

การลดแรงเสียดทานในการไหลผ่านท่อ: หลักการพื้นฐานและแนวทางการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

Drag Reduction in Pipe Flow: Principles and Potential Applications in Thailand

อนันต์ชัย อยู่แก้ว

Ananchai Ukaew

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

โทร. 055-964234 โทรสาร 055-964000

E-mail: ananchaiu@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ปรากฏการณ์การลดแรงเสียดทานในท่อสามารถกระทำได้โดยการเติมพอลิเมอร์เพียงเล็กน้อยลงในท่อ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและเพิ่มอัตราการไหลในระบบท่อที่มีการไหลแบบปั่นป่วน รวมถึง เครื่องสูบน้ำและ น้ำที่ไหลผ่านท่อ อันนำมาซึ่งคุณลักษณะพิเศษที่สามารถนำไปประยุกต์เป็นเทคโนโลยีใช้แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบท่อน้ำในด้านต่างๆ ได้แก่ การบรรเทาปัญหาน้ำท่วม การบำบัดน้ำเสีย และการอนุรักษ์พลังงานในการสูบน้ำและในท่ออุตสาหกรรม

Abstract

Drag reduction phenomenon can be implemented by means of small polymer addition in pipe flow. As a result, amount of energy can be preserved and the flow rate can be increased for turbulent pipe flow systems, including pumps, water pipe flow, and water jets at pipe exits. Therefore, these special characteristics can be applied as technologies for solving problems involving pipe flow systems, such as flooding, water sanitization, and energy conservation in pump and industrial piping system.

1. บทนำ

กิจกรรมทางอุตสาหกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ สภาวะเรือนกระจก หรือสภาวะโลกร้อน อันนำมาซึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติเช่น การเกิดน้ำท่วม และภัยแล้ง เป็นต้น สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของ

ประชาชนอย่างมหาศาล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการค้นคว้าหาเทคโนโลยีมารองรับการป้องกันและบรรเทาปัญหามลพิษและภัยพิบัติดังกล่าว ทางเลือกหนึ่งที่ไม่ต้องลงทุนสูง และสามารถประยุกต์ใช้แก้ปัญหาทางน้ำได้หลายด้าน คือการใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์การลดแรงเสียดทานในระบบของไหล

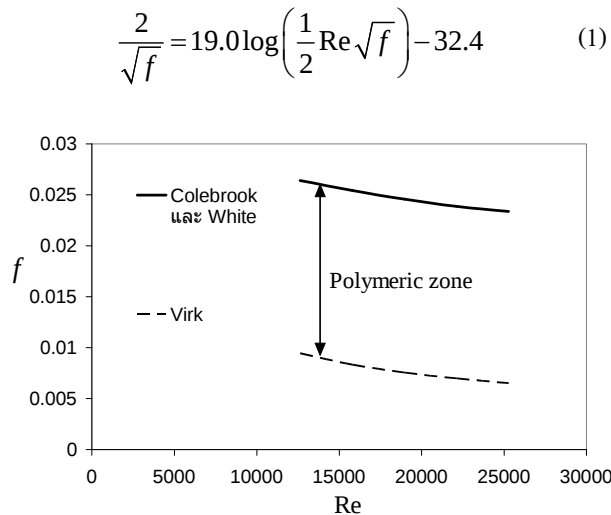
2. หลักการพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีการลดแรงเสียดทาน

เมื่อมีการฉีดหรือเติมสารละลายพอลิเมอร์บางจำพวกที่มีลักษณะเป็นลูกโซ่ยาวเพียงเล็กน้อย (น้อยกว่า 100 ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก) ลงในท่อที่มีการไหลแบบปั่นป่วนของน้ำ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผนังท่อจะถูกลดลงได้อย่างมาก [13][17] การลดแรงเสียดทานในการไหลแบบปั่นป่วนนี้ จะมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจอยู่ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิแสดงในรูปที่ 1 จะพบว่าการลดแรงเสียดทานโดยการเติมสารพอลิเมอร์ในการไหลแบบปั่นป่วนในท่อแนวราบนั้นขึ้นอยู่กับค่า Re และจะตกอยู่ในช่วงที่เรียกว่า ช่วงพอลิเมอร์ (polymeric zone) ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (f) สองเส้นคือ เส้นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของของไหล นิวโตเนียน ตามกฎของแพลงเคิล วอน คาร์แมน (Prandtl-Von Karman) ซึ่งหาค่าได้จากสมการความสัมพันธ์ของ โคลบลูค และ ไวท์ (Colebrook and White) ดังแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งเป็นขีดบน (upper limit) และเส้นการลดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงสุดของ เวอร์ค (Virk) [14] เรียกว่า เส้นแอสซิมโทตของเวอร์ค (Virk asymptote) [14] ซึ่งเป็นขีดล่าง (lower limit) แสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ได้

