การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวัดขนาดเกรนตามมาตรฐาน ASTM E 1382 โดยใช้กระบวนการทางภาพและการวิเคราะห์ภาพ

Software Tool Development for Grain Size Measurement According to ASTM E 1382 By Using Image Processing and Analysis

ชัยยะ ปราณีตพลกรัง[1]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

โทรศัพท์ : 0 2549 3445 โทรสาร : 0 2549 3442 E-mail : chaiya@access.rit.ac.th

บทคัดย่อ

เกรนมีผลต่อคุณสมบัติด้านต่างๆ ของโลหะเป็นอย่างมาก การตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการผลิต และกรรมวิธีทางความร้อนสามารถทำได้โดยการตรวจสอบขนาดเกรน การตรวจสอบขนาดเกรนเป็นวิธีที่สามารถใช้ประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ การวัดขนาดเกรนโดยทั่วไปจะใช้การวัดและคำนวณด้วยคน (มือ) ซึ่งมีความล่าช้าและสิ้นเปลือง ดังนั้นสมาคมทดสอบวัสดุของประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้กำหนดวิธีการวัดขนาดเกรนโดยใช้กระบวนการทางภาพซึ่งมี 5 วิธี คือการนับจุดตัด, การนับจำนวนเกรน, พื้นที่ของเกรน, ความยาวคอร์ดและความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ โดยทั่วไปนักวิจัยจะมุ่งเน้นที่วิธีนับจุดตัดซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวางแต่ยังมีจำนวนน้อยที่ใช้วิธีการวัดวิธีอื่น ๆ เนื่องจากยังไม่มีการทดสอบวิธีอื่นๆ ว่ามีความถูกต้องในการวัดขนาดเกรนมากน้อยเพียงใด

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการวัดขนาดเกรนตามมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม (ASTM E 1382) โดยใช้วิธีความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่และวิธีความยาวคอร์ด เทคนิคกระบวนการทางภาพถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงให้ภาพมีความเหมาะสมในการวัด ผลของการวัดแสดงออกมาเป็นค่าทางสถิติตามมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมทำโดยวัดภาพเกรนมาตรฐานของเอเอสทีเอ็มที่ทราบขนาดเกรนแล้ว ทำให้ทราบค่าความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรมโดยค่าที่วัดได้แตกต่างจากขนาดเกรนที่แท้จริงของเกรนมาตรฐานของเอเอสทีเอ็ม 7% และผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรม พบว่าวิธีความยาวคอร์ดมีความแม่นยำกว่าวิธีความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่

คำสำคัญ: ขนาดเกรน, กระบวนการทางภาพ, มาตรฐานเอเอสทีเอ็ม

Abstract

Grain size is an important characteristic for mechanical components. It can be used to investigate the work materials and its heat treatment history. During pre-production stage of metallic components, grain size may be investigated repeatedly to validate heat treatment process parameters. Furthermore, grain size measurement can be used as a quality control measure when parts are in actual production. Measurement of grain size, however, presents a challenge in that it is mostly done manually and thus time-consuming. American Society for Testing

[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

Materials(ASTM)[1] has specified various measurement methods using image processing techniques. The measurement methods described are intersection count, grain count, grain area, chord length and grain boundary length per area methods. Most researchers have focused on intersection count method as it is the most well-known one. Very few studies, if any, has been done on the comparison among all the methods, in terms of their accuracy and reliability.

This research focuses on the development of software to perform grain size measurement according to ASTM standards (ASTM E1382) [2].The grain boundary length per area and Chord length method were applied in this research . Users can choose rectangle test grids in the grain boundary length method and straight line test grids in the chord length method. Image processing techniques are provided within the software so that users can adjust the quality of the photomicrographs before calculating ASTM grain size number as well as other statistical parameters. The measurement methods are tested with photomicrographs with known grain size numbers. Their accuracy and measurement reliability are investigated. It is found that, the chord length method has provided more accurate than the grain boundary length per area method.The grain size measurement method using the software can provide the ASTM grain size number different from grain size standard within ±7%.

