ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ พศ
อว 1

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 1

เรื่อง การศึกษาพัฒนา วิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

โดย

นาย ประวิทย์ จงนิมิตรสถาพร
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ.2546

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เรื่องที่ 1

เรื่อง การศึกษาพัฒนา วิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

เลขหมู่ วด ๒๑๔
๑๖๑
เลขทะเบียน 12311
วันที่ ๑๒ / ธ.ค. / ๔๒

โดย นาย ประวิทย์ จงนิมิตรสถาพร

นักวิทยาศาสตร์ 6ว

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
ว.ศ.

สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ.2546

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งระบบวิกเกอร์เป็นการศึกษาถึงหลักการที่เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะของเครื่องวัดความแข็งซึ่งเป็นการศึกษาถึงหลักการใช้งาน เทคนิควิธีการวัดและความถูกต้องที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ โดยได้ทำการวิเคราะห์การทวนสอบแรงของเครื่องวัดความแข็งวิเกอร์ โดยตรวจสอบความถูกต้องการใช้งานที่ แรง 5 , 10 และ30 กิโลกรัมด้วยเครื่องวัดแรงที่มีความถูกต้องสูงและนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และ ตรวจสอบคุณสมบัติของหัวกดทรงพีรามิดด้วยเครื่องวัดมิติ ทำการวัดมุมระหว่างผิวตรงข้ามของหัวกดและมุมตั้งฉากของจุดยอดกับแนวแกนเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานส่วนการทวนสอบด้วยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงเป็นการตรวจสอบโดยรวมในหน่วยการวัดค่าความแข็งวิกเกอร์ด้วยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงที่มีค่าความแข็งครอบคลุมการใช้งานที่ค่าความแข็ง 747 HV 269.5 HVและ 163.4 HV กับการใช้แรงของเครื่องวัดความแข็งที่ 30,10 และ 5 กิโลกรัมตามลำดับแล้วทำการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดเปรียบเทียบกับค่าของเส้นทะแยงมุมที่คำนวนได้จากแผ่นความแข็งอ้างอิง โดยนำผลที่ได้ไปพิจารณาเปรียบเทียบค่าของการวัดซ้ำและค่าผิดพลาดตามข้อกำหนดการใช้งาน และสามารถคำนวนกลับให้เป็นค่าของความแข็งได้จากการใช้สมการของวิกเกอร์ คือ ค่าความแข็งวิกเกอร์เท่ากับ ค่าคงที่ X แรง/(ความยาวของเส้นทะแยงมุมเฉลี่ย)^{2}ซึ่งผลสรุปของการทวนสอบแรงหัวกดและผลของการทวนสอบด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิงจะเป็นการตรวจสอบองค์ประกอบหลักและความถูกต้องของค่าความแข็งนำไปสู่การรับรองเครื่องมือวัดที่ผลิตขึ้นใหม่หรือได้รับการซ่อมบำรุงเพื่อใช้งานใหม่ ซึ่งการทวนสอบทั้งหมดจะเป็นวิธีการตามมาตรฐานอ้างอิงที่มีความสมบูรณ์และใช้ในการรับรองค่าความถูกต้องสำหรับเครื่องที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือห้องปฏิบัติการจึงเป็นการพัฒนาวิธีการวัดของห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา และใช้เป็นเครื่องมาตรฐานอ้างอิงทางการวัดและเป็นการขยายขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการให้มีความเป็นมาตรฐานที่สูงขึ้นและเป็นแนวทางให้เกิดการส่งเสริมการผลิตเครื่องวัดความแข็งในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	ก
สารบัญรูป	ข
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	2
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	2
1.4 ระยะเวลาของการศึกษาวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2. หลักการและวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์	5
2.1 หลักการและวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์	5
2.2 ข้อกำหนดเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์	9
2.3 การเตรียมชิ้นงานเพื่อการใช้งาน	10
2.4 ค่าแก้ตัวอย่างผิวโค้งและผิวเว้ากรณีที่ตัวอย่างมีลักษณะกลมหรือโค้ง	10
2.5 วิธีการทวนสอบ	12
2.6 การทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์	12
บทที่ 3 เครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุ และวิธีดำเนินการ	15
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	15
3.2 วัสดุ	15
3.3 วิธีดำเนินการ	15
บทที่ 4. ผลการทดลอง	17
บทที่ 5. วิจารณ์ผลการทดลอง	21
บทที่ 6. สรุปผลการศึกษาทดลอง	22
กิตติกรรมประกาศ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	
ก ข้อมูลดิบการวัดแรงกด	25
ข ข้อมูลดิบการวัดหัวกด	26
ค ข้อมูลดิบการวัดด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิง	27
ง รูปอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาทดลอง	30

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และความหมายของการทดสอบความแข็งวิกเกอร์ 5

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ความยาวของเส้นทะแยงมุมกับค่าความแข็งที่แรงกด 1 กิโลกรัม 6

ตารางที่ 3 แสดงการหาค่าทศนิยมสำหรับใช้กับตารางที่ 2 8

ตารางที่ 4 ค่าแก้ตัวอย่างผิวโค้งและผิวเว้าในกรณีที่ตัวอย่างกลมหรือโค้ง 10

ตารางที่ 5 ค่าแก้ตัวอย่างทรงกระบอก(เส้นทะแยงมุม 1 เส้นทำมุม 45 องศากับแนวแกน) 11

ตารางที่ 6 ค่าแก้ตัวอย่างทรงกระบอก (เส้นทะแยงมุม 1 เส้นขนานกับแนวแกน) 11

ตารางที่ 7 แสดงข้อกำหนดของการวัดซ้ำ 14

ตารางที่ 8 ผลการวัดแรงกด 17

ตารางที่ 9 ผลการวัดหัวกด 17

ตารางที่ 10 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดที่การใช้แรงกด 30 กิโลกรัม 18

ตารางที่ 11 ผลการวัดความแข็งด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิงที่การใช้แรงกด 30 กิโลกรัม 18

ตารางที่ 12 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดที่การใช้แรงกด 10 กิโลกรัม 19

ตารางที่ 13 ผลการวัดความแข็งด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิงที่การใช้แรงกด 10 กิโลกรัม 19

ตารางที่ 14 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดที่การใช้แรงกด 5 กิโลกรัม 20

ตารางที่ 15 ผลการวัดความแข็งด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิงที่การใช้แรงกด 5 กิโลกรัม 20

ตารางที่ 16 ข้อมูลดิบการวัดแรงกด 25

ตารางที่ 17 ข้อมูลดิบการวัดหัวกด 26

ตารางที่ 18 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิง
โดยใช้แรงกด 30 กิโลกรัม 27

ตารางที่ 19 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิง
โดยใช้แรงกด 10 กิโลกรัม 28

ตารางที่ 20 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิง
โดยใช้แรงกด 30 กิโลกรัม 29

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบเครื่องวิกเกอร์ 5
รูปที่ 2,3 แสดงลักษณะของจุดรอยต่อผิวหน้าของหัวกด 9
รูปที่ 4 แสดงการวัดมุมของผิวที่จุดยอดทำมุมกับแนวแกน 15
รูปที่ 5 เครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ 30
รูปที่ 6 เครื่องวัดทางด้านแรง 30
รูปที่ 7 เครื่องวัดทางด้านมิติ 31

บทที่ 1
บทนำ

การวัดค่าความแข็งคือรูปแบบของการใช้แรง ที่กระทำลงบนพื้นที่ผิว ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องวัดความแข็งภายใต้เงื่อนไขของการใช้ชนิดของหัวกด ตามแต่ผู้คิดค้นวิธีการจะเป็นผู้กำหนดขึ้นและดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบของเอกสารจนเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายตามโรงงานอุตสาหกรรมโลหะและห้องปฏิบัติการทางด้านความแข็งตัวอย่างเช่น เครื่องวัดความแข็งระบบร็อกเวลล์ ระบบวิกเกอร์ และเครื่องวัดความแข็งระบบบริเนลล์ ดังนั้นการกำหนดชนิดของเครื่องมือวัดเพื่อการใช้งานจึงได้ถูกพิจารณาตามความจำเป็น ความเหมาะสม จุดมุ่งหมาย วิธีการใช้และการตรวจสอบรวมไปถึงประโยชน์ของการใช้งาน โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะขนาดใหญ่ทั่วๆไปภายในประเทศมีทั้งดำเนินงานเพื่อการนำเข้าและการส่งออก ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับโลหะ เช่น ผลิตภัณฑ์อะไหล่รถยนต์, ผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อ, ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นหรือเหล็กแปรรูปต่างๆ ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จึงจำเป็นที่จะต้องมีระบบควบคุมคุณภาพการวัดปริมาณทางด้านความแข็งเพื่อควบคุมมาตรฐานการผลิตและสร้างความเชื่อถือให้กับลูกค้า ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของการวัดวิเคราะห์ทางด้านความแข็งจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของชิ้นงานผลิตภัณฑ์ เครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์เป็นเครื่องวัดความแข็งอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการใช้วัดวิเคราะห์ภายในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมแตรรถยนต์หรือมอเตอร์ไซด์ เนื่องจากโลหะที่ใช้เป็นส่วนประกอบในกรรมวิธีการผลิตต้องเป็นโลหะที่แข็งและบางชิ้นจะส่งผลทำให้เกิดความดังเสียงตามมาตรฐานการผลิตของบริษัท ในปัจจุบันเกิดปัญหาเนื่องจากหน่วยงานที่ให้บริการตรวจสอบและสอบเทียบทางด้านความแข็งนี้ยังคงมีน้อยมากและไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆยังมีความหลากหลายของเครื่องมือวัดวิเคราะห์ทางด้านความแข็งอีกด้วย และในปัจจุบันการให้บริการวิเคราะห์ ตรวจสอบ/สอบเทียบของหน่วยงานทั้งทางภาครัฐและเอกชนเองยังมีขีดความสามารถที่จำกัดคือสามารถทำการตรวจสอบโดยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิง ซึ่งเป็นเพียงหัวข้อหนึ่งในข้อกำหนดหลายๆหัวข้อ จึงเป็นปัญหาอีกว่าความน่าเชื่อถือของหน่วยงานควรจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ ดังนั้นการศึกษาพัฒนาวิธีการวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งชนิดวิกเกอร์จึงเป็นการศึกษาถึงระบบพื้นฐานที่เป็นมาตรฐานการตรวจสอบระบบของเครื่องมือทั้งหมด ซึ่งสามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงถึงวิธีการและเป็นการพัฒนาเพื่อยกระดับของห้องปฏิบัติการให้เข้าสู่มาตรฐานสากล

