บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากในปัจจุบันบล็อกมวลเบาได้เข้ามามีบทบาทต่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างมากขึ้นทุกทีจากคุณสมบัติเด่นที่มีน้ำหนักเบา ทนความร้อนได้สูง และยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและจากน้ำหนักที่เบานี้ทำให้โครงสร้างแบกรับภาระน้อยลงส่งผลให้ขนาดของโครงสร้างเล็กลงตามไปด้วยงาน วิจัยนี้ได้นำเอากากอุตสาหกรรมที่เหลือจากการผลิตเยื่อของโรงงานผลิตกระดาษมาเป็นส่วนผสมหนึ่งของบล็อกมวลเบาซึ่งยังส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย กล่าวคือกากอุตสาหกรรมที่เหลือจากขบวนการผลิตกระดาษเป็นของเสียที่ไม่สามารถเอาไปใช้ประโยชน์ได้ทำให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งโดยการฝังกลบจึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำกากปูนขาวนี้มาเป็นวัตถุดิบหนึ่งในการผลิตบล็อกมวลเบา ซึ่งถ้าผลการทดลองออกมาได้ผลตามที่ต้องการก็จะทำให้โรงงานไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากปูนขาวนี้และยังทำให้ต้นทุนในการผลิตบล็อกมวลเบามีราคาลดลงอีกด้วย ซึ่งบล็อกมวลเบาที่ทำการวิจัยนั้นเป็นบล็อกมวลเบาชนิดผสมผงอะลูมิเนียมแบบไม่อบไอน้ำ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษฎา โรจน์ประสิทธิพร อราวินท์ บริรักษ์อราวินท์ และสุภัทรชัย สุดกล้า [5] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยไฟเบอร์ซึ่งบล็อกมวลเบาที่ใช้เป็นบล็อกมวลเบาที่เกิดจากการกักฟองอากาศในเนื้อบล็อก โดยวัตถุประสงค์ของการผสมเส้นใยไฟเบอร์นั้นเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงในบล็อกทำให้การแตกหักระหว่างการขนส่งและการทำงานลดลง จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไฟเบอร์ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นของทั้งกำลังอัดและกำลังดัดสูงสุดที่ค่านี้อย่างไรก็ตามบล็อกมวลเบามีแนวโน้มที่จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

คันธนา สุยะพล ปรีชา แก้วสวรรค์ และภารกิจ ละอองทอง [7] ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับบล็อกมวลเบาผสมกระดาษเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระดาษเหลือใช้มาผสมในบล็อกมวลเบา ซึ่งการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาหาปริมาณกระดาษและอัตราส่วนผสมน้ำและมอร์ต้าร์ ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายที่ 1 : 2.75ใช้ปริมาณกระดาษแทนที่ทรายร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งแต่ในละอัตราส่วนการแทนที่ทรายด้วยกระดาษใช้

อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.9, 1.0 และ 1.1 จากนั้นหล่อเป็นตัวอย่างขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด , การดูดกลืนน้ำ และหน่วยน้ำหนักที่อายุการบ่ม 7, 14, 21, 28 และ 60 วัน จากการศึกษาพบว่าเมื่อสัดส่วนปริมาณกระดาษมากขึ้น หน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์จะลดต่ำลงแต่การดูดกลืนน้ำจะมากขึ้น ซึ่งทุกสัดส่วนการผสมมีสัดส่วนเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 168–2531 การศึกษาปริมาณกระดาษและอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมในอิฐประดับ ได้เลือกอัตราส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ใช้ปริมาณกระดาษแทนที่ทรายร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.9, 1.0, 1.1 ตามลำดับ มาทำอิฐประดับจากนั้นนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด การดูดกลืนน้ำ หน่วยน้ำหนัก และการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่ใช้ ปริมาณกระดาษแทนที่ทรายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 1:1 ได้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ มอก. 168-2531 คือ มีกำลังอัดเท่ากับ 2.78 MPa ค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 26.71 % หน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1459 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีน้ำหนักเบาและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบล็อกมวลเบา และมีความเป็นฉนวนความร้อนมากกว่ามอร์ต้าร์ซีเมนต์ผสม PVC ในสัดส่วนที่เท่ากัน

จิรพจน์ คุระเอียด มนตรี อโหสี และวรวิทย์ พัฒนแก้ว [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคานบล็อกเสริมเหล็กโฟมซีเมนต์ เพื่อต้องการทราบค่าการรับน้ำหนักแบกทาน ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้จากการออกแบบและทดสอบจริง ตลอดจนหน่วยน้ำหนักของคานบล็อกเสริมเหล็กโฟมซีเมนต์ โดยการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ลดมลภาวะ และมีโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบามั่นคงแข็งแรง โดยการนำปูนซีเมนต์ ทราย และโฟมปั่นละเอียดในอัตราส่วนผสม 1: 0.5 : 4 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 ปั่นขึ้นรูปเป็นวัสดุผสมหยาบโฟมซีเมนต์นำมาใช้แทนหินในการผสมบล็อก บล็อกมวลเบาที่ได้เรียกว่า บล็อกมวลเบาโฟมซีเมนต์

สมพงษ์ ชื่นประไพ จีระศักดิ์ ไพราม และศุภชัย ศิลาประจวบ (2546) ได้ทำการศึกษาการรับแรงอัดประลัยของบล็อกมวลเบาโฟมซีเมนต์ในอัตราส่วนผสม 1 : 2.2 : 5.3 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.7 ได้กำลังอัดประลัยเท่ากับ 76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การออกแบบคานบล็อกเสริมเหล็กโฟมซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ ทำการออกแบบโดยวิธี Strength Design Method (SFD) ตามมาตรฐาน ACI 318-89 และทดสอบการรับน้ำหนักแบกทานของคานบล็อกเสริมเหล็กโฟมซีเมนต์ ตามมาตรฐาน ASTM C78 ทดสอบการรับแรงอัดประลัยตามมาตรฐาน ASTM C39 และทดสอบการรับแรงยึดเหนี่ยวตามมาตรฐาน ASTM A305 จากการทดสอบการรับน้ำหนักแบกทานของคานบล็อกเสริมเหล็กโฟมซีเมนต์จำนวน 3 ตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักแบกทานเป็นจุดเฉลี่ยเท่ากับ 4,138 กิโลกรัม การทดสอบค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของคานบล็อกมวลเบาโฟมซีเมนต์จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 60.138 กิโลกรัมต่อตาราง

เซนติเมตร และจากการออกแบบได้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 59.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้อัตราส่วนความปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 0.996 จากการทดสอบข้างต้นทำให้ทราบถึง ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจากการออกแบบเท่ากับ 1.56 และจากการออกแบบเท่ากับ 2.82 มีความแตกต่าง 44.44 % และหน่วยน้ำหนักของคานบล็อกมวลเบาโฟมซีเมนต์ได้หน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1880 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งตรงตามมาตรฐาน ACI 631 A51

จีระศักดิ์ ไพราม ศุภชัย ศิลาประจวบ และสมพงษ์ ชื่นประไพ [9] ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกรณีศึกษาการทำวัสดุผสมหยาบมวลเบาโฟมซีเมนต์ ซึ่งเป็นการศึกษาคุณสมบัติบล็อกมวลเบาที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างซึ่งการพัฒนาบล็อกมวลเบามีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อที่จะให้ได้บล็อกมวลเบาที่มีคุณสมบัติที่ดี ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเอามอร์ต้าร์มาผสมกับโฟม ทราย และน้ำ ในอัตราส่วนที่ต่างกันคือ 1:0.5:3, 1:0.5:4 และ 1:0.5:5 โดยปริมาตรและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4, 0.5 และ0.6 ตามลำดับ รวมไปถึงระยะเวลาที่ต่างกันคือ 3, 7, 14 และ 28 วัน จากนั้นทำการทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัด การดูดซึมน้ำ และความถ่วงจำเพาะ จากผลการทดสอบได้อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:0.5:4 และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน บล็อกมวลเบาผสมโฟมสามารถรับแรงอัดได้สูงสุด 3.24 MPa ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 11.97 ซึ่งผ่านตามมาตรฐานมอก. ความหนาแน่น 1,090.96 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าความถ่วงจำเพาะในอากาศ 1.12 จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกที่ fc' 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะรับกำลังอัดได้ 3.04 Mpa และบล็อกมวลเบาที่ fc' 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะรับกำลังอัดได้ 5.04 MPa

ชมาดุล พุ่มแย้ม รัฐศาสตร์ คลังบุญครอง และอนันต์ ชิวตาวงศ์ [10] ได้ศึกษาเรื่องการทำบล็อกมวลเบาจากเศษบล็อกงานรื้อถอนผสมน้ำยากักกระจายฟองอากาศ เพื่อหาแนวทางที่จะนำวัสดุบล็อกที่ได้จากการรื้อถอนมาเป็นมวลรวมหยาบแทนการใช้หินจากธรรมชาติมาผลิตเป็นบล็อกเบา โดยทำการผสมน้ำยากักกระจายฟองอากาศในปริมาณร้อยละ 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์โดยได้จากการออกแบบค่ากำลังอัดประลัยของบล็อกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในการศึกษาด้านกำลังอัดของบล็อกเบานี้จะใช้ก้อนตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตรจากผลการทดสอบค่ากำลังอัดประลัยของบล็อกตามมาตรฐาน ASTM C39–83 พบว่าค่ากำลังอัดประลัยของบล็อกเบาที่อายุ 28 วัน แบบไม่ผสมน้ำยากักกระจายฟองอากาศของบล็อกที่ผลิตจากมวลรวมหยาบที่เป็นเศษวัสดุบล็อกที่ได้จากการรื้อถอนมีค่าเท่ากับ 348.57 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และบล็อกที่ผลิตจากมวลรวมหยาบที่เป็นหินจากธรรมชาติซึ่งมีค่าเท่ากับ 357.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าต่างกันประมาณร้อยละ 2.47 และบล็อกเบาที่ผลิตจากเศษวัสดุบล็อกรื้อถอนมีค่า

กำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 52.75 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรมีหน่วยน้ำหนัก 1,016 กิโลกรมต่อลูกบาศก์เมตรที่ปริมาณส่วนผสมน้ำยากักกระจายฟองอากาศร้อยละ 1.00 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยมีอัตราการดูดซึมเท่ากับร้อยละ 23.14

