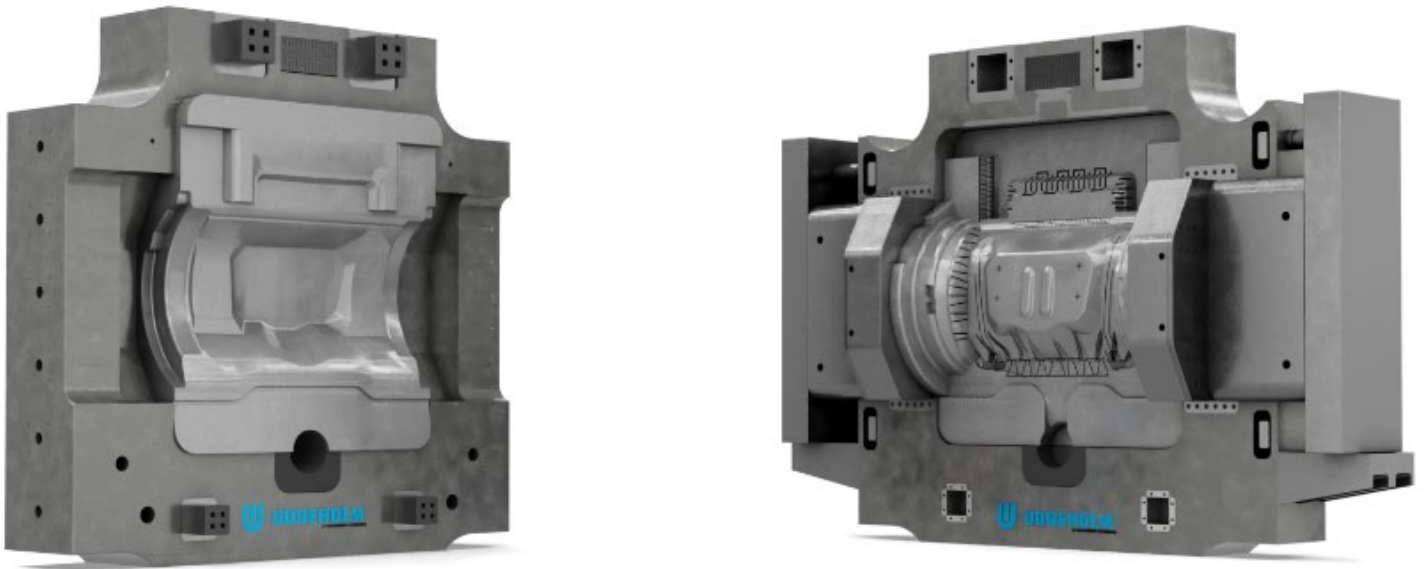


VIDAR SUPERIOR

ตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting)



