

Abstract

Project Code: TRG5780081

**Project Title: Utilization of Waste Polymers for Sustainable EAF Steelmaking:
Kinetics of Carbon Dissolution**

Investigator: Dr.Somyote Kongkarat Thammasat University

E-mail Address: ksomyote@tu.ac.th

Project Period: June 2014 - June 2016 (2 years)

In recent decades, the world steel market has seen the widespread adoption of electric arc furnace (EAF) steelmaking technology, since the entire pattern of the industry is changing in response to technological innovations, energy crisis and environmental problems. A typical EAF steelmaking mini mill can consume high amount of metallurgical coke as a carbon source annually. Carbon is a key element in EAF steelmaking process as a slag foaming agent and a carburizing material. To make EAF steelmaking industry more sustainable, new process technologies need to be developed to lower the consumption carbon. Polymers, which are carbon based materials, have a potential to be used as a source of carbon in EAF steelmaking process. Most of waste polymers present in the form of mixture of various types of plastics. This project aims to utilize various waste polymers from both municipal and industrial sectors in Thailand as a carburizer for liquid steel. In-depth investigations had been carried out on the kinetics of carbon dissolution from blends of various waste polymers with coke into liquid steel at 1550 °C. It was found that a number of polymers waste could be blended with coke and used as a carburizer. Carbon dissolution behaviour of the carbonaceous blends into liquid steel depends on polymers characteristics and its concentration in the blends. Bakelite can significantly enhance the rate of carbon dissolution compares to pure coke and the dissolution rates increase with increasing bakelite concentration in the blends. The impurity (CaCO_3) in bakelite helps modify the ash chemistry of coke leading to the modification of interfacial ash

layer at the Fe-C interface and thus increase in contact area available for carbon dissolution. When blending with coke, HDPE can be used as a carburizing material in steelmaking process with the significant dissolution rate was observed for blend H3 only, while the improvement in carbon dissolution could not observed when PET were used. Volatiles from the thermal decomposition of HDPE helps slow down the coverage of interfacial ash layer and might aid the carburization of liquid steel to some extent. The addition of PS, PET and PU waste polymers into coke had no negative effect on the carbon dissolution behaviour. Oxygen and nitrogen in PET and PU were found to have insignificant effect on retarding the dissolution of carbon. These studies have strong implications in unlocking the potential for recycling variety of polymeric wastes in the EAF steelmaking process.

Keywords: Waste polymer; Recycling; EAF steelmaking; Carbon dissolution

บทคัดย่อ

เลขที่สัญญา: TRG5780081

ชื่อโครงการ: การใช้ประโยชน์จากขยะพอลิเมอร์เพื่อการผลิตเหล็กกล้าแบบเตาอาร์ค
ไฟฟ้าที่ยั่งยืน: จลน์ศาสตร์การละลายของคาร์บอน

นักวิจัย: ดร.สมยศ คงคารัตน์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail Address: ksomyote@tu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: มิถุนายน 2557 - มิถุนายน 2559 (2 ปี)

เทคโนโลยีการผลิตกล้าแบบเตาอาร์คไฟฟ้าได้พัฒนาอย่างกว้างขวางตลอดทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากอุตสาหกรรมเหล็กต้องปรับตัวเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี วิกฤติพลังงานและปัญหาสิ่งแวดล้อม ในแต่ละปีโรงงานเหล็กมีการใช้ถ่านโค้กในเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตเป็นจำนวนมหาศาล คาร์บอนเป็นธาตุสำคัญในกระบวนการผลิตโดยสามารถใช้เป็นสารสร้างโฟมตะกั่วและใช้เติมเข้าไปในเหล็ก เพื่อที่จะทำให้อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กกล้ามีความยั่งยืนมากขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่เพื่อลดการใช้ถ่านหินในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง พอลิเมอร์เป็นวัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์พื้นฐานมีศักยภาพที่จะใช้แหล่งคาร์บอนในการผลิตเหล็ก ขยะพอลิเมอร์ส่วนมากอยู่ในรูปแบบที่หลากหลายปะปนกัน โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะใช้ประโยชน์จากขยะพอลิเมอร์ที่หลากหลายทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือนเพื่อเป็นสารเติมคาร์บอนให้น้ำเหล็ก งานวิจัยเชิงลึกจะศึกษาจลน์ศาสตร์การละลายของคาร์บอนสู่เหล็กเหลวจากขยะพอลิเมอร์ผสมถ่านโค้กที่อุณหภูมิ 1550°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิผลิตเหล็ก จากการศึกษาพบว่าขยะพอลิเมอร์หลายประเภทสามารถใช้ผสมกับถ่านโค้กเพื่อเป็นสารเติมคาร์บอนให้เหล็กเหลว พฤติกรรมการละลายของคาร์บอนสำหรับพอลิเมอร์ผสมถ่านโค้กขึ้นกับลักษณะเฉพาะของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของพอลิเมอร์ส่วนผสม แบคเคไลต์สามารถเพิ่มอัตราการละลายของคาร์บอนได้อย่างสูงเมื่อเทียบกับถ่านโค้กและอัตราการเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแบคเคไลต์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะสารเจือปนในแบคเคไลต์ (CaCO_3) ช่วยปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีของถ้ำออกไซด์ในโค้ก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชั้นถ้ำออกไซด์ที่กั้นระหว่างคาร์บอนกับน้ำเหล็กทำให้คาร์บอนมีผิวสัมผัสกับน้ำเหล็กมากขึ้น เป็นสาเหตุให้อะตอมคาร์บอนละลายเข้าไปในน้ำเหล็กมากขึ้น เมื่อน้ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต

(PET) มาผสมกับถ่านโค้ก พบว่า HDPE สามารถใช้เป็นสารเติมคาร์บอนให้เหล็กได้แต่ทั้งนี้เฉพาะการผสมที่อัตราส่วนร้อยละ 30 เท่านั้นที่พบว่ามียัตราจลน์การละลายของคาร์บอนที่สูงมากเมื่อเทียบกับถ่านโค้ก สำหรับ PET ไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ พบว่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการสลายตัวของ HDPE เมื่อเจอความร้อน มีส่วนช่วยชะลอการปกคลุมของชั้นแก๊สออกไซด์บริเวณผิวสัมผัสระหว่างคาร์บอนกับน้ำเหล็กและยังอาจมีส่วนในการช่วยเติมคาร์บอนให้น้ำเหล็กได้ปริมาณหนึ่ง การผสมพอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) และ พอลิยูรีเทน (PU) กับถ่านโค้ก ไม่มีผลกระทบเชิงลบใดๆ ต่อพฤติกรรมของการละลายของคาร์บอน พบว่าออกซิเจนและไนโตรเจนใน PET และ PU ไม่มีผลสำคัญใดๆ ต่อการขัดขวางการละลายของคาร์บอนอะตอมเข้าสู่เหล็ก ผลการศึกษานี้จึงมีความสำคัญในการปลดล็อกศักยภาพในการนำขยะพอลิเมอร์ที่หลากหลาย มาใช้ในกระบวนการผลิตเหล็กกล้าแบบเตาอาร์คไฟฟ้า

คำสำคัญ: ขยะพอลิเมอร์ รีไซเคิล การผลิตเหล็กกล้าแบบเตาอาร์คไฟฟ้า การละลายของคาร์บอน