นรพงศ์ ศรีสวัสดิ์ พุฒิพล ฉวบศรีพันธุ์ และรัณภัฏ มั่งคั่ง [13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องบล็อกบล็อกมวลเบาผสมซังข้าวโพดเผา ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นส่วนการนำเสนอการทดสอบการนำซังข้าวโพดเผา ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการทดสอบการนำซังข้าวโพดเผามาผสมเพื่อทำบล็อกบล็อกมวลเบา โดยนำซังข้าวโพดมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาดเบอร์ 4 นำไปแทนที่หินฝุ่นด้วยอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0.679, 0.779 และ 0.879 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกบล็อกขนาด 7×19×39 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่าผลการทดสอบที่แทนที่ด้วยซังข้าวโพดเผาร้อยละ 25 และ 30 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนร้อยละ 25 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.879 ให้กำลังดีที่สุดคือ 4.475 × 10^6 นิวตันต่อตารางเมตรได้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.60 อัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 14.87% และหนัก 5,256 กรัม โดยค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานบล็อกบล็อกไม่รับน้ำหนัก 58-2530

เบญจพล บุญเฉลิม พิเชฐ เตียรวัฒนศิริ และวีรวัฒน์ เทียมเพ็ง [14] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องบล็อกมวลเบาโดยผสมสารเพิ่มฟองอากาศเพื่อศึกษาการเปรียบเทียบบล็อกมวลเบาที่ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำและไม่ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำ วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม เถ้าถ่านหิน โดยมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ 30 : 20 : 20 : 30 และ 50 : 20 : 20 : 10 ซึ่งตัวควบคุมมีอัตราส่วนเท่ากับ 60 : 20 : 20 : 0 โดยใช้น้ำยากักกระจายฟองอากาศ เกรซ เออีโฟร์ ปริมาณน้ำยาเกรซที่ใช้เท่ากับ0.5% ต่อปริมาณน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และ 0.40 และ ทรายที่ใช้เป็นทรายละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 มีอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานเท่ากับ 1:1การทดสอบกำลังอัดทำที่ 3 , 7 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่าส่วนผสมที่ดีที่สุดเท่ากับ 50:20:20:10 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และทำการบ่มด้วยไอน้ำด้วยการผสมนี้ได้ทำการหล่อเป็นบล็อกขนาด 7.5×20×35 เซนติเมตร ให้กำลังอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 24.89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 1.22 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 35.33 %

พีระ ณ ถลาง ศึกษา โยธาจักร และฐปนพงศ์ รุจิวิวัฒนุกุล (2540) [18] ได้ศึกษาวิจัยการทำผนังบล็อกเบาสำเร็จรูปโดยใช้ซีเมนต์ แร่เพอร์ไลต์ และน้ำเป็นส่วนผสมในการทดลองแล้วทำการทดสอบหาอัตราส่วนผสมของบล็อกที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำผนังบล็อกเบาสำเร็จรูปโดยกำหนดเงื่อนไขของการวิจัยให้บล็อกมวลเบาต้องมีหน่วยน้ำหนักน้อยกว่า 1,000 กก./ลบ.ซม. และมีค่า

กำลังอัดกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 30 กก./ตร.ซม. ซึ่งผลการศึกษาที่ได้พบว่าอัตราส่วนผสมของบล็อกเบาที่เหมาะสมคือปูนซีเมนต์ 1ส่วนต่อแร่เพอร์ไลต์ 4.56 ส่วนโดยปริมาตร ผนังบล็อกเบาที่ได้มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 765-781 กก./ลบ.ม และมีค่ากำลังประลัยเท่ากับ 36 กก./ตร.ซม. สำหรับผนังบล็อกแบบกลวงนอกจากนี้ยังพบว่าผนังบล็อกเบามีค่าการดูดซึมน้ำโดยเฉลี่ย 38.20% โดยปริมาตรและมีความทนไฟได้นานกว่า 2 ชั่วโมง

ไชยยันต์ ชัยจักร ธยา แย้มเกษสุคนธ์ และนราวิทย์ เสวตสมบูนณ์ (2545) [12] ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำตะกรันที่ได้จากอุตสาหกรรมที่ได้จากอุตสาหกรรมการรีไซเคิลเหล็กมาใช้ในการผสมบล็อกมวลเบาในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ส่วนค่าร้อยละของช่องว่างของมวลรวมเบาเท่ากับ 40 , 55 และ70 โดยมีอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยในการแทนที่ในช่องว่าง 2 อัตราส่วนคือ 60 : 40 และ 40 : 60 จากนั้นจึงนำส่วนผสมที่ได้มาทดสอบตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม หมายเลข 58 – 2530 จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมคือการแทนที่ส่วนผสมที่ร้อยละของช่องว่างเท่ากับ 70 โดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอย 40 : 60 ส่วนผสมดังกล่าวให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 44.80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและ 68.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วันตามลำดับนอกจากนี้ส่วนผสมดังกล่าวมีค่าโมดูลัสการแตกหักเท่ากับ 10.70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับร้อยละ 37 มีความสามารถทนไฟได้มากกว่า 30 นาทีและมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.089 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส

กฤษณะ อภัยนอก สุพิทักษ์ จรูญรักษ์ และสิทธิชัย สุบินดี (2547) [6] ได้ศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกเบา โดยมีวัตถุดิบในการประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม และน้ำยากักกระจายฟองอากาศแบ่งการผสมออกเป็นแบบเติมอากาศและไม่เติมอากาศ นอกจากนี้ยังทดลองปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ (Water Cement Ration)ด้วยผลการทดลอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม คือ แบบเติมอากาศ อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อทราย 1 ส่วนต่อปูนขาว 5 ส่วนต่อยิปซัม 3 ส่วนและมีปริมาณน้ำยาเคมีที่เหมาะสม คือ 7 มิลลิลิตร เทียบกับน้ำหนักปูนซีเมนต์ และใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.55 เมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวมาหล่อเป็นแท่งบล็อกบ่ม 28 วันแล้วนำมาทดสอบพบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 28.80 กก./ตร.ซม. มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,120 กก./ลบ.ม. และอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 24.7% แท่งบล็อกนี้สามารถตัดด้วยเลื่อยมือเป็นบล็อกเพื่อนำไปก่อเป็นผนังได้

วชิรพงษ์ นิลเลิศ เกรียงไกร ศรีอรรคพรหม และเกรียงไกร ศิริรัตน์ (2547) [19]ศึกษาคุณสมบัติของบล็อกบล็อกที่ได้จากวัสดุรีไซเคิลโดยแบ่งอัตราส่วนการผสมเป็น 4 ประเภทโดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยต่อกากแคลเซียมคาร์ไบด์ คือ 5 : 60 : 35 และ 10 : 70 : 20 แทนที่

ช่องว่างระหว่างระหว่างมวลรวมร้อยละ 50 และ 70 ของช่องว่างทั้งหมดโดยวัสดุประสานวิธีการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมบล็อกบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมคือ อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ ต่อเถ้าลอย ต่อกากแคลเซียมคาร์ไบด์ 10 : 70 : 20 มีช่องว่างระหว่างมวลรวมคิดเป็นร้อยละ 70 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานร้อยละ 30 ทั้งนี้ส่วนผสมดังกล่าวให้ค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 33.88, 38.92, 51.80 และ 54.06 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อบ่มแห้งในอากาศ 3, 7, 28 วันและบ่มชื้นต่อเนื่อง 28 วัน ตามลำดับ มีค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 20.62 และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.143 วัตต์/เมตร/องศาเซลเซียส

กิตติพล เกียรติวรยศ วันชัย โง้วประเสริฐ และเกรียงศักดิ์ ห้วงน้ำ (2547)[3] ได้พัฒนาบล็อกบล็อกจากกากอุตสาหกรรม 3 ประเภทได้แก่ เถ้าถ่านหิน กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และตะกรันเหล็ก เพื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ให้มีปริมาณน้อยที่สุดวัสดุประสานจะถูกนำมาแทนที่ร้อยละ 70 ของปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวมและให้ตะกรันเหล็กเหล็กทำหน้าที่เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในส่วนผสมโดยวัสดุประสานมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าถ่านหินต่อแคลเซียมคาร์ไบด์ 3 อัตราส่วนคือ 0 – 70 – 30, 5 – 67.5 – 27.5 และ10 – 65 – 25 จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน กระทรวงอุตสาหกรรมหมายเลข 58-2530 จากการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 10 - 65 - 25 มีค่าหน่วยแรงอัดประลัยเท่ากับ 4.16, 16 และ 89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3 และ 28 วันตามลำดับ นอกจากนี้ตัวอย่างดังกล่าวมีค่าโมดูลัสการแตกหักเท่ากับ 12.01 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับร้อยละ 4.01 และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.108 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส ที่ระยะการบ่ม 28 วัน

กัมพล บุญสิงห์ โชคชัย พัฒนาศรี และยุพยง หาการ (2548)[4] ได้ศึกษาหาส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแท่งบล็อกเบาวัสดุที่นำมาเป็นส่วนผสมแท่งบล็อกเบาประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ยิปซัมสังเคราะห์ที่ได้จากการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง และสารกักกระจายฟองอากาศ แบ่งเป็นส่วนผสมแบบเติมสารกักกระจายฟองอากาศ และแบบไม่เติมสารกักกระจายฟองอากาศ ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อยิปซัมสังเคราะห์ที่อัตราส่วน คือ 1:6.75, 1:50, 1:40, 1:3.25, 1:2.75 และ1:2.50โดยใช้น้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.50 สารกักกระจายฟองอากาศต่อปริมาณน้ำเท่ากับ 0.10 ผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการผลิตบล็อกมวลเบาคืออัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อยิปซัมสังเคราะห์ 1 : 2.75 อัตราน้ำต่อซีเมนต์ 0.50 สารกักกระจายฟองอากาศต่อปริมาตรน้ำ 0.1 มีค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 941 กก./ลบ.ม.ที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 35.4 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.23 เปอร์เซ็นต์แท่งบล็อกมวลเบาอเนกประสงค์ใช้ยิปซัม

สังเคราะห์จากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะเป็นมวลรวมหลักสามารถใช้เลื่อยธรรมดาเลื่อยออกเป็นบล็อกก่อผนังหรืออื่นๆ ได้ตามต้องการ

