วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การศึกษาปัญหาของกาวอิพอกซีต่อกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ
THE STUDY OF PROBLEMS OF EPOXY ADHESIVE ON HEAD GIMBALS ASSEMBLY PROCESS

ทศพล บุญเลิศอุทัย[1*] และ อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์[2]

[1]นักศึกษา [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

หัวอ่านเขียน-สำเร็จ (head gimbals assembly, HGA) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นผลิตโดยการประกอบหัวอ่าน-เขียนบนตัวค้ำจุนโดยใช้กาวอิพอกซี ในกระบวนการผลิตพบปัญหาที่เกิดจากกาวอิพอกซีที่สำคัญสามประการคือ ความไม่เสถียรของความหนืดของกาวขณะที่อยู่ระหว่างปฏิบัติการ ฟองอากาศในกาว และระดับการบ่มไม่เพียงพอจะยึดติดหัวอ่านบนตัวค้ำจุน โดยความไม่เสถียรของความหนืดของกาวนั้นแก้ปัญหาโดยการนำกาวไปอบก่อนใช้งานที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แต่อาจไม่เหมาะสมเพราะความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการบ่ม อีกทั้งสมบัติต่างๆของกาวเปลี่ยนแปลงไป ฟองอากาศในกาวสามารถกำจัดได้โดยผู้ผลิต ด้วยวิธีการกำจัดฟองก๊าซและเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบสุญญากาศ การปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิวสำหรับการกำจัดไอออนบวกบนผิวตัวค้ำจุนและสารทำความสะอาดสำหรับทำความสะอาดหัวอ่าน-เขียนก่อนการประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ สารเหล่านี้สามารถเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาการบ่มโดยมีหลักฐานจากผลการวิเคราะห์เชิงความร้อนด้วยดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริเมตรี (DSC) โดยโพรไฟล์ DSC ของกาวอิพอกซีที่เจือปนด้วยสารลดแรงตึงผิวกับสารทำความสะอาด นั้นไม่แสดงพีคการคายความร้อนที่บ่งบอกปฏิกิริยาการบ่ม ดังนั้นควรเปลี่ยนไปใช้สารลดแรงตึงผิวและสารทำความสะอาดชนิดอื่น

Abstract

Head gimbals assembly (HGA), an important part in hard disk drive, is made by assembling slider on suspension by using an epoxy adhesive. In production process, there are three main problems originated from epoxy adhesive which are the instability of adhesive's viscosity while it is in an operation, air bubble in adhesive, and low degree of curing which is not enough to adhere slider on suspension. The instability of adhesive's viscosity was solved by preheating the adhesive at 60°C for two hours before use but it may be unsuitable because the viscosity increased due to curing reaction and adhesive's properties are changed. Air bubble in the adhesive was removed by the supplier using a degassing method and vacuum centrifuge. Contamination from a surfactant for decationization on surface of suspension and a cleansing agent for cleaning slider before assembling HGA process, they could act as inhibitors of curing reaction which is evidenced by the Differential Scanning Calorimetry (DSC) profile. DSC profile of epoxy adhesive contaminated with surfactant and cleansing agent did not show exothermic peak which indicated curing reaction. Therefore, surfactant and cleansing agent should be replaced with other substances.

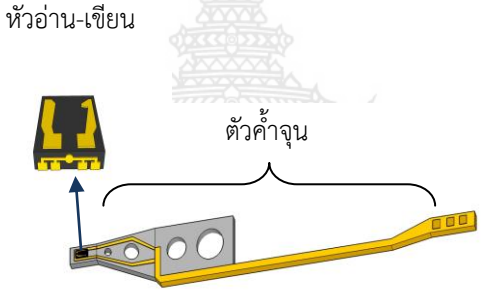
คำสำคัญ : อิพอกซี หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ วิทยากระแส สมบัติเชิงความร้อน

Keywords : epoxy, HGA, rheology, thermal properties

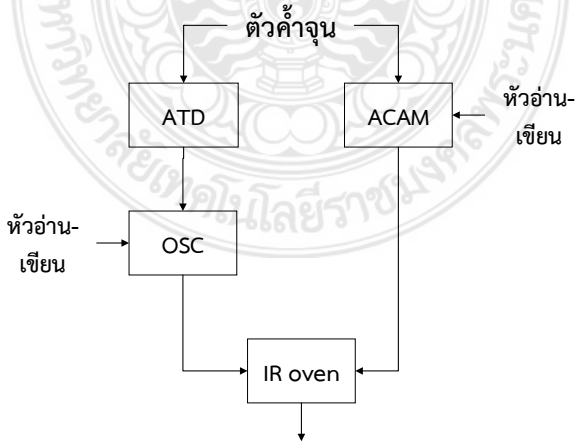
[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ tossapol.bu@gmail.com โทร. 08 6348 4672*

