LOCTITE 402

กาวแห้งเร็วประสิทธิภาพสูงพิเศษ

Áine Mooney
Martin Smyth
Tammy Gernon
Michael Jordan
Oliver Droste
Christine Marotta

Henkel

วิศวกรด้านการออกแบบและการผลิตในอุตสาหกรรมมองหาโซลูชันที่เป็นนวัตกรรมอยู่เสมอ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการออกแบบใหม่และการปรับปรุงให้ดีขึ้น รวมทั้งพัฒนากระบวนการผลิตโดยรวม แนวโน้มในอุตสาหกรรมต่างๆ กำลังมุ่งสู่อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กลง มีความต้องการวัสดุและกระบวนการประกอบที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ผสมผสานกับความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ใส่ฟังก์ชันได้มากขึ้นในพื้นที่ที่แคบลง และยังคงรักษาหรือเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ การออกแบบอุปกรณ์ดังกล่าวอาจเป็นความท้าทายจากมุมมองของการประกอบอุปกรณ์ เช่นเดียวกับความต้องการด้านประสิทธิภาพใหม่ๆ เช่น การเกิดความร้อน

ในปัจจุบัน วิศวกรมีวิธีมากมายในการประกอบอุปกรณ์ ตั้งแต่วิธีทางกล เช่น ตัวยึด ไปจนถึงการใช้เทป การเชื่อม (อัลตราโซนิก ตัวทำละลาย) และกาว วิธีการประกอบแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและความท้าทายในตัวเอง ตารางที่ 1 แสดงภาพรวมของวิธีการประกอบต่างๆ พร้อมทั้งข้อดีและข้อด้อยที่สำคัญของแต่ละวิธี

1

	• แข็งแรง • ประหยัด • ไม่ต้องเซตตัว • การเชื่อมต่อวัสดุที่ต่างกัน	• ต้องเก็บสินค้าคงคลัง • ท้าทายในการปรับให้เป็นระบบอัตโนมัติ • ซีลไม่ได้ • เกิดความเค้นรอบๆ ตัวยึดเชิงกล • คลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป
	• ทำให้เป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย • กระบวนการง่าย • ให้ความแข็งแรงสูง • เร็ว	• ต้องใช้เงินลงทุน • การบำรุงรักษาระบบ • วัสดุที่ต่างกัน • วัสดุติดยาก • การเติมช่องว่าง
	• ต้นทุน • ให้การยึดติดทันที • การเชื่อมต่อวัสดุที่ต่างกัน	• มีความท้าทายในการปรับให้เป็นระบบอัตโนมัติ • งานที่มีความแม่นยำ • พื้นผิวติดยาก
	• การเชื่อมต่อวัสดุที่ต่างกัน • การกระจายความเค้นที่สม่ำเสมอ • เติมช่องว่างขนาดใหญ่ • มีคุณสมบัติซีล • ทำให้เป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย • การติดวัสดุติดยาก	• ต้องมีการจ่าย/หยอด • ต้องมีการเซตตัว (ในอุปกรณ์บางชนิด) • เลือกสูตรที่มีคุณสมบัติทนอุณหภูมิได้ต่ำกว่า

ภายในหมวดหมู่การประกอบชิ้นงานด้วยกาว ยังมีตัวเลือกหลายตัว เช่น กาวอีพ็อกซี่ กาวฮอทเมล์ท (hot melt) กาวเซตตัวด้วยแสงยูวี (light cure) กาวอะคริลิกเซตตัวสองขั้นตอน และกาวไซยาโนอะคริเลต (หรือกาวแห้งเร็ว) กาวไซยาโนอะคริเลตมีข้อดีเหนือวิธีการประกอบด้วยวิธีอื่นๆ มากมาย ซึ่งรวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียง:

- การยึดติดที่รวดเร็ว
- การแห้งตัวที่อุณหภูมิห้อง
- เป็นกาวส่วนประกอบเดียว
- ให้ความแข็งแรงในการยึดติดสูงกับวัสดุหลากหลายชนิด เช่น พลาสติก โลหะ และอีลาสโตเมอร์
- ให้ความแข็งแรงในการยึดติดสูงต่อวัสดุที่ติดยาก (เช่น โพลีเอทิลีน พอลิโพรพิลีน)
- ง่าย/มีความแม่นยำในการใช้งาน

กาวแห้งเร็วมีข้อด้อยบางประการที่เกิดจากธรรมชาติของเทอร์โมพลาสติกเป็นหลัก เช่น อุณหภูมิการทำงานสูงสุดโดยทั่วไปคือ 82 °C / 180 °F, การเติมช่องว่างใหญ่สุดเพียง 2.5 มม. / 0.10 นิ้ว สำหรับกาวรุ่นความหนืดสูง, ความเปราะแตกหักง่ายโดยธรรมชาติ และความทนทานต่ำต่อสภาพแวดล้อมที่เปียกชื้น

นับตั้งแต่เปิดตัวเมื่อ 50 ปีที่แล้ว ไซยาโนอะคริเลตได้มีความก้าวหน้าอย่างมากในการพัฒนาสูตรใหม่ที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ทนต่ออุณหภูมิสูง (สูงถึง 121 °C / 250 °F) และแม้กระทั่งรุ่นที่มีกลิ่นน้อย นวัตกรรมล่าสุดผสมผสานคุณสมบัติเด่นของกาวแห้งเร็วชั้นยอดชนิดต่างๆ รวมเข้าไว้ในโซลูชันใหม่ในหนึ่งเดียว

ขอแนะนำ LOCTITE 402

LOCTITE 402 เป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ล่าสุดจาก Henkel ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการจดสิทธิบัตรซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่เหนือกว่าเอทิลไซยาโนอะคริเลตมาตรฐานทั่วไป เป็นกาวแห้งเร็วประสิทธิภาพสูงพิเศษ ผสมผสานการยึดติดที่รวดเร็วและความแข็งแรงสูง พร้อมประสิทธิภาพการทนต่ออุณหภูมิสูงที่ดีที่สุดในระดับเดียวกัน และมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้น

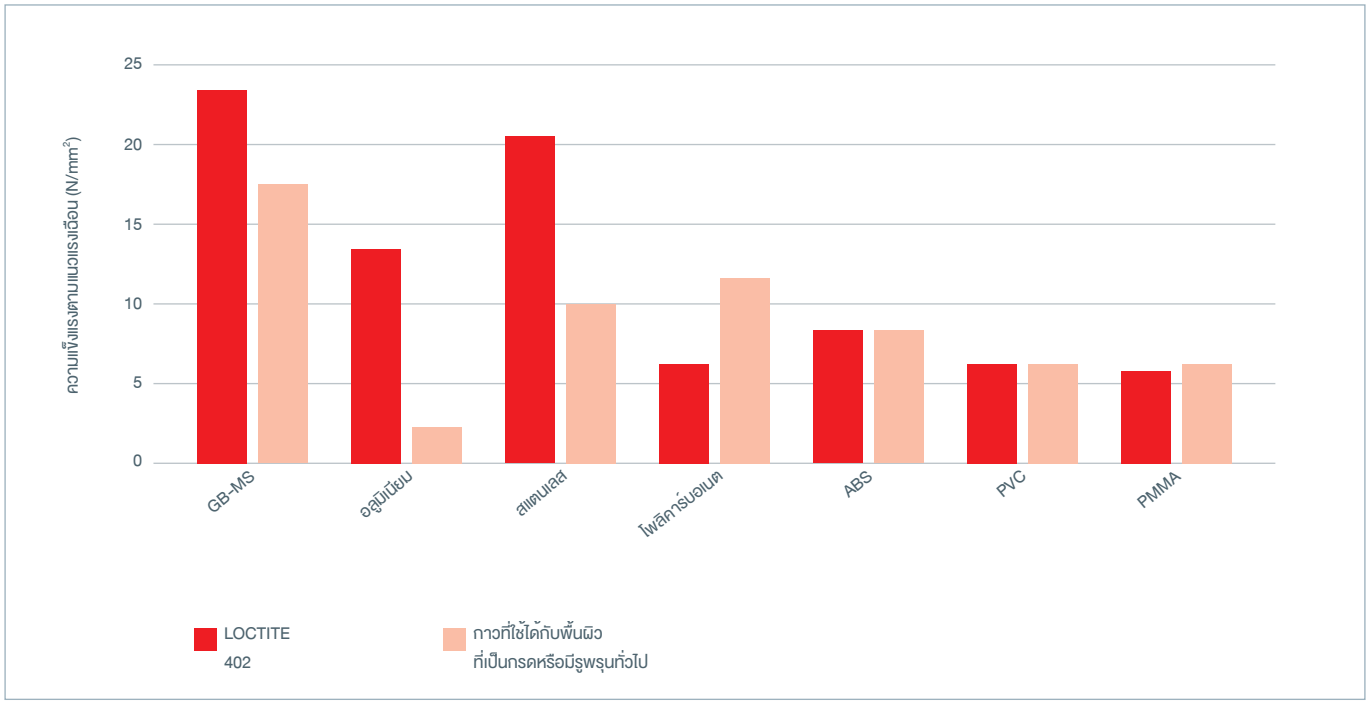
LOCTITE 402 มีความรวดเร็วในการยึดติดบนพื้นผิวที่หลากหลาย รวมทั้งโลหะ พลาสติก ยาง และวัสดุที่มีรูพรุน เช่น กระดาษและไม้ โดยมีคุณสมบัติไม่ด้อยกว่ากาวที่เหมาะกับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2