เบญจพล บุญเฉลิม พิเชฐ เตียรวัฒนศิริ และวีระวัฒน์ เทียมเพ็ง (2548) [14] ทำการวิจัยเปรียบเทียบบล็อกมวลเบาที่ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำและไม่ได้ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำวัสดุที่ใช้ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม เถ้าถ่านหิน โดยมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ30 : 20 : 20 : 30 และ 50 : 20 : 20 : 10 ซึ่งควบคุมที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 60 : 20 : 20 : 0 โดยใช้น้ำยากักกระจายฟองอากาศ เกรซ เออีโฟร์ ปริมาณน้ำยาเกรซที่ใช้เท่ากับ 0.5% ต่อปริมาณน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ใช้เท่ากับ 0.35 และ 0.4 และทรายที่ใช้เป็นทรายละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 มีอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานเท่ากับ 1 : 1 การทดสอบกำลังอัดทำที่ 3 , 7 และ28 วัน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนผสมที่ดีที่สุดเท่ากับ 50 : 20 : 20 : 10 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และผ่านการบ่มด้วยไอน้ำด้วยส่วนผสมนี้ได้ทำการหล่อบล็อกบล็อกขนาด 7.5×20×35 เซนติเมตร ให้กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 24.89 กก./ตร.ซม. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่อายุ 28 วันเท่ากับ 1.22 กรัม/ลบ.ซม. และค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 35.33%

ปิยะพงษ์ โมรา สุธาสินี พัชาพรเพิ่ม และอิทธิ ยศมณี (2550)[15] ศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการใช้อิฐบล็อกและบล็อกมวลเบา โดยใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้และเถ้าถ่านหินมาแทนที่ปูนซีเมนต์ และแทนที่มวลรวมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดโดยหล่อตัวอย่างขนาด 5×5×5 ซม. ใช้เวลาในการบ่มที่อายุ 3, 7 และ 28 วันตามลำดับผลการทดสอบพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐบล็อก คือ การนำเถ้าแกลบเปลือกไม้และเถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ 60% แทนที่มวลรวม 40% ให้กำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 38.354 กก./ตร.ซม. และส่วนผสมที่เหมาะสมของบล็อกมวลเบา คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนเถ้าแกลบเปลือกไม้และเถ้าถ่านหินแทนที่มวลรวม 100% ยิปซัม 3% ปูนขาว 5% น้ำยากักกระจายฟองอากาศ 7 มล./กก. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 1.00 ให้กำลังอัดที่ 28 วันเท่ากับ 80.336 กก./ตร.ซม. ค่าความต้านทานแรงดัดเท่ากับ 19.694 กก./ตร.ซม. มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 862 กก./ลบ.ม. และอัตราการดูดซึมเท่ากับ 37.456 %

ผศ.ดร.วัชระ เพิ่มชาติ [20] ศึกษาการพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาให้มีคุณภาพดีขึ้น ในขณะเดียวกันจะช่วยลดต้นทุนการผลิตด้วย โดยการนำเถ้าลอยถ่านหินและเถ้าลอยแกลบมาเป็นส่วนผสมในการผลิต การดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของอิฐมวลเบาเดิมของบริษัทฯ เมื่อผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วนต่างๆ คุณสมบัติของอิฐที่ศึกษา ได้แก่ ค่าความแข็งแรงและค่าการนำความร้อน 2) สร้างห้องทดสอบขนาด 2.3 × 2.3 m^2 สูง 2.4 m โดยใช้อิฐมอญและอิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าลอย ทำการวัดอุณหภูมิภายในห้องเพื่อเปรียบเทียบกับ ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนผสมเถ้าลอยของทั้งถ่านหินและแกลบที่ร้อยละ 12.5 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรง

สูงที่สุด โดยอิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าลอยถ่านหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง < 150 ไมครอน จะให้ค่าความแข็งแรงที่ 81 kg/cm^2 ในขณะที่อิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าลอยถ่านหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 - 300 ไมครอน และเถ้าลอยแกลบ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ 50 และ 31 kg/cm^2 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการนำความร้อนของอิฐมวลเบาจะมีค่าลดลงตามอัตราส่วนเถ้าลอยที่ผสมเพิ่มขึ้น และอิฐที่ผสมเถ้าลอยแกลบจะให้ค่าการนำความร้อนต่ำกว่าเถ้าลอยถ่านหิน ส่วนผลการวัดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบพบว่า ห้องที่สร้างจากอิฐมวลเบามีค่าต่ำกว่าห้องที่สร้างจากอิฐมอญเฉลี่ย 1.0 - 1.5 C

ปิติ พานิชายุนนท์ ฉัตร ผลนาค สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ธวัฒน์ชัย เทพนวล นพนันท์ นานคงแนบ อนุจิตร จันทศรี (2551)[16]วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากฟางข้าวที่เหลือใช้ในชุมชนจังหวัดพัทลุง ในการศึกษานี้พิจารณาที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกันหลายส่วนผสม และทำการผลิตส่วนผสมละ 5 ก้อนการทดสอบตัวอย่างจะทำการทดสอบน้ำหนัก ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและค่าแรงอัด จากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มฟางข้าวเป็นส่วนผสมสามารถ ลดน้ำหนักและความหนาแน่นของตัวอย่างได้ ซึ่งอัตราส่วนโดยปริมาตรของ ดิน : ทราย : ซีเมนต์ : ฟาง ที่ให้สมบัติของบล็อกดีที่สุด คือ 10:5:8:8 มีความหนาแน่น 1591กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าแรงกด 37.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ 19.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีฟางข้าว พบว่า น้ำหนักและความหนาแน่นลดลงอย่างเห็นได้ชัดคือ 29.38 เปอร์เซ็นต์ และ47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ไชยยันต์ ชัยจักร สมิตร ส่งพิริยะกิจ ดร. กุลพัฒน์ วัฒนกูล (2552)[21] บทความนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาโดยการใช้ตะกรันจากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็กเป็นมวลรวมหยาบเพื่อทดแทนการใช้หินโดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน ในการทดลองวัสดุประสานจะประกอบด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินในอัตราส่วน 60:40 และ 40:60 และมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 นอกจากนี้ยังกำหนดให้วัสดุประสานมีปริมาตรร้อยละ 40, 55 และ 70 ของช่องว่างมวลรวม การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาเป็นไปตาม มอก. 58-2530 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การใช้วัสดุประสานที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าถ่านหิน 40:60 แทนที่ช่องว่างระหว่างมวลรวมในอัตราร้อยละ 70 สามารถให้ค่ากำลังอัดได้เท่ากับ 44.80 และ 68.73 กก./ตร.ซมที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับ และมีค่าโมดูลัสการแตกหักเท่ากับ 10.71 กก./ ตร.ซม ที่อายุ 28 วัน นอกจากนี้ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำเพียง 0.089 วัตต์/ เมตร/ องศาเซลเซียส โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 1380 กก./ ลบ.ม.

2.2 บล็อกมวลเบา

บล็อกมวลเบาหมายถึงบล็อกที่ทีความหนาแน่นน้อยกว่าปกติ (2450 kg/m^3) โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ [5]

2.2.1 บล็อกมวลเบาที่ได้จากการใช้มวลรวมเบา (Lightweight Aggregate Concreteบล็อกมวลเบาชนิดนี้เกิดจากการผสมมวลรวมที่มีรูพรุนและความหนาแน่นต่ำกับปูนซีเมนต์ มวลรวมประเภทนี้อาจจะเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ข้อด้อยของการผลิตบล็อกมวลเบาด้วยวิธีนี้มีหลายประการ เช่น

1) การที่มวลรวมมีรูพรุนทำให้เกิดการดูดซึมน้ำในปริมาณมาก ต้องทำการชดเชยปริมาณน้ำเพื่อให้ได้ความสามารถในการเทที่ต้องการ (Workability)

2) ความยากในการชดเชยปริมาณน้ำที่หายไปจากสัดส่วน ทั้งนี้เนื่องจากการดูดซึมปริมาณน้ำของมวลรวมมักจะมีความแปรผันค่อนข้างสูงขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในเนื้อวัสดุและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก

3) คุณภาพของมวลรวมเองที่ไม่สม่ำเสมอและราคาแพง

2.1.2 บล็อกมวลเบาที่ได้จากการกักฟองอากาศ (Cellular or Aerated Concrete)บล็อกมวลเบาที่ผลิตโดยวิธีกักฟองอากาศแตกต่างจากบล็อกมวลเบาที่ผลิตโดยใช้มวลรวมน้ำหนักเบา โดยการผลิตจะใส่ฟองอากาศปริมาณสูงเข้าไปแทนที่เนื้อซีเมนต์ จากนั้นปล่อยให้บล็อกแข็งตัวก็จะได้บล็อกที่มีปริมาณฟองอากาศสูงกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งบล็อกที่ได้จะมีมวลเบาตามที่ต้องการ กระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1) การผลิตโดยใช้อะลูมินั่มออกไซด์ กระบวนการผลิตนี้ถูกคิดค้นครั้งแรกใน ค.ศ. 1914 โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างผงอะลูมินั่มกับซีเมนต์ ซึ่งอะลูมินั่มจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมออกไซด์ก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นในเนื้อบล็อก ทำให้เกิดการขยายตัวและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อบล็อกแข็งตัวก็จะได้บล็อกที่มีรูพรุนสูงและน้ำหนักเบา แสดงดังสมการที่ (2.1)

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3H_2 \qquad (2.1)$$

วิธีการนี้ถึงจะเป็นเทคโนโลยีเก่าแต่ปัจจุบันก็ยังมีการใช้งานอยู่ทั่วไป ข้อเสียของวิธีนี้ คือ กระบวนการที่ยุ่งยากและใช้พลังงานสูงทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาการเกิดไฮโดรเจนนั้นเป็นปฏิกิริยาหลัก

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ห้องสมุดงานวิจัย

(Primary) มีความจำเป็นต้องรอการเกิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยา ไฮเดรชั่นก่อนซึ่งเป็นปฏิกิริยารอง (Secondnary) จากนั้นเมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับผงอะลูมินั่มขบวนการเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนจึงเริ่มขึ้น การที่ปฏิกิริยาการเกิดแก๊สเป็นปฏิกิริยารองนั่นเองเป็นที่มาของปัญหาใหญ่ในกระบวนการผลิต ในช่วงต้นที่บล็อกยังมีสภาพเหลวมีความยืดหยุ่นตัวสูงนั้น การขยายตัวของแก๊สไฮโดรเจนไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ แต่เมื่อบล็อกเริ่มก่อตัวประมาณ 2-3 ชั่วโมงหลังจากการผสมบล็อกจะเริ่มแข็งตัวทำให้ความยืดหยุ่นของบล็อกต้องลดลงตามไปด้วย เมื่อกระบวนการเกิดแก๊สและกระบวนการแข็งตัวต้องดำเนินต่อไปอีกหลายชั่วโมงย่อมต้องก่อให้เกิดปัญหาตามมา ความไม่สัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเกิดแก๊สและระยะเวลาในการแข็งตัวส่งผลให้บล็อกดังกล่าวมีรอยร้าวขนาดใหญ่ กำลังต่ำ แตกหักง่าย ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการใช้ความร้อนและความดันเข้ามาช่วย การใช้ความร้อนเพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาการเกิดแก๊สให้สัมพันธ์กับการก่อตัว เพื่อไม่ให้บล็อกเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ ส่วนการใช้ความดันเป็นการควบคุมให้การขยายตัวของบล็อกอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการ และทำให้บล็อกมีรูปร่างที่แน่นอน