Keywords: Grain size, Image processing, ASTM

1. บทนำ

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลถูกออกแบบตามลักษณะการใช้งาน และลักษณะความเหมาะสมของรูปทรง คุณลักษณะทั้งสองของชิ้นส่วนต้องถูกวัดได้ในทางวิศวกรรม เพื่อแสดงให้เห็นว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้นๆ มีคุณสมบัติตามที่ต้องการเช่น รูปทรงทางเรขาคณิต คุณสมบัติของวัสดุหรือคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ในช่วงระหว่างการผลิต วิธีการทดสอบต่างๆ ถูกนำมาใช้ในการทดสอบชิ้นส่วน เพื่อที่จะทำให้แน่ใจได้ว่าชิ้นส่วนนั้นๆ มีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการ เมื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์และถูกใช้งานจะไม่เกิดการแตกหักเสียหาย

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกือบทั้งหมดจะถูกกำหนดคุณสมบัติด้วยความแข็งแรง ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของชิ้นส่วนนั้นๆ ขนาดของเกรนเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งซึ่งแสดงถึงลักษณะของพื้นผิวและคุณสมบัติของวัสดุ ในอดีตที่ผ่านมา การวัดขนาดเกรนมีความยุ่งยาก รูปถ่ายของโครงสร้างของวัสดุต้องถูกบันทึกให้มีความชัดเจนโดยกล้องถ่ายภาพ และนำฟิล์มไปล้าง อัด เมื่อภาพที่ถ่ายไม่ชัดต้องถ่ายใหม่ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และเวลา การวัดแบบใช้มือ ยังมีปัญหาในด้านการจัดเก็บข้อมูล

ปัญหานี้จะถูกขจัดไปโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีระบบจัดเก็บข้อมูล สามารถเรียกข้อมูลเก่าออกมาดูและแก้ไขได้ ในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์กระบวนการทางภาพขายอยู่เป็นจำนวนมาก แต่มีจำนวนน้อยที่เป็นซอฟต์แวร์สำหรับวัดขนาดเกรนตามมาตรฐาน ASTM E 1382 และซอฟต์แวร์จะขายติดมากับอุปกรณ์บางอย่าง ซึ่งมีราคาแพง

1.1 มาตรฐานเอเอสทีเอ็ม

สมาคมทดสอบ และวัสดุของอเมริกา(American Society of Testing and Materials, ASTM) พัฒนาการวัดขนาดเกรน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมตามมาตรฐานนี้ จึงเป็นสิ่งที่

สำคัญที่จะต้องกล่าวถึงขอบเขตของมาตรฐาน เพื่อให้ผู้อ่านที่ไม่คุ้นเคยได้เข้าใจ

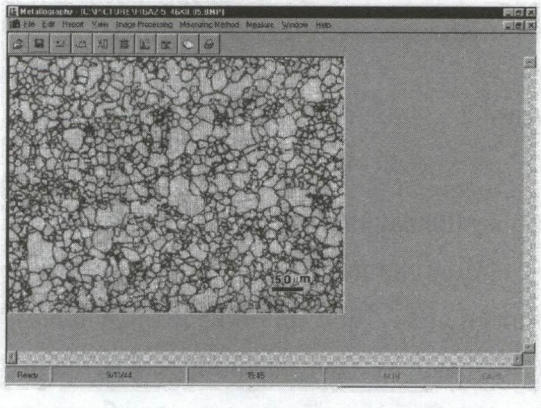
วิธีการวัดขนาดเกรนของมาตรฐานเอเอสทีเอ็มสามารถที่จะใช้วัดขนาดเกรนได้หลายชนิด ตราบใดที่ขอบเขตของเกรนแสดงอย่างชัดเจนซึ่งรวมไปถึงโลหะพหุผลึก(Polycrystalline Metals)และอโลหะ ซึ่งมีเกรนแบบสม่ำเสมอ(Equiaxed)และเกรนซึ่งถูกเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deformed Grain Shapes) เกรนเป็นได้ทั้งแบบโครงสร้างเฟสเดียว (Single Phase Structure) หรือแบบโครงสร้างหลายเฟส (Multiple Phase Structure) ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบต้องมีการเตรียมโดยการขัด (Polish) และกัดกรด (Etching) เพื่อขจัดรอยขีดข่วน (Scratches) จากกรรมวิธีการตัดปาดผิว (Machining) พื้นผิวที่จะทำการวัดขนาดเกรนจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะทำการวัดได้อย่างน้อย 5 ตัวอย่าง (5 Fields) เพื่อให้แน่ใจได้ว่าค่าที่ได้มีค่าทางสถิติเป็นที่น่าพอใจ การวัดต้องทำอย่างอิสระที่ตำแหน่งใดๆ โดยไม่มีการลำเอียง (Bias) ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับพื้นผิวที่จะวัดควรจะมีขนาดไม่น้อยกว่า160 ตารางมิลลิเมตร