LOCTITE 402 ให้ความแข็งแรงของการยึดติดสูงกับโลหะและพลาสติกหลากหลายชนิด (ดูรูปที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับกาวที่เหมาะกับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป กาวชนิดนี้จะใช้ได้ดีกว่าบนพื้นผิวโลหะ เช่น อะลูมิเนียมและสแตนเลส LOCTITE 402 ยังมีความแข็งแรงในแนวแรงเฉือนดีเยี่ยมบนวัสดุพลาสติกทุกชนิดที่ทำการทดสอบ

2

LOCTITE 402

	LOCTITE 402	
	< 5 วินาที	< 5 วินาที
	< 5 วินาที	< 5 วินาที
	30 ถึง 45 วินาที	20 ถึง 30 วินาที
	< 5 วินาที	< 5 วินาที
ABS	< 5 วินาที	< 5 วินาที
PVC	10 ถึง 20 วินาที	5 ถึง 10 วินาที
	5 ถึง 20 วินาที	< 5 วินาที
( )	30 ถึง 45 วินาที	30 ถึง 45 วินาที
	30 ถึง 45 วินาที	10 ถึง 20 วินาที
EPDM	< 5 วินาที	< 5 วินาที



1

ของ LOCTITE 402 และกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป ซึ่งนำมาใช้กับโลหะและพลาสติกต่างๆ หลังจากปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาเจ็ดวัน

ขีดจำกัดอุณหภูมิในการทำงานที่ปลอดภัยสำหรับกาวไซยาโนอะคริเลตโดยทั่วไปคือ 82 °C จนถึงปัจจุบัน ประสิทธิภาพในการทนต่อความร้อนยังเป็นข้อจำกัดในการใช้งานของกาวแห้งเร็วที่มีเอทิลเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อกาวต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพในการทนต่อความร้อนที่ต่ำนี้เกิดจากปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน รวมถึงการอ่อนตัวของพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Tg) และการเสียคุณสมบัติทางกล เช่น แรงดึงในแนวแรงเฉือนลดลงเนื่องจากการแตกตัวออกของพอลิเมอร์เชิงเส้น บทวิจารณ์ที่ครอบคลุมได้รับการตีพิมพ์ในปี 2017

วิธีแก้ปัญหาหนึ่งสำหรับประสิทธิภาพในการทนต่อความร้อนที่ต่ำนี้คือ การใช้โมโนเมอร์ไซยาโนอะคริเลตที่สามารถสร้างโครงสร้างโพลีเมอร์แบบเชื่อมขวาง เช่น อัลลิล 2-ไซยาโนอะคริเลต เมื่อทำให้กาวร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 150 °C ขึ้นไป จะเกิดการเชื่อมขวางของพอลิเมอร์เชิงเส้น อัลลิลไซยาโนอะคริเลต ผ่านกระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชันแบบเรดิคอล ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ที่ทนต่อความร้อน อย่างไรก็ตาม หากไม่มีการเชื่อมขวางของอัลลิลพอลิเมอร์เกิดขึ้น กาวแห้งเร็วที่มีอัลลิลเป็นองค์ประกอบจะมีประสิทธิภาพในการทนต่อความร้อนเช่นเดียวกับไซยาโนอะคริเลตพอลิเมอร์อื่นๆ ดังนั้น การทำให้กาวสัมผัสกับอุณหภูมิสูงประมาณ 150 °C เพื่อให้เกิดการทนต่อความร้อนกับงานที่ยึดติดด้วยกาวอัลลิล 2-ไซยาโนอะคริเลตจึงมีความสำคัญ ขั้นตอนที่เพิ่มเติมนี้ทำให้เพิ่มเวลาและต้นทุนให้กับกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก

LOCTITE 402 ใช้เทคโนโลยีที่จดสิทธิบัตรใหม่ที่พัฒนาโดย Henkel เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องประสิทธิภาพต่ำในด้านการทนต่ออุณหภูมิสูงนี้ LOCTITE 402 มีส่วนผสมของเอทิลและอัลลิลไซยาโนอะคริเลตโมโนเมอร์ รวมกับสารเติมแต่งที่จดสิทธิบัตรแล้วในบรรจุภัณฑ์เดียว ส่วนผสมของเอทิลและอัลลิลไซยาโนอะคริเลตโมโนเมอร์นี้ช่วยให้สามารถนำ LOCTITE 402 ไปใช้ในการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูงได้เช่นเดียวกับกาวแห้งเร็วอื่นๆ โดยไม่ต้องมีขั้นตอนการผลิตเพิ่มเติมใดๆ เอทิลไซยาโนอะคริเลตโมโนเมอร์จะมีประสิทธิภาพทนทานต่ออุณหภูมิสูงในช่วงเริ่มต้นของ LOCTITE 402 จนกระทั่งปฏิกิริยาเชื่อมขวางของอัลลิลโมโนเมอร์เกิดขึ้น เวลาที่ต้องใช้สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่กาวได้รับในขณะนั้น

มีคุณสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกันสามประการซึ่งถือว่าจำเป็นสำหรับความทนทานต่อความร้อนโดยรวม คือ (1) ความแข็งแรงขณะร้อน (2) การทนต่อความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป และ (3) ความแข็งแรงขณะร้อนหลังจากผ่านอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ในส่วนต่อไปนี้ เราจะกล่าวถึงข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติแต่ละด้าน และแสดงให้เห็นว่า LOCTITE 402 มีประสิทธิภาพเหนือกว่ากาวแห้งเร็วชนิดอื่นๆ ในด้านใดบ้าง

ความแข็งแรงขณะร้อนคือ ความแข็งแรงในการยึดติดของกาวเมื่อวัดที่อุณหภูมิสูงนั้นๆ ไซยาโนอะคริเลตพอลิเมอร์จัดเป็นวัสดุเทอร์โมพลาสติก ซึ่งหมายความว่าโพลิเมอร์เหล่านี้จะอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Tg) ค่า Tg ของไซยาโนอะคริเลตเอสเทอร์ทั่วไปบางตัวแสดงอยู่ในตารางที่ 3