Sebastian Sivertsen

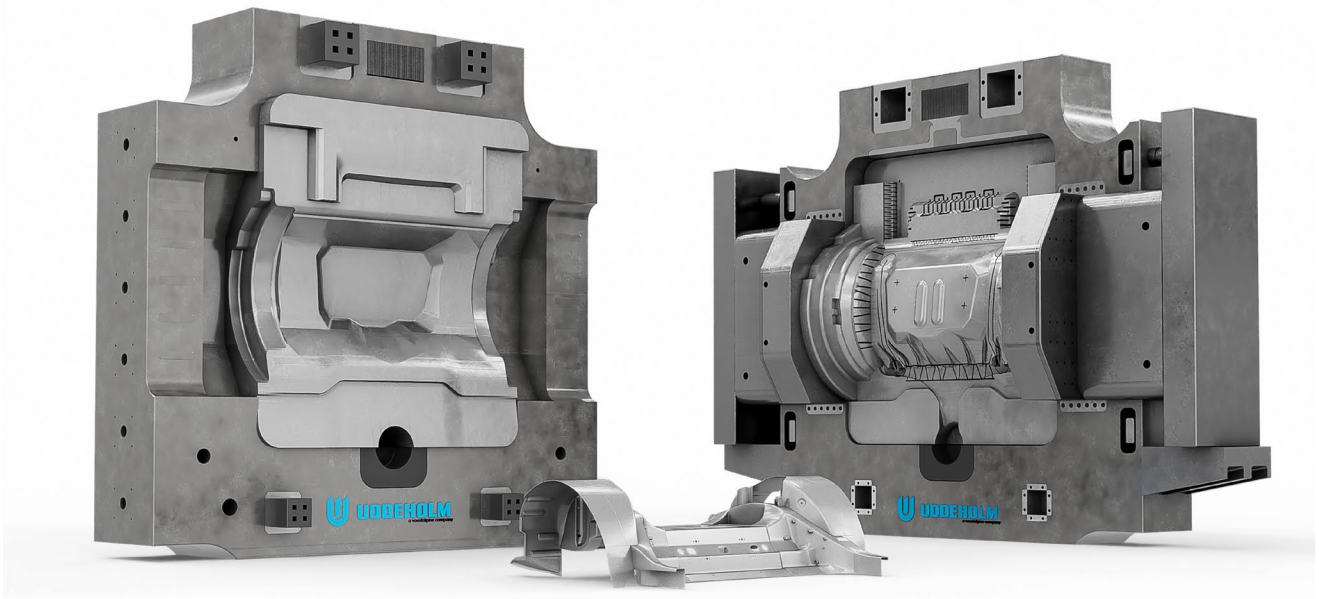
บทคัดย่อ

การหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ผ่านการหล่อฉีดด้วยแรงดันสูง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ทั่วทั้งเอเชีย ยุโรป และอเมริกาเหนือ ชิ้นงานหล่อที่ขนาดเพิ่มขึ้นทำให้ต้องมีการปรับปรุงโลหะแม่พิมพ์มากขึ้น เพื่อให้มั่นใจว่าได้รับการผลิตที่คุ้มค่าและแม่พิมพ์ที่อายุการใช้งานนานขึ้น บรรดาเทคโนโลยีเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหายสำคัญในกระบวนการหล่อฉีดอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง (HPDC) ได้แก่ ความเค้นทางความร้อน การเชื่อมติด การสึกกร่อน และการแตกร้าว โดยความเค้นทางความร้อนเป็นปัญหาที่พบบ่อยที่สุด เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ การศึกษานี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเหล็กสองชนิด ได้แก่ AISI H13 ESR และ Vidar Superior ในด้านความต้านทานต่อความเค้นทางความร้อนและความแข็งแรงต่อแรงกระแทก

Vidar Superior เหล็กเกรด AISI H11 ที่ปรับปรุงใหม่ให้มีปริมาณซิลิกอนต่ำ ซึ่งแสดงประสิทธิภาพที่เหนือกว่าในทั้งสองด้าน การทดสอบความเค้นทางความร้อนเผยให้เห็นว่า Vidar Superior เกิดรอยแตกน้อยกว่าและดีนกว่า เมื่อได้รับความเค้นจากความร้อนซ้ำ ๆ โดยเทียบกับ AISI H13 ESR นอกจากนี้ การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงกระแทกแสดงให้เห็นว่า Vidar Superior มีค่าความแข็งแรงเฉื่อยที่ 35 จูล ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ย 16 จูล ของ AISI H13 ESR อย่างมาก ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า Vidar Superior เหมาะสมกว่าในการใช้งานสำหรับการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) โดยมีความต้านทานต่อความเค้นทางความร้อนและการแพร่กระจายของรอยแตกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่าบำรุงรักษาลดลงและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์นานขึ้น

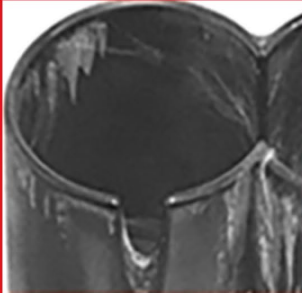






บทนำ

การหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) ใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก! ในเอเชีย ยุโรป และอเมริกาเหนือมีการติดตั้งเครื่องอัดเพื่อผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ โดยใช้กระบวนการหล่อฉีดด้วยแรงดันสูง ด้วยแรงกดที่ล้นมากกว่า 6,000 ตัน ความต้องการต่อเหล็กแม่พิมพ์จึงสูงมากเพื่อให้ได้การผลิตที่คุ้มค่า ซึ่งทำได้โดยการผลิตชิ้นส่วนจำนวนมากก่อนทำการบำรุงรักษาที่จำเป็น เนื่องจากกลไกเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหาย



รูปที่ 1 ภาพของแม่พิมพ์และชิ้นส่วนการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting)

ในการหล่อฉีดอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง มีกลไกเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหายหลักสี่ประการ ได้แก่ ความเค้นทางความร้อนหรือการล้าเนื่องจากความร้อน การเชื่อมติด การสึกกร่อน และการแตกร้าว หากเราถามบริษัทที่ทำธุรกิจด้าน HPDC ส่วนใหญ่ว่า ความเสียหายหลักของแม่พิมพ์ที่ทำให้ใช้งานได้ไม่เต็มอายุการใช้งานคืออะไร บริษัทส่วนใหญ่จะตอบว่าคือความเค้นทางความร้อน ตามด้วยการเชื่อมติดหรือการสึกกร่อน อย่างไรก็ตาม บางครั้งการแตกร้าวก็เกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถทำให้การผลิตหยุดชะงักลงอย่างรวดเร็ว กลไกเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหายที่พบบ่อยที่สุดอธิบายไว้ในรูปที่ 2 ด้านล่างนี้

		<p><u>การเชื่อมติด</u> - เกิดขึ้นขณะอะลูมิเนียมติดกับแม่พิมพ์ โดยปัญหานี้เกิดกับหมุดแกนหรือส่วนอื่น ๆ ที่มีความร้อนสูงมาก</p>
		<p><u>ความเค้นทางความร้อน</u> - เกิดจากความเค้นจากความร้อนซ้ำ ๆ ความเค้นแรงดึง และความเค้นจากการเปลี่ยนรูปรวมกัน</p>
		<p><u>การแตกร้าว</u> - เกิดจากแม่พิมพ์ได้รับความร้อนและ/หรือแรงดันเกินพิกัด</p>
		<p><u>การสึกกร่อน</u> - การสึกหรอทางกลไกที่อุณหภูมิสูง ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากความเร็วของการหลอม</p>

รูปที่ 2 กลไกเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหายที่พบบ่อยที่สุดใน HPDC

ในการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) ขนาดการหล่อที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่แม่พิมพ์มากขึ้น และขนาดแม่พิมพ์ที่ใหญ่ขึ้นก็ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นด้วย ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้และเพื่อยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนได้ มีปัจจัยหลักสองประการที่มีบทบาทสำคัญในการเลือกเหล็กแม่พิมพ์ ปัจจัยแรก คือความสามารถของวัสดุในการชะลอความเค้นทางความร้อนและยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ก่อนที่จะเริ่มมีร่องรอยแตกร้าวบนพื้นผิว ปัจจัยที่สอง คือการลดความเสี่ยงการแตกร้าวที่แทรกซึมลึกเข้าไปในแม่พิมพ์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงและทำให้การเชื่อมซ่อมแซมยากขึ้น เพื่อให้ทันต่อการแพร่กระจายของรอยแตกร้าว วัสดุแม่พิมพ์ต้องมีความแข็งแรงต่อแรงกระแทกสูง

ในการแก้ไขปัญหาหลักของความเค้นทางความร้อน สูตรทางเคมีของเหล็ก 1.2344 (AISI H13) และ 1.2343 (AISI H11) ยังไม่เป็นไปตามที่คาดไว้หรือมีข้อจำกัดในด้านนี้ AISI H11 และ H13 ถือเป็นมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับเหล็กแม่พิมพ์ในการหล่อฉีดด้วยแรงดันสูง อย่างไรก็ตาม สำหรับการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) จำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเพื่อชะลอความเค้นทางความร้อนและเพิ่มความแข็งแรงต่อแรงกระแทก ซึ่งมักจะเป็นวิธีที่ประหยัดต้นทุนสำหรับการผลิตทั้งกระบวนการ

วิธีการทดลองการประเมินความเค้นทางความร้อนและความแข็งแรงต่อแรงกระแทกในเหล็กแม่พิมพ์