2) การผลิตโดยการทำฟองหรือโฟมด้วยสารกักกระจายฟองอากาศวิธีนี้ถูกคิดค้นในปี ค.ศ. 1950 แนวคิดของกระบวนการผลิตนี้คือ การทำฟองอากาศปริมาณสูงมาก่อนที่จะผสมลงไปในบล็อก ในช่วงเริ่มต้นสารสร้างฟองอากาศที่ใช้เป็นผงซักฟอกหรือน้ำยาซักผ้า ซึ่งมีข้อเสียคือฟองอากาศที่ได้จะไม่เสถียรและแตกหักง่ายในปัจจุบันมีการใช้สารกักกระจายฟองอากาศที่มีส่วนผสมทางเคมีของ Poly Oxy Ethylene Alkyl Ether โดยฟองอากาศที่ได้จากวิธีนี้จะเสถียรและคงรูปมากกว่าฟองอากาศที่ได้จากผงซักฟอก กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการใส่สารกักกระจายฟองอากาศปริมาณสูงลงไปปั่นในเครื่องผลิตฟองอากาศจากนั้นจะฉีดพ่นเข้าไปในโม่ผสมบล็อกเพื่อให้ฟองอากาศเข้าไปแทรกตัวตามเนื้อบล็อก เมื่อบล็อกแข็งเนื้อบล็อกที่ได้จะมีรูพรุนสูง และมีน้ำหนักเบา กระบวนการผลิตบล็อกมวลเบาด้วยวิธีนี้ง่อนข้างง่ายกว่าวิธีแรกเนื่อง จากไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนและความดันเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ต้นทุนทางด้านพลังงานต่ำลงแต่บล็อกที่ได้จากวิธีนี้จะมีน้ำหนักมากกว่าบล็อกที่ได้จากวิธีแรกเล็กน้อย ปัจจุบันบล็อกมวลเบาถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น บล็อกบล็อก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ฉนวนในผนังกันความร้อน ผนังรับน้ำหนัก หลังคา แผ่นพื้น เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 17 มี.ค. 2555
เลขทะเบียน 243297
เลขเรียกหนังสือ

2.3 คุณสมบัติของบล็อกมวลเบา

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภายของบล็อกมวลเบาหนา 10 เซนติเมตร เมื่อรวมน้ำหนักวัสดุกับน้ำหนักปูนฉาบจะมีน้ำหนักประมาณ 120 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่อิฐมอญก่อ 2 ชั้น (เว้นช่องตรงกลาง) จะมีน้ำหนักประมาณ 180 กิโลกรัมต่อตารางเมตรซึ่งน้ำหนักของการก่ออิฐมอญจะมากกว่าทำให้ต้องเตรียมโครงสร้างให้ใหญ่ขึ้นเป็นเหตุทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น

2.3.2 ความคงทน ในที่นี้หมายถึงความสามารถของวัสดุหรือส่วนประกอบในการคงทนต่อสภาพแวดล้อมโดยที่ไม่เกิดความสูญเสียรูปร่างหรือสึกกร่อนในงานโครงสร้างอาคารสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงก็คือ การกัดกร่อนเนื่องจากสารเคมี ความเค้นทางกายภาพ และการถูกกระแทกเนื่องจากแรงภายนอกทั้งหลาย บล็อกมวลเบาโดยทั่วไปไม่สามารถที่จะทนต่อสิ่งต่างๆที่กล่าวมาได้ทั้งนี้เพราะความที่มีรูพรุนมากในตัวมันเอง ดังนั้นบล็อกมวลเบาจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับก่อสร้างในดินชื้นที่มีสารพวกซัลเฟตปนอยู่ แต่อย่างไรก็ตามในทุกกรณีบล็อกมวลเบาควรจะได้รับการฉาบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อน ความเค้นทางกายภาพที่มีผลต่อบล็อกมวลเบาได้แก่ ความเค้นที่เกิดขึ้นจากน้ำแข็งที่อยู่ภายในรูพรุนเกิดการหดตัวเมื่อแห้ง และจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทั้งนี้เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อนของบล็อกมวลเบามีค่าระหว่าง 8×10^{6} – 9×10^{6} องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ต่างจากบล็อกธรรมดาเท่าไรนัก ดังนั้นผลของการเกิดน้ำแข็งที่กระทำกับบล็อกมวลเบาจึงคล้ายกับที่เกิดขึ้นในบล็อกธรรมดา ภายใต้สภาวะเดียวกัน การหดตัวเมื่อแห้งและการเปลี่ยนแปลงเมื่อชื้นในบล็อกมวลเบามีมากกว่าบล็อกธรรมดาในบางกรณีค่าเหล่านี้สูงมาก และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำมาคิดอย่างละเอียดในการออกแบบ การแตกหักของบล็อกเนื่องจากแรงภายนอกอาจจะมีผลมากจากการขัดสีการกระแทก และการรับน้ำหนักมากเกินไป เช่น บล็อกฟองอากาศอาจจะเกิดแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับการขัดสี ความอ่อนแอของวัสดุชนิดนี้อาจนำไปสู่ความเสียหายของอาคารทั้งหลังก็เป็นไปได้ ดังนั้นในการใช้บล็อกมวลเบาแต่ละชนิดควรให้ความระมัดระวังอย่างยิ่งโดยเฉพาะในระหว่าง การก่อสร้าง

2.3.3 การเป็นสนิมของเหล็ก เป็นอุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้บล็อกมวลเบาไม่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในงานบล็อกเสริมเหล็กเท่าที่ควรกล่าวคือ ความเป็นรูพรุนของเนื้อบล็อกซึ่งอาจจะเป็นช่องทางให้ความชื้นเข้าไปถึงเหล็กเสริมได้ง่าย อย่างไรก็ตามเรื่องนี้สามารถป้องกันได้โดย การใช้บล็อกมวลเบาประเภทอัดแน่นอย่างดีสำหรับงานโครงสร้าง บล็อกชนิดนี้โดยเฉพาะที่

ผสมโดยมวลรวมน้ำหนักเบาที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมีสามารถเป็นตัวต้านทานต่อการเกิดสนิมของเหล็ก และการเสื่อมโทรมของตัวมันเองมีอิทธิพลอย่างมากต่อสมรรถนะและความทนทานของบล็อกเสริมเหล็กมากกว่าชนิดของมวลรวมน้ำหนักเบาที่ใช้ประสบการณ์ที่ใช้ในงานบล็อกเสริมเหล็กที่ทำมาจากมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดต่างๆ ทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกาได้สนับสนุนวัสดุชนิดนี้เป็นอย่างมาก เช่น การทำท่าเรือบล็อกมวลเบาเสริมเหล็กในระหว่างสงครามโลกทั้งสองครั้ง การสร้างท่าเรือลอยน้ำสำหรับยกพลขึ้นบกในระหว่างการบุกยุโรปของฝ่ายสัมพันธมิตรในสงครามโลกครั้งที่สอง การทำอาคารที่อยู่อาศัยและการทำแผ่นฉนวนกันความร้อนสำหรับเหมืองถ่านหิน เป็นต้น การเกิดสนิมนั้นเนื่องมาจากความชื้นและก๊าซออกซิเจนอิสระทำปฏิกิริยากับเหล็กและในบรรยากาศที่มีสารประกอบซัลเฟอร์และคลอไรด์ การผุกร่อนจะเพิ่มขึ้นอย่ารวดเร็ว ดังนั้นเพื่อการป้องกันให้เพียงพอ บล็อกหุ้มเหล็กเสริมต้องหนาอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร แต่ในกรณีที่สภาพแวดล้อมเลวร้ายจริงๆ เช่น ในบรรยากาศที่มีความชื้นมากๆ หรือในดินที่มีสารเคมีที่เป็นปฏิปักษ์บล็อกหุ้มควรจะมีความหนา 75 มิลลิเมตรขึ้นไปไม่ว่ามวลรวมที่ใช้จะเป็นชนิดใดก็ตาม สำหรับบล็อกฟองอากาศเสริมเหล็ก เหล็กเสริมจะต้องได้รับการป้องกันอย่างดีโดยการเคลือบผิวก่อนการเทบล็อก การเคลือบผิวนี้ทำโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับยางลาเท็กซ์ธรรมชาติหรือสารบิทูเมนแข็งวัสดุทั้งสองอย่างนี้เมื่อจับแน่นกับเหล็กแล้วสามารถกันน้ำซึมผ่านได้อย่างดี

2.3.4 การซึมของน้ำฝน หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของผนังอาคารด้านนอก คือ การป้องกันน้ำฝนในกรณีที่ทำผนังสองชั้นแบบที่มีช่องว่างข้างในปัญหาเรื่องการซึมของน้ำฝนอาจจะไม่เกิดขึ้นอีกเลยแต่ในกรณีของผนังบางชั้นเดียวนั้นมักจะมีปัญหาเรื่องน้ำฝนซึมผ่านมากในการซึมผ่านของน้ำฝนนั้นบางครั้งน้ำฝนจะซึมผ่านเข้าทางเนื้อบล็อกโดยตรงแต่ส่วนใหญ่แล้วน้ำฝนมักจะซึมผ่านเข้าทางช่องรอยแตกของรอยต่อมากกว่าบล็อกยิ่งกันน้ำได้ดีเท่าไร ความชื้นก็จะซึมผ่านเข้าทางรอยแตกของช่องรอยต่อมากขึ้นเท่านั้นบล็อกมวลรวมน้ำหนักเบามีช่องว่างรูพรุนที่ผิวดังนั้น การใช้วัสดุชนิดนี้ทำผนังที่มีความหนาเพียงพอและทำอย่างถูกต้องจะสามารถให้การต้านทานอย่างดีต่อการซึมผ่านของน้ำฝน ด้วยเหตุผลข้างต้นบล็อกฟองอากาศที่ไม่มีการฉาบผิวจึงมีการซึมผ่านของน้ำฝนเพียงเล็กน้อย ถ้าหากผนังไม่บางมากจนเกินไปแล้วไม่ต้องห่วงเรื่องการซึมผ่านน้ำฝน