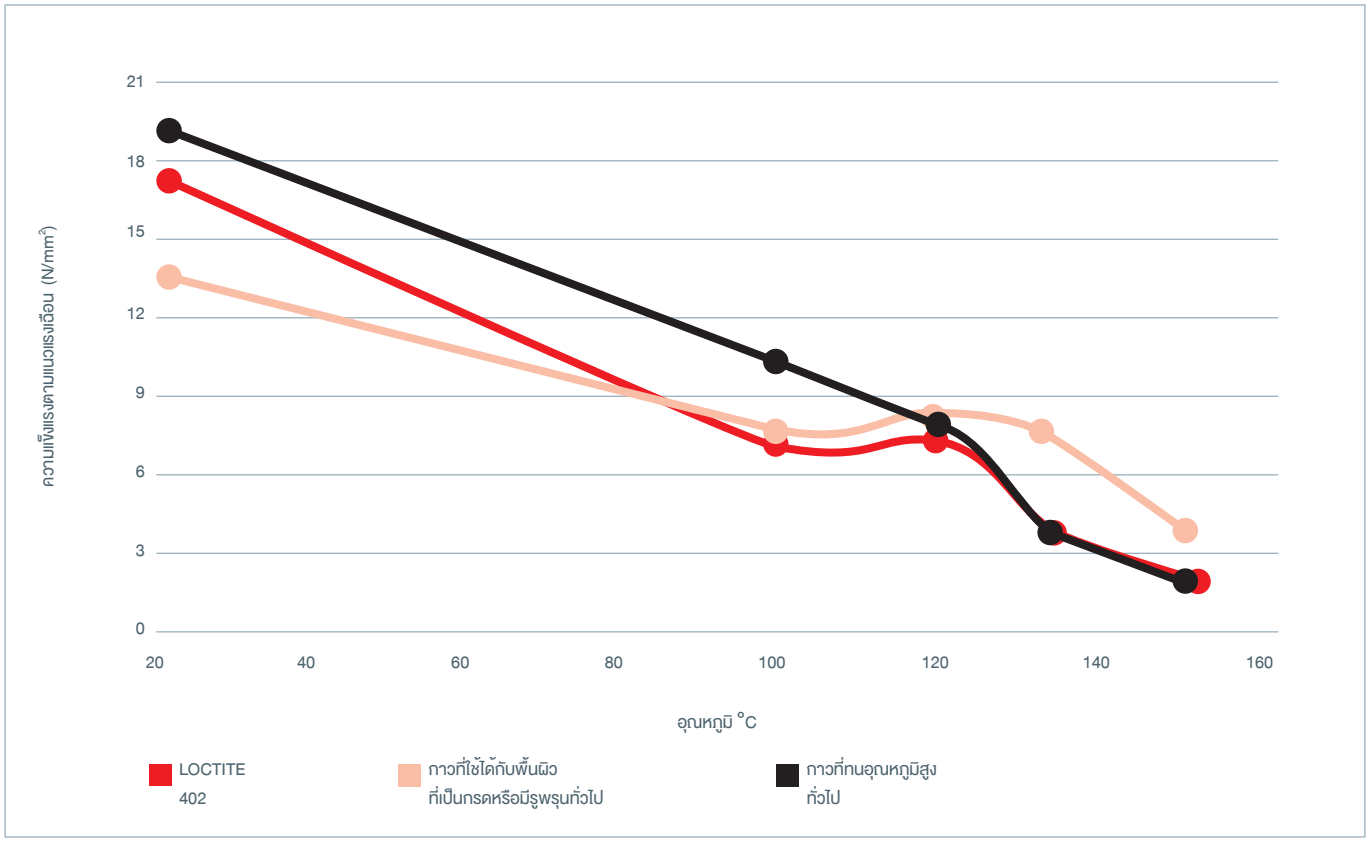
3

(Tg) [1]

	TG (°C)
	165
	140 – 150
-	90
-	85
	130

เอทิลไซยาโนอะคริเลตพอลิเมอร์มี Tg ที่รายงานไว้ในช่วง 140 – 150 °C ดังนั้น พอลิเมอร์จะเริ่มอ่อนตัวและไหลที่อุณหภูมิใกล้หรือสูงกว่าช่วง Tg งานที่ติดด้วยกาวในลักษณะแนวแรงเฉือนซึ่งนำมาไว้ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับ หรือสูงกว่า จะมีความแข็งแรงต่ำ ที่อุณหภูมิสูงกว่า Tg ไซยาโนอะคริเลตพอลิเมอร์จะเริ่มสลายตัวทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความทนต่อแรงดึงแรงเฉือน

รูปที่ 2 แสดงความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป บนชิ้นงานสแตนเลสที่ประกอบตามแนวแรงเฉือน หลังจากการปล่อยให้กาวแห้งเป็นเวลาเจ็ดวันที่อุณหภูมิห้อง ในแต่ละกรณี พบว่าความแข็งแรงในแนวแรงเฉือนของงานประกอบลดลงเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 135 °C ความแข็งแรงในแนวแรงเฉือนจะอยู่ที่ประมาณ 3 N/mm^2 สำหรับงานประกอบที่ยึดติดด้วยกาว



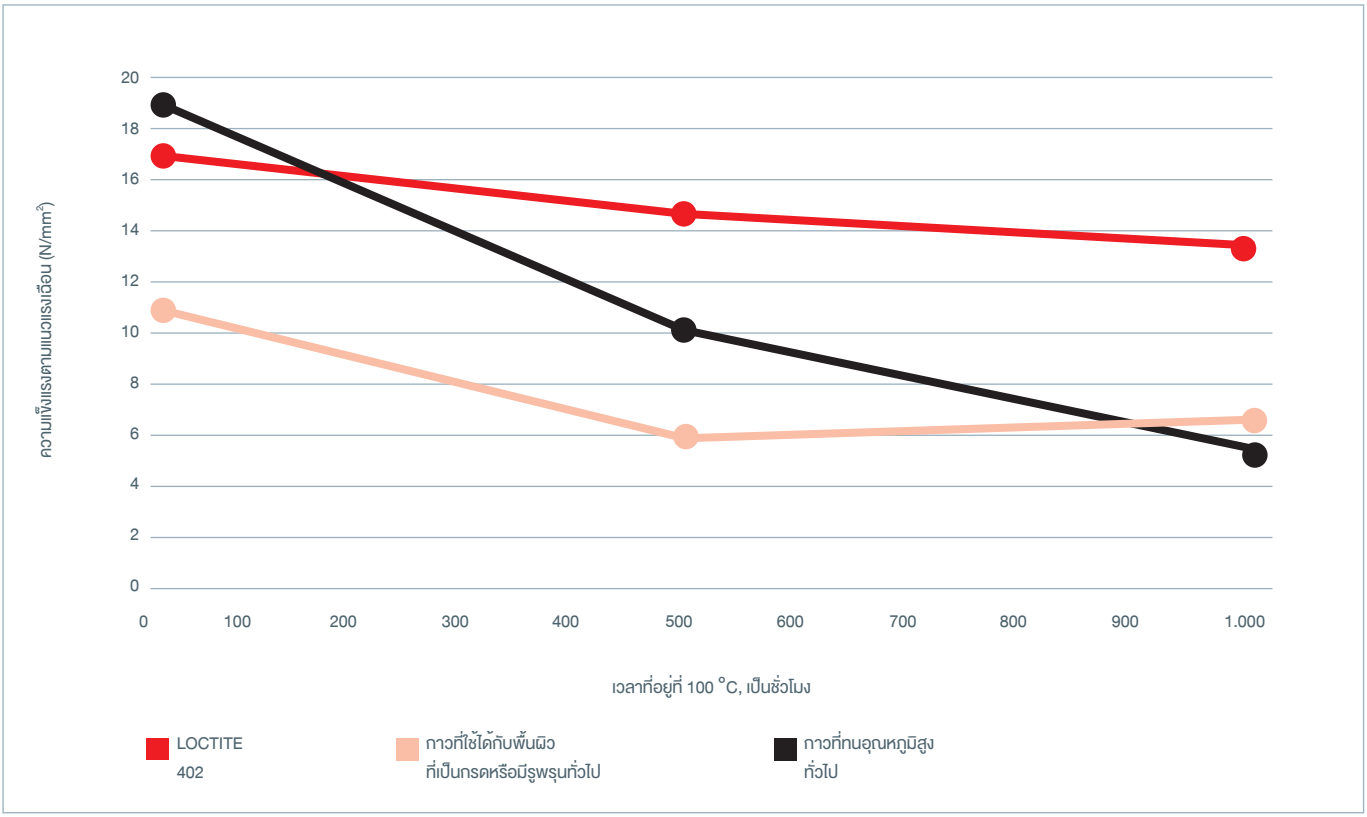
2

ความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากการปล่อยให้กาวแห้งเป็นเวลาเจ็ดวันที่อุณหภูมิห้อง บนชิ้นงานสแตนเลสที่ติดด้วยกาวในลักษณะตามแนวแรงเฉือน