1.1ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ในปัจจุบันการใช้เครื่องวัดความแข็งในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการมักจะได้รับการทวนสอบความถูกต้องของเครื่องมือโดยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงหรือที่เรียกว่าเป็นการทวนสอบโดยทางอ้อมและเมื่อเครื่องมือเหล่านั้นได้ถูกใช้งานไปนานๆค่าความถูกต้องของการใช้งานก็จะมีค่าความเบี่ยงเบนมากขึ้นเนื่องจากความถี่และอายุการใช้งาน ซึ่งเมื่อถึงจุดที่ค่าความเบี่ยงเบนมีมากจนเกินข้อกำหนดของการควบคุมหรือระบบการทำงานของเครื่องมือเสื่อมสภาพลงจนต้องมีการซ่อมบำรุงให้สามารถใช้งานได้ใหม่นั้น การใช้วิธีการทวนสอบด้วยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงก็จะไม่เพียงพอต่อการรับรองระบบเครื่องและค่าความถูกต้องได้ ดังนั้นการสอบเทียบค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดด้วยการวัดค่าความถูกต้องของแรงกดและการตรวจสอบถึงคุณสมบัติของหัวกดจึงเป็นการขยายขีดความสามารถในการรับรองความถูกต้องให้กับเครื่องมือวัดของห้องปฏิบัติการ ซึ่งเรียกการทวนสอบในวิธีนี้ว่าการทวนสอบโดยทางตรงและจวบจนปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานที่ให้การรับรองได้ถึงระดับนี้ การศึกษาทดลองนี้จึงมีบทบาทสำคัญโดยสามารถใช้กำหนดความถูกต้องของเครื่องมือวัดให้เป็นไปตามมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการมาตรวิทยาโดยการจัดหาและรักษามาตรฐานเพื่อเป็นหลักอ้างอิงทางการวัดและมีระดับความถูกต้องกับมาตรวิทยาระดับมาตรฐานระหว่างประเทศ

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบการทวนสอบสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ทางตรงโดยวิธีตรวจสอบแรงกด หัวกดและทวนสอบทางอ้อมโดยวิธีเปรียบเทียบกับแผ่นความแข็งอ้างอิง

1.4 ระยะเวลาของการศึกษาวิจัย

1 ปี 6 เดือน (พฤษภาคม 2544 – ตุลาคม 2545)

แผนภูมิแสดงระยะเวลาในการดำเนินการ

รายการดำเนินการ	ช่วงระยะเวลาดำเนินการวิจัย																	
	พ.ค. 44	มิ.ย. 44	ก.ค. 44	ส.ค. 44	ก.ย. 44	ต.ค. 44	พ.ย 44	ธ.ค. 44	ม.ค. 45	ก.พ. 45	มี.ค. 45	เม.ย. 45	พ.ค. 45	มิ.ย. 45	ก.ค. 45	ส.ค. 45	ก.ย. 45	ต.ค. 45
รวบรวมเอกสารทางวิชาการ	◄	►																
ศึกษาหลักการจากเอกสารอ้างอิง			◄	►														
แปลและเรียบเรียงหลักการเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์เป็นฉบับภาษาไทย					◄						►							
ดำเนินการจัดเตรียมอุปกรณ์และศึกษาการใช้เครื่องมือทางด้านแรงและทางด้านมิติ						◄							►					
เก็บข้อมูลในการศึกษาทดลอง														◄	►			
เขียนรางานการศึกษาทดลอง																◄	►	
ตรวจสอบและแก้ไขคำผิดและข้อบกพร่องต่างๆ																		◄►

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เพื่อเพิ่มความรู้และทักษะให้แก่บุคลากรในการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

1.5.2 ขยายขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการในการรับรองเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

1.5.3 กระตุ้นให้เกิดการผลิตเครื่องมือวัดทางด้านความแข็งวิกเกอร์ของภาคอุตสาหกรรม

บทที่ 2

หลักการและวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์(Vicker)

2.1 หลักการและวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

- ความแข็งวิกเกอร์ คือค่าความแข็งที่ได้จากการใช้หัวกดรูปทรงฐานปิรามิดทำมุม 136 องศา กดด้วยน้ำหนักที่ใช้ในช่วงการใช้น้ำหนักที่ 1 - 120 กิโลกรัม โดยการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดซึ่งในตารางที่ 2 จะแสดงค่าตัวเลขความแข็ง โดยใช้น้ำหนักในการกด 1 กิโลกรัม และสามารถประยุกต์การใช้งานที่น้ำหนักต่างๆในหน่วยกิโลกรัม ตามตารางที่3

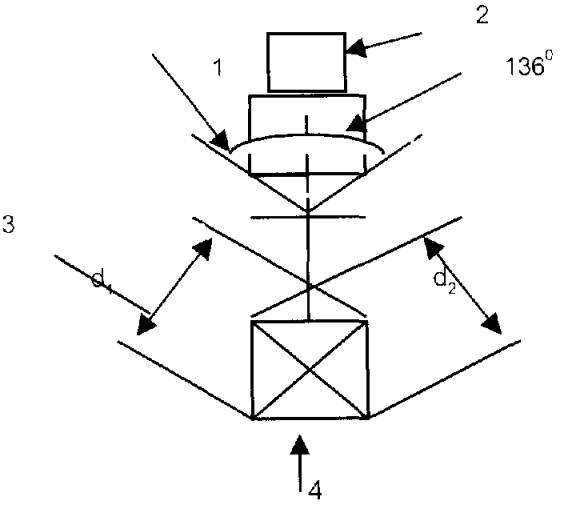
- ค่าความแข็งวิกเกอร์ (HV) คำนวนได้ดังนี้ :

$$HV = 2P\sin(\alpha/2)d^2 = 1.8544P/d^2$$

ซึ่ง P = น้ำหนัก , แรงของการใช้งานหน่วยกิโลกรัม(kgf)

d = ค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุม , mm และ

α = มุมของหัวเพชร = 136 องศา



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบเครื่องวิกเกอร์

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และความหมายของการทดสอบความแข็งวิกเกอร์

หมายเลข	สัญลักษณ์	แสดงความหมาย
1	–	มุมที่จุดยอดของหัวกดทรงพีรามิด (136 องศา)
2	P	น้ำหนักกดในหน่วย กิโลกรัม(kgf)
3	d	ค่าเฉลี่ยของตัวเลขจากการวัดเส้นทะแยงมุม d_1 และ d_2
4	–	รอยกด

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวเส้นทะแยงมุมกับค่าความแข็งที่แรง 1 กิโลกรัม

เส้นทะแยงมุมของรอยกด mm	ค่าตัวเลขของเส้นทะแยงมุมที่มีความละเอียดถึง 0.0001 mm									
	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009 mm
	ความแข็งวิกเกอร์									
0.005	74170	71290	68580	66020	63590	61300	59130	57080	55120	53270
0.006	51510	49840	48240	46720	45270	43890	42570	41310	40100	38950
0.007	37840	36790	35770	34800	33860	32970	32100	31280	30480	29710
0.008	28970	28260	27580	26920	26280	25670	25070	24500	23950	23410
0.009	22890	22390	21910	21440	20990	20550	20120	19710	19310	18920
0.010	18540	18180	17820	17480	17140	16820	16500	16200	15900	15610
0.011	15330	15050	14780	14520	14270	14020	13780	13550	13320	13090
0.012	12880	12670	12460	12260	12060	11870	11680	11500	11320	11140
0.013	10970	10810	10640	10480	10330	10170	10030	9880	9737	9598
0.014	9461	9327	9196	9068	8943	8820	8699	8581	8466	8353
0.015	8242	8133	8026	7922	7819	7718	7620	7523	7428	7335
0.016	7244	7154	7066	6979	6895	6811	6729	6649	6570	6493
0.017	6416	6342	6268	6196	61.5	6055	5986	5919	5853	5787
0.018	5723	5660	5598	5537	5477	5418	5360	5303	5247	5191
0.019	5137	5083	5030	4978	4927	4877	4827	4778	4730	4638
0.020	4636	4590	4545	4500	4456	4413	4370	4328	4286	4245
0.021	4205	4165	4126	4087	4049	4012	3975	3938	3902	3866
0.022	3831	3797	3763	3729	3696	3663	3631	3599	3567	3536
0.023	3505	3475	3445	3416	3387	3358	3329	3301	3274	3246
0.024	3219	3193	3166	3140	3115	3089	3064	3039	3015	2991
0.025	2967	2943	2920	2897	2874	2852	2830	2808	2786	2764
0.026	2743	2722	2701	2681	2661	2641	2621	2601	2582	2563
0.027	2544	2525	2506	2488	2470	2452	2434	2417	2399	2382
0.028	2365	2348	2332	2315	2299	2283	2267	2215	2236	2220
0.029	2205	2190	2175	2160	2145	2131	2116	2102	2088	2074
0.030	2060	2047	2033	2020	2007	1993	1980	1968	1955	1942
0.031	1930	1917	1905	1893	1881	1869	1857	1845	1834	1822
0.032	1811	1800	1788	1777	1766	1756	1745	1734	1724	1713
0.033	1703	1693	1682	1672	1662	1652	1643	1633	1623	1614
0.034	1604	1595	1585	1576	1567	1558	1549	1540	1531	1522
0.035	1514	1505	1497	1488	1480	1471	1463	1455	1447	1439
0.036	1431	1423	1415	1407	1400	1392	1384	1377	1369	1362
0.037	1355	1347	1340	1333	1326	1319	1312	1305	1298	1291
0.038	1284	1277	1271	1264	1258	1251	1245	1238	1232	1225
0.039	1219	1213	1207	1201	1195	1189	1183	1177	1171	1165
0.040	1159	1153	1147	1142	1136	1131	1125	1119	1114	1109
0.041	1103	1098	1092	1087	1082	1077	1072	1066	1061	1056
0.042	1051	1046	1041	1036	10.1	1027	1022	1017	1012	1008
0.043	1003	998	994	989	985	980	975	971	967	962
0.044	958	953	949	945	941	936	932	928	924	920
0.045	916	912	908	904	900	896	892	888	884	880
0.046	876	873	869	865	861	858	854	850	847	843
0.047	839	836	832	829	825	822	818	815	812	808
0.048	805	802	798	795	792	788	785	782	779	775
0.049	772	769	766	763	760	757	754	751	748	745
0.050	742	739	736	733	730	727	724	721	719	716
0.051	713	710	707	705	702	699	696	694	691	688
0.052	686	683	681	678	675	673	670	668	665	663
0.053	660	658	655	653	550	648	645	643	641	638
0.054	636	634	631	629	627	624	622	620	617	615

