

ผลของความเข้มข้นของของไหลนาโน, ชนิดและขนาดของผิวให้ความร้อน  
ที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือดแบบพูล

ทแก้ว เยี่ยมสวัสดิ์, วีระพันธ์ ด้วงทองสุข\*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  
19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160  
\*ผู้วิจัยติดต่อ: weerapund@sau.ac.th, wdaungthongsuk@yahoo.com

การเดือดแบบพูล (Pool boiling) เป็นพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อของเหลวได้รับความร้อนจากผิวให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวของของเหลว โดยของไหลนั้นไม่มีการเคลื่อนที่หรือไหลจากแรงบังคับภายนอก การเดือดแบบพูลนั้นพบได้ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหลายประเภท เช่น หม้อผลิตไอน้ำแบบท่อไฟในโรงงานอุตสาหกรรม, ท่อระบายความร้อน (Heat pipe) ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือหน่วยประมวลผลในคอมพิวเตอร์, ระบบแช่แข็งแบบเย็นเยือกที่ใช้การเดือดของสารทำงานที่มีจุดเดือดต่ำ, การระบายความร้อนของเครื่องมือตัดทางกล (Cutting tool) ในกระบวนการผลิต เป็นต้น

ของไหลนาโน (Nanofluids) คือนวัตกรรมใหม่ของของไหลทำงานที่ถูกพัฒนาให้มีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนสูงที่ได้จากการเพิ่มค่าการนำความร้อนด้วยวิธีการแขวนลอยอนุภาคของแข็งที่มีค่าการนำความร้อนสูงลงไปของไหลฐานหรือของไหลทำงานทั่วไป นอกจากนี้ของไหลนาโนนั้นถูกคาดว่าจะมันจะช่วยเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนหรือกลไกเดือดแบบพูลให้ดีขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาคูณลักษณะการเดือดของของไหลนาโนในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอยู่พอสมควร อย่างไรก็ตามจากผลงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีเพียงพอต่อการหาข้อสรุปที่แน่ชัดของสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนหรือกลไกเดือดแบบพูลของของไหลนาโนเนื่องจากมีผลการทดลองที่ขัดแย้งกันปรากฏอยู่ โดยผลการทดลองจากงานวิจัยส่วนมากแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือดแบบพูลของของไหลนาโนนั้นมีค่าต่ำกว่าของไหลฐานและแปรผันตามความเข้มข้นแต่มีผลการทดลองที่ตรงกันข้ามเกิดขึ้นในบางงานวิจัย เช่นในผลงานวิจัยของ Li และคณะ(2004) และผลการทดลองบางส่วนของ Suriyawong และ Wongwises(2010) ที่พบว่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือดแบบพูลของของไหลนาโนมีค่าสูงกว่าของไหลฐาน ด้วยเหตุนี้เขียนเองจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาเชิงทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของการเดือดแบบพูล เพื่อเป็นการตรวจสอบและหาข้อสรุปที่แน่ชัดของข้อขัดแย้งดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะการเดือดของของไหลนาโนชนิดซิลิกอนไดออกไซด์แขวนลอยในน้ำ ( $\text{SiO}_2$ -water) ที่ความเข้มข้นต่างๆ บนพื้นผิวให้ความร้อนแบบทรงกระบอกขนาดเล็กที่ทำจากวัสดุและขนาดต่างๆ

ผลจากการทดลองพบเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลต่างอุณหภูมิมระหว่างผิวความร้อนกับของไหลมีค่าสูงขึ้น ซึ่งนั่นหมายถึงว่าช่วงเริ่มต้นเกิดการเดือด (Onset of nucleate boiling) ของของไหลนาโนนั้นเกิดขึ้นล่าช้ากว่าน้ำปกติ ซึ่งจะส่งผลให้สมรรถนะการถ่ายเทความร้อนมีค่าลดลงส่วนผลของค่าพลักซ์ความร้อนพบว่าส่งผล

น้อยมากต่อค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากเดือดแบบพุลของของไหลทำงานที่เป็นน้ำปกติบนผิวลวดความร้อนที่ทำจากวัสดุต่างๆ พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนบนลวดทองเหลืองมีอัตราการเพิ่มที่สูงกว่าวัสดุอีกสองชนิดซึ่งอาจจะประมาณการณได้ว่าค่าฟลักซ์ความร้อนมีค่าเข้าใกล้ค่าวิกฤตที่เร็วกว่า ขณะที่ลวดความร้อนชนิดทองแดงและเหล็กกล้าไร้สนิมมีอัตราการเพิ่มที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนการเดือดบนลวดเหล็กกล้าไร้สนิมมีค่าที่สูงกว่า ในส่วนผลขนาด

ลวดที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งพบว่าที่ค่าฟลักซ์ความร้อนเท่ากันนั้นขนาดของลวดความร้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าลวดที่มีขนาดเล็ก

จากผลการทดลอง การที่สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือดแบบพุลของของไหลนาโนมีค่าต่ำกว่าของของไหลฐานที่เป็นน้ำปกติ นั้น สันนิษฐานได้ว่าเกิดจากพื้นผิวให้ความร้อนถูกปกคลุมด้วยอนุภาคนาโนของของแข็ง เป็นสาเหตุให้เกิดการบดบังพื้นที่ก่อให้เกิดการเดือด (Nucleation site) หรือเกิดจากการที่อนุภาคนาโนเข้าไปอุดตันในโพรงเล็กๆ ซึ่งเป็นแหล่งเริ่มต้นก่อให้เกิดฟองก๊าซขนาดเล็ก (Nucleate boiling) การเกิดฟองก๊าซเป็นกลไกทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนแฝง และช่วยให้เกิดการหมุนวนและปั่นป่วนของของไหล ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ดี มากไปกว่านั้นกลุ่มอนุภาคที่ปกคลุมพื้นผิวความร้อนนี้เปรียบเสมือนเป็นตัวต้านทานความร้อน จึงเป็นอีกสาเหตุทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลงสำหรับผลของขนาดลวดความร้อนอาจวิเคราะห์ได้ว่าการที่ลวดขนาดใหญ่มีสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าขนาดเล็ก เป็นผลมาจากการที่มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อนและพื้นที่ก่อให้เกิดการเดือดหรือการเกิดฟองก๊าซที่มากกว่า อีกทั้งผลของขนาดลวดความร้อนอาจมีผลต่อแรงตึงผิวของฟองก๊าซซึ่งจะเป็นส่งผลกระทบต่ออัตราการหลุดลอยของฟองก๊าซออกจากผิวความร้อน โดยขนาดของฟองก๊าซและระยะเวลาที่เกาะจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเดือดแบบพุลและการถ่ายเทความร้อนโดยรวม

งานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าของผู้สนใจในอนาคตในเรื่องสมรรถนะถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือดแบบพุลของของไหลนาโน อีกทั้งเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการหาข้อสรุปที่แน่ชัดในประเด็นที่ขัดแย้งกันอยู่ของผลงานวิจัยในอดีตดังที่กล่าวไว้ข้างต้น และมากไปกว่านั้น คาดว่าผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานในการพัฒนาออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่อาศัยกลไกการเดือดแบบพุลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น