

หัวพ่นไฟอุตสาหกรรมและการประยุกต์ใช้วัสดุพรุนในหัวพ่นไฟ

Industrial Burner and Applications of Porous Materials in Burner

บัณฑิต กฤตาคม

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของวัสดุพรุน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 744 ถนนสุวรรณารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

E-mail: bundit.kr@rmuti.ac.th และ bundit_krittacom@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอความรู้เกี่ยวกับหัวพ่นไฟอุตสาหกรรมที่ใช้ในงานในปัจจุบันและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วยวัสดุพรุนเพื่อให้เข้าใจแท้จริงเกี่ยวกับหัวพ่นไฟชนิดวัสดุพรุนและเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟให้มีค่าสูงขึ้น โดยทั่วไปหัวพ่นไฟที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของเชื้อเพลิงที่ป้อนให้กับระบบ ได้แก่ หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแก๊ส (Gas burners) หัวพ่นไฟน้ำมัน (Oil burners) และหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแบบควบ (Dual-fuel burners) ซึ่งหัวพ่นไฟสอง ชนิดแรกนิยมใช้งานอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ใช้งานอยู่ยังมีค่าต่ำ อัตราส่วน การหรี (Turn down ratio) ก็มีค่าต่ำ และมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศก็ยังมีปริมาณที่สูง ดังนั้นการประยุกต์ใช้วัสดุพรุนในหัวพ่นไฟจึงได้ถูกเสนอเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักการการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มี การหมุนเวียนความร้อน ส่งผลให้มีอัตราส่วนการหรีเพิ่มขึ้น การเผาไหม้สามารถเกิดเสถียรได้ที่สภาวะไอดีบาง (Lean combustion) และ

ยังปลดปล่อยแก๊สไอเสียในปริมาณที่ต่ำกว่า วัสดุพรุนที่เลือกใช้ในงานหัวพ่นไฟมีหลายชนิด หลายรูปร่าง ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 4 โครงสร้างใหญ่ ๆ คือ โครงสร้างแบบโฟม (Foam structure) แบบแผ่นลามেলা (Lamella structure) แบบเส้นใย (Wire-mesh structure) และแบบฐานอัดแน่นหรือแบบชิ้นส่วน (Packed bed or discrete element) สำหรับหัวพ่นไฟ วัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊ส จะเลือกใช้โครงสร้างสามแบบแรก เป็นหลัก และมีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมเตาเผาชนิดต่าง ๆ มานานหลายปี แต่หัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดน้ำมัน มีความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน เนื่องจากปัญหาคุณลักษณะของละอองน้ำมันและการจุดติดไฟที่ยาก ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ในงานวิจัยต้นแบบเพื่อพัฒนาให้ใช้งานได้เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: หัวพ่นไฟอุตสาหกรรม, วัสดุพรุน, การเผาไหม้

Abstract

This article presents the knowledge of conventional burners that are currently used in the industry and the improved methods of the combustion efficiency with porous media. The aims of this article are to deeply understand the porous burner and to suggest the methods in improving a higher combustion efficiency of the burner. Generally, the industrial burners can be divided into three types as gas burners, oil burners and dual-fuel burners. The first two types have been widely used. However, the quantities of the combustion efficiency and turndown ratio of the conventional burners are quite low. In addition the conventional burners liberate a higher level of emission pollutant. The refore in order to improve the combustion efficiency, the porous media based on the principle of heat recirculation of combustion is applied to achieve the increasing of turn down ratio and stabilized flame on the lean combustion. The level of polluted emissions, i.e., CO and NO_x, from the porous burner is also lower than that of the conventional one. Several types of porous materials are adopted to be used as burner. Four structures of porous media are usually classified into : Foam, Lamella, Wire-mesh and Packed - bed or discrete structure. The first three structures have mainly been constructed as the gas

burner and currently employed in many industrial furnaces. However, the oil burners operate complexly due to the problem on the ballistics characteristics of oil droplet and the difficult ignition. Most of investigations in the oil burner are currently on progress by creating the prototypes, for practical test and further improve the capabilities.

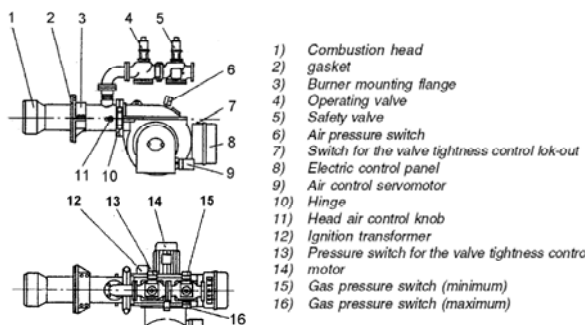
Keywords: Industrial burner, Porous media, Combustion

1. บทนำ

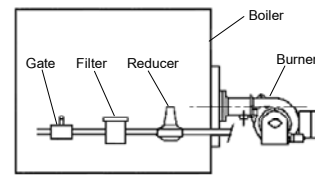
การเผาไหม้ (Combustion) เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมนั้น ปัจจุบันนิยมใช้หัวพ่นไฟหรือหัวเผา (Burner) เนื่องจากหัวพ่นไฟเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่สันดาปเชื้อเพลิงกับอากาศ ในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำให้เกิด เปลวไฟ (Flame) ซึ่งพลังงานความร้อนที่ได้จากเปลวไฟถูกนำไปใช้งานได้โดยตรง ตามความต้องการในลักษณะต่าง ๆ เช่น ให้ความร้อนกับหม้อน้ำอุตสาหกรรม (Industrial boiler) ให้ความร้อนในตู้อบเหล็ก (Furnace chamber) ใช้ใน เตาเผาขยะ (Incinerator) เป็นต้น โดยทั่วไปขั้นตอนการทำงานของระบบการเผาไหม้ในงานอุตสาหกรรมประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน [1] คือ 1) การจ่ายอากาศ 2) การจ่ายเชื้อเพลิง 3) การควบคุมอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิง 4) การผสมกันของอากาศกับเชื้อเพลิง 5) การจุดระเบิด และ 6) การควบคุมเปลวไฟ จากขั้นตอนการทำงานทั้ง 6 ข้อ พบว่าในบางครั้งหัวพ่นไฟอาจจะทำงานเพียงบางส่วนของขั้นตอน

ทั้งหมด แต่ในบางกรณีหัวพ่นไฟอาจจะต้องทำงานครบทุกขั้นตอน ด้วยเหตุนี้หัวพ่นไฟจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการเผาไหม้และมีผลโดยตรงต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง

รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบโดยละเอียดของหัวพ่นไฟชนิดใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ [2] พบว่ามีส่วนประกอบที่ค่อนข้างซับซ้อน แต่ก็พอแยกส่วนประกอบที่สำคัญได้ 4 ส่วน คือ ส่วนแรกหัวเผาไหม้ (Combustion head) เป็นส่วนที่เปลวไฟถูกพ่นออกเพื่อนำไปใช้งาน ส่วนที่สองระบบการจ่ายอากาศและควบคุมความดันอากาศ (หมายเลข 6, 9, 11 และ 14) ส่วนที่สามเป็นระบบการจ่ายแก๊สและการจุดระเบิด (หมายเลข 12, 15 และ 16) สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหัวพ่นไฟ (หมายเลข 4, 5 และ 8) ซึ่งการใช้งานจริงของหัวพ่นไฟต้องมีการนำไปติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์อื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างการติดตั้งหัวพ่นไฟเพื่อใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม [2] ลักษณะการติดตั้งเช่นนี้เป็นการทำงานโดยทั่วไปของหม้อน้ำอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟที่ใช้งานอยู่ ยังมีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยและวิศวกรจำนวนมากได้หาแนวทางที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟ หนึ่งในแนวทางที่ให้ความสนใจ คือ การประยุกต์ใช้วัสดุพอร์นในหัวพ่นไฟ ซึ่งเรียกว่า หัวพ่นไฟแบบวัสดุพอร์น (Porous burner)



รูปที่ 1 ส่วนประกอบโดยละเอียดของหัวพ่นไฟชนิดใช้เชื้อเพลิงแก๊ส [2]



รูปที่ 2 การติดตั้งหัวพ่นไฟเพื่อใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม [2]

หัวพ่นไฟแบบวัสดุพอร์นมีข้อดีที่โดดเด่นกว่าแบบทั่วไปหลายประการ [3] กล่าวคือ อัตราส่วนการหรือเพิ่มขึ้นจากประมาณ 4:1 เป็นอย่างน้อย 20:1 กำลังความเข้มข้นการเผาไหม้ (Power of combustion intensity) เมื่อทำงานร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ภาวะเดียวกัน หัวพ่นไฟแบบวัสดุพอร์นจะมีขนาดเล็กกว่าเกือบ 10 เท่า การเผาไหม้สามารถเกิดเสถียรของเปลวไฟได้ที่สภาวะส่วนผสมไอดีบาง (Lean combustion) ซึ่งมีค่าอัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratios) อยู่ในช่วง 0.53 – 0.91 และอัตราการปลดปล่อยแก๊สไอเสียมีค่าต่ำมาก ๆ โดยมีอัตรา การปล่อย CO และ NO_x น้อยกว่า 7 และ 25 mg/(kW·hr) ตามลำดับ

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอความรู้เกี่ยวกับหัวพ่นไฟอุตสาหกรรมที่ใช้งานในปัจจุบัน วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของหัวพ่นไฟด้วยวัสดุพอร์น ชนิดและโครงสร้างของวัสดุพอร์น รวมไปถึงแสดงตัวอย่าง การประยุกต์ใช้วัสดุ

พจนในหัวพ่นไฟที่มีการศึกษาวิจัยและนำไปใช้งานจริง เพื่อให้เข้าใจและเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟให้มีค่าสูงขึ้นต่อไป

2. หัวพ่นไฟที่ใช้งานในอุตสาหกรรม

หัวพ่นไฟที่ใช้งานในอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้ หากพิจารณาตามชนิดของเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่

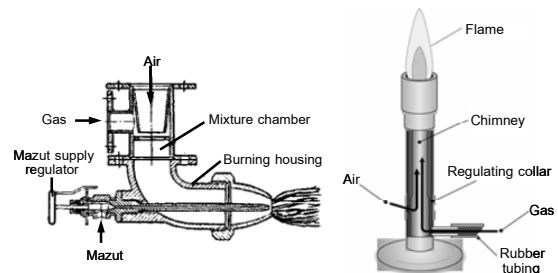
2.1 หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแก๊ส

เชื้อเพลิงแก๊สที่ใช้ในอุตสาหกรรมของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่มี 2 ชนิดได้แก่ แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas) และแก๊สแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) สำหรับการเลือกหัวพ่นไฟของเชื้อเพลิงแก๊สนั้น ต้องพิจารณาถึงชนิดของเชื้อเพลิงแก๊สที่จะใช้ ลักษณะการเผาไหม้ที่ต้องการ (Usability of combustion) เพราะล้วนมีความสำคัญต่อการออกแบบและใช้งานโดยทั่วไปหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแก๊สเชิงพาณิชย์แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ตามลักษณะการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ กล่าวคือ

2.1.1 เชื้อเพลิงและอากาศถูกผสมล่วงหน้าก่อนการเผาไหม้

รูปที่ 3 (ก) แสดงตัวอย่างของหัวพ่นไฟชนิดเชื้อเพลิงและอากาศผสมก่อนล่วงหน้าแบบอากาศระเบิด (Air blast burner) [4] การเผาไหม้ของหัวพ่นไฟแบบนี้จะเกิดขึ้น โดยอากาศที่มีความดันสูง

กว่าความดันบรรยากาศไหลผ่านเวนจูรี (Venture tube) ทำหน้าที่ดูดหรือชักพาเชื้อเพลิงเข้าไปผสมก่อนเกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้หรือเตาเผา เมื่อมีการจุดไฟ (Ignition) ขึ้น จะเกิดการเผาไหม้มีเปลวไฟพุ่งออกจากหัวพ่นไฟสามารถนำไปใช้งานตามต้องการ เรียกเปลวไฟ ที่ได้จากการเผาไหม้แบบนี้ว่า เปลวไฟผสมก่อนล่วงหน้า (Pre-mixed flame) ข้อเสียที่สำคัญของเตาเผาแบบนี้อยู่ที่อัตราส่วนการหรือที่ต่ำมาก กล่าวคือถูกจำกัดอยู่ที่ไม่เกิน 4:1 ทำให้ส่วนใหญ่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้เพื่อให้เข้าใจถึงหัวพ่นไฟชนิดผสมกันก่อนล่วงหน้ามากยิ่งขึ้นตะเกียงบุนเซน (Bunsen burner) เป็นตัวอย่างแบบง่ายที่พบเห็นได้บ่อย ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) [5]



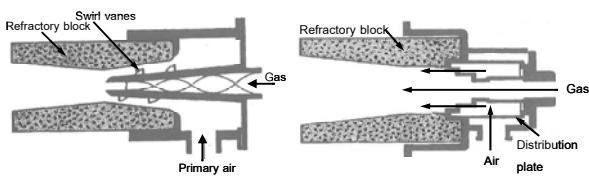
(ก) แบบอากาศระเบิด [4] (ข) ตะเกียงบุนเซน [5]