เส้นทะแยงมุมของรอยกด mm	ค่าตัวเลขของเส้นทะแยงมุมที่มีความละเอียดถึง 0.0001 mm									
	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009 mm
	ความแข็งวิกเกอร์									
0.055	613	611	609	606	604	602	600	598	596	593
0.056	591	589	587	585	583	581	579	577	575	573
0.057	571	569	567	565	563	561	559	557	555	553
0.058	551	549	547	546	544	542	540	538	536	535
0.059	533	531	529	527	526	524	522	520	519	516.8
0.060	515.1	513.4	511.7	510.0	508.3	506.6	505.0	503.3	501.6	500.0
0.061	498.4	496.7	495.1	493.5	491.9	490.3	488.7	487.1	485.5	484.0
0.062	482.4	480.9	479.3	477.8	476.2	474.7	473.2	471.7	470.2	468.7
0.063	467.2	465.7	464.3	462.8	461.3	459.9	458.4	457.0	455.6	454.1
0.064	452.7	541.3	449.9	448.5	447.1	445.7	444.4	443.0	441.6	440.3
0.065	438.9	437.6	436.2	434.9	433.6	432.2	430.9	429.6	428.3	427.0
0.066	425.7	424.4	423.1	421.9	420.6	419.3	418.1	416.8	415.6	414.3
0.067	413.1	411.9	410.6	409.4	408.2	407.0	405.8	404.6	403.4	402.2
0.068	401.1	399.9	398.7	397.5	396.6	395.2	394.0	392.9	391.8	390.6
0.069	389.5	388.4	387.2	386.1	385.0	383.9	382.8	381.7	380.6	379.5
0.070	378.4	377.4	376.3	375.2	374.2	373.1	372.0	371.0	369.9	368.9
0.071	367.9	366.8	365.8	364.8	363.7	362.7	361.7	360.7	359.7	358.7
0.072	357.7	356.7	355.7	354.7	353.8	352.8	351.8	350.9	349.9	348.9
0.073	348.0	347.0	346.1	345.1	344.2	343.3	342.3	341.4	340.5	339.6
0.074	338.6	337.7	336.8	335.9	335.0	334.1	333.2	332.3	331.4	330.5
0.075	329.7	328.8	327.9	327.0	326.2	325.3	324.5	323.6	322.7	321.9
0.076	321.0	320.2	319.4	318.5	317.7	316.9	316.0	315.2	314.4	313.6
0.077	312.8	312.0	311.1	310.3	309.5	308.7	307.9	307.2	306.4	305.6
0.078	304.8	304.0	303.2	302.5	301.7	300.9	300.2	299.4	298.6	297.9
0.079	297.1	296.4	295.6	294.9	294.1	293.4	292.7	291.9	291.2	290.5
0.080	289.7	289.0	288.3	287.6	286.9	286.2	285.4	284.7	284.0	283.3
0.081	282.6	281.9	281.2	280.6	279.9	279.2	278.5	277.8	277.1	276.5
0.082	275.8	275.1	274.4	273.8	273.1	272.4	271.8	271.1	270.5	269.8
0.083	269.2	268.5	267.9	267.2	266.6	266.0	265.3	264.7	264.1	263.4
0.084	262.8	262.2	261.6	260.9	260.3	259.7	259.1	258.5	257.9	257.3
0.085	256.7	256.1	255.5	254.9	254.3	253.7	253.1	252.5	251.9	251.3
0.086	250.7	250.1	249.6	249.0	248.4	247.8	247.3	246.7	246.1	245.6
0.087	245.0	244.4	243.9	243.3	242.8	242.2	241.6	241.1	240.6	240.0
0.088	239.5	238.9	238.4	237.8	237.3	236.8	236.2	235.7	235.2	234.6
0.089	234.1	233.6	233.1	232.5	232.0	231.5	231.0	230.5	230.0	229.4
0.090	228.9	228.4	227.9	227.4	226.9	226.4	225.9	225.4	224.9	224.4
0.091	223.9	223.4	222.9	222.5	222.0	221.5	221.0	220.5	220.0	219.6
0.092	219.1	218.6	218.1	217.7	217.1	216.7	216.3	215.8	215.3	214.9
0.093	214.4	213.9	213.5	213.0	212.6	212.1	211.7	211.2	210.8	210.3
0.094	209.9	209.4	209.0	208.5	208.1	207.6	207.2	206.8	206.3	205.9
0.095	205.5	205.0	204.6	204.2	203.8	203.3	202.9	202.5	202.1	201.6
0.096	201.2	200.8	200.4	200.0	199.5	199.1	198.7	198.3	197.9	197.5
0.097	197.1	196.7	196.3	195.9	195.5	195.1	194.7	194.3	193.9	193.5
0.098	193.1	192.7	192.3	191.9	191.5	191.1	190.7	190.4	190.0	189.6
0.099	189.2	188.8	188.4	188.1	187.7	187.3	186.9	186.6	186.2	185.5

ตารางที่ 3 แสดงการหาตำแหน่งทศนิยมสำหรับใช้กับตารางที่ 2(Decimal Point Finder for Use with Table 2)

ความยาวของเส้นทะแยงมุม (มิลลิเมตร)	ค่าความแข็ง วิกเกอร์ ที่แรง 1 กิโลกรัม
0.005	74200
0.006	51500
0.007	37800
0.008	29000
0.009	22900
0.01	18540
0.02	4640
0.03	2060
0.04	1159
0.05	742
0.06	515
0.07	378
0.08	290
0.09	229
0.10	185.4
0.2	46.4
0.3	20.6
0.4	11.6
0.5	7.42
0.6	5.15
0.7	3.78
0.8	2.90
0.9	2.29
1.0	1.85
1.1	1.53
1.2	1.29
1.3	0.10
1.4	0.946
1.5	0.824
1.6	0.724
1.7	0.642
1.8	0.572
1.9	0.514
2.0	0.464

ตัวอย่างการคำนวน การใช้ตารางหาตำแหน่งทศนิยมกับค่าความแข็งวิกเกอร์

เมื่อทำการวัดความแข็งวิกเกอร์โดยใช้แรงขนาด 50 กิโลกรัม และวัดความยาวของเส้นทะแยงมุมได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.644 มิลลิเมตร

ตามตารางที่ 2 เปรียบเทียบความยาวของเส้นทะแยงมุมต่างจุดทศนิยมที่ 0.0644 มิลลิเมตร ความแข็งวิกเกอร์เท่ากับ 447.1 และเมื่อใช้ตารางหาตำแหน่งทศนิยมกับค่าความแข็งวิกเกอร์จากตารางที่ 3 ความยาวของเส้นทะแยงมุมที่ 0.644 มิลลิเมตรจะอยู่ในช่วง 0.6 - 0.7 ม.ม. และค่าความแข็งควรจะอยู่ในช่วง 5.15 - 3.78 ดังนั้นการใช้แรง 1 กิโลกรัม ค่าความแข็งวิกเกอร์จะเท่ากับ 4.47 เมื่อนำมาคำนวนเทียบกับแรงที่ใช้ 50 กิโลกรัมความแข็งเท่ากับ $50 \times 4.47 = 224$ HV

ดังนั้นกล่าวได้ว่าการใช้แรงกดขนาด 50 กิโลกรัม ทำให้เกิดรอยของเส้นทะแยงมุมเฉลี่ยที่ 0.644 มิลลิเมตร คือ ค่าความแข็ง ของ วิกเกอร์ ที่ 224 HV

- การทวนสอบ (Verification) หมายถึง การยืนยันโดยการตรวจสอบและมีหลักฐานแสดงว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุ

- การสอบเทียบ (Calibration) หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้

2.2 ข้อกำหนดเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

2.2.1. เครื่องมือวัด

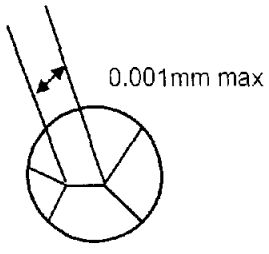
เครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ โดยพิจารณาส่วนประกอบเกี่ยวกับตัวเครื่องรวมไปถึงการยอมรับของตัวอย่าง(แผ่นความแข็งอ้างอิง)และหัวกด ซึ่งจะรวมไปถึงการแตะ,สัมผัส พื้นผิวภายใต้การใช้แรงในช่วงเวลาที่กำหนด ดังนั้นการออกแบบการทำงานของเครื่องมือไม่ควรมีการสั่นหรือผลข้างเคียง ในระหว่างการใช้แรงซึ่งจะมีผลไปถึงเครื่องวัดรอยกดพื้นผิวอีกด้วย

2.2.2. หัวกด (Indenter)

- ชนิดของหัวกดจะต้องเป็นมันเงา , เป็นชนิดหัวเพชรรูปทรงพีรามิดฐานสี่เหลี่ยม ที่จุดยอด พื้นผิวจะต้องทำมุม 136 องศา $\pm$ 30 ลิปดา($136^{0} \pm 0.5^{0}$) ผิวหน้าทั้งสี่ของหัวกดจะต้องมีความลาดเอียงเท่ากันบนแนวแกนของหัวกดในช่วง $\pm$ 30 ลิปดา และ จุดรอยต่อระหว่างผิวหน้าทั้งสี่จะต้องไม่มากกว่า 0.001 มิลลิเมตร (ตามรูปที่ 2)