1. บทนำ

หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (head gimbals assembly, HGA) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีหัวอ่าน-เขียนยึดติดบนตัวค้ำจุนด้วยวัสดุยึดติดชนิดพอลิเมอร์ โดยขั้นตอนยึดติดแบ่งเป็น 2 เส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งทางแรกนั้นใช้เครื่องหยอดกาว (auto adhesive dispensing (ATD) machine) ทำหน้าที่หยอดกาวบนตัวค้ำจุนบริเวณที่ยึดติดกับหัวอ่าน-เขียน และทำการส่งต่อไปที่เครื่องวางหัวอ่าน-เขียนบนตำแหน่งที่หยอดกาวบนตัวค้ำจุน (optical system corporation (OSC)-automation slider bond) และฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อบ่มให้ตัวกาวแข็งตัว โดยที่ระดับการบ่มยังไม่สมบูรณ์ เพียงเพื่อต้องการให้หัวอ่าน-เขียนไม่เลื่อนบนตัวค้ำจุน ส่วนเส้นทางที่สองคือเครื่อง ACAM (auto core adhesion machine) เป็นเครื่องที่สามารถหยอดกาวบนตัวค้ำจุนบริเวณที่ยึดติดกับหัวอ่าน-เขียน และวางหัวอ่าน-เขียนบนตำแหน่งที่หยอดกาวบนตัวค้ำจุนพร้อมทั้งฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อบ่มภายในเครื่องเดียว หลังจากผ่าน 2 เส้นทางที่กล่าวมาชิ้นงานเข้าสู่ตู้อบรังสีอินฟราเรด (IR Oven) ซึ่งทำหน้าที่ฉายรังสีอินฟราเรดบ่มให้กาวแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ จากนั้นชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการต่อไป คือการเชื่อมต่อวงจร การตรวจสอบคุณภาพ การทำความสะอาด และการเก็บผลิตภัณฑ์