ความทนทานต่อความร้อน หมายถึง ความสามารถในการรักษาความแข็งแรงของกาวที่แห้งแล้ว เทียบกับความแข็งแรงเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้อง เมื่องานประกอบอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน แล้วนำกลับมาทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ผลกระทบของความร้อนทำให้แรงยึดเกาะลดลงที่ส่วนต่อประสานระหว่างไซยาโนอะคริเลตพอลิเมอร์กับพื้นผิวที่ถูกยึดติดด้วยกาว โดยปกติ กาวแห้งเร็วจะแสดงการสูญเสียความแข็งแรงของการยึดติดอย่างรวดเร็วเมื่อชิ้นงานอยู่ที่อุณหภูมิสูง ถึงแม้จะเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่า Tg ของกาวก็ตาม

การทนความร้อนของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากสัมผัสกับอุณหภูมิตั้งแต่ 100 °C / 212 °F จนถึง 150 °C / 302 °F (ดูรูปที่ 3 ถึง 6) ในทุกกรณี ทดสอบชิ้นงานเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน และถูกปล่อยให้แห้งเป็นเวลาเจ็ดวันที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปสัมผัสกับอุณหภูมิสูง

หลังจากปล่อยให้อยู่ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลานาน 1,000 ชั่วโมง LOCTITE 402 สามารถคงแรงยึดติดได้ถึง 79% ของแรงยึดตั้งต้นของกาวไว้ได้ (ดูรูปที่ 3) กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปยังมีประสิทธิภาพที่ดีที่อุณหภูมินี้ โดยสามารถคงแรงยึดติดได้ถึง 59% ของแรงยึดตั้งต้น ในขณะที่กาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไปคงแรงยึดได้ 29%



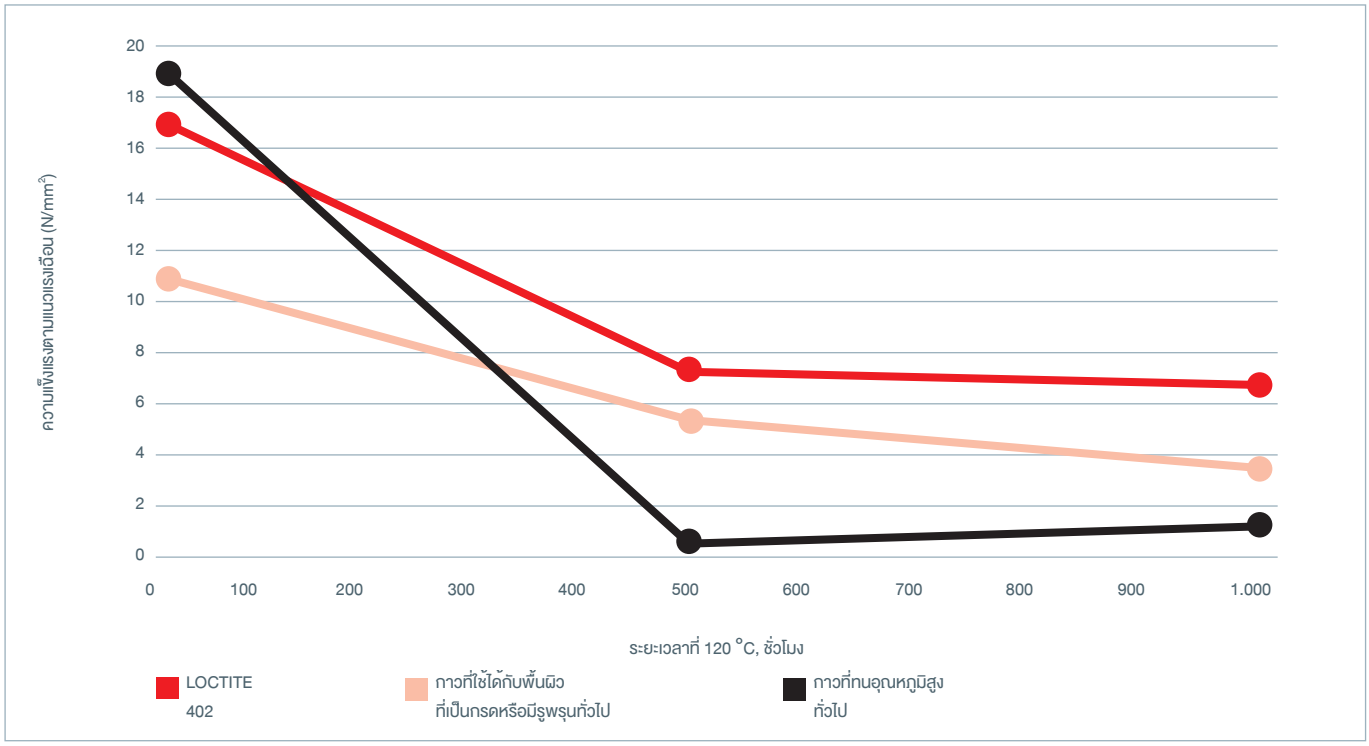
3

การทนความร้อนของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากเวลาผ่านไปมากกว่า 1,000 ชั่วโมง ที่ 100 °C บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวในลักษณะตามแนวแรงเฉือน

รูปที่ 4 แสดงความต้านทานความร้อนของ LOCTITE 402 หลังจากเวลาผ่านไปมากกว่า 1,000 ชั่วโมง ที่ 120 °C เมื่อเทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปและกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป สังเกตเห็นการสูญเสียของความแข็งแรงของการยึดติดอย่างรวดเร็วสำหรับกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปสามารถคงความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือน ที่ 3.9 N/mm² หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง ในทางตรงกันข้าม LOCTITE 402 สามารถคงความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือนที่ 6.5 N/mm² (หรือ 38% ของแรงยึดติดเริ่มต้น) หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีกเป็น 135 °C ประสิทธิภาพการทนต่อความร้อนของ LOCTITE 402 จะชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูรูปที่ 5) หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 135 °C, LOCTITE 402 สามารถคงความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือนที่ 11.3 N/mm² หรือ 66% ของแรงยึดติดเริ่มต้น ในทางตรงกันข้าม กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปและกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป แสดงให้เห็นถึงการลดลงอย่างรวดเร็วแรงยึดนี้ภายใน 500 ชั่วโมง หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปและกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป แสดงแรงยึดนี้เป็นศูนย์ ซึ่งบ่งชี้ว่าเกิดการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์เชิงเส้น

ความทนทานต่อความร้อนของ LOCTITE 402 จะยังคงอยู่เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงสุดที่ 150 °C (ดูรูปที่ 6) หลังจากปล่อยให้อยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลานาน 1,000 ชั่วโมง LOCTITE 402 สามารถคงแรงยึดได้ถึง 49% ของแรงยึดตั้งต้นของกาว ในทางตรงกันข้าม แรงยึดของกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไปจะลดลงอย่างมากภายใน 500 ชั่วโมงแรกของการปล่อยให้อยู่ที่อุณหภูมิดังกล่าว โดยสามารถรักษาแรงยึดไว้ได้เพียง 9% ของแรงยึดตั้งต้น เราจะสังเกตเห็นการสูญเสียความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือนอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้นสำหรับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป โดยมีแรงยึดเป็นศูนย์หลังจาก 500 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 150 °C นี่แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์เชิงเส้นเกิดขึ้นได้เร็วกว่าเมื่ออุณหภูมิที่กาวสัมผัสเพิ่มสูงขึ้น

