ข้อมูลข่าวสาร วศ.

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

วศ
กฟ
อว 27

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงในตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวในหินเจียรแก้ว

โดย

ว่าที่ ร.ต.สรรค์ จิตรใคร่ครวญ

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ

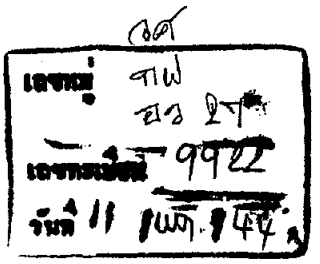
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงในตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

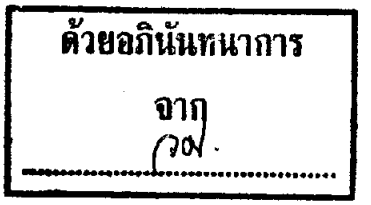
การหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิว



โดย

ว่าที่ ร.ต. สรรค์ จิตรใคร่ครวญ

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว



กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ทดสอบหาค่า"**ร้อยละของเกรน**"(Grain percentage)ของสารขัดผิวในผลิตภัณฑ์**หินเจียรแก้ว**(Vitrified Grinding Wheels) ที่เป็นค่าแสดง**โครงสร้าง**(Structure)ของหินเจียรแก้ว โดยดำเนินการทดสอบตามเอกสารมาตรฐานJIS พบว่า**สมการที่ใช้**ในการคำนวณค่า**ร้อยละของเกรน** ได้แก่**ความถ่วงจำเพาะบัลค์**(Bulk specific gravity)**ตัวอย่างหินเจียร** เป็นค่าอัตราส่วนของมวลตัวอย่างหินเจียรกับมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับตัวอย่างหินเจียรและไม่มีหน่วย แต่ในเอกสารฯเป็นค่าอัตราส่วนของมวลตัวอย่างหินเจียรกับปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร และมีหน่วย**กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร** ซึ่งเป็น**ความหนาแน่นบัลค์**(Bulk density)ของตัวอย่างหินเจียร และการหา**ค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค** เอกสารฯไม่ได้กำหนดวิธีหาค่าไว้

ในการหาค่าโครงสร้างของตัวอย่างหินเจียรแก้ว จากการวิเคราะห์ทดสอบหาค่า**ร้อยละของเกรน**โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ว่าเป็น**ความถ่วงจำเพาะบัลค์**หรือ**ความหนาแน่นบัลค์**ที่เป็นสมบัติทางฟิสิกส์ในสมการคำนวณค่าร้อยละของเกรน และได้ดำเนินการหา**ค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค**ด้วย

ผลจากการศึกษาค้นคว้าตำรับตำราและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หินเจียรและศึกษาขั้นตอนในการผลิตหินเจียรแก้วของโรงงานผลิต พบว่าสมบัติทางฟิสิกส์ที่ตำรับตำราและเอกสารกล่าวถึง ตลอดจนที่นำมาใช้คำนวณส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตของโรงงานคือ**ความหนาแน่นบัลค์**และโดยการวิเคราะห์ย้อนกลับสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าร้อยละของเกรนกับความสัมพันธ์ของปริมาตรของหินเจียรกับสารขัดผิวทำให้ได้ทราบว่า**ค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค** เท่ากับ**อัตราส่วนของมวลสารขัดผิวที่หายไปกับมวลของสารขัดผิวที่คงเหลืออยู่ หลังการแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค** ความผิดพลาดในการหาปริมาตรของหินเจียรแก้วและการล้างทำความสะอาดเกรนสารขัดผิวภายหลังการแช่ในกรดฯจะทำให้ผลการทดสอบขาดความแม่นยำ

การศึกษาวิจัยนี้ ทำให้สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวในหินเจียรแก้วเกิดความชัดเจนและสามารถดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบได้อย่างถูกต้อง

ปัจจุบันกองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการได้ใช้ผลการศึกษาวิจัยนี้มาใช้ในการทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนเพื่อแสดงค่าโครงสร้างของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วให้แก่หน่วยงานราชการและเอกชนที่มาขอใช้บริการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
คำนำ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หินเจียรแก้ว	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.3 รายละเอียดของปัญหา	3
1.4 จุดประสงค์	4
1.5 ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย	5
บทที่ 2 โครงสร้างของหินเจียร	6
2.1 โครงสร้าง	6
2.2 ความหนาแน่นกับปริมาตรของหินเจียร	6
บทที่ 3 ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ	8
3.1 นิยาม	8
3.1.1 ความหนาแน่นของ ของแข็งและของเหลว	8
3.1.2 ความหนาแน่นปรากฏของ ของแข็งและของเหลว	8
3.1.3 ความหนาแน่นบัลค์ของ ของแข็ง	9
3.1.4 ความถ่วงจำเพาะของ ของแข็งและของเหลว	9
3.1.5 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของ ของแข็งและของเหลว	9
3.1.6 ความถ่วงจำเพาะบัลค์ของ ของแข็ง	10
3.2 ความแตกต่างระหว่างเทอมที่เกี่ยวกับความหนาแน่นกับความถ่วงจำเพาะ	10
3.3 ค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวของหินเจียร	11
3.4 ความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว	12

3.5 การแก้ไขสมการที่ใช้คำนวณค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวของหินเจียรแก้ว 12

บทที่ 4 การศึกษาวิเคราะห์หาค่า K 15

4.1 ส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายได้ในกรดไฮโดรฟลูออริค, k 15

4.2 การผลิตหินเจียรแก้ว 15

4.3 การวิเคราะห์หาค่า k 16

4.4 การศึกษาวิเคราะห์หาค่ามวลจริงของเกรนสารขัดผิว 17

บทที่ 5 การศึกษาทดลอง 20

5.1 การเตรียมตัวอย่าง 20

5.2 การดำเนินการทดลอง 21

5.3 การนำผลการศึกษาวิจัยไปใช้ประโยชน์ 22

บทที่ 6 บทสรุป 23

6.1 วิจารณ์ผลของการศึกษาวิจัย 23

6.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย 23

กิตติกรรมประกาศ 26

เอกสารอ้างอิง 27

ภาคผนวก 28

ภาคผนวก ก. วิธีทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียรและ 29

วิธีทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว 30

ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทดลอง 32

ภาคผนวก ค. ภาพแสดงสัญลักษณ์ของหินเจียรและการทดลองหาค่า 35

ร้อยละของเกรน

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	อันดับค่าโครงสร้างและค่าร้อยละของเกรนกับค่าเบี่ยงเบนตามมาตรฐาน JIS R 6210	32
ตารางที่ 2	ค่าน้ำหนักของมวลที่ชั่งได้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตตัวอย่างหินเจียรที่ใช้ในการศึกษาทดลอง	33
ตารางที่ 3	ผลการคำนวณหาค่าของ D และ $D_{\blacksquare}$ กับการเปรียบเทียบค่า K และ $GS\%$ ที่คำนวณจาก $M_{\blacksquare}$ จริงที่ใช้ในส่วนผสมของวัตถุดิบกับ $M_{\blacksquare}$ ที่ได้จากการคำนวณ	34
ตารางที่ 4	ผลการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วโดยใช้วิธีและเทคนิคที่ได้จากการศึกษาวิจัย	35

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1	ตัวเลขและอักษรพยัญชนะที่ใช้เป็นสัญลักษณ์แสดงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หินเจียร	36
ภาพที่ 2	ลักษณะโครงสร้างของหินเจียร	37
ภาพที่ 3	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หินเจียรและเกรนสารขัดผิว	36
ภาพที่ 4	การล้างทำความสะอาดเกรนสารขัดผิวที่ได้ภายหลังจากการแช่ตัวอย่างหินเจียรในกรดไฮโดรฟลูออริคโดยใช้ Filtering suction flask	37
ภาพที่ 5	ลักษณะอุปกรณ์และการทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว	38

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการผลิตหินเจียรแก้ว (Vitrified Grinding Wheels) ที่ใช้สารประเภทอนุภรมของ Aluminaและ Silicon Carbide เป็นวัตถุดิบสำหรับทำสารขัดผิว เพื่อสำหรับใช้งานในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นหินเจียรที่ผลิตจึงต้องได้มาตรฐานสากลทั้งด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในการใช้งานตามที่กำหนด

เกณฑ์กำหนดมาตรฐาน และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วของประเทศนั้น ปัจจุบันสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(สมอ.)ยังไม่ได้จัดทำขึ้น แต่ในกรณีที่มีผู้ต้องการจะจดทะเบียนผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วกับทางสำนักฯนั้น ทางสำนักฯกำหนดให้ใช้มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น คือ JIS R 6210-1986(Vitrified Grinding Wheels)และ JIS R 6240-1986(Testing Methods of Grinding Wheels) ซึ่งปรากฏว่ารายละเอียดที่ปรากฏอยู่ในหัวข้อการทดสอบหา**ค่าร้อยละของเกรน (Grain Percentage)**สารขัดผิวในหินเจียรแก้วในJIS R 6240-1986 นั้น เขียนสมการที่ใช้คำนวณค่าปริมาณทางฟิสิกส์ไม่ถูกต้องตามนิยามของปริมาณทางฟิสิกส์นั้น และมีค่ายางตัวในสมการที่ใช้คำนวณ**ค่าร้อยละของเกรน** ไม่มีรายละเอียดวิธีหาค่าไว้ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวได้

ในฐานะผู้รับผิดชอบการปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วที่มีผู้มาใช้บริการวิเคราะห์ทดสอบ จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาและข้อขัดข้องในรายละเอียดวิธีวิเคราะห์ทดสอบหาค่า**ค่าร้อยละของเกรน**สารขัดผิวของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว ซึ่งเป็นค่าแสดง**โครงสร้าง(Structure)**ผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว เพื่อให้เจ้าหน้าที่ต้องปฏิบัติการสามารถให้บริการวิเคราะห์ทดสอบหา**ค่าร้อยละของเกรน**สารขัดผิวของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วได้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หินเจียรแก้ว(Vitrifide Grinding Wheels)