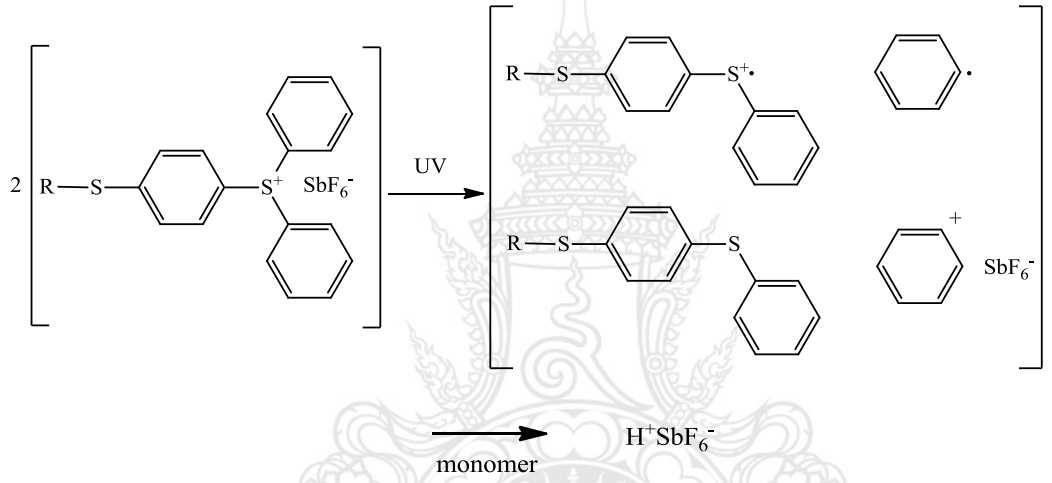


รูปที่ 1 หัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

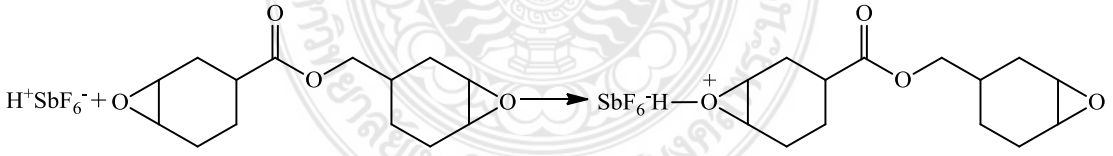


รูปที่ 2 เส้นทางการประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

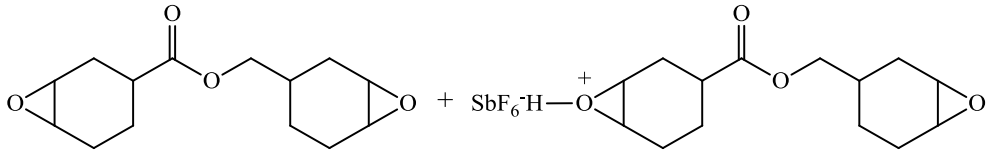
วัสดุยึดติดสำหรับประกอบหัวอ่าน-เขียนบนตัวค้ำจุนคือกาวอิพอกซี ซึ่งมีตัวเริ่มปฏิกิริยาที่ถูกกระตุ้นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่เป็นเกลือไตรแอริลซัลโฟเนียม (triarysulfonium salt) และมีสารบ่มชนิดเอมีน การเกิดปฏิกิริยาการบ่มนั้นเริ่มแรกเกิดที่กระบวนการ OSC และ ACAM โดยตัวอย่างปฏิกิริยาการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตดังสมการที่ 1 ซึ่งตัวเริ่มปฏิกิริยาจะรับพลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลตและได้อนุพันธ์อิสระของหมู่แอริล (aryl radicals) อนุพันธ์ประจุบวกของหมู่แอริล (aryl cationic radicals) ประจุบวกของหมู่แอริล (aryl cations) และกรดของเบรินสเตด (BrØnsted acid) คือ $H^+SbF_6^-$ เป็นผลิตภัณฑ์ (Denizligil และคณะ, 1995; Crivello, 2002; Chiang และ Hsieh, 2008) จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่อไปดังสมการ (2)-(3) ต่อจากนั้นเกิดปฏิกิริยาการบ่มด้วยความร้อนที่ตู้อบรังสีอินฟราเรด โดยเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ออกไซรีนของอิพอกซีกับหมู่เอมีนของสารบ่ม (polyaddition reactions) โดยแสดงดังสมการที่ (4)

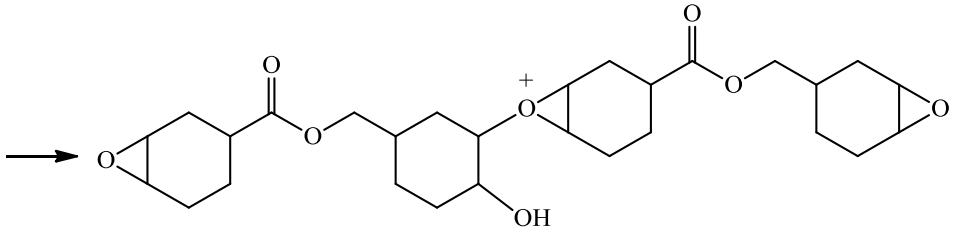


(1)

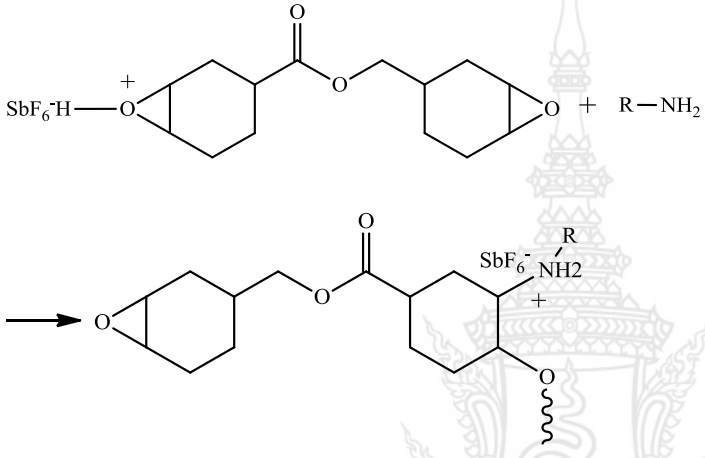


(2)





(3)



(4)