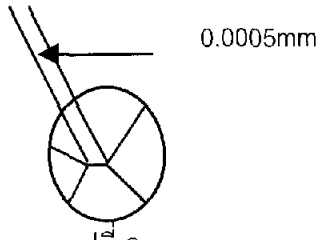
- การตรวจสอบหัวกดควรจะทำการตรวจสอบเป็นครั้งคราวเนื่องจากการใช้ในเวลานานๆอาจเกิดการหลวมคอนของกระเปราะที่จับยึดหรือเกิดการแตก , บิ่น ซึ่งจะเป็นข้อนำไปพิจารณาเพื่อการใช้งานหรือไม่

2.2.3. กล้องจุลทรรศ์สำหรับวัดรอยกด (Measuring Microscope) เป็นเครื่องมือวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดและควรสามารถวัดความละเอียดได้ถึง $\pm$ 0.0005 มิลลิเมตร หรือ $\pm$ 0.5 %ของค่ามากสุด



รูปที่ 2

แสดงจุดรอยต่อระหว่างผิวของหัวกดทรงพีรามิด เครื่องใช้งานทั่วไป



รูปที่ 3

แสดงจุดรอยต่อระหว่างผิวของหัวกดทรงพีรามิดสำหรับสำหรับสอบเทียบแผ่นความแข็งอ้างอิง

2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

การจัดตัวอย่างก่อนการใช้งานเพื่อความเหมาะสมต่อการตรวจสอบชิ้นงานต่างๆ เช่นการจับยึดตัวอย่างที่มีลักษณะรูปทรงต่างๆกันภายใต้การใช้แรงซึ่งจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

2.3.1ความหนาของตัวอย่าง พื้นที่ที่ทำการตรวจสอบจะต้องไม่โป่งนูนหรือก่อให้เกิดผลกระทบในการวัดค่าเช่นก่อให้เกิดรอยที่ลาดเอียง ซึ่งจะมีผลต่อการเปรียบเทียบค่าการวัดในครั้งต่อไป

2.3.2การเตรียมพื้นผิว เป็นการขัดมันเงาให้กับพื้นผิวของตัวอย่างจนสามารถใช้เครื่องวัดอ่านเส้นทะแยงมุมของรอยกดได้เที่ยงตรงถึง $\pm$ 0.0005 มิลลิเมตร หรือ $\pm$ 0.5 % ของความยาวมากสุดและควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับตัวอย่างในระหว่างการเตรียมการขัดหรือการกลึง

2.3.3การจัดแนวระนาบควรเตรียมพื้นผิวให้อยู่ในแกนระนาบโดยให้หัวกดตั้งเป็นมุมฉากในช่วง $\pm$ 1 องศา โดยอ่านจากตำแหน่งของพื้นผิว

2.4. ค่าแก้ตัวอย่างผิวโค้งและผิวเว้าในกรณีที่ตัวอย่างมีลักษณะกลมหรือทรงกระบอก

ตัวอย่างที่มีลักษณะโค้ง การวัดค่าของตัวอย่างที่มีลักษณะโค้งจะมีผลกระทบเนื่องจากความโค้งของรัศมี ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ค่าดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าแก้ในตัวอย่างทรงกลมโค้งผิวโค้งและผิวเว้า

ผิวโค้ง		ผิวเว้า	
d/D^A	ค่าแก้	d/D^A	ค่าแก้
0.004	0.995	0.004	1.005
0.009	0.990	0.008	1.010
0.013	0.985	0.012	1.015
0.018	0.980	0.016	1.020
0.023	0.975	0.020	1.025
0.028	0.970	0.024	1.030
0.033	0.965	0.028	1.035
0.038	0.960	0.031	1.040
0.043	0.955	0.035	1.045
0.049	0.950	0.038	1.050
0.055	0.945	0.041	1.055
0.061	0.940	0.045	1.060
0.067	0.935	0.048	1.065
0.073	0.930	0.051	1.070
0.079	0.925	0.054	1.075
0.086	0.920	0.057	1.080
0.093	0.915	0.060	1.085
0.100	0.910	0.063	1.090
0.107	0.905	0.066	1.095
0.114	0.900	0.069	1.100
0.122	0.895	0.071	1.105
0.130	0.890	0.074	1.110
0.139	0.885	0.077	1.115
0.147	0.880	0.079	1.120
0.156	0.875	0.082	1.125
0.165	0.870	0.084	1.130
0.175	0.865	0.087	1.135
0.185	0.860	0.089	1.140
0.195	0.855	0.091	1.145
0.206	0.850	0.094	1.150

D^A = เส้นผ่านศูนย์กลางตัวอย่างทรงกลม , d = ค่าเฉลี่ยเส้นทะแยงมุม

ตัวอย่างที่ 1 การแก้ค่าผิวโค้ง

ตัวอย่างทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ใช้แรงในการกด 10 กิโลกรัม และวัดได้ค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุมของรอยกด 0.150 มิลลิเมตร

จะได้อัตราส่วน d/D^A=0.150/10 = 0.015 และจากตารางที่ 2 เปรียบเทียบความยาวของเส้นทะแยงมุมต่างจุดทศนิยมที่ 0.015 มิลลิเมตร ค่าความแข็ง = 8242 HV ที่ แรง 1 กิโลกรัม

หาค่าความแข็งที่การใช้แรง 1 กิโลกรัมโดยใช้ตารางที่ 3 เส้นทะแยงมุม 0.150 มิลลิเมตร มีค่า =82.42 HV ดังนั้นที่การใช้แรง 10 กิโลกรัม จะมีค่าความแข็ง 10 X 82.42 = 824.2 HV

นำไปหาค่าแก้ผิวโค้งโดยใช้ ตารางที่ 4 ที่ 0.015 มิลลิเมตร = 0.983 จะได้เท่ากับ 824.2 X 0.983 = 810 HV

ตัวอย่างที่ 2 การ แก้ค่าผิวเว้า (เส้นทะแยงมุมเส้นหนึ่งของรอยกดขนานกับแนวแกน)เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง = 5 มิลลิเมตร โดยใช้แรง 30 กิโลกรัม และค่า เฉลี่ยเส้นทะแยงมุมของรอยกด = 0.415 มิลลิเมตร ดังนั้น d/D^A=0.415/5 = 0.083 จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบความยาวของเส้นทะแยงมุมต่างจุดทศนิยมที่ 0.0415 มิลลิเมตร = 1077 HV ที่ 1 kgf

หาค่าความแข็งที่การใช้แรง 30 กิโลกรัมโดยใช้ตาราง ที่ 3 ที่ 0.415 มิลลิเมตร = 10.77ที่ 1 kgf ดังนั้น ที่ แรง 30 kgf = 30 X 10.77 = 323.1

จากตารางที่ 6 นำไปหาค่าแก้ d/D^A0.083 = 1.075 จะได้ค่าจากการแก้ = 323.1 X 1.075 = 347HV

ตารางที่ 5 ค่าแก้ตัวอย่างทรงกระบอกผิวโค้งและผิวเว้า (เส้นทะแยงมุมทำมุม 45 ^{0}กับแนวแกนของทรงกระบอก) (Diagonals at 45 ^{0} at the axis)

ผิวโค้ง		ผิวเว้า	
d/D^A	ค่าแก้	d/D^A	ค่าแก้
0.009	0.995	0.009	1.005
0.017.	0.990	0.017	1.010
0.026	0.985	0.025	1.015
0.035	0.980	0.034	1.020
0.044	0.975	0.042	1.025
0.053	0.970	0.050	1.030
0.062	0.965	0.058	1.035
0.071	0.960	0.066	1.040
0.081	0.955	0.074	1.045
0.090	0.950	0.082	1.050
0.100	0.945	0.089	1.055
0.109	0.940	0.097	1.060
0.119	0.935	0.104	1.065
0.129	0.930	0.112	1.070
0.139	0.925	0.119	1.075
0.149	0.920	0.127	1.080
0.159	0.915	0.134	1.085
0.169	0.910	0.141	1.090
0.179	0.905	0.148	1.095
0.189	0.900	0.155	1.100
0.200	0.895	0.162	1.105
		0.169	1.110
		0.176	1.115
		0.183	1.120
		0.189	1.125
		0.196	1.130
		0.203	1.135
		0.209	1.140
		0.216	1.145
		0.222	1.150

ตารางที่ 6 ค่าแก้ตัวอย่างทรงกระบอกผิวโค้งและผิวเว้า (เส้นทะแยงมุมเส้นหนึ่งขนานกับแนวแกนของทรงกระบอก) (One diagonals parallel to axis)

ผิวโค้ง		ผิวเว้า	
d/D^A	ค่าแก้	d/D^A	ค่าแก้
0.009	0.995	0.008	1.005
0.019	0.990	0.016	1.010
0.029	0.985	0.023	1.015
0.041	0.980	0.030	1.020
0.054	0.975	0.036	1.025
0.068	0.970	0.042	1.030
0.085	0.965	0.048	1.035
0.104	0.960	0.053	1.040
0.126	0.955	0.058	1.045
0.153	0.950	0.063	1.050
0.189	0.945	0.067	1.055
0.243	0.940	0.071	1.060
		0.076	1.065
		0.079	1.070
		0.083	1.075
		0.087	1.080
		0.090	1.085
		0.093	1.090
		0.097	1.095
		0.100	1.100
		0.103	1.105
		0.105	1.110
		0.108	1.115
		0.111	1.120
		0.113	1.125
		0.116	1.130
		0.118	1.135
		0.120	1.140
		0.123	1.145
		0.125	1.150

2.5วิธีการทวนสอบ

- ขนาดของแรง ซึ่งจะใช้อยู่ในช่วง 1 - 120 kgf ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของการทวนสอบถึงแม้นว่าค่าความแข็งของวิกเกอร์จะเป็นอิสระต่อการใช้ขนาดของแรงนั้นๆซึ่งเงื่อนไขนี้จะมีผลต่อการวัดค่าความแข็งของตัวอย่าง ดังนั้นค่าการใช้แรงในช่วงดังกล่าวจึงควรถูกกำหนดในรายงานการทวนสอบ

- การใช้แรงในการตรวจสอบต้องปราศจากการสั่น , กระตุก และเวลาในการทำงานของแรงควรอยู่ในช่วง 10 - 15 วินาที หรือตามคุณสมบัติของเครื่องนั้นๆ