หินเจียร(Grinding Wheels) มีลักษณะเป็นจานหนาที่มีรูตรงกลางสำหรับใส่กับแกนหมุนของเครื่องเจียรทั้งที่หมุนด้วยมือหรือมอเตอร์ เป็นวัสดุที่ใช้สำหรับตกแต่งผิวของชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโลหะหล่อหรืองานเชื่อมโลหะ แต่งรอยตะเข็บและการลบคมของขอบโลหะ ตลอดจนประเภทอโลหะเช่น แก้ว หิน ปูน และวัตถุประเภทอื่นๆที่ต้องใช้หินเจียรในกระบวนการผลิตให้มีความเรียบร้อยสวยงาม ได้รูปร่างลักษณะตามที่ต้องการเช่น เพชร พลอยและอัญมณีอื่นๆ เป็นต้น

เนื้อของหินเจียรประกอบด้วยอนุภาคหรือเกรน*(Particles or Grains) ของสารขัดผิว(Abrasive materials)ทั้งที่ได้จากธรรมชาติหรือประดิษฐ์ขึ้นโดยยึดติดเข้ากันด้วยสารยึดเหนี่ยว(Bonding materials)ชนิดต่างๆทั้งประเภทที่เป็นสารอินทรีย์(Organic materials)หรือสารอนินทรีย์(Inorganic materials)

สารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวยึดสารขัดผิวเข้าด้วยกัน ได้แก่ ยางสน(Rasin) ยาง(Rubber) ชแลค(Shellac)หรือสารยึดเหนี่ยวที่คล้ายคลึง สารอนินทรีย์ได้แก่ ดิน(Clay) แก้ว(Glass) ปอร์ซเลน(Porcelain) โซเดียมซิลิเกท(Sodium silicate) แมกนีเซียมออกซิคลอไรด์(Magnesium oxychloride)หรือโลหะ(Metal)

หินเจียรที่ใช้ ดิน แก้ว ปอร์ซเลน หรือวัตถุประเภทเซรามิก(Ceramic) จะเรียกว่า"**หินเจียรแก้ว**"(Vitrifide Grinding Wheels)

ผลิตภัณฑ์หินเจียรที่ใช้กันอยู่นั้นมากกว่าร้อยละ50 เป็น**หินเจียรแก้ว** เนื่องจากมีความทนต่อ**น้ำ น้ำมันและสารเคมี**มากกว่าหินเจียรที่ใช้สารอินทรีย์เป็นสารยึดเหนี่ยว

---

*เกรน(Grain)คือผลึกเดี่ยวเล็กๆที่รวมกันประกอบเป็นสารขัดผิว(Abrasive grain)ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหินเจียร ในกรณีนี้จะเป็นของสารประเภท aluminaกับsilicon carbide

โดยทั่วไปแล้วหินเจียรจะแบ่งคุณลักษณะออกตามสมบัติของสารขัดผิว ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตได้แก่ ชนิดของสารขัดผิวและขนาดของเกรน เกรด(Grade) โครงสร้าง(Structure)ของหินเจียร ชนิดของสารที่ใช้ยึดเหนี่ยวสารขัดผิว(Bonding material) รูปร่าง(Shapes)และมิติ(Dimention)ของหินเจียร ตามลักษณะของการใช้งาน สมบัติต่างๆดังกล่าวกำหนดโดยใช้ตัวเลขและตัวอักษรภาษาอังกฤษ ดังแสดงในภาพที่ 1 ของภาคผนวก ค.

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในการวิเคราะห์ทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ ของการใช้งานของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว(Vitrifined Grinding Wheels)นั้น เอกสารมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณห์อุตสาหกรรม(สมอ)ใช้อ้างอิงในการทดสอบหินเจียร ได้แก่เอกสารมาตรฐานJIS R 6210-1986 (Vitrified Grinding Wheels)[6]และJIS R 6240-1986(Testing Methods of Grinding Wheels)[7]

สมบัติสำคัญของหินเจียรที่พึงประสงค์และวิธีวิเคราะห์ทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าวนั้น ส่วนใหญ่จะไม่มีปัญหาในการปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ เนื่องจากสามารถวัดหรืออ่านค่าจากเครื่องมือวัดโดยตรงนอกจากการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าโครงสร้างเพียงหัวข้อเดียวเท่านั้น

การหาค่าโครงสร้าง(Structure) ของหินเจียรแต่ละแบบตาม หัวข้อ 3.3 ในเอกสารมาตรฐาน JIS R 6210-1986[6]นั้นกำหนดให้ดูจากผลการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรน(Grain percentage)ตามวิธีที่กำหนดไว้ในเอกสารJIS R 6240-1986[7]ว่าเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางของเอกสารดังกล่าวหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 1 ของภาคผนวก ข.

จากการศึกษารายละเอียดของวิธีการทดสอบหาร้อยละของเกรน ตามหัวข้อ 3.3ในเอกสารมาตรฐานJIS R 6240-1986[7]พบว่ารายละเอียดของค่าบางตัวในสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าร้อยละของเกรน ในเอกสารอ้างอิงดังกล่าวมีความหมาย

JIS : Japan Industries Standard

ไม่ถูกต้อง และค่าบางตัวก็มิได้กำหนดวิธีการหาค่าที่ชัดเจนเพียงพอในการดำเนินการทดสอบหาค่าองค์ประกอบที่กำหนดได้

1.3 รายละเอียดของปัญหา

รายละเอียดในการทดสอบหาค่า**ร้อยละของเกรน** ตามหัวข้อ 3.3 ในเอกสารมาตรฐาน**JIS R 6240-1986**[7]**ที่เป็นปัญหาในการวิเคราะห์ทดสอบมีดังนี้**

1.3.1 หัวข้อ 3.3(c)สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าBulk Specific Gravity ความถ่วงจำเพาะบัลค์ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของตัวอย่างหินเจียรหนึ่งหน่วยปริมาตร(รวมช่องว่างทั้งที่น้ำสามารถซึมผ่านได้และไม่สามารถซึมผ่านได้ของหินเจียรในสภาวะปกติ) ที่อุณหภูมิกำหนดต่อน้ำหนักในอากาศของน้ำกลั่นที่มีปริมาตรเท่ากับตัวอย่างหินเจียรที่อุณหภูมิกำหนดและไม่มีหน่วย ปรากฏว่าชื่อหัวข้อที่ต้องการทดสอบหาค่ากับความสัมพันธ์ของปริมาณในสมการและหน่วยเขียนไม่สอดคล้องกัน*

รายละเอียดเขียนไว้ ดังนี้

$$S = \frac{m}{V} \qquad \text{.....(1)}$$

S : bulk specific gravity of sample (g/cm^2)

m : mass of sample (g)

V : volume of sample(cm^2)

จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของปริมาณด้านขวามือของสมการนั้นไปสอดคล้องกับความหมายคำนิยามของความหนาแน่นบัลค์(Bulk Density) ซึ่งหมายถึงค่าน้ำหนักในอากาศของวัตถุที่น้ำสามารซึมผ่านได้หนึ่งหน่วยปริมาตร(รวมทั้งช่องว่างที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ และไม่สามารถซึมผ่านได้ของวัตถุในสภาวะปกติ)ที่อุณหภูมิกำหนด โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรเช่น กรัม/ลบ.ซม. เป็นต้น

---

* ให้ดูจากนิยามของถ้อยคำที่ใช้เกี่ยวข้องกับ**ความหนาแน่น**(Density)และ**ความถ่วงจำเพาะ** (Specific gravity)ในบทที่ 3

1.3.2 หัวข้อ 3.3.3 Calculation ได้เขียนสมการในการคำนวณ ค่าร้อยละของเกรน ไว้ดังนี้

$$GS\ (\%) = \frac{(1+k)m_g.S}{m.S_g} \times 100 \qquad \ldots\ldots(2)$$

$GS(\%)$: grain percentage

k: component of adbrasive grain soluble in hydrofluoric acid

m_g: mass of abrasive grain (g)

m : mass of sample (g)

S : bulk specific gravity of sample (g/cm^2)

S_g: specific gravity of abrasive grain

ซึ่งค่าส่วนประกอบของสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค(k)นั้น ในกรณีของหินเจียรที่ใช้ Vitrified Bonding Agent เป็นตัวยึดเหนี่ยวสารขัดผิวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ในเอกสารไม่ได้กำหนดรายละเอียดของการหาค่าไว้ (แต่กรณีที่ใช้ Resinoid Bonding Agent กำหนดให้ค่าของ $k = 0$)

เมื่อพิจารณาหน่วยของปริมาณต่างๆที่แทนลงในสมการคำนวณหาค่าร้อยละของเกรนแล้วพบว่า ผลสุดท้ายยังคงเหลือหน่วย g/cm^2 จากค่าความถ่วงจำเพาะบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร(S) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากปัญหาใน 1.3.1 และข้อความที่เขียนอธิบายความหมายและหน่วยของสัญลักษณ์ในสมการที่ 1 และสมการที่ 2 ทำให้ผลลัพธ์มีหน่วย g/cm^2 ดังกล่าวติดอยู่ด้วย ดังเขียนได้ ดังนี้

$$\% = \frac{g.(g/cm^2)}{g} \times 100$$

$$= g/cm^2$$

1.4 วัตถุประสงค์

จากข้อสังเกตดังกล่าวข้างต้น จึงเห็นควรดำเนินการศึกษาทดลองเพื่อแก้ไขและปรับปรุงวิธีการทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนให้ถูกต้องและชัดเจน ดังนี้

1.4.1 ศึกษาวิเคราะห์ว่าสมบัติทางฟิสิกส์ที่มีประสงค์ในหัวข้อ 3.3.1ของเอกสารอ้างอิง คือ Bulk Specific Gravity ใช่หรือไม่ ถ้าไม่ใช่แล้วสมการที่ใช้คำนวณในหัวข้อย่อย 3.3.1(c)ควรแก้เป็นอะไร และสมการในหัวข้อ3.3.3ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าร้อยละของเกรนในเอกสารJIS[7]ที่ถูกต้องจะต้องเขียนเป็นอะไร

1.4.2ศึกษาวิเคราะห์ขั้นตอน เทคนิค และวิธีคำนวณในการหาส่วนประอบของสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค(*k*)ของหินเจียรที่ใช้สารยึดเหนี่ยวชนิดVitrified Bonding Agent