RECEIVED 3 November, 2011

ACCEPTED 5 March, 2012



รูปที่ 1 แผนภูมิเส้นสัมพันธ์แรงเสียดทานของการไหลและช่วงของการลดแรงเสียดทาน หรือ polymeric zone [17]

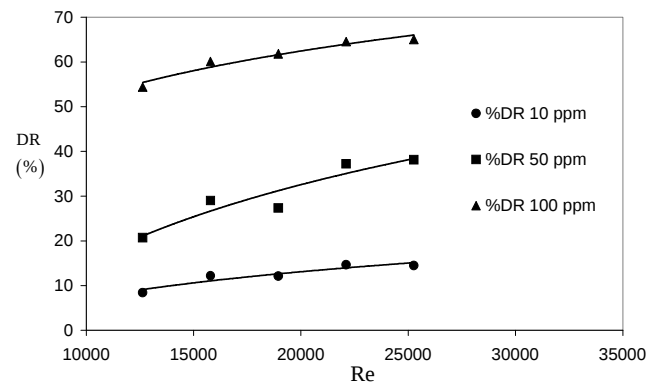
การคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดแรงเสียดทานภายในท่อ (DR) เมื่อมีการเติมหรือฉีดสารพอลิเมอร์เข้าไปในท่อระบายน้ำ สามารถคำนวณได้สองแบบคือ การคำนวณจากค่าการลดลงของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (f) หรือการคำนวณจากค่าการเพิ่มของอัตราการไหล (Q) โดยใช้สมการ

$$DR (\%) = 100 \times \left(\frac{f_w - f_p}{f_w} \right) \quad (2)$$

หรือสมการ

$$DR (\%) = 100 \times \left(\frac{Q_p - Q_w}{Q_p} \right) \quad (3)$$

โดยที่ f_w และ f_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในกรณีที่ไม่ใช้และใช้สารเติมพอลิเมอร์ในท่อระบายน้ำตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วน Q_w และ Q_p คือ อัตราการไหลของน้ำในกรณีที่ไม่ใช้และใช้สารเติมพอลิเมอร์ในท่อระบายน้ำตามลำดับ (หน่วยเป็น ลบ.ม./วินาที)



รูปที่ 2 แผนภาพค่าเปอร์เซ็นต์การลดแรงเสียดทานของสารละลายพอลิเมอร์ (DR) ที่ความเข้มข้นต่างๆ [7]

2.2 ตัวแปรที่มีผลต่อปรากฏการณ์ลดแรงเสียดทาน

การเกิดปรากฏการณ์ลดแรงเสียดทานมีข้อสังเกตจากการทดลองโดย เวิร์ค [14] ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนเท่านั้น ซึ่งในบางครั้งสามารถลดแรงเสียดทานได้กว่าร้อยละ 80 [14] ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับ ชนิดลักษณะทางกายภาพของพอลิเมอร์ อัตราส่วนของพอลิเมอร์ในน้ำและข้อกำหนดการไหลในท่อระบาย ซึ่งพบว่าพอลิเมอร์ที่ใช้ในการลดแรงเสียดทานในท่อได้ดีจะต้องมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และมีลักษณะเป็นเส้นตรงยาวและมีกึ่งกันที่สั้น นอกจากนั้นพอลิเมอร์จำพวกนี้จะมีน้ำหนักของโมเลกุล (M_w) ที่สูงถึง 10^6 และอาจเป็นพอลิเมอร์ที่มีตามธรรมชาติหรือถูกสังเคราะห์ขึ้นก็ได้ ตัวอย่างเช่น Poly (ethylene oxide) หรือ PEO, Polyacrylamide หรือ PAC และพอลิเมอร์ธรรมชาติจำพวก กัม เป็นต้น [16]