รูปที่ 3 ตัวอย่างหัวพ่นไฟชนิดเชื้อเพลิงและอากาศผสมก่อนล่วงหน้า

2.1.2 เชื้อเพลิงและอากาศที่ไม่ได้ถูกผสมล่วงหน้าก่อนการเผาไหม้

รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างของหัวพ่นไฟชนิดเชื้อเพลิงและอากาศไม่ได้ผสมล่วงหน้าก่อนการเผาไหม้แบบหัวฉีดผสม (Nozzle mix burner) หรือบางทีเรียกว่าแบบอุโมงค์ผสม (Tunnel mixing burner) [1] โดยรูปที่ 4 (ก) และ 4 (ข) แสดงการไหลของอากาศกับเชื้อเพลิงแบบไหลสวนทาง (Counter flow

mixture type) และแบบไหลขนาน (Parallel flow mixture type) ตามลำดับ การเผาไหม้ของหัวพ่นไฟแบบนี้อากาศและเชื้อเพลิงถูกป้อนออกมาจากหัวฉีดแยกจากกันอย่างอิสระ การผสมกันจะเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้พร้อม ๆ กับการเผาไหม้ จึงเรียกว่าเปลวไฟแบบแพร่ซึ่ม (Diffuse flame) มีอัตราส่วนการหรีที่สูง อาจมีค่าถึง 15:1 ส่งผลให้หัวเผาไหม้ชนิดเปลวไฟแพร่ซึ่มใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม



(ก) แบบไหลสวนทาง

(ข) แบบไหลขนาน

รูปที่ 4 หัวพ่นไฟชนิดหัวเผาไหม้ชนิดเปลวไฟแพร่ซึ่ม [1]

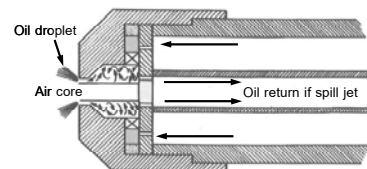
2.2 หัวพ่นไฟน้ำมัน

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในหัวพ่นไฟอุตสาหกรรมหากเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊ส จะพบว่า การเผาไหม้มีความยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากน้ำมันต้องมีการพ่นหรือฉีดให้เป็นฝอยละเอียด (Atomization) ละเอียดที่สุด เพื่อให้น้ำมันสามารถระเหยกลายเป็นไอ (Oil vapor) จึงสามารถเกิดการเผาไหม้ หากอยู่ในสภาพของเหลวจะไม่เกิดการติดไฟ ด้วยหลักการนี้หัวพ่นไฟน้ำมันสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบตามหลักการฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียด

2.2.1 หัวพ่นไฟแบบใช้ความดันน้ำมัน

หัวพ่นไฟแบบใช้ความดันน้ำมัน (Pressure-jet or pressure atomizing burner) มีหลักการการพ่นให้น้ำมัน เกิดเป็นฝอยละเอียด โดยอาศัยความ

ดันของน้ำมันเอง เป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุด เพราะมีโครงสร้างเรียบง่าย ราคาถูก ใช้งานง่าย สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างของเปลวไฟให้เหมาะสมกับห้องเผาไหม้ได้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5 [1] ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ น้ำมันจะถูกอัดส่งผ่านหัวฉีดโดย การสูบลูกสูบแรงดันสูงด้วยแรงดันประมาณ 10 – 30 psi เพื่อให้ น้ำมันพ่นออกมาเป็นวงแหวนและแตกออกเป็นฝอยละเอียด ๆ จึงสามารถจุดติดไฟเกิดการเผาไหม้ได้โดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงแก๊สจุดไฟนำร่อง อย่างไรก็ตามหัวพ่นไฟแบบความดันน้ำมันมีข้อเสียพอสมควร ได้แก่ มีอัตราส่วน การหรีเพียง 2:1 น้ำมันที่สกปรกมักจะ ทำให้อุดตันต้องมี การกรองอย่างละเอียด เกิดความเสียหายได้ง่ายระหว่างการทำงานสะอาด ต้องการคุณสมบัติในการอุ่นน้ำมันเพื่อการเปลี่ยนรูปน้ำมันให้อยู่ในสถานะฝอยละเอียด เป็นต้น

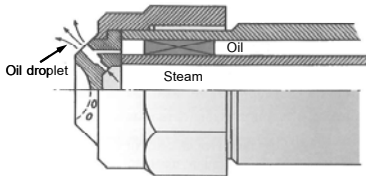


รูปที่ 5 หัวพ่นไฟแบบอาศัยความดันของน้ำมันในการพ่นหรือฉีดฝอยเชื้อเพลิง [1]

2.2.2 หัวพ่นไฟแบบใช้ความดันอากาศหรือน้ำ

การพ่นให้น้ำมันเชื้อเพลิงเกิดเป็นฝอยละเอียดของ หัวพ่นไฟแบบใช้ความดันอากาศหรือน้ำ (Air or steam atomizing burner) ต้องอาศัย กระแสอากาศหรือน้ำซึ่งมีความดันประมาณ 9 – 20 psi เป็นตัวดันหรือตีน้ำมันให้พ่นเป็นฝอยละเอียดรวมตัวกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ และเกิดการจุดติด

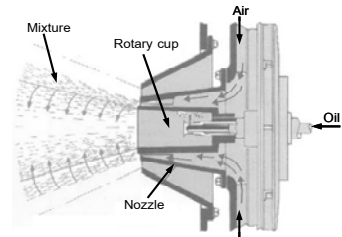
ไฟ มีข้อดีหลายประการ เช่น มีโครงสร้างทนทาน แข็งแรง มีอัตราส่วนการหรีที่ตีประมาณ 4:1 และสามารถ เผาไหม้กับน้ำมันเตาได้เป็นอย่างดี เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 [1] แต่หัวพ่นไฟแบบนี้ จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงแก๊สในการจุดไฟนำร่อง



รูปที่ 6 หัวพ่นไฟแบบพ่นฝอยละอองน้ำมันโดยอาศัยไอน้ำ [1]

2.2.3 หัวเผาแบบใช้ถ้วยหมุน

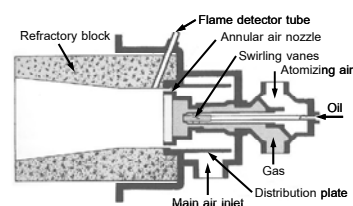
หัวพ่นไฟแบบใช้ถ้วยหมุน (Rotary cup burner) จะไม่ได้ใช้หัวฉีดเหมือน 2 แบบแรก แต่จะใช้ถ้วยหมุน (Rotary cup) ที่มีรูปร่างปากบานออกเล็กน้อย ดังแสดงใน รูปที่ 7 [6] น้ำมันจะถูกถ้วยหมุนนี้เหวี่ยงด้วยความเร็วรอบสูงเพื่อให้น้ำมันไหลย่อยเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ ไปตามผิวในของถ้วยจนกระทั่งถึงปากขอบ น้ำมันจะปะทะกับอากาศซึ่งป้อนออกมาจากผิวนอกของถ้วย และถูกตีเป็นฝอยละเอียด แต่ละอองน้ำมันมีความละเอียดไม่เท่ากับ 2 แบบแรก เพราะแรงอัดของน้ำมันไม่สูงมาก รวมทั้งไม่มีอากาศผสมใน ห้องเผาไหม้ ข้อดีของหัวเผาแบบนี้อยู่ที่ราคาต่ำ ไม่ค่อยอ่อนไหวต่อความหนืดของน้ำมันมากนัก ให้สมรรถนะเป็นที่ น่าพอใจ และมีอัตราส่วนการหรีที่ตีประมาณ 4:1 ส่วนข้อเสียประการสำคัญคือ จะต้องมีการทำความสะอาดตัวถ้วย เป็นระยะ ๆ จึงไม่เหมาะกับงานที่ต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 7 หัวพ่นไฟแบบพ่นฝอยละอองน้ำมันโดยใช้ถ้วยหมุน [6]

