

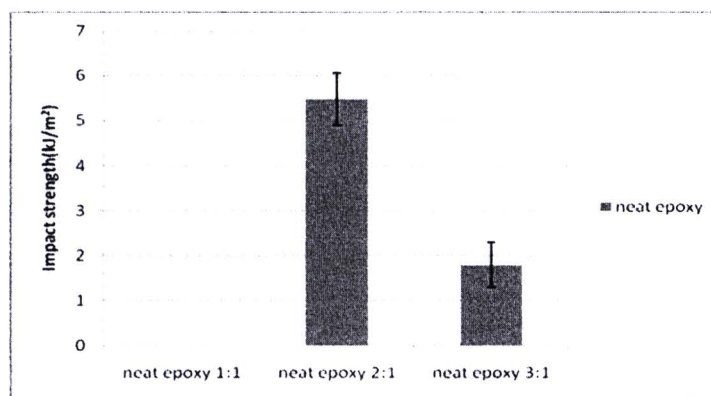
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์เคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็ง

4.1.1 ผลการทดสอบความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength)

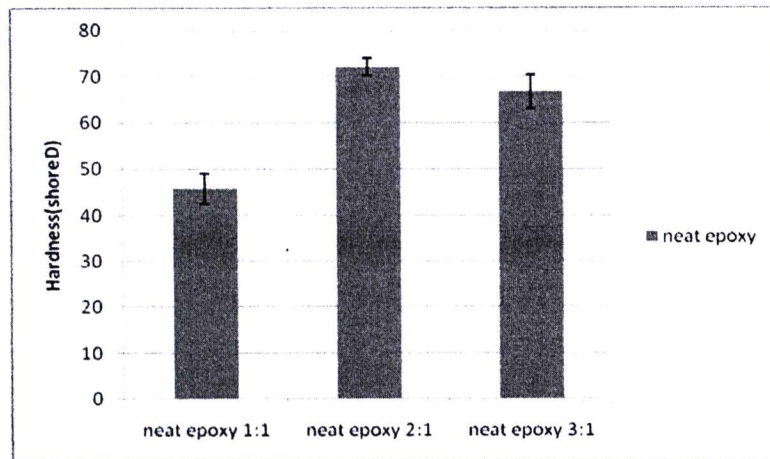
เมื่อทำการทดสอบความทนต่อแรงกระแทกพบว่า ชิ้นงานจากการใช้สัดส่วนอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็ง (Epoxy : Hardener) ที่ 2:1 ให้ชิ้นงานที่มีค่าความสามารถในการรับแรงกระแทกสูงที่สุด



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบสัดส่วน Epoxy:Hardener ที่มีผลต่อความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงาน

4.1.2 ผลการทดสอบความแข็ง (Hardness)

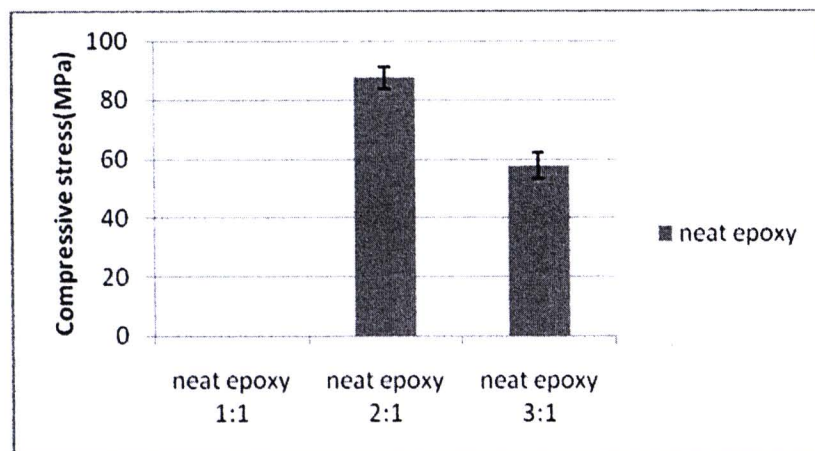
เมื่อทำการทดสอบความแข็งของชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยใช้สัดส่วนอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็งที่ 1:1, 2:1, และ 3:1 พบว่าสัดส่วนอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็งที่ 2:1 ให้ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด (ดังรูป 4.2) ทำนองเดียวกับสมบัติความทนต่อแรงกระแทก



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบสัดส่วน Epoxy:Hardener ที่มีผลต่อความแข็งของชิ้นงาน

4.1.3 ผลการทดสอบความทนต่อแรงกดอัด (Compressive Strength)

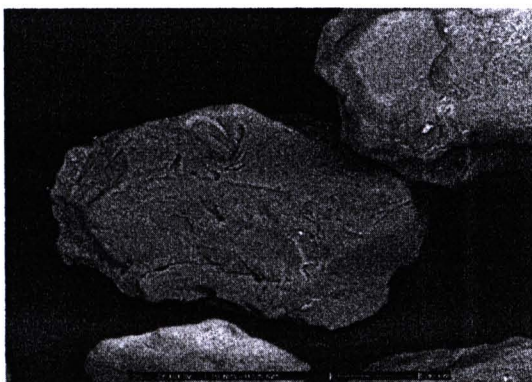
เมื่อทำการทดสอบความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยใช้สัดส่วนอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็งที่ 1:1, 2:1, และ 3:1 พบว่าสัดส่วนอีพอกซีเรซินกับสารช่วยแข็งที่ 2:1 ให้ชิ้นงานที่มีค่าความทนต่อแรงกดอัดสูงที่สุด (ดังรูป 4.3) ทำนองเดียวกับสมบัติความทนต่อแรงกระแทกและความแข็งของชิ้นงาน



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบสัดส่วน Epoxy:Hardener ที่มีผลต่อความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงาน

4.2 สมบัติทางกายภาพ และทางกลของเรซินผสมเม็ดทราย ขนาด 600 ไมโครเมตร และขนาด 525 ไมโครเมตร

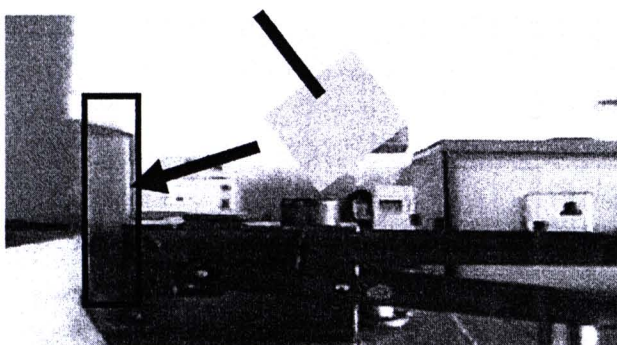
โดยทั่วไป ในการประยุกต์ใช้อีพอกซีสำหรับงานเคลือบผิวพื้นโรงงานนั้น มักนิยมผสมเม็ดทรายเป็นสารตัวเติม เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และเพิ่มความแข็งให้กับเรซิน เพื่อให้สามารถทนแรงกดสูงๆได้ การศึกษานี้จึงใช้ชิ้นงานผสมเม็ดทราย เพื่อใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ(Reference) โดยขนาดของเม็ดทรายเบอร์ 3 มีขนาด 600 ไมโครเมตร ทรายเบอร์ 4 มีขนาด 525 ไมโครเมตร ตามลำดับ โดยที่รูปร่างของเม็ดทรายนั้นมีเหลี่ยมมุมน้อยลักษณะค่อนข้างกลม(ดังรูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 ลักษณะรูปร่างทางกายภาพของเม็ดทรายขนาด 600 ไมโครเมตร

