สารป้องกันการสึกหรอใหม่

Leo Li, Chunfu Chen, Henry Chu, Choc Wang, Henkel ACM-APAC PD Team

3 กันยายน 2563

บทคัดย่อ

สารป้องกันการสึกหรอเป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์คอมโพสิตที่รวมฟิลเลอร์เซรามิกที่ทนต่อการสึกหรอที่เหนือกว่า พร้อมการยึดเกาะสูงที่ส่งผลต่อเทคโนโลยีอีพ็อกซี่สองส่วน สารป้องกันการสึกหรอ LOCTITE® PC ๗๓๓๒™ ได้รับการพัฒนาและเปิดตัวเมื่อเร็วๆ นี้เพื่อใช้กับบริเวณที่มีการสึกหรอสูงในอุปกรณ์แปรรูปในการผลิตกระแสไฟฟ้า การทำเหมือง และการใช้งานในโรงงานเหล็ก เช่น ปั๊มและท่อลดซิลเฟต ปั๊มสารละลาย และปั๊มแกรนูเลชันของตะกรัน เพื่อป้องกันการสึกกร่อนแบบเปียกอย่างรุนแรง LOCTITE® PC ๗๓๓๒™ เป็นผลิตภัณฑ์อีพ็อกซี่เติมซิลิกอนคาร์ไบด์สองส่วนที่อุณหภูมิห้อง ความทนทานต่อการสึกกร่อนถูกวัดโดยการทดสอบการสึกกร่อนแบบแห้ง การทดสอบการสึกกร่อนของสารละลาย การทดสอบสารละลายมิลเลอร์และการทดสอบการสึกกร่อนด้วยก๊าซเจ็ทในสภาวะต่างๆมีการหารือเกี่ยวกับผลการทดสอบและเปรียบเทียบกับสารป้องกันการสึกหรอที่มีอยู่และผลิตภัณฑ์เคลือบป้องกัน อื่นๆ มีการอธิบายถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะที่สำคัญด้วย

1. บทนำ

สารป้องกันการสึกหรอได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่ หลายในการเคลือบป้องกันการสึกหรอเพื่อยืดอายุ การใช้งาน อุปกรณ์อุตสาหกรรมโดยการปกป้องจากการกัดกร่อน การเสียดสี การกัดทำลายทางเคมี และการสึกหรออื่นๆ ที่พบในสภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรมที่รุนแรง และยังสามารถใช้เพื่อฟื้นฟูพื้นผิวที่สึกหรอหรือใช้เพื่อปกป้องชิ้นส่วนใหม่

Henkel
เป็นผู้นำตลาดระดับโลกและผู้ผลิตเทคโนโลยี สำหรับสารป้องกันการสึกหรอมานานหลายทศวรรษ เรามีผลิตภัณฑ์สารประสิทธิภาพสูงที่สามารถตอบ สนองต่อการป้องกันการสึกหรอและสร้างใหม่ได้ [1] เมื่อเร็วๆ นี้ ได้มีการขอให้ปรับปรุงการต้านทานการสึกหรอเพิ่ม เติมและยืดอายุการใช้งานให้มากขึ้น เนื่องจากข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น

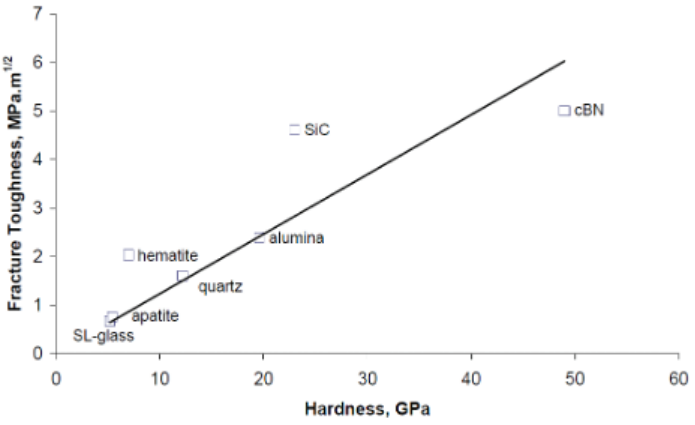
ส่วนประกอบเรซินของผลิตภัณฑ์สารป้องกันการสึก กร่อนมักจะประกอบด้วยอีพอกซีเรซิน สารเจือจาง เซรามิกอลูมินา สารคัปปลิ้งไซเลน และสารเติมแต่งอื่นๆ ตามความจำเป็น ชิ้นส่วนชุบแข็งส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะลิฟาติกเอมีน โพลีเอไมด์ ลูกบอลเซรามิกอลูมินา และสารเติมแต่งอื่นๆ ตามความจำเป็น