2.3 หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแบบควบ

หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงควบ (Dual-fuel burners) หมายถึง หัวพ่นไฟที่สามารถทำงานกับเชื้อเพลิงสองชนิด คือ เชื้อเพลิงแก๊สกับน้ำมัน ซึ่งมีทั้งแบบที่สามารถใช้เชื้อเพลิงเพียงชนิดเดียว หรือเป็นแบบที่สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งสองชนิดพร้อม ๆ กัน หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงควบให้ประโยชน์ในแง่ที่ช่วยให้สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงตามการเปลี่ยนแปลงของราคา เชื้อเพลิงในตลาด ช่วยลดปัญหาในกรณีที่มีการส่งจ่ายเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งเกิดการสะดุดหยุดชะงัก รูปที่ 8 เป็นหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงควบระหว่างแก๊สกับน้ำมัน [1] ซึ่งมีขีดความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพร้อม ๆ กันได้ ในความเป็นจริงแล้ว หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแบบควบยังมีการ ใช้งานร่วมกันระหว่างแก๊สกับเชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel) ด้วย แต่สำหรับบทความนี้จะไม่ขอกล่าวถึง เพราะหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมของประเทศไทยนิยมเชื้อเพลิงแก๊สและน้ำมันเป็นสำคัญ



รูปที่ 8 หัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแบบควมชนิดใช้แก๊สกับน้ำมัน [1]

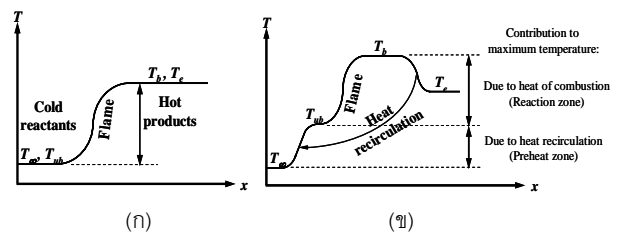
3. แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพหัวพ่นไฟ

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (Combustion efficiency) เกี่ยวพันกันโดยตรงกับประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าเดียวกัน ดังนั้นหนึ่งในแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพ การเผาไหม้ (หัวพ่นไฟ) คือ การใช้วัสดุพ่นในหัวพ่นไฟตามหลักการการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อนของ Weinberg [7]

3.1 การเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ระหว่างระบบที่มีและไม่มี การหมุนเวียนความร้อน [7] ซึ่งในระบบการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน (Heat recirculation of combustion) จะใช้หลักการยืมความร้อน (Borrowing energy) จากแก๊สไอเสียมาหมุนเวียนให้กับไอดี (หรืออากาศเผาไหม้) สามารถกระทำได้โดยใช้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ชนิดใดก็ได้ เมื่อพิจารณาระบบที่ไม่มี การหมุนเวียนความร้อน (รูปที่ 9 (ก)) อากาศไหลเข้าทางด้านซ้ายมือของระบบด้วย อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Ambient temperature, T_{∞}) ผสมคลุกเคล้ากับเชื้อเพลิงเกิดเป็นอุณหภูมิไอดี (Unburned temperature, T_{ub}) เมื่อให้ความร้อนหรือ การจุดติดไฟแก่ระบบจะเกิดการเผาไหม้ ได้ อุณหภูมิ การเผาไหม้ปกติ (Burned temperature, T_b) หลังจากนั้นอากาศร้อนไหลออกจากระบบทางด้าน ขวามือด้วย อุณหภูมิ แก๊ส ไอ เสีย (Exhaust

temperature, T_e) จากการเผาไหม้จะไม่มี การนำ ความร้อนจากแก๊สไอเสียมาหมุนเวียนใช้ใน ระบบ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบการเผาไหม้ที่มี การหมุนเวียนความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 9 (ข) พบว่า แก๊สไอเสียจะถูกนำมาอุ่น (Preheat) อากาศ ทำให้ T_{ub} สูงกว่า T_{∞} ก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ และเมื่อระบบ เกิดการเผาไหม้ ระดับ T_b จะสูงกว่ากรณีไม่หมุนเวียน ความร้อน ส่งผลทำให้การเผาไหม้ที่ได้มีความ สมบูรณ์มากกว่าระบบการเผาไหม้ปกติ นอกจากนี้ ยังทำให้ค่าความเร็วในการเผาไหม้ (Burning velocity) และความเข้มการเผาไหม้ (Combustion intensity) มีค่าสูง สามารถออกแบบเตาเผาไหม้มี ขนาดกะทัดรัด และยังพบว่าระบบการเผาไหม้ที่มี การหมุนเวียนความร้อนยังช่วยขยายขอบเขต การเผาไหม้ (Flammability limits) ให้กว้างขึ้น นำไปสู่ การประยุกต์ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีค่าความ ร้อนต่ำมาก ๆ ที่ไม่สามารถเผาไหม้ในอุปกรณ์แบบ ปกติได้



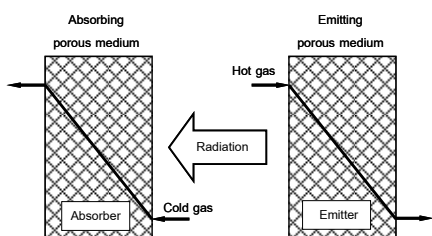
รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิการเผาไหม้ชนิด [7]

(ก) ที่ไม่มีและ(ข) มีการหมุนเวียนความร้อน

3.2 การเปลี่ยนรูปความร้อนระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อนโดยวัสดุพ่น

วัสดุพ่นเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง (High surface area to volume ratio) และสามารถทนต่อสภาวะ ที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ได้ คุณสมบัติที่