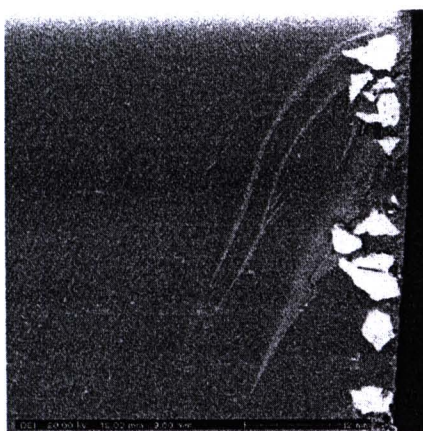
4.2.1 ผลการทดสอบความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength)

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาสมบัติของวัสดุที่เตรียมเบื้องต้น โดยจะเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทดสอบ สมบัติ ความทนทานต่อแรงกระแทกแบบ Izod โดยที่ลักษณะการทดสอบจะเป็นการปล่อยหัวค้อนขนาด 4 จูลมากระแทกชิ้นงานที่วางอยู่ในแนวตั้ง(ดังรูปที่ 4.5)

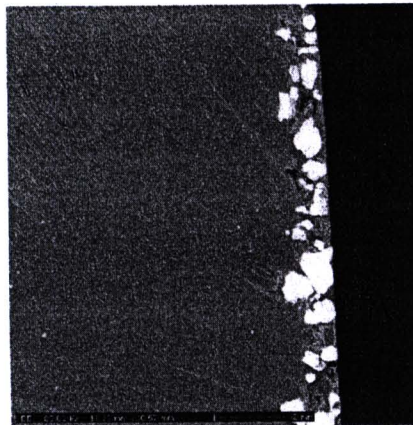


รูปที่ 4.5 ลักษณะการวางชิ้นงานในการทดสอบแรงกระแทกแบบ Izod

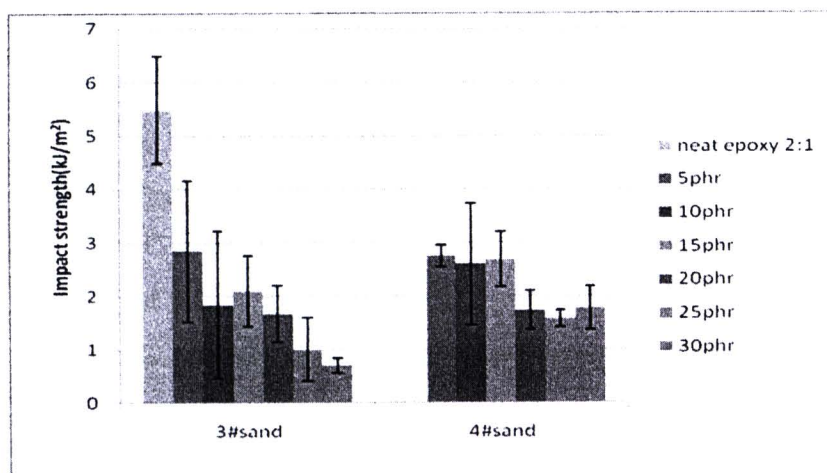
เมื่อทำการทดสอบความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานที่มีการเติมสารตัวเติมชนิดเม็ดทราย (Sand Particles) โดยปรับเปลี่ยนปริมาณ 5,10,15,20,25,30 phr และปรับเปลี่ยนขนาดเม็ดทรายเบอร์ 3 และเบอร์ 4 พบว่า ความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ของชิ้นงาน ลดต่ำลงประมาณ 40-50% (ดังรูปที่ 4.8) เมื่อเทียบกับชิ้นงานอีพอกซีที่ไม่ผสมเม็ดทราย (Neat Epoxy) และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆเมื่อสัดส่วนปริมาณเม็ดทรายในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีทรายเบอร์ 4 ที่ปริมาณ 25 phr และ 30 phr พบว่ามีค่าความทนต่อแรงกระแทกสูงกว่าทรายเบอร์ 3 ที่ปริมาณเดียวกัน เนื่องจากทรายเบอร์ 4 นั้นมีขนาดเล็กกว่าจึงมีพื้นที่ผิวมากกว่า และตกตะกอนน้อยกว่าจึงสามารถกระจายตัวในชิ้นงานได้ดีกว่า ดังนั้นเมื่อได้รับแรงกระแทกกระบวนการถ่ายเทแรงสู่เม็ดทรายเบอร์ 4 จึงทำดีกว่าทรายเบอร์ 3 อย่างไรก็ตามเม็ดทรายเบอร์ 3 มีขนาด 600 ไมโครเมตร และทรายเบอร์ 4 นั้น มีขนาด 525 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองเบอร์นั้นมีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่จึงทำให้เม็ดทรายตกตะกอนและเกิดการรวมตัวกันไม่กระจายตัวทั่วทั้งชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดจุดบกพร่องในชิ้นงาน เมื่อได้รับแรงกระแทก จึงแตกหักได้ง่าย (ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7)



รูปที่ 4.6 ลักษณะชิ้นงานอีพอกซีเรซินที่ใช้เม็ดทรายเบอร์ 3 ปริมาณ 30 phr เป็นสารตัวเติม



รูปที่ 4.7 ลักษณะชิ้นงานอีพอกซีเรซินที่ใช้เม็ดทรายเบอร์ 4 ปริมาณ 30 phr เป็นสารตัวเติม

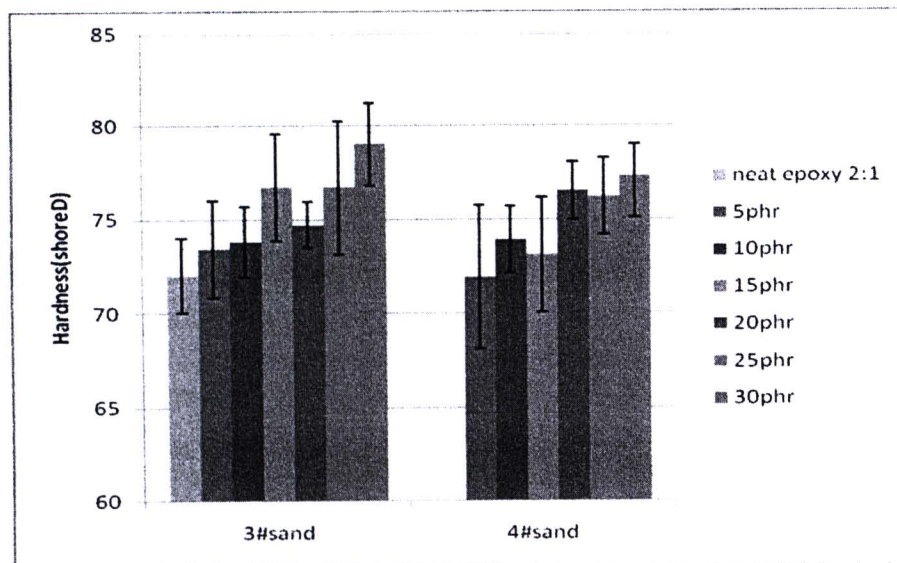


รูปที่ 4.8 อิทธิพลของปริมาณและขนาดอนุภาคสารตัวเติมเม็ดทราย ที่มีต่อความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานอีพอกซีเรซิน

4.2.2 ผลการทดสอบความแข็ง (Hardness)

เมื่อทำการทดสอบความแข็งของชิ้นงานที่มีการเติมเม็ดทรายที่ปริมาณและขนาดต่าง ๆ กัน พบว่า ชิ้นงานอีพอกซีเรซินที่ผสมเม็ดทราย จะมีค่าความแข็งที่ผิวโดยเฉลี่ย (Hardness) สูงขึ้นเรื่อยๆตามปริมาณเม็ดทรายที่เพิ่มขึ้น โดยที่ทรายเบอร์ 3 มีแนวโน้มเพิ่มความแข็งที่ผิวโดยเฉลี่ยของชิ้นงานได้สูงกว่าชิ้นงานที่ผสมทรายเบอร์ 4 เล็กน้อย (ดังรูป 4.9) ทั้งนี้เนื่องจากการวัดความแข็งของชิ้นงานนั้นเป็นการวัดที่บริเวณผิวของชิ้นงานซึ่งทรายเบอร์ 3 นั้นมีขนาดใหญ่กว่าจึงมีการตกตะกอนรวมตัวกันอยู่ที่บริเวณผิวของชิ้นงานมากกว่าดังนั้นเมื่อทำการทดสอบจึงมีความน่าจะเป็นที่หัวเข็มจะกดโดนบริเวณเม็ดทรายมากขึ้นซึ่งเม็ดทรายมีความแข็งมากกว่าเรซินดังนั้น

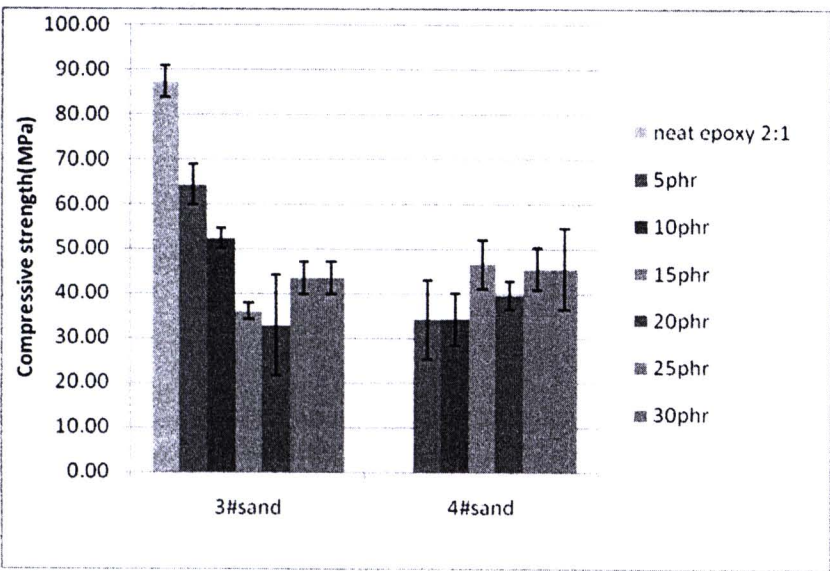
ชิ้นงานที่ผสมทรายเบอร์ 3 นั้นจึงมีแนวโน้มเพิ่มความแข็งที่ผิวโดยเฉลี่ยของชิ้นงานได้สูงกว่าชิ้นงานที่ผสมทรายเบอร์ 4 เล็กน้อย



รูปที่ 4.9 อิทธิพลของสารตัวเติมเม็ดทรายที่มีต่อความแข็งของชิ้นงาน

4.2.3 ผลการทดสอบความทนทานต่อแรงกดอัด (Compressive Strength)

เมื่อทำการทดสอบความทนทานต่อแรงกดอัดของชิ้นงานที่มีการเติมเม็ดทรายที่ปริมาณและขนาดต่าง ๆ กัน พบว่า ความทนทานต่อแรงกดอัดของชิ้นงานนั้นลดต่ำลงเมื่อเทียบกับชิ้นงานอีพอกซีที่ไม่ผสมเม็ดทราย (Neat Epoxy) ประมาณ 50-60% เนื่องจากขนาดเม็ดทรายนั้นมีขนาดใหญ่จึงตกตะกอนรวมตัวกันจึงทำให้การกระจายตัวนั้นเกิดขึ้นได้ไม่ดีส่งผลให้ค่าความทนทานต่อแรงกดอัดลดลง และเมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณเม็ดทรายที่ใส่เข้าไปพบว่าทรายเบอร์ 3 มีค่าลดลงเนื่องจากขนาดเม็ดทรายนั้นมีขนาดใหญ่กระจายตัวไม่ดีจึงตกตะกอนรวมตัวกันทำให้เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเม็ดทรายเข้าไปในนั้นเปรียบเสมือนการเพิ่ม stress concentrator ให้กับชิ้นงาน ส่วนชิ้นงานที่ผสมทรายเบอร์ 4 นั้นเมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณเม็ดทรายที่ใส่เข้าไปพบว่าชิ้นงานที่ผสมทรายเบอร์ 4 มีแนวโน้มให้ความทนทานต่อแรงกดอัดสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเม็ดทรายในชิ้นงานมากขึ้นเนื่องจากทรายเบอร์ 4 นั้นมีขนาดเล็กกว่าทรายเบอร์ 3 ดังนั้นจึงกระจายตัวในชิ้นงานได้ดีกว่า(ดังรูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 อิทธิพลของสารตัวเติมเม็ดทรายที่มีต่อความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงาน

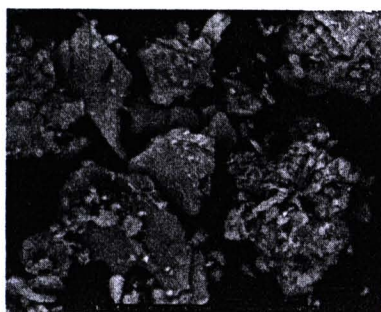
4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของการใช้ผงหินปูน (Limestone Powder) เป็นสารตัวเติม