2.3.5 การหดตัวเมื่อแห้งและการคืบตัว ผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์ทุกชนิดมักจะแสดงการยืดหดตัวเมื่อมันได้รับการเปลี่ยนแปลงของความชื้น เมื่อบล็อกแห้งใหม่ๆ มักจะเกิดการหดตัว ซึ่ง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เรียกกันว่า “ การหดตัวเมื่อแห้งครั้งแรก ” หลังจากนั้นการเปียกและการแห้งจะมีผลให้บล็อกเกิดการขยายตัวและหดตัวสลับกันไปซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็น “ การยืดหดตัวตามความชื้นซึ่งกลับไปกลับมาได้ ” ผลของการหดตัวของบล็อกจะทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในเนื้อบล็อกถ้าบล็อกนี้เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่มีขอบเขตของการเคลื่อนที่จำกัดมันก็จะเกิดการแตกร้าวขึ้น

บล็อกที่ทำด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาโดยทั่วไปมีการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าบล็อกธรรมดา สำหรับบล็อกที่ทำด้วยมวลรวมหยาบชนิดเดียวกันบล็อกที่ไม่มีมวลรวมละเอียดจะหดตัวน้อยกว่าบล็อกที่มวลรวมละเอียด บล็อกฟองอากาศหล่อสำเร็จจะมีค่าการหดตัวเมื่อแห้งใกล้เคียงกับบล็อกมวลรวมน้ำหนักเบาแต่บล็อกฟองอากาศหล่อในที่อาจจะมีค่ามากกว่า 5 - 10 เท่า ในบางครั้งค่าของการหดตัวเมื่อแห้งสำหรับบล็อกชนิดต่างๆ จำเป็นมากที่จะนำมาคิดในการออกแบบเพื่อป้องกันการแตกร้าว เช่น การเสริมเหล็กตามจุดต่างๆ ที่คิดว่าการแตกร้าวอาจจะเกิดขึ้นได้ หรือการทำข้อต่อไว้ ณ จุดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดึงขึ้นในเนื้อบล็อก บล็อกไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากความชื้นเท่านั้น แต่มันยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวรเมื่อมันได้รับความเค้นติดต่อกันเป็นเวลานาน พฤติกรรมเช่นนี้เรียกว่า การคืบตัว (Creep) การคืบตัวของบล็อกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดการรับน้ำหนักส่วนผสมของบล็อก และขนาดของชิ้นส่วนสำหรับบล็อกที่มีกำลังอัดเท่ากัน บล็อกมวลเบาส่วนใหญ่จะมีการคืบตัวและการหดตัวตามความชื้นมากกว่าบล็อกธรรมดา การคืบตัวเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาเพราะจะนำไปสู่การสูญเสียแรงอัด

2.3.6 การป้องกันไฟ เมื่อเกิดเพลิงไหม้โครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กกล้าหรืออะลูมิเนียมอันลอยจะยืนหยัดอยู่ได้ไม่นานเพราะเมื่ออุณหภูมิของเหล็กกล้าสูงขึ้นถึง 555 องศาเซลเซียส และอะลูมิเนียมอัลลอย 200-250 องศาเซลเซียส กำลังของโลหะเหล่านี้จะตกลงทันทีภายในสองถึงสามวินาทีที่เกิดเพลิงไหม้ ดังนั้นเพื่อที่จะหน่วงกำลังของโครงสร้างเหล็กกล้าไว้การห่อหุ้มเหล็กกล้าด้วยบล็อกจึงเป็นสิ่งที่มีประโยชน์มาก ตามหลักปฏิบัติทั่วไปกำหนดให้บล็อกหุ้มมีความหนาไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร จึงจะต้านทานความร้อนได้เพียงพอ อย่างไรก็ตามการพองตัวของเนื้อบล็อกอาจจะเกิดขึ้นได้ถึงกระนั้นก็ตาม การทำเช่นนี้ก็ยังช่วยหน่วงไฟไว้ได้มากทั้งนี้เนื่องจากการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี บล็อกเบาจึงเป็นวัสดุอย่างดีเลิศสำหรับการป้องกันโครงสร้างเหล็กกล้าในเวลาเกิดเพลิงไหม้ บล็อกสำหรับห่อหุ้มสมัยใหม่นี้ทำเป็นรูปบล็อก หรือทำเป็นแผ่น ตัวอย่าง เช่น บล็อกฟองอากาศ บล็อกมวลรวมน้ำหนักเบา บล็อกบล็อก วัสดุน้ำหนักเบาที่ใช้กันมากมีตะกรัน

เตาเผา ดินเหนียวพองตัว เถ้าเชื้อเพลิงผง และพัมมิส วัสดุเหล่านี้ถือเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาชั้นหนึ่งในแง่ของการต้านทานไฟ

2.3.7 การกันเสียง โดยปกติบล็อกมวลเบาจะกันเสียงได้ดีกว่าอิฐมอญ 20% แต่ในกรณีที่ใช้อิฐมอญก่อ 2 ชั้น ช่องว่างตรงกลางจะทำหน้าที่เป็นฉนวนได้ดีกว่าเกือบ 2 เท่าตัว แต่อิฐมวลเบาจะลดการสะท้อนของเสียงได้ดีกว่าเนื่องจากโครงสร้างของบล็อกมวลเบามีฟองอากาศจำนวนมากอยู่ภายในทำให้ดูดซับเสียงได้ดี จึงเหมาะกับห้องหรืออาคารที่ต้องการความเงียบ เช่น โรงภาพยนตร์ หรือห้องประชุม

2.3.8 ประหยัดพลังงานนอกจากสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญแล้วยังทำให้ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลงด้วยทำให้ประหยัดค่าไฟไปได้มาก เนื่องจากสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญ 4-8 เท่า จึงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในได้เป็นอย่างดี

2.3.9 ใช้งานง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากการผลิตที่เป็นมาตรฐานทำให้สินค้าออกมามีขนาดเท่ากันทุกก้อน ไม่เหมือนกับอิฐมอญที่ยังมีความไม่เป็นมาตรฐานอยู่ในงานก่อสร้าง โดยอิฐมวลเบาจะใช้เวลาในการก่อและเกิดการเสียหายน้อยกว่า โดยเฉลี่ยแล้วใน 1 วันจะก่อผนังโดยใช้อิฐมวลเบาได้ประมาณ 25 ตารางเมตร ในขณะที่ก่ออิฐมอญได้เพียง 12 ตารางเมตรเท่านั้น

2.3.10 มิติเที่ยงตรง ขนาดมิติเที่ยงตรง แน่นอน ได้ชิ้นงานเรียบสวยงาม มีหลายขนาดให้เลือก

2.3.11 อายุการใช้งานยาวนานเท่ากับโครงสร้างบล็อก (50 ปี)

2.4 ปูนซีเมนต์

เป็นวัสดุเชื่อมประสานที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ ซึ่งได้แก่ หินปูนหรือดินขาว และดินเหนียวหรือดินดาน ที่อุณหภูมิ 1400-1500 องศาเซลเซียส ในสัดส่วนที่ถูกต้อง อาจมีการเติมแร่เหล็กหรือยิปซัมตามความจำเป็น เพื่อปรับปรุงให้มีคุณสมบัติตามต้องการ บล็อกที่ผสมใหม่และยังเหลวอยู่นั้น ส่วนที่เป็นของแข็งของปูนซีเมนต์จะลอยตัวอยู่ในน้ำชั่วคราว เม็ดปูนแต่ละเม็ดจะถูกแยกไว้ด้วยชั้นบางๆ ของน้ำก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สามารถสร้างแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดปูนซีเมนต์เล็กๆ การเกาะตัวกันที่ต่อเนื่องก่อให้เกิดการยึดตัวรวมกันเป็นก้อนได้ บล็อกที่ดีนั้นได้จากการที่อนุภาคของมวลรวม ทั้งอนุภาคเล็กและใหญ่ ทุกอนุภาคถูกเคลือบและหุ้มด้วย

ซีเมนต์เพสต์ซึ่งเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ล้วนๆกับน้ำส่วนมอร์ต้าร์เป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์กับมวลรวมละเอียดปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นและใช้กันมากที่สุดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์[21]

2.4.1 องค์ประกอบของปูนซีเมนต์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

1) องค์ประกอบของปูนซีเมนต์ในรูปออกไซด์ ซึ่งเป็นวัตถุที่นำมาใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ มีดังต่อไปนี้

- แคลเซียมออกไซด์ (Cao) มีประมาณร้อยละ 60-67 ได้มาจากหินปูน (Limestone) และหินชอล์ค (Chalk)
- ซิลิกอนไดออกไซด์ (Sio_2) มีประมาณร้อยละ 17-25 ได้มาจากดินดาน หรือดินเหนียว (Clay) และหินเชล (Shale)
- อลูมินัมออกไซด์ (Al_2O_3) มีประมาณร้อยละ 3-8 ได้มาจากดินเหนียว หรือดินดำ และหินเชล
- เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) มีประมาณร้อยละ 0.5-6 ได้มาจากดินเหนียว ดินดำ หินเชล หรือศิลาแลง (Laterrite) นอกจากนี้ยังต้องใช้ยิปซัม (Gypsum – $CaSO_4$, $2H_2O$) ปริมาณร้อยละ 4-6 ผสมในเม็ดปูนเพื่อป้องกันการก่อตัวเฉียบพลันและช่วยหน่วงระยะเวลาการแข็งตัว

2) องค์ประกอบของปูนซีเมนต์ในรูปสารประกอบเกิดจากการนำวัตถุดิบ เช่น ดินขาวและดำ เป็นต้น มาเผาที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส แล้วปูนขาว (CaO) ทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา และเหล็ก จนได้เม็ดปูนซึ่งมีอุณหภูมิ 1200-1300 องศาเซลเซียส สารประกอบของปูนซีเมนต์มีดังนี้

- ไตรแคลเซียมซิลิเกต ($3CaO.SiO_2$) หรือ C_3S มีปริมาณร้อยละ 49 มีผลทำให้กำลังรับแรงของบล็อกเพิ่มขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์แรก
- ไดแคลเซียมซิลิเกต ($2CaO.SiO_2$) หรือ C_2S มีปริมาณร้อยละ 25 มีผลทำให้กำลังรับแรงของบล็อกเพิ่มขึ้นแต่ช้ากว่า C_3S และจะเพิ่มต่อไปประมาณ 1 ปี
- ไตรแคลเซียมอลูมิเนต ($3CaO.Al_2O_3$) หรือC_3A มีปริมาณร้อยละ 12 มีผลให้กำลังรับแรงของบล็อกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ เมื่อผ่านไปเป็นเวลานานๆ จะรวมตัว

กับซัลเฟตกลายเป็นแคลเซียมซัลโฟอลูมิเนต ซึ่งทำให้เกิดการขยายตัวของบล็อก ซึ่งอาจเกิดการแตกร้าวได้นอกจากนี้ C_3Aยังมีความสำคัญในขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์โดยทำให้ปูนซีเมนต์กับซิลิการวมตัวกันอย่างรวดเร็ว

- เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์($4CaOAl_2O_3Fe_2O_3$) หรือC_4AF มีประมาณร้อยละ 8 เป็นสารประกอบที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซิลิเกต โดยรวมตัวกับยิปซัมแล้วเปลี่ยนรูปเป็นแคลเซียมซัลโฟฟูริก

2.4.2 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นเมื่อนำปูนซีเมนต์มาผสมกับน้ำ ในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นซีเมนต์จะค่อยๆ แข็งตัวและมีความมั่นคงจนกลายเป็นซีเมนต์เพลสที่แข็งตัวเต็มที่ การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณซิลิเกตและอลูมิเนตในสภาวะเริ่มแรกของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น สารประกอบแคลเซียมซิลิเกต 2 ตัว คือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกตจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นก่อนอย่างรวดเร็วแล้วค่อยๆ ลดลงในเวลาต่อมาผลจากการเกิดปฏิกิริยาของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) จะเปลี่ยนเจลของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($C_3S_2H_3$) และน้ำปูน ($Ca(OH)_2$) แยกออกมาสำหรับไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S0) จะเกิดปฏิกิริยาคล้ายกันแต่จะได้น้ำปูนน้อยกว่าปัจจุบันจะเขียน $C_3S_2H_3$ ในรูปC-S-H เรียก ว่าโทเบอร์โมไลท์เจลแคลเซียมซิลิเกตทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วจะทำให้เกิดน้ำปูน ($Ca(OH)_2$) และแคล–เซียมซิลิเกตไฮเดรต ($C_3S_2H_3$) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน น้ำปูนที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้จะทำให้ซีเมนต์เพสต์ที่ได้มีคุณสมบัติเป็นด่าง (pH ประมาณ12.5) จึงช่วยป้องกันการกัดกร่อนจากเหล็กเสริมซึ่งอยู่ในเนื้อบล็อกเสริมเหล็ก สมการการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นมีดังสมการที่ (2.2) และ (2.3)

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3\,(Ca(OH)_2)$$

$$\text{หรือ } 2(C_3S) + 6H_2O \longrightarrow (C_3S_2H_3) + 3(Ca(OH)_2) \qquad (2.2)$$

$$2(3CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$$

$$\text{หรือ } 2(C_3S) + 4H_2O \longrightarrow (C_3S_2H_3) + Ca(OH) \qquad (2.3)$$

สำหรับไตรแคลเซียมอลูมิเนต ($3CaO.Al_2O_3$) หรือ C_3A แม้จะมีจำนวนน้อยแต่ก็เป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดการก่อตัวเฉียบพลัน ดังนั้นจึงต้องเติมยิปซัมลงไปแก้ไข ผลึกที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของ C_3A จะมีลักษณะเป็นเหลี่ยม และมีเจลแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($C_3S_2H_3$) ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นห่อหุ้มไว้สมการการเกิดปฏิกิริยามีดังสมการที่ (2.4)

$$3CaO.SiO_2 + H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O$$
$$\text{หรือ } C_3A + 6H2O \longrightarrow 3C_3A.H_6 \qquad (2.4)$$

และเมื่อใส่ยิปซัมในขั้นตอนการบดเม็ดปูน จะได้สมการที่ (2.5)

$$C_3A + CaSO_2 + 2H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.31H_2O \qquad (2.5)$$

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

เมื่อปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นขึ้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) อายุของซีเมนต์เพสต์ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะมากที่สุดในช่วงแรก ยกเว้นช่วงระยะเวลาเริ่มต้นผสม หลังจากนั้นจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงช่วงสิ้นสุดของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2) องค์ประกอบของปูนซีเมนต์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบหลักแต่ละตัวจะแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

3) ความละเอียดของปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดสูงจะมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำได้มาก มีผลทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของปฏิกิริยา

4) อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ในช่วงเริ่มต้นอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์จะไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะลดลง ถ้าส่วนผสมมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์น้อยกว่าปกติจะมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นลดลง

5) อุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีข้อแม้ว่าการเพิ่มของอุณหภูมินี้จะต้องไม่ทำให้เกิดการแห้งตัวของซีเมนต์เพสต์

ตารางที่ 2.1 ระยะเวลาที่ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นร้อยละ 80 ของสารประกอบหลักทั้ง 4 ชนิด [21]

สารประกอบหลัก	ระยะเวลา(วัน)
ไตรแคลเซียมซิลิเกต ($3CaO.SiO_2$) หรือ C_3S	10
ไดแคลเซียมซิลิเกต ($2CaO.SiO_2$) หรือ C_2S	100
ไตรแคลเซียมอลูมิเนต ($3CaO.Al_2O_3$) หรือ C_3A	60
เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ ($4CaOAl_2O_3Fe_2O_3$) หรือ C_4AF	50

2.5 ทราย (Sand)

ทรายเป็นวัสดุที่ใช้มากทั้งในการก่อสร้าง เช่น ใช้ในการประดับสวนหรือสนามปูรองพื้นและปูกระเบื้อง ใช้ถมที่แทนดิน ใช้ในการผสมบล็อก ใช้ผสมกับปูนขาว และปูนซีเมนต์ ทำปูนก่อและปูนฉาบฝาผนัง ใช้ประกอบในการทำหินขัดและหินล้าง ใช้ในการทำซีเมนต์บล็อก ทรายจัดอยู่ในการประเภทหินชั้นซึ่งแตกแยกออกเป็นส่วนละเอียดๆ เล็กๆ อาจจะเป็นการแตกของเปลือกหอยในทะเลและถูกน้ำซัดกลิ้งไปมาจนแตกละเอียดเป็นอนุภาคเล็กๆ เรียกว่า ทราย ดังเช่นที่มีอยู่ตามชายทะเลทั่วไปหรืออาจเป็นก้อนหินที่ไหลมาตามลำธารและกระทบกันแตกออกเป็นส่วนเล็กๆ ถ้ายังโตอยู่ก็เรียกว่า กรวด บางแห่งจะขุดจากในน้ำหรือเป็นบ่อทราย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีทรายจำนวนมาก

2.5.1 ขนาดของทราย ทรายตามความหมายทั่วๆ ไป หมายถึง เม็ดแร่เล็กๆ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1/16 ถึง 2 มิลลิเมตร เท่านั้นถ้าเล็กกว่านี้เรียกว่า ตม (Silt) ถ้าโตกว่าขนาดดังกล่าวก็เรียกว่า กรวด (Gravel) แร่ธาตุที่ประกอบเป็นทรายนั้นส่วนมากเป็นแร่ควอร์ตหรือไมก้า

2.5.2 คุณสมบัติของทราย การที่นำทรายมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ผสมบล็อกหรือผสมทำปูนฉาบนั้นมีเห็นผลดังนี้

1) สามารถแทรกเข้าไปอุดช่องว่างของหินในบล็อก ทำให้บล็อกแน่น

2) ช่วยบรรเทาการยืดหดและแตกร้าวในปูนฉาบ ถ้าปูนฉาบใส่ซีเมนต์มากเกินไป เพื่อลดการแตกร้าว ต้องเพิ่มทรายเข้าไปเพื่อให้มีทางขยายตัว

3) ช่วยเพิ่มปริมาณของส่วนผสม ทำให้ราคาของบล็อกหรือปูนฉาบ ปูนก่อถูกลง เพราะทรายเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายทั่วไป และราคาถูก

2.5.3 แหล่งที่มาของทราย

แหล่งทรายในประเทศไทยเป็นทรายที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วๆ ไปมีทั้งทรายบกที่ขุดบนพื้นดินและทรายแม่น้ำ เม็ดทรายบกละเอียดกว่าทรายแม่น้ำแต่สกปรกกว่า ทรายหยาบส่วนมากใช้ผสมบล็อกและปูนก่อ มาจากจังหวัดอ่างทอง ราชบุรี และตำบลบ้านแป้งจังหวัดสิงห์บุรี แต่ทรายที่อ่างทองคุณภาพไม่ค่อยดีนักในการใช้ผสมบล็อก ส่วนทรายราชบุรีนับว่าใช้ได้ดี ซึ่งขุดมาจากแม่น้ำราชบุรี ทรายบ้านแป้งเป็นทรายที่ดีแต่ขนาดอนุภาคที่ละเอียดไปบ้าง ส่วนทรายละเอียดที่ใช้ในการฉาบปูนนั้นมาจากตำบลบางพูน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แหล่งทรายที่กล่าวมาแล้วหมายถึงแหล่งทรายที่ขุดและส่งมาจำหน่ายในกรุงเทพ ส่วนที่อื่นๆ ในประเทศนั้นมีอีกมากมาย

2.6 อะลูมิเนียม

ในเปลือกโลกอะลูมิเนียมเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสามและเป็นโลหะที่มากที่สุด อะลูมิเนียมมีอยู่ทั่วๆ ไปเป็นแร่อลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) เช่น ในดินเหนียวแต่การที่จะสกัดเอาอะลูมิเนียมจากดินเหนียวนั้นต้องสิ้นเปลืองค่าใช่จ่ายมาก โลหะอะลูมิเนียมเตรียมได้จากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าของอะลูมิเนียมออกไซด์โดยการละลายอะลูมิเนียมออกไซด์ที่บริสุทธิ์ในไครโอไลด์ซึ่งหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 800-1000 องศาเซลเซียส และนำสารละลายนี้ไปแยกสลายด้วยไฟฟ้าในภาชนะเหล็กโดยมีแกรไฟต์เป็นประจุลบและคาร์บอนเป็นประจุบวกจะได้โลหะอะลูมิเนียมที่ขั้วลบและแก๊สออกซิเจนที่ขั้วบวกอะลูมิเนียมออกไซด์หรืออลูมินาที่นำมาแยกสลายด้วยไฟฟ้านั้นได้มาจากแร่บอกไซด์ แต่ในแร่มักจะมีสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ เช่น ซิลิกาเจือปนอยู่บ้างต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์โดยนำแร่มาบดให้ละเอียดและสกัดอลูมินาซึ่งสมบัติเป็นกรดและด่างออกโดยละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อนภายใต้ความดันสูงโลหะอะลูมิเนียมเป็นตัวให้อิเล็กตรอนอย่างแรง คือ ไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับปูนขาวทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนได้ แต่เนื่องจากโดยปกติที่ผิวของโลหะอะลูมิเนียมจะเกิดออกไซด์บางๆเคลือบอยู่จึงป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไป

Aluminum Power Method เป็นวิธีที่ใส่สารเคมีให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในเนื้อบล็อก ทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อบล็อก ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นไปดังสมการที่ (2.6)