อลูมินามักถูกใช้เป็นสารตัวเติมหลักในการขัดถู เซรามิกสำหรับสารประกอบที่สึกหรอ เนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอได้ดีและจ่ายง่าย ดังแสดงในรูปที่ 2 [2, 3] ซิลิกอนคาร์ไบด์มีทั้งความแข็งและความเหนียวที่สูง กว่าอลูมินา ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการต้านทานการสึกหรอที่สูง ขึ้นในการใช้งานจริง มีข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของ ซิลิกอนคาร์ไบด์และอลูมินาในตารางที่ 2

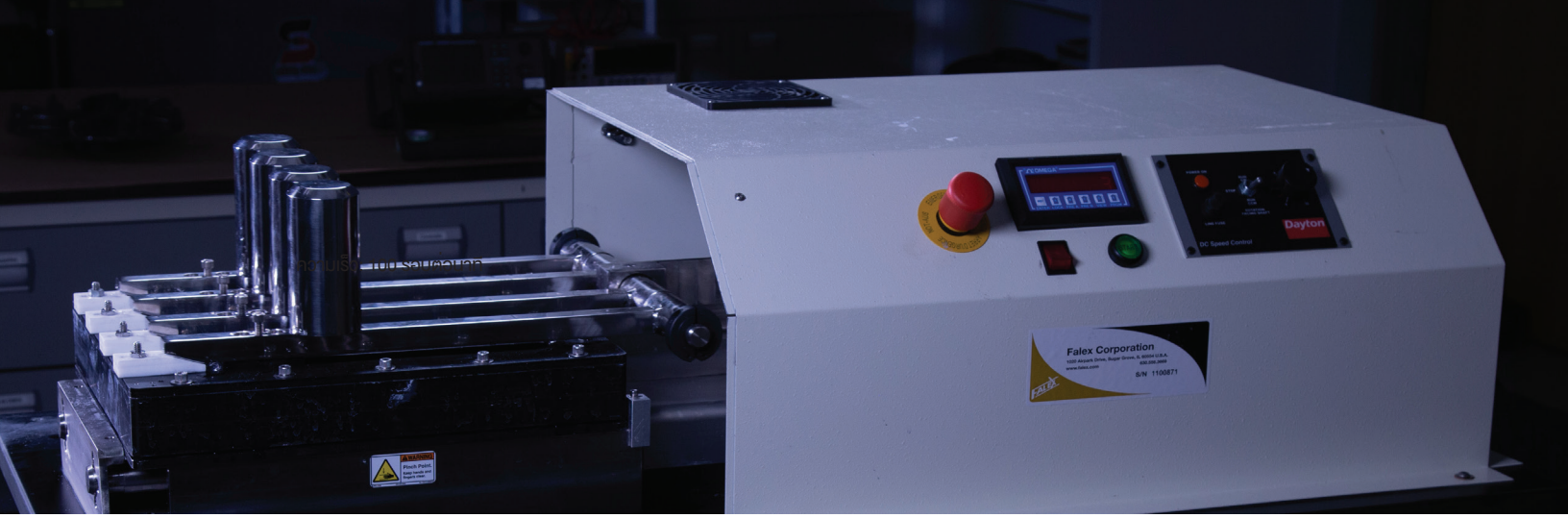
ตารางที่ 2 คุณสมบัติของซิลิกอนคาร์ไบด์และอลูมินา

คุณสมบัติ	ซิลิคอนคาร์ไบด์	อลูมินา
ความหนาแน่นจริง, g/cm^3	3.21	3.98
ความแข็งแบบนูป, Hk	2,600	2,000
จุดหลอมเหลว °C	2,600 (เกิดการเปลี่ยนแปลง)	2,050
ความร้อนจำเพาะ, kJ/kg • K	0.63–1.26	0.92–1.26
ค่าการนำความร้อน, W/mK RT 400°C 1,000°C	 167.6 67.0 46.9	 30.2 13.0 6.3
CTE, ppm/K RT RT RT	 3.8 4.1 4.8	 6.9 7.8 8.3