สารตัวเติมชนิดผงหินปูนนั้นนำมาจากโรงโม่หินบริเวณเขตเหมืองหินเชิงเทียนจังหวัดชลบุรีซึ่งผงหินปูนนี้เป็นสิ่งเหลือทิ้งจากโรงโม่หินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงและยังไม่มีนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่แคลไซต์(CaCO_3) ซึ่งมีรูปร่างผลึกที่ไม่แน่นอนแต่ลักษณะทางกายภาพมีเหลี่ยมมุมมากและแหลมคม(ดังรูปที่...)เมื่อทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณ และขนาดของผงหินปูน (ดังรูปที่ 4.13-4.15) พบว่า ความทนต่อแรงกระทำของชิ้นงาน ลดต่ำลงประมาณ 40-50% (ดังรูป 4.13) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณผงหินปูนนั้นเปรียบเสมือนเป็นการเพิ่ม stress concentrator ให้กับชิ้นงานเนื่องจากสภาพผิวของเรซินและผงหินปูนนั้นเข้ากันได้ไม่ดีสังเกตได้จากรอยต่อระหว่างเฟสทั้งสองนั้นยังแยกกันอยู่อย่างชัดเจน(ดังรูปที่ 4.11) ส่วนขนาดที่เล็กลงของอนุภาคผงหินปูนนั้นมีแนวโน้มทำให้ชิ้นงานรับแรงกระทำได้มากขึ้นเนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กลงนั้นจะทำให้พื้นที่ผิวในการถ่ายเทพลังงานจากเรซินไปยังผงหินปูนเพิ่มมากขึ้นจึงสามารถรับแรงกระทำได้มากขึ้น

สำหรับสมบัติด้านความแข็งแรงนั้น อิทธิพลด้านปริมาณหินปูนที่มากขึ้นเมื่อใส่เข้าไปในชิ้นงานนั้นมีแนวโน้มช่วยเพิ่มความแข็งแรงโดยเฉลี่ยให้กับชิ้นงานมากขึ้น เนื่องจากปริมาณผงหินปูนที่มากขึ้นนั้นมีความน่าจะเป็นสูงที่หัวเข็มจะกดโดนบริเวณที่เป็นหินปูนซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าเรซินจึงทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานโดยเฉลี่ยสูงขึ้นตามปริมาณหินปูนที่ผสมเข้าไปในชิ้นงาน ส่วนอิทธิพลทางด้านขนาดของผงหินปูนคือ ความแข็งแรงโดยเฉลี่ยของชิ้นงานนั้นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

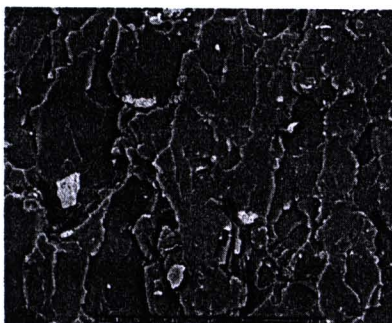
เมื่อมีการใช้ผงหินปูนที่ขนาดเล็กลง เนื่องจากขนาดที่เล็กลงช่วยเพิ่มการกระจายตัวของผงหินปูนในเนื้อเรซินได้ทั่วทั้งชิ้นงาน เนื่องจากขนาดที่เล็กใช้ในการทดลองนี้จะไม่มีการตกตะกอนจึงทำให้การกระจายตัวเกิดขึ้นได้ดีทั่วทั้งชิ้นงานโดยเฉพาะผงหินปูนที่มีขนาดเล็กดังนั้นก็ทำให้ความแข็งโดยเฉลี่ยของชิ้นงานที่ผสมผงหินปูนขนาดเล็กดีกว่าชิ้นงานที่ผสมผงหินปูนขนาดใหญ่

สำหรับสมบัติด้านความทนต่อแรงกดอัดนั้น อธิพิพลด้านปริมาณหินปูนที่มากขึ้นเมื่อใส่เข้าไปในชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับชิ้นงานอีพอกซีที่ไม่ผสมผงหินปูน (Neat Epoxy) แม้จะเพิ่มปริมาณผงหินปูนในส่วนผสมสูงถึง 30 phr (ดังรูปที่ 4.16) ส่วนอิทธิพลทางด้านขนาดของผงหินปูนต่อความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงานนั้นไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เมื่อเทียบกับชิ้นงานอีพอกซีที่ไม่ผสมผงหินปูน (Neat Epoxy) ดังนั้น คุณสมบัติด้านความต้านทานต่อแรงกดอัดจึงเปรียบเสมือนการควบคุมโดยเรซิน(resin control)



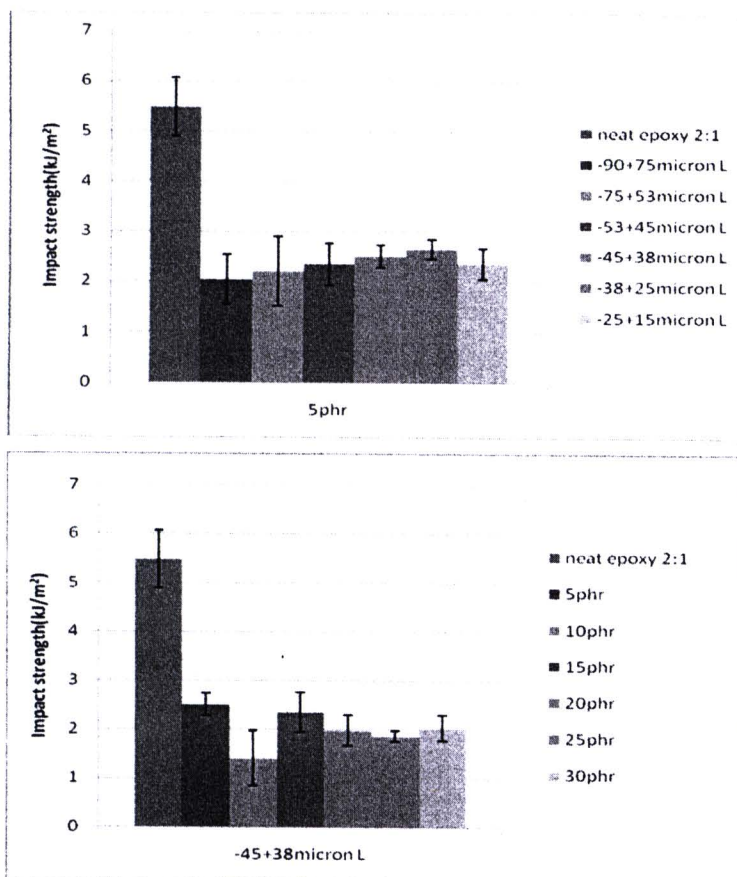
รูปที่ 4.11 ลักษณะรูปร่างทางกายภาพของผงหินปูน

ส่วนการใช้ผงหินปูนคละขนาด (As received) มีความทนต่อแรงกระแทกใกล้เคียงกับการใช้ผงหินปูนขนาดอนุภาค $-45+38$ ไมโครเมตร (ดังรูป 4.14)



