

รูปแบบบทความวิจัยเรื่องเต็ม

2.5 ซม.

ขนาด 16 ตัวหนา

การสังเคราะห์วัสดุผสมไททานเนียมคาร์ไบด์ (TiC) จากสินแร่ลูโคซีน ด้วยวิธีการปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง

ขนาด 14

สาววนีย์ สิงห์สร้อย^{1*} กฤษฎา พชรสิทธิ์² และสุธรรม นิยมवास³

บทคัดย่อ

ขนาด 16 ตัวหนา

ตัวหนา
เฉพาะคำ
สำคัญ

วัสดุผสมไททานเนียมคาร์ไบด์ (TiC Composites) เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงที่อุณหภูมิสูง เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี และต้านทานการกัดกร่อนได้ดี จึงสามารถนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลาย เช่น ชิ้นส่วนเพลลาในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ เป็นต้น แต่การสังเคราะห์ต้องใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน ดังนั้นในการงานวิจัยนี้จึงนำวิธีปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง (SHS Method) และเลือกใช้สินแร่ลูโคซีน (Leucoxene) ซึ่งเป็นแหล่งไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ชั้นดีจากธรรมชาติ เข้ามาช่วยลดต้นทุนในการสังเคราะห์วัสดุผสมชนิดนี้ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของวัสดุผสมไททานเนียมคาร์ไบด์ที่สังเคราะห์ออกมาได้ด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการสังเคราะห์วัสดุผสมไททานเนียมคาร์ไบด์ จากสินแร่ลูโคซีน ด้วยวิธีการปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง ในส่วนของวิธีการศึกษาเริ่มจากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางเทอร์โมไดนามิกของการเกิดปฏิกิริยา SHS ด้วยโปรแกรม HSC® โดยพิจารณาเปรียบเทียบจากระบบที่เลือกใช้สารตัวจุดระเบิด (Fuel Agent) ต่างชนิดกัน นั่นคือ อะลูมิเนียม (Al) และแมกนีเซียม (Mg) เมื่อพบว่าระบบทั้งสองมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยา SHS ได้แล้ว จึงทำการทดสอบการทำปฏิกิริยาจริง พบว่า สารตั้งต้นทั้งสองระบบสามารถเกิดปฏิกิริยา SHS ได้ จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ทางเทอร์โมไดนามิกในการเกิดปฏิกิริยา SHS ของสารตั้งต้นทั้งสองระบบแล้วพบว่า สารตั้งต้นจากทั้งสองระบบสามารถเกิดปฏิกิริยา SHS ได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิแอดิยาเบติก (Adiabatic Temperature, T_{ad}) เท่ากับ 2,724 และ 2,082 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อทำการสังเคราะห์จริงพบว่า สารตั้งต้นทั้งสองระบบสามารถเกิดปฏิกิริยา SHS ได้จริง และผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็ก และมีรูปร่างไม่แน่นอน โดยผลิตภัณฑ์จากระบบที่ใช้อะลูมิเนียมเป็นสารตัวจุดระเบิด ประกอบด้วยไททานเนียมคาร์ไบด์ (TiC) และอะลูมินา (Al₂O₃) และสำหรับระบบที่ใช้แมกนีเซียม ประกอบด้วยไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แมกนีเซียมไททานเนียมออกไซด์ (MgTiO₃) และแมกนีเซียมไดไททานเนียมออกไซด์ (Mg₂TiO₄) ดังนั้นจึงสามารถใช้วิธีการ SHS ในการสังเคราะห์วัสดุผสม TiC จากสินแร่ลูโคซีนได้ และอะลูมิเนียมเป็นสารตัวจุดระเบิดที่สามารถสังเคราะห์เฟสไททานเนียมคาร์ไบด์ได้ดีกว่าแมกนีเซียม

ภาษาไทย
ไม่เกิน
300 คำ

คำสำคัญ : วัสดุผสมไททานเนียมคาร์ไบด์ สินแร่ลูโคซีน วิธีการปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง

¹ ดร., หลักสูตรวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² ผศ.ดร., หลักสูตรวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ รศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹ Dr., Rubber and Polymer Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Asist. Dr., Rubber and Polymer Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

³ Assoc. Dr., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 074-609600 ext. 3603. E-mail address: saowanee.s@tsu.ac.th

2.5 ซม.