ในอดีตที่ผ่านมาบริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล (บางปะอิน) จำกัดได้ใช้กาวอะครีเลตในการประกอบหัวอ่าน-เขียนบนตัวค้ำจุน แต่พบว่ากาวอะครีเลตทำให้เกิดปัญหาความโก่งงอของหัวอ่าน-เขียนชนิดใหม่ที่มีความบางลง ทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านมาตรฐานและใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธ์ของการขยายตัวทางความร้อนและความหดตัวที่สูงและสูงกว่าค่าของกาวอิพอกซี ดังนั้นจึงเปลี่ยนเป็นใช้กาวอิพอกซีแทน แม้ว่าปัญหาเรื่องความโก่งงอของหัวอ่าน-เขียนจะสามารถแก้ไขได้ แต่มีปัญหาอื่นที่เกิดจากกาวอิพอกซีแทน โดยพบปัญหาหลัก 3 ประการคือ ฟองอากาศในเนื้อกาว ความไม่เสถียรของความหนืดของกาว และระดับการบ่มของกาวไม่เหมาะสม

ปัญหากาวมีฟองอากาศทำให้บางช่วงเวลากาวไม่ถูกฉีดออกมาเพราะอากาศจะออกมาแทนกาว ส่งผลให้กระบวนการผลิตล่าช้าต้องเสียเวลาในการไล่ฟองอากาศออกจากระบบ

ปัญหาความไม่เสถียรของความหนืดของกาวขณะใช้งาน บางครั้งเหลวเกินไปหรือบางครั้งหนืดเกินไป ซึ่งปัญหานี้พบว่ามีผลกระทบต่อหน่วยการผลิตต่อไป เช่นถ้าความหนืดของกาวลดลงโดยที่ความดันการฉีดเท่าเดิมทำให้ปริมาณกาวออกมามากกว่าปกติ มีผลให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งของหัวอ่าน-เขียนบนตัวค้ำจุนได้ ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านการประเมินคุณภาพตามที่กำหนดไว้ หรือถ้าความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณกาวออกมาน้อยกว่าปกติ มีผลให้การยึดเกาะของหัวอ่าน-เขียนบนตัวค้ำจุนนั้นไม่ดี ที่ผ่านมาเจ้าหน้าที่การผลิตแก้ปัญหาหน้างานโดยเพิ่มแรงดันอัดกาว ซึ่งทำให้สูญเสียปริมาณกาวไปบางส่วน

ปัญหาเรื่องระดับการบ่มของกาวไม่เหมาะสม ทำให้ชิ้นงานที่ได้นั้นไม่ผ่านขั้นตอนตรวจสอบมาตรฐานและใช้การไม่ได้ คือหัวอ่าน-เขียนนั้นไม่สามารถติดบนตัวค้ำจุนได้

ปัญหาของกาวอิพอกซีที่กล่าวมานั้นมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตค่อนข้างมาก ทำให้เสียวัสดุ และเวลาในการแก้ไข สาเหตุของปัญหานั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแท้จริงว่าเพราะเหตุใด งานวิจัยนี้ทำเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว โดยได้เข้าไปศึกษาหน้างานและสอบถามเจ้าหน้าที่และวิศวกรที่ดูแลการผลิตในโรงงาน เพื่อจำแนกปัญหา โดยพบว่าที่มาปัญหาของกาวสามารถตั้งสมมติฐานได้หลายประการ ดังนี้

ความหนืดของกาวลดลงนั้นเกิดจากพฤติกรรมการไหลของกาวเมื่อถูกแรงกระทำ นอกจากนี้ความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเกิดจากการเกิดการบ่มของกาวบางส่วนเนื่องจากกาวสามารถเกิดการบ่มได้เองที่อุณหภูมิห้อง

ความไม่เหมาะสมของการบ่มกาวเนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารที่เป็นตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการบ่ม

สำหรับปัญหาฟองอากาศในกาว อาจเกิดจากระหว่างการผลิตกาว กล่าวคือเกิดจากผู้ผลิตกาว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาและจำแนกสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยพิจารณาจากพฤติกรรมการไหลและการบ่มของกาว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความเชื่อมโยง เสนอแนวทางในการปรับกระบวนการผลิตเพื่อให้ใช้กาวอิพอกซีได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ที่สำคัญสามารถใช้ผลของการศึกษาเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนได้ในภายภาคหน้า

2. วิธีการทดลอง

2.1 กาวอิพอกซี 3, 4 -epoxycyclohexylmethyl 3’, 4’-epoxycyclohexanecarboxylate (ECC) ที่มีเกลือชนิดไตรแอริลซัลโฟเนียมเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาโดยรับพลังงานจากรังสีอัลตราไวโอเลต และมีสารบ่มชนิดเอมีน