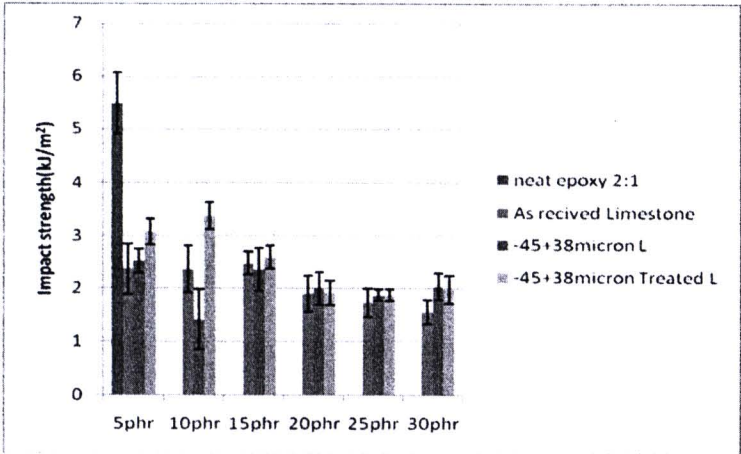
รูปที่ 4.12 อีพอกซีเรซินที่ใช้สารตัวเติมเป็นผงหินปูนขนาด-45+38 ไมโครเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่าหากทำการปรับสภาพผิวผงหินปูนด้วย Silane Coupling Agent จะช่วยเพิ่มความทนต่อแรงกระแทกเพียงเล็กน้อย (ดังรูป 4.14) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของหินปูนนั้นมีแร่ควอตซ์(SiO_2)เป็นองค์ประกอบเพียง 20-25% ซึ่งสารปรับสภาพผิวสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้เฉพาะแร่ควอตซ์(SiO_2) จึงทำให้การปรับสภาพผิวนั้นเกิดขึ้นได้ไม่ทั่วถึงจึงส่งผลให้สมบัติด้านแรงกระแทกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเพื่อเป็นการลดต้นทุน จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับสภาพผิวสารตัวเติม

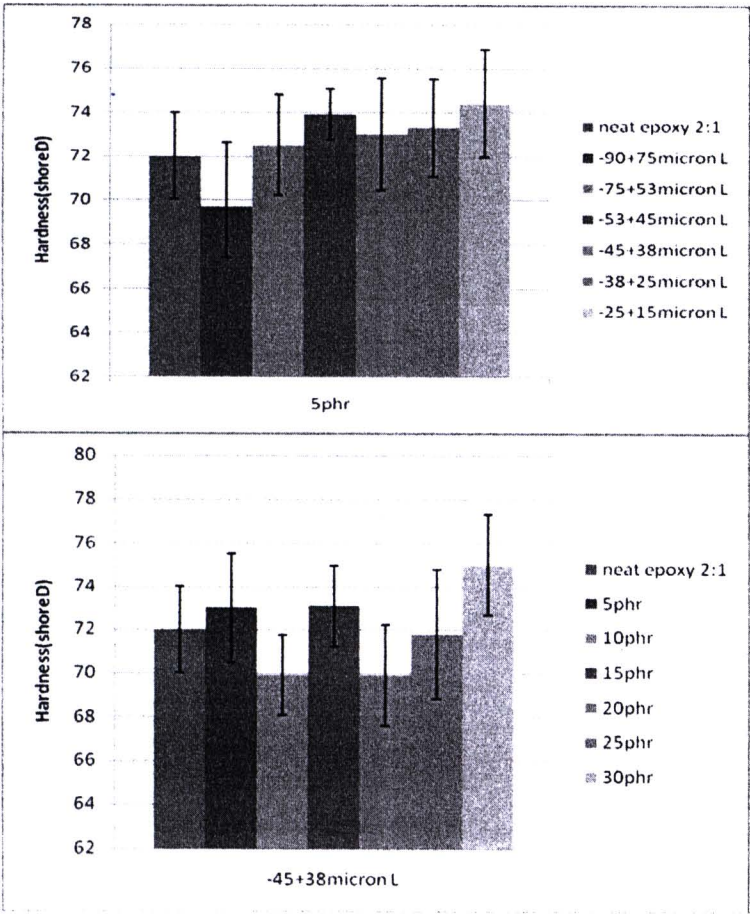


รูปที่ 4.13 อิทธิพลของขนาดอนุภาคและปริมาณผงหินปูนที่มีต่อความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานอีพอกซีเรซิน

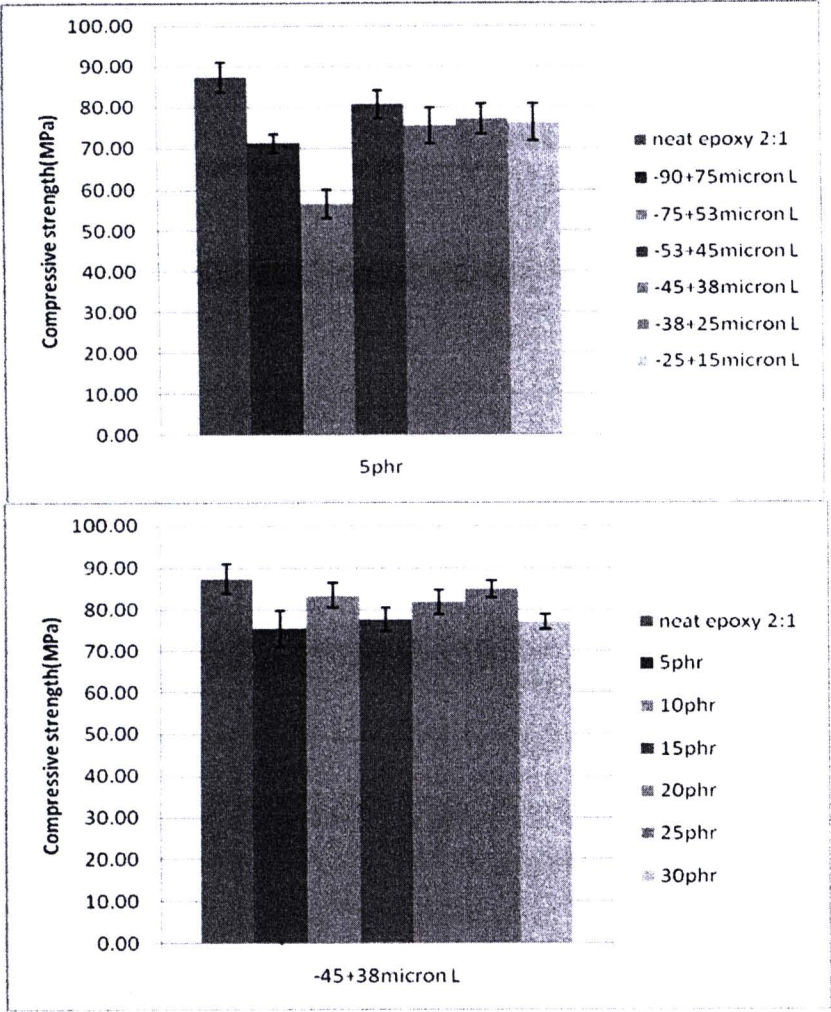




รูปที่ 4.14 อิทธิพลของขนาดอนุภาค ปริมาณ และการปรับปรุงผิวของผงหินปูนที่มีต่อความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานอีพอกซีเรซิน



รูปที่ 4.15 อิทธิพลของขนาดอนุภาคและปริมาณผงหินปูนที่มีต่อความแข็งชิ้นงาน



รูปที่ 4.16 อิทธิพลของขนาดอนุภาคและปริมาณผงหินปูน ที่มีต่อความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงาน

4.4 การศึกษาสมบัติของอีพอกซีเรซินที่ผสมผงหินแกรนิต(Granite Powder)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวัสดุสารตัวเติมที่เป็นผงหินแกรนิต โดยผงหินแกรนิตที่นำมาศึกษานั้นนำมาจากโรงตัดแต่งหินแกรนิต จังหวัดตาก องค์ประกอบทางเคมีนั้นประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (SiO₂) เป็นองค์ประกอบหลัก ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปรูปร่างของอนุภาคผงหินแกรนิตนั้นมีเหลี่ยมมุมและแหลมคมสูง(ดังรูปที่ 4.17) ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาโดยการเติมผงหินแกรนิตด้วยปริมาณ 5,10,15,20,25,30 phr โดยผลการทดสอบเป็นดังนี้

สมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ของชิ้นงาน ลดต่ำลงประมาณ 40-50% เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่การใส่สารตัวเติม(ดังรูปที่ 4.19) สารตัวเติมที่ใส่เข้าไบนั้น

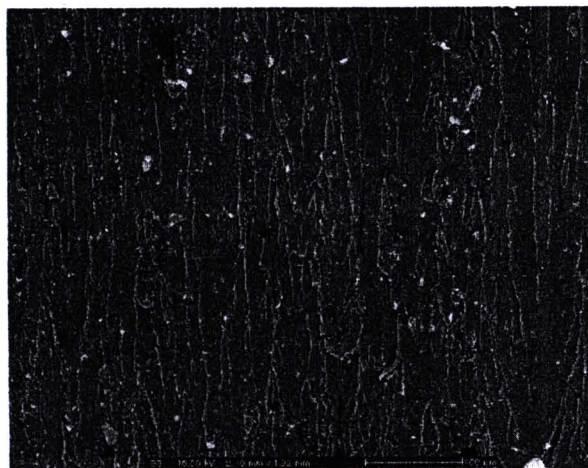
เปรียบเสมือนเป็นการเพิ่ม stress concentrator ให้กับชิ้นงานเนื่องจากสภาพผิวของเรซินและผงหินปูนนั้นเข้ากันได้ไม่ดีจึงเกิดได้จากรอยต่อระหว่างเฟสทั้งสองนั้นยังแยกกันอยู่อย่างชัดเจน(ดังรูปที่ 4.17ก) แต่เมื่อพิจารณากรณีผงหินแกรนิตที่ใช้ปริมาณต่ำกว่า 20 phr พบว่าคุณสมบัติด้านแรงกระแทกนั้นจะถูกควบคุมด้วยเรซิน(resin control)เปรียบเสมือน stress concentrator ที่เกิดจากผงหินแกรนิตที่ให้กับชิ้นงานนั้นยังไม่มากเพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานโดยรวม แต่เมื่อพิจารณากรณีการใช้ผงหินแกรนิตที่ปริมาณสูงกว่า 20 phr พบว่า คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกนั้นถูกควบคุมด้วยสารตัวเติม(filler control) เปรียบเสมือน stress concentrator ที่เกิดจากผงหินแกรนิตที่ให้กับชิ้นงานนั้นมากเพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานโดยรวมเนื่องจากสภาพผิวของเรซินและผงหินปูนนั้นเข้ากันได้ไม่ดี จึงส่งผลให้ความทนต่อแรงกระแทกนั้นลดลงอย่างชัดเจน ส่วนอิทธิพลด้านขนาดของผงหินแกรนิตต่อความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานนั้นพบว่าชิ้นงานที่ผสมผงหินแกรนิตแต่ละขนาดเมื่อนำไปทดสอบความทนต่อแรงกระแทกมีค่าลดลง 50-60% เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินที่ไม่มีการผสมสารตัวเติมแต่เมื่อพิจารณาเฉพาะเรซินที่มีการผสมสารตัวเติมพบว่าความทนต่อแรงกระแทกนั้นมีแนวโน้มคงที่หรือไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้นชิ้นงานที่ผสมผงหินแกรนิตขนาด -45+38 ไมโครเมตร สามารถรับแรงกระแทกได้สูงที่สุด เนื่องจากขนาดอนุภาค -90+75 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่านั้นพบว่าผงหินแกรนิตนั้นกระจายตัวได้ดีแต่มีฟองอากาศเยอะ(ดังรูปที่ 4.18ก) จึงเป็น stress concentrator ของชิ้นงานแต่เมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ผสมผงหินปูนขนาด -25+38 ไมโครเมตรซึ่งมีขนาดเล็กกว่าพบว่าการกระจายตัวไม่ดีเกิดการรวมตัวกันของผงหินแกรนิตเป็นกลุ่มๆ(ดังรูปที่ 4.18ข) จึงเป็น stress concentrator ของชิ้นงานเช่นกันดังนั้นที่ขนาดผงหินแกรนิต -45+38 ไมโครเมตรนั้นจึงเป็นจุดสมดุล(optimum)ของการกระจายตัวที่ดีและการเกิดฟองอากาศที่น้อย(ดังรูปที่ 4.17ค)จึงส่งผลให้ชิ้นงานที่ผสมผงหินแกรนิตที่ขนาด -45+38 ไมโครเมตรมีค่าความทนต่อแรงกระแทกสูงกว่าขนาดอื่น และเมื่อนำผงหินแกรนิตที่ขนาด -45+38 ไมโครเมตรไปปรับสภาพผิวด้วย Silane coupling agent พบว่าสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกนั้นเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากผงหินแกรนิตมีควอดซ์(SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลักจึงสามารถทำปฏิกิริยากับสารปรับสภาพผิวได้ดีทำให้การถ่ายเทพลังงานจากเรซินสู่ผงหินแกรนิตนั้นดีขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปร่างของหินแกรนิตนั้นมีเหลี่ยมมุมเยอะและแหลมคมจึงเป็นการง่ายต่อการเปิดผิวของการแตกหักจึงทำให้คุณสมบัติด้านความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อมีการปรับสภาพผิว



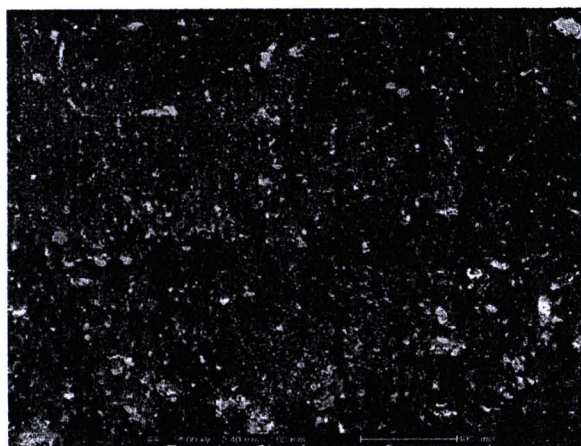
รูปที่ 4.17 ลักษณะรูปร่างทางกายภาพของผงหินแกรนิต