2.5 ซม.

ขนาด 16 ตัวหนา

Synthesis of TiC Composites from Leucoxene by Self-Propagating High Temperature

Synthesis (SHS) Method

ขนาด 14

Singsarothai Singsarothai^{1*} Kritsada Phatcharasi² and Sutham Niyomwas³

Abstract

ขนาด 16 ตัวหนา

TiC composites are high strength at high temperature, good thermal conductivity, high electrical conductivity, and high resistance to corrosion so that they were used in many applications such as turbine blades. However, they were synthesized by using high temperature and long time. Hence the Self-propagating high temperature synthesis (SHS) method was used in this study for synthesizing the TiC composites from the leucoxene that is a good titanium dioxide (TiO₂) natural source. Moreover, the products were characterized. Objective To study on the feasibility of synthesizing the TiC composites from the leucoxene by SHS method. Methods Starting by considering the thermodynamic feasibility of SHS reaction from the reactants to the products on HSC® program. The comparison of fuel agent type were studied by using aluminum (Al) and magnesium (Mg). When there were possible to occur the SHS reactions, the reactants were synthesized by the SHS method. After that the products were characterized by X-ray diffraction (XRD) technique and scanning electron microscope (SEM). When there were considered the thermodynamic feasibility of SHS reaction from the reactants to the products on HSC program founded that they were possible to occur the SHS reaction because they have the adiabatic temperatures at 2,724 and 2,082 Degrees celsius, respectively. On the real synthesis, they could form the SHS reactions and the products were small irregular particle. The product from Al system consisted of Titanium carbide (TiC) and Alumina (Al₂O₃) and the product from Mg system consisted of Titanium dioxide (TiO₂), Magnesium oxide (MgO), Magnesium titanium oxide (MgTiO₃), and Magnesium di titanium oxide (Mg₂TiO₄) From this study, the SHS method could synthesize the TiC composites from the leucoxene and Aluminum was better than Magnesium when they were used as the fuel agent.

2.5 ซม.

ภาษา
อังกฤษ
ไม่เกิน
250 คำ

Keywords : TiC composites, Leucoxene, Self-Propagating High Temperature Synthesis (SHS)

ขนาด 14

ขนาด 16 ตัวหนา

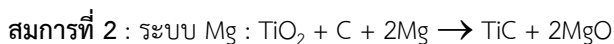
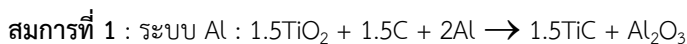
บทนำ

วัสดุผสมไททาเนียมคาร์ไบด์ มีลักษณะเด่น คือ มีความแข็งแรงสูงที่อุณหภูมิสูง เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และต้านทานการกัดกร่อนได้ดี เป็นต้น จึงถือเป็นวัสดุผสมที่สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ชิ้นส่วนเพลานในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ เป็นต้น สามารถสังเคราะห์ได้ด้วยหลากหลายวิธี ได้แก่ การตกเคลือบด้วยไอเคมี (Chemical Vapor Deposition, CVD) การบดเชิงกล (Mechanical Alloying) การเผาอบผนึกที่ใช้ความดันช่วย (Pressure assisted Sintering) การสังเคราะห์ในเตาเผา (Furnace Synthesis) และวิธีปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง (Self-Propagating High temperature Synthesis, SHS) [1] จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า แต่ละวิธีจะต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนมาก เพื่อสังเคราะห์สารที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน ยกเว้นวิธี SHS ที่สังเคราะห์สารได้โดยอาศัยความร้อนจากการแหล่งให้ความร้อนเพียงไม่กี่วินาทีเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของปฏิกิริยาเท่านั้น [2] นั่นหมายถึงวิธี SHS ถือเป็นวิธีการที่ใช้พลังงานความร้อนและเวลาน้อย ซึ่งส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยด้วย จึงถือเป็นการสังเคราะห์วัสดุผสมที่ประหยัดพลังงานได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุดิบที่มาจากธรรมชาติ นั่นคือ สินแร่ลูโคซีน (Leucoxene) เนื่องจากเป็นแหล่งของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ที่ดี ทำให้ช่วยลดต้นทุนในการสังเคราะห์ได้อีกทางหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุดิบที่มีความบริสุทธิ์สูงดังงานวิจัยของ Meng และคณะ (2013) ดังนั้นวิธี SHS จึงถือเป็นเทคโนโลยีที่จะช่วยประหยัดพลังงานและต้นทุนในการผลิตได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความเป็นไปได้ของการสังเคราะห์วัสดุผสมไททาเนียมคาร์ไบด์จากสินแร่ลูโคซีนด้วยวิธี SHS และลักษณะเฉพาะของวัสดุผสมที่สังเคราะห์ได้