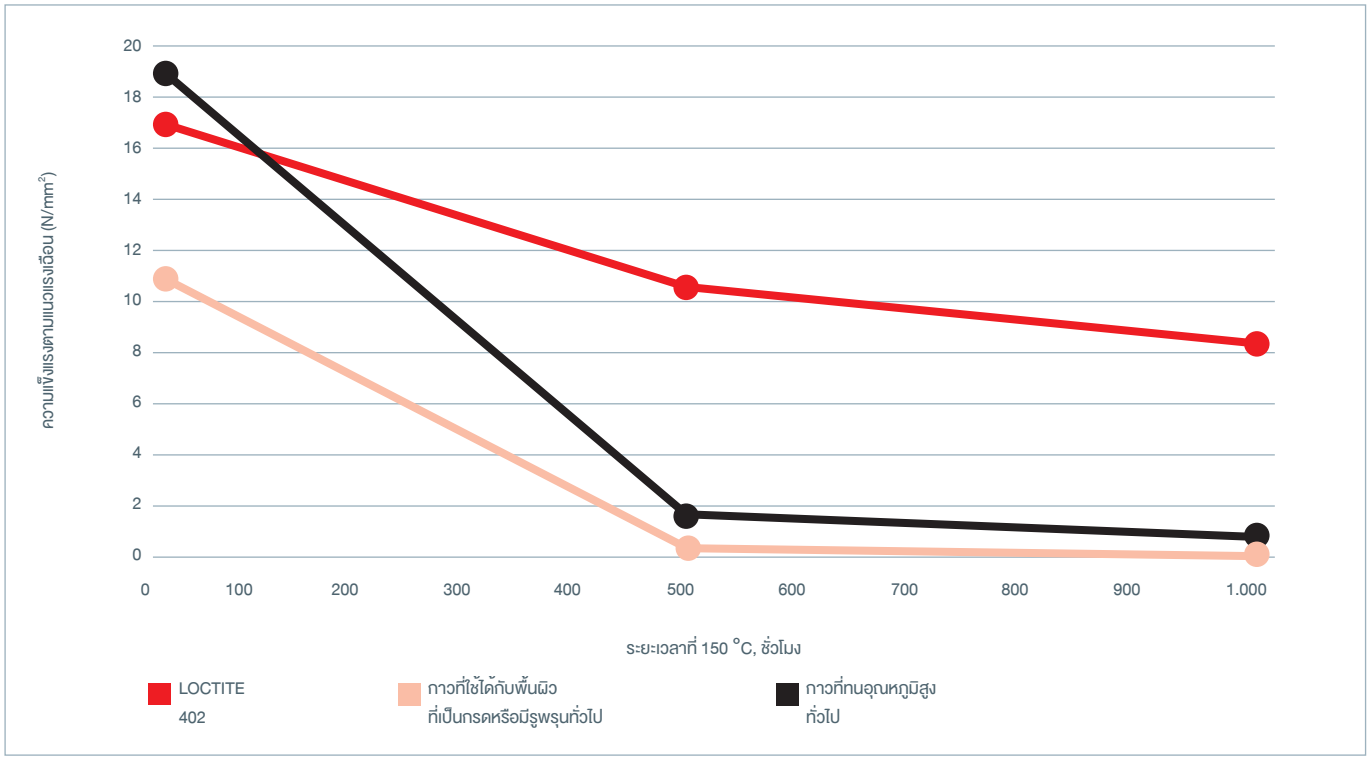


4

ความต้านทานความร้อนของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากเวลาผ่านไปมากกว่า 1,000 ชั่วโมง ที่ 120 °C บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน

5

ความต้านทานความร้อนของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากเวลาผ่านไปมากกว่า 1,000 ชั่วโมง ที่ 135 °C บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน



6

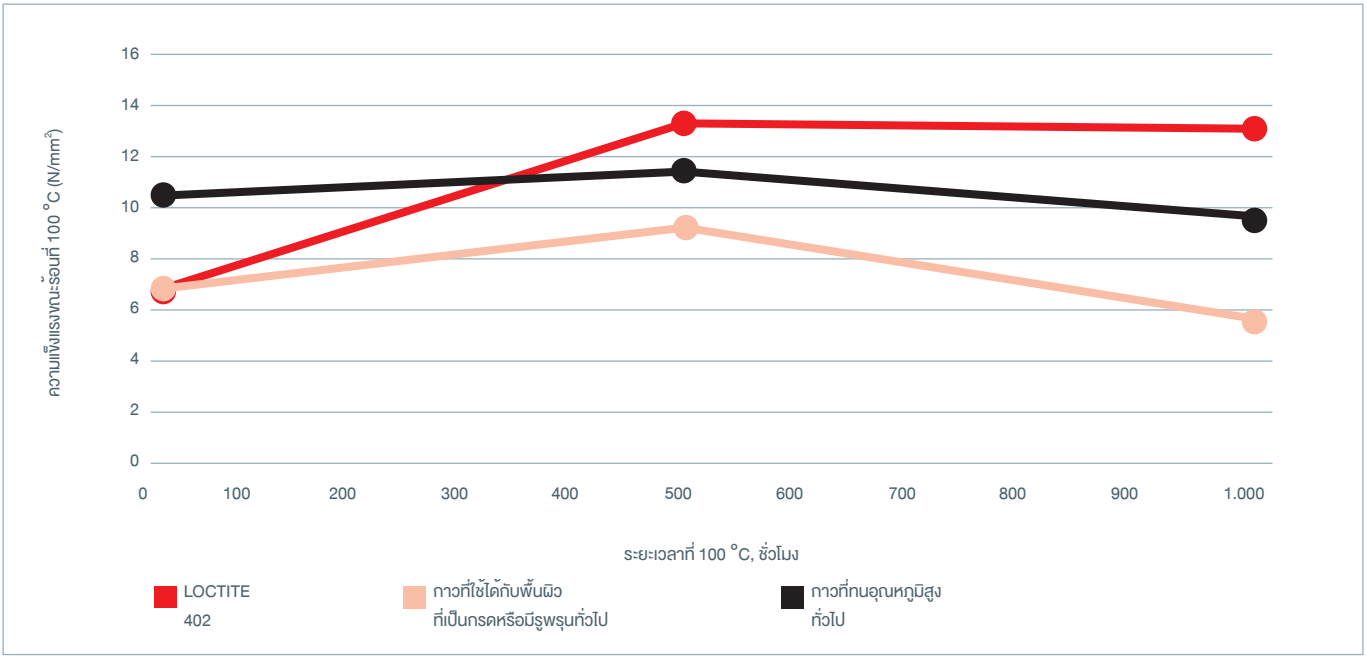
การทนความร้อนของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวแห้งเร็วที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากเวลาผ่านไปมากกว่า 1,000 ชั่วโมง ที่ 150 °C บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวในลักษณะตามแนวแรงเฉือน

คุณสมบัติที่โดดเด่นของ LOCTITE 402 คือความสามารถที่น่าประทับใจในการทนต่ออุณหภูมิสูงและคงความแข็งแรงต่อความร้อนไว้ได้หลังจากสัมผัสกับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ดังนั้น LOCTITE 402 จึงเป็นกาวแห้งเร็วชนิดเดียวที่สามารถรักษาประสิทธิภาพการทำงานที่อุณหภูมิสูงได้อย่างต่อเนื่อง

ความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไปและกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากสัมผัสกับอุณหภูมิสูง เป็นดังนี้:

- ชิ้นงานเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวในลักษณะตามแนวแรงเฉือน โดยยึดด้วยกาว LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป หรือกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป
- หลังจากปล่อยให้กาวแห้งที่อุณหภูมิห้องนานเจ็ดวัน ชิ้นงานถูกนำไปไว้ในที่อุณหภูมิสูง:
  - 100 °C / 212 °F
  - 120 °C / 248 °F
  - 135 °C / 275 °F
  - 150 °C / 302 °F
- หลังจากผ่านไป 500 และ 1,000 ชั่วโมงที่ชิ้นงานถูกนำไปวางในแต่ละระดับอุณหภูมิ ทำการทดสอบแรงยึดติดของกาวที่ติดตามแนวแรงเฉือนในแต่ละระดับอุณหภูมิ

รูปที่ 7 แสดงความแข็งแรงขณะร้อนที่ 100 °C สำหรับ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป หลังจากสัมผัสที่อุณหภูมินี้เป็นเวลานาน สำหรับ LOCTITE 402 ความแข็งแรงขณะร้อนจะเพิ่มขึ้นจาก 7.8 N/mm² ในตอนแรก ไปจนถึง 13.4 N/mm² ภายใน 500 ชั่วโมงแรกของการสัมผัสกับอุณหภูมินี้ ความแข็งแรงขณะร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะคงอยู่ต่อไปอีก 500 ชั่วโมงถัดไปของการสัมผัสกับอุณหภูมินี้ ความแข็งแรงขณะร้อนของกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไปจะคงที่ที่ประมาณ 10 N/mm² ในการสัมผัสกับอุณหภูมินี้ 1,000 ชั่วโมง สำหรับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป ความแข็งแรงขณะร้อนจะลดลงเล็กน้อยลงไปที่ 5.4 N/mm² หลังจากสัมผัสกับอุณหภูมินี้ 1,000 ชั่วโมง