เมื่อจับภาพพื้นผิวของชิ้นทดสอบ จากกล้องไมโครสโคป (Microscope) ภาพที่ได้จากการจับต้องประกอบด้วยจำนวนเกรนอย่างน้อย 50 เกรน แต่ละเกรนควรจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรบนภาพถ่ายโครงสร้างเพื่อให้แน่ใจได้ว่าค่าที่วัดได้มีความเที่ยงตรง การวัดขนาดโดยใช้มือวัดบนภาพถ่ายโครงสร้างสามารถวัดได้ตามมาตรฐาน ASTM E 112 โดยการลากเส้นทดสอบ 5 เส้นไปบนภาพถ่ายโครงสร้างและทำการนับจำนวนจุดตัดระหว่างเส้นทดสอบและเส้นเกรน หลังจากนั้นทำการคำนวณตามสมการของเอเอสทีเอ็ม แต่สำหรับการวัดขนาดเกรนตามมาตรฐาน ASTM E1382 เป็นวิธีการวัดขนาดเกรนแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ แบบอัตโนมัติภาพสามารถปรับเปลี่ยนระดับความชัดได้ก่อนที่จะทำการจับภาพด้วยกล้องแต่สำหรับแบบกึ่งอัตโนมัติไม่สามารถทำการปรับเปลี่ยนได้

มาตรฐาน ASTM E 1382 อนุญาตให้มีการใช้เทคนิคกระบวนการทางภาพเพื่อปรับความคมชัดและแก้ไขเพื่อให้ภาพที่ได้มีความเหมาะสมก่อนที่จะนำไปวัดขนาดเกรนได้ เทคนิคต่างๆ เช่น การทำเป็นเส้นโครงร่าง (Skeletonization) หรือวอเตอร์เฉด (Watershed Segmentation) สามารถถูกนำมาใช้ได้เพื่อแก้ไขเส้นเกรนที่ไม่ชัดและขาดหาย อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคต่างๆ อาจจะต้องมีความระมัดระวังเนื่องจากอาจเกิดการสร้างเส้นเกรนปลอมระหว่างเส้นขอบเขตของเกรนที่ใกล้กัน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการวัดความยาวคอร์ดและความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ โดยเป็นการวิเคราะห์ภาพแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อวัดขนาดเกรนแบบโครงสร้างเฟสเดียว โดยเทคนิคของกระบวนการทางภาพและการวิเคราะห์ภาพจะอธิบายในหัวข้อต่อไป ผู้อ่านควรปรึกษาเอเอสทีเอ็มในกรณีของการวัดขนาดเกรนวิธีอื่นๆ

2. กระบวนการทางภาพและการวัดขนาดเกรน

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยจะรับภาพสีบิทแมป (Color Bitmap) หรือภาพขาวดำ (Back and White) ก็ได้ โดยภาพที่ได้เป็นภาพจากการจับภาพของกล้องซีซีดี (CCD Camera) และจัดเก็บอยู่ในรูปแบบบิทแมป ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของโปรแกรม



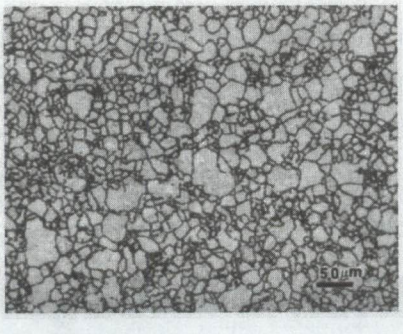
ภาพที่ 1 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

2.1 การแปลงภาพเป็นระดับสีเทา (Conversion to Gray Scale) [3]

ภาพบิทแมปที่เป็นภาพสีเมื่ออยู่ในโหมด อาร์ จี บี (R G B) จะมีค่าของข้อมูลจุดภาพจำนวนมาก ซึ่งเป็นการยุ่งยากที่จะนำข้อมูลจุดภาพไปประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นต้องแปลงข้อมูลจากภาพสีเป็นระดับสีเทา (Gray Scale) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0-255 ค่า 0 คือสีดำและ 255 คือสีขาว ในกรณีที่ภาพเป็นขาวดำหรือระดับสีเทาอยู่แล้ว จะเป็นขั้นตอนของการเก็บข้อมูลจุดภาพไว้ในหน่วยความจำ

2.2 การปรับข้อมูลจุดภาพ (Gausian Filter) [4]

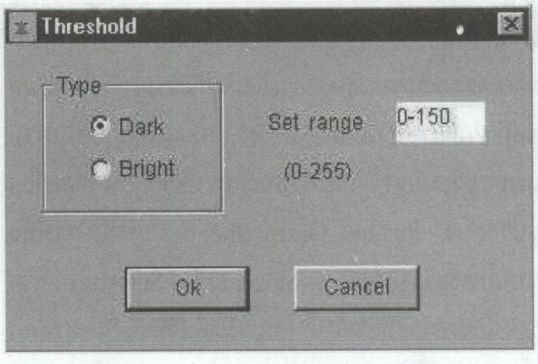
ภาพระดับสีเทาที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมาโดยทั่วไปยังไม่มีความเรียบและสม่ำเสมอทั้งภาพ มีเทคนิคหลายๆ อย่าง ที่ช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของภาพ ในงานวิจัยนี้เทคนิคที่ใช้คือการปรับข้อมูลจุดภาพเพื่อที่จะปรับข้อมูลจุดภาพให้มีความเรียบและสม่ำเสมอ (Smooth) ภาพที่ได้หลังจากการปรับข้อมูลจุดภาพให้มีความเรียบแสดงในภาพที่ 2



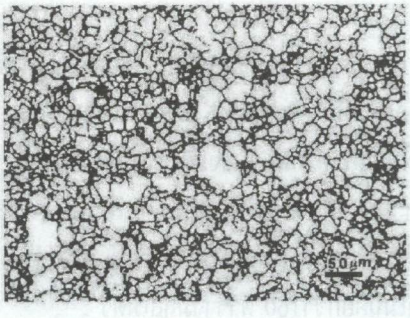
ภาพที่ 2 ภาพที่ได้หลังจากการปรับข้อมูลจุดภาพของภาพที่ 1

2.3 การแยกข้อมูลภาพและพื้นหลัง(Segmentation)

เป็นขั้นตอนของการแยกเส้นขอบเกรนออกจากข้อมูลพื้นหลัง โดยการกำหนดระดับสีเทาอ้างอิง (Threshold) สามารถกำหนดได้เป็นช่วงเช่นระดับสีเทา 0 - 150 เป็นสีดำและเป็นขอบเกรน นอกเหนือจากช่วงระดับนี้ คือช่วงระดับ 151 - 255 ให้เป็นข้อมูลพื้นหลังคือสีขาว การแยกข้อมูลจุดภาพแสดงในภาพที่ 3 และ 4