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O + 3H_2 \qquad (2.6)$$

2.7 น้ำ

ปริมาณและคุณภาพของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อกำลังอัดของบล็อก ในที่นี้จะพิจารณาถึงเรื่องคุณภาพของน้ำซึ่งมีความสำคัญมาก เพราะสิ่งเจือปนต่าง ในน้ำอาจจะมีผลต่อคุณสมบัติของบล็อก เช่น กำลังอัดทำให้สีของบล็อกไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

2.7.1 ความสำคัญของน้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตบล็อกโดยทำหน้าที่ 3 ประการ คือ

1) ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น
2) ใช้บ่มบล็อกให้มีกำลังเพิ่มสูงขึ้น
3) ใช้ล้างมวลรวม

เราต้องการน้ำที่มีคุณภาพดีและปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกกฎทั่วไปของน้ำที่ใช้ผสมบล็อก คือ น้ำที่ดื่มได้นับเป็นน้ำที่ใช้ในงานบล็อกได้เสมอ

2.8 เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

กากปูนขาวเป็นของเหลือใช้ที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อุตสาหกรรมประเภทนี้ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆที่สลับซับซ้อน แต่กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการที่ได้กากปูนขาวมามี 5 กระบวนการดังนี้

2.8.1 การผลิตเยื่อ

วัตถุประสงค์หลักของการผลิตเยื่อเพื่อต้องการแยกเส้นใยออกมาจากองค์ประกอบอื่นๆ ของไม้การผลิตเยื่อสามารถทำได้หลายวิธีทั้งทางเคมีและทางกลในบางกรณีอาจจะต้องนำไปฟอกให้ขาวเสียก่อน ทำให้ขบวนการในการผลิตเยื่อจึงประกอบด้วยกรรมวิธีการผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อ

กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือการแยกเส้นใยให้ออกจากกันโดยอิสระ แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ คือ กระบวนการทางกล กระบวนการทางเคมี และกระบวนการกึ่งเคมี [17]

1) กระบวนการทางกล (Mechanical Pulping)

กระบวนการนี้จะเน้นการบด (Grinding) เพื่อกระจายเส้นใยในเนื้อไม้ออกจากกัน เยื่อไม้บดที่ได้จะมีลักษณะเป็นเยื่อไม้แท้ๆ อยู่มากแต่คุณสมบัติทางด้านความเหนียวของเยื่อไม่ค่อยดีนักเพราะเยื่อที่ได้ยังไม่ใช่เซลลูโลสที่บริสุทธิ์แต่ยังมีสิ่งเจือปน เช่น ลิกนิน เกลือ แร่ และยางไม้ เป็นต้น เยื่อที่ได้จากกระบวนการนี้มีปริมาณเยื่อสูงที่สุด 85% ขึ้นไป ปัจจุบันมีการนำสารเคมีมาปรับปรุงคุณภาพของเยื่อ เช่น กระบวนการเคมีแมคคานิคัล (Chemi – Mechanical , CMP) หรือกระบวนการเทอร์โมแมคคานิคัล (Thermo – Mechanical , TMP) หรือทั้งสองอย่างรวมกันเรียกว่ากระบวนการเคมีเทอร์โมแมคคานิคัล (Chemi –Thermo Mechanical , CTM) โดยเยื่อที่ผลิตได้ด้วยกระบวนการทางกลโดยส่วนใหญ่ จะใช้ในการทำกระดาษหนังสือพิมพ์และทำกระดาษพิมพ์เขียนเพราะมีความทึบแสงสูงและกระดาษกั้นสำหรับป้องกันสิ่งของแตกภายในกล่องสำหรับในประเทศไทยมีการผลิตเยื่อด้วยกระบวนการเคมีแมคคานิคัลเพื่อใช้สำหรับผลิตกระดาษไหว้เจ้าเท่านั้น โดยใช้ไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบโดยเริ่มจากการนำไม้ไผ่มาแช่ด้วยโซดาไฟเพื่อให้ไม้เปื่อยต่อจากนั้นจึงนำเข้าสู่เครื่องบดและนำเข้าสู่เครื่องเดินแผ่นกระดาษต่อไป

2) กระบวนการเคมี (Chemical Pulping) กระบวนการทางเคมีเป็นวิธีการผลิตเยื่อโดยใช้สารเคมีละลายสารในเนื้อไม้ที่เป็นตัวยึดเส้นใยที่จับตัวกันไว้ออกมา วิธีการนี้เป็นวิธีการนำวัตถุดิบมาต้มกับสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงในหม้อต้มเยื่อ (Digester) เยื่อที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรีย์อื่นๆ ปนอยู่น้อยมากและมีความเหนียวสูงแต่เยื่อที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีปริมาณน้อย (ประมาณ 45% - 65%) การผลิตเยื่อด้วยกระบวนการนี้แบ่งออกตามประเภทของสารเคมีที่ใช้ ดังนี้

3) กระบวนการโซดา (Soda Process) เป็นกระบวนการที่ใช้โซดาไฟ (NaOH) เป็นน้ำยาต้มเยื่อกระบวนการนี้นิยมใช้กับไม้เบญพรรณต่างๆ เมื่อนำเยื่อกระดาษที่ได้นำไปฟอกขาวแล้วจะเหมาะสำหรับทำกระดาษพิมพ์เขียน กระดาษจดหมาย และกระดาษที่ต้องการความนุ่มฟู

นอกจากนั้นยังเหมาะกับการผลิตกระดาษชนิดพิเศษ เช่น กระดาษสาก็ใช้กระบวนการโซดาในการต้มเยื่อเช่นกัน

- กระบวนการซัลเฟตหรือคราฟท์ (Sulphate or Kraft Process)

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้คือโซดาไฟและโซเดียมซัลไฟด์แต่เรียกชื่อว่า กระบวนการซัลเฟต เพราะใช้สารเคมีโซเดียมซัลเฟตในการนำน้ำยาเคมีกลับมาใช้ใหม่ กระบวนการนี้ใช้ได้กับพรรณไม้ทุกชนิด เยื่อซัลเฟตที่ไม่ฟอกส่วนใหญ่ใช้ทำกระดาษห่อของ กระดาษเหนียว (Kraft Paper) กระดาษผิวกล่อง (Kraft Linerarboard) ส่วนเยื่อซัลเฟตที่ฟอกขาวใช้ทำกระดาษได้หลายชนิดตั้งแต่กระดาษพิมพ์เขียนจนถึงกระดาษอนามัย

- กระบวนการซัลไฟต์ (Sulphite Process)

เป็นกระบวนการที่คล้ายกับกระบวนการโซดาเพียงแต่ใช้สารเคมีในการต้มต่างกัน สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้ คือ สารละลายไบซัลไฟต์ของแคลเซียม แมกนิเซียมหรือแอมโมเนีย กระบวนการนี้เหมาะสำหรับทำเยื่อจากพรรณไม้เนื้อแข็ง และพรรณไม้จำพวกหญ้า

4) กระบวนการกึ่งเคมี (Semi-Chemical Pulping)เป็นกระบวนการที่ใช้กระบวนการผลิตเยื่อทางเคมีและการผลิตเยื่อทางกลรวมกัน เยื่อที่ได้จากกระบวนการผลิตเยื่อวิธีนี้จะมีคุณสมบัติอยู่ระหว่างการผลิตเยื่อทางกลและการผลิตเยื่อเคมี วิธีการแยกเส้นใยโดยกระบวนการกึ่งเคมี เป็นการนำชิ้นไม้มาสับและนำไปต้มกับน้ำยาต้มเยื่อ ในหม้อต้มภายใต้เวลาอุณหภูมิ และปริมาณน้ำยาเคมีต่อเยื่อไม้ที่กำหนด เมื่อต้มได้ระยะหนึ่งแล้วก็จะส่งไปยังกระบวนการทางกล เพื่อแยกเส้นใยออกมา เยื่อที่ได้เรียกว่าเยื่อกึ่งเคมี กระบวนการนี้คล้ายกับกระบวนการ Chemi–Machanical มากแต่ต่างกันที่ใช้ปริมาณสารเคมีมากกว่า และใช้พลังงานในการบดเยื่อน้อยกว่าเยื่อที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีปริมาณลิกนินอยู่ไม่มากเท่ากับกระบวนการทางกลปัจจุบันมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษของบริษัท แอดว๊านซ์ อะโกร จำกัด(มหาชน) และบริษัท เอเอพัลพ์ มิลล์ 2 จำกัด จังหวัดปราจีนบุรี ได้ผลิตกระดาษโดยใช้กรรมวิธีการผลิตเยื่อแบบซัลเฟตซึ่งในกระบวนการต้มเยื่อจะใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$) เป็นส่วนผสมของน้ำยาต้มเยื่อ (White liquor) โดยกระบวนการผลิตจะใช้เตาเผาปูนขาว (Lime Kiln) เผาหินปูนดิบ (แคลเซียมคาร์บอเนต, $CaCO_3$) เมื่อผ่านการเผาก็จะได้ปูนขาว $Ca(OH)_2$ ออกมาเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการ Causticizing เพื่อผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.8.2 การเตรียมน้ำเยื่อ

ในขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ เพื่อพัฒนาศักยภาพของเส้นใย โดยการนำเยื่อไปบดและปรับปรุงคุณสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยการผสมหรือใส่สารเพิ่มเติมแต่งต่างๆตามอัตราส่วนที่กำหนดส่วนผสมที่ได้นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ หรือ สต๊อก เยื่อที่นำมาทำกระดาษทุกชนิดจะต้องผ่านการบดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของเยื่อ

1) ขั้นการเตรียมน้ำเยื่อ

- การกระจายเส้นใย (defibering) กระจายเยื่อให้เส้นใยหลุดออกจากกันโดยอิสระในน้ำโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ไฮดราพัลพ์เพอร์ (hydrapulper)
- การบดเยื่อ (refining) บดเยื่อเพื่อให้เส้นใยแตกออกซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพพันธะของเส้นใยให้สูงขึ้นอุปกรณ์ที่ใช้ คือ รีไฟเนอร์ (refining)
- การผสมน้ำเยื่อ (blending) เป็นการเพิ่มสารเติมแต่งลงไปผสมกับเยื่อที่ผ่านการบดแล้วซึ่งเยื่อจะถูกผสมในถังที่เรียกว่า แมชชีนเชสต์ (machine chest)
- การแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำเยื่อ (screening and cleaning) โดยใช้ pressure screen หรือ flat screener เพื่อคัดวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยออกแล้วผ่านเข้าสู่เครื่องทำความสะอาดเรียกว่า เซนตริฟิวต์กัลป์คลีนเนอร์ (centrifugal cleaner) คัดแยกวัสดุออกไปโดยใช้หลักการความถ่วงจำเพาะ
- การควบคุมความข้นของน้ำเยื่อ (consistency regulator) เพื่อควบคุมให้น้ำเยื่อมีความเข้มข้นคงที่