รูปที่ 2 . ความแข็งและความเหนียวแตกหักสำหรับสารตัวเติมที่มีฤทธิ์กัดกร่อนทั่วไป



ผลิตภัณฑ์ใหม่ LOCTITE® PC 7332™ ได้รับการพัฒนาอย่างประสบความสำเร็จและเปิดตัว เมื่อเร็วๆ นี้ LOCTITE® PC 7332™ ผ่านการรับรองและใช้สำหรับการป้องกันปั๊มสารละลายภายใต้สภาวะการสึกกร่อนแบบเปียกอย่างรุนแรง ยืดอายุการใช้งานจาก 6-8 เดือนเป็น 18 เดือน ยืนยันถึงประสิทธิภาพความทนทานต่อการสึกหรอที่น่าพอใจและโดดเด่นในการใช้งานจริง



2. เอกสารและวิธีการ

2.1 เอกสาร

LOCTITE® PC 7332™ A Batch#: PM171220A

LOCTITE® PC 7332™ B Batch#: PM171229B

2.2 วิธีทดสอบและพารามิเตอร์

การทดสอบการสึกกร่อนแบบแห้งดำเนินการโดยเครื่องทดสอบการสึกกร่อนแบบแห้ง DUCOM TR-0 ตามมาตรฐาน ASTM G-6

พารามิเตอร์การทดสอบ	ความเร็ว: 100 รอบต่อนาที
	การหมุนรอบ: 200
	โหลด: กก.
	ขนาดตัวอย่าง: 76x2 .4x12.7 มม.

การทดสอบการสึกกร่อนของสารละลายดำเนินการโดย DUCOM TR-44 แท่นทดสอบการสึกกร่อนของสารละลายตามมาตรฐาน ASTM G-7

พารามิเตอร์การทดสอบ	ความเร็ว: 100 รอบต่อนาที
	การหมุนรอบ: 300
	โหลด: 10.09 กก.
	สารละลาย: Al2O3 2 กก. + น้ำ 00 มล.
	ขนาดตัวอย่าง: 76x2 x6 มม.

DUCOM TR-50

DUCOM TR-44

2.2 วิธีทดสอบและพารามิเตอร์ (ต่อ)

การทดสอบมิลเลอร์ดำเนินการโดย DUCOM TR-4 Miller และเครื่องหมายเลข Sar ตามมาตรฐาน ASTM G7 -01

พารามิเตอร์การทดสอบ	โหลดบนแขนแต่ละข้าง: 22.4 นิวตัน
	โหลดบนแขนแต่ละข้าง: 22.4 นิวตัน
	สารละลาย: Al2O3 2 กก. + น้ำ 00 มล.
	ความยาวของระยะชัก: 203.2 มม.

DUCOM TR-45

การทดสอบการสึกกร่อนด้วยก๊าซเจ็ทดำเนินการโดย DUCOM TR-471-900 เครื่องทดสอบการสึกกร่อนแบบก๊าซเจ็ทตามมาตรฐาน ASTM G-76

พารามิเตอร์การทดสอบ	การปล่อยสารกัดกร่อน: 2 กรัม/นาที
	ความเร็วในการกัดกร่อน: 72 เมตร/วินาที
	เงื่อนไขการทดสอบ: อุณหภูมิแวดล้อม
	ระยะเวลาทดสอบ: 1 นาทีที่ตัวยึดแต่ละตัว
	สารกัดกร่อนที่ใช้: 30000 มิลลิกรัม
	ขนาดตัวอย่าง: 2 x2 x มม.