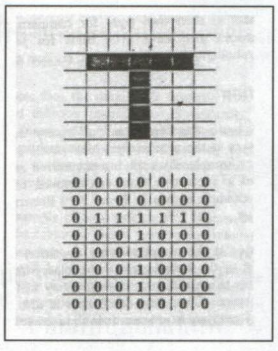
ภาพที่ 3 การกำหนดระดับสีเทา 0 - 150



ภาพที่ 4 ภาพที่ได้จากการแยกภาพวัตถุและพื้นหลังของภาพที่ 2

2.4 ภาพไบนารี (Binary Picture) [5]

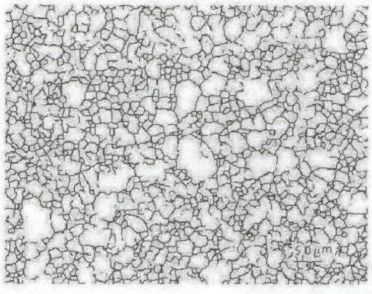
หลังจากผ่านการแยกข้อมูลจุดภาพแล้วจะเห็นได้ว่าภาพมีความชัดเจนมากขึ้น มีการแยกเด่นชัดระหว่างเส้นขอบเกรนและพื้นหลัง ดูได้จากภาพที่ 4 เส้นขอบเกรนที่แยกเด่นชัดมีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง0-150จากการกำหนดและพื้นหลัง (Background) มีค่าอยู่ในช่วง 151 - 255 ซึ่งเป็นการไม่สะดวกในการนำข้อมูลไปใช้งาน ดังนั้นจึงต้องแปลงระดับสีเทาให้เป็นภาพไบนารี (ดำ-ขาว) มีค่าเพียง 0 และ 1 โดยให้ระดับสีเทา 0 - 150 มีค่าเป็น 1 และช่วง 151 - 255 ซึ่งเป็นพื้นหลังมีค่าเป็น 0 ตัวอย่างภาพไบนารีแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างภาพไบนารี

2.5 การลดเส้นเกรนเหลือหนึ่งพิกเซล (Thinning)

เป็นขั้นตอนที่ใช้ลดเส้นเกรนที่หนาให้เป็นเส้นบางหนึ่งพิกเซล เพื่อเตรียมความพร้อมในการวัดขนาดเกรน เนื่องจากวิธีการวัดแบบหาความยาวคอร์ดของเกรนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาจุดตัดระหว่างเส้นทดสอบและเส้นเกรน ในกรณีที่เส้นขอบเกรนเป็นเส้นหนาจะทำให้การหาจุดตัดเป็นเรื่องลำบาก การทำให้เป็นเส้นบางแสดงในภาพที่ 6

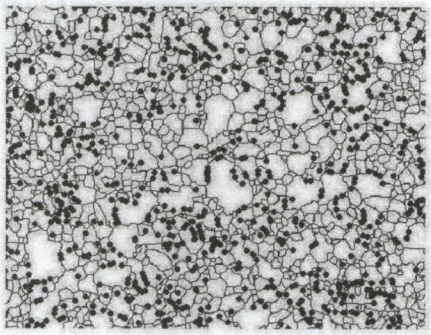


ภาพที่ 6 การทำเป็นเส้นบางหนึ่งพิกเซล

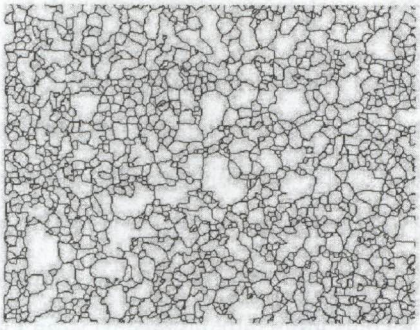
2.6 การเติมจุดวงกลม (Tesselation Complete) [6]

ภาพที่ผ่านการลดเส้นเกรนเป็นเส้นหนึ่งพิกเซล ดังภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่ามีเส้นขอบเกรนบางเส้นขาดหายไป จำเป็นที่จะต้องเติมจุดภาพในส่วนที่เส้นขาดหายไป ในงานวิจัยนี้ใช้การเติมจุดวงกลมดังแสดงในภาพที่ 7