1.4.3 นำผลที่ได้จากการศึกษาทดลองไปใช้ประโยชน์ ในการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าโครงสร้าง(Structure)ของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้วได้อย่างสะดวกและถูกต้อง

1.5 ขั้นตอนในการศึกษาทดลอง

1.5.1 ศึกษาค้นคว้าว่า โครงสร้างของหินเจียรเป็นตัวแสดงสมบัติหรือมีความสัมพันธ์กับค่าอื่นๆเช่น มวล ปริมาตร ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะของหินเจียรอย่างไร

1.5.2 ศึกษาค้นคว้าคำนิยามต่างๆ ของถ้อยคำที่เกี่ยวข้องกับค่าความหนาแน่น(Density) และความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity)

1.5.3 ศึกษาวิเคราะห์ว่าที่ถูกต้องแล้ว สมการที่ใช้คำนวณหาค่าร้อยละของเกรนของหินเจียรนั้น มีค่าความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียรกับค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิวเป็นองค์ประกอบ หรือเป็นค่าความถ่วงจำเพาะบัลค์ของหินเจียรกับความถ่วงจำเพาะของเกรนสารขัดที่เป็นองค์ประกอบของสมการ

1.5.4 ศึกษาขั้นตอนต่างๆในการผลิตของผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์หาวิธีการคำนวณค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายหายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค(*k*)

1.5.5 ดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนของหินเจียรซึ่งใช้ Vitrified Bonding Agent จากสมการที่แก้ไขให้ถูกต้องแล้วจากการศึกษาวิเคราะห์

บทที่ 2
โครงสร้างของหินเจียร

2.1 โครงสร้าง(Structure)

เมื่อพิจารณาเนื้อของผลิตภัณฑ์หินเจียรชนิดต่างๆอย่างใกล้ชิด จะสังเกตุเห็นว่ามีลักษณะละเอียดและหยาบแตกต่างกันไป เมื่อนำไปส่องดูโครงสร้างด้วยกล้องขยายจะพบว่าสิ่งที่ทำให้เนื้อหินเจียรมีลักษณะดังกล่าวนั้น เกิดจากความสัมพันธ์ของเกรนสารขัดผิว(Abrasive grain) สารที่ใช้ยึดเหนี่ยวเกรนสารขัดผิว(Bonding material)และช่องว่างในเนื้อหินเจียร(Void or Spaces) ดังแสดงในภาพที่ 2 ของ **ภาคผนวก ค.** การที่ช่องว่างระหว่างเกรนของสารขัดผิวที่ถูกยึดติดด้วยสารยึดเหนี่ยวมีขนาดและจำนวนแตกต่างกันย่อมจะทำให้ความหนาแน่นของเนื้อหินเจียรมีค่าแตกต่างกันไปด้วย

2.2 ความหนาแน่นกับปริมาตรของหินเจียร

จากองค์ประกอบทั้งสามดังกล่าวใน 2.1 นั้น ถ้ากำหนดให้ปริมาณของสารยึดเหนี่ยวที่ใช้มีคงที่แล้ว ระยะของช่องว่างหรือขนาดของรูพรุนในเนื้อหินเจียรจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของสารขัดผิวซึ่งสามารถพิจารณาความแตกต่างได้จากค่าความหนาแน่นของการบรรจุตามธรรมชาติ(natural packing density)หรือความหนาแน่นบัลค์(Bulk density)ของสารขัดผิว

ดังนั้นโครงสร้าง(Structure)ของหินเจียรจึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเกรนสารขัดผิวกับความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียร

ในทางปฏิบัติปริมาตรของผลิตภัณฑ์หินเจียรที่ต้องการผลิตจะเป็นตัวแปรที่ทำให้ต้องใช้สารขัดผิวในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างตามที่ต้องการด้วยเหตุนี้จึงกำหนดโครงสร้างของหินเจียรโดยคิดจากค่า **ร้อยละของเกรน (Grain percenttage)** หรือค่า **ร้อยละของสารขัดผิวโดยปริมาตร(percent by volume of abrasive grain)**

โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้ตัวเลขจำนวนเต็มเป็นค่าแสดงอันดับของโครงสร้างของหินเจียรโดย ANSI B74.13-1970[1] จะใช้เลข 1 ถึงเลข 15 ส่วนJIS R 6420 -1986[7] จะใช้เลข 0 ถึงเลข 14 โดยตัวเลขค่าน้อยจะแสดงว่าช่องว่างมีระยะห่างระหว่างเกรนใกล้กันหรือรูพรุนมีขนาดเล็ก(dense spacing) และตัวเลขที่ค่ามากกว่าก็แสดงว่าจะมีรูพรุนหรือช่องว่างที่ใหญ่กว่าหรือระยะห่างระหว่างเกรนมากขึ้น (open spacing)

รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเลขของ โครงสร้างกับค่าร้อยละของเกรน ตาม JIS[6] ดังแสดงในตารางที่ 1 ของ ภาคผนวก ข.

ANSI: American National Standard Institute

บทที่ 3

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

(Density and Specific gravity)

3.1 คำนิยาม

จากการศึกษาหนังสือมาตรฐาน ASTM (Vol.3) E12 "Standard Definition of Terms Relating to DENSITY AND SPECIFIC GRAVITY OF SOLIDS, LIQUIDS AND GASES" ได้กำหนด คำนิยามของถ้อยคำ(terms)ที่เกี่ยวกับ **ความหนาแน่น(Density)** และ**ความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity)** ของสารทั้ง 3 สถานะไว้

แต่เนื่องจากกรณีที่กำลังศึกษาวิเคราะห์นี้ ตัวอย่างคือหินเจียรแก้วซึ่งมีสถานะเป็นของแข็ง(Solid) ดังนั้น จึงพิจารณาศึกษาคำนิยามดังกล่าวเฉพาะของของแข็งเท่านั้นซึ่งมีดังนี้

3.1.1 ความหนาแน่นของของแข็งและของเหลว(Density of solids and liquids)

หมายถึงมวลของวัตถุหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ อุณหภูมิที่กำหนด มีหน่วยเป็นกรัม/มิลลิลิตร, กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร, ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ฯลฯ ถ้าวัตถุเป็นของแข็ง ปริมาตรต้องเป็นของส่วนที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

" ความหนาแน่นที่ *x* "

เมื่อ *x* เป็นอุณหภูมิของวัตถุ

3.1.2 ความหนาแน่นปรากฏของ ของแข็งและของเหลว (Apparent Density of solids and liquids) หมายถึง น้ำหนักในอากาศของวัตถุหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ อุณหภูมิที่กำหนด มีหน่วยเป็น กรัม/มิลลิลิตร, กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร, ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ฯลฯ ถ้าวัตถุเป็นของแข็งปริมาตรต้องเป็นของส่วนที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

" ความหนาแน่นปรากฏที่ *x* "

เมื่อ x เป็นอุณหภูมิของวัตถุ

3.1.3 ความหนาแน่นบัลค์ของ ของแข็ง(Bulk Density of solids)

หมายถึง น้ำหนักในอากาศของวัตถุที่น้ำสามารถซึมผ่านได้หนึ่งหน่วยปริมาตร (รวมทั้งช่องว่างที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ และไม่สามารถซึมผ่านได้ของวัตถุในสภาวะปกติ) ณ อุณหภูมิที่กำหนด โดยมีหน่วยเป็น กรัม/มิลลิลิตร, กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร, ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ฯลฯ

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

"ความหนาแน่นบัลค์ที่ x"

เมื่อ x เป็นอุณหภูมิของวัตถุ

ความถูกต้องของการคำนวณค่า **ความหนาแน่นบัลค์** จะน้อยมาก ดังนั้นค่าแก้สำหรับแรงพยุงอากาศ (Air boyancy force) กับความแปรปรวนในค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงไม่ต้องคำนึงถึง เพราะฉะนั้นคำนิยามนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการชั่งน้ำหนักในอากาศเท่านั้น

3.1.4 ความถ่วงจำเพาะของของแข็งและของเหลว(Specific gravity of solids and liquids) หมายถึง อัตราส่วนของมวลของวัตถุหนึ่งหน่วยปริมาตรต่อมวลของน้ำกลั่น(gas-free distiied water) ที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ ณ อุณหภูมิที่กำหนด ถ้าวัตถุเป็นของแข็งปริมาตรจะต้องเป็นของส่วนที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

"ความถ่วงจำเพาะที่ $x/y\ ^{o}c$"

เมื่อ x เป็นอุณหภูมิของวัตถุ และ y เป็นอุณหภูมิของน้ำกลั่น

นิยมใช้คำว่า**"ความหนาแน่นสัมพัทธ์(Relative density)"**ในความหมายเดียวกับคำว่า**"ความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity)"**

3.1.5 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของของแข็ง(Apparent Specific gravity of solids)

หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของวัตถุหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ อุณหภูมิที่กำหนดต่อน้ำหนักในอากาศ (ที่ความหนาแน่นเดียวกัน) ของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ ณ อุณหภูมิที่กำหนด ถ้าวัตถุเป็นของแข็งปริมาตรจะต้องเป็นของส่วนที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

"ความถ่วงจำเพาะปรากฏที่ $x/y^{o}c$"

เมื่อ x เป็นอุณหภูมิของวัตถุ และ y เป็นอุณหภูมิของน้ำกลั่น

3.1.6 ความถ่วงจำเพาะบัลค์ของ ของแข็ง(Bulk Specific gravity of solids)

หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของวัตถุที่น้ำสามารถซึมผ่านได้หนึ่งหน่วยปริมาตร (รวมช่องว่างทั้งที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ และไม่สามารถซึมผ่านได้ ของวัตถุในสภาวะปกติ) ณ อุณหภูมิที่กำหนด ต่อน้ำหนักในอากาศ(ความหนาแน่นเดียวกัน)ของน้ำกลั่นที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ ณ อุณหภูมิที่กำหนด

รูปแบบของการบอกความหมายจะเป็น

"ความถ่วงจำเพาะปรากฏที่ $x/y^{o}c$"