2.2 วิธีการศึกษา จากการค้นคว้าฐานข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาแทบไม่พบการศึกษาสมบัติและพฤติกรรมของกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ อาจเป็นเพราะสมบัติและองค์ประกอบของกาวนั้นเป็นความลับของผู้ผลิตกาว ทำให้ต้องใช้ข้อมูลความรู้พื้นฐานด้านพอลิเมอร์ อิพอกซี และข้อมูลปัญหาจากหน้างานมาประยุกต์ใช้เป็นหลัก เพื่อนำมาอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 เก็บข้อมูลที่หน้างานการผลิตจริง สอบถามปัญหาและข้อมูลจากเจ้าหน้าที่และวิศวกรที่ดูแลกระบวนการผลิตโดยตรง

2.2.2 สรุปและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตั้งสมมติฐานของปัจจัยที่ทำให้ปัญหาเกิดขึ้น

2.2.3 ทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องมือต่างๆ ประกอบกับเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับทฤษฎีดังนี้

- การตรวจสอบฟองอากาศในกาวด้วยกล้องจุลทรรศน์ของ Olympus รุ่น SZ61 ที่มีกำลังขยาย 6.7 - 45 เท่า

- การวิเคราะห์ทางวิทยากระแสด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์แบบแผ่นคู่ขนานของ Anton Parr รุ่น Physica MCR 301 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.944 มม. ระยะห่างแผ่นคู่ขนานเท่ากับ 0.01 มม. โดยศึกษาความหนืดของกาวที่เวลาผ่านไป ที่แอมพลิจูดเท่ากับ 0.06% ความเร็วเชิงมุม 10 รอบ/วินาที ที่อุณหภูมิ 60°C และศึกษาพฤติกรรมการไหลของกาวโดยการให้อัตราเฉือนที่ค่าต่างๆ

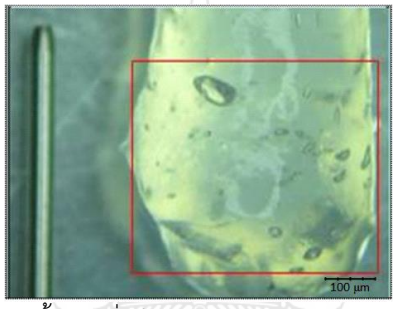
- การวิเคราะห์การบ่มด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริเมตรี (DSC) ของ Mettler Teledo รุ่น DSC822^{e} โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 6 – 7 มิลลิกรัมในแพนอะลูมิเนียม จากนั้นอัดปิดฝาและดำเนินการตามวิธีการดังนี้ คือ เพิ่มอุณหภูมิจาก 25 - 125°C ที่อัตรา 20°C ต่อนาที จากนั้นให้อุณหภูมิคงที่ที่ 125°C เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งอ้างอิงตามกระบวนการผลิตจริง

2.2.4 ทำการวิเคราะห์และสรุปผลว่าสมบัติและพฤติกรรมต่างๆของกาวนั้นสามารถเชื่อมโยงกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างไร เสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนและพัฒนากระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับสมบัติของกาว

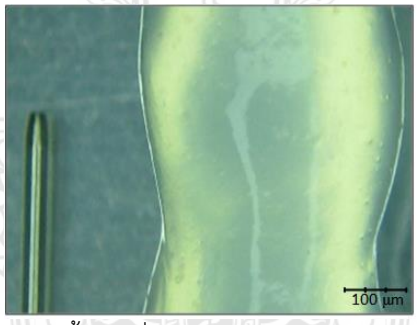
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ปัญหาฟองอากาศในเนื้อกาวอิพอกซี

ฟองอากาศในเนื้อกาวที่ยังไม่ถูกใช้งานตรวจสอบได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่แสดงในรูปที่ 3 ด้วยกำลังขยาย 15 เท่า ดังนั้นฟองอากาศที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้เกิดในระหว่างกระบวนการ แต่เกิดจากทางผู้ผลิตเอง โดยฟองอากาศในกาวสามารถกำจัดได้โดยผู้ผลิตด้วยวิธีการกำจัดฟองก๊าซและเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบสุญญากาศ โดยผลการกำจัดฟองอากาศนั้นแสดงดังรูปที่ 4 พบว่าไม่มีฟองอากาศภายในเนื้อกาว แต่พบปัญหาเรื่องความหนืดไม่มีเสถียรภาพมากขึ้นกว่าเดิม โดยเฉพาะกาวเหลวขณะใช้งานหลายครั้ง