สมบัติด้านความแข็ง (Hardness) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของผงหินแกรนิตที่ใส่เข้าไปในชิ้นงานพบว่าชิ้นงานมีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ใส่สารตัวเติม(ดังรูปที่ 4.20) เนื่องจากผงหินแกรนิตนั้นมีความแข็งมากกว่าเรซินจึงทำให้ความแข็งโดยเฉลี่ยของชิ้นงานนั้นสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณและขนาดผงแกรนิตที่ผสมเข้าไปในชิ้นงานนั้นพบว่า เมื่อมีชิ้นงานมีการผสมผงหินแกรนิตในปริมาณที่มากขึ้นสมบัติด้านความแข็งของชิ้นงานนั้นมีแนวโน้มคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากการกระจายตัวของผงหินแกรนิตเกิดขึ้นทั่วทั้งชิ้นงานและไม่มีการตกตะกอน ค่าความแข็งโดยเฉลี่ยนั้นจึงค่อนข้างคงที่แม้ว่าจะมีการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนปริมาณและขนาดของผงหินแกรนิตในชิ้นงานก็ตาม

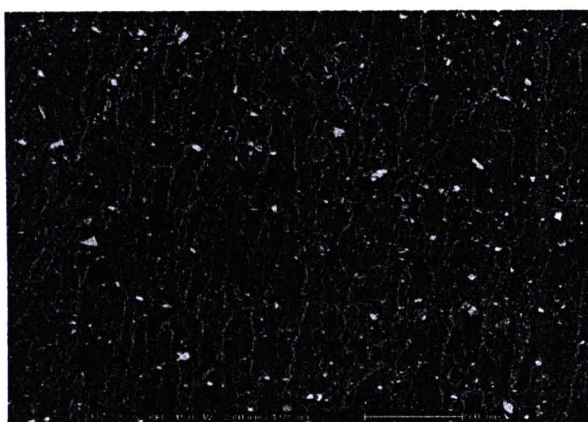
สมบัติด้านความทนต่อแรงกดอัด (Compressive Strength) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของผงหินแกรนิตที่ใส่เข้าไปในชิ้นงานพบว่าชิ้นงานมีค่าความความทนต่อแรงกดอัดลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชิ้นงานอีพอกซีที่ไม่ผสมผงแกรนิต (Neat Epoxy) (ดังรูปที่ 4.21) เนื่องจากอนุภาคของหินแกรนิตนั้นมีเหลี่ยมมุมและแหลมคมจึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการเปิดผิวของการแตกหักทำให้ชิ้นงานนั้นแตกหักได้ง่ายขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่มีการผสมผงหินแกรนิตด้วยตัวเองพบว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนปริมาณและขนาดของผงหินแกรนิตค่าความทนต่อแรงกดอัดนั้นมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงหรือคงที่แม้จะเพิ่มปริมาณผงแกรนิตในส่วนผสมสูงถึง 30 phr เนื่องจาก stress concentrator ที่เกิดจากผงหินแกรนิตในชิ้นงานนั้นมีค่าน้อยเกินไปที่จะส่งผลต่อความทนต่อแรงกดอัดโดยรวมของชิ้นงานเนื่องจากสมบัติที่เกิดขึ้นนั้นถูกควบคุมด้วยเรซิน (resin control)



4.18ก)

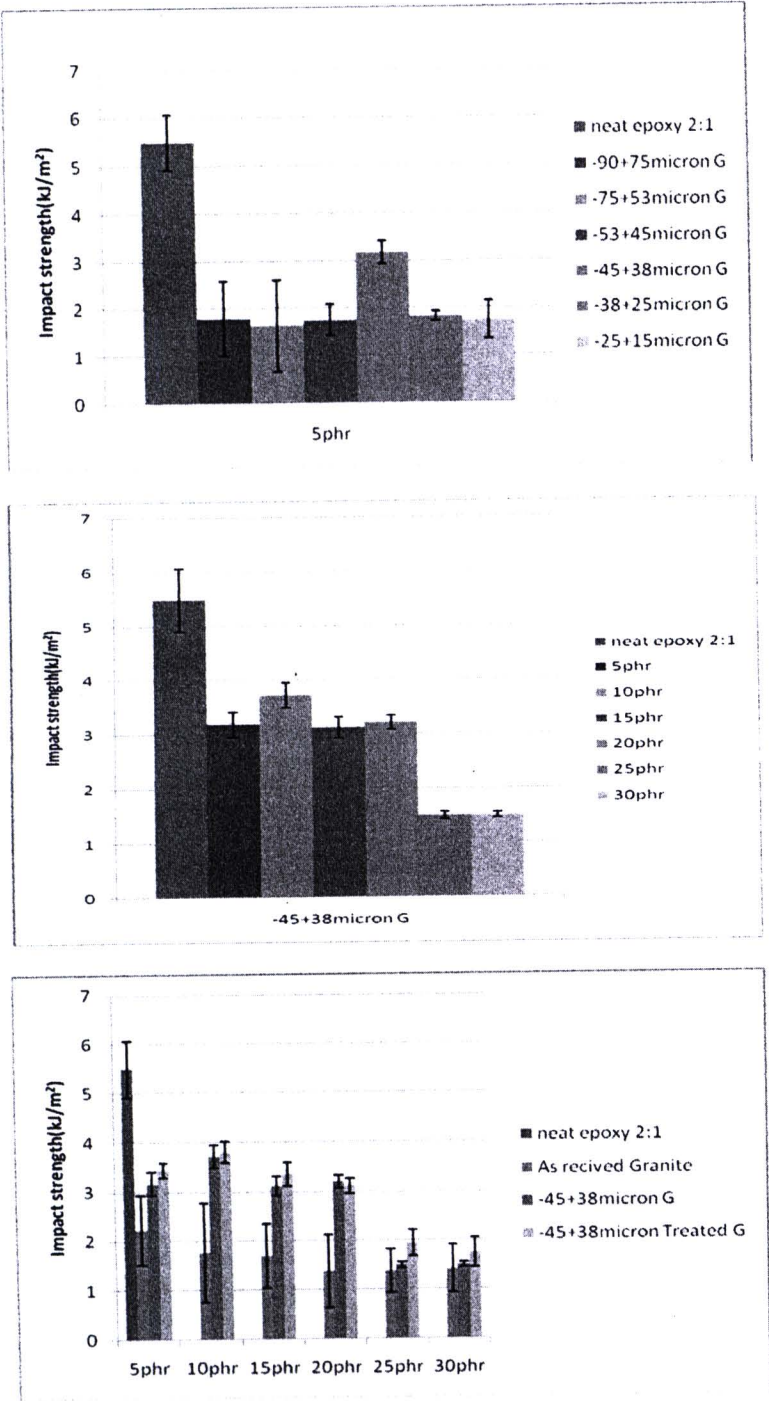


4.18ข)

