

การแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยใช้ไฮโดรไซโคลขนาด 35 มิลลิเมตร

Separation of Oil from Water using 35 mm Hydrocyclone

เสกสรรค์ หงษ์ไชยคำ¹ สุจิตรา วังศิลา¹ คณาวุฒิ ศรีระหงษ์² ธนิต สวัสดิ์เสวี³
ฉัตรชัย นิมมล⁴ ประธาน วงศ์ศรีเวช⁵

Seksan hongchaicum,¹ Sujitra wangsila,¹ Kanawut Srirahong,² Thanit Sawasdisevi,³
Chatchai Nimmol,⁴ Pratarn Wongsarivej⁵

Received : 15 October 2012 ; Accepted : 10 December 2012

บทคัดย่อ

ไฮโดรไซโคลนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทโดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อแยกของแข็ง/ของเหลวหรือของเหลว/ของเหลว สำหรับการแยกน้ำมันออกจากน้ำในงานวิจัยนี้จะใช้ไฮโดรไซโคลนขนาด 35 มิลลิเมตร ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า อัตราส่วนการไหล และร้อยละของน้ำโดยปริมาตร จากผลการทดลองพบว่าร้อยละของปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบนเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าลดลงเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การลดลงของอัตราส่วนการไหลจะทำให้ร้อยละของปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบนเพิ่มขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นร้อยละของปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบนมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อร้อยละของน้ำมันมีค่าลดลงเนื่องจากความหนืดของของเหลวมีค่าลดลง

คำสำคัญ: การแยก น้ำ น้ำมัน ไฮโดรไซโคลน

Abstract

A hydrocyclone is a device, which is applied for separating solid/liquid or liquid/liquid in various industries. The operation of hydrocyclone is based on the concept of centrifugal force. For separation of oil and water in this research, a 35 mm hydrocyclone was used. The investigated parameters were inlet diameter, flow ratio and %oil (by volume). It was found from the experiment that the percent of oil recovery in the overflow increased with a decrease in inlet diameter because of an increase of centrifugal force, while a decreasing flow ratio led to an increase in the %oil recovery in the overflow. Moreover, %oil recovery in the overflow also increased with a decrease in the percentage of oil because the viscosity of the liquid decreased.

Keywords: Separation, Water, Oil, Hydrocyclone

¹ นิสิตปริญญาตรี, ⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

² ผู้ช่วยนักวิจัย, ⁵ นักวิจัย, ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹ Bachelor degree student, ⁴ Assist. Prof., Faculty Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800, Thailand.

² Assist. Researcher, ⁵ Researcher, National Nanotechnology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani 12120, Thailand.

³ Assist. Prof., Faculty School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.

* Corresponding author; Pratarn Wongsarivej, National Nanotechnology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani 12120, Thailand. pratarn@nanotec.or.th

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศที่กำลังพัฒนาจะมุ่งเน้นในการพัฒนาอุตสาหกรรมต่างๆให้ทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้วอย่าง ญี่ปุ่น อเมริกา หรือประเทศในทวีปยุโรป ประเทศไทยยังเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและอุตสาหกรรมในประเทศนั้น ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมเกษตรเป็นหลักซึ่งในอนาคตอันใกล้กำลังเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องการไปทั่วโลกทดแทนอุตสาหกรรมเทคโนโลยีประเภทต่างๆ ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมภายในประเทศให้ดียิ่งขึ้น และสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศไทยคือ การเพิ่มกำลังการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพ การลดค่าใช้จ่าย และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่เหมาะสม เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนา เทคโนโลยีที่เหมาะสมควรเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ราคาถูก ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถผลิตหรือสร้างขึ้นเองภายในประเทศ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมทางด้านความคิดและนวัตกรรมให้กับคนไทยด้วยกันเองอีกด้วย

ไฮโดรไซโคลนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการแยก ไฮโดรไซโคลนสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแยก ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการแยกได้ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ทำให้บำรุงรักษาง่าย และมีราคาถูก การทำงานของไฮโดรไซโคลนใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อแยกสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ไฮโดรไซโคลนประกอบด้วยท่อทรงกระบอกทางตอนบน และทางตอนล่างจะมีรูปทรงกรวย ท่อทางเข้าไฮโดรไซโคลนจะติดตั้งอยู่ทางตอนบนโดยอยู่ในแนวเส้นสัมผัสของท่อทรงกระบอก ท่อทางออกของสารจะมีอยู่ 2 ทาง คือ ทางตอนล่าง (Underflow) และทางตอนบน (Overflow) ของผสมจะถูกป้อนด้วยความเร็วสูงในแนวเส้นสัมผัส ก่อให้เกิดการไหลแบบหมุนวนเป็นวงกลมลงมาทางตอนล่าง ลักษณะการไหลวนจะก่อให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะถูกแรงกระทำจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางนี้ผลักดันให้ไหลติดไปกับผนังภายในเครื่องและหมุนติดผนังไปเรื่อยๆ จนถึงทางออกที่อยู่ทางตอนล่างของไฮโดรไซโคลน อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะหลุดไปทางตอนล่างโดยอิทธิพลของความเฉื่อยของสาร ส่วนของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเปลี่ยนทิศทางการไหลโดยหมุนวนขึ้นไปทางตอนบนเป็นชั้นหมุนวนทางตอนใน^{1,2}

สิทธิบัตรแรกของไฮโดรไซโคลนได้เกิดขึ้นครั้งแรกโดย Bretney³ หลังจากนั้นได้มีการใช้ไฮโดรไซโคลนอย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้ไฮโดรไซโคลนในการแยกของแข็งและของเหลว เช่น การใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่⁴ หรือใน

อุตสาหกรรมการผลิตแป้ง เป็นต้น สำหรับการทดลองเพื่อแยกของเหลวกับของเหลวโดยใช้ไฮโดรไซโคลนนั้น ได้มีการศึกษาวิจัยโดย Bohnet⁵ Smyth et al.^{6,7} และ Colman et al.⁸ ต่อมา Colman and Thew⁹ ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษารูปทรงของไฮโดรไซโคลนโคลนที่เหมาะสมสำหรับการแยกของเหลวกับของเหลวซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันอยู่ในแท่นขุดเจาะน้ำมันในปัจจุบัน

สำหรับในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยใช้ไฮโดรไซโคลน ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการแยก ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า อัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่ออัตราการไหลที่ทางเข้าไฮโดรไซโคลน (Flow ratio, R_f) และร้อยละของน้ำมันโดยปริมาตร

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์

ไฮโดรไซโคลนที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. ได้ออกแบบโดยใช้ขนาดสัดส่วนตามงานวิจัยของคณาวุฒิและคณะ¹⁰ โดยมีขนาดส่วนต่างๆ ของไฮโดรไซโคลนตาม Table 1 และรูปแบบของไฮโดรไซโคลนดัง Figure 1

Table 1 Hydrocyclone proportions

D_i/D_c	D_o/D_c	D_u/D_c	L_s/D_c	L/D_c	L_u/D_c	I/D_c
0.229	0.429	0.286	0.286	10.88	8.56	0.56

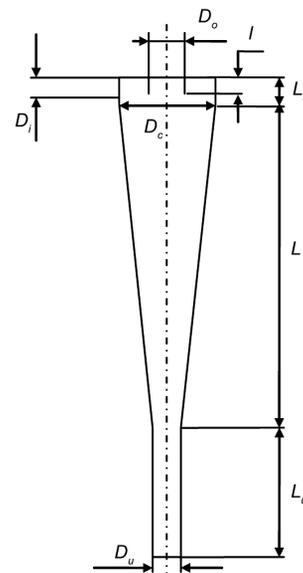


Figure 1 Hydrocyclone proportions

เมื่อ D_c คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone diameter) (มม.)

D_i คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า (Inlet diameter) (มม.)

D_o คือ เส้นผ่านศูนย์กลางทางออกด้านบน (Overflow) (มม.)

D_u คือ เส้นผ่านศูนย์กลางทางออกด้านล่าง (Underflow) (มม.)

L คือ ความยาวกรวย (มม.)

L_s คือ ความยาวส่วนที่เป็นทรงกระบอก (มม.)

L_u คือ ความยาวทางออกด้านล่าง (มม.)

l คือ ความยาวของทางออกด้านบน (Vortex finder) (มม.)

2. วิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยถังสำหรับบรรจุสารทดลองขนาด 15 ลิตร สารทดลองในงานวิจัยนี้คือน้ำมันดีเซลและน้ำ ซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 822 และ 998.2 กก./ลบม. และมีความหนืดเท่ากับ 0.005 และ 0.001 กิโลกรัม/เมตร.วินาที ตามลำดับ โดยในการทดลองกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันผสมน้ำคงที่ที่ 0.5 ลบม./ชม. ดัง Figure 2

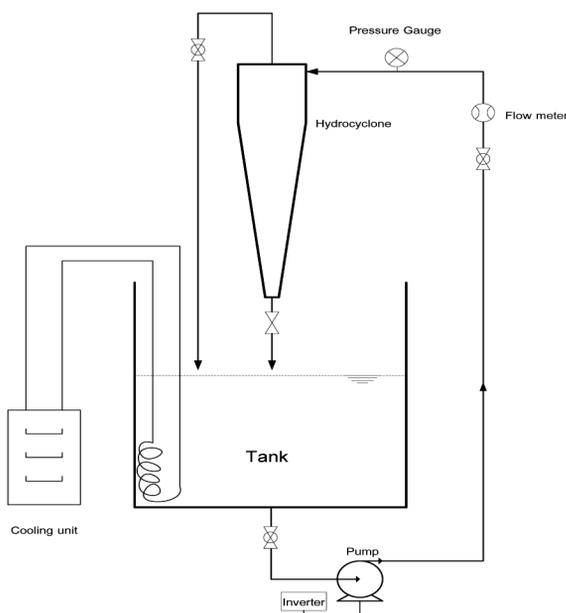


Figure 2 Flow diagram of tested hydrocyclone

จาก Figure 2 บั้มจะดูดที่ของเหลวที่อยู่ในถังโดยมีอินเวอร์เตอร์ควบคุมกระแสไฟฟ้าของบั้มเพื่อปรับอัตราการไหลของของเหลวให้ได้ตามที่ต้องการ ของเหลวจะไหลไปตามท่อผ่านมาตรวัดอัตราการไหลและมาตรวัดความดัน และเข้าสู่ไฮโดรไซโคลนที่ทางเข้าซึ่งอยู่ในแนวสัมผัสกับผนังไฮโดร

ไซโคลน ของเหลวที่ผ่านการหมุนวนภายในไฮโดรไซโคลนแล้ว จะไหลออกที่ทางออก 2 ทาง คือ ท่อทางออกด้านบนและท่อออกด้านล่างของไฮโดรไซโคลน และไหลกลับเข้าสู่ถังอีกครั้ง Figure 3 แสดงถึงชุดทดลองไฮโดรไซโคลนที่ใช้ในการทดลอง



Figure 3 Photo of hydrocyclone tested rig

ทางออกด้านล่างของไฮโดรไซโคลนจะมีวาล์วสำหรับปรับอัตราการไหล เพื่อใช้ควบคุมอัตราส่วนการไหลของทางออกด้านล่างต่ออัตราการไหลที่ทางเข้า นอกจากนี้ติดตั้งชุดหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในถังให้คงที่ที่ 30 °C อัตราส่วนการไหลของทางออกด้านล่างต่ออัตราการไหลที่ทางเข้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 (ไม่มีหน่วย) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$R_F = \frac{Q_U}{Q_F} \quad (1)$$

เมื่อ Q_F คือ อัตราการไหลของของเหลวที่ทางเข้าของไฮโดรไซโคลน (ลบม./ชม.)

Q_U คือ อัตราการไหลของของเหลวที่ทางออกด้านล่างของไฮโดรไซโคลน (ลบม./ชม.)