ขนาด 16 ตัวหนา

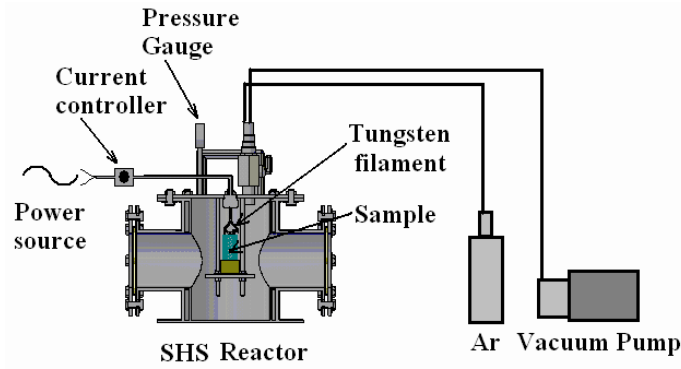
วิธีดำเนินการ

เริ่มจากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางเทอร์โมไดนามิกของการเกิดปฏิกิริยา SHS ด้วยโปรแกรม HSC® โดยพิจารณาเปรียบเทียบจากระบบที่เลือกใช้สารตัวจุดระเบิด (Fuel Agent) ต่างชนิดกัน นั่นคือ อะลูมิเนียม (Al) และแมกนีเซียม (Mg) โดยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้



ขนาด 14

จากนั้นเมื่อพบว่า ทั้งสองระบบมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยา SHS แล้วในทางเทอร์โมไดนามิก จึงทำการทดลองในระบบความเป็นจริง โดยการชั่งตวงสารตั้งต้นตามสัดส่วนโมลในสมการที่ 1 และ 2 ระบบละ 20 กรัม บดผสมด้วยลูกบอลในขวดไนลอนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำผงผสมตั้งต้นมาอัดขึ้นรูปเป็นแท่งทรงกระบอกให้มีความหนาแน่นประมาณร้อยละ 50-60 หลังจากนั้นติดตั้งชิ้นงานในเตาปฏิกรณ์ SHS ดังรูปที่ 1 และปรับให้บรรยากาศภายในเตาปฏิกรณ์เป็นแก๊สเฉื่อย (Ar) ก่อนปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป จุดระเบิด เพื่อเริ่มต้นปฏิกิริยา SHS สุดท้ายจึงนำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ไปตรวจสอบลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ต่อไป