สำคัญของวัสดุพอรุ คือ สามารถที่จะเปลี่ยนพลังงาน กลับไปกลับมาระหว่างเอนทาลปีของแก๊ส (Gas enthalpy) และการแผ่รังสีความร้อนได้ ดังนั้นในการ ถ่ายเทความร้อนจึงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เปรียบเสมือนได้ว่าวัสดุพอรุเป็นเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีหลักการ ทำงานดังแสดงในรูปที่ 10 [8, 9] เมื่ออากาศร้อน (Hot gas) ไหลผ่านวัสดุพอรุ (ด้านขวามือ) วัสดุพอรุ จะทำหน้าที่ดูดกลืนเอนทาลปีของ อากาศร้อน เอาไว้ส่วนหนึ่ง แล้วเปลี่ยนพลังงานส่วนที่ดูดกลืนมา นี้ไปเป็นการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) กลับไปยัง วัสดุพอรุอีกด้านหนึ่ง ซึ่งเรียวัสดุพอรุที่แผ่รังสีความ ร้อนลักษณะเช่นนี้ว่า ตัวแผ่รังสี (Emitter) ดังนั้น อากาศร้อนที่ ไหลผ่านตัวแผ่รังสีจะมีอุณหภูมิลดลง สำหรับวัสดุพอรุอีกตัว (ด้านซ้ายมือ) จะทำหน้าที่รับ รังสีความร้อนซึ่งเรียกว่าตัวรับรังสี (Absorber) และ เมื่อมีอากาศเย็นไหลผ่านตัวรับรังสีนี้ อากาศเย็นก็จะ ดูดเอาความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้ทำให้อากาศมีค่าเอน ทาลปีและอุณหภูมิสูงขึ้น จากหลักการดังกล่าว หาก จัดเรียงวัสดุพอรุทั้งสองอันให้เหมาะสม สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมให้การเผาไหม้มี ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น เพราะระบบจะมีการอุ่น อากาศ (Preheat) ที่มีประสิทธิภาพนั่นเอง



รูปที่ 10 หลักการทำงานของวัสดุพอรุเสมือนเป็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน [8]

4. วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุพอรุ

การเลือกวัสดุเพื่อใช้เป็นหัวพันไฟแบบวัสดุ พอรุ นั้นถือว่ามีค่าสำคัญที่สุด เพราะมีผลกระทบ โดยตรงต่อกลไกการเผาไหม้ อายุการใช้งาน การ บำรุงรักษา และสมรรถนะของหัวพันไฟ โดยทั่วไป การเลือกวัสดุจะพิจารณาร่วมกันระหว่างชนิดของ วัสดุและโครงสร้างของวัสดุพอรุ ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

4.1 ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุพอรุ

วัสดุพอรุ คือ วัสดุที่มีอากาศหรือช่องว่าง (Space) แทรกปะปนอยู่ในเนื้อวัสดุที่เป็นของแข็ง หากพิจารณา วัสดุใด ๆ ที่มีปริมาตรหนึ่งหน่วย ค่าความพอรุ (Porosity) จะนิยามด้วยอัตราส่วน ระหว่างปริมาตรของช่องว่างต่อปริมาตรทั้งหมด (ปริมาตรที่บ) ดังนั้นวัสดุใดที่มีค่าความพอรุสูง ๆ หมายถึง วัสดุนั้นมีปริมาตรช่องว่างเยอะ ในทาง ตรงกันข้ามหากมีค่าต่ำ ๆ หมายถึงวัสดุนั้นไม่ค่อยมี ช่องว่าง และถ้ามีค่าเท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุที่บ ด้วย โครงสร้างแบบนี้ของวัสดุพอรุทำให้มีคุณลักษณะเด่น ที่สำคัญ 2 ประการ กล่าวคือ ประการแรกมี อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรสูง ทำให้ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมาก ประการที่ สองการถ่ายเทความร้อนจะไม่มีเพียงการนำแต่จะมี การแผ่รังสีความร้อนซึ่งมีค่าสูงเมื่อเทียบกับวัสดุที่บ ทั่วไป ทำให้สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อน ระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อน (การนำ ความร้อน) ได้เป็นอย่างดี

การเลือกวัสดุพอรุในหัวพันไฟนั้นต้อง พิจารณาคุณสมบัติหลายประการ [10] ให้สามารถ

ทำงานได้อย่างเหมาะสมกับการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง ๆ วัสดุต้องมีความแข็งแรง (Durability) ความทนทานต่ออุณหภูมิสูงสุด (Resistance to maximum temperature) ที่รับได้ ความคงทนต่อการช็อคทางอุณหภูมิ (Resistance to thermal shock) การขยายตัวตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

(Thermal expansion) ค่าคงที่ของการนำความร้อน (Thermal conductivity) และค่าความสามารถในการแผ่รังสี (Emissivity) ล้วนเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ตารางที่ 1 นำเสนอตัวอย่างคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นวัสดุพอร์นที่ใช้จริงในปัจจุบัน [11]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุพอร์น [11]

คุณสมบัติ	Al ₂ O ₃	SiC	ZrO ₂	FeCrAl	NiCrAl
อุณหภูมิสูงสุดที่วัสดุทนรับได้ (°C)	1900	1600	2300	1400	1330
ความคงทนต่อการช็อคทางอุณหภูมิ (10 ⁻³ W ⁻¹)	3	23	1	-	-
ค่าคงที่การนำความร้อน (W/ m·K)	5-6	20-50	2-4	20-28	20-28
ค่าการแผ่รังสีรวม (Total emissivity)	0.28	0.9	0.31	0.45	0.5
การขยายตัวตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น	ปานกลาง	ต่ำ	ดี	ดีมาก	ดีมาก
ชนิดของวัสดุ (Kind of materials)	เซรามิกซ์	เซรามิกซ์	เซรามิกซ์	โลหะ	โลหะ

4.2 โครงสร้างของวัสดุพอร์น

วัสดุชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวผ่านมาในหัวข้อ 4.1 เมื่อนำมาผลิตเป็นวัสดุพอร์นจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปมากมาย และมีวัตถุประสงค์การใช้งานที่ต่างออกไป หากพิจารณาถึงการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุพอร์นจะแบ่งได้เป็น 4 โครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 11

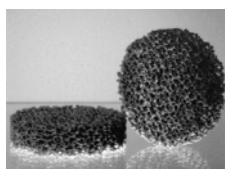
จากรูปที่ 11 (ก) เป็นโครงสร้างแบบโฟม (Foam structure) หรือบางที่อาจเรียกว่าเซลล์ลูลาร์เปิด (Open-cellular structure) [12] เนื้อของแข็งของวัสดุจะตกเป็น เส้นใยโดยที่มีช่องว่างเป็นโพรงทรงกลมแบบเซลล์แทรกอยู่ภายในเส้นใยดังกล่าว ส่งผลให้เซลล์ลูลาร์เปิดมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบห้าเหลี่ยมสิบหน้า (Pentagonal dodecahedron) มีค่าความพรุนมากกว่า 0.8 และมีจุดเด่นหลายประการที่เหมาะสมแก่การใช้งาน เช่น น้ำหนักเบา ความดันตกคร่อม