2.8.3 การทำแผ่นกระดาษ

หลังจากการผสมน้ำเยื่อเรียบร้อยแล้ว น้ำเยื่อจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องผลิตกระดาษเพื่อทำเป็นแผ่นกระดาษที่ยาวต่อเนื่องกันซึ่งเรียกว่า เว็บเปเปอร์ (web paper) เครื่องจักรที่ใช้ผลิตกระดาษมีหลายแบบส่วนใหญ่เป็นแบบโฟร์ดริเนียร์ (fourdriner) และแบบไซลินเดอร์ (cylinder)

1) ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

- การแยกน้ำเยื่อ (draining) โดยใช้ตะแกรงเป็นตัวกรองน้ำเยื่อน้ำจะลอดผ่านตะแกรงทำให้เยื่อก่อตัวเป็นแผ่นเปียก (wet sheet forming)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

- การกดน้ำออก (pressing) ทำให้เกิดการยึดแน่นระหว่างเส้นใยภายในกระดาษ (consolidation of wet) มากขึ้น

- การอบกระดาษ (drying) แผ่นกระดาษจะถูกอบให้แห้งและไล่น้ำออกจนกระดาษแห้งเหลือความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 4-6

2) ส่วนประกอบหลักของเครื่องผลิตกระดาษ ได้แก่

- ถังจ่ายเยื่อ (head box)ทำหน้าที่จ่ายน้ำเข้าสู่ตะแกรงลวดขณะเดินแผ่น
- ส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่น (wire section หรือ forming section)ทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ ทำหน้าที่กรองและแยกน้ำออก (dewatering) จากแผ่นเปียกและทำหน้าที่ขับเคลื่อนแผ่นเปียกไปยังส่วนต่อไปของเครื่องจักรโดยกระดาษที่ออกจากส่วนนี้จะมีน้ำอยู่ร้อยละ 80
- ส่วนกดกระดาษ (press section) ทำหน้าที่กดหรือบีบน้ำออกจากแผ่นเปียกทำให้เกิดการยึดติดแน่นภายในเนื้อกระดาษ กระดาษที่ออกจากส่วนนี้จะมีน้ำอยู่ประมาณ ร้อยละ 55-60 การที่จะเอาน้ำออกมาให้ได้มากกว่านี้ด้วยการใช้แรงกดไม่สามารถทำได้เพราะจะทำให้กระดาษขาด
- ส่วนอบกระดาษ (drying section) ในส่วนนี้จะมีการอบให้ความร้อนกับกระดาษทำให้กระดาษแห้งโดยกระดาษที่ออกมาจากส่วนนี้จะเหลือความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ4-6
- ส่วนรีดกระดาษ (calendar) ทำหน้าที่ปรับแผ่นกระดาษให้เรียบและมีเนื้อแน่นขึ้น แต่ไม่จำเป็นต้องใช้สำหรับกระดาษบางชนิด เช่น กระดาษชำระ
- ส่วนพับกระดาษเข้าม้วนทำหน้าที่นำกระดาษเข้าม้วน

2.8.4 การปรับปรุงคุณสมบัติของกระดาษขณะเดินแผ่น

1) การปรับปรุงผิวกระดาษ (surface modification)

กระดาษเมื่อผ่านการอบแห้งแล้วจะเข้าสู่ส่วนรีดกระดาษเพื่อปรับปรุงกระดาษให้เรียบขึ้นและเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อกระดาษส่งผลให้กระดาษบางลงนอกจากปรับปรุงผิวกระดาษที่ส่วนนี้ยังสามารถทำการปรับปรุงผิวกระดาษในขณะเดินแผ่นด้วยวิธีการ ฉาบผิว (surface sizing) ซึ่งจะทำก่อนที่จะเข้าอบโดยใช้น้ำแป้งฉาบบนผิวกระดาษทำให้ผิวกระดาษแข็งแรงสามารถต้านทานการขูดขีดและการดึงได้ดีซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของกระดาษที่ใช้พิมพ์

กระดาษที่ผ่านการปรับปรุงลักษณะนี้แก่กระดาษออฟเซ็ต นอกจากนี้กระดาษทิชชูยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติได้โดยการปรับปรุงเชิงกลซึ่งทำให้เกิดรอยย่น (creping) หรือพิมพ์ลายนูน (embossing) บนผิวกระดาษเพื่อให้กระดาษนุ่มมือขึ้น

2) การเปลี่ยนรูปร่างของม้วนกระดาษ (physical modification)

เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของม้วนกระดาษขณะเดินแผ่นเพื่อให้เหมาะสมกับม้วนกระดาษที่ลูกค้าต้องการ

2.8.5 การแปรรูปกระดาษ

เป็นขั้นตอนการนำกระดาษม้วนไปแปรรูปเป็นแผ่นด้วยการนำไปตัดตามขนาดตามที่ลูกค้าต้องการโดยใช้เครื่องตัดแบ่งม้วนโฟลิโอ (folio sheeter) การแปรรูปเป็นแผ่นกระดาษจะเริ่มต้นด้วยการนำม้วนกระดาษมาเข้าสู่เครื่องตัด ซึ่งจะตัดกระดาษเป็นม้วนย่อย 4 ม้วน จากนั้นม้วนกระดาษย่อยจะถูกส่งเข้าสู่ชุดมีดตัด (rotary fly knife) เพื่อตัดกระดาษแต่ละม้วนให้เป็นแผ่นจนได้จำนวนที่ต้องการแล้วจึงนำไปใส่ห่อแต่ละห่อจะมีจำนวนแผ่นระบุไว้อย่างแน่นอน จำนวนที่บรรจุขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าและน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ กระดาษแต่ละชนิดจะรอบรรจุรวมและรอส่งให้ลูกค้าต่อไป

2.8.6 องค์ประกอบของกากปูนขาว

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากปูนขาวจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษทั้งที่อยู่ในรูปของแข็งและรูปที่ละลายน้ำได้ [3]

● องค์ประกอบทางเคมีของกากปูนขาวในรูปของแข็ง ทดสอบโดยใช้กากปูนขาวตากแห้งทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกากปูนขาวในรูปของแข็งและส่วนที่ละลายน้ำ [21]

ธาตุ	ปริมาณของธาตุในกากปูนขาว	
	ส่วนของแข็ง (ppm)	ส่วนที่ละลายน้ำได้ (ppm)
K	3100	22
Na	12150	7675
Ca	337500	1825
Mg	9100	225
Al	775	50
Fe	850	3
Mn	35	5
Zn	4025	ไม่พบข้อมูล
Cu	8	3
P	881	30

● องค์ประกอบทางเคมีของกากปูนขาวส่วนที่ละลายน้ำได้ ทดสอบโดยการเจือ จางกากปูนขาวในน้ำกลั่นแล้วนำเอาของเหลวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนขาวและกากปูนขาว [21]

ธาตุ	ปริมาณของธาตุชนิดต่างๆ	
	ปูนขาว (ppm)	กากปูนขาว (ppm)
K	3100	22
Mg	12150	7675
Ca	337500	1825
Fe	9100	225
Al	775	50
Na	850	3

- การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนขาว (Lime) และกากปูนขาว (Lime Mud) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รายละเอียดดังตารางที่ 2-3 (ภาคผนวก ก)

2.9 บล็อกแก้ว

เป็นวัสดุทดแทนผนังบล็อกแก้วเป็นวัสดุโปร่งแสง ซึ่งแสงสามารถให้แสงสว่างผ่านบล็อกแก้วได้ โดยปริมาณแสงที่ผ่าน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเนื้อแก้ว ลวดลาย สีสัน และประเภทของบล็อกแก้วมีคุณสมบัติทนทานเทียบเท่าผนังอิฐฉาบปูน ดูแลรักษาง่าย สามารถป้องกันเสียง ป้องกันไฟ และป้องกันความร้อน คุ้มค่าด้วย คุณค่าการใช้งานมากกว่าผนัง

2.10 คุณสมบัติบล็อกแก้ว

2.9.1 การรับกำลังอัด (Compressive Strength) [2]

บล็อกแก้วเป็นวัสดุก่อตามมาตรฐาน มอก.1395-2540 โดยสามารถรับกำลังอัดได้ไม่น้อยกว่า 7 Mpa. (71.4 ksc.) ทำให้ก่อผนังบล็อกแก้วได้สูงอย่างน้อย 4 เมตร โดยไม่ต้องมีคานเบรก

2.9.2 น้ำหนักเบา (Light Weight)

น้ำหนักเฉลี่ยของผนังบล็อกแก้ว อยู่ระหว่าง 60-80 kg./sq.m. ซึ่งเบากว่าวัสดุก่อชนิดอื่นที่มี ความทนทานใกล้เคียงกัน เช่น ผนังก่ออิฐมีผลให้ประหยัดโครงสร้างของอาคาร

2.9.3 เป็นฉนวนป้องกันเสียง (Noise Insulator)

จากกระบวนการผลิต ที่ประกบบล็อกแก้วสองชีกด้วยความร้อนภายในจึงเกิด เป็นภาวะกึ่งสุญญากาศ สามารถลดความดังของเสียงจากภายนอกได้ถึง 45 เดซิเบล

2.9.4 ป้องกันไฟ (Fire Protection)

บล็อกแก้วสามารถป้องกันไฟไหม้ระดับ G60 – G120 มิให้ไฟผ่านสู่ผนังอีกด้านไม่น้อย กว่า 60 – 120 นาที ตามมาตรฐาน Din. 4102 และเป็นฉนวนป้องกันความร้อน เนื่องจากบล็อกแก้วถูกประกบกันจากบล็อกแก้ว 2 ชีกด้วยความร้อนสูงทำให้ช่องว่าง ภายในเป็นภาวะกึ่งสุญญากาศ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนในการป้องกันความร้อน

2.9.5 คุณสมบัติการควบคุมแสง

การส่องผ่านของแสงแบ่งได้ตามประเภทคือ แบบ Transparent ให้แสงผ่าน 75% แบบ non-transparent 50-70% แบบ Color 40%

2.9.6 ป้องกันการควบแน่นของละอองน้ำ

คุณสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ป้องกันไม่ให้ความชื้นจากภายนอกกลั่นตัวเป็นละอองน้ำเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ระหว่างผนังภายในกับภายนอก ทำให้ผนังไม่เกิดฝ้า และไม่เกิดคราบสกปรกที่เกิดจากฝุ่นละออง รวมตัวกับละอองน้ำ

รูปที่ 2.1 บล็อกแก้ว