เมื่อ x เป็นอุณหภูมิของวัตถุ

และ y เป็นอุณหภูมิของน้ำกลั่น

3.2 ความแตกต่างระหว่างถ้อยคำที่ใช้เกี่ยวกับความหนาแน่นกับความถ่วงจำเพาะ

จากรายละเอียดของนิยามใน 3.1 ข้างต้นทั้งหมด จะเห็นว่าถ้อยคำที่ใช้เกี่ยวกับ**ความหนาแน่น**และ**ความถ่วงจำเพาะ**มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ถ้อยคำที่ใช้เกี่ยวกับความหนาแน่นจะต้องมีหน่วยคือ หน่วยของมวลของวัตถุต่อหน่วยของปริมาตรของวัตถุ ได้แก่ กรัม/มิลลิลิตร, กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร,กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร, ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ฯลฯ

ส่วนค่าปริมาณของถ้อยคำที่เกี่ยวกับความถ่วงจำเพาะจะไม่มีหน่วย เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบระหว่างมวลกับมวล(หรือน้ำหนักกับน้ำหนัก) ของวัตถุกับน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ณ อุณหภูมิที่กำหนด ดังนั้น จึงเป็นปริมาณที่ไม่มีมิติ(dimensionless quantity)

ดังนั้นสมบัติทางฟิสิกส์ที่มีประสงค์ที่กำหนดให้เป็น "ความถ่วงจำเพาะบัลค์ (Bulk Specific Gravity)" ในเอกสารมาตรฐาน JIS R 6240-1986[7] หัวข้อ3.3.1และรูปสมการ(1)ที่ใช้คำนวณค่าในหัวข้อย่อย 3.3.1(c) ซึ่งได้เขียนแสดงไว้ดังนี้

$$S = \frac{m}{V}$$

S : bulk specific gravity of sample (g/cm^3)

m : mass of sample (g)

V : volume of sample (cm^3)

จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของปริมาณด้านขวามือของสมการ ไปสอดคล้องกับความหมายคำนิยามของความหนาแน่น(Density)ใน 3.1.1 ข้างต้น และที่ได้เขียนว่า S : bulk specific gravity of sample (g/cm^3)ซึ่งหมายความว่าค่า**ความถ่วงจำเพาะบัลค์**มีหน่วยด้วยนั้น จึงไม่สอดคล้องกับคำนิยามของ**ความถ่วงจำเพาะบัลค์** ใน 3.1.3 ข้างต้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสมบัติที่พึงประสงค์ในหัวข้อย่อย 3.3.1(c) ของ JIS R 6210-1986 **อาจจะไม่ใช่**"ความถ่วงจำเพาะบัลค์(Bulk Specific Gravity)"

3.3 ค่าร้อยละของเกรน(Grain Percentage)สารขัดผิวของหินเจียร

พิจารณาสมการที่(2)ซึ่งใช้คำนวณหาค่า**ร้อยละของเกรน**ในหัวข้อ3.3.3ในเอกสารมาตรฐานJIS R 6240-1986(Testing Methods of Grinding Wheels)

$$GS\ (\%) = \frac{(1+k)m_g.S}{m.S_g} \times 100$$

GS(%): grain percentage

k : component of adbrasive grain soluble in hydrofluoric acid

m_g : mass of abrasive grain (g)

m : mass of sample (g)

S : bulk specific gravity of sample (g/cm^2)

S_g : specific gravity of abrasive grain

พบว่าเมื่อนำหน่วยของปริมาณต่างๆแทนค่าลงไปในสมการด้วยปรากฏว่าผลลัพธ์ของหน่วยทางด้านซ้ายและด้านขวาของสมการไม่ตรงกัน ด้านขวามือของสมการจะยังคงเหลือค่าหน่วย **มวลต่อตารางพื้นที่** คือ g/cm^2 ได้ดังนี้

$$\% = \frac{g.(g/cm^2)}{g} x100$$

ดังนั้นค่าปริมาณบางค่าที่ใช้แทนค่าลงในสมการนี้จึงมีหน่วยไม่ถูกต้อง

3.4 ความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว(Bulk density of abrasive grain)

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารมาตรฐาน และหนังสือที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หินเจียรต่างๆ(เอกสารอ้างอิงหมายเลข1,4,5และ8) พบว่าเอกสารดังกล่าวเขียนถึงเฉพาะความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียรและความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิวเท่านั้น

ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันว่าใน JIS R 6240-1986 หัวข้อ 3.3.1ที่เขียนว่าเป็นค่าความถ่วงจำเพาะบัลค์นั้นไม่ถูกต้อง

3.5 การแก้ไขสมการคำนวณค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวของหินเจียรแก้ว

จากหัวข้อ 3.2,3.3 และ3.4 ข้างต้นสามารถพิจารณาแก้ไขสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าร้อยละของเกรน ดังนี้

3.5.1 เปลี่ยนชื่อหัวข้อความถ่วงจำเพาะบัลค์(Bulk Specific gravity) ในเอกสารมาตรฐาน JIS R 6240-1986 หัวข้อ 3.3.1 เป็น **ความหนาแน่นบัลค์** (Bulk Density,*D*)และสมการที่ใช้คำนวณค่า ในหัวข้อย่อย 3.3.3(c)เป็น

$$D = \frac{m}{V} \qquad \ldots\ldots(3)$$

เมื่อ D : Bulk density of sameple (g/cm^3)

m : mass of sample (g)

V : volume of sample (cm^3)

3.5.2 เปลี่ยนข้อความ**ความถ่วงจำเพาะบัลค์ของสารขัดผิว**(Bulk Specific gravity of Abrasive Grains,S_g) ของสมการ(2)ที่ใช้คำนวณหาค่าร้อยละของเกรน (Grain percentage)หัวข้อ 3.3.3 ในเอกสารมาตรฐานJIS R 6240-1986 (Testing Methods of Grinding Wheels)เป็น"**ความหนาแน่นบัลค์ของสารขัดผิว**(Bulk Density of Abrasive Grains,D_g)" ซึ่งจะเขียนสมการเป็น

$$D_g = \frac{m_g}{V_g} \qquad \text{.....(4)}$$

D_g : Bulk density of abbrasive grain (g/cm^3)

m_g : mass of abbrasive grain of sample which remain after dissolve by hydrofluoric acid)(g)

V_g : volume of abrasive grain of sample which remain after dissolve by hydrofluoric acid) (cm^3)

หมายเหตุ เนื่องจากมีสารขัดผิวบางส่วนละลายหายไปขณะที่ย่อยตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริค ดังนั้นมวลของสารขัดผิว(m_g)จะต้องเป็นมวลของสารขัดผิวที่คงเหลืออยู่ภายหลังจากละลายตัวอย่างหินเจียรแก้วด้วยกรดไฮโดรฟลูออริค (mass of abrasive grain which remain after dissolve by hydrofluoric acid)

ซึ่งจะได้สมการที่ใช้คำนวณหาค่าร้อยละของเกรน(Grain percentage)ใหม่ คือ

$$GS\ (\%) = \frac{(1+k)m_g.D}{m.D_g} \times 100 \qquad \text{.....(5)}$$

$GS(\%)$: grain percentage

k : component of adbrasive grain soluble in hydrofluoric acid

m_g : mass of abrasive grain of sample which remain after dissolve by hydrofluoric acid)(g)

m : mass of sample (g)

D : Bulk Density of grinding wheel (g/cm^3)

D_g : Bulk density of abrasive grain (g/cm^3)

บทที่ 4
การศึกษาวิเคราะห์หาค่า k

4.1 ส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายได้ในกรดไฮโดรฟลูออริค, k

ในการหาค่ามวลของเกรนสารขัดผิวของหินเจียรแก้ว (Mass of abrasive grain of vitrified Griding Wheels) ตามเอกสาร JIS R 6240-1986 (Testing Methods of Grinding Wheels) กำหนดให้แช่ตัวอย่างหินเจียรในกรดไฮโดรฟลูออริคที่มีความเข้มข้นร้อยละ 46 เมื่อส่วนประกอบของตัวอย่างแยกออกจากกันแล้วนำไปล้างในน้ำ และให้คงเหลือออกมาเฉพาะเกรนของสารขัดผิว(abrasive grain)จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส จนเห็นว่าน้ำหนักคงที่ ค่าที่ชั่งได้จะเป็นค่ามวลของเกรนสารขัดผิวที่ใช้ในการผลิตหินเจียร จะมีสารขัดผิวของหินเจียรจำนวนหนึ่งละลายหายไป ซึ่งในสมการที่ใช้คำนวณหาค่าร้อยละของเกรน กำหนดให้ค่า k เป็นส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายหายไปได้ในกรดไฮโดรฟลูออริค แต่ไม่ได้เขียนอธิบายวิธีการหาหรือคำนวนค่า k นี้ไว้เลยในเอกสารมาตรฐานดังกล่าว

4.2 การผลิตหินเจียรแก้ว

กระบวนการผลิตหินเจียรแก้ว(vitrified grinding wheel) ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตหินเจียรนั้น ส่วนผสมของวัตถุดิบประกอบด้วยสารขัดผิว(abbrasive grain)สารยึดเหนี่ยว(bonding material)และกาวแป้งเปียก โดยมวลของสารขัดผิวและสารยึดเหนี่ยวที่ใช้ในการผลิตเป็นไปตามอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้แล้ว ซึ่งจะคำนวณค่ามวลของสารขัดผิวและสารยึดเหนี่ยวที่ใช้ในการผลิตหินเจียรให้ได้ค่าร้อยละของเกรน(Grain percentage) ตามอัตราส่วนเชิงปริมาตรของโครงสร้างของหินเจียรแต่ละแบบแต่ละชนิด(ดังแสดงในตารางที่ 1) จากปริมาตรของแบบพิมพ์ที่ใช้ผลิตและความหนาแน่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ **สารขัดผิว** ที่ทราบขนาดของเกรนและ**สารยึดเหนี่ยว**โดยที่ค่าของแรงกดที่ใช้กดส่วนผสมลงในแบบพิมพ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบการใช้งานและขนาดของสารขัดผิวที่เป็นวัตถุดิบในการผลิต ส่วนกาวแป้งเปียก

ภาควิทยาศาสตร์บริการ

ที่ผสมรวมอยู่ในส่วนผสมของวัตถุดิบเพื่อให้หินเจียรที่ออกจากพิมพ์ยังคงรูปตามแบบพิมพ์เมื่อนำไปอบและเมื่อถูกนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส กาวแป้งเปียกจะหายหมดไปกลายเป็นช่องว่างหรือรูพรุนในเนื้อของหินเจียร