- ระยะของการกด จุดที่ทำการกดไม่ควรอยู่ชิดรอยเก่ามากจนเกินไป ควรกำหนดระยะในการกด 1.5 - 2 เท่าความยาวเส้นทะแยงมุมของรอยกดเพื่อขจัดผลกระทบในการนำไปสู่การวัดและการคำนวน

2.5.1การวัดรอยกด

- เป็นการวัดเส้นทะแยงมุมทั้งสองเส้นของรอยกด ซึ่งจะถูกวัดและหาค่าเฉลี่ย ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการคำนวนตัวเลขความแข็งวิกเกอร์ซึ่งการวัดรอยควรจะให้รอยกดอยู่ที่จุดกึ่งกลางของกล้องจุลทรรศ์

-ในกรณีของตัวอย่างเป็นวัสดุผสม เช่นโลหะหล่อเย็นความยาวของเส้นทะแยงมุมทั้งสองอาจแตกต่างกัน ในกรณีนี้ควรเปลี่ยนจุดการตรวจใหม่เพื่อให้ได้ผลการวัดที่เท่าๆกัน

2.5.2 ความถูกต้อง (Accuracy)

ค่าความถูกต้องตามวิธีของการวัดความแข็ง วิกเกอร์ จะขึ้นอยู่กับ การใช้แรง , หัวกด และเครื่องวัดรอยกด เงื่อนไขการตรวจสอบรวมไปถึงชิ้นงานซึ่งจะมีผลต่อความถูกต้องทั้งสิ้นภายใต้เงื่อนไขต่างๆสามารถคาดหวังค่าความถูกต้องที่เหมาะสมที่ร้อยละ 4 ของค่าความแข็งโดยใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงซึ่งได้จากการทดลองและประเมินทางสถิติ

2.5.3 ความเที่ยง (Precision)

เนื่องจากชิ้นงานทดสอบมีความแตกต่างกัน(มีการรวมกันอยู่ของวัสดุต่างชนิด) จึงมีความคลาดเคลื่อนของเนื้อวัสดุ และพิจารณาถึงความเหมาะสมความเที่ยงตรงของการวัดจึงไม่ใช้ในการประเมินแต่จะใช้วิธีการที่ยอมรับของช่วงค่าความแข็งตามคุณสมบัติของการใช้งาน ในหัวข้อ 2.5.2

2.6 การทวนสอบเครื่องวัดความแข็ง วิกเกอร์

การตรวจสอบคุณสมบัติเครื่องวัดความแข็ง วิกเกอร์ มีวิธีการตรวจสอบซึ่งเป็นที่ยอมรับอยู่ 2 วิธี คือ

2.6.1. การทวนสอบความถูกต้องความถูกต้องของเครื่องวัดได้แก่ แรง , หัวกด ,กล้องจุลทรรศ์สำหรับวัดรอยกด

2.6.1.1การตรวจสอบแรง ต้องทำการตรวจสอบแรงในแต่ละแรงโดยทำการวัดไม่น้อยกว่า 3 ครั้งที่ค่าเดียวกันโดยการใช้เครื่องมือที่มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.2 % และผลจากการวัดค่าของแรงต่างๆช่วงของค่าที่ยอมรับจะต้องเบี่ยงเบนไม่เกิน $\pm$ 1%

2.6.1.2 หัวกดจะต้องทำการตรวจสอบจากการวัดรูปทรงโดยตรงหรือการถ่ายภาพ (Projection on Screen) โดยจะต้องมีข้อกำหนด ดังนี้

- มุมระหว่างพื้นผิวตรงกันข้ามจะต้องอยู่ภายในช่วง $136^0 \pm 30'$ ($136^0 \pm 0.5^0$)

- ผิวหน้าทั้งสี่ ของหัวกดจะต้องมีความลาดเอียงเท่ากันบนแนวแกนต่างกันไม่เกิน $\pm 30'$ ($\pm 0.5^0$)

- จุดรอยต่อระหว่างผิวหน้าทั้งสี่จะต้องมีความยาวไม่มากกว่า 0.001mm (ตามรูปที่ 2) สำหรับเครื่องใช้งานประจำ และความยาวของจุดรอยต่อต้องไม่มากกว่า 0.0005 mmสำหรับเครื่องที่ใช้ในการสอบเทียบความแข็งอ้างอิง (Reference Block) ตามรูปที่ 3

- จุดยึดต่อระหว่างหัวเพชรกับโลหะในแนวตั้งฉากจะต้องทำมุมอยู่ในช่วง $90^0 \pm 12'$ ($90^0 \pm 0.2^0$)

2.6.1.3 กล้องจุลทรรศ์สำหรับวัดรอยกด เป็นเครื่องใช้วัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดที่ถูกสอบเทียบค่าความถูกต้องซึ่งจะต้องมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.05 μm (0.00005 mm)หรือ 0.05 % ของค่าที่มากที่สุด ดังนั้นเครื่องที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องวัดรอยกดควรมีขนาดขอบเขตที่กว้างและครอบคลุมการสอบเทียบเครื่องวัดรอยทั้งหมด

2.6.2 การทวนสอบโดยใช้วัสดุอ้างอิง

2.6.2.1 เป็นวิธีการตรวจสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ ที่ใช้ในลักษณะของงานประจำโดยใช้ชุดของความแข็งอ้างอิง

- ทำการอ่านค่าการวัดอย่างน้อย 5 ครั้งต่อหนึ่งค่าความแข็งและควรทำการตรวจสอบอย่างน้อย 3 ช่วงของค่าความแข็งที่การใช้แรงเดียวกันหรือตามลักษณะการใช้งานของเครื่องโดยการกำหนดเวลาในการใช้แรง12 วินาที

- การตรวจสอบจะนำไปสู่การพิจารณาค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุมในแต่ละค่าของการวัดทั้ง 5 ครั้งควรอยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.6.2.2 ความถี่ในการตรวจสอบเครื่องมือวัด

การตรวจสอบโดยใช้ความแข็งอ้างอิงจะใช้ในลักษณะของงานประจำวันหรือก่อนการใช้งานนั้นๆ

- เพื่อสร้างความพร้อมหรือเป็นการปรับแก้เพื่อความเหมาะสมต่อการใช้งาน

- เป็นการสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ใช้งานเมื่อผลการตรวจสอบยังอยู่ในข้อกำหนดตามคุณลักษณะของการใช้งาน

2.6.2.3. การวัดซ้ำ(Repeatability)

- เรียงลำดับค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุมจากการใช้ความแข็งอ้างอิงแต่ละชิ้น d_1 , d_2 ,.....d_5 จากค่าน้อยไปยังค่ามาก ตามลำดับ

- ค่าการวัดซ้ำจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการตรวจสอบของค่าที่เพิ่มขึ้น $d_5 - d_1$

$d_{ค่าเฉลี่ย} = (d_1+d_2+.....+d_5)/5$

$$\% \text{ ค่าการวัดซ้ำ} = \frac{d_{ค่ามากสุด} - d_{ค่าน้อยสุด} \times 100}{d_{ค่าเฉลี่ย}}$$

ตารางที่ 7 แสดงข้อกำหนดของการวัดซ้ำ

ช่วงการใช้ความแข็งอ้างอิง(Reference Blocks)	ค่าการวัดซ้ำของเครื่องควรจะน้อยกว่า
100 - 240	4% ของ $d_{ค่าเฉลี่ย}$
มากกว่า 240 - 600	3% ของ $d_{ค่าเฉลี่ย}$
มากกว่า 600	2% ของ $d_{ค่าเฉลี่ย}$

2.6.2.4 ความผิดพลาด(Error)

- ความผิดพลาดของเครื่องจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการตรวจสอบรอยกดของความแข็งอ้างอิง โดยกำหนดจากค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงจากการวัดทั้ง 5 ครั้งจะต้องไม่แตกต่างไปจากค่าเส้นทะแยงมุมของแผ่นความแข็งอ้างอิงเกินกว่า 2 %

$$\% \text{ ความผิดพลาด} = \frac{d_{ค่าอ้างอิง} - d_{ค่าเฉลี่ยของการวัด} \times 100}{d_{ค่าอ้างอิง}}$$

บทที่ 3
เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ และวิธีดำเนินการ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ 1 เครื่อง ยี่ห้อ ESEWAY รุ่น DVB-Mหมายเลขเครื่อง 5633 เป็นเครื่องมือวัดที่มีชุดอุปกรณ์ให้แรงผ่านหัวกดและกล้องจุลทรรศ์ในการวัดรอย

2) เครื่องวัดแรง(load cell)ประกอบด้วย ชุดอ่านค่ายี่ห้อ HBM หมายเลขเครื่อง 2.13 และชุดหัววัด(sensor) หมายเลขเครื่อง K2554013

3) เครื่องวัดมิติ(measuring microscope ` ยี่ห้อ DELTRONIC ประกอบด้วย ชุดอ่านค่าหมายเลขเครื่อง 6233 ประกอบด้วยโทรทัศน์วงจรปิดและเครื่องประมวลผล ,ชุดรับภาพ หมายเลขเครื่อง VO205531 เป็นชุดรับภาพของตัวอย่างมีกำลังขยายสูงแสดงผลที่โทรทัศน์วงจรปิด

3.2 วัสดุ

แผ่นความแข็งอ้างอิง (Reference Block) จากบริษัท Engineering & Scientific Equipment Ltd. ที่ ค่าความแข็ง 747 HV ,269.5 HV และ 163.4 HV รวมจำนวน 3 ชิ้น

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1การทวนสอบเครื่องวัดความแข็งทางตรง

3.3.1.1 การตรวจสอบแรงกดของเครื่องวัดความแข็ง

วิธีการทดลอง

1) ติดตั้งตุ้มน้ำหนักให้กับเครื่องมือวัดความแข็งโดยให้ขนาดของแรงเท่ากับ 5,10 และ30 กิโลกรัมตามลำดับ

2) ทำการวัดค่าของแรงกดโดยใช้ เครื่องวัดแรง ซึ่งสามารถอ่านค่าของการวัดด้วยเครื่องแสดงผล

3) ทำการวัดโดยให้เครื่องวัดความแข็งกดลงบนเครื่องวัดแรงซ้ำ 3 ครั้งที่ค่าของการใช้แรงต่างๆ

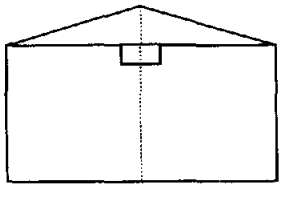
4) เก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวนค่าความถูกต้องของแรงกดแต่ละแรง