มีการทดสอบความเค้นทางความร้อนและความแข็งแรงต่อแรงกระแทกบนวัสดุสองประเภท โดยเก็บตัวอย่างจากบล็อก AISI H13 ESR และบล็อกที่ทำจาก Vidar Superior (ตารางที่ 1) Vidar Superior เป็นเหล็กเกรดใหม่ในกลุ่มเหล็ก AISI H11 ESR ที่ปรับปรุงแล้ว และมีปริมาณซิลิกอนต่ำเพื่อให้ได้ความแข็งแรงต่อแรงกระแทกที่สูงมาก

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเหล็กแม่พิมพ์ทั้งสองเกรด

เหล็กเครื่องมือ	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
AISI H13 ESR	0.40	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Vidar Superior	0.36	0.3	0.3	5.0	1.3	0.5

ตัวอย่างการทดสอบความเค้นทางความร้อนมีลักษณะเป็นทรงกระบอกและมีรูทะลุ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เก็บจากเหล็กทั้งสองเกรด (รูปที่ 3) โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างสำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อแรงกระแทก Charpy-V ในแนวขวางเครื่องระยะสั้น การอบชุบด้วยความร้อน ปฏิบัติตามข้อกำหนดของ NADCA เพื่อให้ได้ความแข็งที่ 44-46 HRC

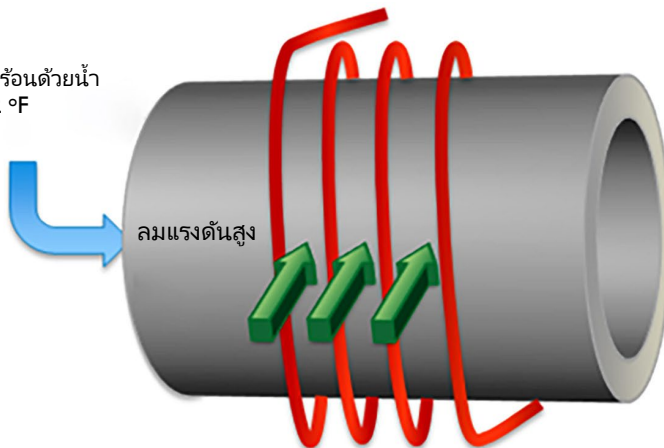


เส้นผ่านศูนย์กลางกลาง: 50 mm, 1.97"
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน: 35 mm, 1.38"
ความยาว: 100 mm, 3.94"

รูปที่ 3 รูปร่างของตัวอย่างทดสอบการล้าเนื่องจากความร้อน

การทดสอบความเค้นทางความร้อนดำเนินการบนแท่นทดสอบ โดยยึดตัวอย่างไว้ระหว่างที่จับสองด้านซึ่งเชื่อมต่อกับถังน้ำ น้ำจะไหลผ่านรูตัวอย่างด้วยอัตราคงที่ ทำหน้าที่เป็นช่องระบายความร้อน แล้ววางขดลวดทองแดงไว้รอบกึ่งกลางเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวอย่าง โดยมีความยาว 60 มม. ขดลวดนี้เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำความร้อนที่ 35 กิโลวัตต์ ด้านหลังขดลวดทองแดงและรอบเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวอย่างมีหัวฉีดเชื่อมต่อกับคอมเพรสเซอร์ ซึ่งหัวฉีดนี้จะเป่าลมแรงดันสูงไปยังผิวภายนอกของตัวอย่างเพื่อเพิ่มอัตราการระบายความร้อน การทดสอบดำเนินการที่อุณหภูมิแปรผันระหว่าง 700 องศาเซลเซียส และ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 800 รอบ ผลการทดสอบประเมินโดยวัดรอยร้าวทั้งหมดจากผิวหน้าลึกเข้าไปในวัสดุ และแสดงผลลัพธ์เป็นความลึกเฉลี่ยของรอยร้าว

การระบายความร้อนด้วยน้ำ
T ~4 °C / 39.2 °F

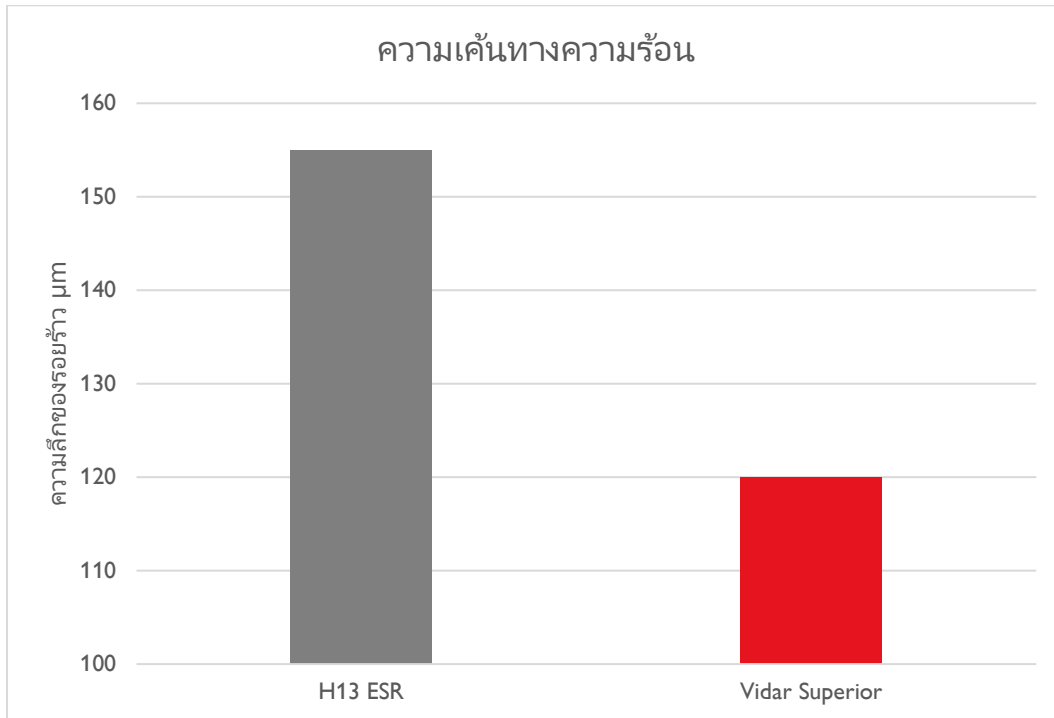


รูปที่ 4 วิธีสร้างชุดทดสอบรอบตัวอย่าง

การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงกระแทก ดำเนินการโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกระแทกแบบ Charpy อันประกอบด้วยลูกตุ้มหนักที่ติดตั้งบนฐาน ตัวอย่าง Charpy V-notch ขนาด 10 มม. x 10 มม. x 55 มม. โดยมีร่องรูปตัววีที่กลึงไว้ในตัวอย่าง ร่องนี้ลึก 2 มม. ทำมุม 45 องศา และมีรัศมีฐานของร่อง 0.25 มม. พลังงานที่ดูดซับในระหว่างการแตกหักแสดงถึงความสามารถของวัสดุในการทนต่อแรงกระแทกฉับพลัน ซึ่งสำคัญต่อวัสดุในงานที่อาจรับน้ำหนักด้วยแรงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาหรือการกระแทกอย่างรุนแรง