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะมีร้อยละเชิงปริมาตรของสารขัดผิว สารยึดเหนี่ยวและรูพรุนตามที่ได้คำนวณไว้

4.3 การวิเคราะห์หาค่า *k*

จากการศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับค่าโครงสร้าง(STRUCTURE)ของหินเจียรในหนังสือของ Coes,L.,Jr.(1971)[6] กล่าวว่า"**ส่วนผสมของสารขัดผิวและสารยึดเหนี่ยวถูกใช้ตามน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรที่ได้คำนวณไว้แล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นสุดท้ายนั้นจะมีค่าร้อยละของปริมาตรของสารขัดผิว สารยึดเหนี่ยว และรูพรุนตามที่ได้คำนวณไว้ก่อนแล้ว**" และของ KRAR,S.F. and OSWALD,J.W.(1941)[8] กล่าวว่า "**ระยะห่างของช่องว่างในเนื้อหินเจียรจะแสดงถึงความหนาแน่น และโครงสร้างของหินเจียร**" ทำให้ทราบว่า**ค่าร้อยละของเกรน**สารขัดผิวในหินเจียรมีค่าเท่ากับค่าร้อยละของอัตราส่วนปริมาตรสารขัดผิวที่ใช้จริงในการผลิตหินเจียร กับปริมาตรของหินเจียร ซึ่งสอดคล้องกับวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่ามวลของสารขัดผิวที่ใช้จริงในส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตหินเจียรเพื่อให้ได้ปริมาตรตามแบบพิมพ์ของโรงงานผลิตหินเจียร และจะเขียนสมการที่ใช้คำนวณหาค่า**ร้อยละของเกรน**ได้ใหม่ ดังนี้

$$GS\ (\%) = \frac{V_g}{V} \times 100 \qquad \ldots\ldots(6)$$

แต่ $V_g = M_g/D_g$ และ $V = m/D$

จะได้

$$GS\ (\%) = \frac{(M_g/D_g)}{(m/D)} \times 100$$

$$= \frac{M_g . D}{m . D_g} \times 100 \qquad \ldots\ldots(7)$$

เมื่อ V_g : เป็นปริมาตรของสารขัดผิวในตัวอย่างหินเจียร,หน่วย ลบ.ซม.

V : เป็นปริมาตรของตัวอย่างผลิตภัณฑ์หินเจียร,หน่วย ลบ.ซม.

M_g : เป็นมวลสารขัดผิวของตัวอย่างก่อนถูกละลายด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก, หน่วย กรัม(mass of abrasive grain of sample befor dissolve by hydrofluoric acid,g)

นั่นคือ สมการที่(7)จะมีค่าเท่ากับสมการ(6) ดังนี้

$$\frac{M_g . D}{m . D_g} \times 100 = \frac{(1+k)m_g . D}{m . D_g} \times 100$$

$$M_g = (1+k)m_g \qquad \ldots\ldots(8)$$

จะได้ $$k = \frac{M_g - m_g}{m_g} \qquad \ldots\ldots(9)$$

จากผลของการศึกษาวิเคราะห์ข้างต้นจะได้สมการที่(5)เป็นสมการที่ถูกต้องสำหรับใช้ในการคำนวณค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวในหินเจียร และได้สมการ(9)เป็นสมการสำหรับคำนวณหาค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายหายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค(K) ขณะที่แช่ตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริคเพื่อสลายตัวอย่างหินเจียรแก้วให้เหลือเพียงเกรนสารขัดผิวเท่านั้น

4.4 การศึกษาวิเคราะห์หาค่ามวลจริงของเกรนสารขัดผิว

ในการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิว เพื่อที่จะทราบค่าโครงสร้างของของหินเจียรแก้วในห้องปฏิบัติการนั้น ผู้วิเคราะห์ทดสอบจะไม่ทราบค่ามวลเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในส่วนผสม(M_g)ของชิ้นตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบเลย นอกจากมวลและปริมาตรของชิ้นตัวอย่างหินเจียรที่ใช้ทดสอบก่อนนำไปแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค ดังนั้นผู้วิเคราะห์ทดสอบจึงต้องหาค่า M_g ของชิ้นตัวอย่างหินเจียรจากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลค่าตัวเลขของค่าstructureในmarking ที่ปรากฏอยู่

บนฉลากที่ติดอยู่บนตัวผลิตภัณฑ์หินเจียร

จากเหตุผลที่ว่า ในการผลิตหินเจียรของโรงงานนั้นจะใช้วิธีการใส่มวลของเกรนสารขัดผิวในส่วนผสมที่ผลิตหินเจียรให้มีโครงสร้างต่างๆตามที่ต้องการ โดยการคำนวณจากค่าความหนาแน่นของสารขัดผิวที่ใช้ในการผลิตและค่าร้อยละของอัตราส่วนโดยปริมาตรของหินเจียรที่ต้องการผลิต ตามรายละเอียดในหัวข้อ 4.2

ดังนั้น เมื่อผู้วิเคราะห์ทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของสารขัดผิวได้แล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาค่ามวลของเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในตัวอย่างหินเจียรแก้วที่จะทำการทดสอบหาค่าร้อละของเกรน ดังนี้

สมมุติให้ชิ้นตัวอย่างที่ถูกตัดจากหินเจียรที่มีค่าตัวเลขstructureในmarking เป็น 5 มีลักษณะที่สามารถวัดมิติได้โดยตรงมีปริมาตร V ลบ.ซม. ชั่งในอากาศได้มวล m กรัม และหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของสารขัดผิวได้ D_s กรัม/ลบ.ซม.แล้ว ก็จะสามารถคำนวณค่ามวลของสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในชิ้นตัวอย่างหินเจียรได้ M_s กรัม จากค่าตัวเลขของค่าstructureในตารางที่ 1 ค่าเลข 5 ของstructureนั้นจะตรงกับค่า 52 ของร้อยละของเกรน ซึ่งหมายความว่าหินเจียรแก้วปริมาตรร้อยลูกบาศก์เซ็นติเมตรจะมีปริมาตรของเกรนสารขัดผิวอยู่จริงในหินเจียร 52 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ที่เหลืออีก 48 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร จะเป็นปริมาตรของสารยึดเหนี่ยวกับช่องว่างในหินเจียรแก้ว ถ้า V_s เป็นปริมาตรของเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริง ดังนั้นจากสมการที่(7) จะเขียนได้ว่า

$$52 = \frac{V_s}{V} \times 100 \qquad \text{.....(10)}$$

แต่ $$V_s = \frac{M_s}{D_s}$$

จะได้ $$M_s = 0.52 \times V \times D_s$$

ดังนั้นสมการทั่วไปสำหรับคำนวณหาค่ามวลของเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในชิ้นตัวอย่างหินเจียรแก้ว จะเป็น

$$M_s = \frac{(GS\%) \times V \times D_s}{100} \qquad \text{.....(11)}$$

เมื่อแทนค่า M_g ลงในสมการที่(9) ก็จะสามารถคำนวณหาค่าของส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายหายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค(x) หรือแทนค่าลงในสมการที่(8) ก็จะสามารถคำนวณค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิว(GS %)ในหินเจียรที่นำมาวิเคราะห์ทดสอบ

บทที่ 5

การศึกษาทดลอง

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

ด้วยการขอความอนุเคราะห์จากบริษัท เมโทรดันดัม จำกัด ซึ่งผู้ผลิตหินเจียรแก้วเพื่อการส่งออก ให้ช่วยจัดทำตัวอย่างหินเจียรแก้วที่มีขนาดเล็กๆ ที่มีสมบัติและลักษณะแตกต่างกันจำนวน3แบบคือ แบบA24K6V1A แบบA60K7V1Aและ GC100K8V1A โดยที่ชิ้นตัวอย่างของแต่ละแบบจะมีปริมาตรเท่ากัน และใช้ปริมาณส่วนผสมของวัตถุดิบดังนี้

	เกรนสารขัดผิว (กรัม)	สารยึดเหนี่ยว (กรัม)	กาวแป้งข้าวโพด (กรัม)
แบบ A24K6V1A	200	32	9
แบบ A60K7V1A	200	36	9
แบบ GC100K8V1A	200	40	9

หลังจากผสมวัตถุดิบตามสัดส่วนข้างต้นในหม้อผสมเรียบร้อยแล้วก็เอาสารผสมของวัตถุดิบมาใส่ลงในแบบพิมพ์ซึ่งมีปริมาตร 42.1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ทำการชั่งน้ำหนักของมวลวัตถุดิบที่ขึ้นรูปแล้วหลังออกจากแบบพิมพ์ก่อนนำเอาไปอบให้แห้งและชั่งน้ำของมวลวัตถุดิบหลังอบแห้งอีกครั้ง จากนั้นก็นำตัวอย่างไปเข้าเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงถึง 1,200 องศาเซลเซียส ความร้อนจะเผาส่วนที่เป็นกาวแป้งข้าวโพดที่ใช้ในการขึ้นรูปให้หายหมดไปกลายเป็นช่องว่าง(void)หรือรูพรุน(pore)ในเนื้อของหินเจียรแก้ว ส่วนแร่หินฟันม้าที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารยึดเหนี่ยว ก็จะหลอมละลายยึดเกรนสารขัดผิวเข้าด้วยกันได้เป็นหินเจียรแก้วสำเร็จรูปที่จะนำไปใช้เป็นตัวอย่างสำหรับใช้ในศึกษาทดลองต่อไป

5.2 การดำเนินการทดลอง

นำตัวอย่างหินเจียรทั้งหมดไปอบไล่ความชื้นด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศา

เซลเซียสจนน้ำหนักคงที่แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำตัวอย่างหินเจียรแก้วใส่ลงในบีกเกอร์ที่ทำจากโพลิเอทิลิน ซึ่งบรรจุกรดไฮโดรฟลูออริคที่มีความเข้มข้นร้อยละ46 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร แช่จนกระทั่งตัวอย่างหินเจียรแก้วสลายแยกตัวออกจากกันหมดแล้วนำไปล้างทำความสะอาดไล่ส่วนของสารยึดเหนี่ยว ที่ละลายอยู่ในกรดไฮโดรฟลูออริคด้วยน้ำกลั่นออกให้หมด และป้องกันการสูญหายของเกรนสารขัดผิวโดยใช้วิธี Filtering suction นำเกรนแต่สารขัดผิวที่ทำความสะอาดดีแล้วไปอบให้แห้งในเตาอบที่ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่แล้วนำไปชั่งก็จะเป็นน้ำหนักมวลของเกรนสารขัดผิวที่ยังคงเหลืออยู่ภายหลังการแช่ตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริค รายละเอียดของค่าน้ำหนักมวลของเกรนสารขัดผิวที่ชั่งในอากาศตามขั้นตอนดังกล่าวของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้**ในตารางที่ 2 ของภาคผนวก ข.**

นำข้อมูลที่หาได้ตามในตารางที่ 2 ของภาคผนวก ข. มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร(D)ตามสมการที่(3) หาค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิวหาค่าส่วนประกอบ(D_g)ตามสมการที่(4) หาค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่หายไปหลังแช่ตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริค(k)ตามสมการที่(7)และหาค่ามวลของสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในตัวอย่างหินเจียรแก้วก่อนนำไปแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค(M_g)ตามสมการที่(11) ซึ่งผลการคำนวณค่าต่างๆที่ได้จากข้อมูลของการทดลองตัวอย่างหินเจียรแก้วทั้ง3แบบได้แสดงไว้**ในตารางที่ 3 ของภาคผนวก ข.**

รายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร(D)และความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว(D_g)แสดงไว้**ในภาคผนวก ก.**

จากข้อมูลผลการคำนวณค่าต่างๆในตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าน้ำหนักมวลของเกรนสารขัดผิว(M_g)ที่มีอยู่จริงในส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำตัวอย่างหินเจียรก่อนแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค จะเห็นว่ามีค่ามากกว่าได้จากการคำนวณตามสมการ(11) เป็นผลทำให้ค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่หายไปหลังแช่ตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริค(k)ตามสมการที่(7)และค่าร้อยละของเกรน GS ที่คำนวณออกมามีค่าน้อยกว่าค่าจริงที่กำหนดไว้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามค่าที่คำนวณได้ก็ยังอยู่ในพิสัยของค่าเบี่ยงเบนของค่าร้อยละของเกรนที่กำหนดไว้ในตารางที่1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าโครงสร้างที่ได้จาการทดสอบของตัวอย่างหินเจียรแก้วถูกต้องตรงกับ

ค่าโครงสร้างที่โรงงานได้คำนวณไว้ก่อนการทำตัวอย่างหินเจียรแก้ว

ดังนั้นในการปฏิบัติการในห้องทดลอง เพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำ จึงต้องมีความละเอียดในการหาค่าปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร และเพิ่มความระมัดระวังมิให้เกิดการสูญหายของเกรนในขณะทำความสะอาดสารขัดผิวที่คงเหลือภายหลังการแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค

5.3 การนำผลการศึกษาทดลองไปใช้ประโยชน์

ผลจากการศึกษาวิเคราะห์ทางทฤษฎี และเทคนิคที่ได้จากการศึกษาทดลองกับตัวอย่างข้างต้นเพื่อแก้ปัญหาและข้อขัดข้องในการหาค่าร้อยละของเกรนแล้วนั้น

งานวิเคราะห์ทดสอบด้านมวล มิติและแรงฝ่ายฟิสิกส์ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการได้นำความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ มาใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว ที่ได้หน่วยงานของทางราชการและเอกชนส่งมาใช้บริการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ทดสอบ ที่ได้ให้การบริการหาค่าร้อยละของเกรนของตัวอย่างหินเจียรแก้วต่างๆไปแล้วดังแสดงในตารางที่ 4 ของภาคผนวก ข.

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 วิจารณ์ผลของการศึกษาวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลของการทดสอบของตัวอย่างจำเพาะที่ศึกษาทดลองพบว่าสิ่งที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน คือการวัดค่าปริมาตรตัวอย่างหินเจียรแก้ว เป็นผลให้การคำนวณค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหินเจียรแก้ว(D)คลาดเคลื่อนไปจากค่าที่เป็นจริงได้ และอีกสาเหตุหนึ่งก็คือการล้างทำความสะอาดแยกสิ่งที่ละลายหลังแช่ตัวอย่างหินเจียรในกรดไฮโดรฟลูออริค ซึ่งจะทำให้ได้ค่ามวลของเกรนสารขัดผิวที่เหลือจากการแช่ในกรดฯไม่ถูกต้อง ผลก็คือการคำนวณค่าความหนาแน่นบัลค์ของสารขัดผิว (D_g) ค่ามวลสารขัดผิวที่มีอยู่จริงฯ(M_g) ค่าส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายหายไปได้ในกรดไฮโดรฟลูออริค(k)และค่าร้อยละของเกรน(GS %) จะคลาดเคลื่อนต่อเนื่องกันตามลำดับ

ดังนั้นในการวิเคราะห์ทดสอบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ถูกส่งมาทดสอบหาค่า GS % นั้นต้องดำเนินการหาค่าดังกล่าวอย่างระมัดระวังให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

6.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย

ผลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ทางทฤษฎี และจากการศึกษาทดลองกับตัวอย่างหินเจียรแก้วต่างๆ แสดงให้เห็นว่ารายละเอียดวิธีการทดสอบหาค่า**ร้อยละของเกรน**ที่ได้เขียนไว้ในเอกสารมาตรฐาน JIS R 6240-1986 (Testing Methods of Grinding Wheels)หัวข้อที่ 3.3 นั้นมีเนื้อหาไม่ถูกต้อง และสมบูรณ์พอสำหรับใช้ในการทดสอบ ที่ถูกต้องและสมบูรณ์จะต้องเป็น ดังนี้

6.2.1 ในหัวข้อ 3.3.1(c) เดิมได้เขียนไว้เป็น**ความถ่วงจำเพาะบัลค์**(Bulk Specific Gravity) ต้องเปลี่ยนให้ถูกต้องเป็น**ความหนาแน่นบัลค์**(Bulk Density) และเปลี่ยนสัญลักษณ์ของสมการ จากของเดิม

$$S = \frac{m}{V}$$

เมื่อ S เป็นความถ่วงจำเพาะบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร,กรัม/ลบ.ซม.
(bulk specific gravity of sample)(g/cm^3)

m เป็นมวลของตัวอย่างหินเจียร,กรัม(mass of sample,g)

V เป็นปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร,ลบ.ซม.
(volume of sample,cm^3)

ซึ่งเป็นสมการที่ไม่ถูกต้องตามนิยาม เป็นสัญลักษณ์สมการใหม่ คือ

$$D = \frac{m}{V}$$

เมื่อ D เป็นความหนาแน่นบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร,กรัม/ลบ.ซม
(Bulk Density of sample,g/cm^3)

m เป็นมวลของตัวอย่างหินเจียร,กรัม(mass of sample,g)

V เป็นปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร,ลบ.ซม.
(volume of sample,cm^3)

6.2.2 **ส่วนประกอบของเกรนสารขัดผิวที่ละลายไปในกรดไฮโดรฟลูออริค** (component of adbrasive grain soluble in hydrofluoric acid,k นั้นหาได้จากสมการคำนวณ ดังนี้

$$k = \frac{M_g - m_g}{m_g}$$

เมื่อ M_g เป็นมวลของเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริงในตัวอย่างหินเจียรก่อนที่จะนำไปแช่ให้สลายตัวในกรดไฮโดรฟลูออริค,กรัม(mass of abrasive grain of sample befor dissolve by hydrofluoric acid,g)

m_g เป็นมวลของเกรนสารขัดผิวที่เหลืออยู่ของตัวอย่างหินเจียรภายหลังแช่ให้สลายตัวในกรดไฮโดรฟลูออริค,กรัม
(mass of abrasive grain of sample which remain after dissolve by hydrofluoric acid,g)

6.2.3 สมการที่ใช้ในการคำนวนหาค่า**ร้อยละของเกรน**(Grain percentage,*GS* %) ที่ถูกต้อง คือ

$$GS\ (\%) = \frac{(1+k)m_s.D}{m.D_s} \times 100$$

6.2.4 **โครงสร้าง**(Structure)ของหินเจียร ซึ่งจะแสดงความหนาแน่นของเนื้อหินเจียรโดยดูจากค่า**ร้อยละของเกรน**(Grain percentage,*GS* %)ซึ่งเป็นค่าร้อยละของอัตราส่วนของปริมาตรเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่ในหินเจียรกับปริมาตรของหินเจียรนั้น รูปสมการ เขียนได้ ดังนี้

$$GS\ (\%) = \frac{V_s}{V} \times 100$$

เมื่อ V_s เป็นปริมาตรของสารขัดผิวในตัวอย่างหินเจียร,ลบ.ซม.

V เป็นปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร,ลบ.ซม.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า ผู้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง**การวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวในหินเจียรแก้ว**นี้ ใคร่ขอขอบคุณบริษัท เมโทรรันดัม จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ข้าพเจ้า เข้าเยี่ยมชมวิธีและขั้นตอนในการผลิตหินเจียรของบริษัทฯ รวมทั้งให้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตลอดจนจัดทำตัวอย่างหินเจียรแก้วเป็นการเฉพาะ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบ

ความอนุเคราะห์ที่ได้รับจากบริษัทฯดังกล่าวช่วยทำให้การดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาและข้อขัดข้อง ที่เป็นอุปสรรคในการหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวในหินเจียรแก้วและการจัดทำรายงานการศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ ทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

เอกสารอ้างอิง

1. ANSI B 74.13-1970 : Abrasive,identification marking.
2. ASA B 74.4-1964 : Bulk density of abrasive grains,Test for.
3. ASTM (Vol.3)E12 : Standard Definition of Terms Relating to DENSITY AND SPECIFIC GRAVITY OF SOLIDS, LIQUIDS,AND GASES
4. BS 7425 : Part 1:1991 Method for the determination of the bulk density of macrograins.
5. Coes L.,Jr."ABRASIVES" Springer-Verlag Wien,New York 1971.
6. JIS R 6210-1986 : Vitrified Grinding Wheels.
7. JIS R 6240-1986 : Testing Methods of Grinding Wheels.
8. KRAR,S.F. and OSWALD WILLIAM,J."Grinding Technology"Delmar Publishers copyright 1974.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียรและของเกรนสารขัดผิว

1. การทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของหินเจียร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) คาลิปเปอร์ขนาด 200 มม.อ่านได้ละเอียด 0.01 มม.

2) เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 1,200 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.001 กรัม

3) เตาอบ

4) ภาชนะเก็บและดูดความชื้นตัวอย่าง(desiccator)

ขั้นตอนของการทดสอบ

1) ตัดตัวอย่างหินเจียรแก้วให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแล้วแต่งให้สม่ำเสมอทุกด้าน โดยมีมวลประมาณ 200 กรัม

2) วัดมิติของตัวอย่างหินเจียรด้านละ 3 ตำแหน่งแล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละด้าน นำค่าเฉลี่ยของทุกด้านไปคำนวณหาค่าปริมาตรของตัวอย่างหินเจียร

3) นำตัวอย่างหินเจียรไปอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งค่ามวลคงที่แล้วนำไปเก็บไว้ในเดสิเกเตอร์จนมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

4) นำตัวอย่างไปชั่งหาค่ามวลในอากาศ

5) คำนวณค่าความหนาแน่นบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$D = \frac{m}{V}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นบัลค์ของตัวอย่างหินเจียร (กรัม/ลบ.ซม.)

m = มวลของตัวอย่างหินเจียร (กรัม)

V = ปริมาตรของหินเจียร (ลบ.ซม.)

2. การทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว

เครื่องมือและอุปกรณ์

1)ฟลาซ(Filtering suction flask)

2)ปั๊มสูญากาศ

3)เครื่องชั่งที่อ่านได้ละเอียด 0.001 กรัม

4)บิกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

5)กรวยและกระบอก 100 ลบ.ซม.

6)กรดไฮโดรฟลูออริค

ขั้นตอนของการทดสอบ

1)นำชิ้นหินเจียรที่มีปริมาตรมากกว่า 100 ลบ.ซม. ไปแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริคที่มีความเข้มข้นร้อยละ 46 ในบิกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เมื่อส่วนประกอบของหินเจียรแยกออกจากกันแล้วนำไปล้างในน้ำจนคงเหลือเฉพาะเกรนของสารขัดผิว เพื่อป้องกันมิให้เกรนสารขัดผิวที่เหลือ ภายหลังจากการแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริคสูญหายไประหว่างการล้างด้วยน้ำ จะใช้วิธีไล่เกรนสารขัดผิวจากบิกเกอร์ด้วยน้ำอย่างช้าๆ ลงในกระดาษกรองที่วางอยู่ในกรวยที่อยู่บนฟลาซซึ่งต่ออยู่กับปั๊มสูญากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3 ในภาคผนวก ง แล้วใช้น้ำกลั่นล้างเกรนสารขัดผิวจนแน่ใจว่าเหลือแต่เกรนสารขัดผิว

2)นำกระดาษกรองที่มีเกรนสารขัดผิวอยู่ไปอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส

3)นำเกรนสารขัดผิวที่อบแห้งแล้วไปหาค่าความหนาแน่นบัลค์ตามวิธีทดสอบในเอกสารมาตรฐาน ASA B 74.4-1964 โดยใส่เกรนสารขัดผิวลงในกรวยแล้วปล่อยให้ไหลลงไปในกระบอกที่ทราบน้ำหนัก(m_1)และปริมาตร(V) ดังแสดงในรูป ภาพที่ 4

4)ปาดเกรนสารขัดผิวให้เสมอปากกระบอก นำกระบอกที่บรรจุเกรนสารขัดผิวเต็มกระบอกไปชั่งหาค่ามวล(m_2) ดังนั้นมวลของเกรนสารขัดผิว(m_g)ที่มีปริมาตรเท่ากับกระบอก(V)หาได้จาก มวลของกระบอกที่บรรจุเกรนสารขัดผิวลบด้วยมวลของกระบอก ดังนี้

$$m_g = m_2 - m_1$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$D_s = \frac{m_s}{V_s}$$

D_s = ความหนาแน่นบัลค์ของสารขัดผิว (กรัม/ลบ.ซม.)

m_s = มวลของสารขัดผิว (กรัม)

V_s = ปริมาตรของสารขัดผิว (ลบ.ซม.)

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงข้อมูลผลของการศึกษาทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของค่าโครงสร้างกับค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิว และค่าเบี่ยงเบน(ตามตารางที่ 6 ในหัวข้อ 3.3 ของเอกสาร JIS R 6210-1986: Testing Methods of Grinding Wheels)

โครงสร้าง (Structure)	ร้อยละของเกรน,% (Grain percentage)	ค่าเบี่ยงเบน,% (Diviations)
0	62	
1	60	
2	58	
3	56	
4	54	
5	52	
6	50	
7	48	$\pm$1.5
8	46	
9	44	
10	42	
11	40	
12	38	
13	36	
14	34	

ตารางที่ 2 แสดงค่ามวลที่ชั่งได้ในขั้นตอนการผลิตตัวอย่างหินเจียรแก้ว

หน่วยเป็นกรัม

รหัสอ้างอิงของตัวอย่างหินเจียรแก้ว	มวลวัตถุดิบที่เข้าแบบพิมพ์ต่อมวลสารขัดผิว	มวลหลังจากอบแห้งให้คงรูป	มวลหลังจากเผาที่ 1,200°c,(m)	มวลหลังจากแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริค,(m_d)
A24K6V1A	101/83.3	99	98	81
A60K7V1A	97/79.2	94	93	76
GC100K8V1A	76.7/61.6	74	73	58

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่ามวลของตัวอย่างA24K6V1A เมื่ออบแห้งหลังเข้าแบบพิมพ์เหลือ 99 กรัมจากมวลวัตถุดิบ 101 กรัม แสดงว่ามีน้ำระเหยไป 2 กรัม และมวลหลังจากเผาที่ 1200 องศาเซลเซียสหายไป 1 กรัม ส่วนมวลภายหลังแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริคคงเหลือเพียง 81 กรัม แสดงว่านอกจากสารยึดเหนี่ยวที่ละลายไปในกรดฯแล้วยังมีมวลสารขัดผิวสูญหายไปด้วยอีก 2.3 กรัม จากเดิมที่มี 83.3 กรัม ส่วนตัวอย่างA60K7V1Aเมื่ออบแห้งหลังเข้าแบบพิมพ์เหลือ 94 กรัม จากมวลวัตถุดิบ 97 กรัมแสดงว่ามีน้ำระเหยไป 3 กรัม และมวลหลังจากเผาที่ 1200 องศาเซลเซียสหายไป 1 กรัม ส่วนมวลภายหลังแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริคเหลือเพียง 76 กรัมแสดงว่านอกจากสารยึดเหนียวที่ละลายไปในกรดฯแล้ว ยังมีมวลสารขัดผิวสูญหายไปด้วยอีก 3.2 กรัมจากเดิมที่มี 79.2 กรัม และตัวอย่าง GC100K8V1A เมื่ออบแห้งหลังเข้าแบบพิมพ์เหลือ 74 กรัม จากมวลวัตถุดิบ 76.7 กรัมแสดงว่ามีน้ำระเหยไป2.7 กรัมและมวลหลังจากเผาที่ 1200 องศาเซลเซียสหายไป 1 กรัม ส่วนมวลภายหลังแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริคคงเหลือเพียง 58 กรัม แสดงว่านอกจากสารยึดเหนียวที่ละลายไปในกรดฯแล้วยังมีมวลสารขัดผิวสูญหายไปด้วยอีก 3.6 กรัมจากเดิมที่มี 61.6 กรัม

ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณหาค่าของ D, D_q, และเปรียบเทียบค่า K, และ GS % ที่คำนวณจาก M_q จริงในส่วนผสมของวัตถุดิบกับ M_q ที่ได้จากการคำนวณของตัวอย่างหินเจียรจำเพาะ