รูปที่ 3 พบฟองอากาศในเนื้อกาวที่ยังไม่ผ่านการกำจัดฟองอากาศที่กำลังขยาย 15 เท่า



รูปที่ 4 ไม่พบฟองอากาศในเนื้อกาวที่ผ่านการกำจัดฟองอากาศแล้วที่กำลังขยาย 15 เท่า

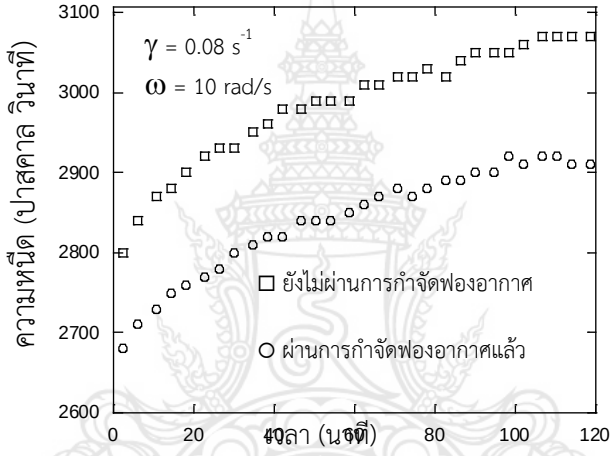
3.2 ปัญหาความหนืดของกาวไม่มีเสถียรภาพ

ปัญหาความหนืดของกาวอิพอกซีไม่มีเสถียรภาพนั้นสามารถลดปัญหาได้โดยแผนกหนึ่งของบริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล (บางปะอิน) จำกัด โดยการอบกาวอิพอกซีก่อนใช้งานที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งสามารถลดปัญหาความหนืดของกาวอิพอกซีไม่คงตัวในขณะใช้งานได้ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอธิบายได้จากผลการทดลองความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ โดยมีอุณหภูมิทดลองที่ 60°C ดำเนินการ 2 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งผลการทดลองพบว่ากาวอิพอกซีทั้งในกรณีที่ยังไม่มีการกำจัดฟองอากาศและกรณีที่กำจัดฟองอากาศแล้วนั้นมีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการบ่มของกาว มีการสร้างโครงร่างตาข่าย ทำให้โมเลกุลของกาวนั้นเคลื่อนตัวได้ยากขึ้น เป็นผลให้ความหนืดของกาวเพิ่มขึ้น และสังเกตได้ว่ากาวที่กำจัดฟองอากาศนั้นมีความหนืดที่ต่ำกว่ากาวที่มีฟองอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความหนืดที่กาวเหลวบ่อยครั้งขณะใช้งาน

การที่กาวเกิดการบ่มก่อนใช้งานนั้นทำให้สมบัติต่างๆของกาวเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน และจากรูปที่ 5 จะเห็นว่าความหนืดของกาวอิพอกซีที่ผ่านการกำจัดฟองอากาศนั้นมีค่าน้อยกว่ากาวอิพอกซีที่ยังไม่กำจัดฟองอากาศ เนื่องจากไม่มีฟองอากาศที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานการไหล ซึ่งอธิบายได้ตามสมการ concentrated bubbles-as-particles suspension model ของ Gauglitz และคณะ (1994) ดังสมการที่ (5)

$$\frac{\eta}{\eta_f} = \left(1-\frac{\phi_p}{\phi_m}\right)^{\frac{-5\phi_m}{2}} \left(1-\frac{\phi_g}{\left(1-\phi_p\right)}\right)^{-\frac{5}{2}} \quad (5)$$

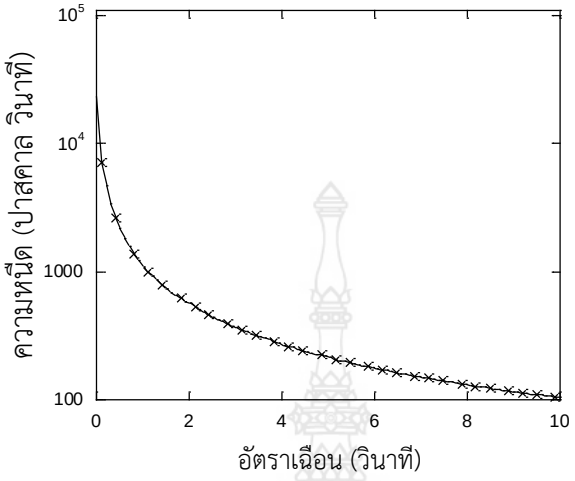
โดยที่ η คือความหนืดของของไหลผสม (bubbly slurry viscosity) η_f คือความหนืดของของไหลที่แขวนลอย (viscosity of the suspending fluid) ϕ_p คือสัดส่วนโดยปริมาตรของอนุภาค (particle volume fraction) ϕ_m คือสัดส่วนการบรรจุที่มากที่สุด (maximum packing fraction) และ ϕ_g คือสัดส่วนโดยปริมาตรของฟองก๊าซ (volume fraction of gas bubbles)



