Thesis Title Performance Analysis of Cross-Flow Heat Exchanger Under Air-Fly Ash Mixture in Lignite-Fired Power Plant

Author Mr. Pipat Juangjandee

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee
Assoc. Prof. Thawan Sucharitakul Chairperson
Asst. Prof. Dr. Wiwat Klongpanich Member
Asst. Prof. Dr. Patrapon Kamonpet Member

ABTRACT

The research work was to study the cross-flow heat exchanger under particulate conditions specifically the air side performance of two different types of tubes (plain tube and crimped spiral finned tube) in two different arrangements (inline and staggered).

The effects of pitch ratio (S_L/S_T), transverse pitch, tube layout angle, tube arrangement, fin spacing and fin height were investigated. The pressure drop across heat exchanger increases as the Reynolds number increases. In the same way, pressure drop increases as the pitch ratio increases. Increasing fin height also increases pressure drop but reduces convection coefficient. When the cross-flow heat exchanger was operated under particulate conditions at low Reynolds number the accumulation of particles at the air duct tends to increase, the velocity increases and pressure drop also increases but there was a decrease in convective heat transfer coefficient. The tube layout angle that gives the highest maximum velocity will also result in the maximum pressure drop but the convection coefficient was at its least. The fin height affects the cross-flow heat exchanger by increasing the pressure drop but decreasing the convective heat transfer coefficient. Increasing fin spacing will increase the convective heat transfer coefficient but reduce pressure drop. For the larger transverse pitch the convection coefficient is greater but the pressure drop was less. The correlations of the plain tubes and crimped spiral finned tubes in both staggered and inline arrangement under particulate conditions were developed. The proposed correlations give a fairly accurate predictive ability against the present test data.

In addition, the performance of cross-flow heat exchanger, known as the primary air heater in a 300MW lignite-fired power plant under particulate, no leakage and leakage conditions. Normally, this equipment exchanges heat between the hot flue gas and the inlet combustion air which operates under a high content of fly ash. Testing was executed with the full American Society of Mechanical Engineers, performance test code field test (ASME PTC) to provide final verification of performance. The leakage values of selected primary air heater were 7.65, 7.37 and 6.31% when the power plant was run at the generator capacity of 180, 240 and 300MW respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Under these conditions, the effectiveness of the selected primary air heater was found 0.760, 0.731 and 0.716 respectively. The air heater leakage and particulate matter have an effect on the performance of primary air heaters and would tend to poor efficiency. The particulate matter has an effect on the gas side convection coefficient of primary air heaters in lignite-fired power plant and tends to reduce its performance. Furthermore, the particulate matter and leakage affect the gas side convection coefficient and performance more than that of the particulate conditions alone. The plain circular tubes in staggered arrangement are the best for cross-flow heat exchanger when operated under high particulate conditions, due to their low cost and ease of cleaning, operating and maintaining.

If the tubes arrangement of primary air heater was changed from inline type to staggered type the effectiveness and pressure drop can be increased around 2.68% and 6.2% respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางภายใต้อากาศผสมเถ้าลอยในโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง

ผู้เขียน นายพิพัฒน์ จวงจันดี

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ. ตะวัน สุจริตกุล ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช กรรมการ
ผศ. ดร. ภัทราพร กมลเพ็ชร กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางภายใต้สภาวะมีฝุ่น โดยมุ่งเน้นที่สมรรถนะด้านอากาศของการใช้ท่อ 2 แบบ คือ แบบท่อเรียบ และแบบมีครีบเกลียวชนิดขอบหยัก โดยจัดเรียงท่อทั้ง 2 แบบ คือจัดเรียงท่อในแนวเดียวกัน และจัดเรียงท่อแบบเหลื่อมกัน

ได้ศึกษาพารามิเตอร์ที่ผลต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน เช่น สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตามยาวต่อแนวขวาง, ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวขวาง, มุมการวางท่อ, การจัดเรียงท่อ, ความหนาแน่นของครีบ และความสูงของครีบ เป็นต้น พบว่า ความดันตกคร่อมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อตัวเลขเรย์โนด์เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน ความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตามยาวต่อแนวขวางมากขึ้น เพิ่มความสูงของครีบจะเพิ่มความดันตกคร่อมแต่ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนลดลง เมื่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางทำงานภายใต้สภาวะมีฝุ่นในช่วงที่ตัวเลขเรย์โนด์ไม่สูง ฝุ่นตกค้างสะสมที่ท่ออากาศเพิ่มขึ้น ความเร็วของอากาศและความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นแต่สัมประสิทธิ์การพาความร้อนลดลง มุมการวางท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ส่งผลให้ได้ความเร็วสูงสุดผ่านกลุ่มท่อมีค่ามากที่สุดจะทำให้เกิดความดันตกคร่อมสูงสุดด้วยแต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนต่ำสุด ความสูงของครีบมีผลให้ความดันตกคร่อมมากขึ้นแต่สัมประสิทธิ์การพา
ความร้อนลดลง ลดความหนาแน่นของครีบลงจะเพิ่มสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแต่ลดความดันตกคร่อมลง การเพิ่มระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวขวาง สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะเพิ่มขึ้นแต่ความดันตกคร่อมลดลง นอกจากนี้ยังได้สร้างสมการสหสัมพันธ์เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานขึ้นใช้งาน พบว่าสามารถใช้งานได้ดี

เครื่องอุ่นอากาศแบบปฐมภูมิซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง ติดตั้งใช้งานทั่วไปในโรงไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีใช้มากในโรงไฟฟ้าประเภทที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เครื่องอุ่นอากาศดังกล่าวทำงานภายใต้สภาวะมีฝุ่น ได้เลือกเครื่องอุ่นอากาศแบบปฐมภูมิที่ใช้งานในโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงขนาดกำลังผลิต 300 เมกกะวัตต์ มาทำการทดสอบภายใต้สภาวะมีฝุ่น, สภาวะรั่วและไม่รั่ว ปกติแล้วเครื่องอุ่นอากาศนี้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแก๊สไอเสียร้อนกับอากาศสำหรับการเผาไหม้ ซึ่งเครื่องอุ่นอากาศนี้ทำงานภายใต้ฝุ่นเถ้าถ่านหินปริมาณมาก การทดสอบทำตามระบบมาตรฐานสมาคมวิศวกรเครื่องกลของอเมริกา อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางนี้อากาศรั่วไปหาแก๊สไอเสีย 7.65, 7.37 และ 6.31% ในขณะที่โรงไฟฟ้าเดินเครื่องผลิตกำลังไฟฟ้า 180, 240 และ 300 เมกกะวัตต์ ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขการเดินเครื่องนี้ พบว่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศมีค่า 0.760, 0.731 และ 0.716 ตามลำดับ การรั่วของเครื่องอุ่นอากาศและฝุ่นมีผลต่อสมรรถนะของเครื่องอุ่นอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง เครื่องอุ่นอากาศแบบปฐมภูมิเมื่อถูกใช้งานในขณะรั่วและมีฝุ่น ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะต่ำกว่าเมื่อทำงานในกรณีมีฝุ่นอย่างเดียว ยิ่งไปกว่านั้นหากใช้งานภายใต้อากาศสะอาด จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงกว่าแบบมีฝุ่น

หากเปลี่ยนการจัดเรียงท่อแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบปฐมภูมิ จากแบบเรียงตามแนวเดียวกันเป็นแบบเหลื่อมกัน ประสิทธิผลของการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคล่อมจะสูงขึ้นประมาณ 2.68% และ 6.2% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved