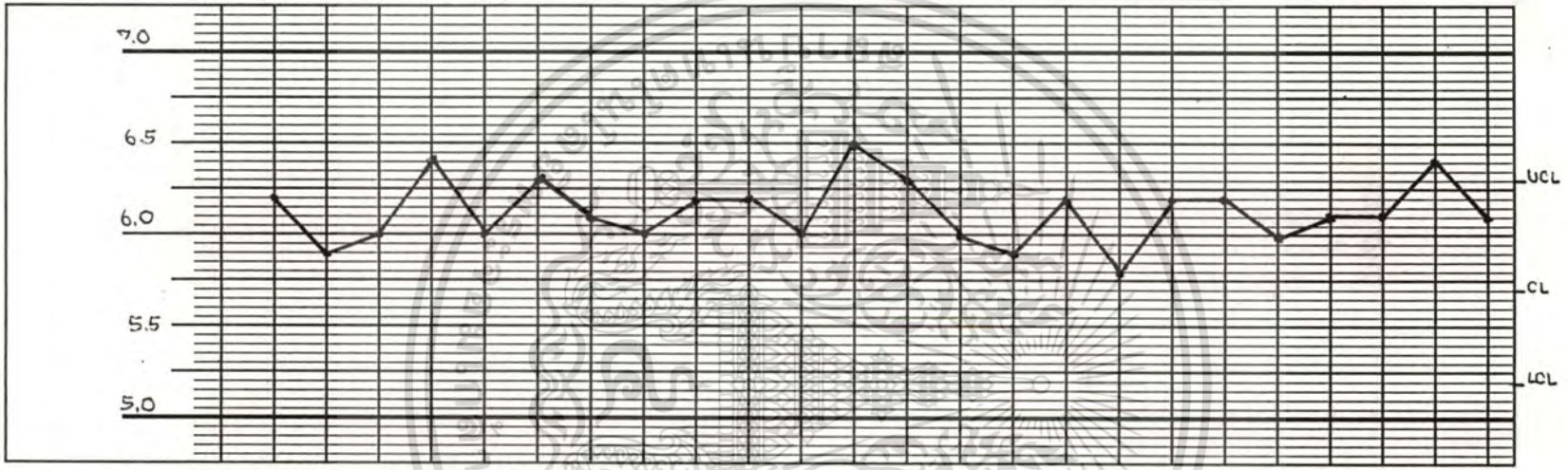
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

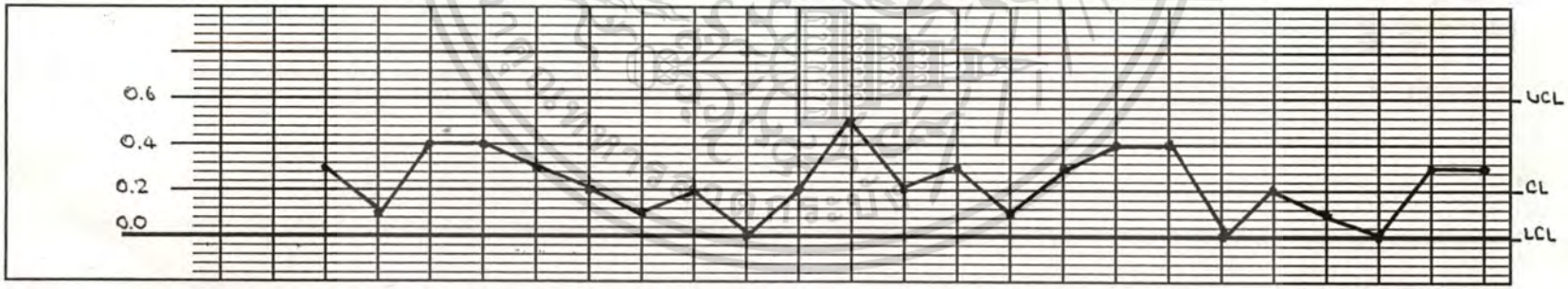
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	010/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	25-10-1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	25-10-1999																							
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00
Melt Flow Rate	6.2	5.9	6.0	6.4	6.0	6.3	6.1	6.0	6.2	6.2	6.0	6.5	6.3	6.0	5.9	6.2	5.8	6.2	6.2	6.0	6.1	6.1	6.4	6.1
Moving Range		0.3	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.5	0.2	0.3	0.1	0.3	0.4	0.4	0.0	0.2	0.1	0.0	0.3	0.3

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึงระหว่างวันที่ 16 ถึง 25 ตุลาคม 1999 แสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

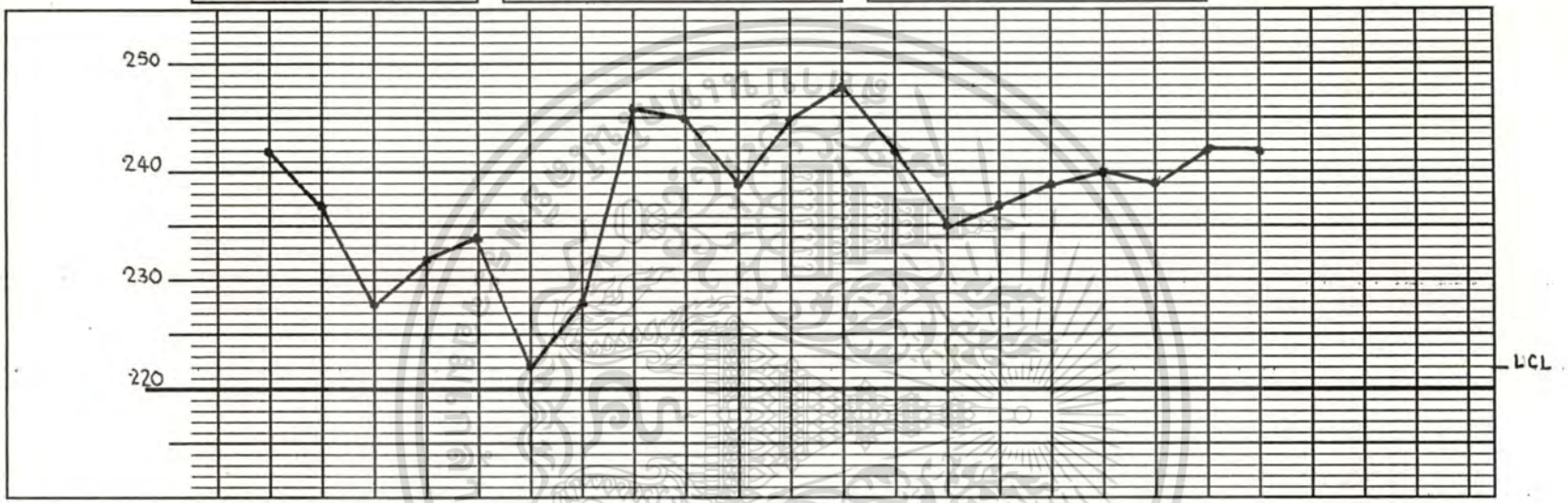
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	001/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	16-20/10/1999	Tensile Strength Tester	> 220	$kg.\ cm^2$

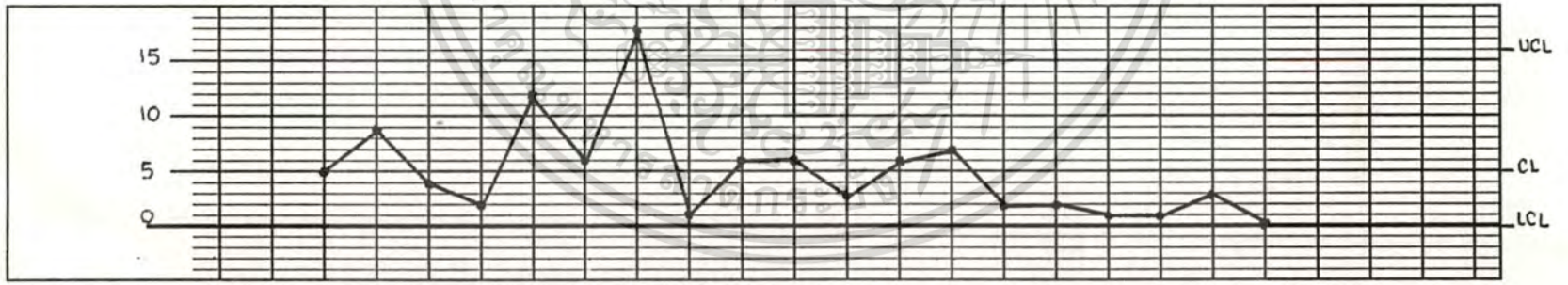
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 235 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 247 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 222

INDIVIDUALS CHART



CL = Average $\bar{R}$ = 5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 16 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	16-10-1999				17-10-1999				18-10-1999				19-10-1999				20-10-1999							
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00				
Tensile Strength at Yield	242	237	228	232	234	222	228	246	245	239	245	248	242	235	237	239	240	239	242	242				
Moving Range		5	9	4	2	12	6	18	1	6	6	3	6	7	2	2	1	1	3	0				

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

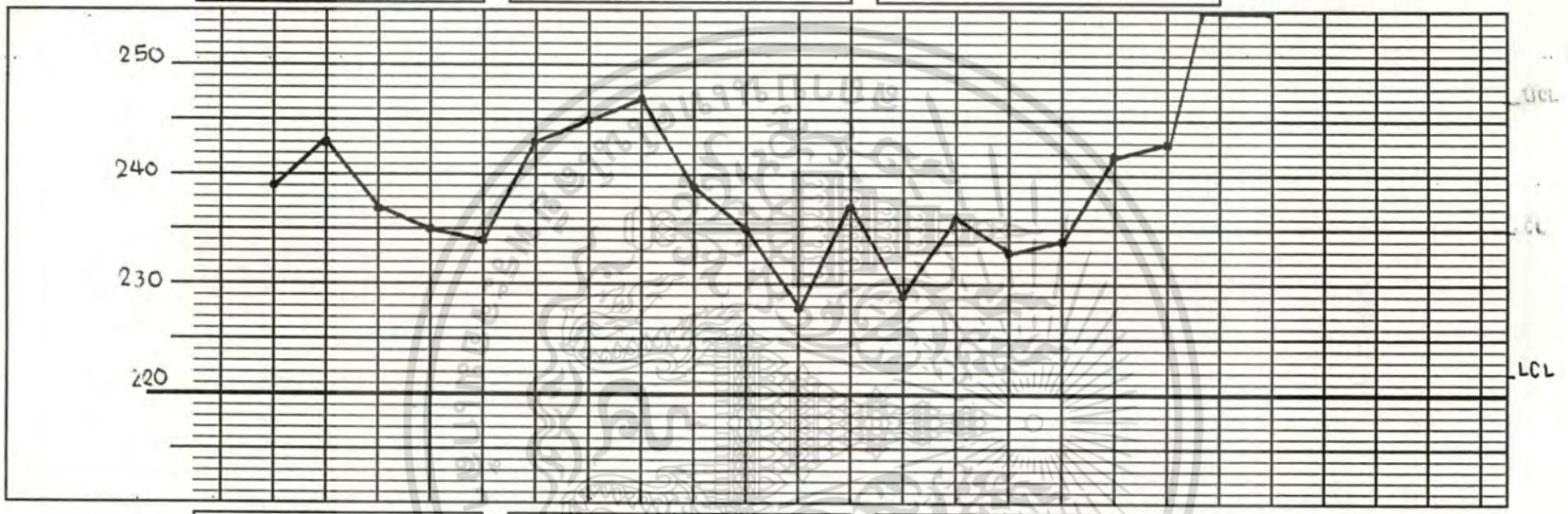
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	002/199
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	21-20/10/1999	Tensile Strength Tester	> 220	$kg.\ cm^2$

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 235 | UCL = $\bar{\bar{X}} + E2\bar{R}$ = 247 | LCL = $\bar{\bar{X}} - E2\bar{R}$ = 222

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 5 | UCL = D4R = 16 | LCL = D3R = 0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	21-10-1999				22-10-1999				23-10-1999				24-10-1999				25-10-1999							
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00				
Tensile Strength at Yield	239	243	237	235	234	243	245	247	239	235	228	237	229	236	233	234	242	243	256	268				
Moving Range		4	6	2	1	9	2	2	8	4	7	9	8	7	3	1	8	1	13	12				

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

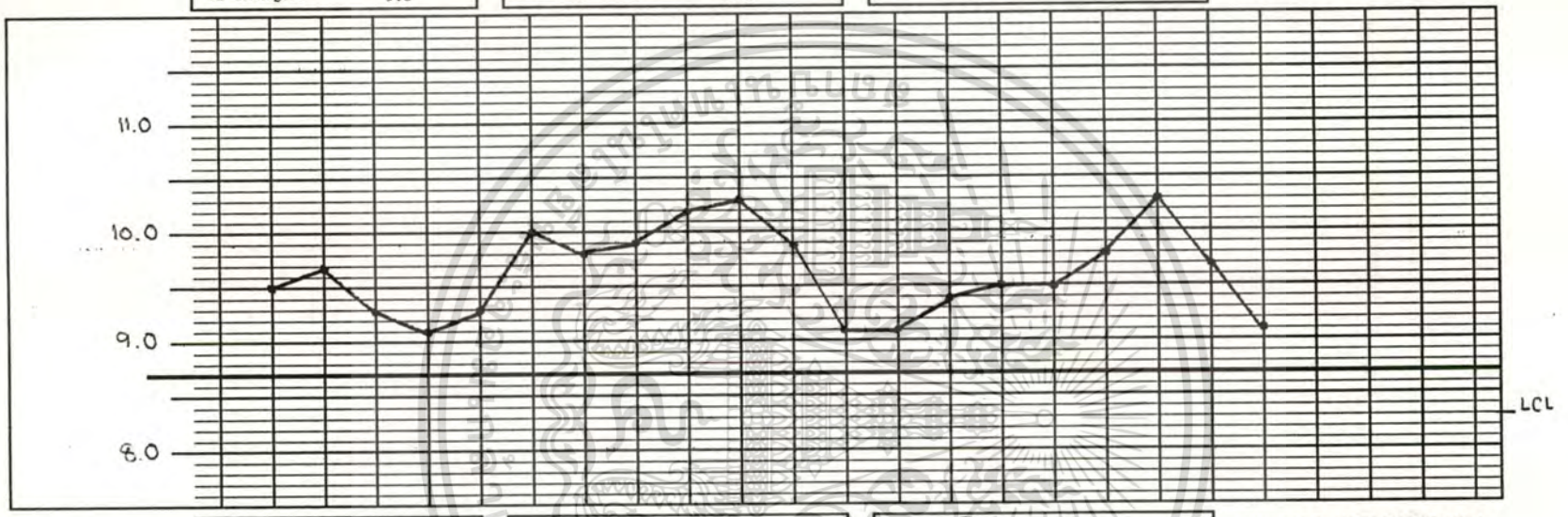
แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทกระหว่างวันที่ 16 ถึง 25 ตุลาคม 1999 แสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4" X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	001/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	16-20/10/1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.6 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.9 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.3 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	16-10-1999				17-10-1999				18-10-1999				19-10-1999				20-10-1999							
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00				
Izod Impact 1/4"	9.5	9.7	9.3	9.1	9.3	10.0	9.8	9.9	10.2	10.3	9.9	9.1	9.1	9.4	9.5	9.5	9.8	10.3	9.7	9.1				
Moving Range		0.2	0.4	0.2	0.2	0.7	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.8	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	0.5	0.6	0.6				

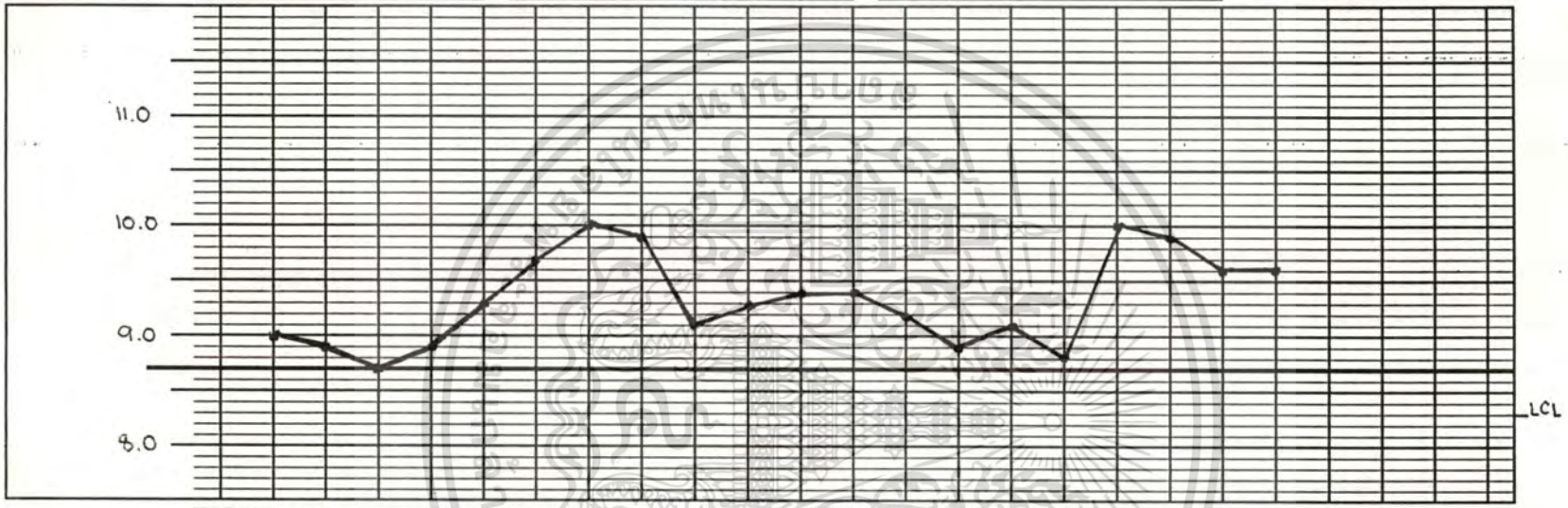
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

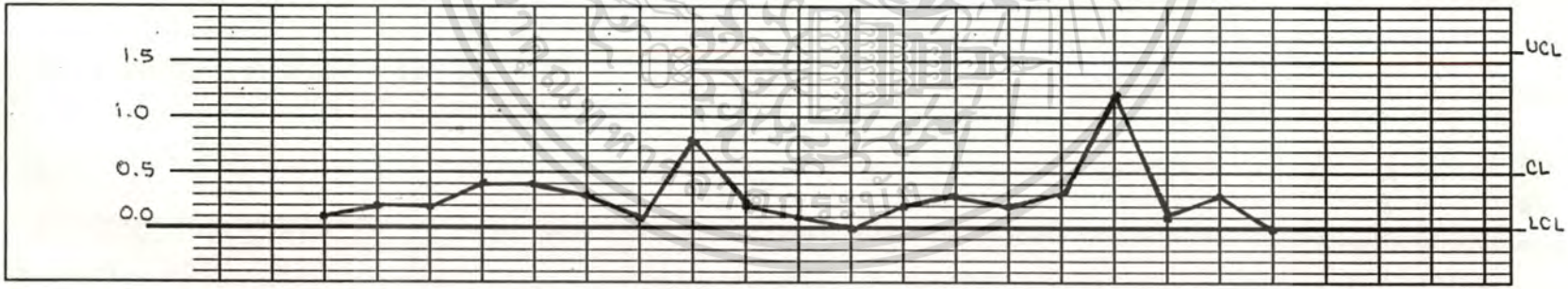
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	002/1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	21-25/10/1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.6 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.9 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.3 | **INDIVIDUALS CHART**



CL = Average R = 0.5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | **MOVING RANGES (MR CHART)**



DATE	21-10-1999				22-10-1999				23-10-1999				24-10-1999				25-10-1999							
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00				
Izod Impact 1/4"	9.0	8.9	8.7	8.9	9.3	9.7	10.0	9.9	9.1	9.3	9.4	9.4	9.2	8.9	9.1	8.8	10.0	9.9	9.6	9.6				
Moving Range		0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	0.8	0.2	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.3	1.2	0.1	0.3	0.0				

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

บทที่ 5
บทสรุป

แผนภูมิควบคุมสามารถนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ขั้นตอนในการควบคุมการผลิตนั้น มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกคุณลักษณะที่จะใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต

กำหนดขอบเขตของสิ่งที่จะใช้เป็นเป้าหมายและหัวข้อหรือรายละเอียดในการควบคุมกระบวนการผลิตนั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดจำนวนตัวอย่างและความถี่ห่างในการเก็บข้อมูล

จำนวนตัวอย่างที่จะทำการเก็บ ขึ้นอยู่กับชนิดของแผนภูมิควบคุม ปริมาณการผลิตของกระบวนการ และค่าใช้จ่ายในการเก็บและทดสอบตัวอย่าง แนวทางในการกำหนดจำนวนตัวอย่างประกอบไปด้วย

1. จำนวนตัวอย่างที่มากจะทำให้ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างอยู่ใกล้เส้นกึ่งกลาง
2. จำนวนตัวอย่างที่มากทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง
3. การทดสอบที่ทำให้ชิ้นงานถูกทำลายไป จำนวนตัวอย่างไม่ควรใช้มาก

ขั้นตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้โดยใช้ตารางจดบันทึก โดยพนักงานควบคุมเครื่องจักรหรือพนักงานควบคุมกระบวนการผลิต

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการวิเคราะห์

รวบรวมข้อมูลจำนวนหนึ่งมาจัดสร้างเป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 5 เขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุมและวินิจฉัยสภาพของกระบวนการผลิต

พิจารณาการเรียงตัวของจุด วินิจฉัยว่ากระบวนการผลิตอยู่ในสภาพที่ควบคุมได้ดีหรือไม่

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม

หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ให้ค้นหาและขจัดสาเหตุนั้นให้หมดสิ้นไป ทำให้กระบวนการผลิตอยู่ในสภาพที่ควบคุมได้ดี หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นให้ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ความรู้ทางด้านเทคนิค QC ฯลฯ ค้นหาสาเหตุของความเบี่ยงเบนหรือสาเหตุที่ทำให้มีจุดเรียงตัวอยู่นอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดควบคุม วางมาตรฐานในการดำเนินการผลิตเพื่อป้องกันมิให้เกิดขึ้นอีก (corrective and Preventive Action)

ขั้นตอนที่ 7 สร้างแผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการควบคุม

สภาพที่มีเสถียรนั้น สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในข้อกำหนดเฉพาะได้ ให้จัดแผนภูมิ 'ควบคุมที่ใช้ในการควบคุม โดยลากเส้นพิกัดควบคุมในแผนภูมิให้ยาวออกไป

จากการนำเทคนิคแผนภูมิควบคุมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน สามารถสรุปแนวทางในการใช้ได้ดังต่อไปนี้

1. เทคนิค Statistical Process Control ; SPC สามารถใช้ในการตรวจ ติดตาม และควบคุมกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ ต้องนำเอา'ข้อกำหนดของการตรวจสอบ (Specification) ของแต่ละรายการทดสอบมาใช้ในการตัดสินใจด้วย โดยมีการใช้เทคนิค Statistical Process Control ; SPC มาเป็นเครื่องชี้นำแนวทางหรือชี้นำแนวโน้มในการตรวจ ติดตาม ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
2. จากการตรวจสอบค่าต่าง ๆ ทั้ง 3 รายการ อันได้แก่ การทดสอบค่าดัชนีการไหล Melt Flow Rate ; Mfr. การทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง Tensile Strength at Yield ; Ty. และการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก Izod Impact Strength จากการทำแผนภูมิควบคุมพบความสัมพันธ์ ดังนี้
   2.1 ถ้าค่าการทดสอบการทนต่อแรงดึงสูง จะส่งผลให้ค่าการทดสอบการทนต่อแรงกระแทกต่ำ
   2.2 ความสัมพันธ์ของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง และการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก มีความสัมพันธ์กับการทดสอบค่าดัชนีการไหล กล่าวคือ เมื่อผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลอยู่ในการควบคุม ผลการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึงและการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทกก็จะอยู่ในการควบคุมด้วยเช่นกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรการผลิต จึงควรเสนอให้มีการทำแผนภูมิควบคุมสำหรับการทดสอบค่าดัชนีการไหลเพียงแผนภูมิเดียว เนื่องจากการทดสอบค่าดัชนีการไหลมีการทำการทดสอบทุก ๆ ชั่วโมง ทำให้การติดตามคุณภาพสินค้าและควบคุมกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ ฯ. พิมพ์ที่ บริษัท ส. เอเซียเพรส จำกัด

เกษม พิพัฒน์ปัญญากุล. 2538. การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร . สำนักพิมพ์ประกอบเมไตร

ทีมงาน SPC ไทยน้ำทิพย์. หนังสืออนุกรมวิชาการชุดที่ 2. 2541. Statistical Process Control การควบคุมกระบวนการผลิตโดยเทคนิคสถิติ. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์สุรวัฒน์

บริษัท เคพโทรนิค อินเตอร์เมชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). 2542. การควบคุมกระบวนการโดยใช้เทคนิคด้านสถิติ. สมุทรปราการ. Empowerment ltd. part.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2521. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพ ฯ. พิมพ์ที่ หจก. เอช - เอน การพิมพ์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2530. การบริหารการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 5. นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ศูนย์ศึกษาทางไปรษณีย์ (สสท. - มหาวิทยาลัยซันโน). สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). 2535. สู่ความสำเร็จ การพัฒนางานด้วยกลุ่มคุณภาพ. เทคนิค QC. (เล่ม 2). พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

Chrysler Corporation. Ford Motor Company, and General Motors Corporation. 1992. Statistical Process Control (SPC). second printing. Automotive Industry Action Group.

Douglas C. Montomery. 1991. Introduction to Statistical Quality Control. second edition. American by the Hamiltion Printing Company.