ของแก๊สที่ไหลผ่านมีค่าต่ำ มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรที่สูงมาก เป็นต้น นิยมใช้กับหัวพ่นไฟแบบแผ่รังสี (Radiant porous burner) ของเชื้อเพลิงแก๊ส มีทั้งที่ทำมาจากโลหะและเซรามิกซ์ อย่างไรก็ตามเซลล์ลูลาร์เปิดจะมีปัญหาเรื่องความแข็งแรงหากทำด้วยเซรามิกซ์

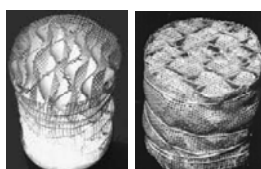
โครงสร้างแบบแผ่นลามেলাหรือแบบผสม (Lamella or mixer structure) ผลิตมาใช้งานทั้งที่ทำมาจากโลหะและ เซรามิกซ์ แสดงในรูปที่ 11 (ข) [3] มีค่าความพรุนสูงมากอยู่ในช่วง 0.95 – 0.99 ซึ่งทำให้การนำความร้อนของแผ่น ลามেলাทำได้ไม่ดี แต่ด้วยพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรที่สูง ส่งผลให้แผ่นลามেলাสามารถส่งถ่ายความร้อนด้วยวิธีการ แผ่รังสีได้อย่างดีเยี่ยม และความดันตกคร่อมของแก๊สที่ไหลผ่านมีน้อย ซึ่งคุณสมบัติแบบนี้ก็คล้ายคลึงกับโครงสร้างแบบเส้นใย (Wire-mesh structure) ดัง

แสดงในรูปที่ 11 (ค) [3] เพียงแต่แบบเส้นใยมีช่วงค่าความพรุนต่ำกว่า (0.75 – 0.95) และมักมีปัญหาเกี่ยวกับความทนทานและความแข็งแรง

รูปที่ 11 (ง) เป็นโครงสร้างแบบฐานอัดแน่นหรือแบบชิ้นส่วน (Packed bed or discrete element) [12] มีค่า ความพรุนต่ำประมาณ 0.3 – 0.7 งานวิจัยส่วนใหญ่ มักใช้ชิ้นส่วนที่มีรูปร่างเป็นบอลทรงกลม แต่ก็มีการใช้ รูปทรงอื่น ๆ ด้วย เช่น รูปทรงอานม้า (Saddle) หินคูปลาที่มีการคักรูปทรงและขนาดให้เท่ากัน เป็นต้น จุดเด่นของวัสดุพูนแบบชิ้นส่วนนี้ คือ มีความแข็งแรง ทนทานต่อการซึบคาย อุณหภูมิ และเป็นตัวช่วยสะสมความร้อนไว้ที่เนื้อวัสดุอย่างดี ในการใช้งานจริง วัสดุพูนแบบนี้มีข้อจำกัดพอสมควร เนื่องจากความดันตกคร่อมของแก๊สที่ไหลผ่านมีค่าสูง กลไกการส่งถ่ายความร้อนโดยเฉพาะการแผ่รังสีและการพาความร้อนมีค่าต่ำ



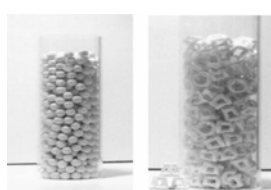
(ก) แบบโฟม [12]



(ข) แบบแผ่นลามেলাหรือแบบผสม [3]



(ค) แบบเส้นใย [3]



(ง) แบบฐานอัดแน่นหรือแบบชิ้นส่วน [12]

รูปที่ 11 วัสดุพูนโครงสร้างแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในหัวพ่นไฟ

5 หัวพ่นไฟวัสดุพูน

จากหัวข้อที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงชนิดของวัสดุและโครงสร้างของวัสดุพูน ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการประยุกต์ ใช้วัสดุพูนในหัวพ่นไฟที่มีการนำไปใช้

งานจริงและการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน โดยจะแบ่งตามเชื้อเพลิงดังรายงานในหัวข้อที่ 2 ของบทความ แต่ในหัวข้อนี้ไม่พิจารณากรณีใช้เชื้อเพลิงควบ จึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

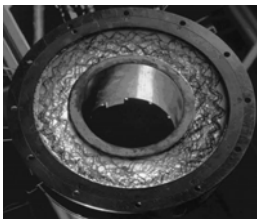
5.1 หัวพ่นไฟวัสดุพูนชนิดเชื้อเพลิงแก๊ส

งานวิจัยและการใช้งานจริงที่มีการประยุกต์ใช้วัสดุพูนในหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงแก๊สมียุ่มาหลายชิ้นในบทความนี้ ขอนำเสนอตัวอย่างบางส่วนเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 12 [3] จากรูปที่ 12 (ก) แสดงหัวพ่นไฟวัสดุพูนแบบวงแหวน (Ring-type porous combustor) ซึ่ง ถูก ติด ตั้ง ร่ว ม กับ หัว พ่น ไฟอุตสาหกรรมชนิดเชื้อเพลิงผสมก่อน (Conventional pre-mixed industrial burner) พบว่า หัวพ่นไฟแบบใหม่นี้ช่วยยกระดับอัตราส่วนการหรือจาก 1:2.5 เป็น 1:50 และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการปล่อยแก๊สไอเสียสู่บรรยากาศ นอกจากนี้ยังทำให้หัวพ่นไฟมีขนาดกะทัดรัดลงโดยเฉพาะหากแบบทั่วไปมีการจ่ายไอดีแบบหมุนวน

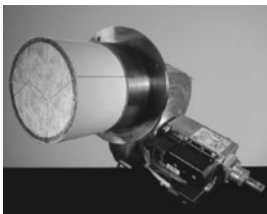
สำหรับรูปที่ 12 (ข) เป็นตัวอย่างหัวพ่นไฟวัสดุพูนแผ่รังสีแบบแก๊สเย็น (Air cooled radiant porous burner) ขนาด 25 kW เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอบแห้ง โดยปกติขบวนการอบแห้งทางอุตสาหกรรมมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดความชื้นจากผลิตภัณฑ์

ต่าง ๆ เช่น การเกษตร อาหาร สิ่งทอ (Textile) ไม้ อุตสาหกรรมหนัง (Leather) เป็นต้น ซึ่งหัวพ่นไฟที่ใช้ทั่วไปสำหรับการอบแห้งนั้น บางครั้ง อากาศร้อนจากเปลวไฟจะสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง อาจ

ทำให้มีการเสียหายเกิดขึ้นในขบวนการผลิต เพราะช่วง การเผาไหม้ (Burning length) สั้นเพียง 1 ถึง 3 เมตร เท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการติดตั้งร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนอื่น ๆ หรือต้องสร้างห้องอบที่มีขนาดใหญ่ แต่หากใช้หัวพ่นไฟวัสดุพอรุนตามรูปที่ 12 (ข) ช่วงการเผาไหม้จะยาวออกไปถึง 10 เมตร ส่งผลให้อากาศร้อนที่ได้จากเปลวไฟมีอุณหภูมิลดต่ำลงจึงนิยามว่าเป็นอากาศเย็น นอกจากนี้ ยังมีข้อดีอื่น ๆ อีก เช่น การปล่อยแก๊สไอเสียสู่อากาศน้อย อัตราส่วนการหรีมีค่าสูง เป็นต้น