DUCOM TR-471-900

3. ผลลัพธ์และการอภิปราย

3.1 รายละเอียดผลิตภัณฑ์

LOCTITE® PC 7332™ เป็นซิลิกอนคาร์ไบด์สองส่วนที่อุณหภูมิห้องซึ่งเติมระบบอีพ็อกซี่แข็ง 100% ที่ออกแบบมาเพื่อปกป้องสร้าง และซ่อมแซมบริเวณที่มีการสึกหรอสูงในอุปกรณ์ แปรรูป เช่น ปั๊มและท่อดักจับซัลเฟต ปั๊มสารละลาย และปั๊มแกรนูเลชันของตะกรัน ซึ่งต้องเผชิญกับการสึกกร่อนแบบเปียกอย่างรุนแรง ผลิตภัณฑ์นี้ยังสามารถใช้สำหรับป้องกันการสึกกร่อน ของอนุภาคภายใต้สภาวะแห้งในข้องอ ราง และอุปกรณ์อื่นๆ สำหรับการขนส่ง โดยทั่วไปจะใช้ในการใช้งานที่มีช่วงอุณหภูมิการ ทำงานตั้งแต่ -30 °C ถึง 120 °C

3.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติ

3.3 ความทนทานต่อการสึกกร่อน

ความทนทานต่อการสึกกร่อนของ LOCTITE® PC 7332™ ได้รับการวัดโดยวิธีทดสอบการสึกกร่อนสี่วิธีเพื่อประเมินและจำลองประสิทธิภาพการสึกหรอสำหรับการใช้งานใน อุตสาหกรรมต่างๆ ผลลัพธ์ถูกเปรียบเทียบและอภิปรายกับผลิตภัณฑ์ เคลือบป้องกันอื่นๆ [4]

3.3.1 ความทนทานต่อการสึกกร่อนแบบแห้ง

การทดสอบการสึกกร่อนแบบแห้งจะกำหนดความต้านทานของวัสดุที่สึกหรอต่อรอยขีดข่วนโดยใช้ทรายแห้งและล้อยาง ผลลัพธ์สามารถใช้เพื่อจำลองการใช้งานที่ทนต่อการ สึกหรอ เช่น เครื่องป้อนและโรงสีถ่านหิน ข้องอและท่อของโรงงานถลุงเหล็ก ตลอดจนท่อกรองถุงซีเมนต์ มีข้อมูลสรุปผลลัพธ์ของการทดสอบความทนทานต่อ การสึกกร่อนแบบแห้งของ LOCTITE® PC 7332™ ในตารางที่ 4 ผลการสูญเสียปริมาตรจะเปรียบเทียบกับสารป้องกัน การสึกหรอทั่วไปในรูปที่ 3 ดังที่เห็น การสูญเสียปริมาตรของ LOCTITE® PC 7332™ นั้นต่ำกว่ามาก ซึ่งบ่งบอกถึงอายุการเคลือบที่ยาวนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เคลือบปกป้องอื่นๆ พบว่า LOCTITE® PC 7332™ มีความทนทานต่อการสึกกร่อนแบบแห้งในระดับ สูงสุดในบรรดาผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ทดสอบมาจนถึง ปัจจุบัน การสูญเสียปริมาตรนั้นต่ำกว่าสารป้องกันการสึกหรอที่บ่มด้วยความร้อน

3.3.2 ความทนทานต่อการสึกกร่อนจากสารละลาย

การทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลายจะกำหนด ความต้านทานของวัสดุที่สึกหรอเนื่องจากสารกัด กร่อนแบบเปียกของอลูมินาผ่านเข้าไประหว่าง ล้อเหล็กกับตัวอย่างที่บ่มแล้ว ผลลัพธ์ของการสึกกร่อนจากสารละลายสามารถนำมาใช้เพื่อจำลองการใช้งานที่ทนต่อการสึกหรอสำหรับปั๊มลำเลียงขี้เถ้าและบ่อบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสีย ผลลัพธ์ของการทดสอบความทนทานต่อการสึก กร่อนจากสารละลายของ LOCTITE® PC 7332™ สรุปอยู่ในตาราง ผลการสูญเสียปริมาตรจะถูกเปรียบเทียบกับ สารป้องกันการสึกหรอทั่วไปในรูปที่ 4 การสูญเสียน้ำหนักของ LOCTITE® PC 7332™ นั้นต่ำกว่ามาก ประมาณ 1/4 ของผลิตภัณฑ์มาตรฐาน ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่า LOCTITE® PC 7332™ ยังทำงานได้ดีกว่าและ มีอายุการใช้งานยาวนานกว่ามากภายใต้สภาวะการ สึกหรอจากสารละลายแบบเปียกที่รุนแรงในการใช้งานจริงต่างๆ

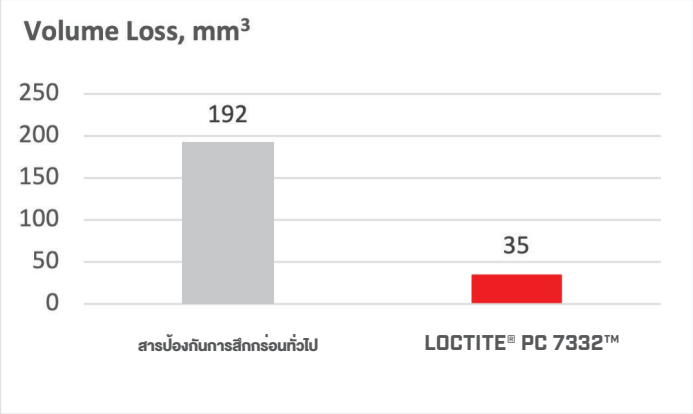
ตารางที่ 4 การทดสอบการกัดกร่อนแบบแห้งของ LOCTITE® PC 7332™

หมายเลขตัวอย่าง	น้ำหนัก มิลลิกรัม (เริ่มต้น, สุดท้าย, สูญเสีย)	น้ำหนักที่สูญเสีย, มิลลิกรัม	ปริมาตรที่สูญเสีย, มม.³
1	52319, 52249, 70	80	35
2	46714, 46626, 88		
3	46829, 46748, 81		

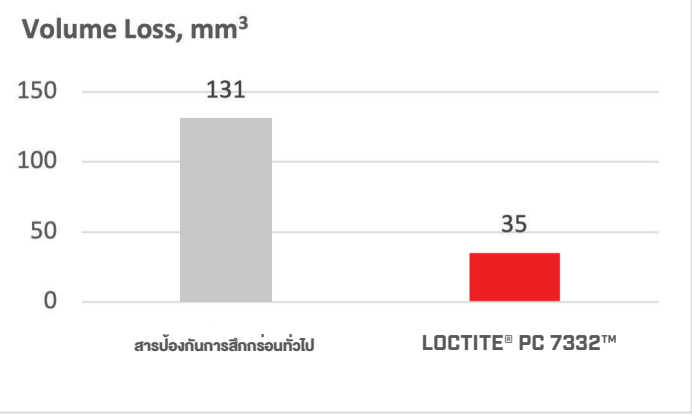
ตารางที่ 5 การทดสอบการกัดกร่อนจากสารละลายของ LOCTITE® PC 7332™

หมายเลขตัวอย่าง	น้ำหนัก มิลลิกรัม (เริ่มต้น, สุดท้าย, สูญเสีย)	น้ำหนักที่สูญเสีย, มิลลิกรัม	ปริมาตรที่สูญเสีย, มม.³
1	26979, 26896, 83	79	35
2	27511, 27436, 75		
3	25985, 25899, 86		

รูปที่ 3 ผลการสูญเสียปริมาตรจากการทดสอบการสึกกร่อนแบบแห้ง



รูปที่ 4 ผลการสูญเสียปริมาตรจากการทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลาย



3.3.3 การทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลาย แบบมิลเลอร์

การทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลายแบบ มิลเลอร์จะระบุความสึกกร่อนสัมพัทธ์ของ สารละลายใดๆ หรือการตอบสนองของวัสดุต่างๆ ต่อการสึกกร่อนจากสารละลายต่างๆ ผลลัพธ์ของการทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลาย แบบมิลเลอร์สามารถใช้เพื่อจำลองการใช้งานป้องกันการสึกกร่อนสำหรับปั๊มจัดการสารละลายในโรงไฟฟ้า ท่อลำเลียงขี้เถ้าและข้องอในระบบจัดการวัสดุและปั๊มสูบดินผลลัพธ์ของการทดสอบการสึกกร่อนจากสารละลาย แบบมิลเลอร์ของ LOCTITE® PC 7332™ สรุปอยู่ในตารางที่ 6 ผลการสูญเสียปริมาตรจะเปรียบเทียบกับสารป้องกัน การสึกหรอทั่วไปในรูปภาพ ดังที่เห็น การสูญเสียปริมาตรของ LOCTITE® PC 7332™ นั้นต่ำกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เคลือบปกป้องอื่นๆ พบว่า LOCTITE® PC 7332™ มีความทนทานต่อการสึกกร่อนจากสารละลายใน ระดับสูงสุดในบรรดาผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ทดสอบมาจนถึงปัจจุบันการสูญเสียปริมาตรนั้นต่ำกว่าสารป้องกันการสึกหรอที่บ่มด้วยความร้อน

3.3.4 การทดสอบการกัดกร่อนด้วยก๊าซเจ็ท

การทดสอบการกัดกร่อนด้วยก๊าซเจ็ทจะระบุการ สูญเสียวัสดุโดยก๊าซที่กักเก็บอนุภาคที่กัดกร่อนจากการปะทะ ผลการทดสอบสามารถใช้เพื่อจำลองการใช้งานที่ ทนต่อการสึกหรอสำหรับหม้อบดวัตถุดิบ ผ้ากรองและท่อระบายความร้อนในอุตสาหกรรมปูน ซีเมนต์ ระบบจัดการกรวยภายในและขี้เถ้าในอุตสาหกรรม ผลิตไฟฟ้า อุปกรณ์เตาหลอมในอุตสาหกรรมเหล็กและถ่านหินมีข้อมูลสรุปผลลัพธ์ของการทดสอบความทนทานต่อการสึกกร่อนด้วยก๊าซเจ็ทของ LOCTITE® PC 7332™ อยู่ในตารางที่ 7 ผลการสูญเสียปริมาตร เปรียบเทียบกับสารป้องกันการสึกหรอมาตรฐานในรูปที่ 6 ดังที่แสดง การสูญเสียปริมาตรของ LOCTITE® PC 7332™ นั้นต่ำกว่าสารป้องกันการสึกหรอทั่วไปในการทดสอบทั้งที่อุณหภูมิ 4° และ 90° เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เคลือบปกป้องอื่นๆ ที่ทดสอบ LOCTITE® PC 7332™ มีประสิทธิภาพดีที่สุด

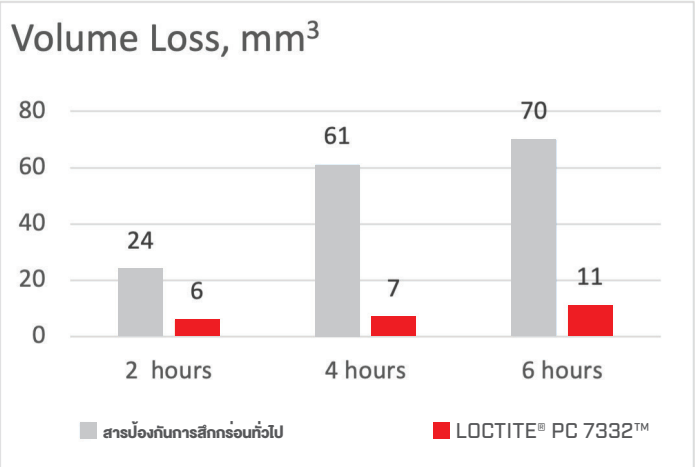
ตารางที่ 6 การทดสอบการกัดกร่อนแบบมิลเลอร์ของ LOCTITE® PC 7332™

หมายเลขตัวอย่าง	น้ำหนัก, มิลลิกรัม (เริ่มต้น 2 ชม. 4 ชม. 6 ชม.)	น้ำหนักที่สูญเสีย, มิลลิกรัม (2 ชม. 4 ชม. 6 ชม.)
1	4036, 4020, 4017, 4012	16, 19, 24
2	3886, 3873, 3868, 3855	13, 18, 31
3	3917, 3906, 3904, 3900	11, 13, 17
น้ำหนักที่สูญเสียโดยเฉลี่ย, มิลลิกรัม		13, 17, 24
ปริมาตรที่สูญเสีย, มม.^{3}		6, 7, 11