ประสิทธิภาพการแยก (Separation efficiency) ของไฮโดรไซโคลนสามารถคำนวณได้จากร้อยละของปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบน (%Oil recovery in overflow) ดังสมการ

$$EFF = \left[1 - \frac{Q_U C_U}{Q_F C_F} \right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ C_u คือ ความเข้มข้นของน้ำมันต่อของเหลวผสม โดยปริมาตรที่ทางออกด้านล่าง

C_f คือ ความเข้มข้นของน้ำมันต่อของเหลวผสมโดยปริมาตรที่ทางเข้า

ผลการทดลอง

1. ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า

เมื่อทำการทดลองแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยใช้ไฮโดรไซโคลนขนาด 35 มม. อัตราส่วนน้ำมันต่อน้ำเท่ากับ 25:75 โดยปริมาตร อัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าเท่ากับ 0.1 0.3 และ 0.5 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าที่ได้ปรับเปลี่ยนคือ 7 8 และ 9 มม. ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงใน Figure 4

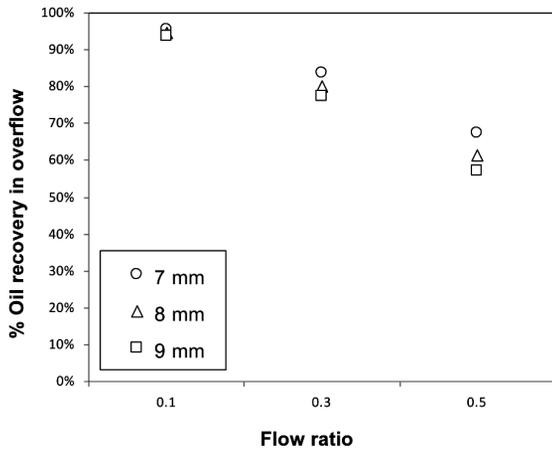


Figure 4 Relationship between %Oil recovery in overflow and Flow ratio using D_i of 7, 8 and 9 mm

Figure 4 แสดงปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบน ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าเท่ากับ 7 8 และ 9 มม. พบว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่แยกได้จะลดลง เนื่องจากถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดใหญ่ รัศมีของการเหวี่ยงจะแคบลงทำให้ความเร็วในแนวสัมผัสลดลง ส่งผลให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่กระทำต่อหยดน้ำมันมีค่าต่ำลง ปริมาณน้ำมันที่แยกได้จึงมีปริมาณลดลง

2. ผลของอัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าของไฮโดรไซโคลน (Flow ratio, R_f)

ในงานวิจัยนี้ได้ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าของไฮโดรไซโคลน 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบน ซึ่งแสดงตาม Figure 5 พบว่าเมื่อทดลองด้วยอัตราการไหล 0.5 ลบม./ชม. ที่ $D_i = 8$ มม. โดยใช้น้ำมันร้อยละ 25 โดยปริมาตร พบว่าปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบน

จะมีค่าร้อยละ 94.45 86.55 80.02 70.20 และ 61.23 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบนมีปริมาณลดลงเมื่ออัตราส่วนอัตราการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าเพิ่มขึ้น

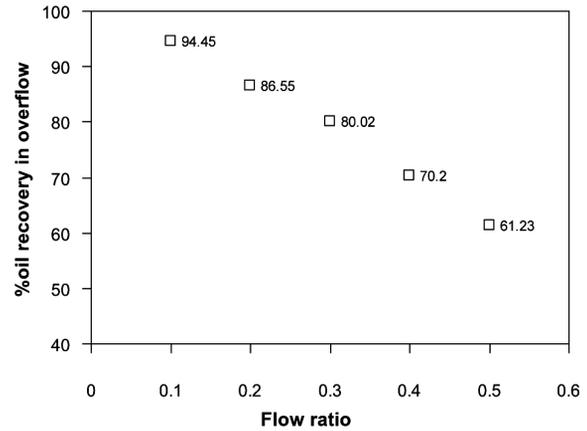


Figure 5 Relationship between %Oil recovery in overflow and Flow ratio

3. ผลของอัตราส่วนน้ำมันต่อของผสม

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของอัตราส่วนน้ำมันและน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการแยก ซึ่งได้ทำการทดลองที่อัตราส่วนน้ำมันต่อของผสมร้อยละ 5 10 และ 15 ที่อัตราการไหล 0.5 ลบม./ชม. ที่ $D_i = 8$ มม. ผลการทดลองแสดงได้ดัง Figure 6 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนน้ำมันเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบนจะลดลง ซึ่งจะเห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่ออัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้ามีค่าเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลของอัตราส่วนน้ำมันต่อของผสมจะส่งผลเพียงเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้ามีค่าน้อยๆ