3.3.1.2 การตรวจสอบรูปทรงของหัวกดทรงพีรามิดโดยใช้เครื่องมือวัดทางมิติ

วิธีการทดลอง

1) วัดมุมระหว่างผิว ตรงกันข้าม และทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

2) วัดการทำมุมระหว่างจุดยอดทำมุมกับแนวแกนของหัวกดและวัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละพื้นผิว โดยกำหนดแนวแกนอ้างอิง (0,0) ทำมุมตั้งฉากกับจุดยอดของหัวกด ตามรูปที่ 4



(0,0)

รูปที่ 4 แสดงการวัดมุมของผิวที่จุดยอดทำมุมกับแนวแกน

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

3) เก็บข้อมูลเพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณลักษณะของหัวกด

3.3.2 การตรวจสอบโดยการใช้วัสดุอ้างอิง

วิธีการทดลอง

1) นำแผ่นความแข็งอ้างอิงวางบนเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ และใช้แรงกดลงบนแผ่น 5 กิโลกรัม 10 กิโลกรัมและ 30 กิโลกรัมโดย 2 ครั้งแรกจากการวัดค่าด้วยแผ่นความแข็งแต่ละชิ้น จะไม่ใช้ในการพิจารณาแต่เป็นการปฏิบัติเพื่อการกระตุ้นการทำงานของเครื่องมือ

2) วัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดที่เกิดขึ้นจากการกด 5 ครั้ง ต่อความแข็งอ้างอิงจำนวน 1 ชิ้นด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ซึ่งติดอยู่กับเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์

3) นำข้อมูลที่ได้จากการวัดไปคำนวนหาค่าความแข็ง และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของแผ่นความแข็งอ้างอิงเพื่อใช้ในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพและความถูกต้องโดยพิจารณาถึง

-ค่าของการวัดซ้ำ

-ค่าความผิดพลาด

ตัวอย่าง การคำนวนค่าความแข็งโดยใช้สมการความแข็งวิกเกอร์

$HV = 1.8544 \times$ แรงกด/ค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุม ^{2}

ที่แรงกด 30 กิโลกรัมวัดค่าเฉลี่ยของเส้นทะแยงมุม = 0.2722มิลลิเมตร

คือ $750.8\ HV = 1.8544 \times 30/(0.27252)^2$

$$\% \text{ ค่าการวัดซ้ำ} = \frac{d_{\text{ค่ามากสุด}} - d_{\text{ค่าน้อยสุด}}}{d_{\text{ค่าเฉลี่ย}}} \times 100$$

$$0.073\ \% = \frac{0.2723 - 0.2721}{0.2722} \times 100$$

$$\% \text{ ค่าผิดพลาด} = \frac{d_{\text{ค่าอ้างอิง}} - d_{\text{ค่าเฉลี่ยของการวัด}}}{d_{\text{ค่าอ้างอิง}}} \times 100$$

$$0.22\ \% = \frac{0.2729 - 0.2722}{0.2729} \times 100$$

3.4 ประเมินและสรุปผล

-เปรียบเทียบกับเอกสารทางวิชาการ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การวัดแรง

ตารางที่ 8 ผลการวัดแรง

ค่าของการวัดแรง (กิโลกรัม)	ค่ามาตรฐาน(กิโลกรัม)	ค่าเฉลี่ยของการวัด(กิโลกรัม)
5	5 ± 0.05	5.03
10	10 ± 0.1	10.02
30	30 ± 0.3	29.90

การวัดหัวกด(indentor)

ตารางที่ 9 ผลการวัดหัวกด

ชนิดของการวัด	ค่ามาตรฐาน (องศา)	ระนาบ/ค่าที่วัดได้		ค่าความเบี่ยงเบน (องศา)
		ครั้งที่	องศา	
มุมระหว่างพื้นผิว (angle between opposite faces of the diamond pyramid)	136 ± 0.5	1	135.75	- 0.25
		2	135.95	- 0.05
		3	135.74	- 0.26
		4	135.83	- 0.17
มุมตั้งฉากกับแนวแกนของหัวกด (angles in section normal the axis of the diamond pyramid)	90 ± 0.5	1	89.56	- 0.44
		2	89.58	- 0.42
		3	89.84	- 0.16
		4	89.87	- 0.13

การวัดแผ่นความแข็งอ้างอิง

ตารางที่ 10 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 30 กิโลกรัม

ผลการทดสอบ	ผลการวัดเส้นทะแยงมุม		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 1	0.2730 mm	0.4555 mm	0.5810 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 2	0.2725 mm	0.455 mm	0.5830 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 3	0.2725 mm	0.4545 mm	0.5850 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 4	0.2720 mm	0.4545 mm	0.5840 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 5	0.2710 mm	0.454 mm	0.5840 mm
ค่าสูงสุดที่ได้	0.2723 mm	0.4555 mm	0.5850 mm
ค่าต่ำสุดที่ได้	0.2721 mm	0.4540 mm	0.5810 mm
ค่าแตกต่าง	0.002 mm	0.0015 mm	0.004 mm
ค่าเฉลี่ย	0.2722 mm	0.4547 mm	0.5834 mm
ค่ามาตรฐานของแผ่นความแข็งอ้างอิง	0.2729 mm	0.4543 mm	0.5835 mm
ค่าการวัดซ้ำ (ร้อยละ)	0.073	0.33	0.69
ค่าผิดพลาด(ร้อยละ)	- 0.22	+ 0.09	- 0.02

ตารางที่ 11 ผลการคำนวนความแข็งของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 30 กิโลกรัม

ผลการทดสอบ	ผลการคำนวนค่าความแข็ง		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
ผลการอ่านครั้งที่ 1	746 HV	268.5 HV	164.8 HV
2	749 HV	269.0 HV	163.7 HV
3	749 HV	269.5 HV	162.6 HV
4	752 HV	269.5 HV	163.1 HV
5	757 HV	270 .0HV	163.1 HV
ค่าสูงสุดที่ได้	757 HV	270 HV	164.8 HV
ค่าต่ำสุดที่ได้	746 HV	268 HV	162.6 HV
ค่าเฉลี่ย	750.6 HV	269.3 HV	163.5 HV

ตารางที่ 12 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 10 กิโลกรัม

ผลการทดสอบ	ผลการวัดเส้นทะแยงมุม		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 1	0.1580 mm	0.2630 mm	0.3370 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 2	0.1575 mm	0.2625 mm	0.3365 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 3	0.1575 mm	0.2625 mm	0.3365 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 4	0.1570 mm	0.2620 mm	0.3360 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 5	0.1565 mm	0.2620 mm	0.3355 mm
ค่าสูงสุดที่ได้	0.1580 mm	0.2630 mm	0.3370 mm
ค่าต่ำสุดที่ได้	0.1565 mm	0.2620 mm	0.3355 mm
ค่าแตกต่าง	0.0015 mm	0.0010 mm	0.0015 mm
ค่าเฉลี่ย	0.1573 mm	0.2624 mm	0.3363 mm
ค่ามาตรฐานของแผ่นความแข็งอ้างอิง	0.1576 mm	0.2623 mm	0.3369 mm
ค่าการวัดซ้ำ(ร้อยละ)	0.95	0.38	0.45
ค่าผิดพลาด(ร้อยละ)	- 0.2	+ 0.04	- 0.2

ตารางที่ 13 ผลการคำนวนความแข็งของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 10 กิโลกรัม

การทดสอบ	ผลการคำนวนค่าความแข็ง		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
ผลการอ่านครั้งที่ 1	743 HV	268 HV	163.0 HV
2	747.5 HV	269 HV	163.5 HV
3	747.5 HV	269 HV	163.5 HV
4	752 HV	270.0 HV	164.0 HV
5	757 HV	270.0 HV	164.5 HV
ค่าสูงสุดที่ได้	757 HV	270 HV	164.5 HV
ค่าต่ำสุดที่ได้	743 HV	268 HV	163.0 HV
ค่าเฉลี่ย	749.4 HV	269.0 HV	163.7 HV

ตารางที่ 14 ผลการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 5 กิโลกรัม

การทดสอบ	ผลการวัดเส้นทะแยงมุม		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 1	0.1115 mm	0.1860 mm	0.2390 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 2	0.1115 mm	0.1860 mm	0.2390 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 3	0.1115 mm	0.1856 mm	0.2390mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 4	0.1110 mm	0.1850 mm	0.2385 mm
เส้นทะแยงมุมเฉลี่ยครั้งที่ 5	0.1110 mm	0.1840 mm	0.2385 mm
ค่าสูงสุดที่ได้	0.1115 mm	0.1860 mm	0.2390 mm
ค่าต่ำสุดที่ได้	0.1110 mm	0.1840 mm	0.2385 mm
ค่าแตกต่าง	0.0005 mm	0.002 mm	0.0005 mm
ค่าเฉลี่ย	0.1113 mm	0.1853 mm	0.2388 mm
ค่ามาตรฐานของแผ่นความแข็งอ้างอิง	0.1114 mm	0.1855 mm	0.2382 mm
ค่าการวัดซ้ำ(ร้อยละ)	0.45	1.1	0.21
ค่าผิดพลาด(ร้อยละ)	- 0.09	- 0.11	+ 0.25

ตารางที่ 15 ผลการคำนวนความแข็งของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 5 กิโลกรัม

การทดสอบ	ผลการคำนวนค่าความแข็ง		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
ผลการอ่านครั้งที่ 1	746 HV	268 HV	162.0 HV
2	746 HV	268 HV	162.0 HV
3	746 HV	269 HV	162.0 HV
4	753 HV	271 HV	163.0 HV
5	753 HV	274 HV	163.5 HV
ค่าสูงสุดที่ได้	753 HV	274 HV	163.5 HV
ค่าต่ำสุดที่ได้	746 HV	268 HV	162.0 HV
ค่าเฉลี่ย	748.8 HV	270 HV	162.5 HV