Eugene L. Grant and Richard S. Leaenworth. 1996. Statistical Quality Control. seventh edition. North American. McGraw - Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล Melt Flow Rtae ; Mfr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

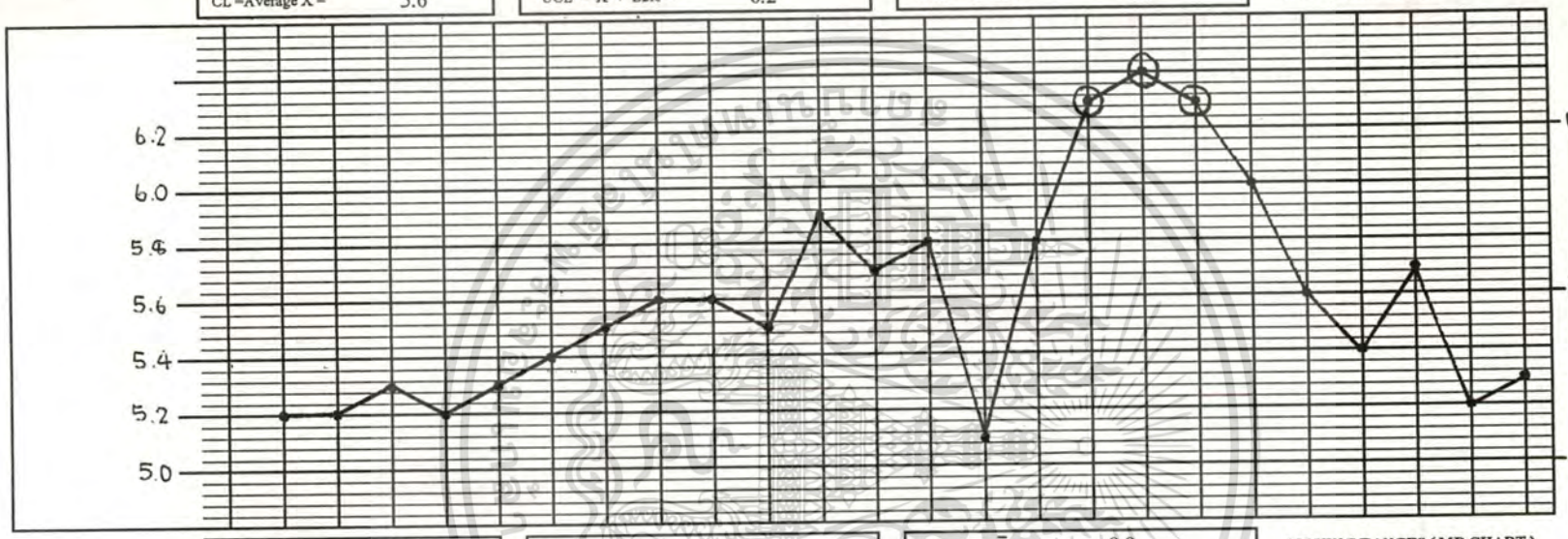
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	001 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	15 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

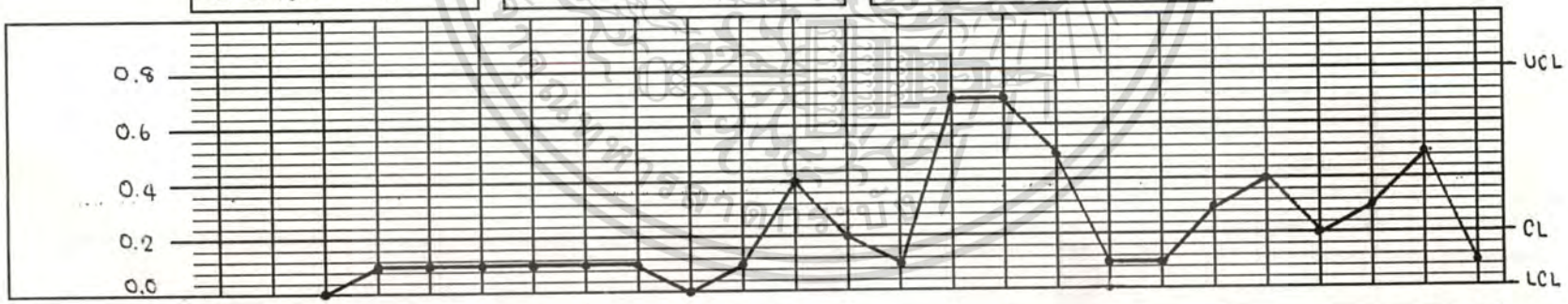
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.6 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.2 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.0

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.8 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	15-07-1999																							Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.5	5.9	5.7	5.8	5.1	5.8	6.3	6.4	6.3	6.0	5.6	5.4	5.7	5.2	5.3	5.6
Moving Range			0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.7	0.7	0.5	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.1	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

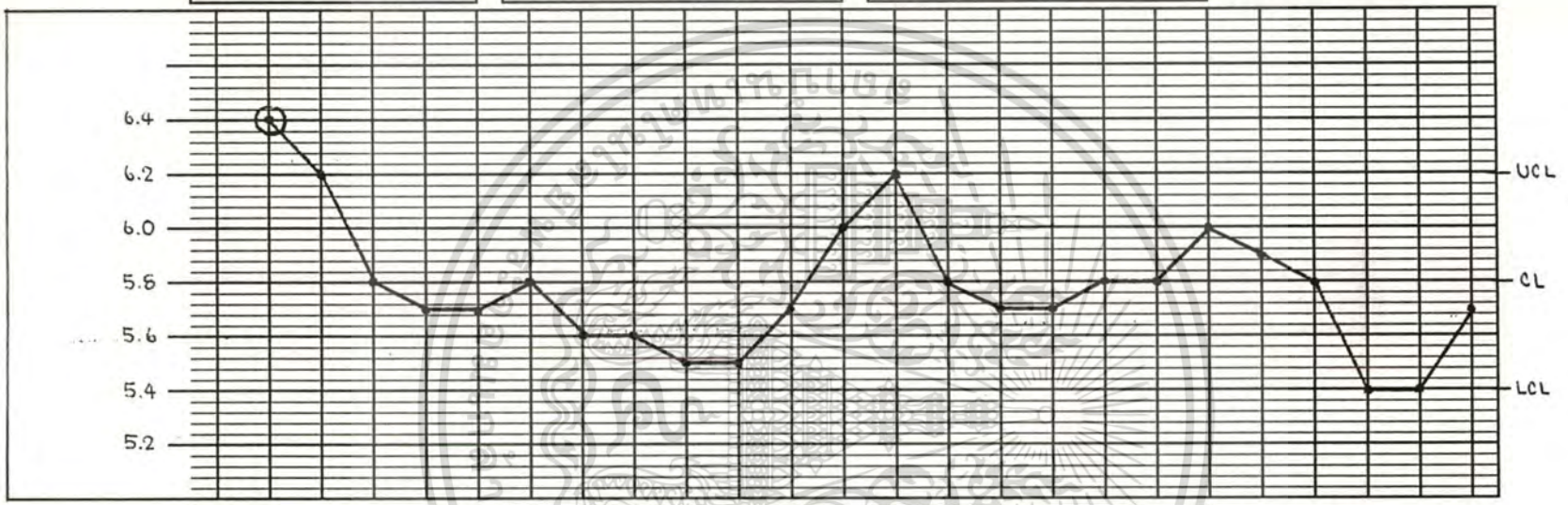
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	002 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	16 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

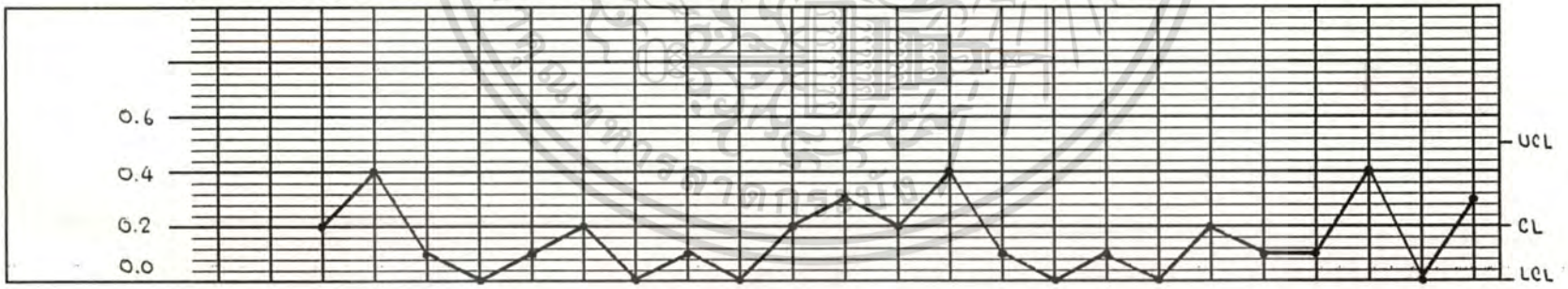
CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.8 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.2 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.4

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	16-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate	6.4	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.6	5.6	5.5	5.5	5.7	6.0	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.8	6.0	5.9	5.8	5.4	5.4	5.7	5.8
Moving Range		0.2	0.4	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	0.0	0.3	0.2

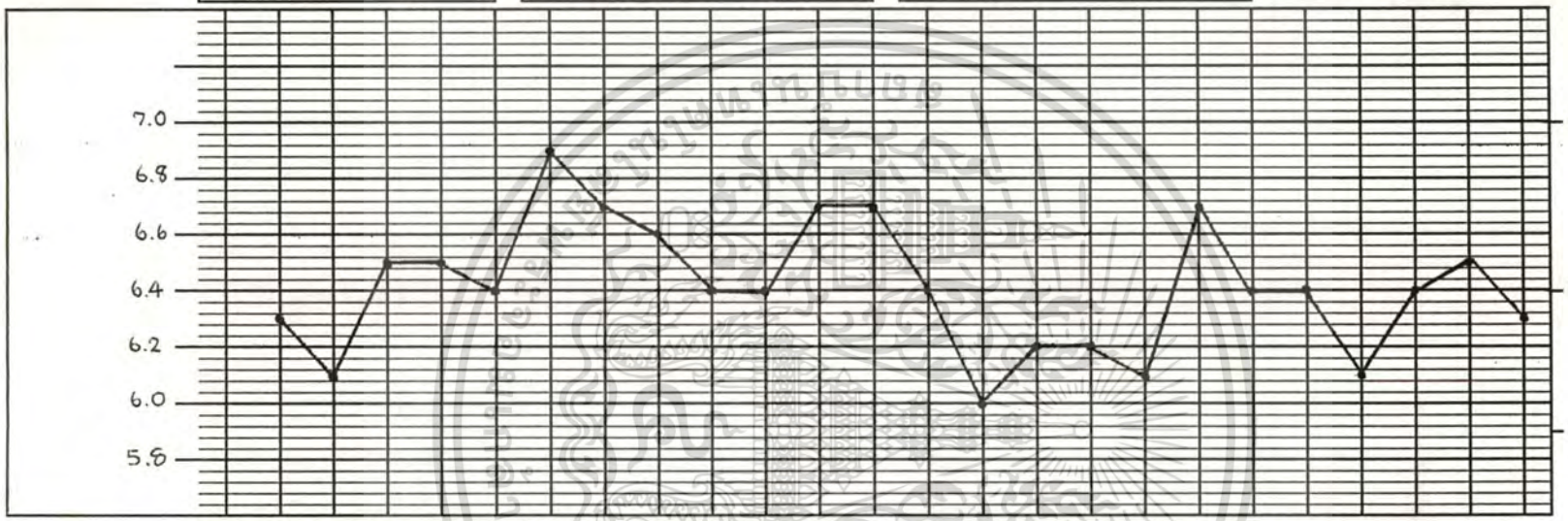
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

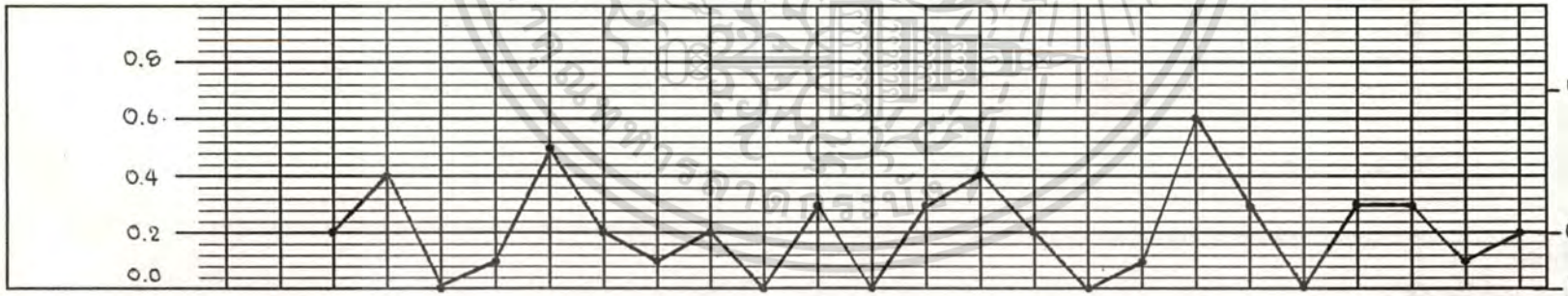
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	003 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	17 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 6.4 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 7.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.9 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	17-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		6.3	6.1	6.5	6.5	6.4	6.9	6.7	6.6	6.4	6.4	6.7	6.7	6.4	6.0	6.2	6.2	6.1	6.7	6.4	6.4	6.1	6.4	6.5	6.3	6.4
Moving Range			0.2	0.4	0.0	0.1	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0	0.3	0.0	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	0.6	0.3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

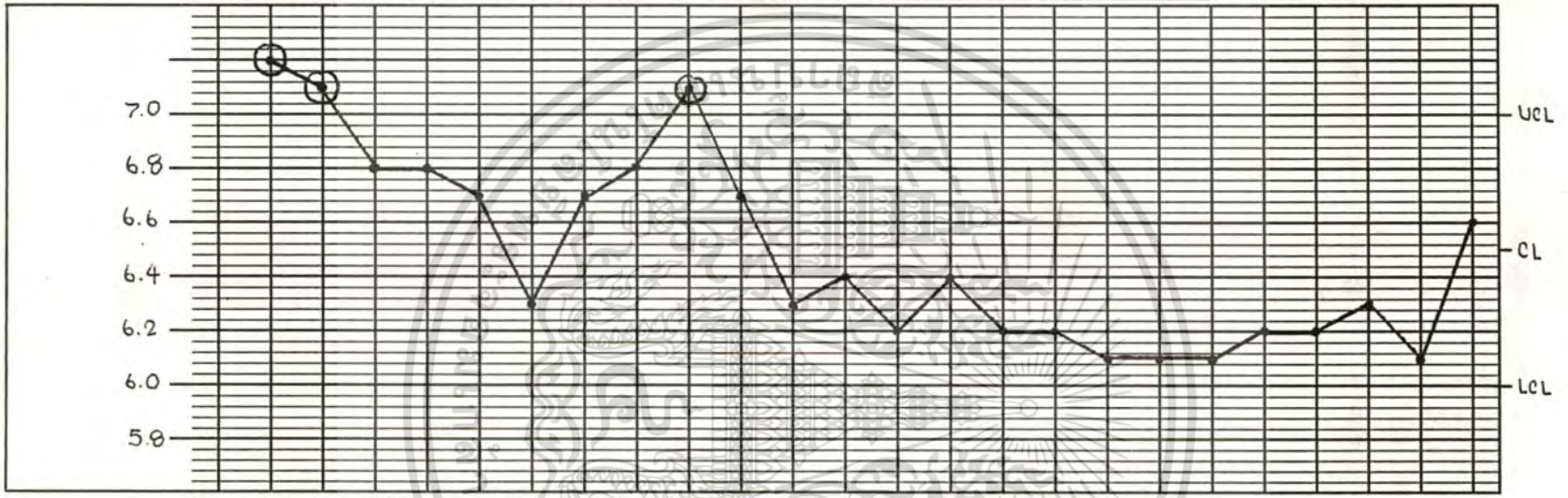
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	004 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	18 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL = Average $\bar{X}$ = 6.5 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 7.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 6.0

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	18-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		7.2	7.1	6.8	6.8	6.7	6.3	6.7	6.8	7.1	6.7	6.3	6.4	6.2	6.4	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.1	6.6	6.5
Moving Range			0.1	0.3	0.0	0.1	0.4	0.4	0.1	0.3	0.4	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

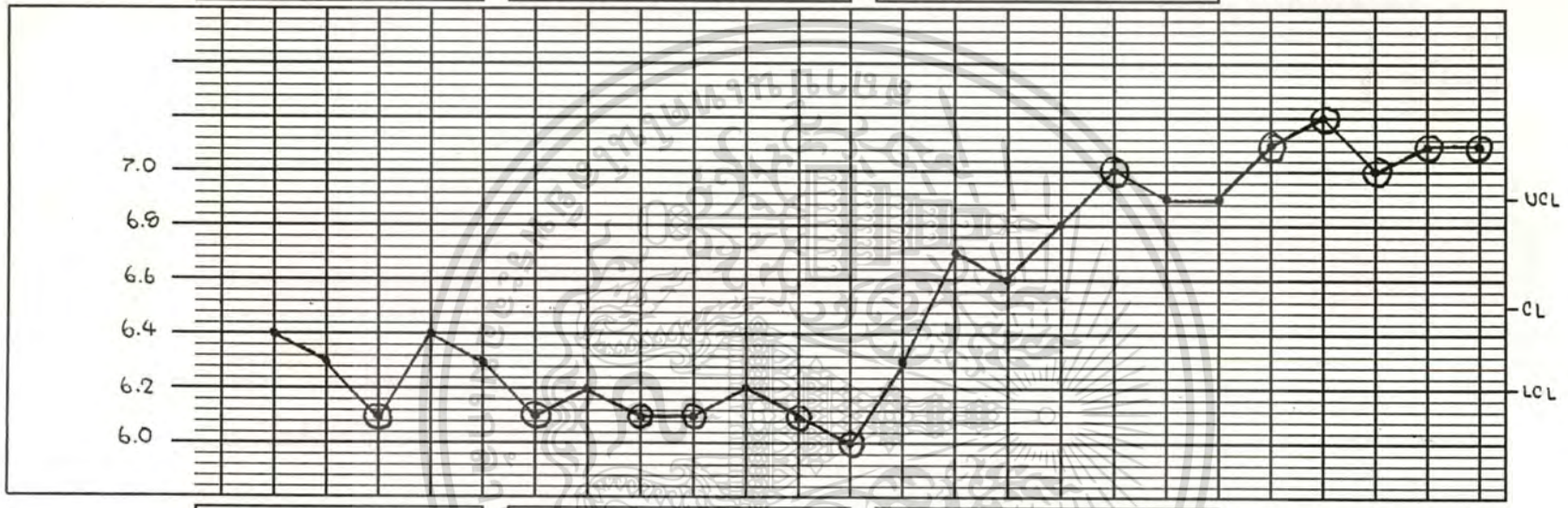
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	005 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	19 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 6.5 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.9 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 6.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.1 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	19 - 07 - 1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	6.1	6.2	6.1	6.1	6.2	6.1	6.0	6.3	6.7	6.6	6.8	7.0	6.9	6.9	7.1	7.2	7.0	7.1	7.1	6.5
Moving Range			0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1

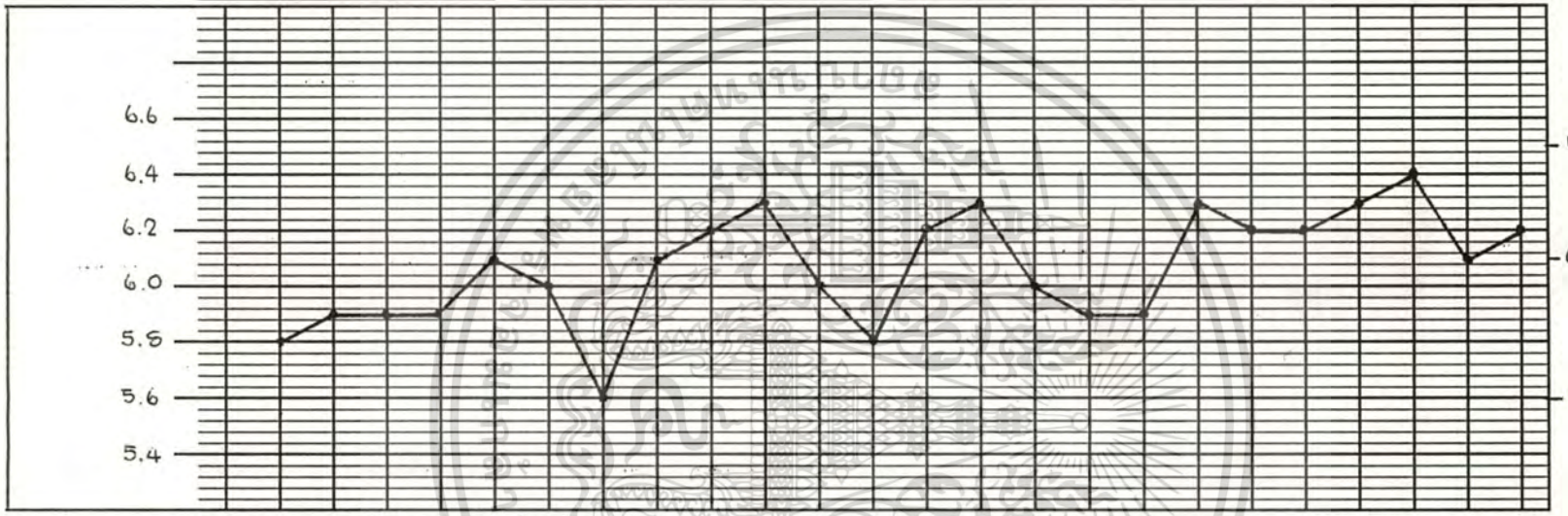
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

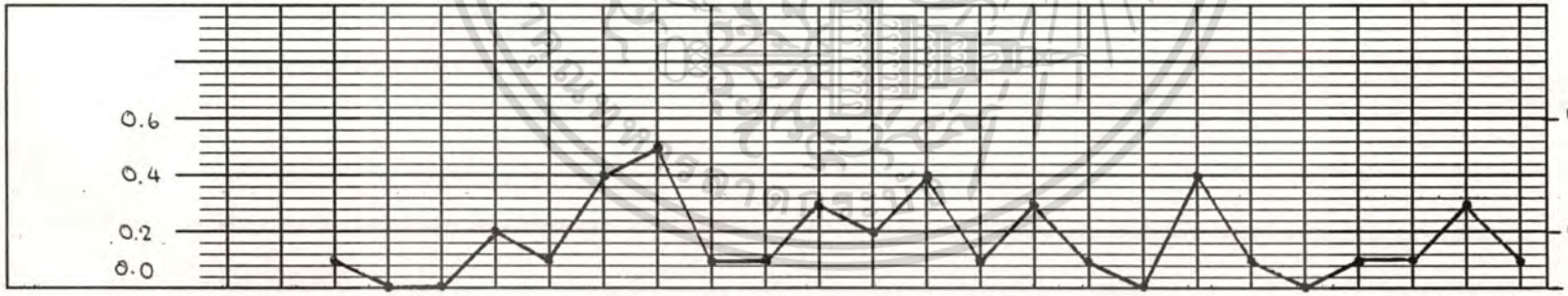
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	006 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	20 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 6.1 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.5 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.6 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.6 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	20-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		5.8	5.9	5.9	5.9	6.1	6.0	5.6	6.1	6.2	6.3	6.0	5.8	6.2	6.3	6.0	5.9	5.9	6.3	6.2	6.2	6.3	6.4	6.1	6.2	6.1
Moving Range			0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.4	0.5	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

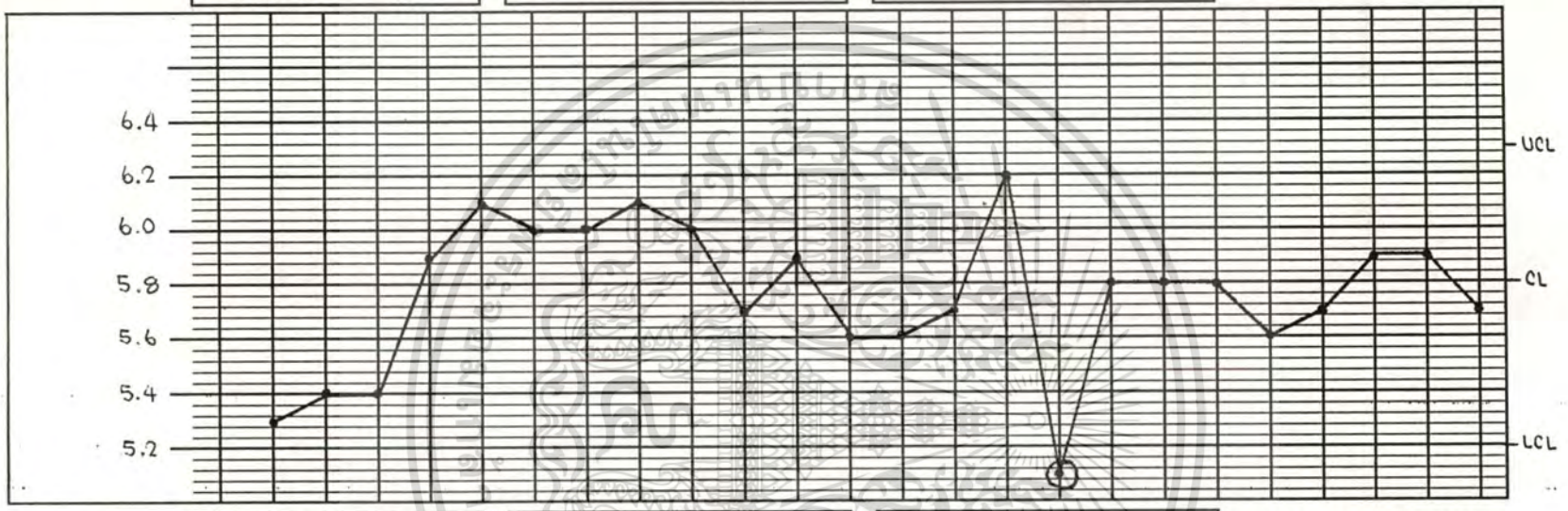
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	007 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	21 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

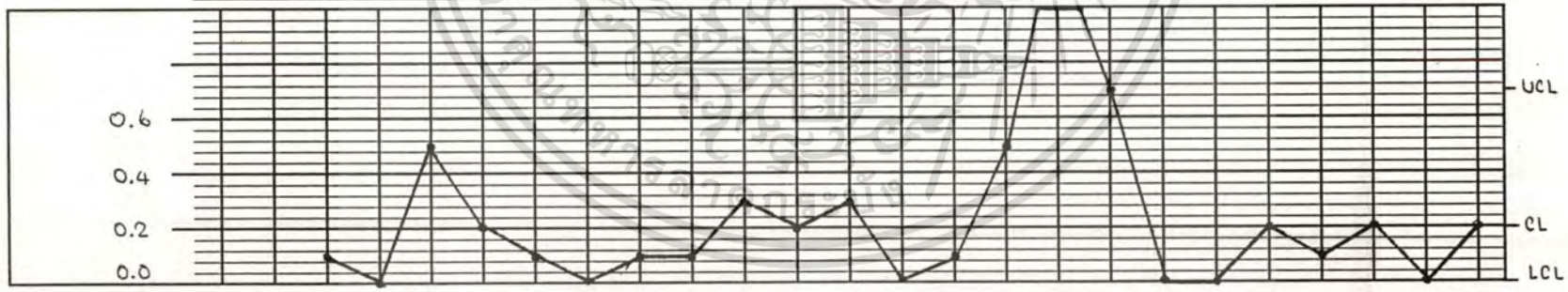
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.8 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.2

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	21-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		5.3	5.4	5.4	5.9	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	5.7	5.9	5.6	5.6	5.7	6.2	5.1	5.8	5.8	5.8	5.6	5.7	5.9	5.9	5.7	5.8
Moving Range			0.1	0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.0	0.1	0.5	1.1	0.7	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

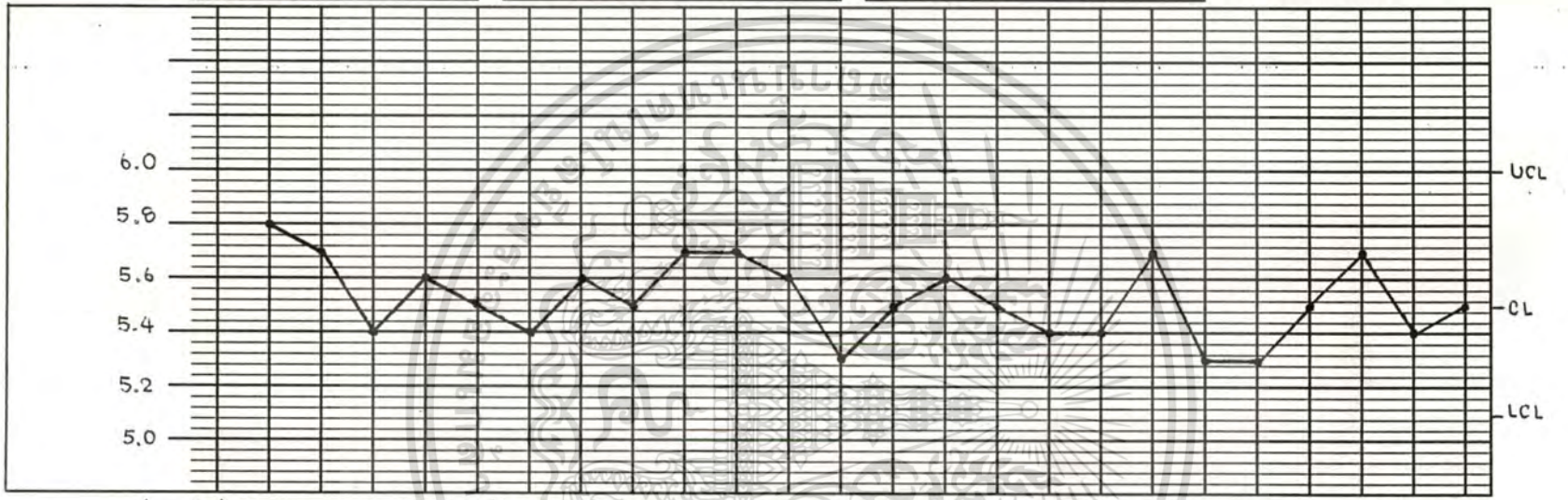
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	008 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	22 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

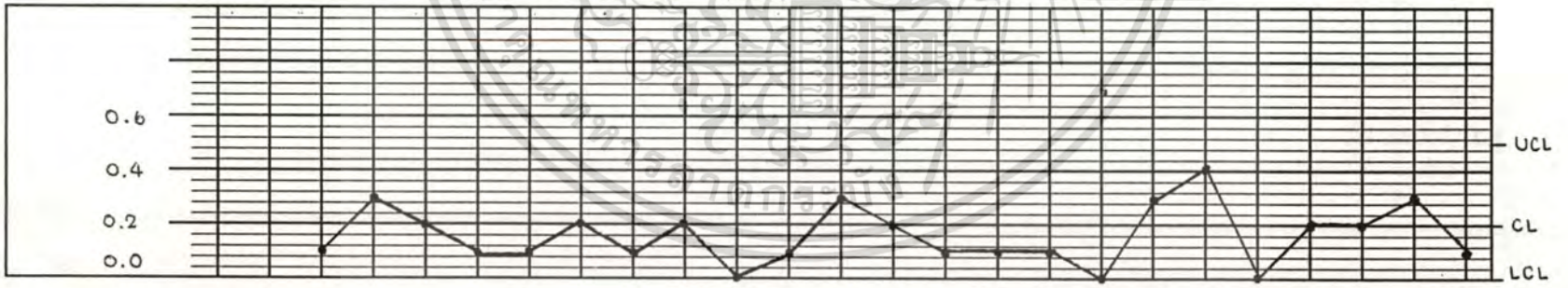
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.5 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.1

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	22-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate	5.8	5.7	5.4	5.6	5.5	5.4	5.6	5.5	5.7	5.7	5.6	5.3	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4	5.7	5.3	5.3	5.5	5.7	5.4	5.5	5.5
Moving Range		0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.4	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

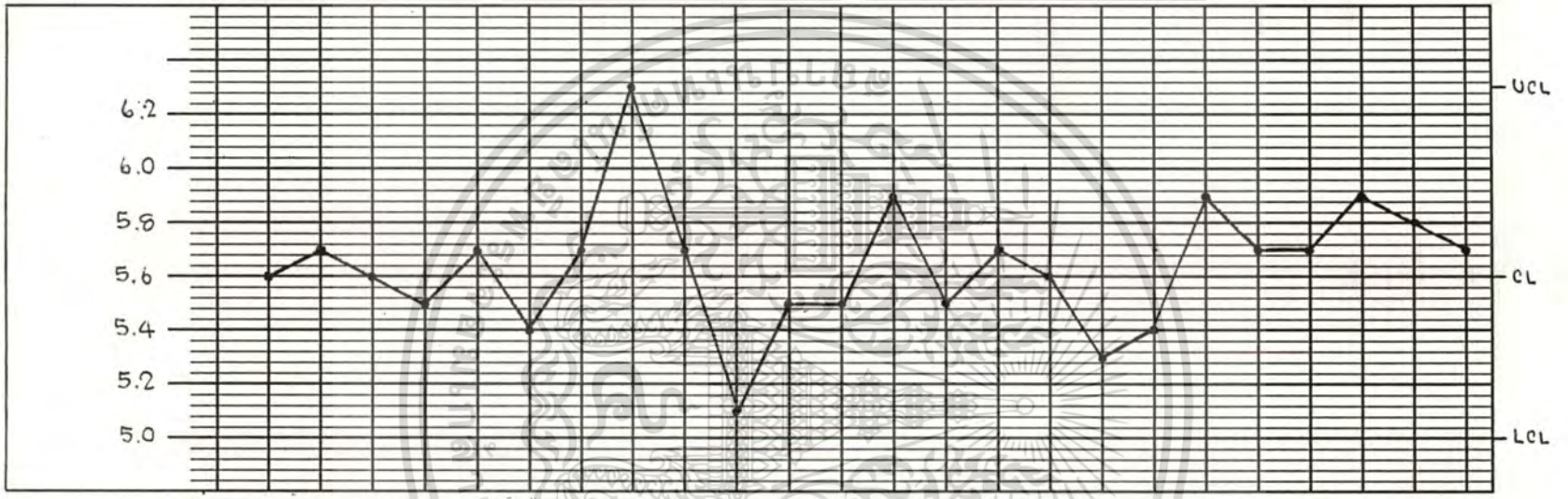
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