หลังจากการเติมเส้นขอบเกรนแล้ว ต้องมีการลดเส้นขอบเกรนเป็นเส้นบางอีกครั้งหนึ่งก็จะได้เส้นขอบเกรนที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะทำการวัด ดังแสดงในภาพที่ 8



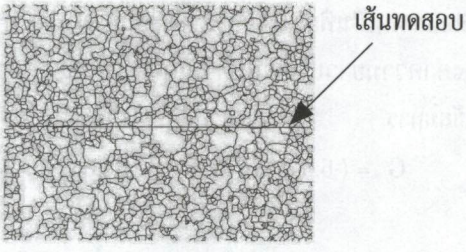
ภาพที่ 7 การเติมจุดวงกลม



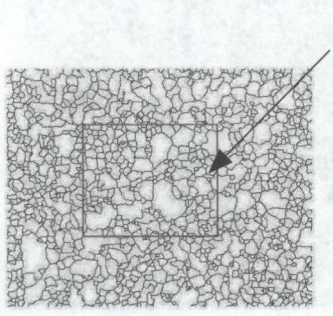
ภาพที่ 8 เส้นขอบเกรนที่สมบูรณ์พร้อมสำหรับการวัด

3. การวัด (Measurement) [2]

หลังจากผ่านกระบวนการทางภาพต่างๆ ภาพก็พร้อมสำหรับการวัดขนาดเกรน ในการวัดขนาดเกรนแบบความยาวคอร์ดเส้นทดสอบจะเป็นเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 9 และการวัดความยาวของเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่แสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 การวางเส้นทดสอบวิธีความยาวคอร์ด



ภาพที่ 10 การเลือกพื้นที่ทดสอบวิธีความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่

ในการทดสอบ ต้องทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง (5 Fields) โดยการเลือกบริเวณอย่างอิสระ เพื่อป้องกันการลำเอียง จะทำให้ค่าที่ได้มีค่าทางสถิติถูกต้องมากขึ้น

สำหรับพื้นที่ทดสอบที่ i โปรแกรมจะคำนวณหาความยาวคอร์ด เฉลี่ยในแต่ละฟิลด์ (ℓ_i) หลังจากนั้นคำนวณความยาวเส้นผ่านเกรนเฉลี่ยรวม (Mean Linear Intercept Length) จากสมการ

$$\bar{\ell} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{\ell}_i}{n} \qquad (1)$$

เมื่อ $\bar{\ell}$ = ความยาวเส้นผ่านเกรนเฉลี่ยรวม

คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการ

$$S = \left[\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\ell_i - \bar{\ell})^2\right]^{\in} \qquad (2)$$

ผู้ใช้สามารถใส่ค่าการปรับเทียบหน่วยความยาว (Calibration)เป็นพิกเซลต่อจำนวนระยะทาง(มม.) การแปลงค่าความยาวเส้นผ่านเกรนเฉลี่ยเป็นขนาดเกรนโดยใช้สมการ

$$G = (-6.643356 \text{ Log } \bar{\ell}) - 3.288 \qquad (3)$$

วิธีวัดความยาวของเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ มีวิธีการคือ วัดความยาวของเส้นขอบเกรนทั้งหมดที่ฟิลด์ i (L_i) และคำนวณความยาวของเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ทดสอบที่ฟิลด์ i

$$L_{Ai} = \frac{L_i}{A_n} \qquad (4)$$

เมื่อ L_i = ความยาวของเส้นขอบเกรนที่ฟิลด์ i

A_{ti} = พื้นที่ทดสอบที่ฟิลด์ i

L_{Ai} = ความยาวของเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ทดสอบที่ฟิลด์ i

แปลงเป็นค่าจำนวนของเกรนที่ถูกเส้นทดสอบตัดผ่านที่ฟิลด์ i

$$P_{Li} = \frac{L_{Ai}}{\frac{\pi}{2}} \qquad (5)$$

เมื่อ P_{Li} = จำนวนเกรนที่ถูกเส้นทดสอบตัดผ่านที่ฟิลด์ i

คำนวณค่าเฉลี่ยของจำนวนเกรนที่ถูกเส้นทดสอบตัดผ่านที่การวัด n ฟิลด์

$$\bar{P}_L = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{Li}}{n} \qquad (6)$$

เมื่อ $\bar{P}_L$ = ค่าเฉลี่ยของจำนวนเกรนที่ถูกเส้นทดสอบตัดผ่านที่การวัด n ฟิลด์

คำนวณความยาวเส้นผ่านเกรนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการ

$$\bar{\ell} = \frac{1}{\bar{N}_L} = \frac{1}{\bar{P}_L} \qquad (7)$$

$$S = \left[\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(P_{Li} - \bar{P}_L)^2\right]^{\in} \qquad (8)$$

แปลงค่าความยาวเส้นผ่านเกรนเฉลี่ยเป็นขนาดเกรนโดยใช้สมการ

$$G = (6.643356 \text{ Log}\bar{P}_L) - 3.288 \qquad (9)$$

4. ผลการทดสอบ

ผลของการทดสอบโปรแกรมตัวอย่างที่ 1 โดยใช้ภาพเกรนมาตรฐานของASTM ขนาดเกรน 6 ในการวัดจะทำการทดสอบ 5 บริเวณ ซึ่งได้ผลของการวัดและค่าทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของการทดสอบกับภาพเกรนมาตรฐานขนาด 6

วิธีการวัด	ขนาดเกรน	ผิดพลาด	S	95%CI	RA(%)
ASTM	6				
GB/Area	6.32	5.33%	2.00	±2.101	±7.506
ChL	5.72	4.66%	0.0086	±0.0091	±9.705

GB/Area = Grain Boundary Length per Area Method

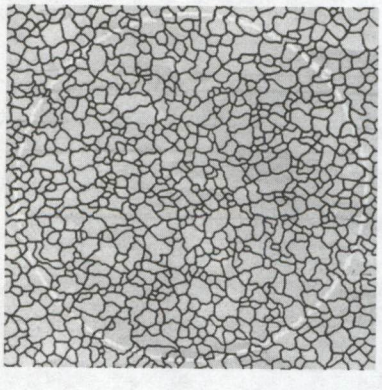
ChL = Chord Length Method

S = Standard Deviation

95%CI = 95% Confidential Interval

RA(%) = Percent Relative Accuracy

ตัวอย่างที่ 2 ใช้ภาพเกรนมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม มี ขนาดเกรนเท่ากับ 7 ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ภาพเกรนมาตรฐานของ ASTM ขนาดเกรนเท่ากับ 7

หลังจากการเทียบวัดหน่วยความยาวโดยผู้ใช้และกระบวนการทางภาพวิธีต่างๆ แล้วจึงทำการวัดขนาดเกรนโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบโปรแกรมแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของการทดสอบภาพขนาดเกรน 7

วิธีการวัด	ขนาดเกรน	ผิดพลาด	S	95%CI	RA(%)
ASTM	7				
GB/Area	7.46	6.57%	1.214	±1.546	±3.703
ChL	6.94	0.857%	0.0027	±0.0028	±9.840

5. สรุปและวิจารณ์

โปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นเพื่อการวัดขนาดเกรนตามมาตรฐาน ASTM E 1382 ใช้เทคนิคการวัด 2 แบบ คือ การวัดความยาวคอร์ดของเกรนและความยาวเส้นขอบเกรนต่อพื้นที่ การทดสอบใช้ภาพที่ทราบขนาดเกรนอยู่แล้วจากการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ผลที่ได้มีค่าแตกต่างจากขนาดเกรนมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม±7%

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ยังมีจุดที่ต้องแก้ไขต่อไปอีก คือ

- ต้องทดสอบชิ้นงานอีกหลายๆชิ้นเพื่อให้แน่ใจได้ว่าผลการวัดมีความเที่ยงตรง
- เทคนิควิธีการวัดขนาดเกรนวิธีอื่นๆ ตามมาตรฐานเอเอสทีเอ็มควรจะถูกพัฒนาขึ้นในโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบดูความแม่นยำของแต่ละวิธี
- กระบวนการทางภาพควรมีการพัฒนาให้เป็นอัตโนมัติมากขึ้น เช่นการเลือกระดับสีเทา (Threshold) โปรแกรมควรเลือกระดับสีเทาที่เหมาะสมที่สุดได้เองโดยไม่ต้องตัดสินใจโดยผู้ใช้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] American Society for Testing Materails, "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size," E112,1988.