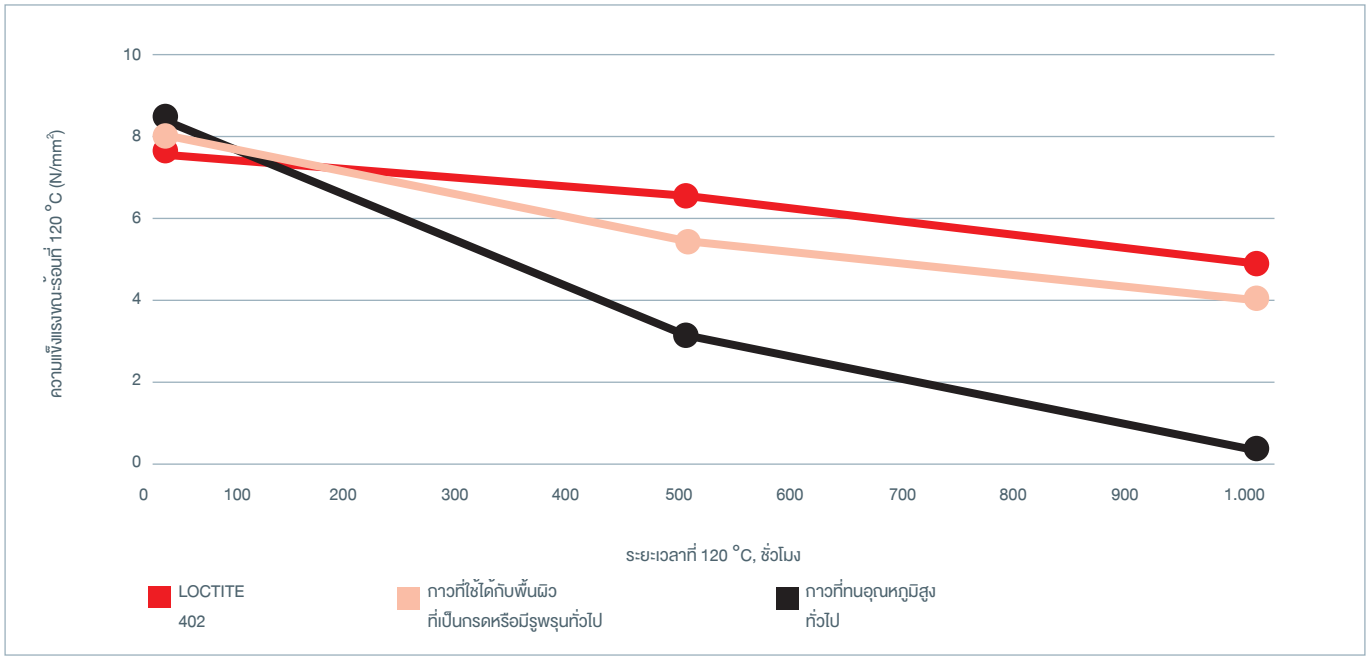


7

ความแข็งแรงขณะร้อน ที่ 100 °C ของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 100 °C

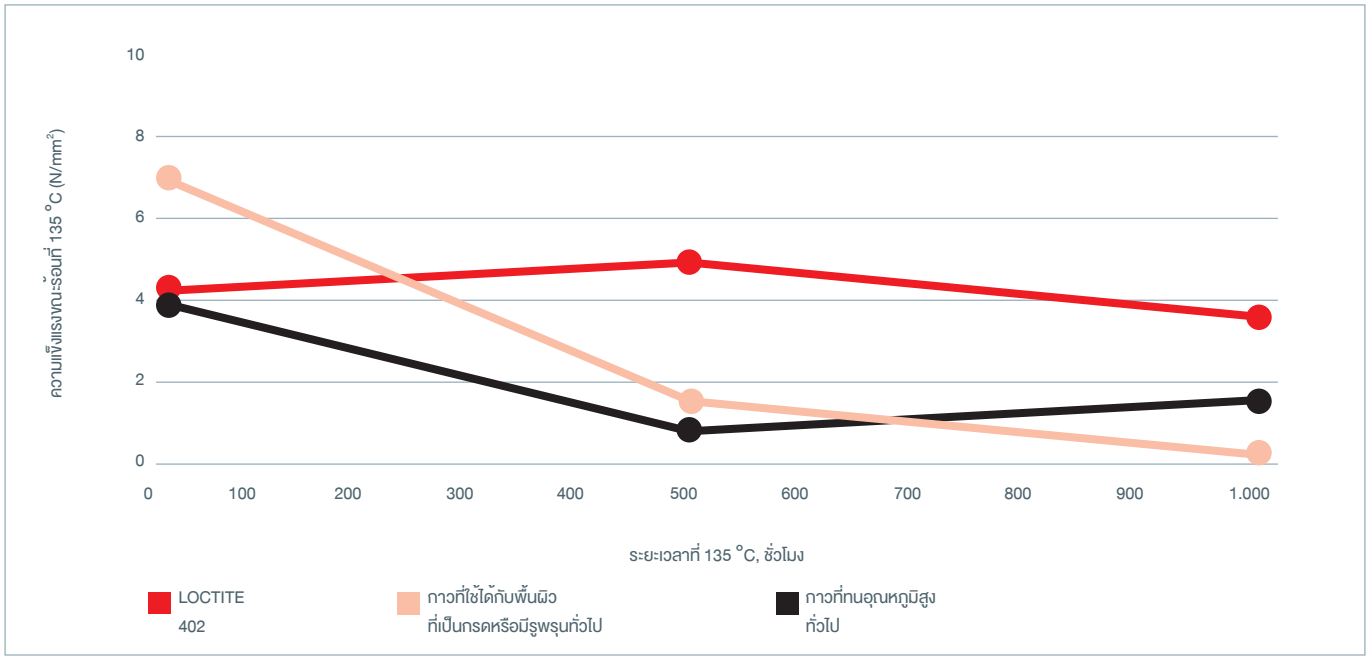
สำหรับ LOCTITE 402 การสัมผัสกับอุณหภูมิที่ 120 °C เป็นเวลานาน 1,000 ชั่วโมง ส่งผลให้ความแข็งแรงขณะร้อนลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 4.8 N/mm² (ดูรูปที่ 8) ความแข็งแรงขณะร้อนลดลงในทำนองเดียวกันสำหรับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป ในช่วงเวลาสัมผัสอุณหภูมิเดียวกัน โดยลดลงจาก 8 N/mm² เป็น 3.9 N/mm² เมื่อผ่านไป 1,000 ชั่วโมง การลดลงของความแข็งแรงขณะร้อนเมื่อเวลาผ่านไปบ่งชี้ว่าคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงเส้นกำลังเริ่มเสื่อมสภาพ จากที่กล่าวมา แม้หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 °C กาวทั้งสองชนิดยังคงมีความแข็งแรงขณะร้อนเพียงพอที่จะให้ประสิทธิภาพในการใช้งานได้ ในทางตรงกันข้าม ความแข็งแรงขณะร้อนสำหรับกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไปจะลดลงเหลือ 0.7 N/mm² หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง ซึ่งไม่เพียงพอที่จะให้ประสิทธิภาพในการใช้งาน

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก ความแตกต่างระหว่าง LOCTITE 402 และกาวอีกสองชนิดจะชัดเจนยิ่งขึ้น (ดูรูปที่ 9) สำหรับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป ความแข็งแรงขณะร้อนที่ 135 °C จะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป หลังจากผ่านไป 500 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 135 °C ความแข็งแรงขณะร้อนลดลงเหลือ 1.7 N/mm² ซึ่งไม่เพียงพอที่จะให้ประสิทธิภาพในการใช้งานได้ เมื่อเวลาผ่านไป 1,000 ชั่วโมง ค่าดังกล่าวเหลือเป็นศูนย์ ซึ่งบ่งชี้ว่าเกิดการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์เชิงเส้นโดยสมบูรณ์ สำหรับกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป ความแข็งแรงขณะร้อนจะลดลงเหลือ 1.4 N/mm² ภายใน 500 ชั่วโมงหลังจากสัมผัสกับอุณหภูมิดังกล่าว แต่ก็คงอยู่ที่ระดับนี้ในเวลา 500 ชั่วโมงถัดไป และเช่นเดียวกัน ความแข็งแรงขณะร้อนของกาวนี้เมื่อเวลาผ่านไปไม่เพียงพอที่จะให้ประสิทธิภาพในการใช้งานได้ ในทางตรงกันข้าม หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 135 °C ความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 จะคงอยู่ที่ 3.8 N/mm² ประสิทธิภาพที่คงอยู่นี้เมื่อเวลาผ่านไป เกิดจากการเชื่อมขวางของอัลลิลพอลิเมอร์ ซึ่งให้ประสิทธิภาพการทนความร้อนที่ดีเยี่ยม