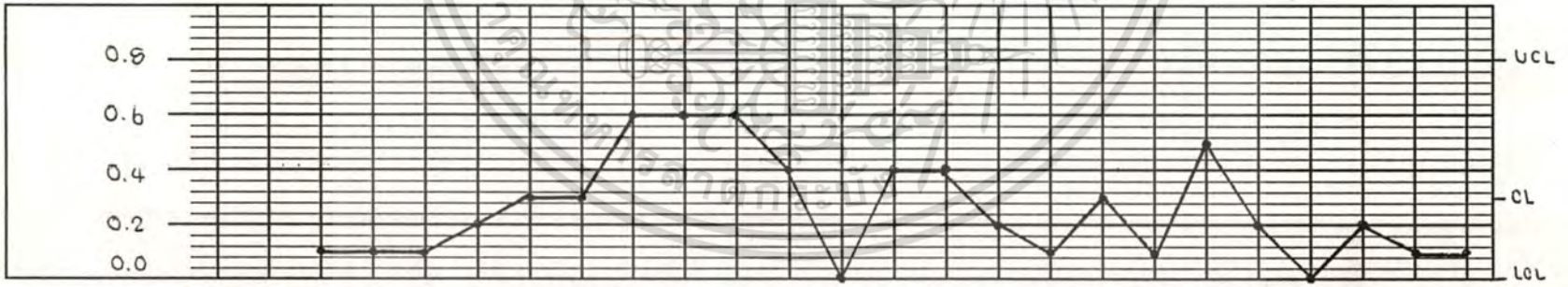
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	009 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	23 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ =	UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ =	LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ =	INDIVIDUALS CHART
5.6	6.3	5.0	



CL = Average R =	UCL = D4$\bar{R}$ =	LCL = D3$\bar{R}$ =	MOVING RANGES (MR CHART)
0.3	0.8	0	



DATE	23-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		5.6	5.7	5.6	5.5	5.7	5.4	5.7	6.3	5.7	5.1	5.5	5.5	5.9	5.5	5.7	5.6	5.3	5.4	5.9	5.7	5.7	5.9	5.8	5.7	5.6
Moving Range			0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.0	0.4	0.4	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

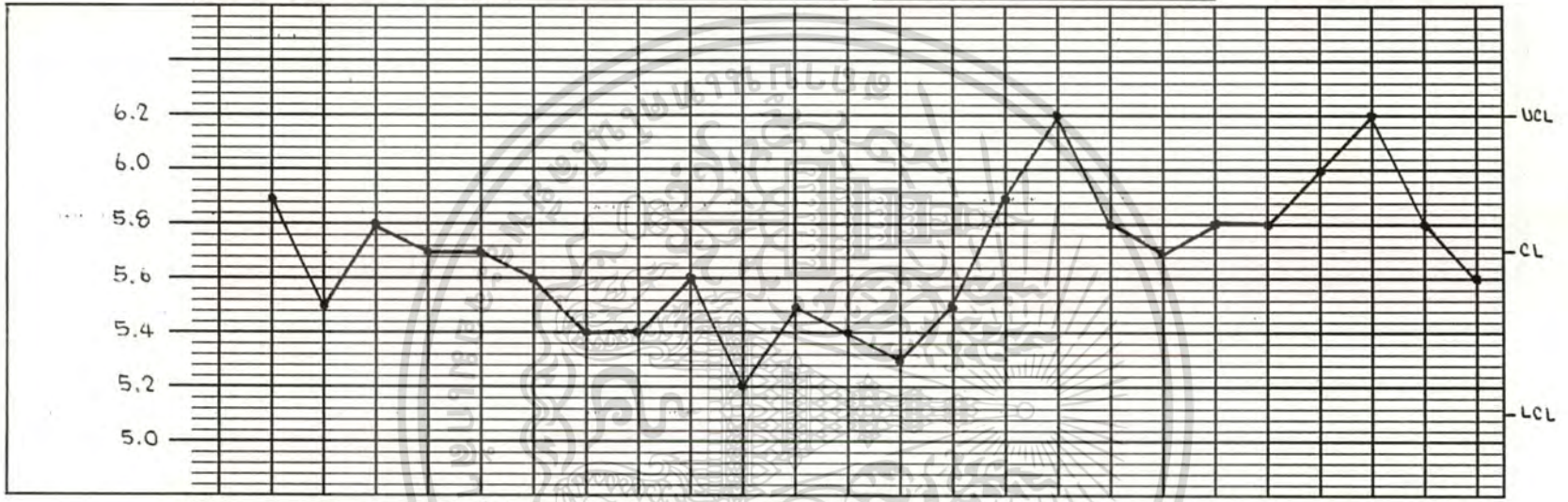
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	010 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	24 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

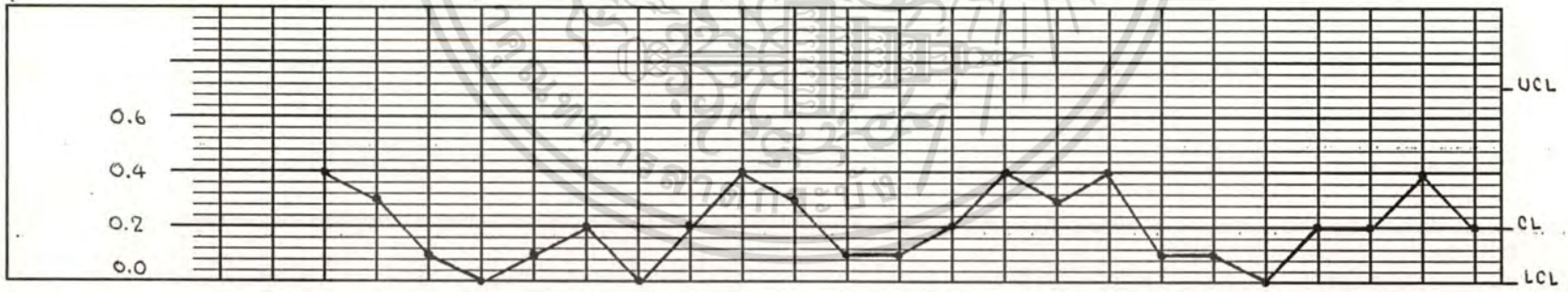
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.2 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.1

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	24-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	
Melt Flow Rate		5.9	5.5	5.8	5.7	5.7	5.6	5.4	5.4	5.6	5.2	5.5	5.4	5.3	5.5	5.9	6.2	5.8	5.7	5.8	5.8	6.0	6.2	5.8	5.6	5.7
Moving Range			0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

ภาคผนวก ข.

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง Tensile Strength at Yield ; Ty. และแผนภูมิสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก Izod Impact Strength

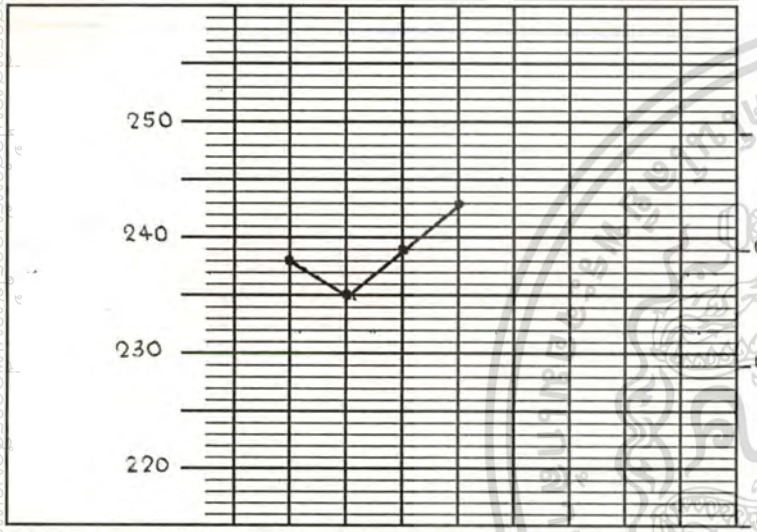
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	001 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

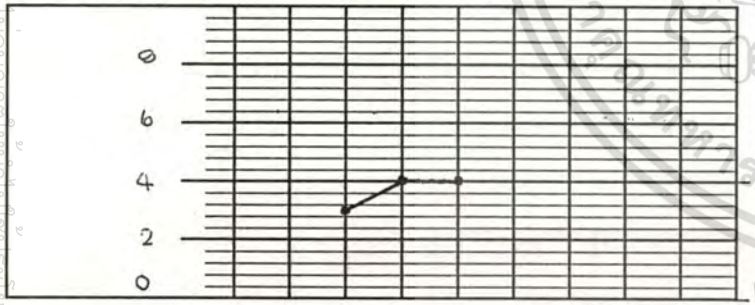
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 239 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 249 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 229

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 12 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



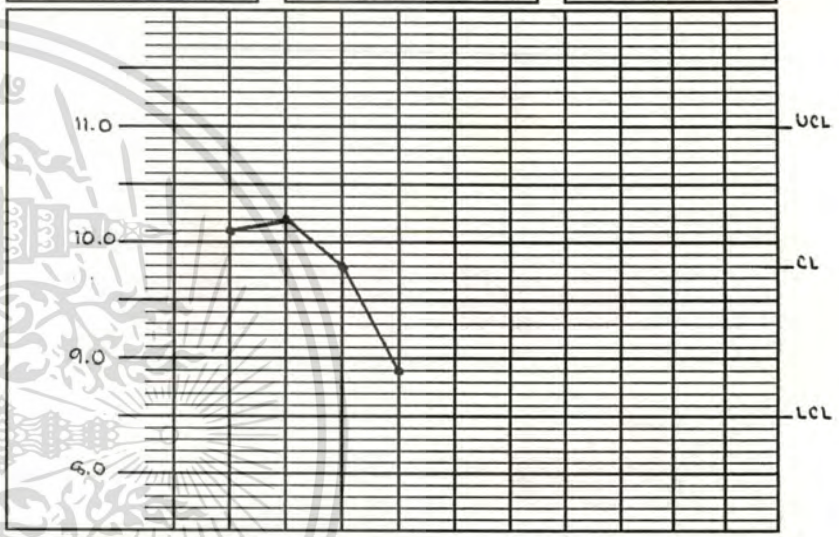
DATE	15-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	238	235	239	243		239
Moving Range		3	4	4		4

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	001 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.8 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 11.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.5



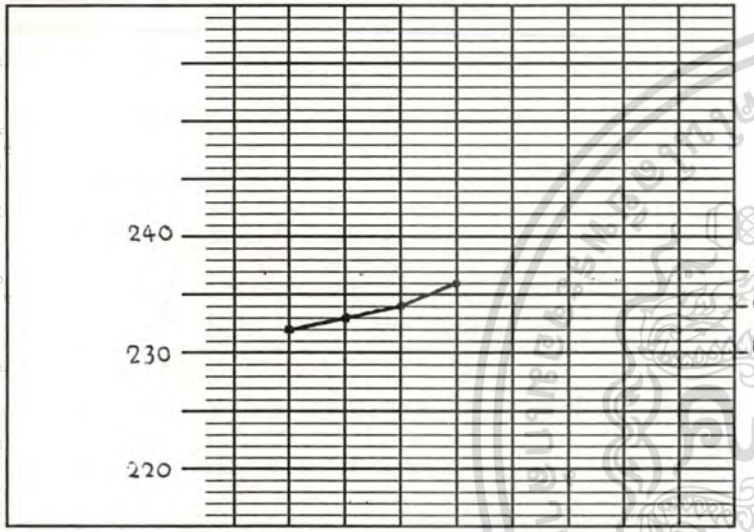
CL = Average R = 0.5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

DATE	15-07-1999											Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00								(CL)
Izod Impact 1/4"	10.1	10.2	9.8	8.9								9.8
Moving Range		0.1	0.4	0.9								0.5

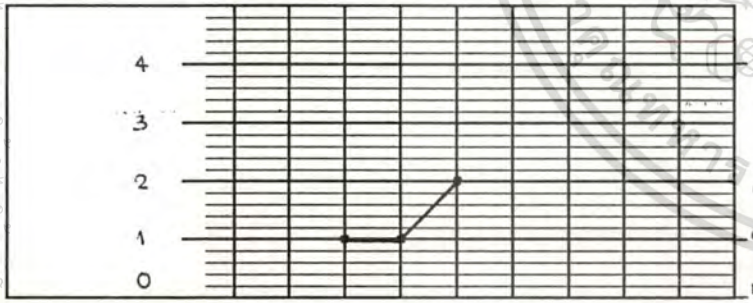
X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	002 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 234 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 237 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 230



CL = Average R 1 | UCL = D4$\bar{R}$ = 4 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0



DATE	16-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	232	233	234	236		234
Moving Range		1	1	2		1

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

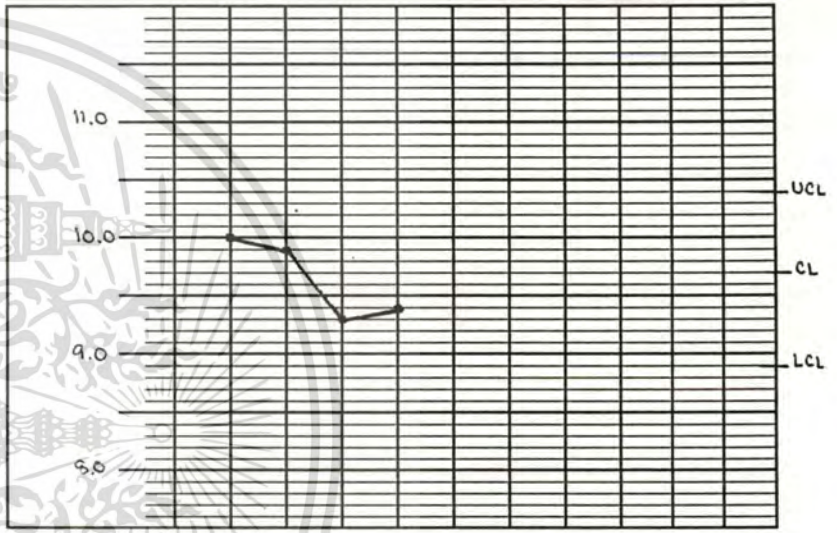
INDIVIDUAL CHART

MOVING RANGES

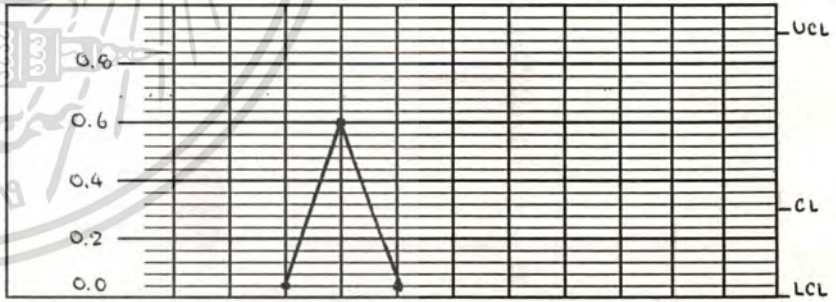
X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	002 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.4 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.9



CL = Average R = 0.3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.9 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0



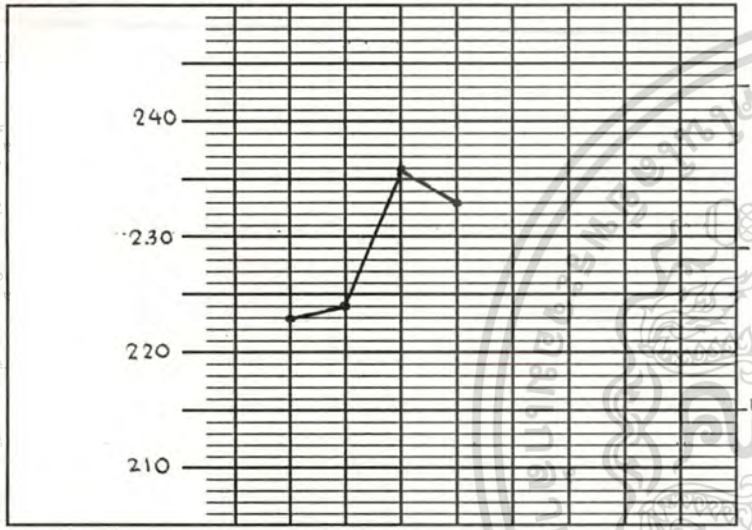
DATE	15-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Izod Impact 1/4"	10	9.9	9.3	9.4		9.7
Moving Range		0.1	0.6	0.1		0.3

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	003 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 229 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 243 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 215

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 17 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES

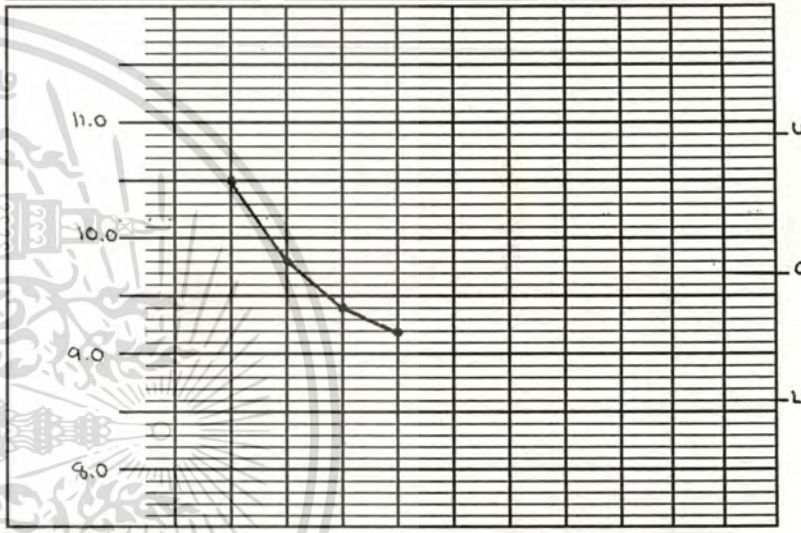
DATE	17-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	223	224	236	233		229
Moving Range		1	12	3		5

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	003 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.9 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.6



CL = Average R = 0.4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.4 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

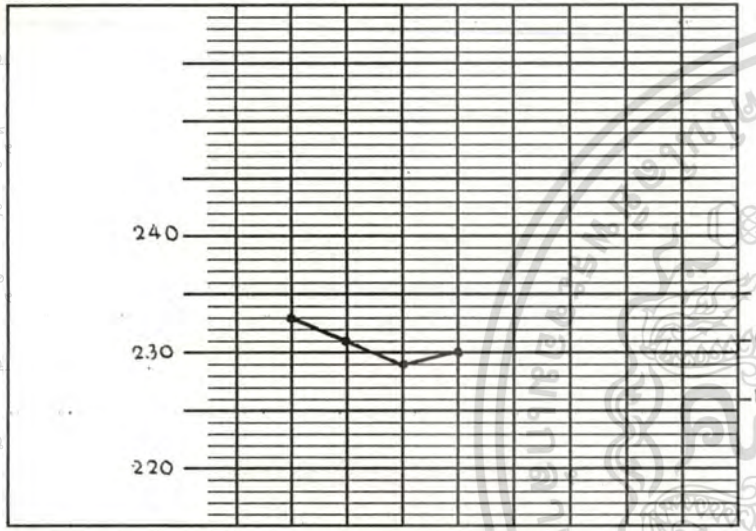
DATE	17-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Izod Impact 1/4"	10.5	9.8	9.4	9.2		9.7
Moving Range		0.7	0.4	0.2		0.4

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	005 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

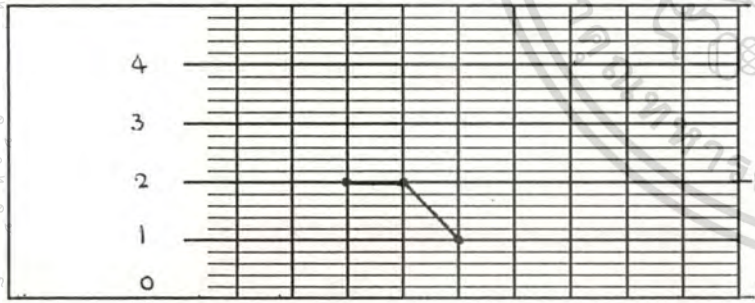
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 231 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 235 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 226

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



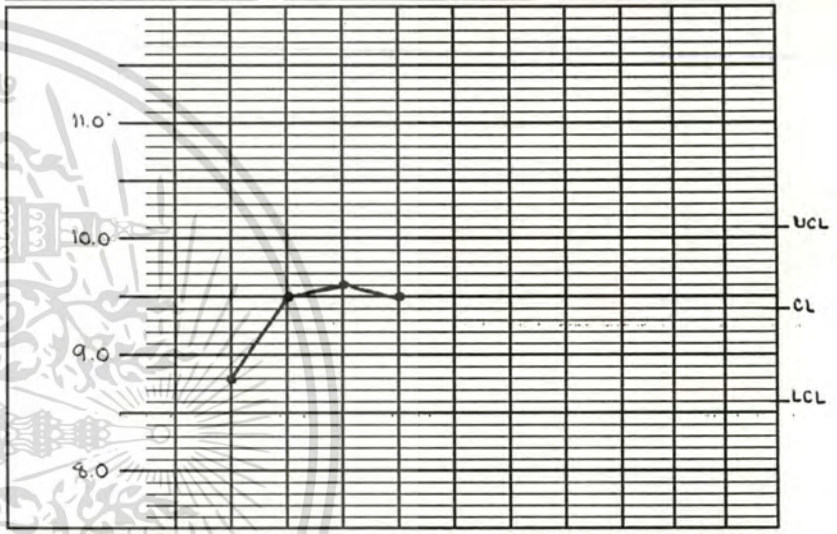
DATE	19-07-1999									Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00						(CL)
Tensile Strength at Yield	233	231	229	230						231
Moving Range		2	2	1						2

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	005 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.4 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.1 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.6



CL = Average R = 0.3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.0 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

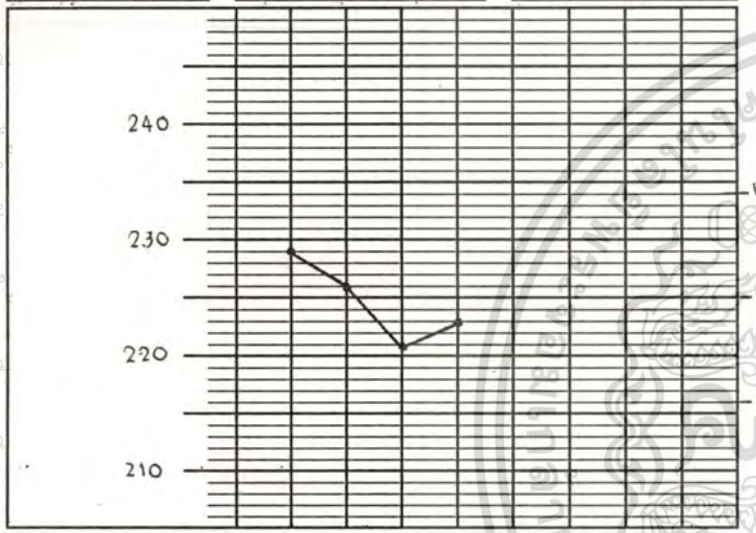
DATE	19-07-1999									Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00						(CL)
Izod Impact 1/4"	8.8	9.5	9.6	9.5						9.4
Moving Range		0.7	0.1	0.1						0.3

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	006 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

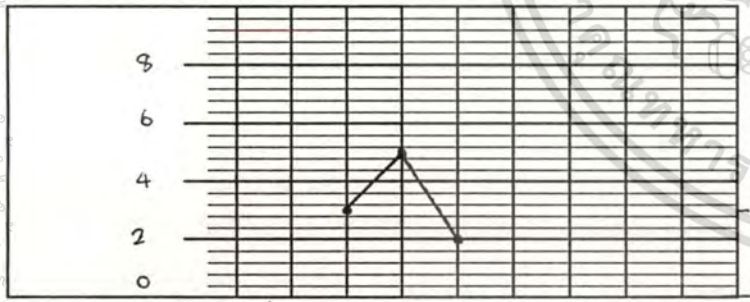
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 225 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 234 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 216

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 11 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



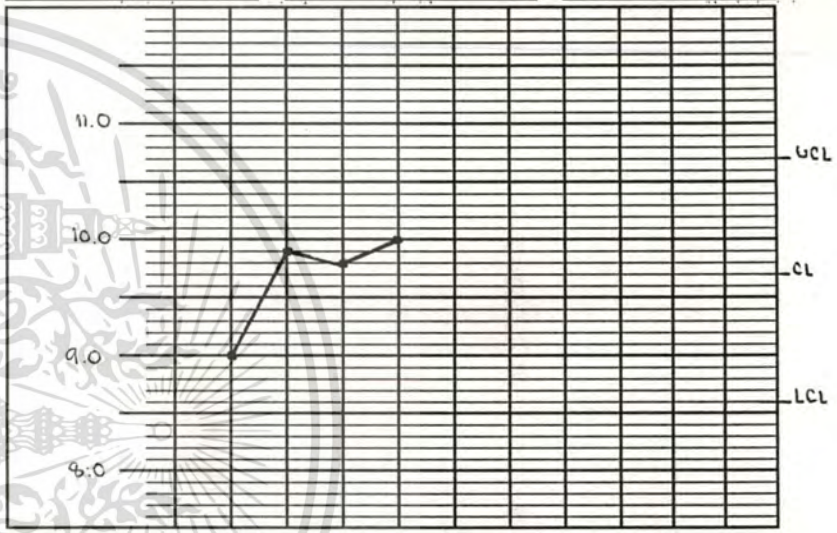
DATE	20-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	229	226	221	223		225
Moving Range		3	5	2		3

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	006 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.7 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.6



CL = Average R = 0.4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.3 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

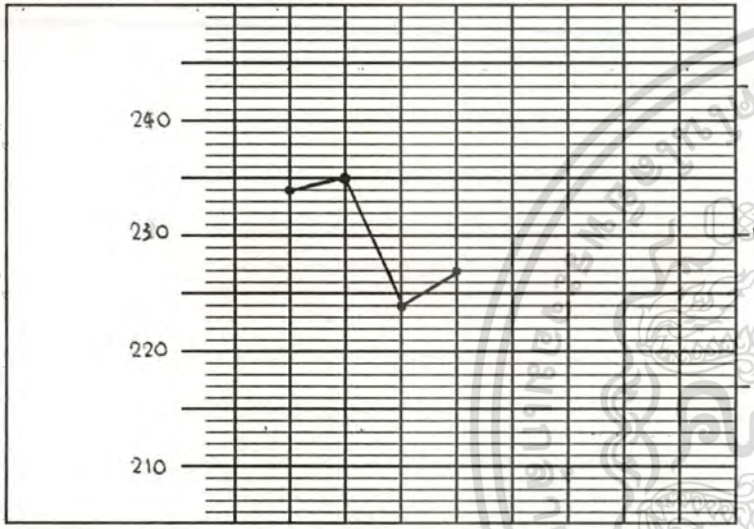
DATE	20-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Izod Impact 1/4"	9.0	9.9	9.8	10.0		9.7
Moving Range		0.9	0.1	0.2		0.4

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	007 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

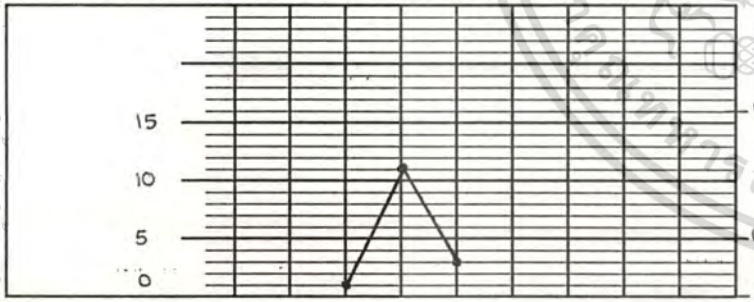
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 230 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 243 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 217

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 16 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



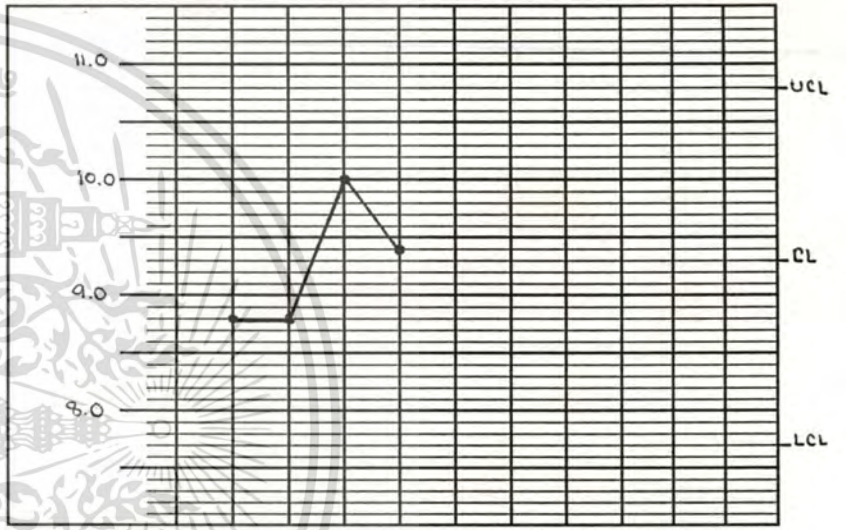
DATE	21-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	234	235	224	227		230
Moving Range		1	11	3		5

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	007 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.3 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 10.8 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 7.7



CL = Average R = 0.6 | UCL = D4$\bar{R}$ = 2.0 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

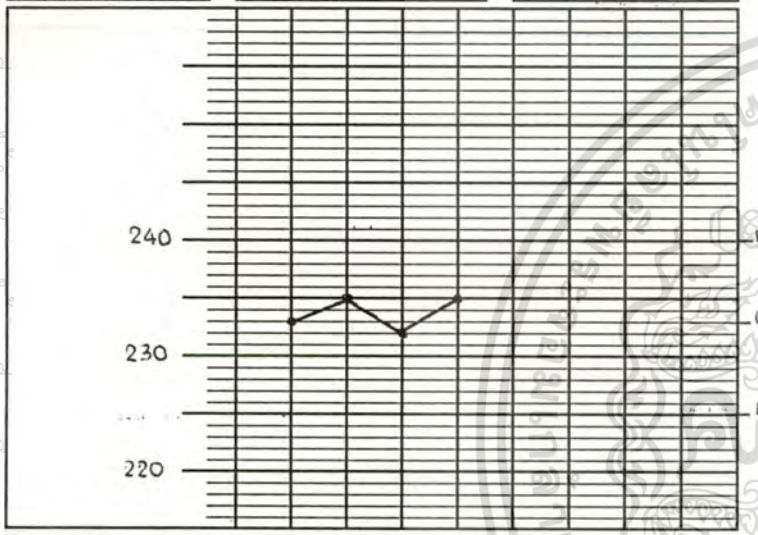
DATE	21-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Izod Impact 1/4"	8.8	8.8	10.0	9.4		9.3
Moving Range		0	1.2	0.6		0.6

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	008 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

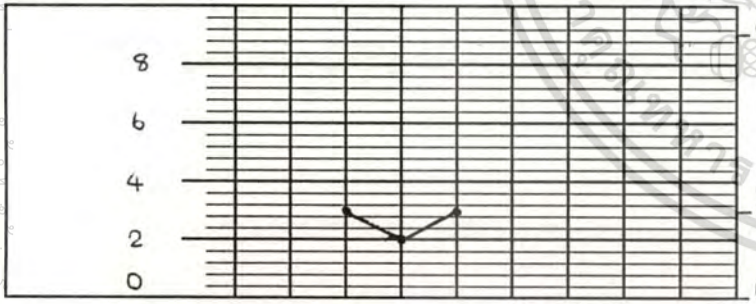
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 233 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 240 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 225

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 9 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



DATE	22-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	233	230	232	235		233
Moving Range		3	2	3		3

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	008 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 11.1 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.3

CL = Average R = 0.5 | UCL = D4$\bar{R}$ = 1.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

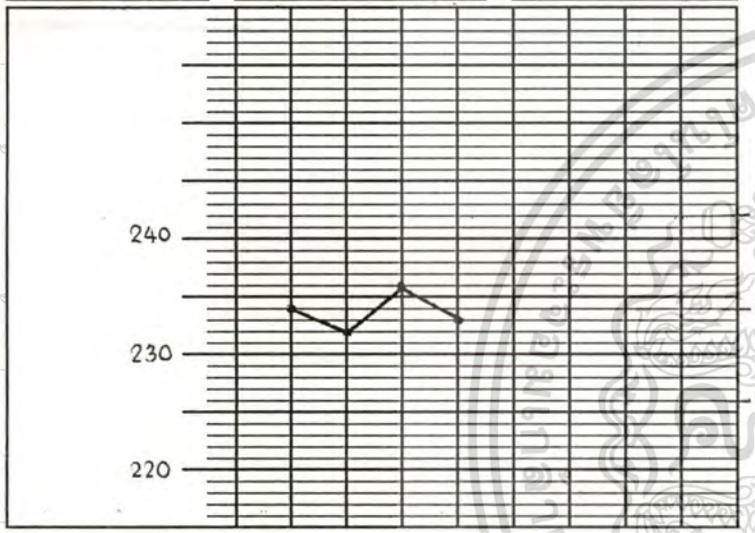
DATE	22-07-1999											Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00								(CL)
Izod Impact 1/4"	9.7	10.1	10.1	8.9								9.7
Moving Range		0.4	0	1.2								0.5

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	009 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

CL =Average X = 234 | UCL = $\bar{\bar{X}} + E2\bar{R}$ = 242 | LCL = $\bar{\bar{X}} - E2\bar{R}$ = 226

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R .3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 10 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES

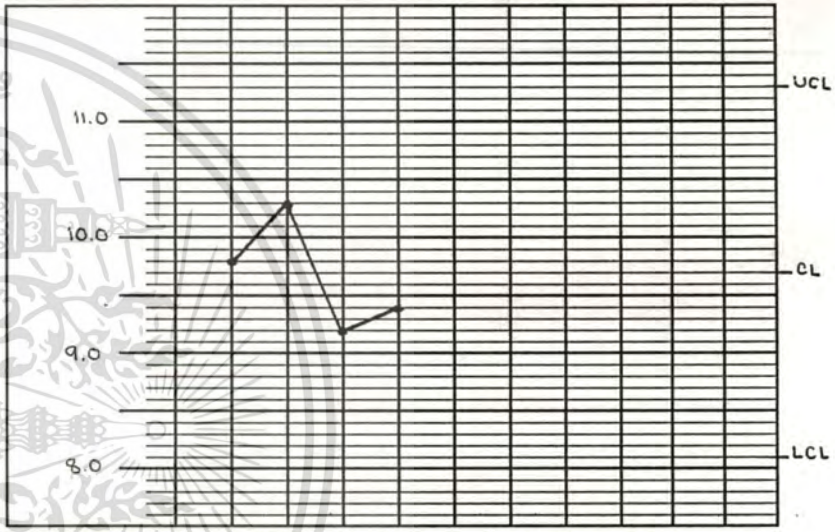
DATE / TIME	23-07-1999 08.00	14.00	20.00	02.00	Average (CL)
Tensile Strength at Yield	234	232	236	233	234
Moving Range		2	4	3	3

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	009 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{X}$ = 9.7 | UCL = $\bar{\bar{X}} + E2\bar{R}$ = 11.3 | LCL = $\bar{\bar{X}} - E2\bar{R}$ = 8.1



CL = Average R = 0.6 | UCL = D4$\bar{R}$ = 2.0 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

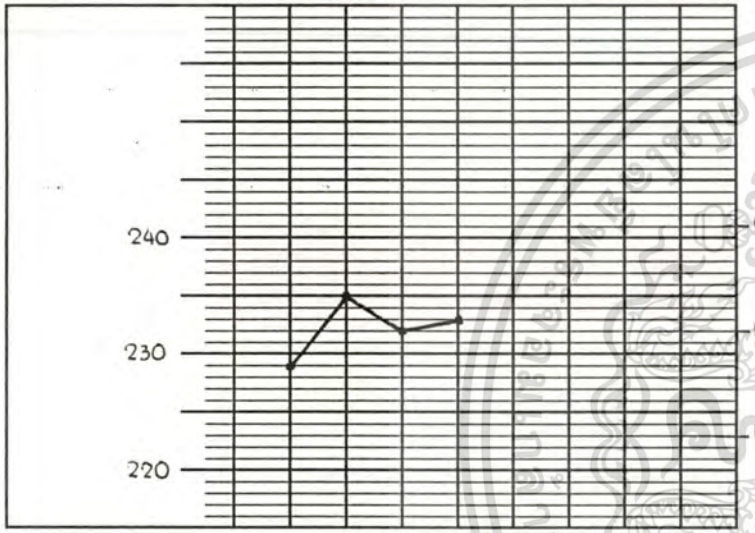
DATE / TIME	23-07-1999 08.00	14.00	20.00	02.00	Average (CL)
Izod Impact 1/4"	9.8	10.3	9.2	9.4	9.7
Moving Range		0.5	1.1	0.2	0.6

X-MR CONTROL CHART for Tensile Sterngth at Yield (Ty.)

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg . / cm^2	> 220	010 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Tensile Tester	5 Sample / Time	Speed 5 nm. / min.

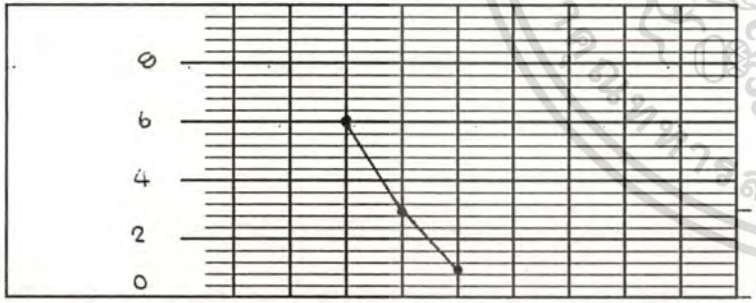
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 232 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 241 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 223

INDIVIDUAL CHART



CL = Average R 3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 11 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES



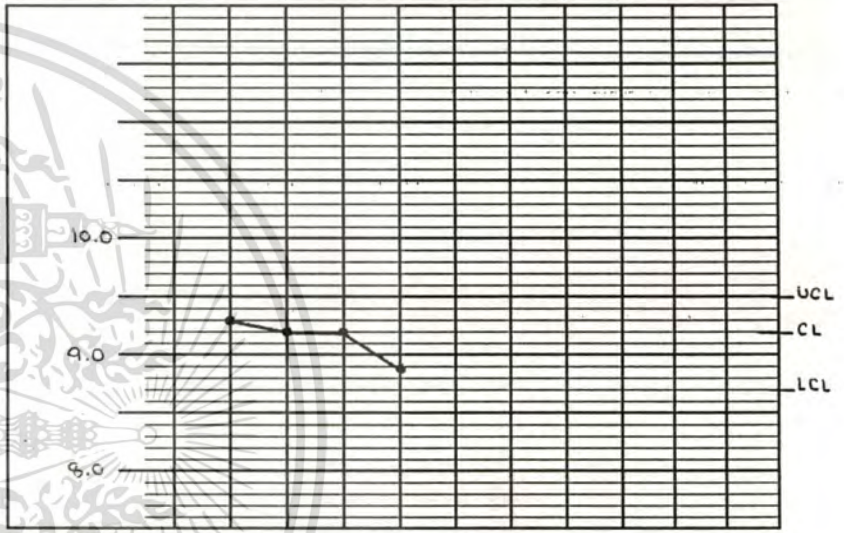
DATE	24-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	229	235	232	233		232
Moving Range		6	3	1		3

Constant Value E 2 = 2.660 D 3 = 0 and D 4 = 3.267

X-MR CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

UNIT OF MEASURE	SPECIFICATION	CHART NO.
kg. cm. /cm.	> 8.7	010 / 1999
MACHINE NAME	**SAMPLE SIZE FREQUENCY**	**CONDITION MEASUREMENT**
Izod Impact Tester	8 Sample / Time	--

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 9.2 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 9.5 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 8.8



CL = Average R = 0.1 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.4 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

DATE	24-07-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Izod Impact 1/4"	9.3	9.2	9.2	8.9		9.2
Moving Range		0.1	0	0.3		0.1

ภาคผนวก ค.

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าดัชนีการไหล Melt Flow Rtae ; Mfr; ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว

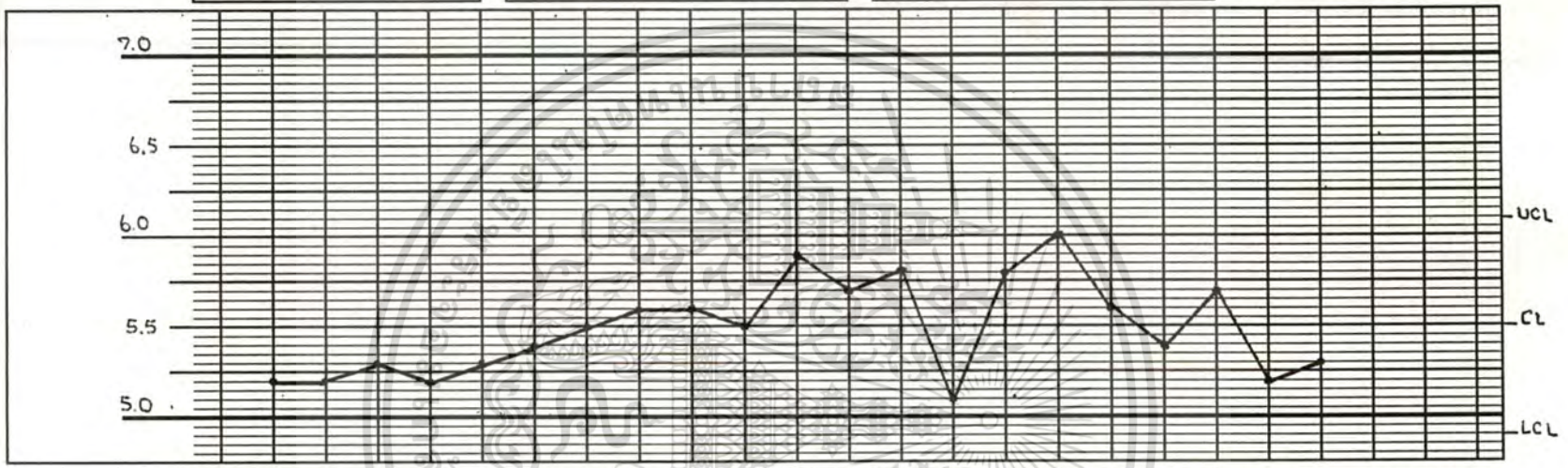
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

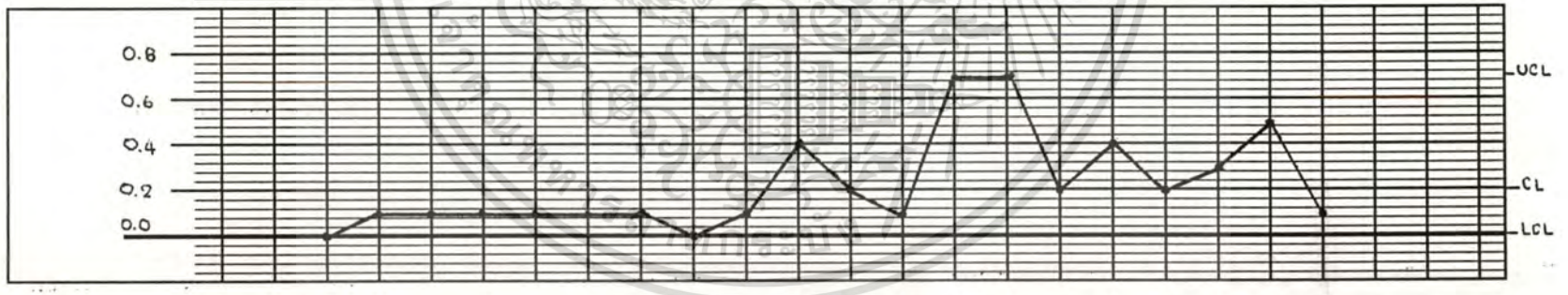
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	001 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	15 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ =	UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ =	LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ =	INDIVIDUALS CHART
5.5	6.1	4.9	



CL = Average R =	UCL = D4$\bar{R}$ =	LCL = D3$\bar{R}$ =	MOVING RANGES (MR CHART)
0.2	0.7	0.0	



DATE	15-07-1999																							Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00				(CL)
Melt Flow Rate		5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.5	5.9	5.7	5.8	5.1	5.8	6.0	5.6	5.4	5.7	5.2	5.3				5.5
Moving Range			0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.7	0.7	0.2	0.4	0.2	0.3	0.5	0.1				0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

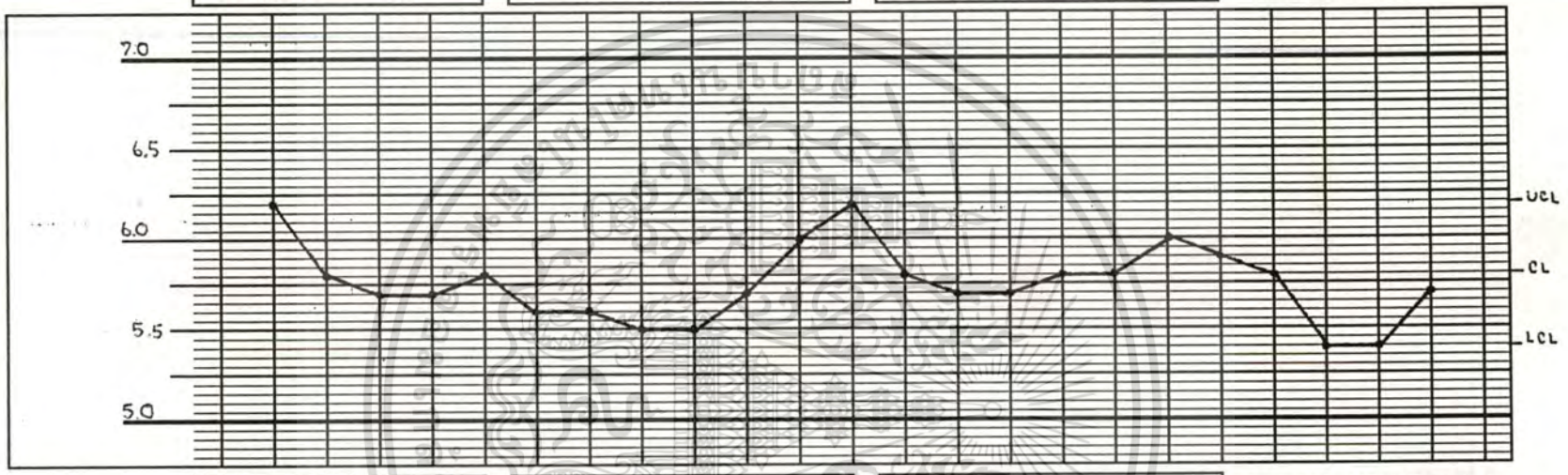
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	002 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	16 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

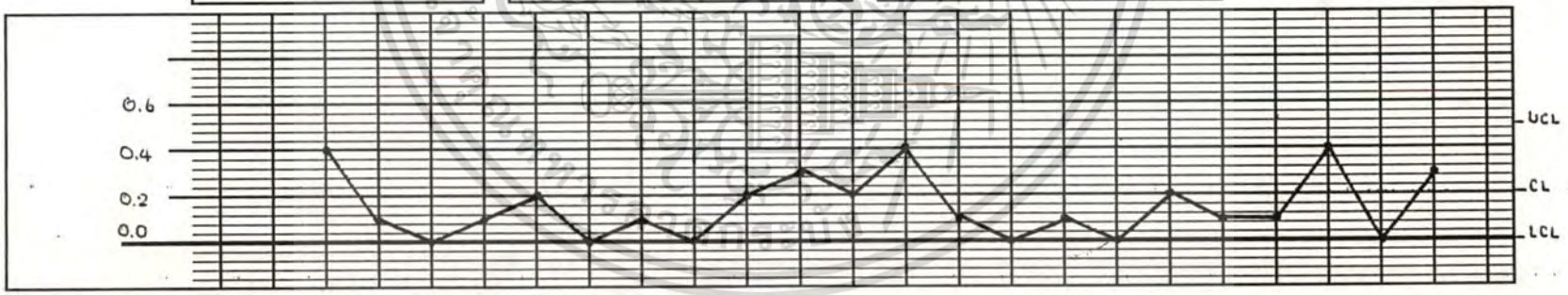
CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.8 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.2 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.4

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	16-07-1999																								Average
TIME	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00		(CL)
Melt Flow Rate	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.6	5.6	5.5	5.5	5.7	6.0	6.2	5.8	5.7	5.7	5.8	5.8	6.0	5.9	5.8	5.4	5.4	5.7		5.8
Moving Range		0.4	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	0.0	0.3		0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

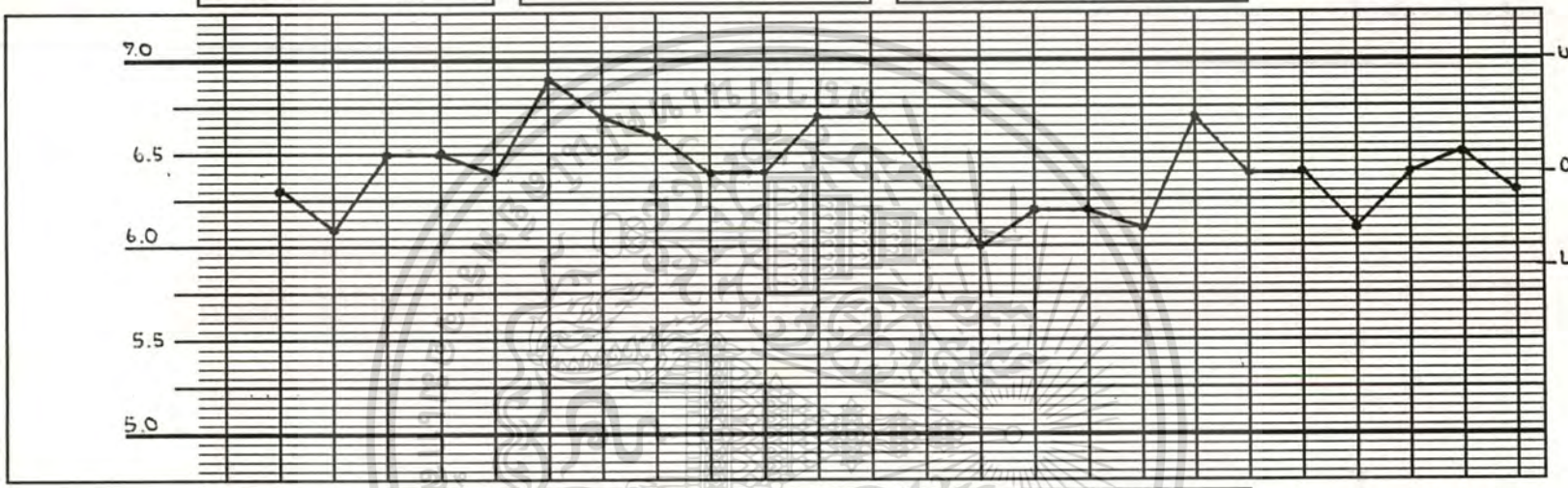
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	003 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	17 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

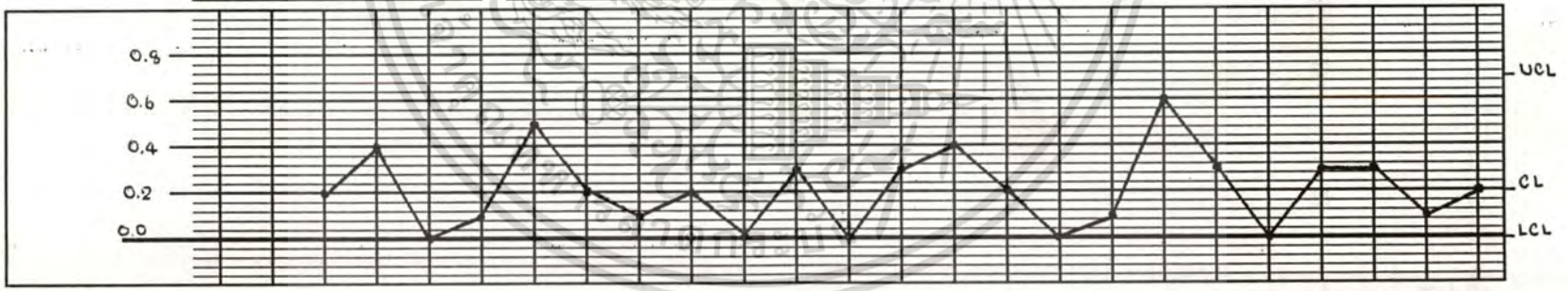
CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 6.4 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 7.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.9

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	17-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate	6.3	6.1	6.5	6.5	6.4	6.9	6.7	6.6	6.4	6.4	6.7	6.7	6.4	6.0	6.2	6.2	6.1	6.7	6.4	6.4	6.1	6.4	6.5	6.3	6.4
Moving Range		0.2	0.4	0.0	0.1	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0	0.3	0.0	0.3	0.4	0.2	0.0	0.1	0.6	0.3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

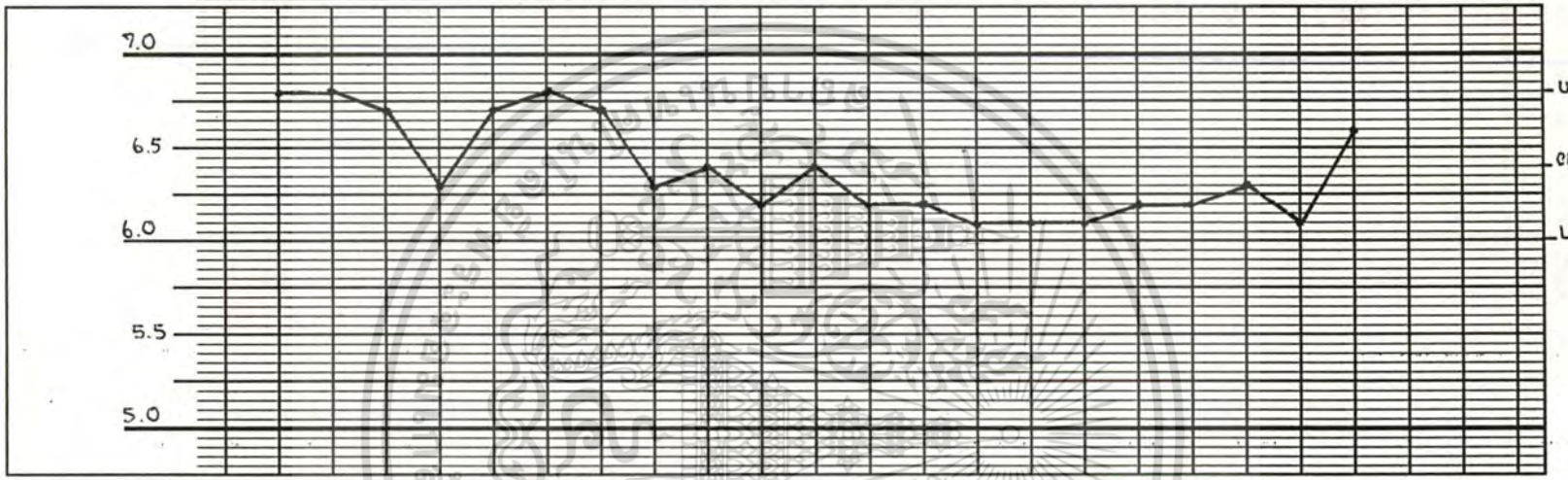
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	004 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	18 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

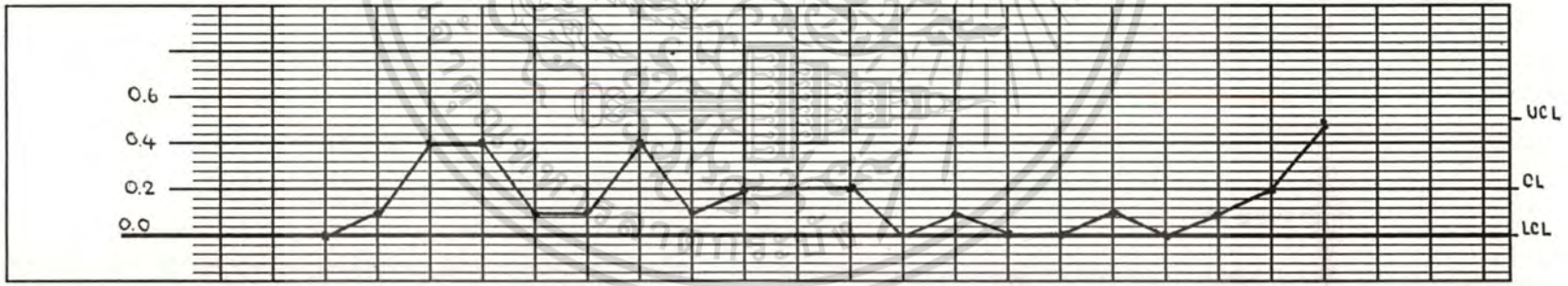
CL = Average $\overline{X}$ = 6.4 | UCL = $\overline{\overline{X}} + E2\overline{R}$ = 6.8 | LCL = $\overline{\overline{X}} - E2\overline{R}$ = 6.0

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = $D4\overline{R}$ = 0.5 | LCL = $D3\overline{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	18-07-1999																							Average
TIME		10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00				(CL)
Melt Flow Rate		6.8	6.8	6.7	6.3	6.7	6.8	6.7	6.3	6.4	6.2	6.4	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.1	6.6				6.4
Moving Range			0.0	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5				0.2

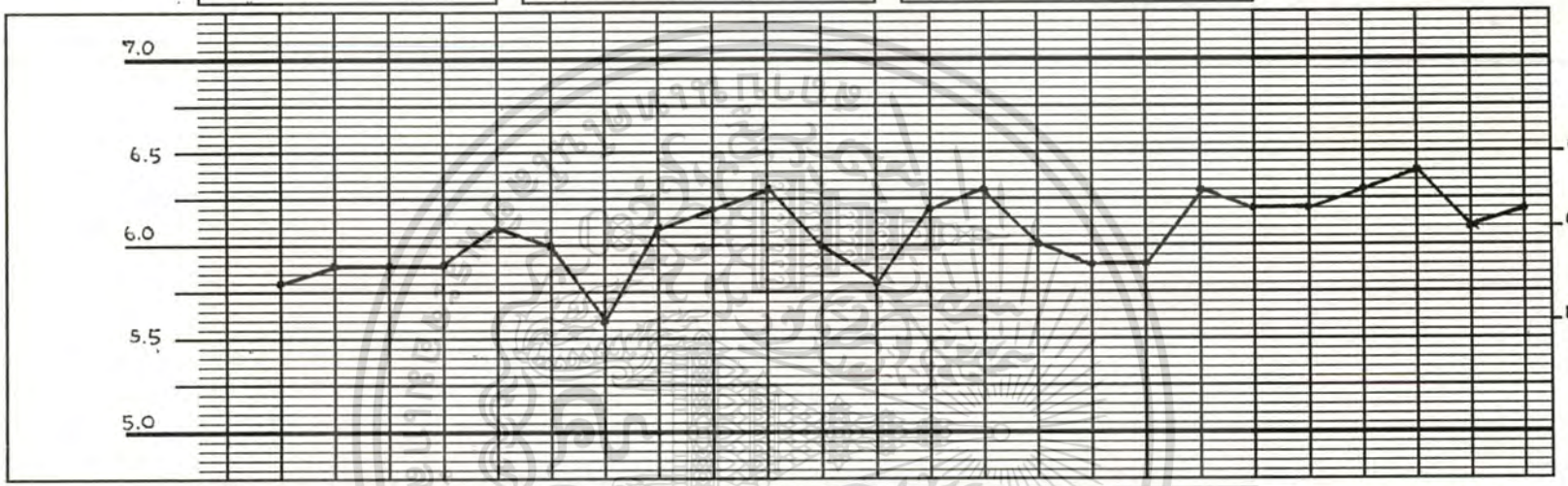
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

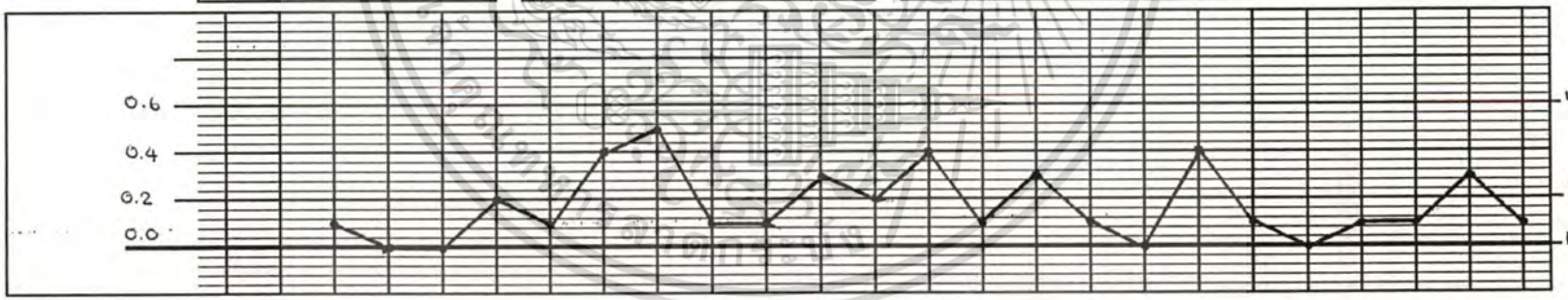
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	006 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	20 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ =	UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ =	LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ =	INDIVIDUALS CHART
6.1	6.5	5.6	



CL = Average R =	UCL = D4$\bar{R}$ =	LCL = D3$\bar{R}$ =	MOVING RANGES (MR CHART)
0.2	0.6	0.0	



DATE	20-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate	5.8	5.9	5.9	5.9	6.1	6.0	5.6	6.1	6.2	6.3	6.0	5.8	6.2	6.3	6.0	5.9	5.9	6.3	6.2	6.2	6.3	6.4	6.1	6.2	6.1
Moving Range		0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.4	0.5	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2

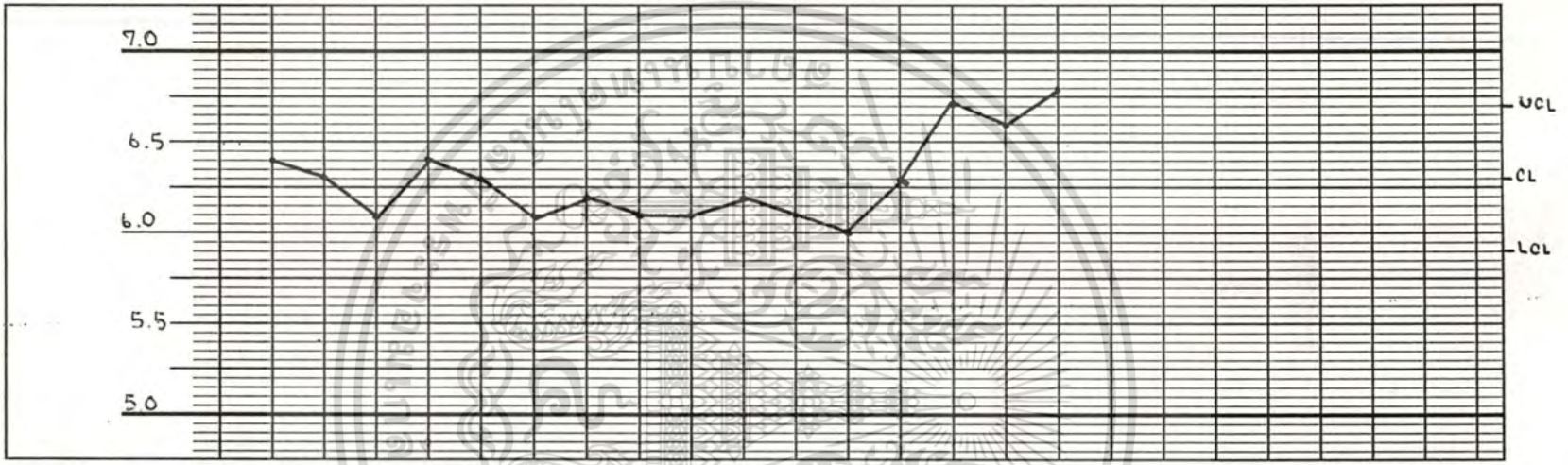
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

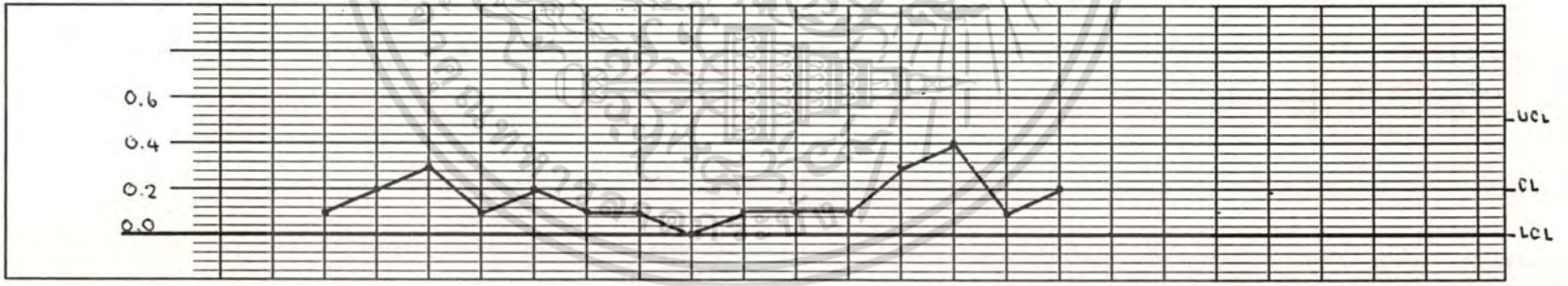
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	005 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	19 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 6.3 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.7 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.9 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	19 - 07 - 1999																	Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	(CL)
Melt Flow Rate		6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	6.1	6.2	6.1	6.1	6.2	6.1	6.0	6.3	6.7	6.6	6.8	6.3
Moving Range			0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2

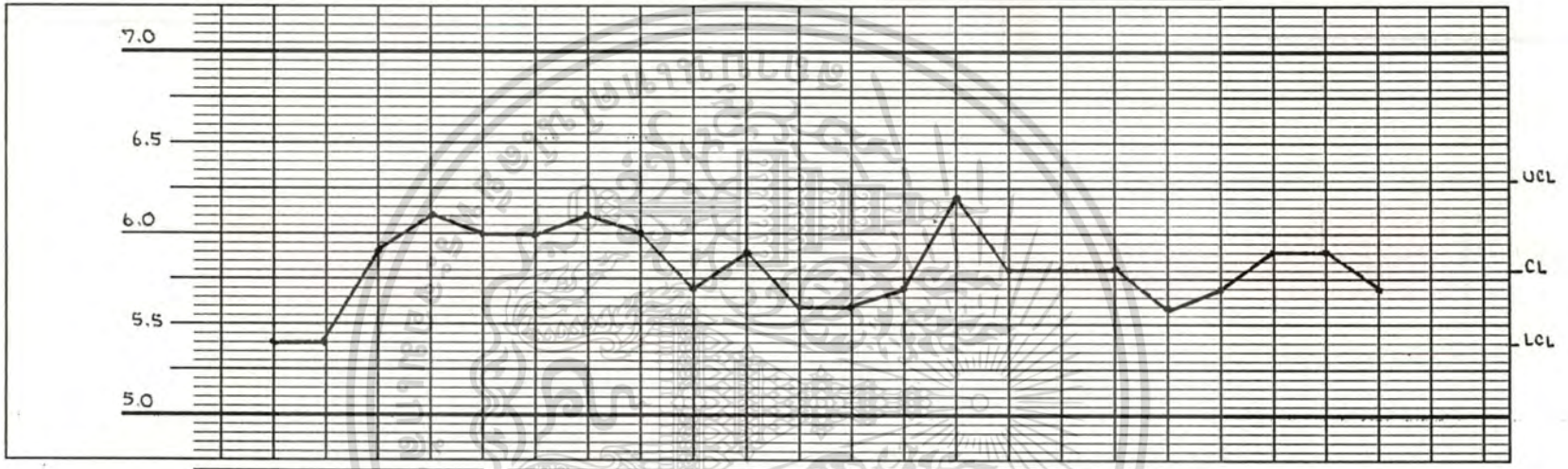
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

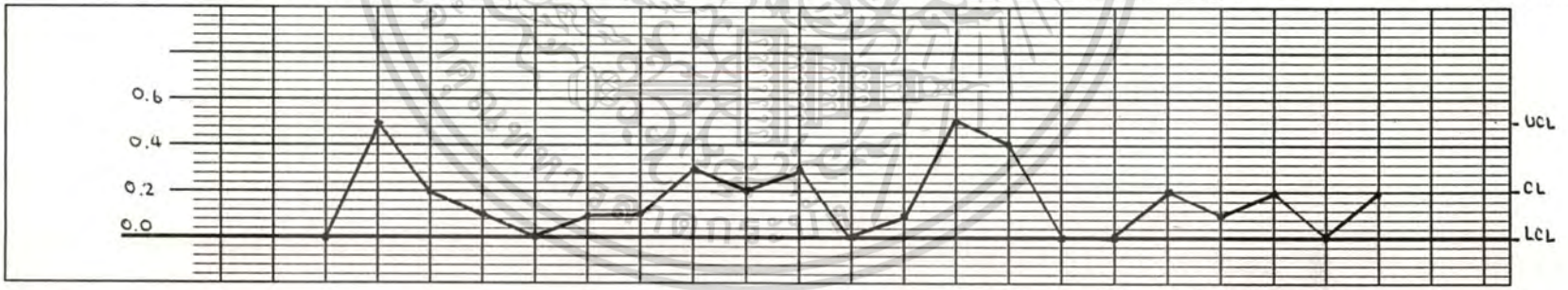
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	007 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	21 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL = Average $\bar{\bar{X}}$ =	UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ =	LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ =	INDIVIDUALS CHART
5.8	6.3	5.4	



CL = Average R =	UCL = D4$\bar{R}$ =	LCL = D3$\bar{R}$ =	MOVING RANGES (MR CHART)
0.2	0.5	0.0	



DATE	21-07-1999																								Average
TIME		09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00			(CL)
Melt Flow Rate		5.4	5.4	5.9	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	5.7	5.9	5.6	5.6	5.7	6.2	5.8	5.8	5.8	5.6	5.7	5.9	5.9	5.7			5.8
Moving Range			0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2			0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

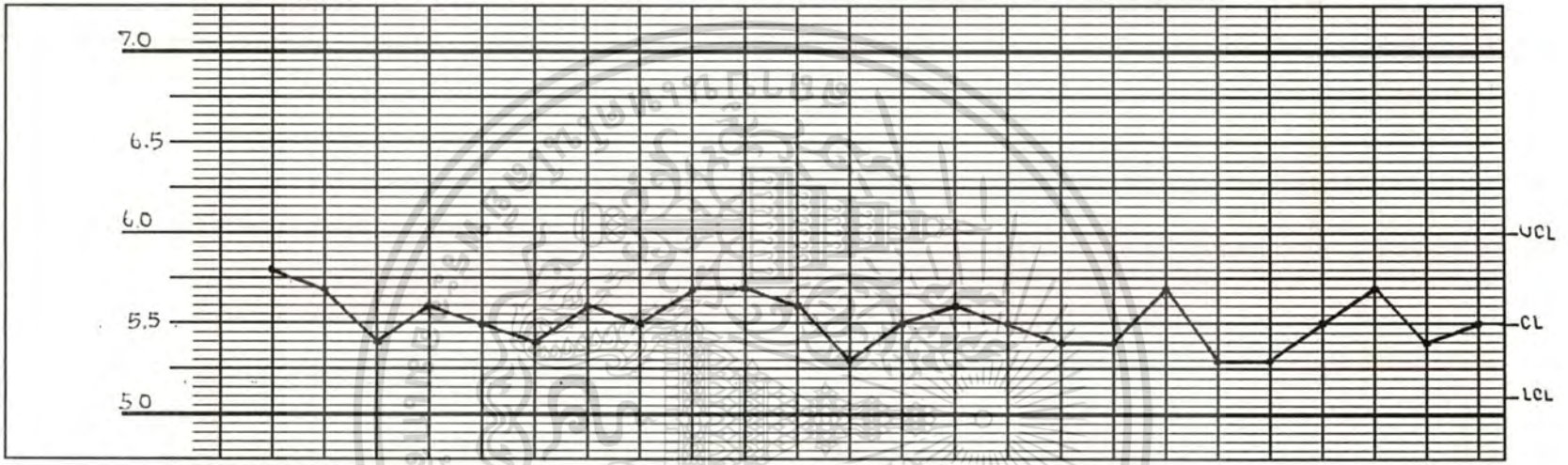
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	008 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	22 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.5 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.0 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.1

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.5 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)

DATE	22-07-1999																								Average
TIME		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate		5.8	5.7	5.4	5.6	5.5	5.4	5.6	5.5	5.7	5.7	5.6	5.3	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4	5.7	5.3	5.3	5.5	5.7	5.4	5.5	5.5
Moving Range			0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.4	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

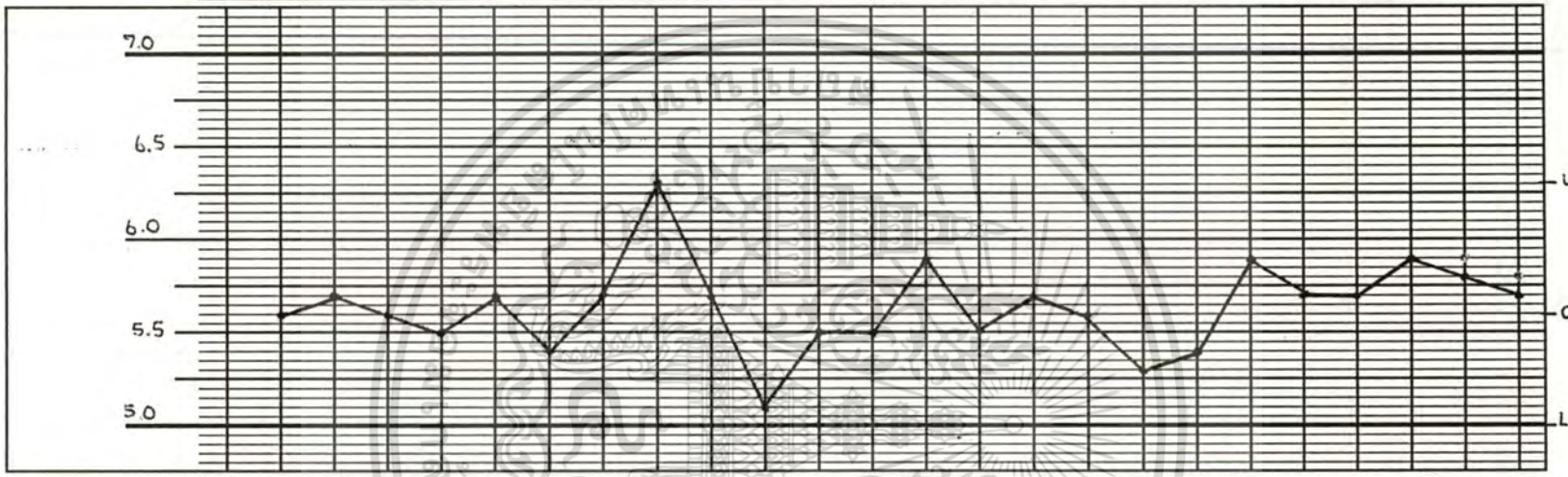
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	009 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	23 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

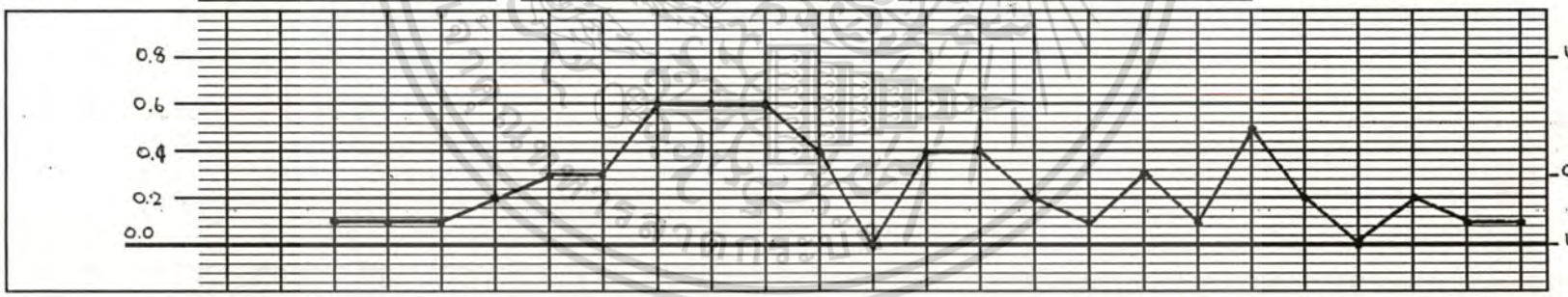
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 5.6 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.3 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.0

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.3 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.8 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	23-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate	5.6	5.7	5.6	5.5	5.7	5.4	5.7	6.3	5.7	5.1	5.5	5.5	5.9	5.5	5.7	5.6	5.3	5.4	5.9	5.7	5.7	5.9	5.8	5.7	5.6
Moving Range		0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.0	0.4	0.4	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

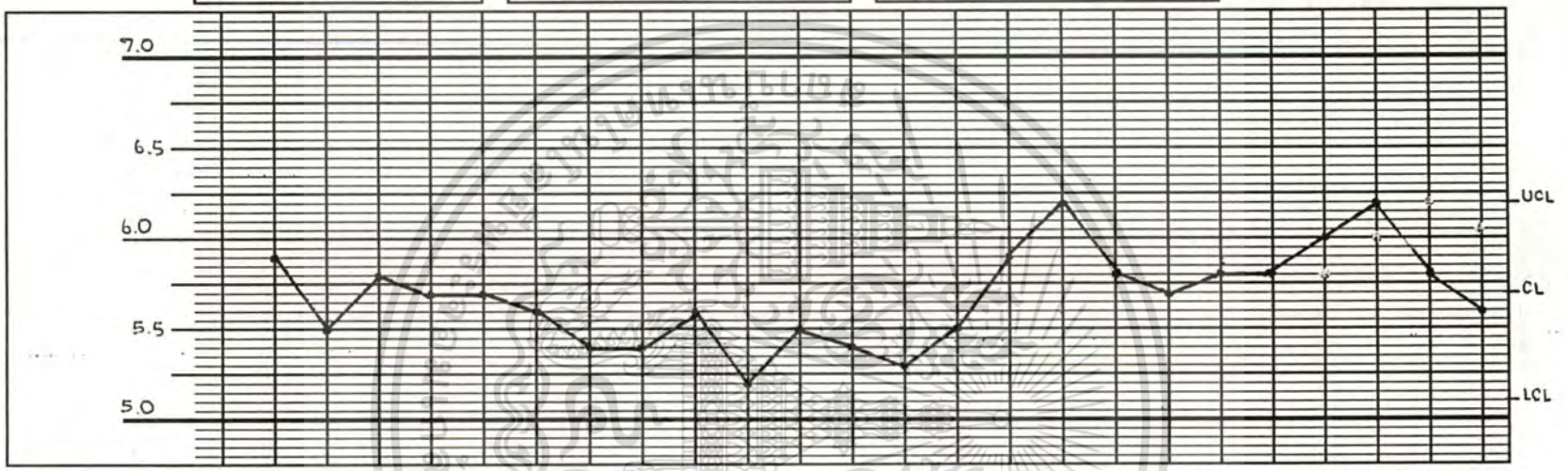
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Melt Flow Rate

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Temp. 200 C , 5.0 kg.	5.0 g . / Time / hr.	010 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	24 - 07 - 1999	Melt Indexer	5.0 - 7.0	g. / 10 min.

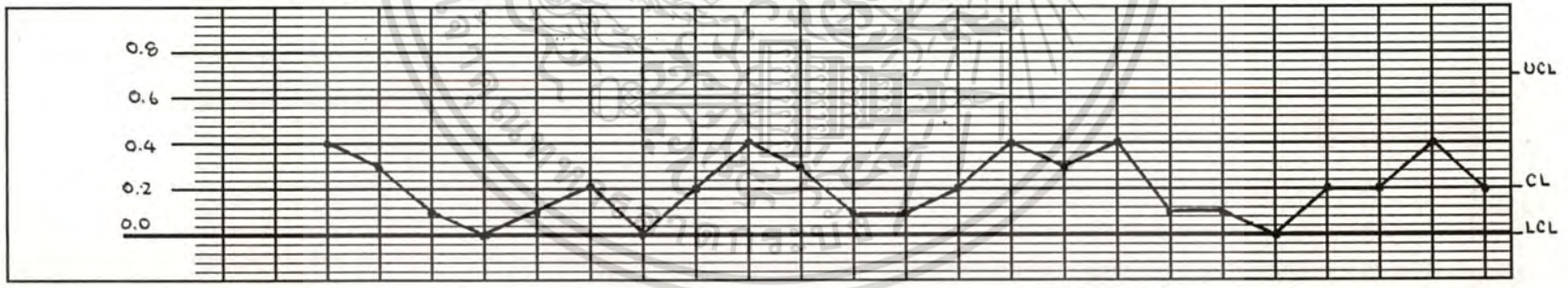
CL = Average $\bar{X}$ = 5.7 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 6.2 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 5.1

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.2 | UCL = D4$\bar{R}$ = 0.7 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	24-07-1999																								Average
TIME	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	(CL)
Melt Flow Rate	5.9	5.5	5.8	5.7	5.7	5.6	5.4	5.4	5.6	5.2	5.5	5.4	5.3	5.5	5.9	6.2	5.8	5.7	5.8	5.8	6.0	6.2	5.8	5.6	5.7
Moving Range		0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

ภาคผนวก ง.

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงดึง Tensile Strength at Yield ; Ty. ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

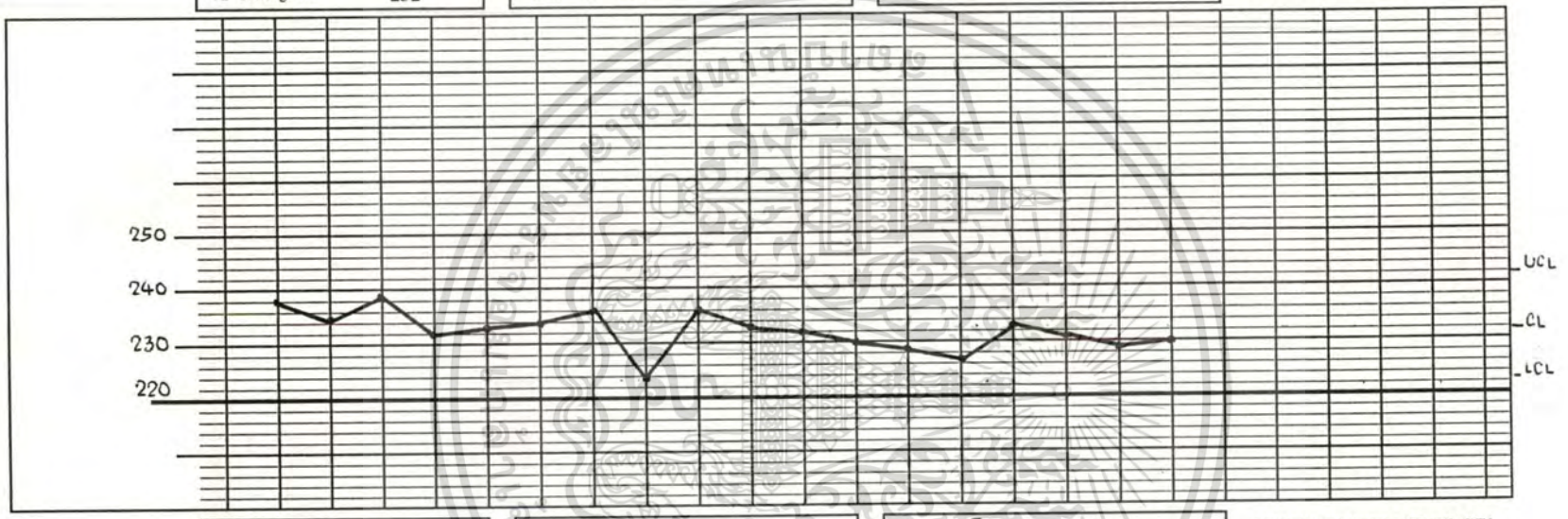
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	001 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	15 - 19/ 07 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	kg. cm^2

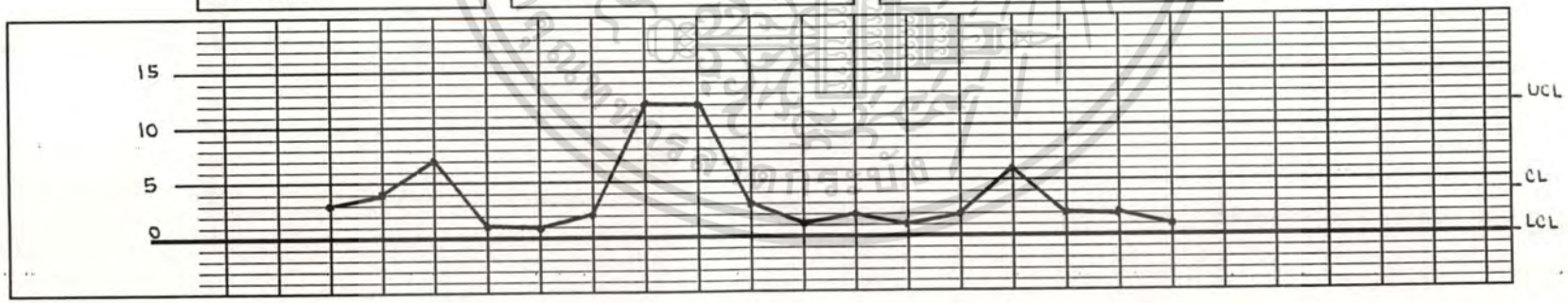
CL =Average $\bar{\bar{X}}$ = 232 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 242 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 223

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 12 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	15-07-1999			16-07-1999			17-07-1999				18-07-1999				19-07-1999				Average
TIME	08.00	14.00	20.00	08.00	14.00	20.00	02.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	(CL)
Tensile Strength at Yield	238	235	239	232	233	234	236	224	236	233	232	230	229	227	233	231	229	230	232
Moving Range		3	4	7	1	1	2	12	12	3	1	2	1	2	6	2	2	1	4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