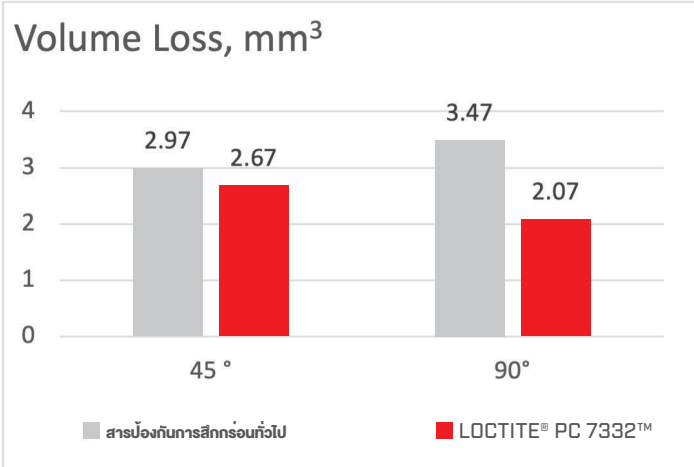
ตารางที่ 7 การทดสอบการกัดกร่อนแบบแห้งของ LOCTITE® PC 7332™

มุมกระแทก	หมายเลขตัวอย่า	น้ำหนัก มิลลิกรัม (เริ่มต้น, สุดท้าย, สูญเสีย)	มวลที่สูญเสีย, มิลลิกรัม	ปริมาตรที่สูญเสีย, มม.^{3}
45°	1	7204, 7199, 5	6	2.67
	2	6669, 6662, 7		
	3	6341, 6335, 6		
90°	1	6895, 6889, 6	5	2.07
	2	7160, 7156, 6		
	3	6265, 6261, 4		

รูปที่ 5 ผลการสูญเสียปริมาตรจากการทดสอบแบบมิลเลอร์



รูปที่ 6 ผลการสูญเสียปริมาตรจากการทดสอบการกัดกร่อนด้วยก๊าซเจ็ท



4. สรุป

LOCTITE® PC 7332™ ได้รับการพัฒนาให้เป็นสารที่ทนทานต่อการสึกหรอ ระดับสูง โดยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งองค์ประกอบอีพอกซี่เรซิน และสารตัวเติมที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ประสิทธิภาพการต้านทานการสึกหรอที่โดดเด่นและ อายุการใช้งานที่ยาวนานได้รับการยืนยันในการใช้งานป้องกันปั๊มสารละลายภายใต้สภาพแวดล้อมการ สึกกร่อนที่รุนแรงในโรงงานเหล็ก ผลการทดสอบแรงเสียดทานรูปแบบต่างๆ แสดงให้เห็นว่า LOCTITE® PC 7332™ มีประสิทธิภาพทนทานต่อการสึกกร่อนระดับสูงสุดด้วยวิธีการทดสอบแบบต่างๆ ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่า LOCTITE® PC 7332™ เหมาะสมสำหรับการใช้งานในการปกป้อง สร้าง และซ่อมแซมบริเวณที่มีการสึกหรอสูงของอุปกรณ์ แปรรูปในการผลิตพลังงาน การทำเหมือง และการใช้งานในโรงงานเหล็ก เช่น ปั๊มและท่อดักจับซัลเฟต ปั๊มสารละลาย และปั๊มแกรนูเลชันของตะกรัน ซึ่งต้องเผชิญกับการสึกกร่อนแบบเปียกอย่างรุนแรง LOCTITE® PC 7332™ ยังสามารถใช้สำหรับป้องกันการสึกกร่อนของอนุภาคภายใต้สภาวะแห้งในข้องอ ราง และอุปกรณ์อื่นๆ สำหรับการขนส่ง

การแสดงความขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ Paresh Raiyani และ Jayesh Shah สำหรับความช่วยเหลือในการทดสอบการสึกกร่อน

อ้างอิง

1. Henkel Loctite Maintenance Solutions Guide, 2017 Volume 20
2. P. C. Milak, F. D. Minatto, A. De Noni Jr, O. R. K. Montedo, Ceramica, 61(2015), 88–103
3. G. Pintaude, In: T. Ghrib, New Trobology Ways, London: Intechopen; 2011, 117–130.
4. J. Shah, P. Raiyani, N. Adkar, T. Buckley, G. Zaffaroni, R. Newmayer, Correlating ASTM Tribology Test Methods to End Use Industrial Applications for Polymer Composite Products, New to the World Data, 2017