(ก) หัวพ่นไฟวัสดุพอรุนแบบวงแหวน



(ข) หัวพ่นไฟวัสดุพอรุนแบบอากาศเย็น

รูปที่ 12 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานหัวพ่นไฟวัสดุพอรุน เชื้อเพลิงแก๊ส [3]

5.2 หัวพ่นไฟวัสดุพอรุนชนิดเชื้อเพลิงเหลว

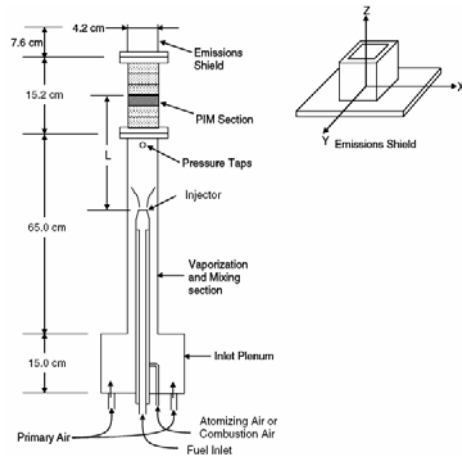
การประยุกต์ใช้งานจริงของหัวพ่นไฟวัสดุพอรุนชนิดเชื้อเพลิงเหลว (Liquid fuel porous burners) ยังมีน้อย เนื่องจากมีความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน ทั้งปัญหาคุณลักษณะของละอองน้ำมันและการจุดติดไฟที่ลำบาก ดังนั้นส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงการวิจัยพัฒนาหรือเสนอแนวคิดเพื่อให้ใช้งานได้

เหมาะสม ซึ่งในบทความนี้ขอนำเสนอตัวอย่างงานวิจัยบางส่วนเท่านั้น

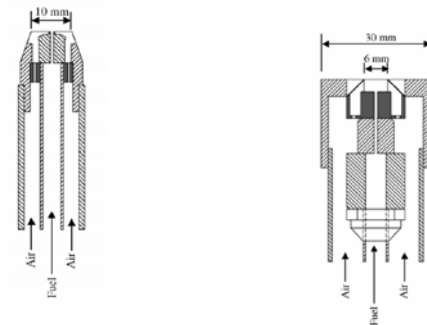
รูปที่ 13 (ก) แสดงแผนผังงานวิจัยหัวพ่นไฟวัสดุพอรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงเหลวด้วยหัวฉีด (Fuel injections) ของ Vijaykant และ Agrawal [13] พวกเขาทำการศึกษาโดยใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันก๊าด วัสดุพอรุนที่เลือกใช้มีโครงสร้างแบบโพมทำมาจากซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4.2 cm และหนา 2.5 cm นำมาวางซ้อนทับกันจนมีความสูง 15.2 cm หัวฉีดที่ทดลองมี 2 แบบ คือแบบอากาศช่วย (Air-assist injector) และแบบอากาศ หมุนวน (Swirling-air injector) ดังแสดงในรูปที่ 13 (ข) และ (ค) ตามลำดับ พวกเขาสนใจอิทธิพลของระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับวัสดุพอรุน (ระยะ L) ที่มีผลต่อการเผาไหม้ พบว่าเมื่อหัวฉีดมีระยะห่างจากวัสดุพอรุนมาก ๆ (L = 45 cm) กลไกการระเหยของน้ำมันเกิดขึ้นดีอย่างทั่วถึงผสมกับอากาศได้เหมาะสม เกิดการเผาไหม้ที่ปล่อยแก๊สไอเสีย (CO และ NO_x) ในปริมาณที่น้อย เมื่อลดระยะห่างลง ได้ข้อสังเกตว่าการระเหยกลายเป็นไอและกลไกการเข้าผสมกับอากาศลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลต่อการเผาไหม้ที่ไม่ดีและแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกมามีปริมาณสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแก๊สไอเสียจะลดลงได้หากใช้หัวฉีดแบบอากาศหมุนวนและมีการจัดเรียงชั้นวัสดุพอรุนที่เหมาะสมตามขนาดรู (Pore size) และความหนาของแผ่นวัสดุพอรุน

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างงานวิจัยบางส่วนของทีมงาน ศาสตราจารย์ ดร.สำเริง จักรใจ [14] เกี่ยวกับหัวพ่นไฟวัสดุพอรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วย

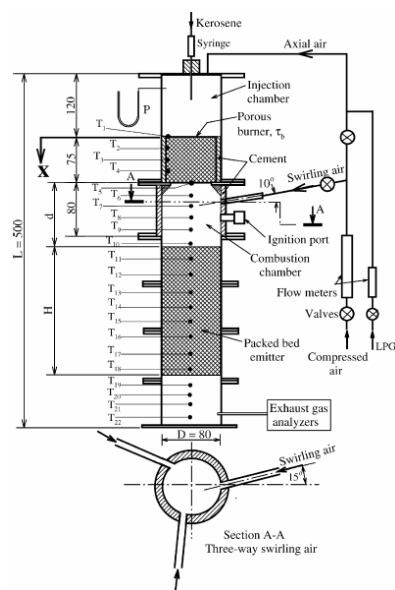
วิธีการหยด (Drop-wise method) ในงานวิจัยนี้ ศ.ดร. สำเร็จ และทีมงาน ได้นำเสนอความสำคัญของวัสดุพอรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวแผ่รังสี (Emitter) ของหัวพ่นไฟ โดยเลือกใช้วัสดุพอรุนที่ทำมาจากหินตุ้ปปลา (Al_2O_3 pebbles) มีโครงสร้างแบบฐานอัดแน่นหรือขึ้นส่ว ส่วนวัสดุพอรุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ (Absorber) หรือหัวพ่นไฟวัสดุพอรุน ทำมาจากลวดตาข่าย สแตนเลสวางซ้อนทับกันอย่างแน่นทำให้มีโครงสร้างแบบเส้นใย ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการระเหยเชื้อเพลิงเหลว (น้ำมันก๊าด) เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่ระบบด้วยการหยดจากด้านบนผ่านวัสดุพอรุนตัวดูดซับ เกิดการระเหยกลายเป็นไอ ผสมกับอากาศที่ป้อนให้ระบบทางด้านข้างของห้องเผาไหม้ในลักษณะหมุนวนแบบสามทาง (Three way swirling air) เกิดการผสมคลุกเคล้ากันอย่างรุนแรงนำไปสู่การจุดติดไฟ (Ignition) และเผาไหม้ในที่สุด จากการศึกษาพบว่ามีเปลวไฟเสถียรเกิดขึ้นระหว่างชั้นวัสดุพอรุนทั้งสอง และปริมาณแก๊สไอเสียอยู่ในเกณฑ์ต่ำ วัสดุพอรุนตัวแผ่รังสีหรือหินตุ้ปปลา มีอิทธิพลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงเนื่องจากช่วยส่งเสริมกลไกการระเหยของน้ำมัน กล่าวคือ เมื่อเกิดการเผาไหม้ในระบบ ความร้อนจากเปลวไฟและ แก๊สไอเสียที่ไหลออกทางด้านล่างของระบบจะถูกกักเก็บไว้ด้วยหินตุ้ปปลา หลังจากนั้นตามคุณสมบัติของวัสดุพอรุน จะเกิดการแผ่รังสีออกมา ด้วยเหตุนี้หินตุ้ปปลาจึงแผ่รังสีย้อนกลับไปยังชั้นตาข่ายสแตนเลสทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งเสริมกระบวนการระเหยของเชื้อเพลิงมากขึ้น ตามด้วยการผสมคลุกเคล้าที่ดีขึ้น และเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์