เนื่องจากความแตกต่างทางกายภาพของพอลิเมอร์ทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้ลดแรงเสียดทานต่างกันไป แต่ส่วนใหญ่จะใช้ต่ำกว่า ร้อยในล้านส่วน (ต่ำกว่า 100 ppm) เทียบตามน้ำหนัก ซึ่งถือว่าเป็นสารละลายที่เจือจางอย่างมาก นอกจากนั้นการลดแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นได้ดีในท่อขนาดเล็กมากกว่าท่อขนาดใหญ่และให้ค่าการลดแรงเสียดทานในท่อเรียบมากกว่าท่อที่มีความขรุขระมาก[17]

2.3 สมมุติฐานกลไกการเกิดปรากฏการลดแรงเสียดทาน

การศึกษากลไกการลดแรงเสียดทานในท่อโดยใช้สารเติมพอลิเมอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ทฤษฎีใหญ่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนที่ทางกายภาพของพอลิเมอร์ในระดับโมเลกุล (molecular polymer dynamics) ในสนามการไหลแบบปั่นป่วน โดยเฉพาะส่วนที่ใกล้กับผนังของท่อ หรือ turbulent boundary layer จะมีผลต่อการไหลของน้ำในระดับความต่อเนื่อง (continuum) โดย ลัมเลย์ (Lumley) [10-11] ได้ให้ความสำคัญกับความยืดหยุ่น (elasticity) ของโมเลกุลพอลิเมอร์ ในการไหลแบบขยาย (extensional flow) ว่าเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้พอลิเมอร์สามารถขยายตัวและลดการเกิดการไหลขด (eddies) ในการไหลแบบปั่นป่วน ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานในแนวรัศมี

ข้อสังเกตอื่นๆ สันนิฐานว่า การลดแรงเสียดทานอาจจะเกี่ยวข้องกับการวางตัวของพอลิเมอร์ในลักษณะแท่งเมื่อพอลิเมอร์มีการขยายตัวสูงสุด ซึ่งทำให้เกิดการขัดขวางการถ่ายเทโมเมนตัมในแนวรัศมี เป็นผลให้การสูญเสียพลังงานลดน้อยลง [12-13] ส่วนอีกทฤษฎีหนึ่งนั้น [16] เปรียบพอลิเมอร์เหมือนกับสปริงเมื่อถูกทำให้อยู่ในแนวทิศทางการไหล ก็จะทำหน้าที่เก็บกักพลังงานเมื่อโมเลกุลขยายตัว และปลดปล่อยพลังงานเมื่อมีการหดตัวของโมเลกุลตามแนวทิศทางการไหล ส่งผลให้มีการถ่ายเทพลังงานในแนวรัศมีลดลง

2.4 ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

สารเติมพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ในกระบวนการลดแรงเสียดทาน จะใช้ในปริมาณเพียงหนึ่ง ถึง ร้อย ในล้านของของไหลส่วนถ้าเทียบโดยน้ำหนัก และสามารถถูกย่อยสลายได้ในกระบวนการตามธรรมชาติโดยแบคทีเรียที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ และไม่เป็นพิษ จึงจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด [17] นอกจากนั้นแล้วในทางอ้อมพอลิเมอร์ยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนอนุภาคโลหะที่ตกค้างในแหล่งน้ำซึ่งส่งผลต่อการบำบัดน้ำเสียและระบบท่อระบายน้ำ อีกทั้งยังช่วยในการเคลื่อนย้ายสิ่งปฏิกูลที่ตกค้างภายในท่อระบายน้ำซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดปัญหาท่อระบายน้ำตันไปในตัว [17] ส่วนความสามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่

ได้อย่างรวดเร็วในกรณีน้ำขังนั้นยังเป็นการป้องกันปัญหาน้ำท่วมขังซึ่งอาจเป็นแหล่งบ่มเพาะเชื้อโรคได้ [2]

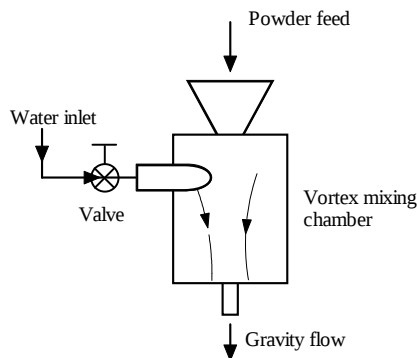
2.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้สารเติมพอลิเมอร์

การประยุกต์ใช้งานปรากฏการลดแรงเสียดทานโดยใช้สารเติมพอลิเมอร์นั้น สามารถคำนวณความคุ้มค่าได้โดยเปรียบเทียบตัวแปรค่าใช้จ่าย (cost factor) ระหว่างการสร้างท่อหรือระบบของไหลใหม่ เช่น ค่าใช้จ่ายในการขุดสร้างท่อระบายน้ำใหม่ หรือ การติดตั้งปั๊มสูบน้ำเพิ่ม เทียบกับการติดตั้งระบบเดิมสารพอลิเมอร์ และราคาของสารพอลิเมอร์ [17] ซึ่งแตกต่างกันไปแล้วแต่สถานการณ์การประยุกต์ใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วถ้าเทียบในเชิงการเพิ่มสมรรถนะที่เท่ากัน การใช้สารเติมพอลิเมอร์จะคุ้มค่ากว่า เนื่องจากใช้เพียงเล็กน้อยและสามารถเติมได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงจึงไม่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน นอกจากนั้นสามารถนำมาใช้เมื่อจำเป็นเช่นช่วงเกิดน้ำท่วมฉับพลัน อย่างไรก็ตามพอลิเมอร์สามารถเสื่อมประสิทธิภาพได้ถ้าไม่เก็บรักษาไว้ให้ดี ทำให้ต้องใช้ในปริมาณความเข้มข้นที่มากกว่าปกติซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น

2.6 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์สำหรับทดลองและใช้งาน

ในการเตรียมพอลิเมอร์สำหรับทดลอง สารเติมพอลิเมอร์ที่จะถูกเติมนั้นจะถูกเตรียมในลักษณะของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงก่อน โดยการชั่งตวงพอลิเมอร์ตามอัตราส่วนความเข้มข้นที่ได้กำหนดไว้ในทางทดลอง แล้วนำไปละลายในน้ำอุ่นพร้อมกับการคนสารละลาย ทิ้งให้สารละลายเย็นลงสักพัก แล้วจึงนำไปบรรจุในอุปกรณ์เดิม เช่นเข็มฉีดยา หรือปั๊มสารเคมี เป็นต้นเพื่อใช้เติมหรือฉีดเข้าท่อ การวัดคุณสมบัติความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์เจือจาง กระทำได้โดยการวิเคราะห์หาค่าความหนืดโดยใช้เครื่องมือชนิดวิสโคมิเตอร์ (viscometer) ในกรณีนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดในช่วงความเข้มข้นที่น้อยกว่า 100 ppm นั้นมีน้อยมาก จึงไม่น่ามาคิดในการวิเคราะห์ แต่สามารถใช้ค่าความหนืดของสารละลายเช่น น้ำได้ [8] ส่วนการเตรียมพอลิเมอร์เพื่อใช้งานจริง สามารถกระทำได้โดยผสมพอลิเมอร์กับน้ำทันทีในห้องผสมที่มีน้ำไหลเข้าด้านข้างทำให้เกิดการไหลขดและหมุนของน้ำลงไปด้านล่างพร้อมกับผสมกับพอลิเมอร์ที่ตกลงมา เรียกว่ากระบวนการผสม

โดยอาศัยการไหลคดในห้องผสม (vortex mixing chamber) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งสามารถผสมพอลิเมอร์ได้ในปริมาณที่มาก และอาศัยแรงโน้มถ่วงในการเติมสารพอลิเมอร์ ส่วนการวางหัวฉีดสามารถวางในแนวเฉียงหรือ แนวตั้งก็ได้เพราะ พอลิเมอร์จะแผ่กระจายเข้าไปในท่อเองเมื่อผสมกับของไหลในการไหลแบบปั่นป่วน



รูปที่ 3 ระบบเติมสารพอลิเมอร์ในห้องผสมโดยอาศัยการไหลคดของของไหล [17]

3. แนวทางการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

การนำเทคโนโลยีลดแรงเสียดทานไปใช้ในระบบท่อน้ำยังนับว่ามีอยู่บ้างในต่างประเทศ แต่ข้อมูลทางการวิจัยของการนำพอลิเมอร์มาประยุกต์ใช้ในระบบท่อ ยังถือว่ามีอยู่บ้าง [7][14] ส่วนในประเทศไทยยังไม่มีมีการนำไปใช้ในระบบน้ำอย่างเป็นทางการ เนื่องมาจากยังไม่ได้มีริเริ่มพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีจริง และเผยแพร่องค์ความรู้ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบ ซึ่งบทความนี้จะจำแนกที่มาและความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้หลักๆ 3 ด้านได้แก่

3.1 การประยุกต์ใช้เป็นเทคโนโลยีแก้ปัญหาหน้าท่วม

เมื่อพิจารณาตามลักษณะการไหลแล้วการระบายน้ำในท่อส่วนใหญ่มีอัตราการไหลตกอยู่ในช่วงของการไหลแบบปั่นป่วน ($Re > 4000$) [1] และค่าการสูญเสียหลัก (h_f) จะแสดงได้ตามสมการของ คาร์ซี วิสแบค Darcy-Weisbach [15];

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

โดยที่ L คือ ความยาวของท่อ (ม), D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ม), V คือความเร็วเฉลี่ยของน้ำภายในท่อ (ม/วินาที), g คือค่าสัมประสิทธิ์แรงโน้มถ่วง (ม/วินาที²) หรือคิดจากสมการพลังงานจะได้;

$$h_f = \frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} + (z_1 - z_2) \quad (5)$$

โดยที่ $(P_1 - P_2)$ คือความดันตกจากจุดที่ 1 ไป 2 (นิวตัน/ม²) และ $(z_1 - z_2)$ คือ ความต่างระดับของจุดที่ 1 และ 2 (ม) ส่วน γ คือ น้ำหนักจำเพาะ (นิวตัน/ม³)

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อระบายที่มีการไหลแบบปั่นป่วนนั้นจะขึ้นอยู่กับ Re และค่าความขรุขระสัมพัทธ์ (ε / D) โดยที่ ε คือ ค่าความขรุขระของท่อระบาย (มม.) โดยที่ท่อคอนกรีตที่ใช้ในงานระบายน้ำโดยทั่วไปจะมีค่า ε อยู่ในช่วง 0.3-3 มม. ส่วนท่อ PCV เรียบจะมีค่า ε เท่ากับ 0.0015 มม. [1] และวิธีการหาค่า f สามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ของโคลบรูคและไวท์ (Colebrook และ White) [1];

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right] \quad (6)$$

หรือ สามารถหาจากแผนภูมิ ของมูดี้ (Moody) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า $f = f(Re, \varepsilon/D)$ โดยตรงก็ได้

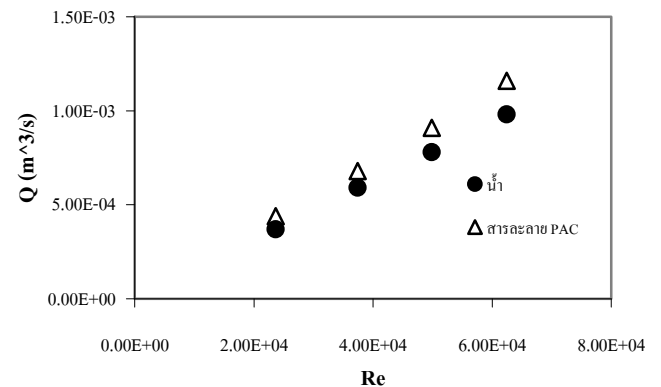
การเพิ่มอัตราการระบายน้ำจะกระทำได้โดยการลดแรงเสียดทานดังสมการที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า f จะแปรผันแบบผกผันกับความเร็วยกกำลังสอง (V^2) นั่นหมายความว่าถ้ามีกระบวนการหรือเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ในการลดแรงเสียดทานภายในท่อระบายได้ พลังงานที่ไม่สูญเสียไปก็จะทำให้มีพลังงานที่เหลือสำหรับการระบายน้ำในอัตราที่เร็วขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับกรณีที่เกิดน้ำท่วมขังอย่างฉับพลันหรือการใช้พลังงานที่น้อยลงในกรณีของการใช้ปั๊มสูบน้ำซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานไปได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้พอลิเมอร์เป็นสารเติมเพื่อเพิ่มอัตราการระบายน้ำได้ดังแสดง

ในทฤษฎีหัวข้อที่ 2.1 โดยสามารถคำนวณสมรรถนะการระบายน้ำได้ตามสมการที่ 3 โดยพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้มากกว่าร้อยละ 30 [7][14] ดังแสดงได้ในรูปที่ 6 ในการทดลองใช้กับท่อขนาด 2 ถึง 10 เมตร ข้อดีทางอ้อมก็คือไม่ต้องมีการขุดสร้างท่อใหม่ขึ้นและป้องกันท่อชำรุดเมื่อน้ำไหลากท่วมท่อ

3.2 การประยุกต์ใช้ในงานบำบัดน้ำเสีย

การเติมสารละลายพอลิเมอร์ธรรมชาติบางชนิดด้วยปริมาณที่เล็กน้อยในอัตราส่วน 10 ถึง 100 ppm โดยน้ำหนักลงไปในการระบาย จะทำให้เกิดการลดแรงเสียดทานระหว่างท่อและน้ำ (reduction of drag) ได้กว่า 80 เปอร์เซ็นต์ [17] และทำให้สามารถนำพลังงานที่เหลือมาใช้ในการสูบน้ำที่ระยะทางไกลขึ้นได้กว่า ร้อยละ 30 [7] และเทคนิคพิเศษในการเติมพอลิเมอร์บางชนิดสามารถทำให้พอลิเมอร์ทำงานในกระบวนการจับตัวกับของแข็งที่ละลายน้ำ เป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น (flocculation) และตกตะกอน โดยเฉพาะพอลิเมอร์ชนิดที่มีขั้วบวกเมื่อละลายในน้ำ (cationic) [17] ทำให้ง่ายต่อการกรองออก น้ำที่ผ่านการสูบและกรองก็จะอยู่ในสภาพที่เหมาะสมพอที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ หรือนำไปผ่านกระบวนการบำบัดต่อไป (recycle of water)

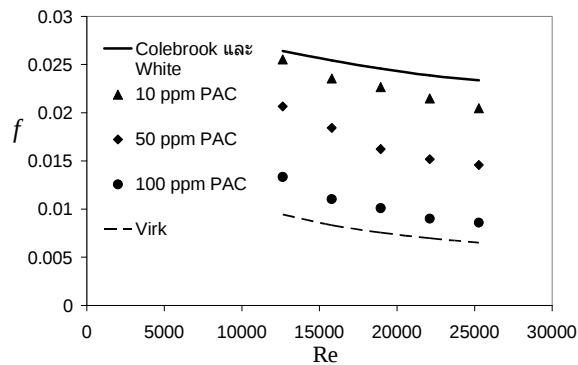
การพัฒนากระบวนการส่งน้ำเสีย จะการนำปรากฏการณ์ลดแรงเสียดทานโดยการเติมสารพอลิเมอร์นี้มาประยุกต์ใช้ในงานสูบน้ำผ่านท่อระบายน้ำ โดยจะทำการสังเกตลักษณะของการลดแรงเสียดทานภายในท่อ และการเพิ่มของอัตราการไหลที่เป็นผลมาจากการเติมสารพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนเล็กน้อย (low turbulent region) รวมทั้งสร้างระบบกรองน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียที่ตกตะกอนโดยพอลิเมอร์ในกระบวนการตกตะกอน (flocculation).



รูปที่ 6 การเพิ่มสมรรถนะการระบายน้ำโดยใช้สารเติมพอลิเมอร์ PAC ที่ความเข้มข้น 100 ppm สำหรับท่อแรงโน้มถ่วงวางเอียงทำมุม 3 องศา กับแนวระนาบ [7]