บทที่ 5
วิจารณ์ผล

จากการศึกษาทดลองวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์โดยการตรวจสอบแรงกดการตรวจสอบหัวกดและการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิง เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องวัดความแข็งทั้งระบบ โดยข้อมูลที่ได้จาก การวัดแรง และการวัดหัวกด ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบ่งบอกความถูกต้องของเครื่องวัดความแข็ง เนื่องจากค่าความแข็งวิกเกอร์เป็นผลมาจากแรงที่กระทำต่อตารางพื้นที่ ดังนั้น ค่าความถูกต้องของแรงที่ได้จากการทวนสอบและค่าความถูกต้องของหัวกดทรงพีรามิดก็จะบอกไปถึงค่าความถูกต้องของการวัดโดยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงอีกด้วยสามารถอธิบายได้จากสมการความแข็งวิกเกอร์

ค่าความแข็งวิกเกอร์ = ค่าคงที่ x แรง (กิโลกรัม)/(ความยาวเส้นทะแยงมุมเฉลี่ย)^2

ผลของการทดลองในการวัดแรง และการวัดหัวกดพบว่า มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด(หัวข้อ 2.6.1) และการทวนสอบด้วยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงที่ได้พบว่ามีค่าการวัดซ้ำ(ตารางที่ 7)และความผิดพลาด(หัวข้อ ที่ 2.6.2.4)ยังคงอยู่ในข้อกำหนดของการใช้งาน ค่าความผิดพลาดจากผลการทดลองที่เกิดขึ้นทั้งในทางบวกและลบนี้มีสาเหตุมาจาก ค่าความไม่แน่นอนของแผ่นความแข็งอ้างอิงซึ่งมีค่าเท่ากับ $\pm$ 1% ของค่าความแข็งวิกเกอร์ ดังนั้นจากการศึกษาทดลองวัดค่าความแข็งด้วยการใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงผลที่ได้อยู่ภายในขอบเขตความไม่แน่นอนของแผ่นความแข็งอ้างอิง

ซึ่งในกรณีที่มีการตรวจสอบแรงและคุณสมบัติของหัวกดและพบว่าตรงตามคุณสมบัติของการใช้งาน แต่พบว่าเมื่อทำการทวนสอบด้วยแผ่นความแข็งอ้า งอิงแล้วได้ค่าการวัดซ้ำและค่าผิดพลาดเกินกว่าข้อกำหนดของการใช้งาน เมื่อพิจารณาจากสมการวิกเกอร์จะพบว่าตัวแปรที่สำคัญและมีผลต่อค่าความถูกต้องอีกอย่างหนึ่งคือความยาวของเส้นทะแยงมุม ซึ่งความผิดพลาดนี้อาจเกิดได้ 2 กรณีคือ

1.เกิดจากการวัดค่าของผู้ใช้งานเอง เช่น ทำการเก็บข้อมูลการวัดในขณะที่กล้องส่องรอยกดยังไม่ได้ระยะความคมชัดของรอย

2.กล้องจุลทรรศ์มีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่เป็นจริง

ดังนั้นจากการวิเคราะห์การทวนสอบทั้งระบบจะมีประโยชน์เมื่อพบข้อบกพร่องของเครื่องวัดความแข็งและนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงแก้ไขและรักษาให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพการใช้งานได้เป็นอย่างดี

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาทดลอง

จาก การศึกษาพัฒนาวิธีการทวนสอบเครื่องวัดความแข็งชนิด วิกเกอร์สามารถสรุปได้ดังนี้

1.การตรวจสอบค่าความถูกต้องของแรงและความถูกต้องของหัวกดที่ได้ เป็นหัวข้อหนึ่งที่ใช้ในการรับรองความถูกต้องของเครื่องวัดความแข็งและเป็นการพัฒนาระบบและวิธีการวัดให้เข้าสู่ห้องปฏิบัติการด้านความแข็งตามมาตรฐานสากล ซึ่งผลปรากฏว่าการตรวจสอบทางด้านแรงที่ 5 , 10 และ 30 กิโลกรัม และคุณสมบัติของหัวกดอยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐานคือค่าเบี่ยงเบนของแรงที่วัดได้อยู่ในช่วง $\pm$ 1 % ของแรงที่ทำการวัดและความเบี่ยงเบนของมุมที่จุดยอดของหัวกดทรงปิรามิดอยู่ในช่วง 136 $\pm$ 0.5 องศา,มุมตั้งฉากของแนวแกนอยู่ในช่วง 90 $\pm$ 0.5 องศา

2.จากการทดลองวัดค่าความแข็งโดยใช้แผ่นความแข็งอ้างอิงที่ได้รับการรับรองโดยหน่วยงานของ NAMAS ผลที่ได้จากการทดลองในการวัดค่าความแข็งที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานอ้างอิง ซึ่งเป็นผลมาจากความถูกต้องของระบบจึงเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องมือวัดและยังสามารถใช้ในการรับรองค่าความแข็งให้กับเครื่องมือวัดว่ามีความถูกต้อง

3. การศึกษาทดลองวิธีการทวนสอบทั้งระบบนี้ เป็นวิธีการที่ใช้เป็นมาตรฐานอีกทั้งการวัดวิเคราะห์ในระบบนี้ยังนำไปสู่การพัฒนาเพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพเครื่องมือวัดเมื่อผลจากการทดสอบค่าความถูกต้องพบว่ามีส่วนหนึ่งส่วนใดมีความผิดพลาดเกินค่ากำหนดตาม มาตรฐาน การดำเนินงานแก้ไขสามารถทำได้อย่างตรงจุดและรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ ห้องปฏิบัติการทางด้านความแข็งจำเป็นต้องมี เครื่องวัดแรงและเครื่องวัดทางมิติเพื่อเป็นการขจัดปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากจะเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการแล้วยังเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้บริการว่าผลที่ได้มีความถูกต้อง เพราะการทดสอบทางด้านแรงและมิติเป็นพื้นฐานที่เป็นมาตรฐานในการผลิตเครื่องมือวัดทางด้านความแข็ง จากการที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง(แรงที่ใช้หรือหัวกด)ของระบบการวัดมีความผิดพลาดหรือเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานกำหนดก็จะมีผลไปถึงความถูกต้องของการอ่านค่าของเครื่องมือวัดด้วย ดังนั้นการศึกษาทดลองวิธีการวัดทั้งระบบจึงเป็นแนวทางพัฒนาวิธีการวัดวิเคราะห์และนำไปสู่การพัฒนาเพื่อยกระดับของห้องปฏิบัติการทางด้านความแข็งให้มีมาตรฐานตามมาตรฐานสากล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นว.8ว เกษม พิฤทธิ์บูรณะ ที่ช่วยแนะนำการแก้ไขปัญหาและขั้นตอนการศึกษาทดลอง

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ งานมาตรวิทยาฯ ทุกๆท่านที่ช่วยให้คำติชมการทำงานและเป็นแรงส่งเสริมการทำงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ ซึ่งเป็นสถานที่ที่ใช้ในการทำงานการศึกษาทดลองรวมไปถึงอุปกรณ์เครื่องมือในการดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนผลการดำเนินการเสร็จสิ้นลง

เอกสารอ้างอิง

1.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1300 – 2537), *ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*

2.ASTM : E 92 - 82 ,*Standard Test Method for Vickers of Metallic Material* (Reapproved 1997)

3.OIML, *Verification of Hardness Testing Machines Vicker system* (International Recommendation No. 38), AUSTRIA

4.ISO 146 -1984(E), *Metallic materials- Hardness test – Verification of Vicker hardness testing machines HV 0.2 to HV 100* .

ภาคผนวก

ก.ข้อมูลดิบการวัดแรงกด

การวัดแรง

ตารางที่16 ข้อมูลดิบการวัดแรงกด

ค่าของการวัดแรง (กิโลกรัม)	ค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม)			ค่าเฉลี่ยของการอ่าน (กิโลกรัม)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
5	5.04	5.03	5.03	5.03
10	10.04	10.01	10.02	10.02
30	29.91	29.88	29.92	29.90

ข.ข้อมูลดิบการวัดหัวกด

ตารางที่ 17 ข้อมูลดิบการวัดหัวกดทรงพีรามิด

ชนิดของการวัด	ผิวหน้า	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าเฉลี่ย (องศา)	ค่าเบี่ยงเบนจากค่าที่มาตรฐานกำหนด (องศา)
มุมระหว่างพื้นผิว(angle between opposite faces of the diamond pyramid) ค่ามาตรฐาน ($136^0 \pm 0.5^0$)	1	135.72,135.48,136.04	135.75	- 0.25
	2	135.56,135.99,136.30	135.95	- 0.05
	3	135.56,135.52,136.13	135.74	- 0.26
	4	136.06,135.52,135.92	135.83	- 0.17
มุมตั้งฉากกับแนวแกนหัวกด (angles in section normal the axis of the diamond pyramid) ค่าเบี่ยงเบนต้องอยู่ในช่วง $\pm 0.5^0$	1	89.59,89.48,89.60	89.56	- 0.44
	2	89.56,90.43,89.75	89.58	- 0.42
	3	90.00,89.86,89.65	89.84	- 0.16
	4	90.00,90.00,89.60	89.87	-0.13