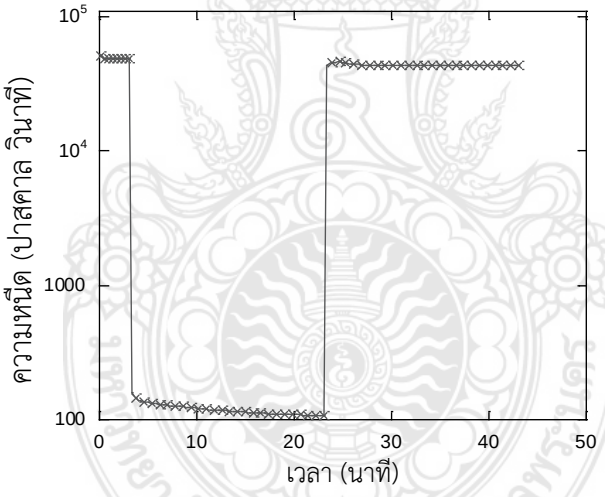
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของกาวอิพอกซีต่อเวลา ที่อุณหภูมิ 60°C

จากสมการที่ (5) โดยในกรณีนี้ไม่มีอนุภาคของแข็งปะปน จึงสามารถละ ϕ_p ได้ และกำหนดให้ η_f และ ϕ_m เป็นค่าคงที่ ดังนั้นยิ่งมีสัดส่วนของฟองอากาศมากยิ่งขึ้น ความหนืดของกาวยิ่งมีค่ามากขึ้น

การที่ความหนืดของกาวลดลงขณะใช้งานนั้นเนื่องจากเป็นพฤติกรรมการไหลของกาวเอง โดยจากรูปที่ 6 แสดงความหนืดของกาวนั้นลดลงความอัตราเฉือนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสมบัติของของไหลที่มีพฤติกรรมแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) หรือ shear-thinning ดังนั้นสาเหตุที่ความหนืดลดลงเนื่องจากพฤติกรรมการไหลแบบแบบซูโดพลาสติกเมื่อได้รับแรงเฉือนจากการแรงอัดอากาศเพื่อฉีดกาวออก



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของกาวอิพอกซีต่ออัตราเฉือน

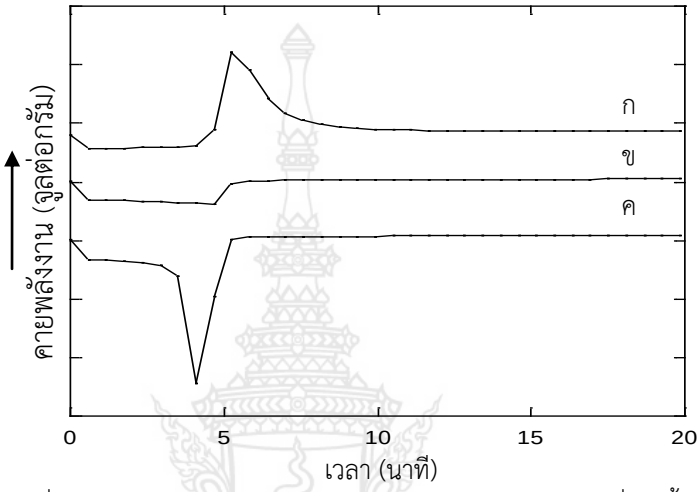


รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของกาวอิพอกซีต่อเวลา โดยให้อัตราเฉือนคงที่ที่ 0.01 ต่อวินาที เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นให้อัตราเฉือนคงที่ที่ 1 ต่อวินาที เป็นเวลา 20 นาที และให้อัตราเฉือนคงที่ที่ 0.01 ต่อวินาที เป็นเวลา 20 นาที

จากรูปที่ 7 เป็นการทดลองตรวจสอบความหนืดของกาวเมื่อให้อัตราเฉือนค่าต่ำกับค่าสูงสลับกัน คือ 0.01 และ 10 ต่อวินาที พบว่าความหนืดของกาวที่ให้อัตราเฉือน 10 ต่อวินาที มีความหนืดลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อให้อัตราเฉือน 0.01 ต่อวินาที ความหนืดของกาวสามารถคืนสภาพได้ 90% ดังนั้นควรมีช่วงเวลาในการให้กาวคืนสภาพความหนืดในระหว่างใช้งาน