3.3 การประยุกต์ใช้สำหรับการอนุรักษ์พลังงานในระบบสูบน้ำและท่อน้ำทางอุตสาหกรรม

การลดการสูญเสียจากแรงเสียดทานนี้จะสามารถกระทำได้โดยการเติมสารละลายพอลิเมอร์บางชนิดที่มีคุณสมบัติในการลดแรงเสียดทานและละลายน้ำได้เป็นอย่างดีลงไปเพียงเล็กน้อย โดยจะทำให้ลดการสูญเสียพลังงานระหว่างที่มีการสูบน้ำผ่านท่อได้ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์และระบบท่อที่ใช้ [7][14][17] ดังแสดงได้ในรูปที่ 9 ผลที่ได้จะสามารถช่วยลดขนาดของปั๊มสูบน้ำได้สำหรับระบบท่อเดิม เพิ่มระยะทางในการสูบน้ำให้ไกลขึ้น รวมทั้งสามารถใช้กับระบบท่อที่ยาว หรือ ซับซ้อนมากขึ้นสำหรับปั๊มสูบน้ำขนาดเดียวกัน นอกจากนั้นการใช้สารเติมพอลิเมอร์ในระบบสูบน้ำหมุนเวียนจะช่วยให้ลดการเกิดคาวิเทชัน (cavitation inception) ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของปั๊มได้ [17]



รูปที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในช่วง $12600 < Re < 25200$ ของการไหลแบบลดแรงเสียดทานที่ความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ชนิด polyacrylamide (PAC) เป็น 10 50 และ 100 ppm [7]

4. สรุป

มีความเป็นไปได้ค่อนข้างมากในการนำปรากฏการณ์ลดแรงเสียดทานในท่อมาใช้ประโยชน์ในหลายๆด้านดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ต้องลงทุนสูง และนำมาใช้เสริมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ได้ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ จำเป็นต้องสร้างองค์ความรู้จากการทดลองและพัฒนาออกแบบอุปกรณ์เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- [1] กิรติ ลีวัจนกุล วิศวกรรมศาสตร SPEC 2007
- [2] ธงชัย พรหมสวัสดิ์ คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 2007
- [3] แผนปฏิบัติการ ป้องกันและแก้ปัญหา น้ำท่วม กรุงเทพมหานคร สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร 2550
- [4] รายงานสรุปสถิติสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย 2550
- [5] ศุภกร ชินวรรโณ “ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: แนวโน้มผลกระทบต่อประเทศไทย” ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลง

ของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- [6] วิธีการลดการใช้พลังงานภายในโรงงาน ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ (MEC) ฝ่ายพลังงานอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย 2547
- [7] อนันต์ชัย อยู่แก้ว “การอนุรักษ์พลังงานในการสูบน้ำโดยการเติมสารละลายพอลิเมอร์” บทความนำเสนอการประชุมการประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติครั้งที่ 1 ปี 2553 วิศวกรรมสถานแห่งชาติ (วสท) ไบเทค
- [8] A. Ukaew, “Turbulence Manipulation in Pipe Flow by Means of Swirl, Polymer Additives and Suspensions of Nanoparticles in Water,” Ph.D. dissertation, Dept. Mech. Engr., Lehigh Univ., 2007.
- [9] “Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change and Water,” IPCC Technical Paper, 2008.
- [10] J. L. Lumley, “Drag reduction by additives,” Annual Review of Fluid Mechanics, vol. 1, 1969, pp. 367-384.
- [11] J. L. Lumley, “Drag reduction in turbulent flow by polymer additives,” J. Polymer Sci: Molecular Rev, vol. 7, 1973, pp. 263-290.
- [12] J. M. J. Toonder, M. A. Hulsen, G. D. C. Kuiken, F. T. M. Nieuwstadt, “Drag reduction by polymer additives in a turbulent pipe flow: numerical and laboratory experiments,” J. Fluid Mech., vol. 337, 1997, pp. 193-231.
- [13] M. C. White, M. G. Mungal, “Mechanics and prediction of turbulent drag reduction with polymer additives,” Annu. Rev. Fluid Mech., vol. 40, 2008, pp. 235-256.
- [14] P. S. Virk, “Drag reduction fundamental,” AI.ChE. J., vol. 21, 1975, pp. 625-656,.
- [15] R. B. Munson, D.F. Young, T.H. Okiishi, Fundamentals of Fluid Mechanics, 5th Ed., New York: John Wiley and Sons, 2006.
- [16] R. H. Sellin, J. W. Hoyt, O. Scrivener, “The effect of drag reducing additives on fluid flows and their

- industrial applications. Part 1: Basic aspects,” J. of Hydraulics Research, vol. 20, 1982, pp. 29-68.
- [17] R. H. Sellin, J. W. Hoyt, O. Scrivener, “The effect of drag reducing additives on fluid flows and their industrial applications. Part 2: Present applications and future proposal,” J. of Hydraulics Research, vol. 20, 1982, pp. 235-292.