ค.ข้อมูลดิบการวัดด้วยแผ่นความแข็งอ้างอิง

ตารางที่ 18 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 30 กิโลกรัม

Test Block Value	Vicker Scale		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 1	d_1= 0.272 mm d_2= 0.274 mm	d_1= 0.455 mm d_2= 0.456 mm	d_1= 0.581 mm d_2= 0.581 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 2	d_1= 0.272 mm d_2= 0.273 mm	d_1= 0.455 mm d_2= 0.455 mm	d_1= 0.582 mm d_2= 0.584 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 3	d_1= 0.272 mm d_2= 0.273 mm	d_1= 0.454 mm d_2= 0.455 mm	d_1= 0.583 mm d_2= 0.587 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 4	d_1= 0.270 mm d_2= 0.274 mm	d_1= 0.454 mm d_2= 0.455 mm	d_1= 0.582 mm d_2= 0.586 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 5	d_1= 0.270 mm d_2= 0.272 mm	d_1= 0.453 mm d_2= 0.455 mm	d_1= 0.582 mm d_2= 0.586 mm

d_1 , d_2 : เส้นทะแยงมุมของการวัดรอยกด

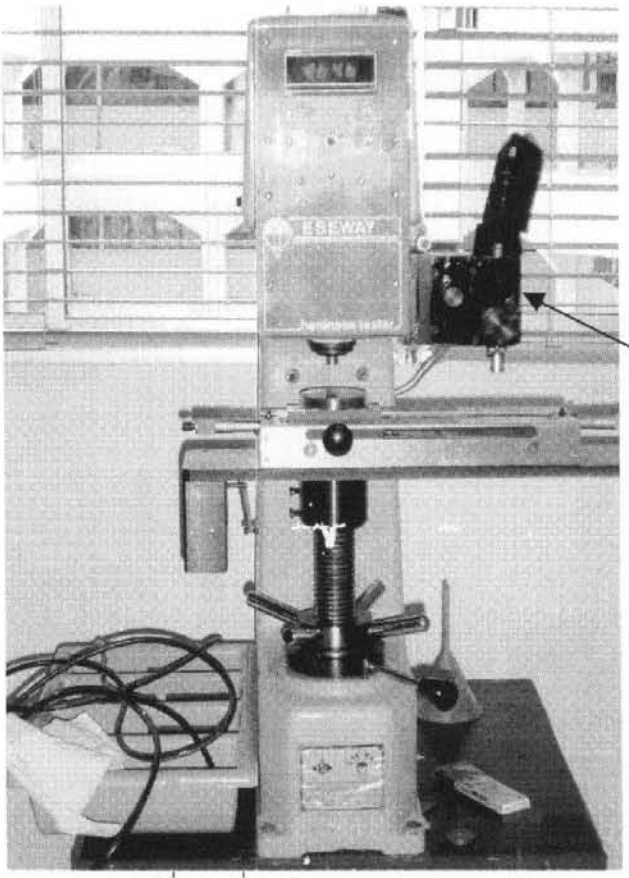
ตารางที่ 19 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 10 กิโลกรัม

Test Block Value	Vicker Scale		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 1	d_1= 0.158 mm d_2= 0.158 mm	d_1= 0.263 mm d_2= 0.263 mm	d_1= 0.337 mm d_2= 0.337 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 2	d_1= 0.157 mm d_2= 0.158 mm	d_1= 0.262 mm d_2= 0.263 mm	d_1= 0.336 mm d_2= 0.337 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 3	d_1= 0.157 mm d_2= 0.158 mm	d_1= 0.262 mm d_2= 0.263 mm	d_1= 0.336 mm d_2= 0.337 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 4	d_1= 0.157 mm d_2= 0.157 mm	d_1= 0.262 mm d_2= 0.262 mm	d_1= 0.336 mm d_2= 0.336 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 5	d_1= 0.156 mm d_2= 0.157 mm	d_1= 0.261 mm d_2= 0.263 mm	d_1= 0.335 mm d_2= 0.336 mm

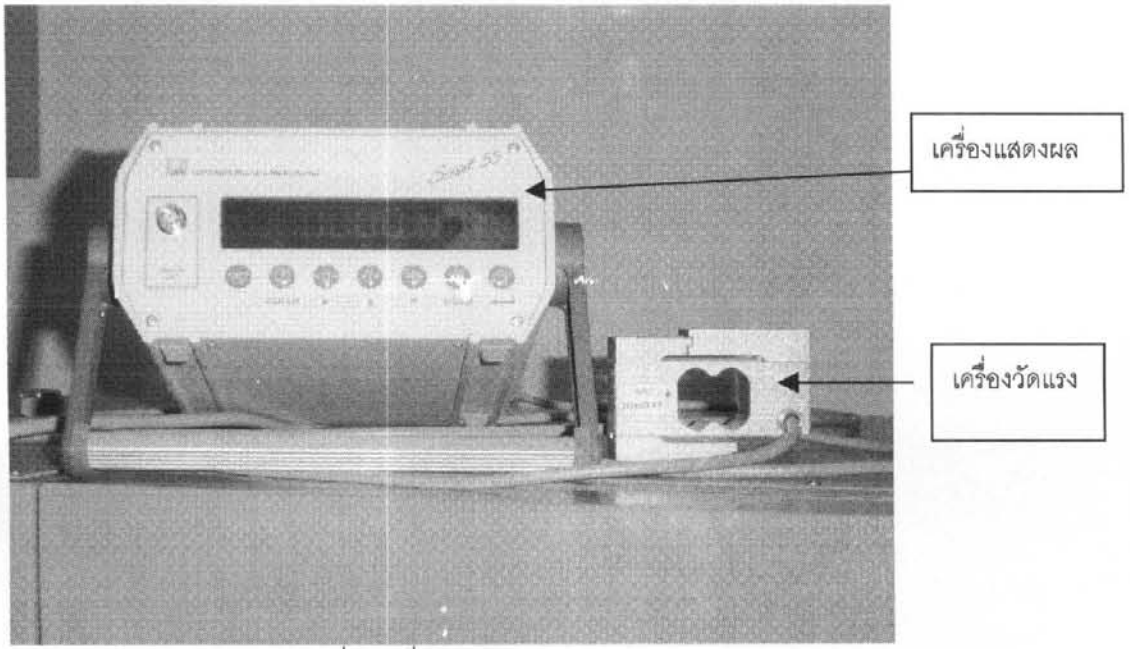
ตารางที่ 20 ข้อมูลดิบการวัดเส้นทะแยงมุมของรอยกดของแผ่นความแข็งอ้างอิงโดยใช้แรงกด 5 กิโลกรัม

Test Block Value	Vicker Scale		
	747 HV	269.5 HV	163.4 HV
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 1	d_1= 0.111 mm d_2= 0.112 mm	d_1= 0.186 mm d_2= 0.186 mm	d_1= 0.239 mm d_2= 0.239 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 2	d_1= 0.111 mm d_2= 0.112 mm	d_1= 0.186 mm d_2= 0.186 mm	d_1= 0.239 mm d_2= 0.239 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 3	d_1= 0.111 mm d_2= 0.112 mm	d_1= 0.185 mm d_2= 0.186 mm	d_1= 0.239 mm d_2= 0.239 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 4	d_1= 0.111 mm d_2= 0.111 mm	d_1= 0.185 mm d_2= 0.185 mm	d_1= 0.238 mm d_2= 0.239 mm
วัดเส้นทะแยงมุมครั้งที่ 5	d_1= 0.111 mm d_2= 0.111 mm	d_1= 0.183 mm d_2= 0.185 mm	d_1= 0.238 mm d_2= 0.239 mm

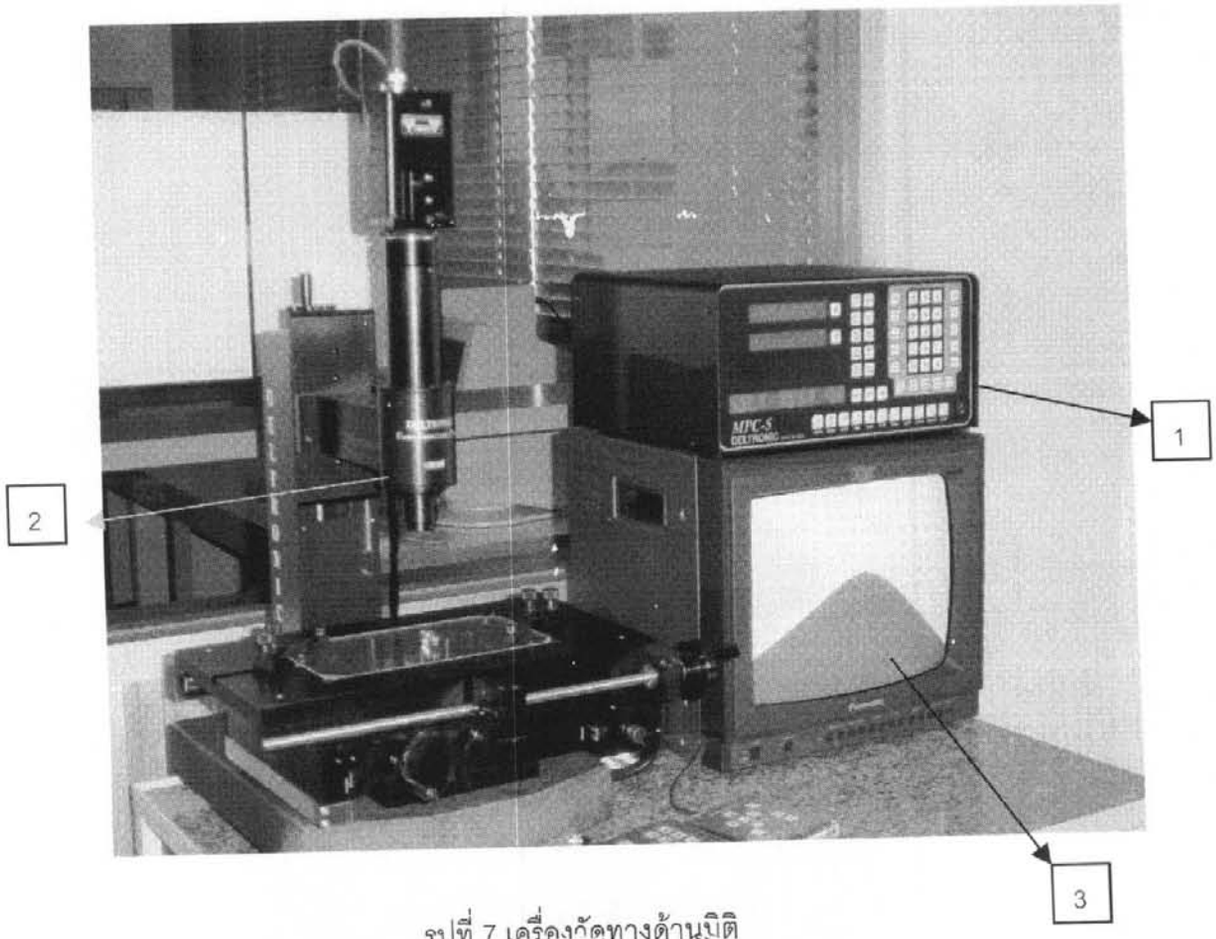
ง.รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง



รูปที่ 5 เครื่องวัดความแข็ง วิกเกอร์



รูปที่ 6 เครื่องวัดทางด้านแรง



รูปที่ 7 เครื่องวัดทางด้านมิติ

1) เครื่องประมวลผล

2) ชุดรับภาพ

3) โทรทัศน์วงจรปิด