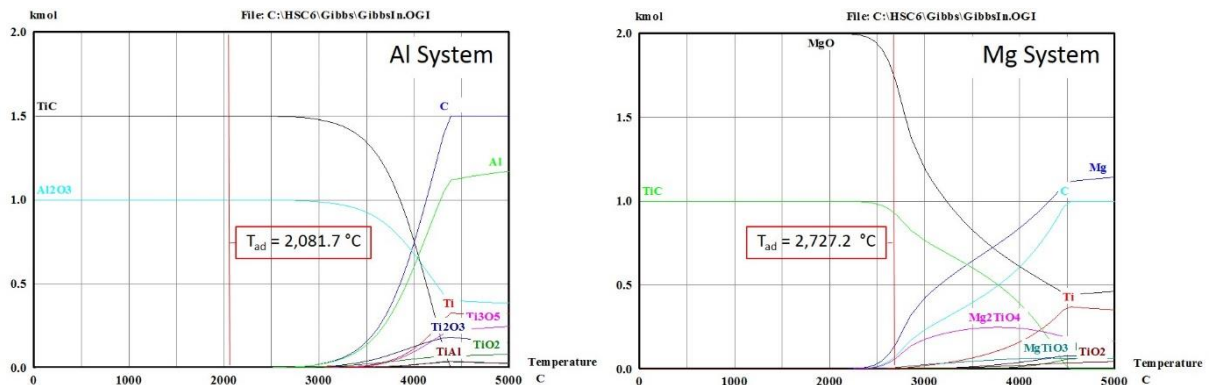
รูปที่ 1 แผนภาพในเตาปฏิกิริยา SHS [3]

ขนาด 14

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

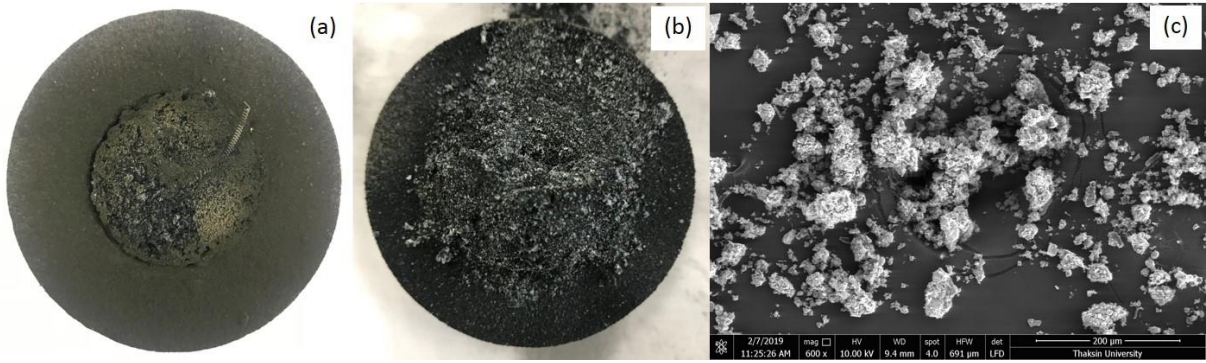
ขนาด 16 ตัวหนา

จากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางเทอร์โมไดนามิกของการเกิดปฏิกิริยา SHS ด้วยโปรแกรม HSC® พบว่า ปฏิกิริยาทั้งสองระบบสามารถเกิดปฏิกิริยา SHS ได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิแอดิยาติก (Adiabatic Temperature, T_{ad}) มากกว่า $1,800\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4] ซึ่งมีค่าเท่ากับ $2,724$ และ $2,082\text{ }^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ได้พิจารณาเฟสผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นด้วย พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะได้รับจากระบบ Al ประกอบด้วยไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) และอะลูมินา (Al_2O_3) และสำหรับระบบ Mg ประกอบด้วยไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)



รูปที่ 2 Equilibrium Composition Graphs

เมื่อทดลองสังเคราะห์วัสดุผสมในความเป็นจริง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้จากทั้งสองระบบ มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็ก ดังรูปที่ 3a และ 3b และจากการวิเคราะห์ด้วยกล้อง SEM พบว่า อนุภาคของสารผลิตภัณฑ์มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน และขนาดเล็กใหญ่ผสมกัน ดังรูปที่ 3c