(ก) แผนผังการทดลองของ Vijaykant และ Agrawal [13]



(ข) หัวฉีดแบบอากาศช่วย (ค) หัวฉีดแบบอากาศหมุนวน รูปที่ 13 หัวพ่นไฟวัสดุพอรุนชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วย หัวฉีด [13]



รูปที่ 14 งานวิจัยหัวพันไฟฟอสฟอรัสชนิดน้ำมันที่จ่ายเชื้อเพลิง ด้วยวิธีการหยดของ Jugjai และ Polmart [14]

6. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอความรู้เกี่ยวกับหัวพันไฟอุตสาหกรรมที่ใช้งานในปัจจุบัน วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของหัวพันไฟด้วยวัสดุฟอสฟอรัส สามารถสรุปได้ดังนี้

1) หัวพันไฟเชิงพาณิชย์ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมปัจจุบัน (Conventional industrial burners) ซึ่งแบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ หัวพันไฟเชื้อเพลิงแก๊ส (Gas burners) หัวพันไฟน้ำมัน (Oil burners) และ หัวพันไฟเชื้อเพลิงแบบควบ (Dual-fuel burners) โดยหัวพันไฟสองชนิดแรกนิยมใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency) ค่าอัตราส่วนการหรี่ (Turn down ratio) ยังมีค่าต่ำ และมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศมีปริมาณที่สูง

2) การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วยการประยุกต์ใช้วัสดุฟอสฟอรัสในหัวพันไฟโดยอาศัยหลักการ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีการหมุนเวียนความร้อน (Heat recirculation of combustion) จะส่งผลให้มีอัตราส่วนการหรี่เพิ่มขึ้น การเผาไหม้สามารถเกิดเสถียรได้ที่สภาวะไอดีบาง (Lean Combustion) และปล่อยแก๊สไอเสียในปริมาณที่ต่ำ

3) วัสดุฟอสฟอรัสที่เลือกใช้ในหัวพันไฟแบ่งออกเป็น 4 โครงสร้างใหญ่ ๆ คือ โครงสร้างแบบโฟม (Foam structure) แบบแผ่นลามลลา (Lamella structure) แบบเส้นใย (Wire-mesh structure) และ

แบบฐานอัดแน่นหรือแบบชิ้นส่วน (Packed bed or discrete element)

4) หัวพันไฟฟอสฟอรัสเชื้อเพลิงแก๊ส (Gas porous burner) มีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมเตาเผาชนิดต่าง ๆ มานานหลายปี ซึ่งนิยมเลือกใช้โครงสร้างวัสดุฟอสฟอรัสแบบโฟม แบบแผ่นลามลลา และแบบเส้นใย อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับหัวพันไฟฟอสฟอรัสแบบแก๊สก็ยังไม่พัฒนาไม่หยุดนิ่งตลอดเวลา

5) หัวพันไฟฟอสฟอรัสชนิดน้ำมัน (Liquid or oil porous burner) มีความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน เนื่องจากปัญหาคุณลักษณะของละอองน้ำมัน (Ballistics characteristics of oil droplet) และการจุดติดไฟที่ยาก (difficult of ignition) ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงงานวิจัยต้นแบบเพื่อพัฒนาให้ใช้งานได้เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สำเริง จักรใจ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้ข้อคิดเห็นเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์และเพิ่มความเข้าใจอย่างลึกซึ้งต่อบทความวิชาการนี้ และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์ มัทธูจักร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้แนะแนวทางเกี่ยวกับการเขียนบทความวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ “การประหยัดพลังงานในเตาเผา” ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 2545.
- [2] บริษัท Baltur Technology Per Il Clima “คู่มือ Instruction for burners model” 2006.
- [3] Mobbauer, S. Pickenacker, O. Pickenacker, K. and Trimis, D., “Application of the porous burner technology in energy- and heat-engineering” Proceeding of the Fifth International Conference on Technologies and Combustion for a Clean Environment (Clean Air V), Lisbon, Portugal. 12-15 July, Vol. 1, Lect. 20.2, 1999, pp. 519 – 523.
- [4] Staskevich, N. L., “Spravochnoe rukovodstvo po gazosnabzheniiu: Great Soviet Encyclopedia” 1960. [Online] <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Gas+Burner>.
- [5] Bykowski, T. and Stevenson, B., “Aspetic Technique” Current Protocols Essential Laboratory Techniques, New York, 2008.
- [6] กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ “การบำรุงรักษาเตาเผา” ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 2545.
- [7] Weinberg, F. J., “Heat - recirculating burners: principles and some recent developments” Combustion Science and Technology, Vol. 121, 1996, pp. 3-22.
- [8] Krittacom, B., “Studies on thermal characteristics of open-cellular porous burners” D.Eng. Dissertation, Oita University, 2009.
- [9] สำเร็จ จักรใจ “การเผาไหม้” พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2547.
- [10] Tierney, C. and Harris, A. T., “Materials design and selection issues in ultra-lean porous burners” Journal of the Australian Ceramic Society, Vol. 45, Issue 2, 2009, pp. 20 -29.
- [11] Wood, S. and Harris, Andrew T., “Porous burners for lean-burn applications” Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 34, Issue 2, 2008, pp. 667 – 684.
- [12] Trimis, D. Durst, F. Pickenacker, O. and Pickenacker, K., “Porous medium combustor versus combustion systems with free flames” Proceeding of the 2nd International Symposium on Heat Transfer Enhancement and Energy Conservation, Guanzhou, China, 1997, pp. 339 – 345.
- [13] Vijaykant, S., Agrawal, A. K., “Liquid fuel combustion within silicon – carbide coated carbon foam” Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 32, Issue 1, 2007, pp. 117–25.

[14] Jugjai, S. and Polmart, N., "Enhancement of evaporation and combustion of liquid fuels through porous media" *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 27, Issue 8, 2003, pp. 901–909.