[2] American Society for Testing Materails, "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size Using Semiautomatic and Automatic Image Analysis," E1382-91,1991.

[3] Gonzalez, R.C. and Woods, R.E., Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

[4] Russ, J.C., The Image Processing Handbook, CRC Press 1992.

[5]Sid-Ahmed, M.A.,Image Processing Theory, Algorithms, and Architectures, Prentice-Hall, 1995.

[6] Voort, V., Metallography: Principles and Practices, McGraw-Hill, Inc., 1984.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายชัยยะ ปราณีตพลกรัง

วศ.บ. วิศวกรรมอุตสาหการ ราชมงคล

วศ.ม. วิศวกรรมการผลิต สจ.พ.

ตำรา

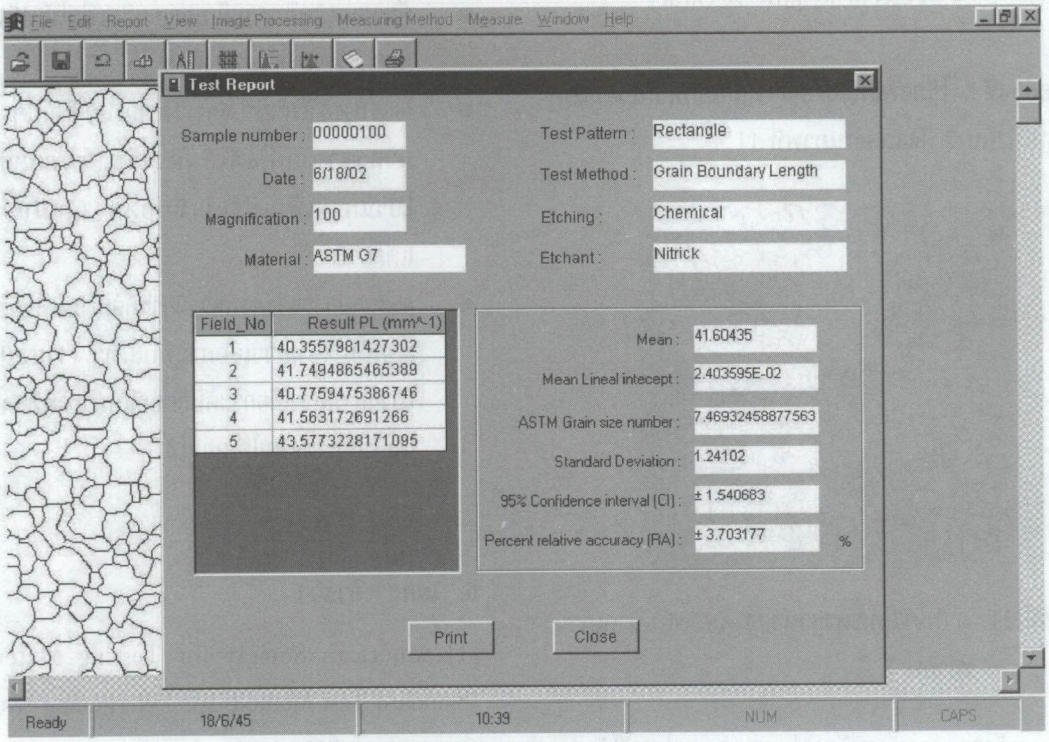
- กระบวนการผลิต (Manufacturing Processes)

งานวิจัย

- การออกแบบและสร้างเครื่องกัดกึ่งอัตโนมัติต้นแบบที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์

งานวิจัยปัจจุบัน

- การออกแบบและสร้างเครื่องกัดโลหะควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 12 หน้าต่างผลการทดสอบ