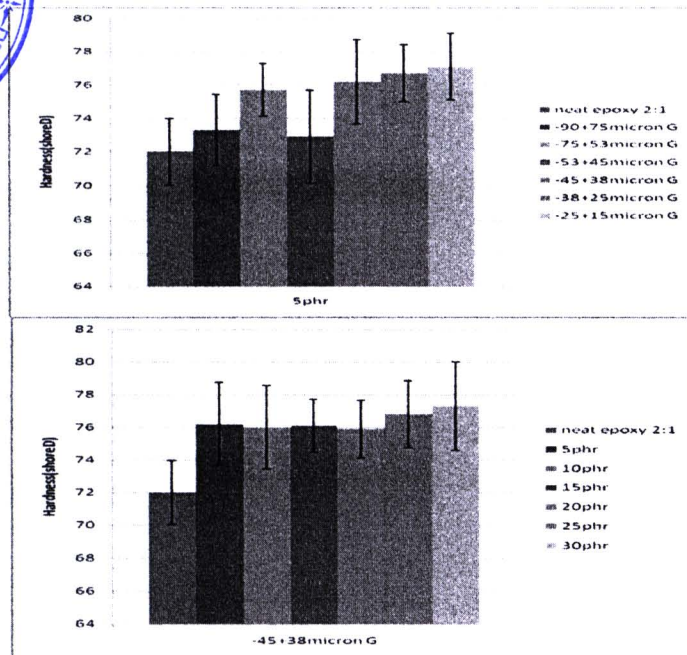


4.18ค)

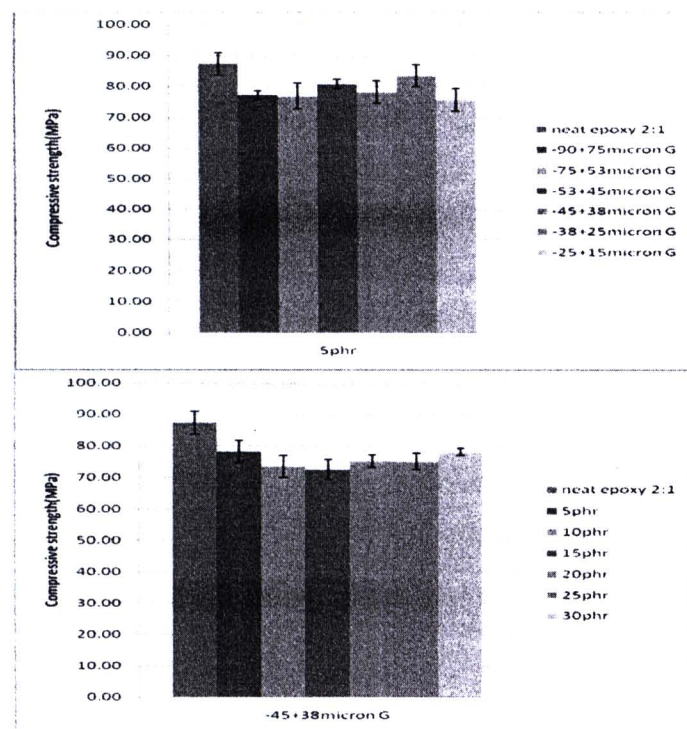
รูปที่ 4.18 อีพอกซีเรซินที่ใช้สารตัวเดิมเป็นผงหินแกรนิต
 ก)ผงหินแกรนิตขนาด-90+75 ไมโครเมตร
 ข)ผงหินแกรนิตขนาด-25+38 ไมโครเมตร
 ค)ผงหินแกรนิตขนาด-45+38 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.19 อิทธิพลของ ขนาดอนุภาค ปริมาณ และการปรับสภาพผิว ผงแกรนิต ที่มีต่อความทนต่อแรงกระแทกของชั้นงานอีพอกซีเรซิน



รูปที่ 4.20 อิทธิพลของ ขนาดอนุภาค และ ปริมาณ ผงแกรนิต ที่มีต่อความแข็งของชิ้นงานอีพอกซีเรซิน



รูปที่ 4.21 อิทธิพลของ ขนาดอนุภาค และ ปริมาณ ผงแกรนิต ที่มีต่อความทนต่อแรงกดอัดของชิ้นงานอีพอกซีเรซิน

จากผลการศึกษาอิทธิพลของการเติมเม็ดทราย ผงหินปูน และผงแกรนิต ทั้ง 3 ชนิดที่ขนาดและปริมาณต่างๆกัน ที่มีต่อสมบัติเชิงกลของอีพอกซีเรซิน สรุปได้ดังนี้

- หากเปรียบเทียบอิทธิพลของสารตัวเติมแต่ละชนิดที่มีต่อความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ของชิ้นงาน จะพบว่าสารตัวเติมทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้ความทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานลดลงในสัดส่วนใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 40-50% เมื่อเทียบกับชิ้นงานจากอีพอกซีเรซินที่ไม่ผสมสารตัวเติม (Neat Epoxy) ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการกระจายตัวของผงแร่ในเนื้อเรซิน ซึ่งแสดงผลเด่นชัดกรณีใช้ผงแกรนิตขนาดอนุภาค -45+38 ไมโครเมตร จะมีแนวโน้มให้ค่า Impact Strength สูงสุด
- หากเปรียบเทียบอิทธิพลของสารตัวเติมแต่ละชนิดที่มีต่อความแข็ง (Hardness) ของชิ้นงาน จะพบว่าเม็ดทรายกับผงแกรนิต ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งสูง ส่งผลให้ความแข็งของชิ้นงานสูงกว่าชิ้นงานจากอีพอกซีเรซินที่ไม่ผสมสารตัวเติม (Neat Epoxy) เล็กน้อย ขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกรณีผงหินปูน
- หากเปรียบเทียบอิทธิพลของสารตัวเติมแต่ละชนิดที่มีต่อความทนต่อแรงกดอัด (Compressive Strength) ของชิ้นงาน จะพบว่าการใช้ผงหินปูนหรือผงแกรนิตทดแทนเม็ดทราย จะช่วยเพิ่ม Compressive Strength ให้มีค่ากลับไปใกล้เคียงชิ้นงานจาก อีพอกซีเรซินที่ไม่ผสมสารตัวเติม (Neat Epoxy)
- หากพิจารณาเฉพาะกรณีอีพอกซีเรซินผสมเม็ดทราย จากผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล อาจสรุปได้ดังนี้
 - การเลือกใช้ขนาดเม็ดทรายนั้นอาจกล่าวโดยรวมได้ว่า หากความแข็ง และ/หรือความทนต่อแรงกดอัด เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ทรายเบอร์ 3 มีแนวโน้มเหมาะสมกว่า ขณะที่ทรายเบอร์ 4 จะเหมาะสมกว่า หากความทนต่อแรงกระแทก เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

- ขนาดอนุภาคของผงแกรนิตไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถใช้ผงแกรนิตโดยไม่ต้องคัดขนาด ยกเว้นขนาด -45+38 ไมโครเมตร ซึ่งมีแนวโน้มให้ชิ้นงานที่มี Impact Strength สูงสุด (รูปที่ 4.12)
- การใช้สารปรับสภาพผิวกับหินปูนและหินแกรนิตช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลกับชิ้นงานได้เพียงเล็กน้อย