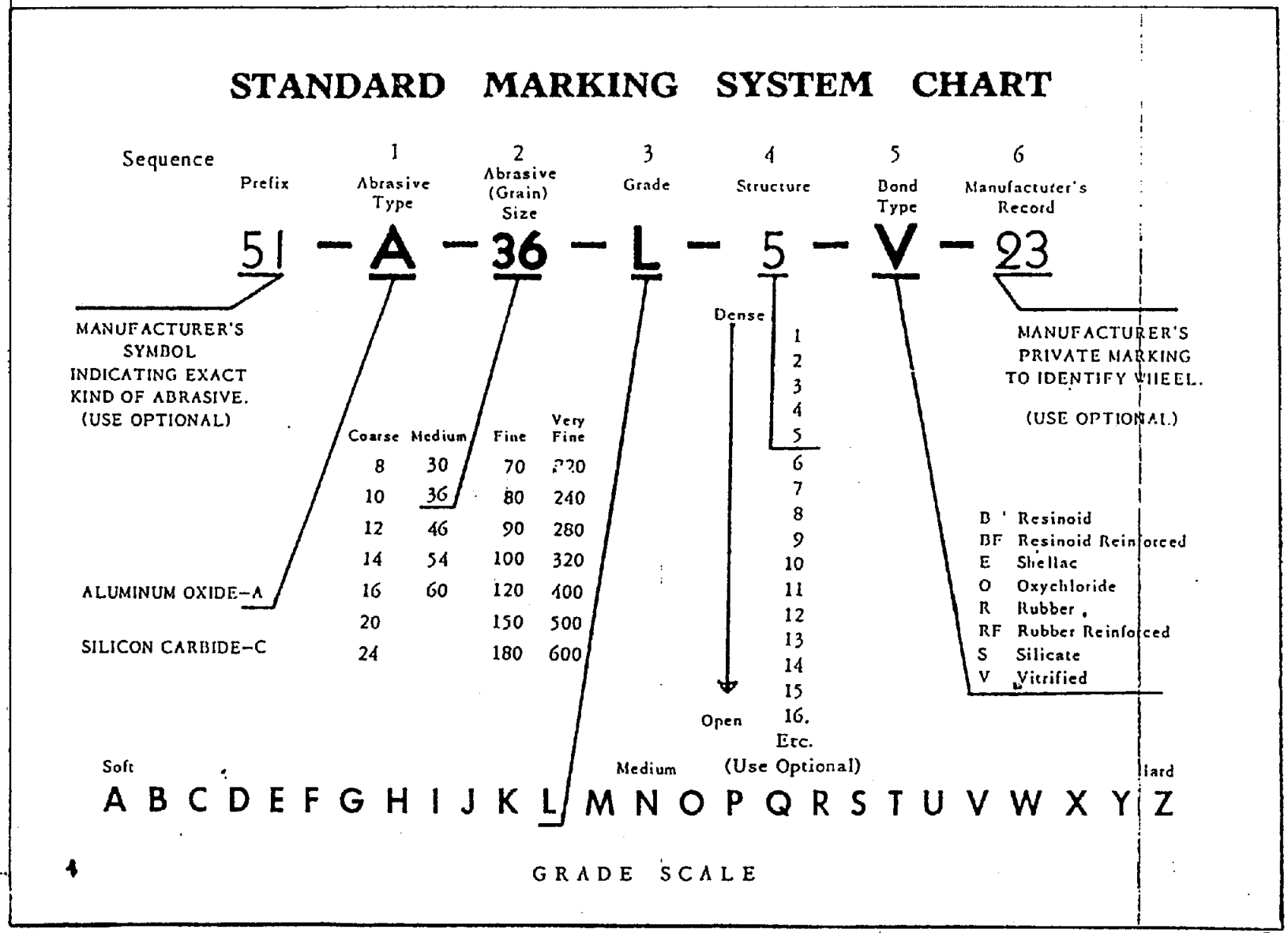
รหัสหินเจียร	D	D_q	M_q จริงในส่วนผสม	k	GS %	M_q ที่ได้จากการคำนวณ	k	GS %
A24K6V1A	2.33	3.97	83.3	0.035	49.89	83.57	0.032	50.00
A60K7V1A	2.21	3.91	79.2	0.042	47.32	79.01	0.040	48.02
GC100K8V1A	1.74	3.15	61.6	0.062	45.98	61.39	0.056	46.16

จาก**ตารางที่ 3** เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามวลของเกรนสารขัดผิว(M_q) ที่ใช้จริงในส่วนผสมที่ใช้ทำตัวอย่างหินเจียรทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเห็นว่ามีค่ามากกว่ามวลของเกรนสารขัดผิวที่ได้จากการคำนวณตามสมการ(11)ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทำความสะอาดเกรนสารขัดผิวของตัวอย่างที่สลายตัว ภายหลังการแช่ตัวอย่างหินเจียรแก้วในกรดไฮโดรฟลูออริค ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าkที่ใช้มวลของเกรนสารขัดผิวที่มีอยู่จริงมาคำนวณตามสมการที่(9)มากกว่าค่าkที่ใช้มวลของเกรนสารขัดผิวที่ได้จากการคำนวณ เป็นผลให้ค่าร้อยละของเกรน(GS %)ที่คำนวณตามสมการที่(6)มีค่าน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามปรากฏว่าค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวที่หาค่าออกมาได้ก็ยังอยู่ในพิสัยที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 คือ 50$\pm$1.5 สำหรับตัวอย่างA24K6V1A 48$\pm$1.5สำหรับตัวอย่างA60K7V1A และ46$\pm$1.5 สำหรับตัวอย่างGC100K8V1A ตามลำดับ

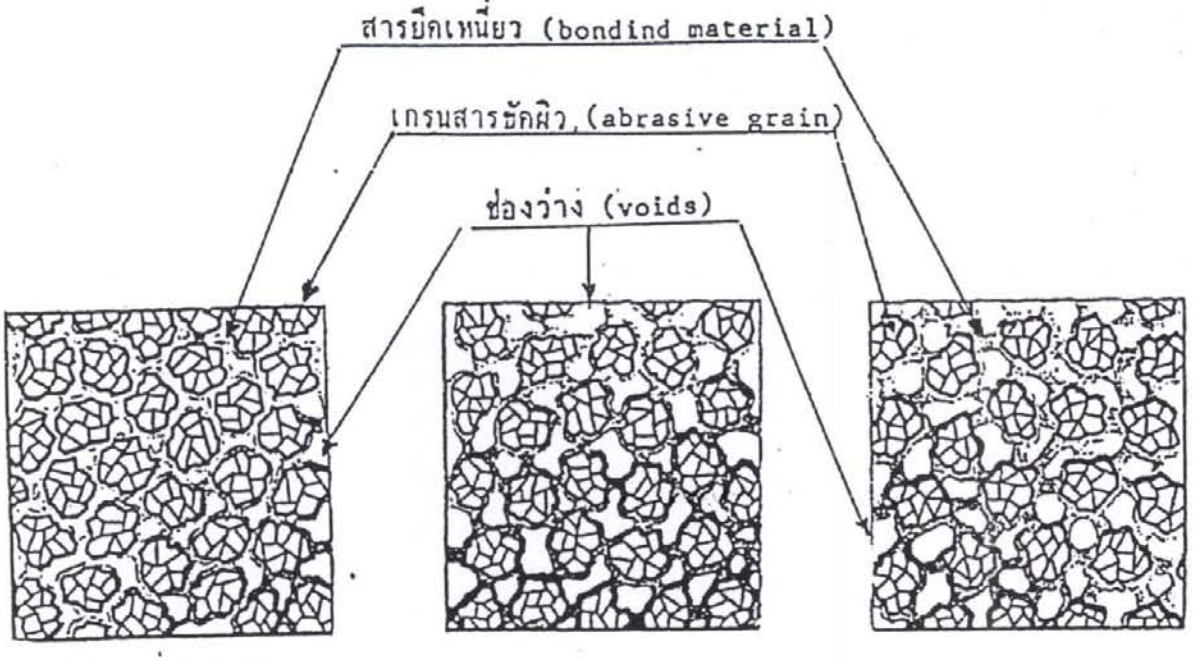
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าร้อยละของเกรนสารขัดผิวของตัวอย่างหินเจียรแก้ว

หมายเลขปฏิบัติการ	รหัสหินเจียร	ค่า GS(%) มาตรฐาน	ค่าGS(%)จากการวิเคราะห์ทดสอบ	หมายเหตุ
-	KG-5V-	52±1.5	51.4	จากเอกชน
-	CG-5V-	52±1.5	51.5	"
-	CA-5V-	52±1.5	54.30*	"
-	GC100K8V1A	46±1.5	45.48	"
-	A24K6V1A	50±1.5	49.43	"
-	A10K7V1A	48±1.5	47.95	"
QB 887	GC100K8V1A	46±1.5	45.24	จากราชการ
QB 888	A24K6V1A	50±1.5	49.43	"
QB 889	A10K7V1A	48±1.5	48.21	"
QQ 818	GC100K8V1A	46±1.5	45.9	"
QQ 819	A24K6V1A	50±1.5	48.8	"

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าเมื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์หินเจียรแก้ว ทั้งที่เป็นตัวอย่างจากเอกชนที่นักวิทยาศาสตร์นำมาทำการทดสอบหาความชำนาญ และที่หน่วยงานราชการมาใช้บริการนั้น ผลการทดสอบหาค่า**ร้อยละของเกรน** ปรากฏว่าส่วนใหญ่ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงที่ตรงค่าที่ระบุอยู่ในรหัสของหินเจียร

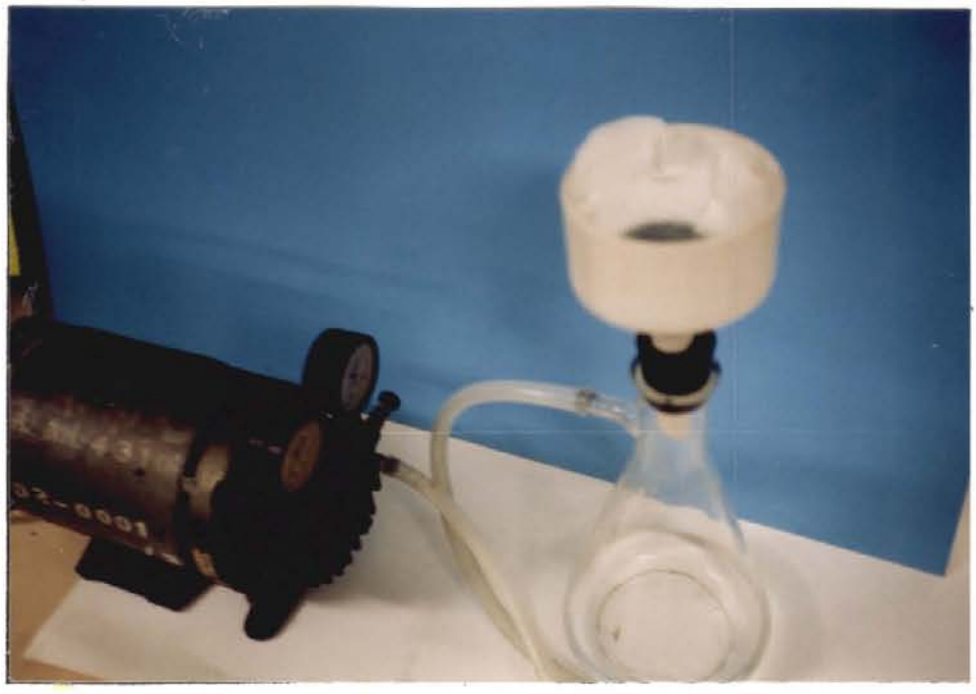


ภาพที่ 1 ตัวเลขและอักษรพยัญชนะที่ใช้เป็นสัญลักษณ์แสดงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หินเจียร ตามมาตรฐาน ANSI B 74.13



ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างของหินเจียร

ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หินเจียรและเกรนสารขัดผิว



ภาพที่ 4 การล้างทำความสะอาดเกรนสารขัดผิวที่ได้ภายหลังจากการแช่ตัวอย่างหินเจียรในกรดไฮโดรฟลูออริคโดยใช้ Filtering suction flask

ภาพที่ 5 ลักษณะอุปกรณ์และการทดสอบหาค่าความหนาแน่นบัลค์ของเกรนสารขัดผิว