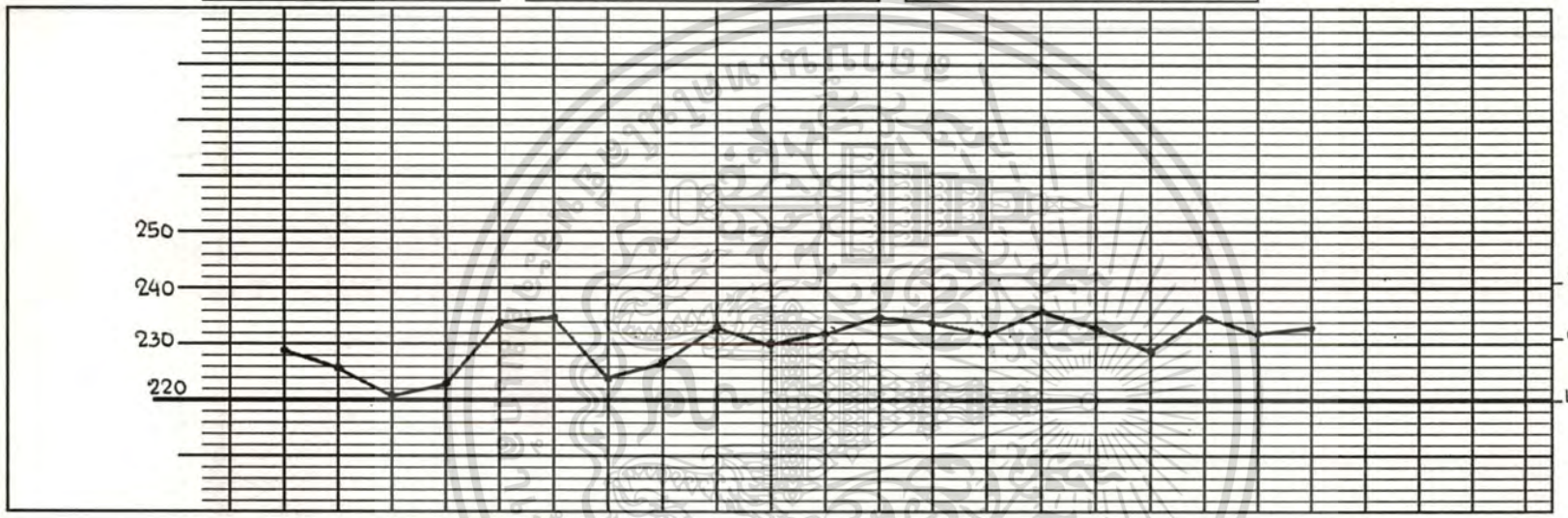
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	002 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	20 - 24/ 07 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	kg. cm^2

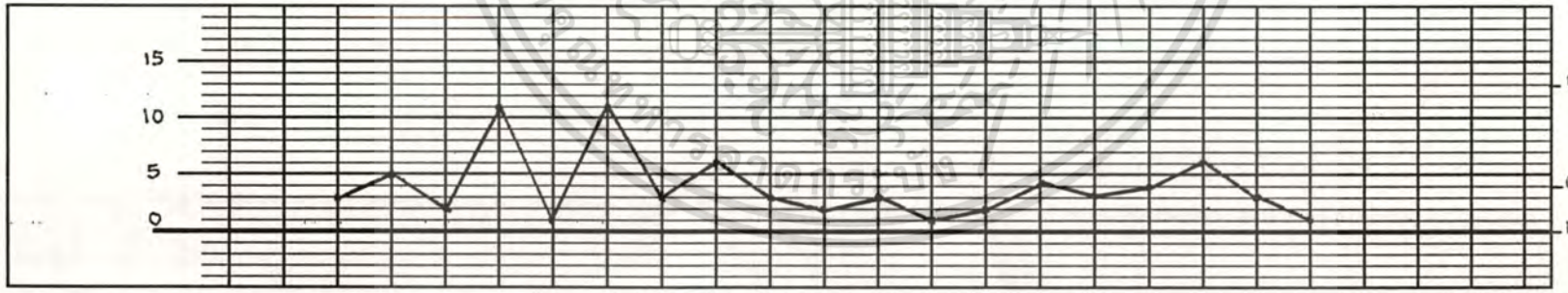
CL = Average $\bar{X}$ = 231 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 241 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 220

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 13 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	20-07-1999				21-07-1999				22-07-1999				23-07-1999				24-07-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Tensile Strength at Yield	229	226	221	223	234	235	224	227	233	230	232	235	234	232	236	233	229	235	232	233					231
Moving Range		3	5	2	11	1	11	3	6	3	2	3	1	2	4	3	4	6	3	1					4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

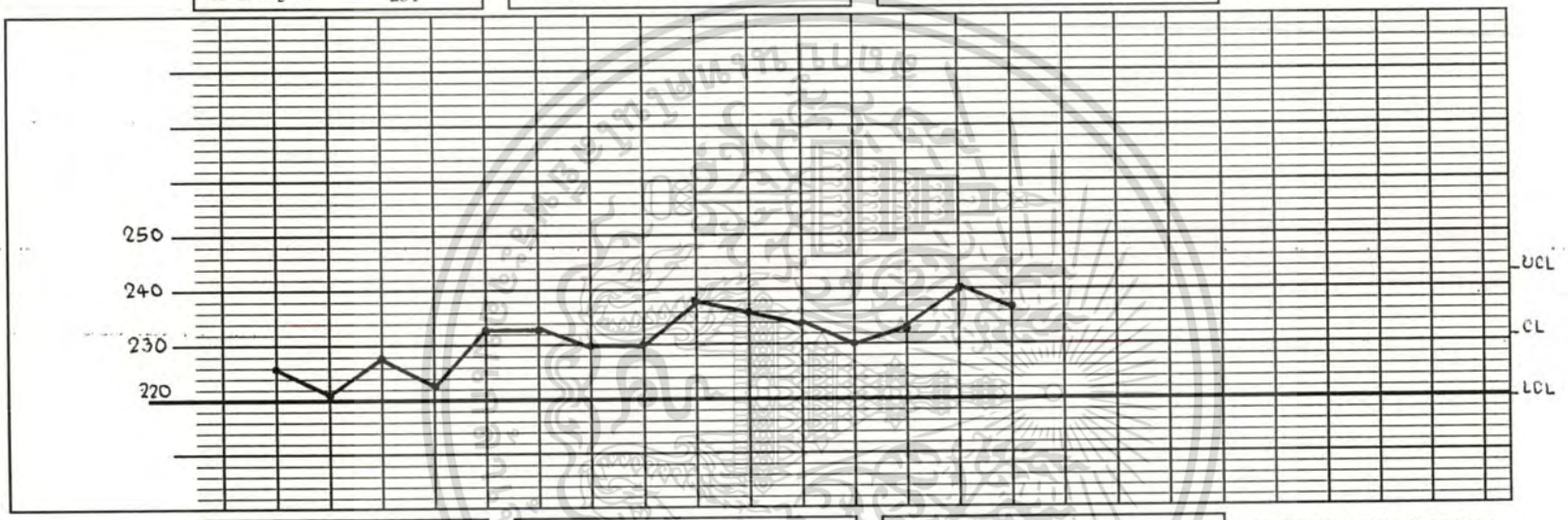
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	003 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	25 - 29/ 07 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	kg. cm^2

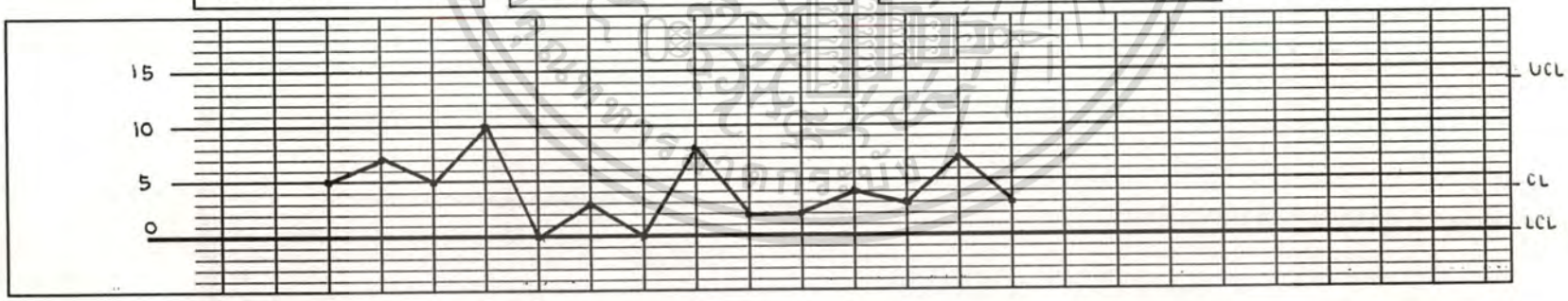
CL =Average $\bar{X}$ = 231 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 243 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 220

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 14 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	25-07-1999				26-07-1999				27-07-1999				28-07-1999				Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	14.00	20.00	02.00		(CL)
Tensile Strength at Yield	226	221	228	223	233	233	230	230	238	236	234	230	233	240	237		231
Moving Range		5	7	5	10	0	3	0	8	2	2	4	3	7	3		4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

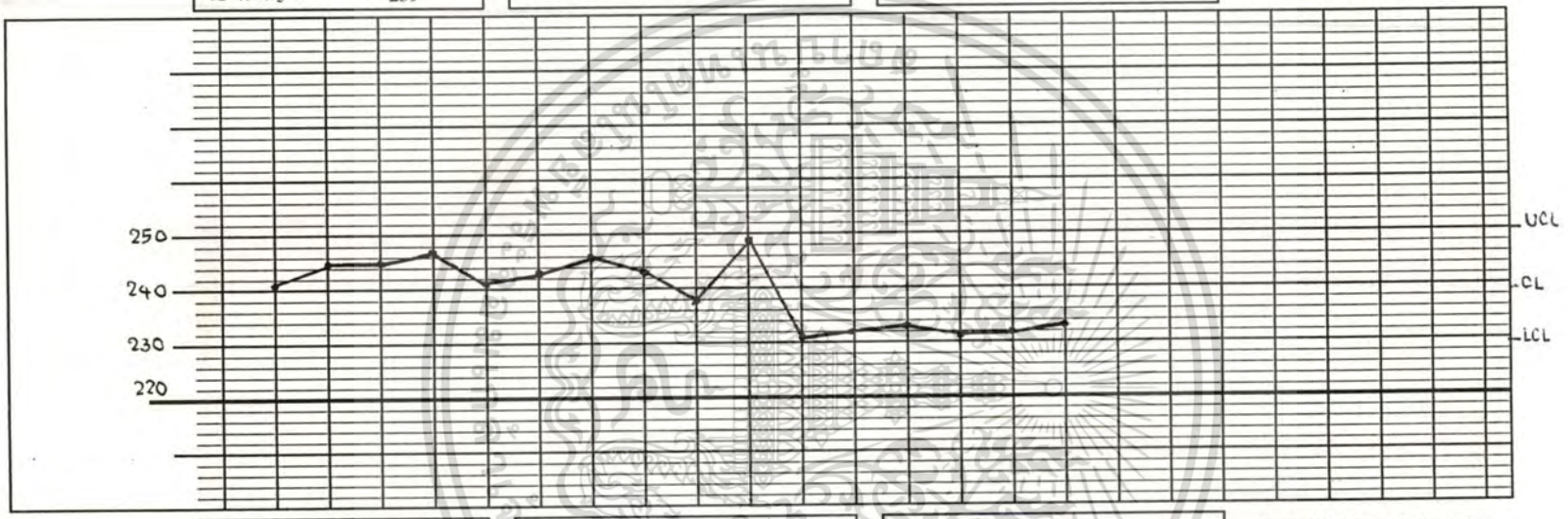
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	004 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	30 - 03/ 08 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	kg. cm^2

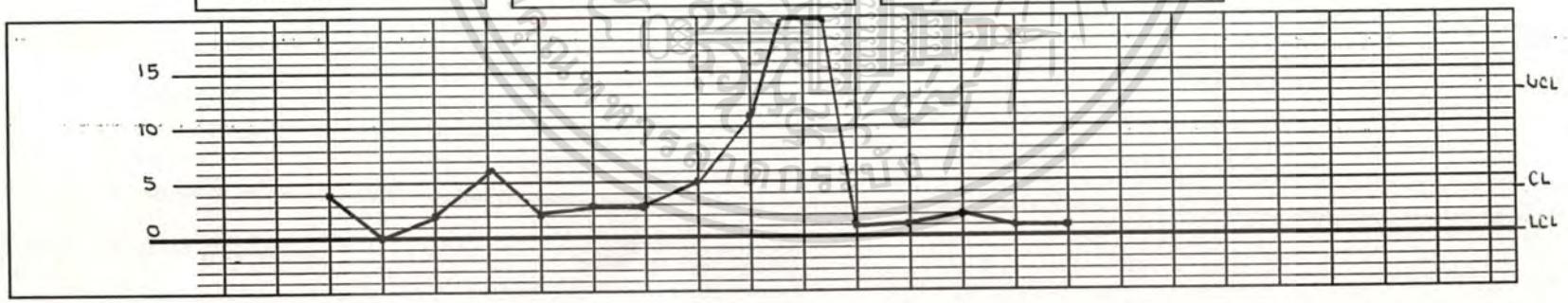
CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 239 ; UCL = $\bar{\bar{X}} + E2\bar{R}$ = 250 ; LCL = $\bar{\bar{X}} - E2\bar{R}$ = 229

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 4 ; UCL = $D4\bar{R}$ = 13 ; LCL = $D3\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	30-07-1999				31-07-1999				01-08-1999				02-08-1999				Average
TIME	08.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	02.00	14.00	20.00	02.00	14.00	20.00	02.00	(CL)
Tensile Strength at Yield	241	245	245	247	241	243	246	243	238	249	231	232	233	231	232	233	239
Moving Range		4	0	2	6	2	3	3	5	11	18	1	1	2	1	1	4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

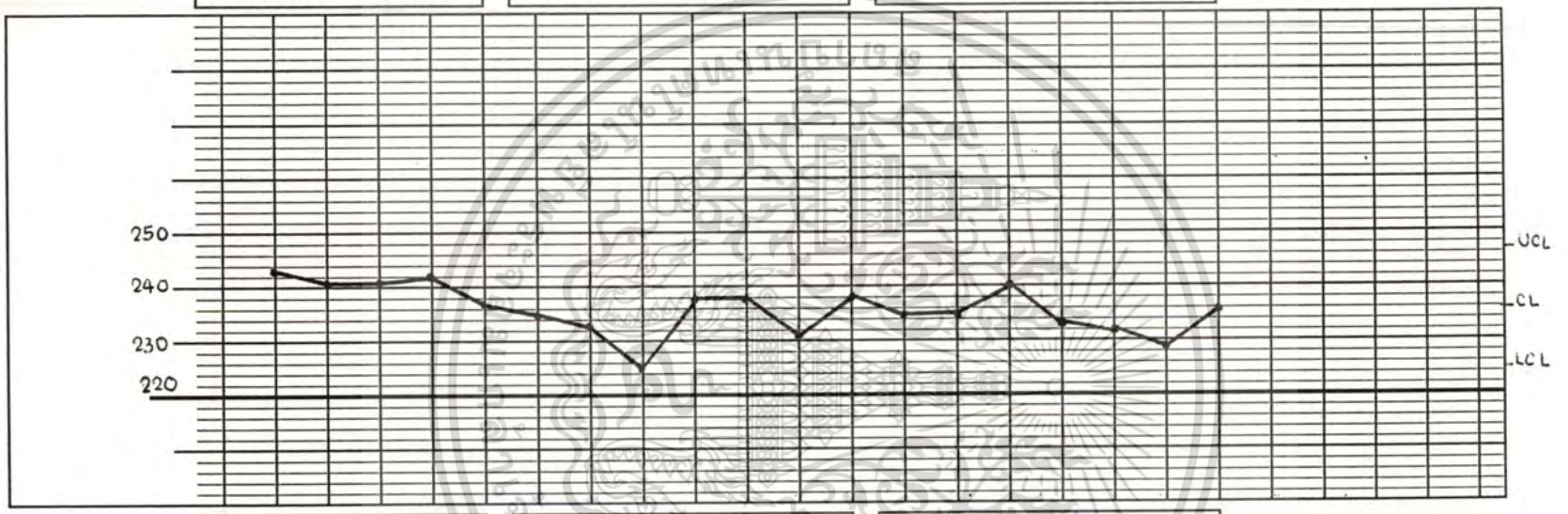
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	005 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	04 - 08/ 08 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	kg. cm^2

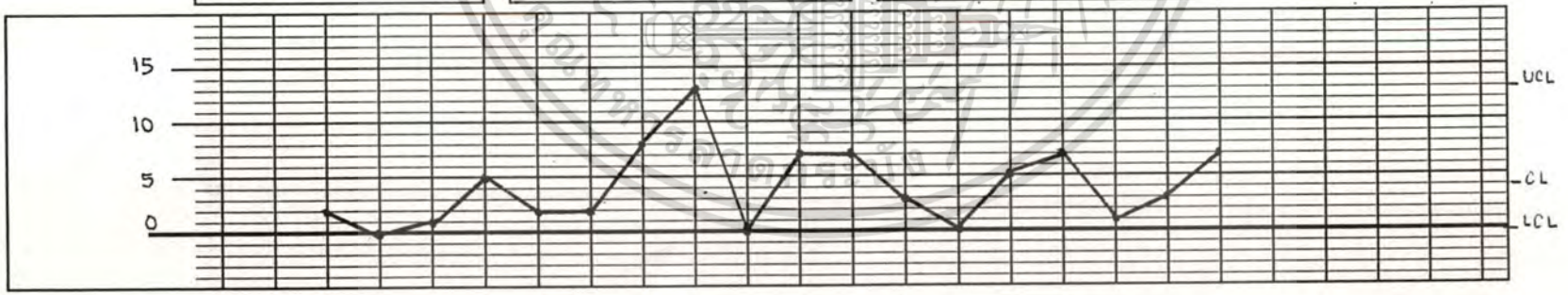
CL =Average $\bar{X}$ = 236 | UCL = $\bar{\bar{X}}$ + E2$\bar{R}$ = 247 | LCL = $\bar{\bar{X}}$ - E2$\bar{R}$ = 225

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 4 | UCL = D4$\bar{R}$ = 13 | LCL = D3$\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	04-08-1999			05-08-1999				06-08-1999			07-08-1999				08-08-1999				Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	(CL)
Tensile Strength at Yield	243	241	241	242	237	235	233	225	238	238	231	238	235	235	240	233	232	229	236	236
Moving Range		2	0	1	5	2	2	8	13	0	7	7	3	0	5	7	1	3	7	4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

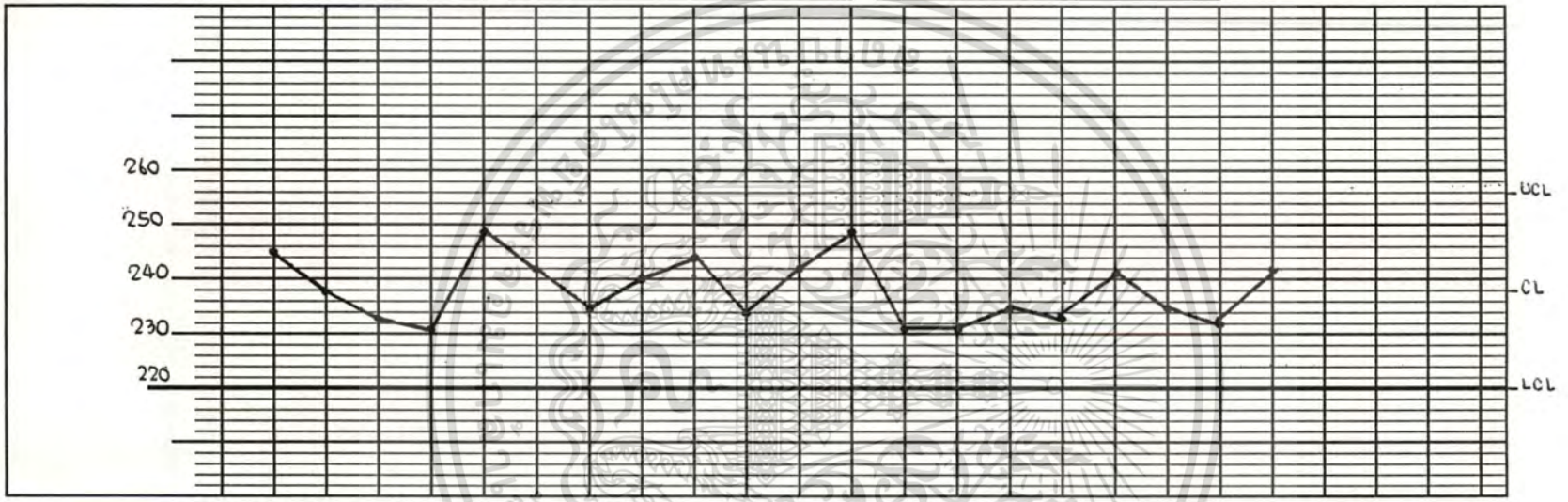
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Tensile Strength at Yield

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	Speed 5 mm. / min.	5 Sample / Time	006 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	09 - 13/ 08 / 1999	Tensile Strength Tester	> 220	$kg.\ cm^2$

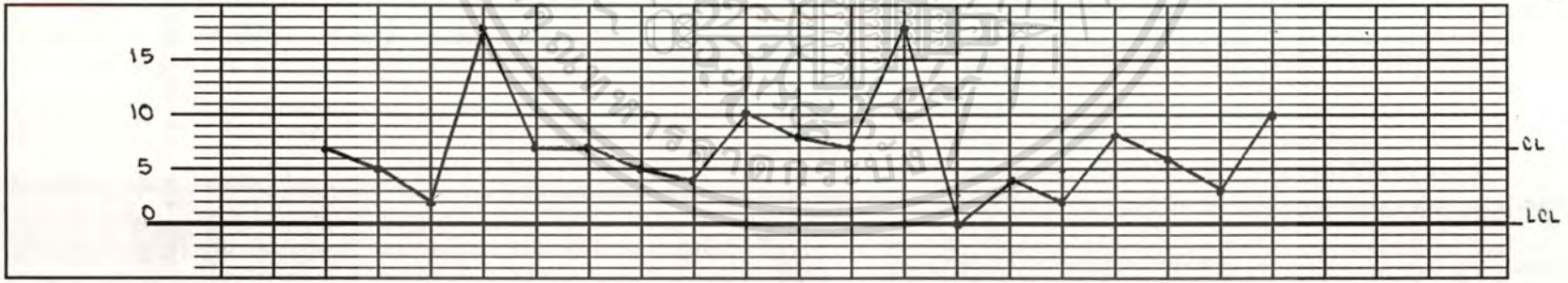
CL = Average $\bar{\bar{X}}$ = 238 | UCL = $\bar{\bar{X}} + E2\bar{R}$ = 256 | LCL = $\bar{\bar{X}} - E2\bar{R}$ = 220

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 7 | UCL = $D4\bar{R}$ = 23 | LCL = $D3\bar{R}$ = 0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	09-08-1999				10-08-1999				11-08-1999				12-08-1999				13-08-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Tensile Strength at Yield	245	238	233	231	249	242	235	240	244	234	242	249	231	231	235	233	241	235	232	242					238
Moving Range		7	5	2	18	7	7	5	4	10	8	7	18	0	4	2	8	6	3	10					7

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

ภาคผนวก จ.

แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดี่ยวของการทดสอบค่าการทนต่อแรงกระแทก Izod Impact Strength ที่ผ่านการปรับปรุงแผนภูมิแล้ว

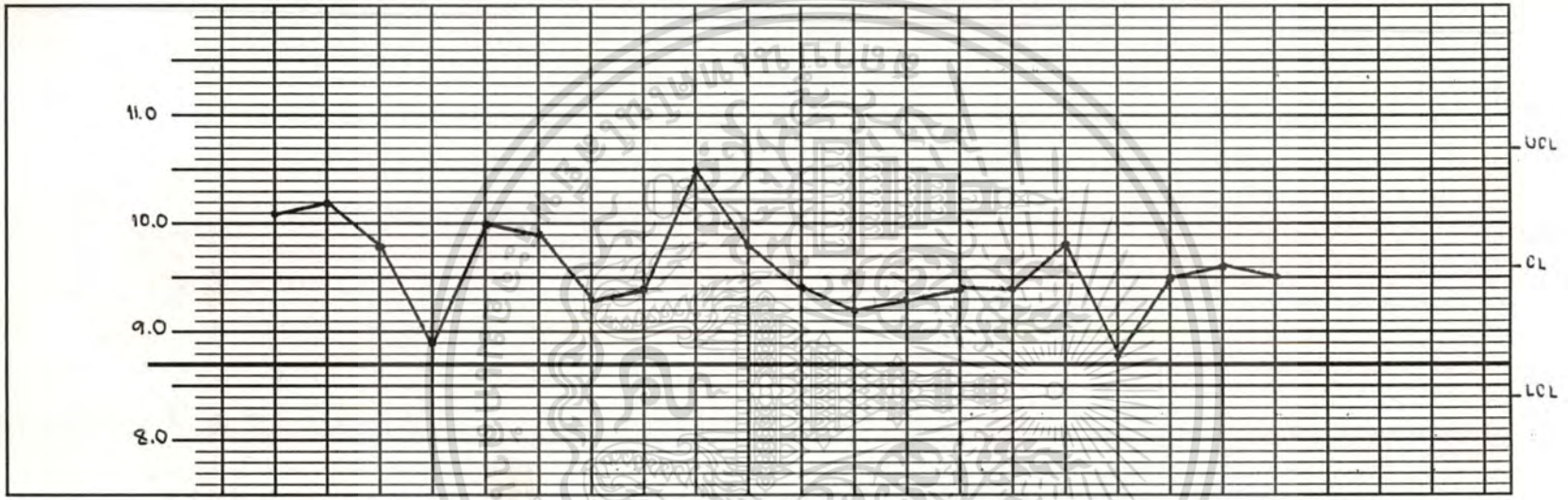
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

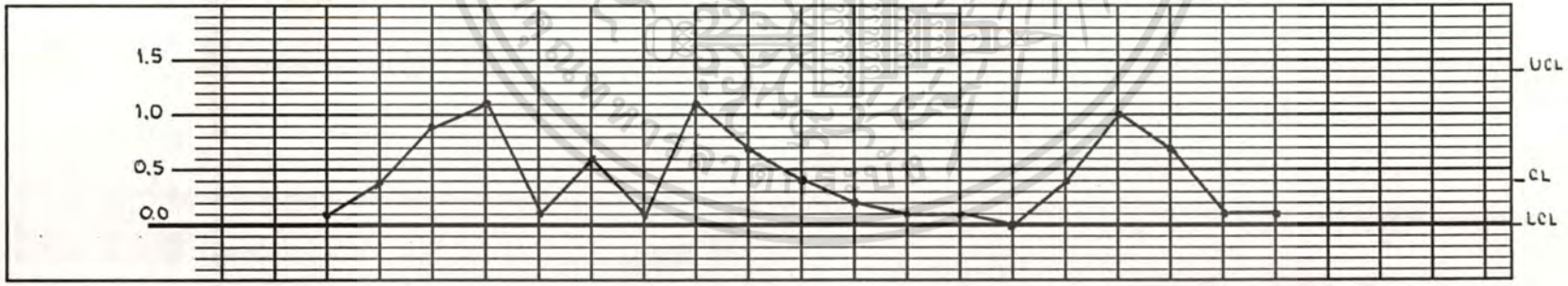
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	001 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	15 - 19/ 07 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

CL =Average X = 9.6 | UCL = X + E2R = 10.7 | LCL = X - E2R = 8.4 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.4 | UCL = D4R = 1.4 | LCL = D3R = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



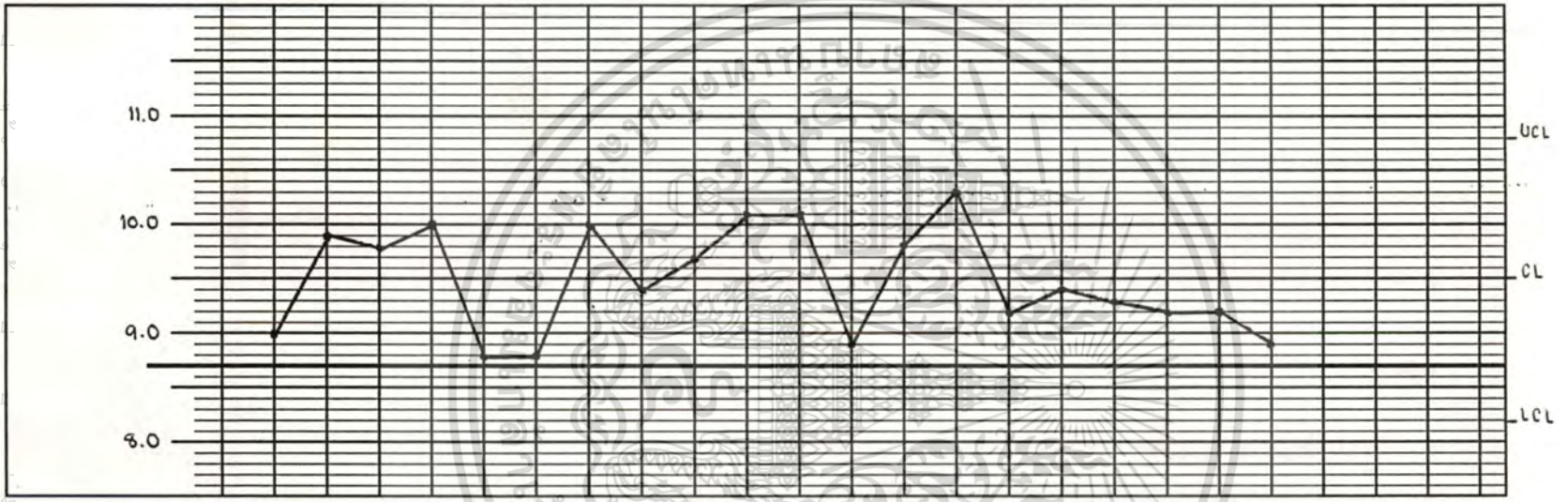
DATE	15-07-1999				16-07-1999				17-07-1999				18-07-1999				19-07-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Izod Impact 1/4"	10.1	10.2	9.8	8.9	10.0	9.9	9.3	9.4	10.5	9.8	9.4	9.2	9.3	9.4	9.4	9.8	8.8	9.5	9.6	9.5					9.6
Moving Range		0.1	0.4	0.9	1.1	0.1	0.6	0.1	1.1	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4	1.0	0.7	0.1	0.1					0.4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