8

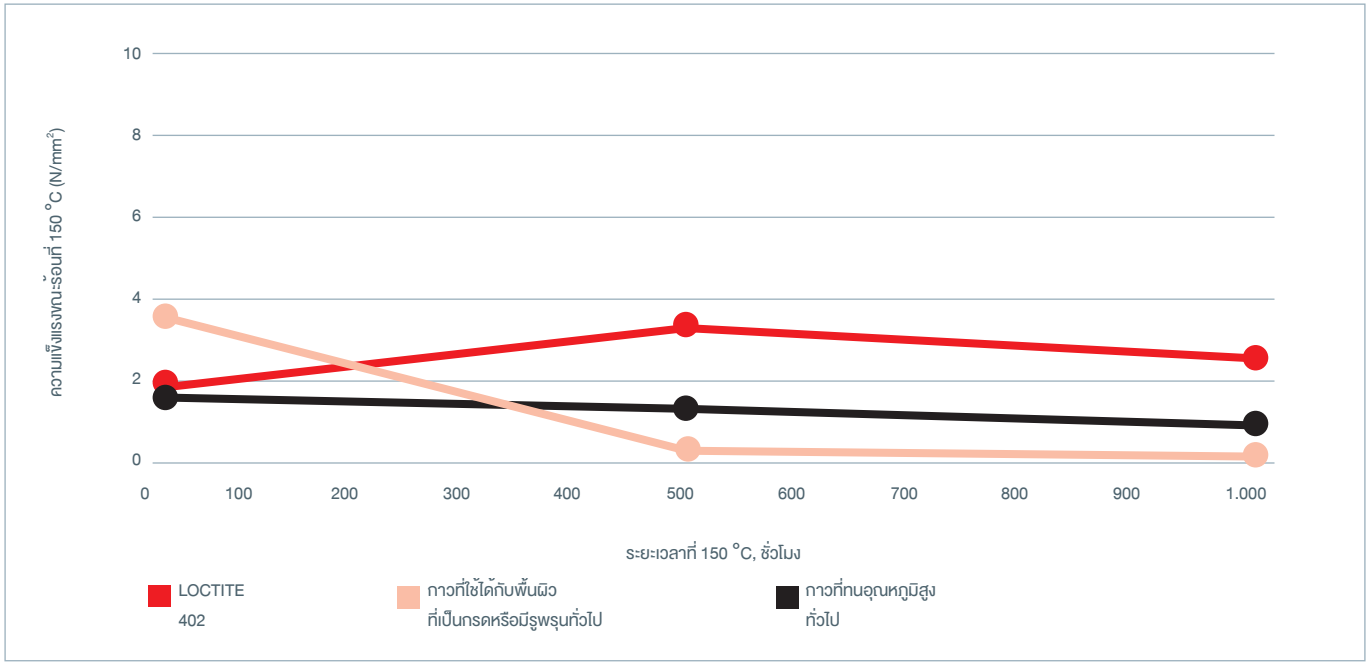
ความแข็งแรงขณะร้อน ที่ 120 °C ของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน หลังจากผ่านไปถึง 1,000 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 °C



9

ความแข็งแรงขณะร้อน ที่ 135 °C ของ LOCTITE 402 กาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือน หลังจากผ่านไปถึง 1,000 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 135 °C

การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 150 °C จะเร่งการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์สำหรับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป (ดูรูปที่ 10) หลังจากผ่านไป 500 ชั่วโมง พอลิเมอร์เชิงเส้นได้เสื่อมสภาพจนเกือบหมด ที่อุณหภูมิ 150 °C ความแข็งแรงขณะร้อนของกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไปคือ 1.7 N/mm² ในช่วงแรก และ 0.9 N/mm² หลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง ที่น่าสนใจคือ ความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 จะเพิ่มขึ้นภายใน 500 ชั่วโมงแรกของการสัมผัสกับอุณหภูมิ 150 °C ไปอยู่ที่ 3.1 N/mm² ความแข็งแรงขณะร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้บ่งชี้ว่า การเชื่อมขวางของอัลลิลพอลิเมอร์ได้เกิดขึ้น ซึ่งให้ประสิทธิภาพทนความร้อนที่ดีเยี่ยมแก่กาวที่ติดตามแนวแรงเฉือน และอีก 500 ชั่วโมงต่อมา ที่อุณหภูมิ 150 °C ความแข็งแรงขณะร้อนของ LOCTITE 402 ก็ยังคงอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อประสิทธิภาพในการใช้งานได้



10

ความแข็งแรงต่อความร้อน ที่ 150 °C ของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป บนเหล็กสแตนเลสที่ติดด้วยกาวตามแนวแรงเฉือนหลังจากปล่อยให้แห้งจนถึง 1,000 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 150 °C

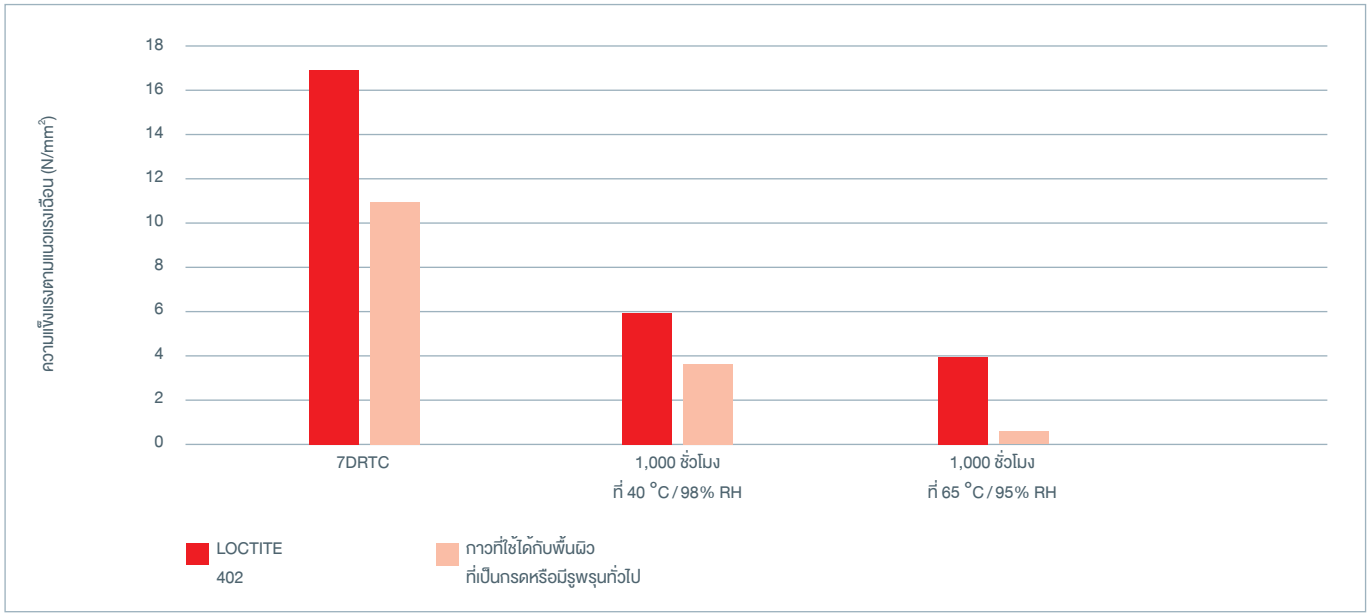
สรุปประสิทธิภาพการทนต่ออุณหภูมิสูงโดยรวมของ LOCTITE 402 เทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป และกาวที่ทนอุณหภูมิสูงทั่วไป ดังตารางที่ 4 เมื่อคำนึงถึงคุณสมบัติทางความร้อนทั้งสามคุณสมบัติ อุณหภูมิในการทำงานที่แนะนำสำหรับ LOCTITE 402 คือ -40 °C ถึง +135 °C เนื่องจากค่าความแข็งแรงขณะร้อนเริ่มต้นของ LOCTITE 402 ที่อุณหภูมิ 150 °C คือ 1.8 N/mm² ซึ่งต่ำกว่าที่ถือว่าเพียงพอสำหรับประสิทธิภาพในการใช้งานเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม หากความแข็งแรงขณะร้อนเริ่มต้นที่ 150 °C ไม่ใช่ความต้องการหลักสำหรับการใช้งานเฉพาะ LOCTITE 402 อาจเหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิเกิน 135 °C ดังนั้น จึงแนะนำให้ทดสอบใช้ LOCTITE 402 กับการใช้งานแต่ละประเภท