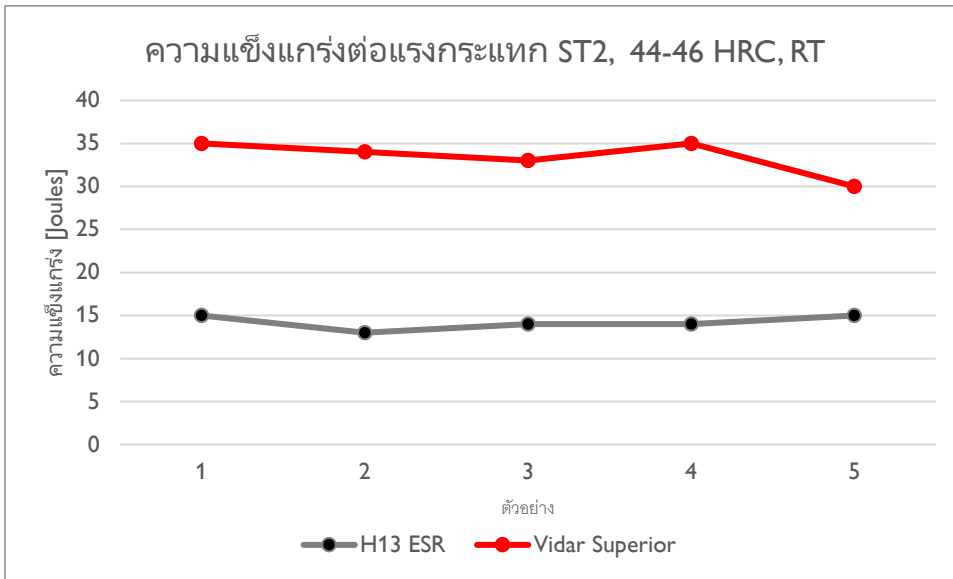
คุณสมบัติที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบการล้าเนื่องจากความร้อนแสดงให้เห็นว่า AISI H13 ESR มีรอยร้าวที่ลึกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Vidar Superior (รูปที่ 5) นั้นบ่งชี้ได้ว่า Vidar Superior มีรอยร้าวลึกลดลงกว่าเมื่อได้รับความเค้นจากความร้อนซ้ำ ๆ ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting)



รูปที่ 5 แสดงความลึกเฉลี่ยของรอยร้าว

ในกรณีของการแพร่กระจายของรอยร้าว ค่าความแข็งแรงต่อแรงกระแทกที่สูงขึ้นหมายความว่าจำเป็นต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการทำให้วัสดุแตก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า Vidar Superior มีความแข็งแรงต่อแรงกระแทกสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 35 จูล เมื่อเทียบกับ AISI H13 ESR ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 16 จูล



รูปที่ 6 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงกระแทก

บทสรุป

การใช้วิธีการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) อย่างกว้างขวางทั่วโลกได้เพิ่มความต้องการอย่างมากสำหรับเหล็กแม่พิมพ์ที่ทันสมัยซึ่งสามารถทนต่อสภาวะที่รุนแรงของการหล่อฉีดด้วยแรงดันสูง เมื่อมีการติดตั้งเครื่องอัดไปทั่วโลกเพื่อผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ ความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ และความคุ้มค่าในการผลิตก็ยิ่งชัดเจนขึ้น กลไกเครื่องที่ทำให้เกิดความเสียหายหลักในกระบวนการหล่อฉีดอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง ได้แก่ ความเค้นทางความร้อน การเชื่อมติด การสึกกร่อน และการแตกร้าว

การศึกษาของเราแสดงให้เห็นว่าเหล็กแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม เช่น AISI H13 และ AISI H11 แม้จะได้มาตรฐานในการหล่อฉีดด้วยแรงดันสูง แต่ยังมีข้อจำกัดในการทนต่อความเค้นทางความร้อนและความแข็งแรงต่อแรงกระแทก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เหล็ก AISI H13 ESR แสดงให้เห็นรอยร้าวที่ลึกกว่าและความแข็งแรงต่อแรงกระแทกที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ Vidar Superior ซึ่งเป็นเหล็ก AISI H11 ที่ปรับปรุงใหม่ให้มีปริมาณซิลิกอนต่ำ มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยให้ความทนต่อความเค้นทางความร้อนที่ต่ำกว่าและความแข็งแรงต่อแรงกระแทกที่สูงกว่า

ประสิทธิภาพที่เหนือกว่าของ Vidar Superior ซึ่งเห็นได้จากรอยร้าวที่น้อยกว่าและตื้นขึ้น รวมถึงความแข็งแรงต่อแรงกระแทกที่สูงกว่า ตอบสนองความต้องการสำคัญในการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) คุณสมบัติที่ยกระดับขึ้นทำให้เหล็กชนิดนี้เป็นตัวเลือกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการใช้งานที่ต้องการยืดอายุการใช้งานแม่พิมพ์และลดค่าบำรุงรักษา เพราะฉะนั้นการนำ Vidar Superior มาใช้อาจช่วยให้การดำเนินงานการหล่อโลหะขนาดใหญ่ (Gigacasting) มีความคุ้มค่าและเชื่อถือได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนในการผลิตชิ้นส่วนอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ในระยะยาว