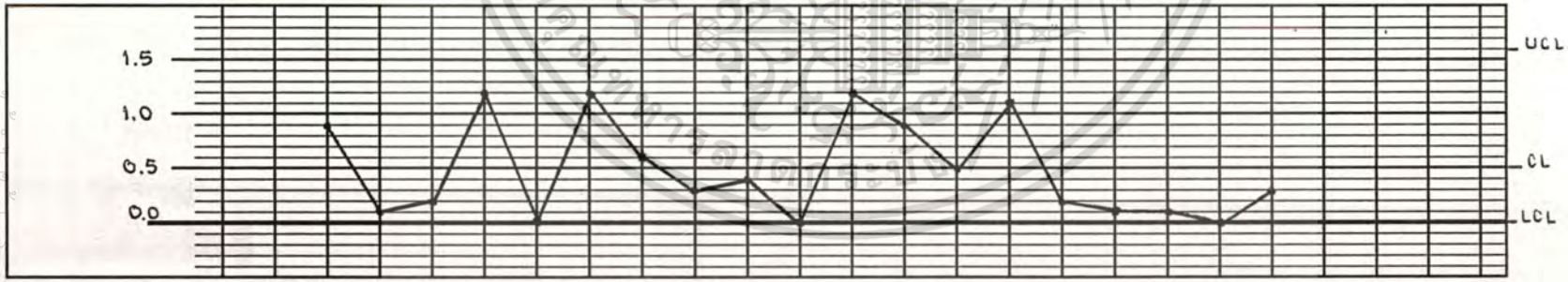
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4" X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	002 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	20 - 24/ 07 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

CL =Average X = 9.5 | UCL = X + E2R = 10.8 | LCL = X - E2R = 8.2 | INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.5 | UCL = D4R = 1.6 | LCL = D3R = 0.0 | MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	20-07-1999				21-07-1999				22-07-1999				23-07-1999				24-07-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Izod Impact 1/4 "	9.0	9.9	9.8	10.0	8.8	8.8	10.0	9.4	9.7	10.1	10.1	8.9	9.8	10.3	9.2	9.4	9.3	9.2	9.2	8.9					9.5
Moving Range		0.9	0.1	0.2	1.2	0.0	1.2	0.6	0.3	0.4	0.0	1.2	0.9	0.5	1.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.3					0.5

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

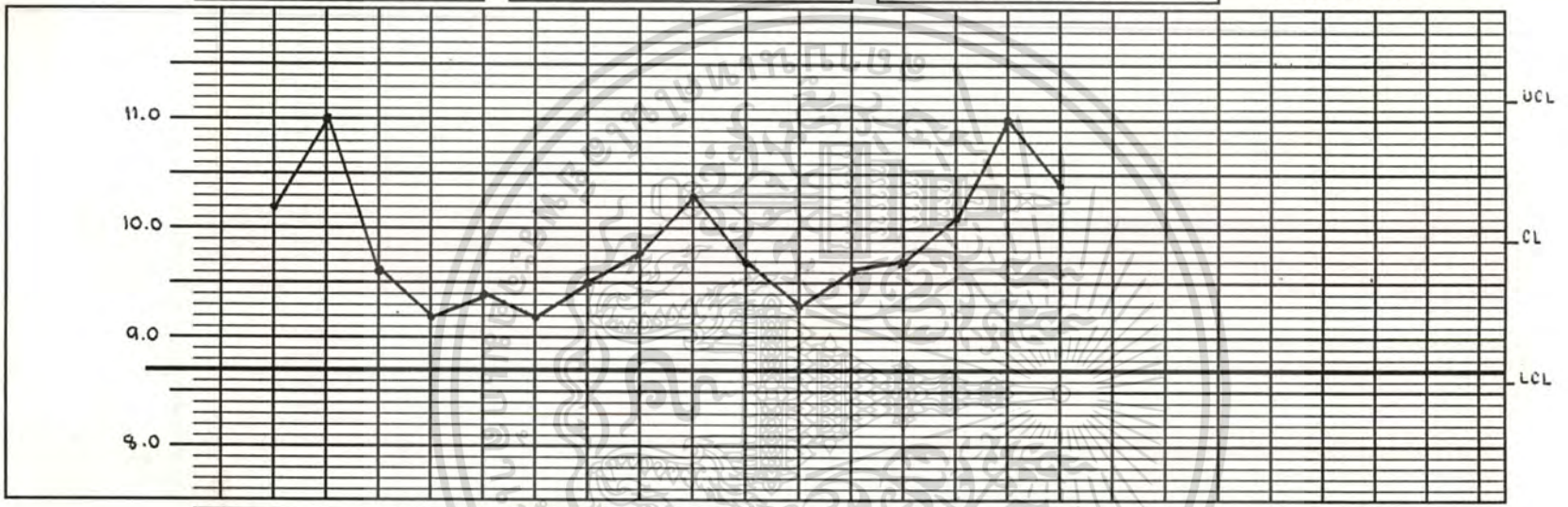
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	003 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	25 - 29/ 07 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

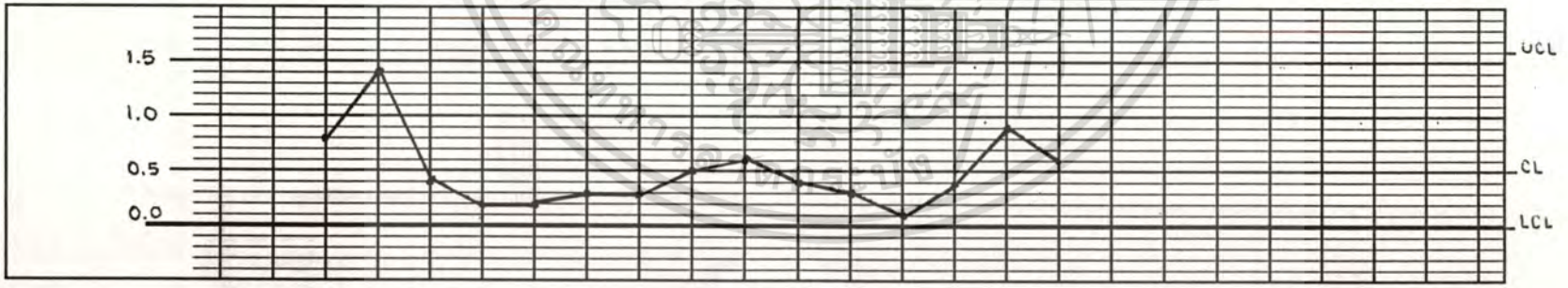
CL =Average X = 9.9 | UCL = X + E2R = 11.2 | LCL = X - E2R = 8.6

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.5 | UCL = D4R = 1.6 | LCL = D3R = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	25-07-1999				26-07-1999				27-07-1999				28-07-1999												Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00									(CL)
Izod Impact 1/4"	10.2	11.0	9.6	9.2	9.4	9.2	9.5	9.8	10.3	9.7	9.3	9.6	9.7	10.1	11.0	10.4									9.9
Moving Range		0.8	1.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.4	0.3	0.1	0.4	0.9	0.6									0.5

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

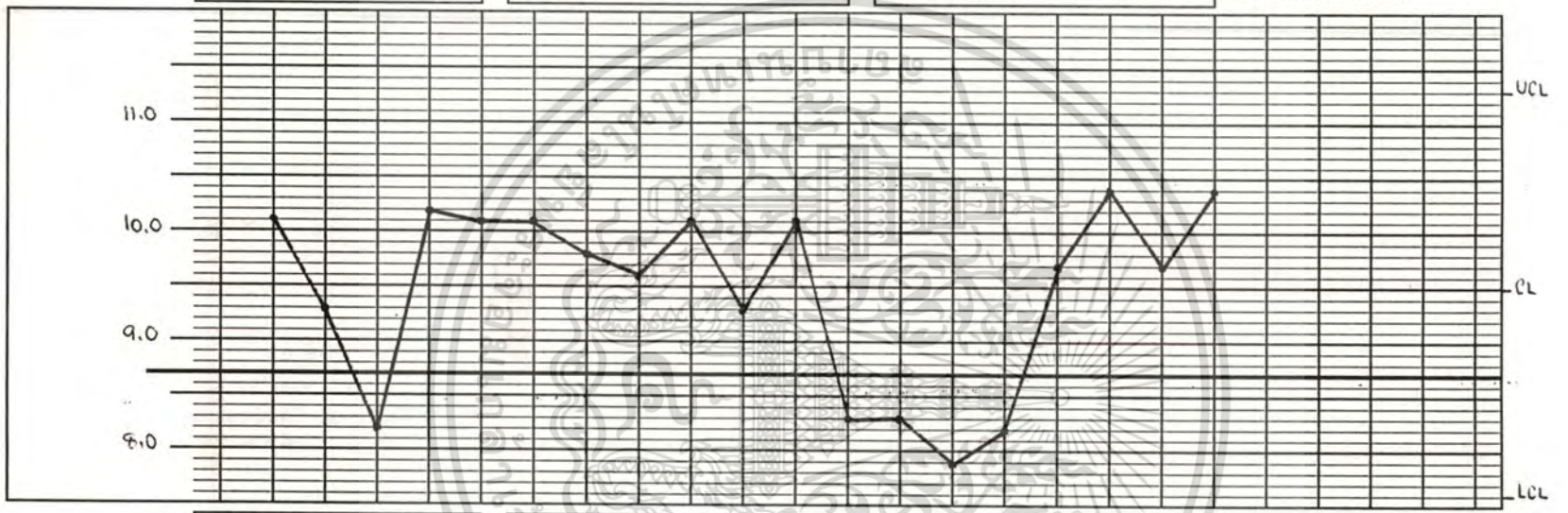
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	004 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	30 - 03/ 08 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

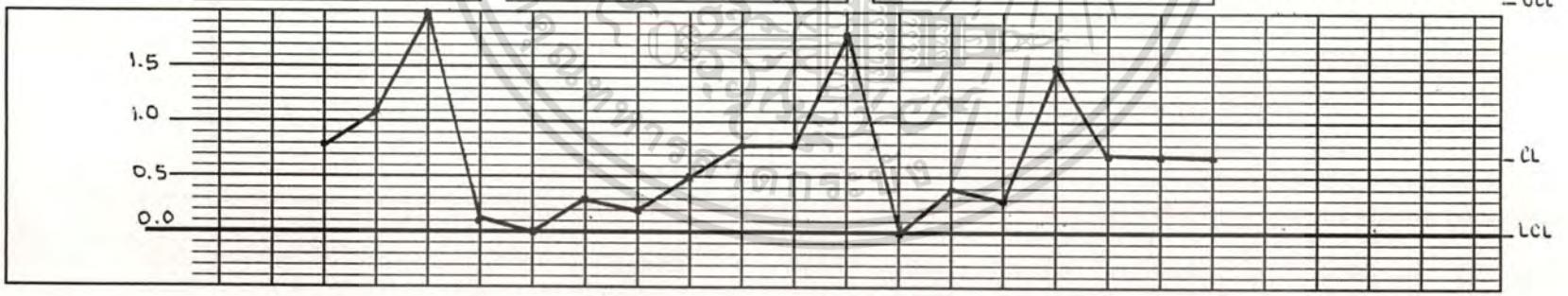
CL =Average X = 9.5 | UCL = X + E2R = 11.3 | LCL = X - E2R = 7.6

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.7 | UCL = D4R = 2.3 | LCL = D3R = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	30-07-1999			31-07-1999				01-08-1999				02-08-1999				03-08-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Izod Impact 1/4"	10.1	9.3	8.2	10.2	10.1	10.1	9.8	9.6	10.1	9.3	10.1	8.3	8.3	7.9	8.2	9.7	10.4	9.7	10.4					9.5
Moving Range		0.8	1.1	2.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.5	0.8	0.8	1.8	0.0	0.4	0.3	1.5	0.7	0.7	0.7					0.7

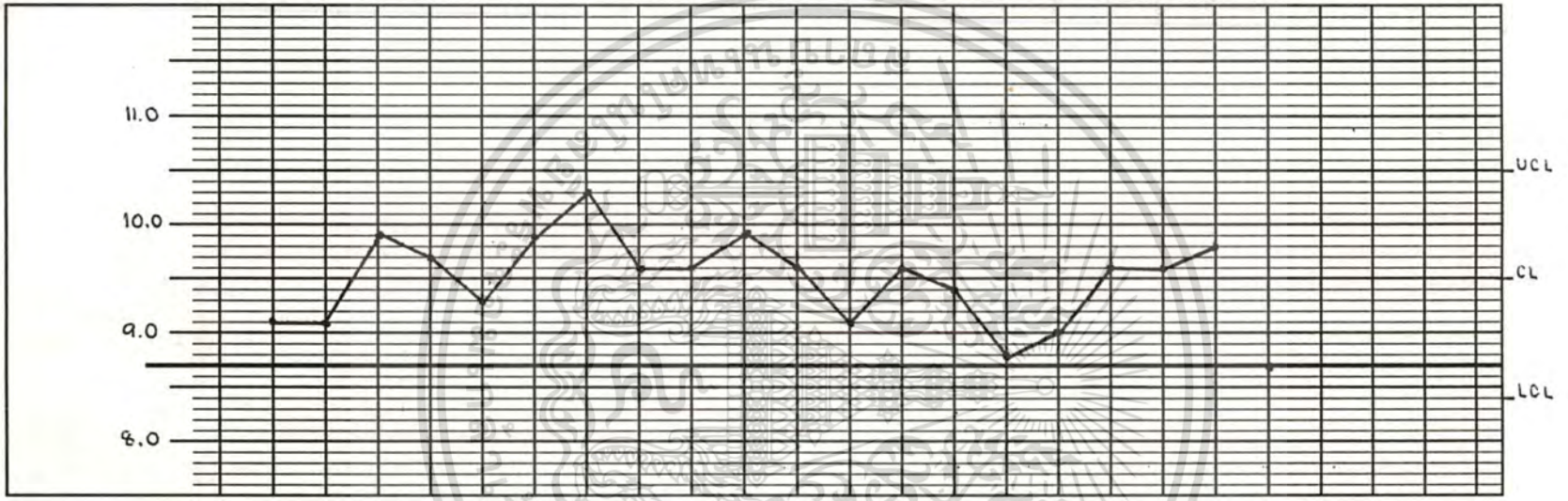
Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

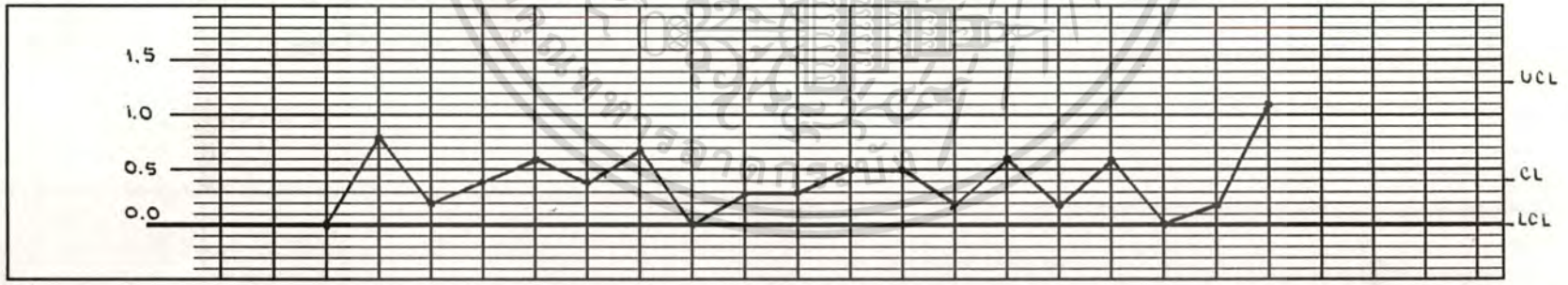
X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	005 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	04 - 08/ 08 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

CL =Average X =	UCL = X + E2R =	LCL = X - E2R =	INDIVIDUALS CHART
9.5	10.5	8.4	



CL = Average R =	UCL = D4R =	LCL = D3R =	MOVING RANGES (MR CHART)
0.4	1.3	0.0	



DATE	04-08-1999				05-08-1999				06-08-1999				07-08-1999				08-08-1999								Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00					(CL)
Izod Impact 1/4 "	9.1	9.1	9.9	9.7	9.3	9.9	10.3	9.6	9.6	9.9	9.6	9.1	9.6	9.4	8.8	9.0	9.6	9.6	9.8	8.7					9.5
Moving Range		0.0	0.8	0.2	0.4	0.6	0.4	0.7	0.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.2	0.6	0.2	0.6	0.0	0.2	1.1					0.4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

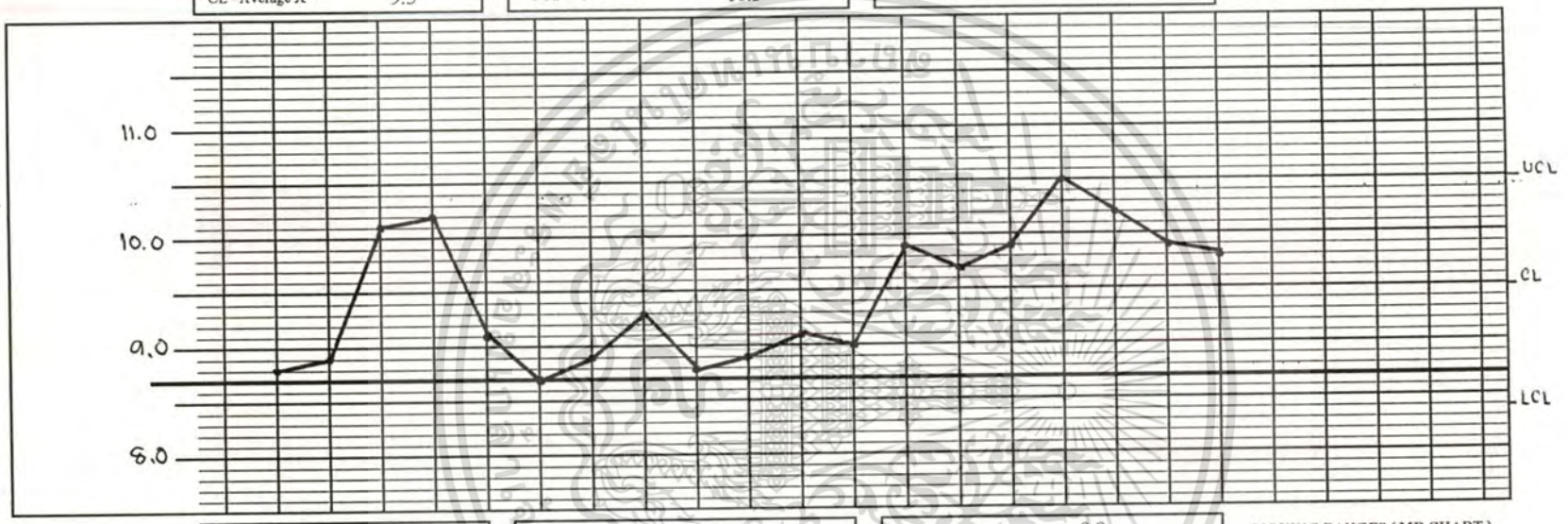
INDIVIDUAL AND MOVING RANGE (X-MR) CONTROL CHART for Izod Impact 1/4"

X - R Moving Range for n = 2

PALNT	DEPARTMENT	CONDITION MEASUREMENT	SAMPLE SIZE FREQUENCY	CHART NO.
EPS - I	Technical	--	8 Sample / Time	006 / 1999
PRODUCT NAME	**DATE**	**MACHINE NAME**	**SPECIFICATION**	**UNIT OF MEASURE**
Eporex 825 - 10	09 - 13/ 08 / 1999	Izod Impact Tester	> 8.7	kg. cm. / cm.

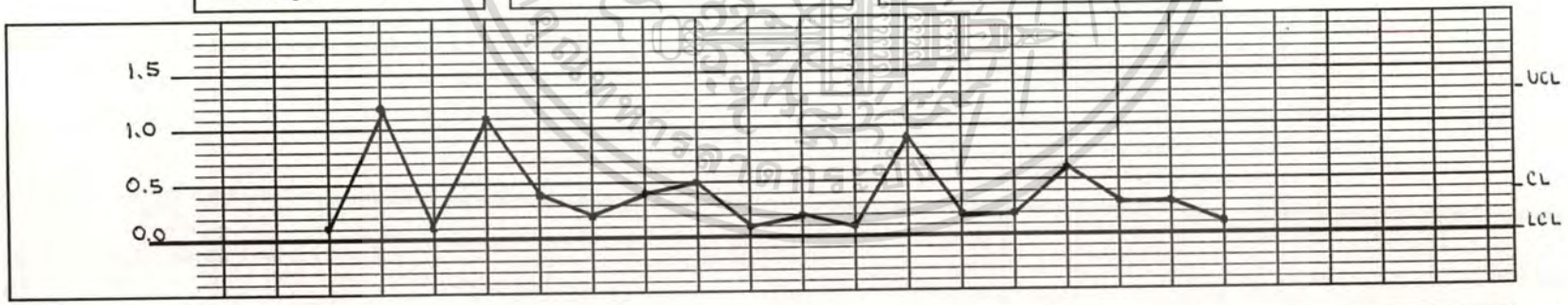
CL =Average X = 9.5 | UCL = X + E2R = 10.5 | LCL = X - E2R = 8.4

INDIVIDUALS CHART



CL = Average R = 0.4 | UCL = D4R = 1.3 | LCL = D3R = 0.0

MOVING RANGES (MR CHART)



DATE	09-08-1999				10-08-1999				11-08-1999				12-08-1999				13-08-1999					Average
TIME	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00	14.00	20.00	02.00	08.00	14.00	20.00	02.00			(CL)
Izod Impact 1/4"	8.8	8.9	10.1	10.2	9.1	8.7	8.9	9.3	8.8	8.9	9.1	9.0	9.9	9.7	9.9	10.5	10.2	9.9	9.8			9.5
Moving Range		0.1	1.2	0.1	1.1	0.4	0.2	0.4	0.5	0.1	0.2	0.1	0.9	0.2	0.2	0.6	0.3	0.3	0.1			0.4

Constant Valve E 2 = 2.660 ; D 3 = 0 and D 4 = 3.267

ภาคผนวก ฉ

ประวัติบริษัท

บริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน โดยมีประวัติบริษัทดังต่อไปนี้

บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด เป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างไทย - ญี่ปุ่น ก่อตั้งเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ.2530 (ค.ศ.1987) โดยในปัจจุบันมีสัดส่วนของผู้ถือหุ้น ดังต่อไปนี้คือ

Eternal Group	40 %
Mitsui Chemical Group	35 %
Mitsui & Co. Group	25 %

โรงงานอีเทอนัลพลาสติก จำกัด ตั้งอยู่บนพื้นที่ประมาณ 24.5 ไร่ บนถนนบางนา - ตราด กม.25.5 ตำบลบางเสาธง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540 โดยมีประวัติความเป็นมาดังต่อไปนี้

พ.ศ. 2532 ก่อตั้งบริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด โดยเริ่มติดตั้งเครื่องจักรเพื่อทำการผลิต Polystyrene โดยใช้กระบวนการผลิตแบบ Bulk Polymerrization Process จำนวน 2 สายการผลิต

พ.ศ. 2534 บริษัท Mitsui Chemical Inc. และบริษัท Mitsui & Co. เข้าร่วมทุนและเริ่มเดินเครื่องจักรผลิตสินค้าเป็นครั้งแรกในเดือนสิงหาคม ทำการผลิต Polystyrene ประเภท High Impact Polystyrene (HIPS)และ General Purpose Polystyrene (GPPS) ด้วยกำลังการผลิตประมาณ 20,000 ตันต่อปี

พ.ศ. 2536 บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด ได้ขยายกำลังการผลิตโดยการปรับปรุงสายการผลิตเดิมเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 30,000 ตันต่อปี

พ.ศ. 2538 บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด ได้เริ่มก่อสร้างสายการผลิตที่ 3

พ.ศ. 2540 บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด เริ่มเดินเครื่องจักรในสายการผลิตที่ 3 ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 60,000 ตันต่อปี

บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด ได้ทำการผลิต Polystyrene และส่งสินค้าออกขายให้ลูกค้าทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ปากีสถาน และประเทศในตลาดร่วมยุโรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ของ บริษัทอีเทอนัลพลาสติก จำกัด สามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1). General Purpose Polystyrene (GPPS)

Standard injection molding grade

Standard high heat injection molding grade

High heat high strength extrusion molding grade

2). High Impact Polystyrene

Standard injection molding grade

High strength extrusion molding grade

High heat high impact injection molding grade

High rigid injection molding grade

High gross high impact molding grade

3). Compounding and coloring product

Coloring product as per customer ' s requirement

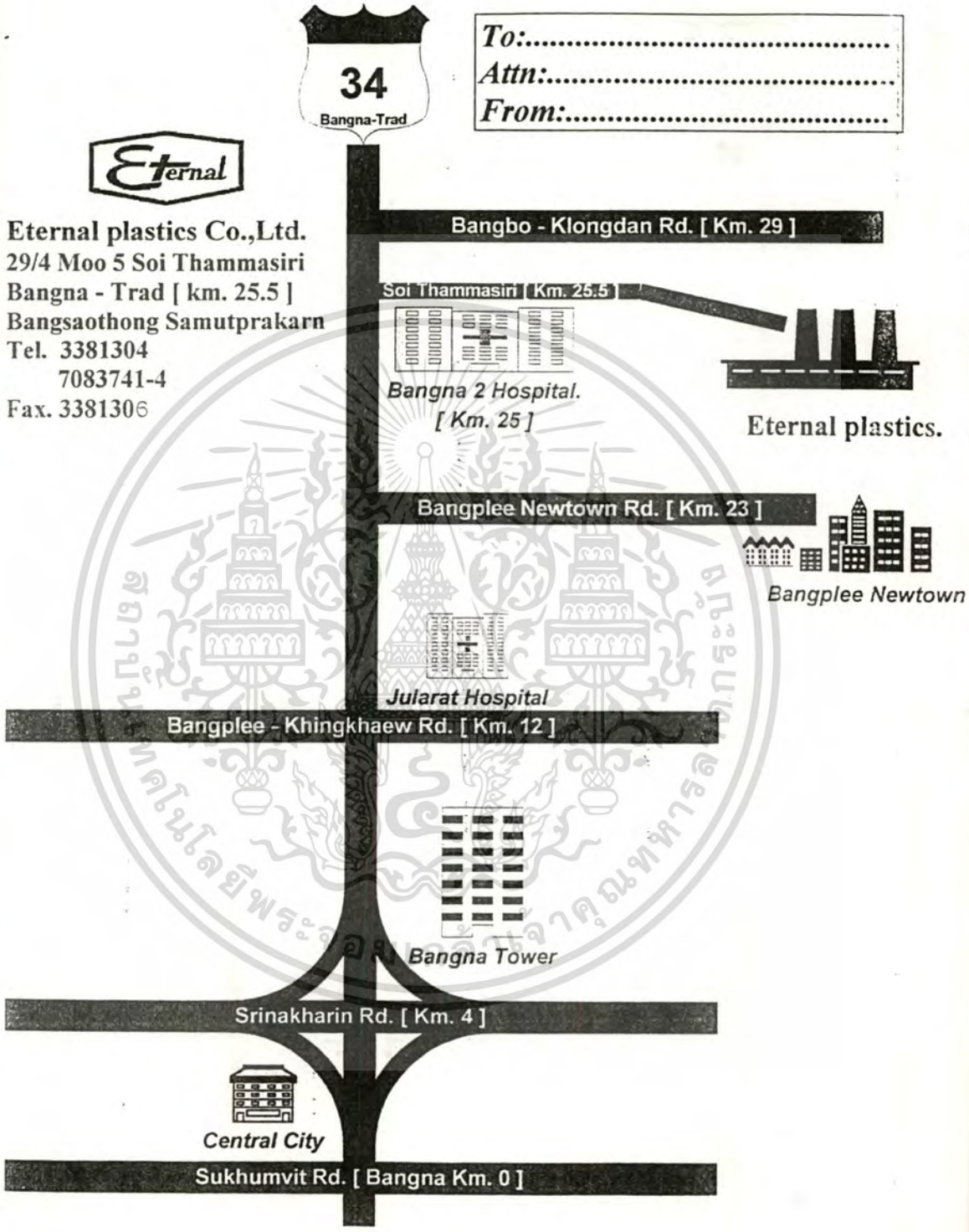
Flame retardant Polystyrene & other compounding product

Address

Head_office 3th Floor Yada Bldg., 56 Silom Road
Bangkok 10500 , Thailand
Tel. (662) 238 - 4381 - 5
Fax. (662) 236 - 7289

Factory 24 / 4 Moo 5 soi Thammasiri
Bangna - Trad Road , k.m. 25.5
Bangsaothong , Samutprakarn 10540
Tel . (662) 708 - 3741 - 4 , 338 - 1303 - 5
Fax. (662) 338 - 1306

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การทดสอบคุณสมบัติของพลาสติก

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการผลิตและการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก การศึกษาสมบัติของพลาสติกได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวาง ทั้งบริษัทผู้ผลิตและหน่วยงานวิจัยอื่น ๆ

จุดประสงค์โดยรวมของการทดสอบพลาสติก อาจกล่าวได้ดังนี้

1). เพื่อทราบถึงสมบัติและลักษณะเฉพาะของพลาสติกนั้น ๆ

2). เพื่อเลือกชนิดของพลาสติกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

3). เพื่อประกอบการดำเนินการควบคุมคุณภาพของพลาสติก

4). เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

มาตรฐานของการทดสอบพลาสติก

ในแต่ละประเทศ จะมีมาตรฐานในการกำหนดการทดสอบสมบัติของพลาสติกเพื่อให้รัดกุมและสะดวกต่อการดำเนินงาน เช่น ASTM (Standard of American Society for Testing and Materials) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา, BS (British Standard) สำหรับประเทศอังกฤษ, DIN (Deutsche Industrienormen) สำหรับประเทศเยอรมนี และ JIS (Japanese Industrial Standards) สำหรับประเทศญี่ปุ่น สำหรับมาตรฐานสากลนั้นก็คือ ISO / R (International Organization for Standardization, R; Recomendation)ในปัจจุบันประเทศไทยยังอิงมาตรฐานสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่นอยู่มากในการทดสอบต่าง ๆ

การเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบ

ในการเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก สำหรับพลาสติกประเภท Thermosetting นั้น จะใช้วิธีการฉีดขึ้นรูปหรืออัดเป็นแผ่นขึ้นรูปโดยมีเงื่อนไขระบุไว้ในมาตรฐาน เพราะพลาสติกจะเปลี่ยนคุณสมบัติไปตามเงื่อนไขของการขึ้นรูป สำหรับพลาสติกประเภท Thermoplastic นั้น จำเป็นต้องเลือกชิ้นงานที่สมบูรณ์ อีกทั้งการตัดชิ้นงานต้องให้มั่นใจว่าเครื่องมือที่ตัดนั้นมีความคมและไม่ทำให้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบร้าว เป็นรอยตัดที่ไม่สม่ำเสมอ เหล่านี้สามารถตรวจสอบได้จาก ASTM D 1898

สถานที่สำหรับการทดสอบพลาสติก

เนื่องจากพลาสติกจะมีการหดตัวขยายตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นของสภาวะแวดล้อม ดังนั้นมาตรฐาน ASTM D 618 จึงได้กำหนดให้ห้องทดสอบพลาสติกต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 23 +- 2 C และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิดกว่า 50 +- 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับสภาพของชิ้นงานพลาสติก

ก่อนทำการทดสอบ ชิ้นงานตัวอย่างที่จะทดสอบจะต้องได้รับการปรับสภาพให้ได้เงื่อนไขเดียวกันกับห้องทดสอบเสียก่อน ตามมาตรฐาน ASTM D 618 ซึ่งกำหนดให้ชิ้นงานต้องอยู่ภายใต้สภาวะห้องทดสอบอย่างน้อย 40 ชั่วโมง

การทดสอบสมบัติของพลาสติก

สมบัติของพลาสติกสามารถทดสอบได้โดยทางกลศาสตร์ ทางความร้อน และทางไฟฟ้า นอกจากนี้การศึกษาการขึ้นรูปของพลาสติกจำเป็นต้องอาศัยการทดสอบคุณสมบัติด้านการไหลของพลาสติกอีกด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทางกลศาสตร์ ได้แก่ เครื่องมือ Universal Testing Machine ซึ่งสามารถที่จะทดสอบการทนต่อแรงดึง การทนต่อแรงอัด การทนต่อแรงกดให้งอ เครื่องมือ Charpy และ Izod Impact Tester ตลอดจน Shore และ Rockwell Hardness Tester เหล่านี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการทนต่อแรงกระแทกหรือแรงกดลง เพื่อประเมินค่าความแข็งของพลาสติกนั้น ๆ

สำหรับเตรื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประเมินสมบัติ ในการขึ้นรูปของพลาสติก ได้แก่ Melt Flow Indexer, Capillary Rheometer เป็นต้น

การทดสอบอื่น ๆ ของพลาสติกก็ได้แก่ การทดสอบการไหลผ่านของก๊าซ โดย Gas Permeability Tester การทดสอบการทนต่อสภาพภูมิอากาศ โดย Weathering Tester หรือการทดสอบสารพิษที่ตกค้างในพลาสติก โดยการทดสอบทางเคมี Atomic Absorption ฯลฯ

การทดสอบทางกลศาสตร์ของพลาสติก

การทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Testing) ASTM D 638

เป็นการทดสอบโดยให้แรงดึงตัวอย่าง จนกว่าตัวอย่างจะฉีกออก ในการนี้เพื่อให้แรงดึงนั้นได้ตกที่จุดศูนย์กลางของตัวอย่าง ตัวอย่างจะถูกเตรียมให้เป็นรูป Dumbel จากนั้นจะให้เครื่องจับที่ปลายทั้งสองด้านของตัวอย่างและให้แรงดึงตัวอย่าง หน่วยที่ใช้จะเป็น $kg./cm^2$ ความเร็วของแรงในการทดสอบหนึ่ง ๆ ที่ใช้ในการดึงจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ดังนั้น จึงต้องตรวจสอบให้ตรงกับที่มาตรฐานกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหาค่า Tensile Strength at Yield (Ty.) สามารถหาค่าโดยใช้เครื่องมือ Universal Testing Machine โดยอาศัยสมการ

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เมื่อ σ = Tensile Strength at Yield มีหน่วยเป็น $kg./cm^2$

F = Force มีหน่วยเป็น kg.

A = Cross Section Area มีหน่วยเป็น cm^2

การทดสอบหาค่า Tensile Strength Yield (Ty.) ต้องทำการทดสอบชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ยของแรงที่ใช้ไปในการดึง ดังนั้นจะได้

$$Fav = \frac{\sum FI}{n}$$

เมื่อ Fav = Force average

n = จำนวนชิ้นงานที่ทำการทดสอบ

การทดสอบการยืดตัว (Extension Testing) ASTM D 638

เป็นการทดสอบเพื่อดูว่าตัวอย่างมีความยืดตัวได้มากเท่าไร ก่อนที่ตัวอย่างจะขาด ในการทดสอบจะต้องขีดเส้นขนานสองเส้นลงบนตัวอย่างตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน จากนั้นให้เครื่องจับที่ปลายตัวอย่างทั้งสองด้านและทำการดึงตัวอย่าง โดยใช้สไลด์คาลิเปอร์ (Slide Calipers) หรือ Extensometer ทำการวัดการยืดของตัวอย่างตามไปด้วย และคำนวณค่าที่ยืดออกมาว่าเป็นอัตราส่วนต่อหนึ่งร้อยเปอร์เซนต์

นอกจากนี้ ค่ากราฟที่ได้จากการวัดการยืดตัว เราสามารถคำนวณหาค่า Young ' s Modulus ซึ่งเป็นค่าที่แสดงแรงที่ทำให้ตัวอย่างยืดต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างได้ด้วย

การทดสอบการทนต่อแรงกดทับ (Compression Testing) ASTM D 695

เป็นการทดสอบแรงอัดที่พลาสติกต้านรับได้ ตัวอย่างจะเป็นทรงกระบอกหรือทรงสี่เหลี่ยม จากนั้นจะให้แท่นกดเลื่อนลงมาอัดตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่ (0.3 h (mm / min.) ; h = ความสูงของตัวอย่าง) เพื่อทดสอบหาค่าแรงอัดที่ทนได้มากที่สุดซึ่งตัวอย่างจะเริ่มแตกหัก หากตัวอย่างเป็นประเภทของที่ไม่มีการแตกหัก ให้กำหนดเอาจุดที่มีการบุบสลายเกิดขึ้นเป็นเกณฑ์การหาค่าแรงอัดที่ทนได้มากที่สุด

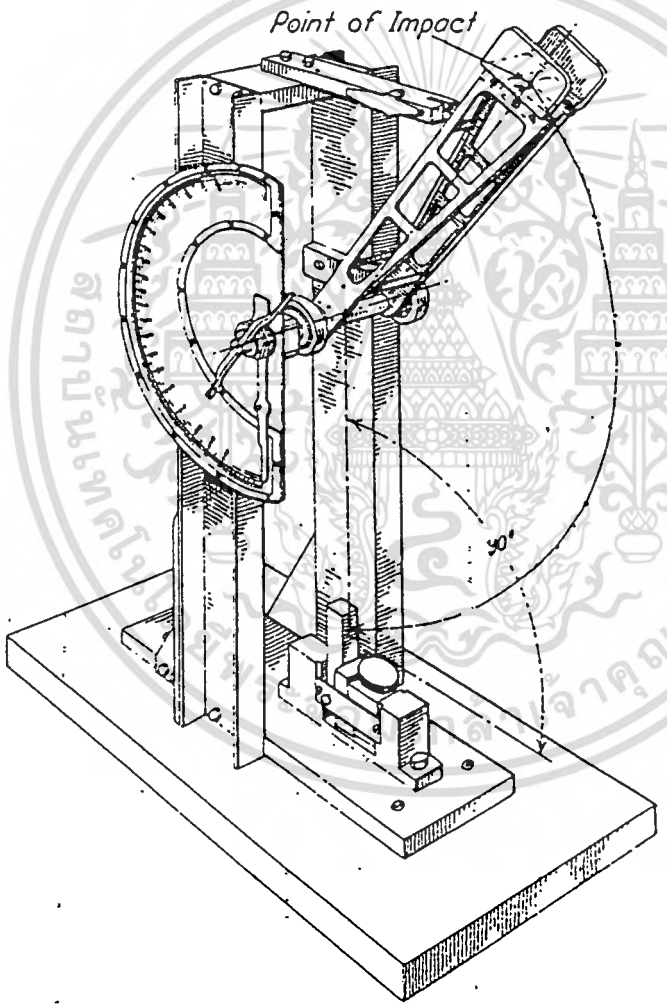
การทดสอบการงอ (Three Points Bending) ASTM D 790

ในการทดสอบนี้จะให้ตัวอย่างวางในตำแหน่งระนาบโดยมีฐานค้ำไว้ 2 จุด จากนั้นจะให้แท่นกดเลื่อนลงมากดที่ตำแหน่งกึ่งกลางทดสอบหาค่า แรงกดที่ตัวอย่างทนได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก (Izod Impact Testing) ASTM D 256

ค่า Izod Impact เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านแรงกระแทก หรือ Shock load ค่าของ Izod Impact ที่วัดมาได้ แสดงถึงพลังงานที่ชิ้นงานดูดกลืนเข้าไป ต่อความกว้างของรอยบากของชิ้นงาน เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ เครื่อง Izod Impact Machine มีลักษณะดังรูป



Cantilever Beam (Izod-Type) Impact Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดสอบ

1. การเทียบมาตรฐาน (Standardized) เป็นการหาค่า Friction ที่เกิดขึ้นจากการเหวี่ยงของคาน ในขณะที่เหวี่ยงอย่างอิสระ ค่าที่ได้สามารถอ่านได้จากเข็มที่อยู่บนจานวัดค่า

2. นำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบมาจับที่ปากกาจับชิ้นงานจากนั้น ทำการปล่อยคานให้ตกลงมากระแทกชิ้นงานจนชิ้นงานหัก แล้วทำการอ่านค่าพลังงานที่สูญหายไปจากการกระแทกชิ้นงานจากเข็มชี้ของจานวัด ซึ่งพลังงานที่สูญหายไปนี้ก็คือ พลังงานที่เกิดจากการต้านทานแรงกระแทกของชิ้นงานนั่นเอง

3. ทำการทดสอบกับชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้นเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การคำนวณหาค่า Izod Impact สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{Izod Impact} = \frac{\text{พลังงานที่สูญหายไปเนื่องจากการต้านทานแรงกระแทก}}{\text{ความกว้างของรอยบากชิ้นงาน}}$$

การทดสอบความแข็งแบบร็อคเวล์และแบบชอร์ (Rockwell Hardness, Shore Hardness) ASTM D 785

การทดสอบความแข็งของพลาสติกมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น การทดสอบความแข็งด้วยการกดแบบร็อคเวลล์ และการทดสอบความแข็งด้วยการกดแบบชอร์

การทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ เป็นการให้ตัวอย่างได้รับการกดจากตุ้มน้ำหนักทองแดงขนาดรัศมีต่าง ๆ ด้วยแรงกดบนตัวอย่างตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ จากนั้นจะทำการวัดดูว่าตัวอย่างถูกกดเป็นรอยลึกเท่าไร และให้ค่าที่ได้เป็นค่าความแข็งของร็อคเวลล์

การทดสอบความแข็งแบบชอร์ เป็นการทดสอบความแข็งด้วยการกดเข็มของเครื่องมือชอร์ดูโรมิเตอร์ลงบนตัวอย่าง ชอร์ดูโรมิเตอร์มี 2 แบบด้วยกันคือ ขอร์ A สำหรับใช้ในวัดยาง หนัง และชอร์ D สำหรับใช้ในการวัดโพลีไวนิลคลอไรด์ และโพลีสไตรีน หรือ เทอร์โมเซตติ้งพลาสติกอื่น ๆ

การทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติก

การทดสอบการทนความร้อนแบบไวแคท (Vicat Softening Point) ASTM D 1525

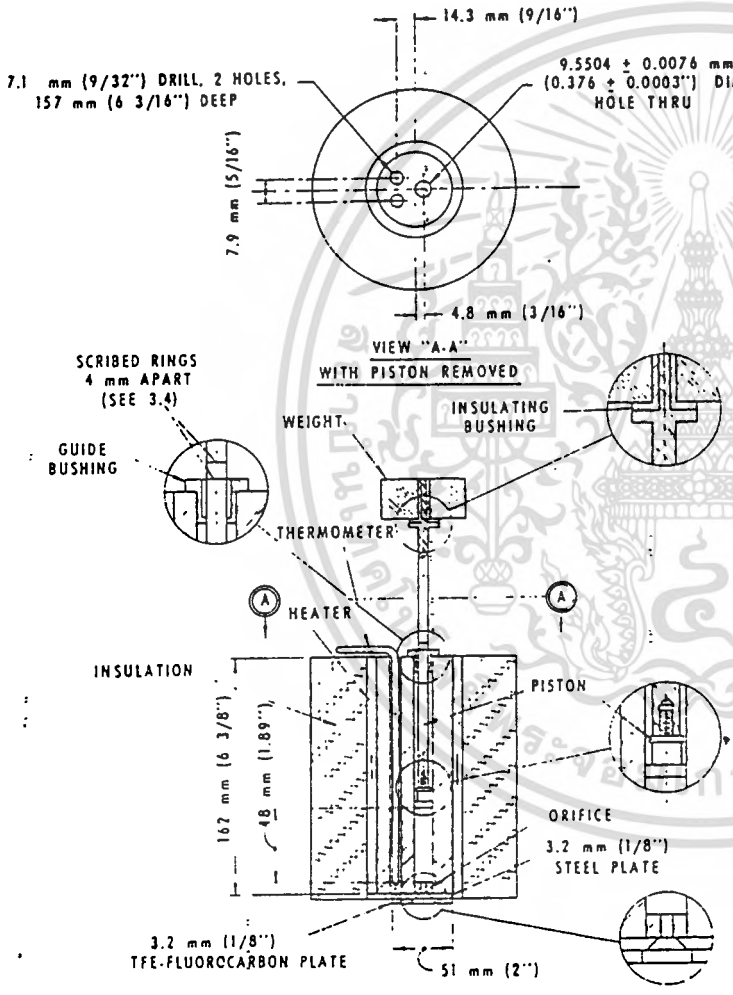
การหาจุดอ่อนตัวแบบไวแคท : เป็นการหาอุณหภูมิที่ทำให้ตัวอย่างอ่อนตัวในสภาวะที่มีแรงกดอยู่ ตัวอย่างจะถูกวางระนาบบนฐานในตู้น้ำมันและที่จุดกึ่งกลางจะให้เข็มขนาด 1 mm^2 กดลงด้วยแรง 1 - 5 kgf/cm^2 โดยที่ให้อุณหภูมิของน้ำมันในตู้สูงขึ้น 50 +- 5 C ต่อนาที เราจะกำหนดให้ตัวอย่างถูกเข็มกดลง 1.00 mm. ให้เป็นจุดอ่อนตัวแบบไวแคท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

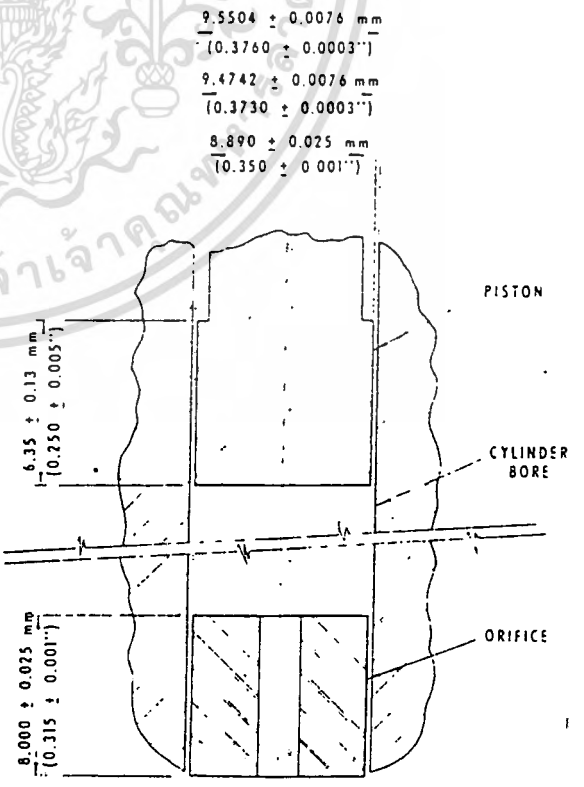
การทดสอบสมบัติการขึ้นรูปพลาสติก

การทดสอบดัชนีการไหล (Melt Flow Indexer) ASTM D 1238

เป็นการหาค่าการไหลของพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก เป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการไหลของพลาสติกที่หลอมเหลวว่า พลาสติกชนิดนั้น ๆ เมื่อหลอมเหลวแล้วจะมีความหนืดมากน้อยเพียงใด มีความเหมาะสมหรือความยากง่ายเพียงใดในการนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการที่ต้องอัดพลาสติกผ่านช่องเล็ก ๆ หรือที่เรียกง่าย ๆ ว่า Die เช่น Injection Molding และ Extrusion Molding เป็นต้น การวัดค่า Melt Flow Rate ; Mfr. สามารถวัดได้โดยใช้เครื่อง Melt Indexer มีลักษณะดังรูป



General Arrangement of Extrusion Plastometer



Details of Extrusion Plastometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการหาค่า Melt Flow Rate ; Mfr. ทำได้โดยการให้ความร้อนกับเม็ดพลาสติกให้หลอมเหลวใน Cylinder ด้วยอุณหภูมิ 200 C จากนั้นใช้ Load Weight 5 kg. อัดให้พลาสติกที่หลอมเหลวไหลผ่านออกมาทาง Orifice การคำนวณหาค่า Melt Flow Rate ; Mfr. สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$W = L * A * \rho$$

เมื่อ W หมายถึง น้ำหนักของพลาสติกที่ถูกรีดออกมาทาง Cylinder

L ระยะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ (Piston)

$= 2.54$ cm.

A พื้นที่หน้าตัดของ Cylinder

$= 0.71\ cm^2$

ρ = ความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีน

$= 1.05$

แทนค่าลงในสมการ จะได้

$$W = 2.54 * 0.71 * 1.05$$

$$= 1.89357$$

ถ้าเวลาที่ลูกสูบใช้ไปในการเคลื่อนที่จนได้ระยะทาง 2.54 cm. เท่ากับ T วินาที ดังนั้น เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที น้ำหนักของพสาสติกที่ถูกรีดออกมาได้ จะเท่ากับ

$$W\ (g./10\ min.) = \frac{1.89357 * 600}{T}$$

ดังนั้น ค่า Melt Flow Rate ; Mfr. จึงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W\ (g./10\ min.) = \frac{1136.142}{T}$$

เมื่อ T คือ เวลาที่อ่านได้จากเครื่อง Melt Indexer

การทดสอบการไหลผ่านแคปปิลารี (Capillary Rheology Testing) ASTM D 1703

โดยทั่วไปค่าความหนืด (Viscosity) เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับแรงเชียร์ (Shear) ที่ให้ในการขึ้นรูปพลาสติก ดังนั้น การทดสอบหาค่าความหนืด (Viscosity) จากค่าแรงเชียร์ที่กำหนดจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการขึ้นรูป โดยมีหลักการให้ปืนอัดพลาสติกให้ไหลออกจากแคปปิลารี่ ด้วยความแรงในการอัดที่คงที่ และทำการวัดค่า Shear Pressure เพื่อหาค่าความหนืดของพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบอื่น ๆ

การทดสอบการไหลผ่านของก๊าซ (Gas Permeability)

สมบัติด้านการไหลผ่านของก๊าซ เป็นสมบัติพิเศษของฟิลม์โดยทั่วไป การทดสอบจะทำโดยในขั้นตอนแรกให้ยึดแผ่นฟิลม์ตัวอย่าง ที่ตำแหน่งที่เครื่องกำหนด จากนั้นให้ดูดอากาศออกจากที่ปรรจุฟิลม์ตัวอย่างให้หมด หลังจากนั้นที่ด้านหนึ่งของที่บรรจุฟิลม์ให้คงความเป็นสูญญากาศไว้ ในขณะที่อีกด้านหนึ่งให้ปล่อยก๊าซที่ต้องการทดสอบผ่าน เข้าไปเป็น 1 บรรยากาศ จากนั้นให้ทำการวัดก๊าซที่ผ่านไปด้านสูญญากาศ เมื่อการไหลเข้าของก๊าซเริ่มอยู่ที่จุดคงที่ ให้วัดค่าความเร็วในการไหลของก๊าซว่าเป็นเท่าไร จากความหนาของฟิลม์พลาสติกตัวอย่างที่ใช้ทำให้เราสามารถที่จะคำนวณหาอัตราการไหลผ่านของก๊าซได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

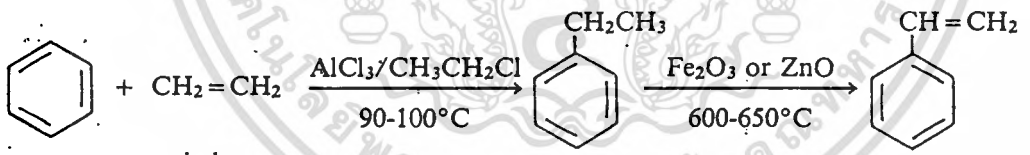
ภาคผนวก ซ

พลาสติก โพลีสไตรีน โดยสังเขป

โพลีเมอร์นี้ได้เตรียมขึ้นเป็นเวลาช้านานแล้ว ในทศวรรษที่ 1930 ได้พบว่าโพลีเมอร์นี้มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี จึงได้เริ่มผลิตในเชิงการค้าบ้าง โดยบริษัท I.G.Farbenindustrie ในประเทศเยอรมันและบริษัท Dow Chemical ในสหรัฐอเมริกาก่อนสงครามโลกครั้งที่สองเพียงไม่นานนัก ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง ได้ผลิตสไตรีนโมโนเมอร์ในปริมาณมหาศาล เพื่อใช้เตรียมโคโพลีเมอร์ของสไตรีนและบิวตะไดอีน ซึ่งใช้งานเป็นยางสังเคราะห์ เพราะในขณะนั้นแหล่งยางธรรมชาติที่สำคัญได้ตกอยู่ภายใต้การครอบงำของฝ่ายตรงกันข้าม (ญี่ปุ่น) เมื่อสงครามสิ้นสุดลงพร้อมกับการได้แหล่งยางธรรมชาติกลับคืนมา ทำให้มีสไตรีนโมโนเมอร์อยู่ในปริมาณเหลือเฟือ จึงได้ริเริ่มหาทางนำสไตรีนโมโนเมอร์ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากขึ้น ทุกวันนี้โพลีสไตรีนเป็นโพลีเมอร์ที่สำคัญที่สุดโพลีเมอร์หนึ่งในบรรดาโพลีเมอร์ 3 ชนิดที่ใช้เป็นพลาสติก (โพลีเมอร์อีก 2 ชนิดคือโพลีเอทีลีนและโพลีไวนิลคลอไรด์

การเตรียมโมโนเมอร์

อุตสาหกรรมเตรียมสไตรีนโมโนเมอร์จากเบนซีน ดังนี้



ethylene

Ethylene Ethylbenzene Styrene

ตัวเร่งที่ใช้ในขั้นตอนดีไฮโดรเจนเนชัน (ขั้นตอนที่ 2) อาจเป็นออกไซด์ของโลหะอื่น ๆ เช่น Cr_2O_3 , Cu_2O และ K_2O เป็นต้น

สไตรีนโมโนเมอร์ที่ได้สามารถแยกออกจากเอทิลเบนซีนและทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นแบบลำดับส่วนและใช้การลดความดัน สไตรีนโมโนเมอร์เป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัวคล้ายกลิ่นกระเทียม มีจุดเดือดที่ 145 degree C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลิเมอร์ไรเซชัน

โพลีเมอร์นี้สามารถเตรียมได้หลายวิธีรวมทั้งแบบสารละลายและแบบอิมัลชัน แต่วิธีที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมได้แก่ แบบแขวนลอยหรือแบบบัลค์

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

โพลีสไตรีนมีความหนาแน่น 1.05 g / cm3 มีโครงสร้างเชิงเส้นตรงแบบอะแทกติกและเป็นอสัณฐาน (Amorphous) หรือไม่มีความเป็นผลึกเลย โพลีสไตรีนที่มีโครงสร้างแบบไอโซแทกติกและสามารถเตรียมได้โดยใช้ตัวเร่งซีเกลอร์ - แนตตา หรือ n-butyllithium แต่สมบัติไม่มีอะไรดีขึ้นกว่าแบบอะแทกติกมากนัก จึงยังไม่มีการผลิตโพลีสไตรีนแบบไอโซแทกติกในเชิงการค้า

โพลีสไตรีนที่ยังไม่ได้ผ่านการผสมสารอื่น ๆ ลงไปมีสมบัติแข็ง ไม่ยืดหยุ่นและเปราะ มีอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (Tg) ค่อนข้างต่ำ (80 degree C) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ของโพลีเมอร์นี้ไม่สามารถผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคโดยใช้ไอน้ำ โพลีเมอร์นี้มีสมบัติโปร่งแสงและใส เนื่องจากโพลีสไตรีนเป็นไฮโดรคาร์บอนเช่นกัน จึงดูดความชื้นได้ต่ำและสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าก็ดีมากด้วย

โพลีสไตรีนสามารถละลายในตัวทำละลายนานาชนิด ได้แก่ ในตัวทำละลายจำพวกอะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซีนและโทลูอีน ในตัวทำละลายจำพวกคลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอน เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม ไตรคลอโรเอทิลีน คลอโรเบนซีน และ 1,2 - ไดคลอโรเบนซีน ในตัวทำละลายจำพวกคีโตน เช่น เมทิลเอทิลคีโตน แต่ไม่ละลายในอะซีโตน และตัวทำละลายจำพวกเอสเตอร์ เช่น เอทิลอะซิเตต แต่โพลีสไตรีนจะไม่ละลายแอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เช่น เฮกเซนและเฮปเทน เป็นต้น

เช่นเดียวกับโพลีเมอร์จำพวกไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ โพลีสไตรีนมีสมบัติเฉื่อยต่อปฏิกริยาเคมีทั่วไป โพลีเมอร์นี้สามารถทนทานต่อกรดแก่และเบสแก่ทั่วไปเป็นอย่างดี สามารถทนทานกรดเฮไลด์ ตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ทั่วไป อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงกลของโพลีเมอร์นี้จะเสื่อมลงถ้าให้โพลีเมอร์นี้สัมผัสกับแสงแดดที่อุณหภูมิสูง ๆ เป็นเวลานาน ๆ เช่น อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเกิดรอยแตกได้

สมบัติพิเศษอย่างหนึ่งที่ทำให้โพลีเมอร์นี้ได้รับความสนใจในเชิงการค้า คือความง่ายต่อการนำไปแปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการแปรรูปแบบ Injection Moulding ดั้งนั้น โพลีสไตรีนหลังผ่านกระบวนการเติมสาร เช่น พลาสติไซเซอร์ แอนติออกซิเดนต์ สเตบิไลเซอร์ที่เหมาะสมแล้ว สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์มากมาย เช่น เป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องใช้ไฟฟ้า ด้ามปากกาลูกลื่น ไม้บรรทัด ภาชนะและขวดบรรจุอาหาร ใช้ห่อของ ทำของเด็กเล่น และทำโฟม (Foam) เป็นต้น

โพลีสไตรีนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ GPPS หรือ General Purpose Polystyrene ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะ และทนแรงกระแทกได้ไม่ค่อยดี กับอีกประเภทหนึ่งคือ HIPS หรือ High Impact Polystyrene ซึ่งมีคุณสมบัติทนแรงกระแทกได้ดี และมีความยืดหยุ่นตัวได้ดีพอสมควร

บริษัท อีเทอนัล พลาสติก จำกัด ได้ผลิตเม็ดพลาสติกชนิดโพลีสไตรีนทั้ง 2 ประเภท ซึ่ง Eporex 825-10 จัดอยู่ในประเภท High Impact Polystyrene มีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ ๆ 3 รายการ คือ ค่าดัชนีอัตราการไหล ค่าการทนต่อแรงดึง และค่าการทนต่อแรงกระแทก ซึ่งจากการค้นคว้าและวิจัย (R & D) พบความสัมพันธ์ของการทดสอบทั้ง 3 รายการกล่าวคือ เมื่อค่าดัชนีอัตราการไหลต่ำค่าการทนต่อแรงดึงและค่าการทนต่อแรงกระแทกจะสูง ในทางกลับกัน เมื่อค่าดัชนีอัตราการไหลสูงค่าการทนต่อแรงดึงและค่าการทนต่อแรงกระแทกจะต่ำ ซึ่งเป็นผลจากการจัดโครงสร้างโมเลกุลภายในเนื้อพลาสติก หรือที่เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) นั่นคือ ถ้าค่าน้ำหนักโมเลกุลมีค่าสูงค่าดัชนีอัตราการไหลจะต่ำ (หนืด) และถ้าค่าดัชนีอัตราการไหลสูง (เหลว) ก็จะแสดงว่าค่าน้ำหนักโมเลกุลมีค่าต่ำ สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์เป็นเส้นกราฟได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relation between Tensile S., Izod 1/4" and Melt Flow Index