4

LOCTITE 402
100 °C 150 °C

		100 °C	120 °C	135 °C	150 °C
LOCTITE 402		ใช่	ใช่	ใช่	ไม่
	1,000	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
	1,000	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
		ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
	1,000	ใช่	ใช่	ไม่	ไม่
	1,000	ใช่	ใช่	ไม่	ไม่
		ใช่	ใช่	ใช่	ไม่
	1,000	ใช่	ไม่	ไม่	ไม่
	1,000	ใช่	ไม่	ไม่	ไม่

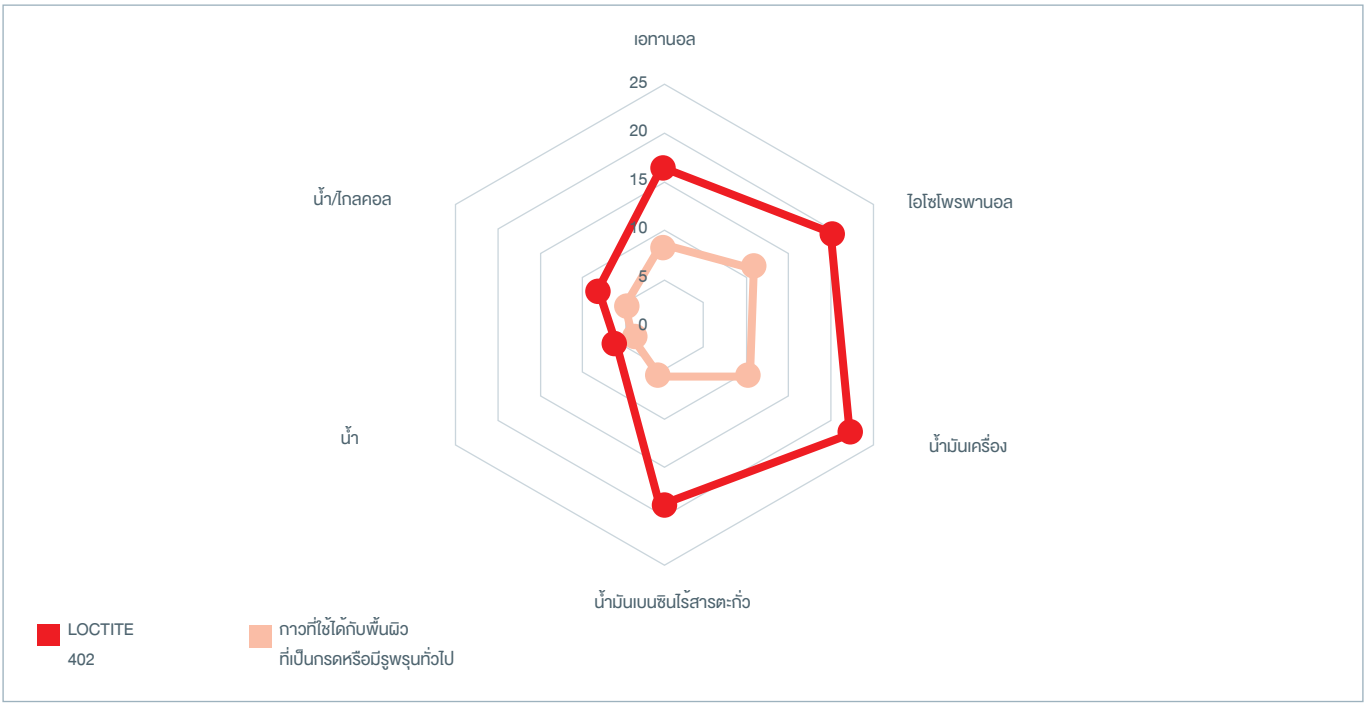
LOCTITE 402 ยังมีการปรับปรุงด้านความทนทานภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆ เมื่อเทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป LOCTITE 402 แสดงให้เห็นความทนทานที่ดีขึ้นในสภาวะที่มีอุณหภูมิ/ความชื้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น รูปที่ 11 แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีขึ้น หลังจากให้กาวสัมผัสกับความร้อนนาน 1,000 ชั่วโมง ที่ 40°C/98% RH และ 65 °C/95% RH



11

ความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือน (N/mm²) สำหรับ LOCTITE 402 และกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุน บนเหล็กสแตนเลสหลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ/ความชื้นสูง

LOCTITE 402 ยังมีความทนทานต่อตัวทำละลาย/ตัวกลางต่างๆ รวมถึงน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว น้ำมันเครื่อง ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เมื่อเปรียบเทียบกับกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป (ดูรูปที่ 12)



12

ความแข็งแรงตามแนวแรงเฉือน (N/mm²) สำหรับ LOCTITE 402 และกาวที่ใช้ได้กับพื้นผิวที่เป็นกรดหรือมีรูพรุนทั่วไป บนเหล็กสแตนเลสหลังจากผ่านไป 1,000 ชั่วโมง โดยให้กาวอยู่ในสภาพแวดล้อมของตัวทำละลาย/ตัวกลางต่างๆ

สรุป

แม้ว่านักออกแบบและผู้ผลิตจะมีวิธีการประกอบหลายวิธี แต่กาวแห้งเร็วสามารถให้ประโยชน์ที่สำคัญซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของตลาดในปัจจุบันที่ต้องการอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กกว่า ประสิทธิภาพสูงกว่า และแม่นยำกว่า LOCTITE 402 แสดงให้เห็นข้อได้เปรียบอย่างมีนัยสำคัญมากกว่ากาวไซยาโนอะคริเลตแบบดั้งเดิม รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานที่อุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่องและปรับปรุงความทนทานให้ดีขึ้นในการทนความร้อน/ความชื้น ทั้งหมดนี้ยังคงคุณสมบัติหลักสำหรับเหตุผลของการเลือกกาวแห้งเร็ว (กาวองค์ประกอบเดียว ยึดติดรวดเร็ว ใช้กับพื้นผิวได้หลากหลาย)

LOCTITE 402 เป็นกาวแห้งเร็วที่มีประสิทธิภาพสูง นั่นคือ รวดเร็ว เชื่อถือได้ และง่ายต่อการทำระบบอัตโนมัติสำหรับการประกอบที่แม่นยำ

1 Cyanoacrylates: Towards High Temperature Resistant Instant Adhesives. A Critical Review, Barry Burns, Rev. Adhesion Adhesives, Vol. 5, No. 4, December 2017.

ผู้เขียนขอขอบคุณ Hilary Bryan สำหรับการมีส่วนร่วมของเธอในการจัดทำข้อมูลที่นำเสนอในที่นี้

ผู้เขียน

Áine Mooney
aine.mooney@henkel.com

Martin Smyth
martin.smyth@henkel.com

Tammy Gernon
tammy.gernon@henkel.com

Michael Jordan
michael.jordan@henkel.com

Oliver Droste
oliver.droste@henkel.com

Christine Marotta
christine.marotta@henkel.com

ข้อมูลที่มีอยู่ในที่นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อ้างอิงเท่านั้น โปรดติดต่อวิศวกรเทคนิคของ Henkel เพื่อขอความช่วยเหลือและคำแนะนำเกี่ยวกับข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ เครื่องหมายทั้งหมดที่ใช้ข้างต้นในเอกสารสิ่งพิมพ์นี้เป็นเครื่องหมายการค้าและ/หรือเครื่องหมายการค้าจดทะเบียนของ Henkel และ/หรือบริษัทในเครือในสหรัฐอเมริกา เยอรมนี และที่อื่นๆ ยกเว้นจะมีการระบุไว้เป็นอย่างอื่น © Henkel AG & Co. KGaA, 2021