3.3 ปัญหาระดับการบ่มไม่เหมาะสม

ก่อนการประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จนั้นมีการกำจัดไอออนบวกบนตัวค้ำจุนโดยใช้สารลดแรงตึงผิว และมีการทำความสะอาดหัวอ่าน-เขียนด้วยสารทำความสะอาด โดยสารเหล่านี้อาจปนเปื้อนหรือตกค้างบนผิวชิ้นงานและอาจมีผลทำให้ระดับการบ่มของกาวอิพอกซีไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงพิสูจน์ด้วยการนำสารเหล่านี้มาผสมกับกาวอิพอกซีและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC ได้ผลดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของ ก. กาวอิพอกซี ข. กาวอิพอกซีที่ปนเปื้อนสารทำความสะอาดและ ค. กาวอิพอกซีที่ปนเปื้อนสารลดแรงตึงผิว

โดยรูปที่ 8 เป็นผลวิเคราะห์การเปลี่ยนทางความร้อนต่อเวลาด้วยเทคนิค DSC ของกาวอิพอกซีที่ไม่ผสมสารใดๆ เปรียบเทียบกับกาวที่ผสมกับสารลดแรงตึงผิวและสารทำความสะอาดตามลำดับ พบว่าเกิดพีคของการคายพลังงานซึ่งบ่งบอกว่ามีปฏิกิริยาการบ่มเกิดขึ้นของกาวอิพอกซีที่ไม่ผสมสารใดๆ ส่วนกรณีที่กาวมีสารลดแรงตึงผิวปนเปื้อนและมีสารทำความสะอาดปนเปื้อนนั้นไม่พบพีคการคายพลังงานหรือปฏิกิริยาการบ่ม แสดงว่าสารเหล่านี้อาจเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาการบ่ม

4. สรุป

ปัญหาฟองอากาศในเนื้อกาวนั้นสามารถแก้ไขได้โดยทางผู้ผลิตกาว ด้วยวิธีการกำจัดฟองก๊าซและเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบสุญญากาศ และแม้ว่าสามารถลดปัญหาเรื่องความไม่เสถียรของความหนืดของกาวอิพอกซีได้โดยอบกาวก่อนใช้งานที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แต่อาจไม่เหมาะสมที่นำมาใช้งาน เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการบ่มซึ่งทำให้สมบัติต่างๆของกาวเปลี่ยนไป อีกทั้งการที่ความหนืดของกาวลดลงเนื่องมาจากมีพฤติกรรมแบบชูโดพลาสติก ดังนั้นควรมีช่วงเวลาให้กาวฟื้นฟูสภาพก่อนใช้งานครั้งต่อไป และสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับการบ่มของกาวอิพอกซีไม่สมบูรณ์เนื่องมาจากการปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิวบนตัวค้ำจุนและสารทำความสะอาดบนหัวอ่าน-เขียน ที่อาจเป็นตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการบ่มของกาวอิพอกซีได้ ดังนั้นควรเปลี่ยนไปใช้สารลดแรงตึงผิวและสารทำความสะอาดชนิดอื่นแทน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนวิจัยและความช่วยเหลือจากสำนักประสานงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล (บางปะอิน) จำกัดที่ทำให้งานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

Chiang, T.H., Hsieh, T.-E. 2008. **A study of UV-curable epoxide resins containing thermal accelerator–Tertiary amines**. Reactive & Functional Polymers, 68, 601-612.

Crivello, J.V. 2002. **Advanced curing technologies using photo and electron beam induced cationic polymerization**. Radiation Physical and Chemistry, 63, 21-27.

Denizligil S., Yagci Y., Ardle C.M. 1995. **Photochemically and thermally induced radical promoted cationic polymerization using an allylic sulfonium salt**. Polymer, 63, 3093-3098.

Gauglitz, P.A., Rassat, S.D., Powell, M.R., Shah, R.R., Mahoney, L.A., **Gas Bubble Retention and Its Effects on Waste Properties: Retention Mechanisms, Viscosity, and Tensile and Shear Strengths**. Available from http://www.osti.gov Accessed: 2013-03-15.

Petrie, E.M. 2006. **Epoxy Adhesive Formulations**. New York USA: McGraw-Hill Companies