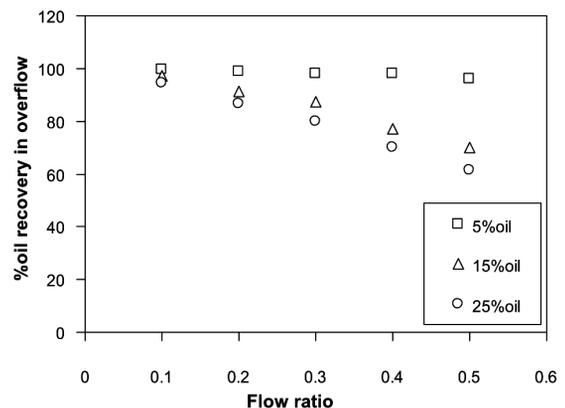


Figure 6 Relationship between %Oil recovery in overflow and Flow ratio of various %oils

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ไฮโดรไซโคลนชนิดของที่ใช้แยกของเหลวออกจากของเหลวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. ในการแยกน้ำมันออกจากน้ำ ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า อัตราส่วนการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าของไฮโดรไซโคลน และร้อยละของน้ำมันโดยปริมาตร ซึ่งตัวแปรทั้งหมดส่งผลต่อปริมาณน้ำมันที่แยกได้ที่ทางออกด้านบน โดยที่ประสิทธิภาพการแยกรวมเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางเข้าลดลง หรือเมื่ออัตราการไหลที่ทางออกด้านล่างต่ออัตราการไหลที่ทางเข้าลดลง หรือเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันต่อของผสมมีค่าน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าเล็กลงจะส่งผลให้ความเร็วในแนวสัมผัสเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลที่ทางออกด้านล่างต่อทางเข้าลดลงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำมันที่ออกมาที่ทางออกด้านล่างมีปริมาณลดลง นั่นคือน้ำมันที่จะไหลออกทางช่องทางออกด้านบนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนน้ำมันต่อของผสมมีค่าลดลงความหนืดของของผสมจะมีค่าลดลงทำให้การแยกกระทำได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ร้อยละของปริมาณน้ำมันที่แยกออกได้ที่ทางออกด้านบนมีปริมาณเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. อภิชัย เทิดเทียนวงศ์. ไฮโดรไซโคลนกับการแยกอนุภาคและคัตขนาด. วิศวกรรมสาร. มหาวิทยาลัย. 2540 ; 25(2)
2. Svarovsky L. Solid-liquid separation. Butterworth-Heinemann. Oxford. 2000.
3. Bretney E. Water purifier. US Patent 543 105.1891.
4. Trawinski H. Centrifuges and hydrocyclones. in: hartholomé et al. (Eds.), Ullmann's Encyclopedia of Technical Chemistry. Verlag Chemie Weinheim Germany. 2:204. 1972.
5. Bohnet M. Neuere Untersuchungen über die Trennwirkung und den Druckverlust von Hydrozyklonen. Verfahrenstechnik. 1969;3(9): 376-381.
6. Smyth IC. Thew MT. Debenham P.S. Colman DA. Small scale experiments on hydrocyclones for de-watering light oils. Proceedings International Conference on Hydrocyclones. Cambridge. UK. 1980; 189-208
7. Smyth IC. Thew MT. Colman DA. The effect of split ratio on heavy dispersion liquid-liquid separation in hydrocyclones. Proceedings 2nd International Conference on Hydrocyclones. UK. 1984;177-190
8. Colman DA. Thew MT. Corney DR. Hydrocyclones for oil/water separation. Proceedings International Conference on Hydrocyclones. Cambridge. UK. 1980;217-232
9. Colman DA. Thew MT. Correlation of separation results from light dispersion hydrocyclones. Chemical Engineering Research and Design. 1983;61:233-240.
10. คณาภูมิ ศรีระหงส์. ธนิต สวัสดิ์เสวี. ประธาน วงศ์ศรีเวช. การแยกน้ำมันและน้ำโดยใช้ไฮโดรไซโคลน. การประชุมวิชาการ ม.อ.ภูเก็ตวิจัย ครั้งที่ 2. ภูเก็ต. ประเทศไทย. 18-20 พฤศจิกายน 2552;500-507.