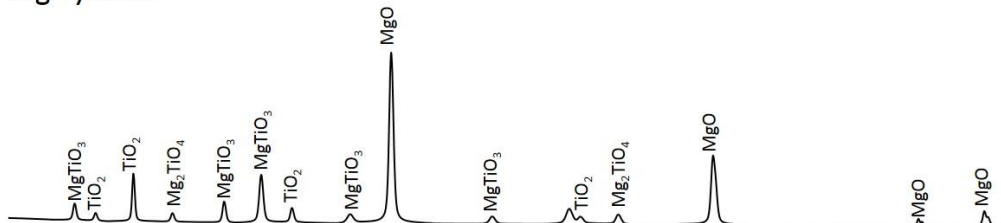
รูปที่ 3 (a) ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์จากระบบ Al (b) ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์จากระบบ Mg และ (c) ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์จากกล้อง

SEM

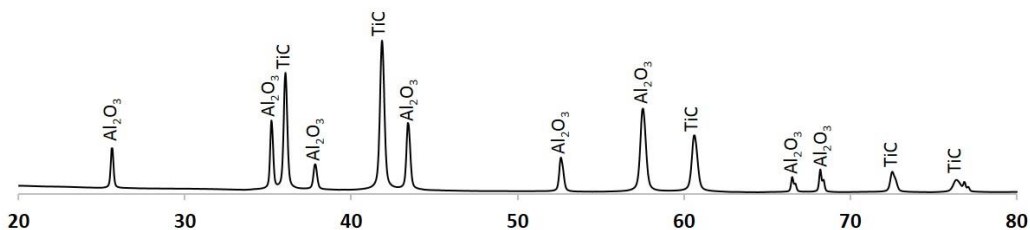
ขนาด 14

สุดท้ายเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค XRD (รูปที่ 4) พบว่าผลิตภัณฑ์จากระบบ Al ประกอบด้วย ไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) และอะลูมินา (Al_2O_3) เท่านั้น ซึ่งเป็นไปตามการคาดคะเนที่ได้คำนวณไว้จากโปรแกรม HSC® แต่สำหรับผลิตภัณฑ์จากระบบ Mg มีความคลาดเคลื่อนไปจากที่คำนวณไว้ เนื่องจากมีส่วนประกอบของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แมกนีเซียมไททาเนียมออกไซด์ ($MgTiO_3$) และแมกนีเซียมไดไททาเนียมออกไซด์ (Mg_2TiO_4) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากระบบ Mg มีอุณหภูมิแอเดียเบติกต่ำกว่าระบบ Al และใกล้เคียงกับ $1800\text{ }^{\circ}C$ มาก เมื่อทำการทดลองจริงปฏิกิริยา SHS จึงเกิดได้ไม่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเป็นเฟสระหว่างกลาง (Intermediate Phase) แทนที่จะเกิดเป็นเฟสที่ตรงตามที่ได้คาดคะเนไว้ดังรูปที่ 2 ซึ่งต้องมีการปรับปรุงปฏิกิริยาให้มีความร้อนมากขึ้น เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์เฟสที่ต้องการอย่างสมบูรณ์ต่อไป

Mg System



Al System



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRD ของผลิตภัณฑ์จากระบบ Al และ ระบบ Mg

ขนาด 14

สรุปผลการวิจัย

ขนาด 16 ตัวหนา

จากการศึกษา พบว่า สามารถสังเคราะห์วัสดุผสมไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) จากสินแร่ลูโคซีนได้ด้วยวิธีปฏิกิริยาก้าวหน้าด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง (Self-Propagating High temperature Synthesis, SHS Method) และอะลูมิเนียม (Al) เป็นสารตัวจุดระเบิด (Fuel Agent) ที่สามารถสังเคราะห์เฟสไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) ได้ดีกว่าแมกนีเซียม (Mg)

ขนาด 14

กิตติกรรมประกาศ

ขนาด 16 ตัวหนา

ขอขอบคุณ ทุนวิจัย ประเภททุนวิจัยตามยุทธศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2560 จากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ และสถานที่สำหรับการวิจัย จากกลุ่มวิจัยวิศวกรรมวัสดุเซรามิกและคอมพอสิต สถาบันวิจัยวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขนาด 14

เอกสารอ้างอิง

ขนาด 16 ตัวหนา

- [1] Istomin P., Nadutkin A., and Grass V. (2015). "Fabrication of Ti_3SiC_2 -based composites from titania-silica raw material", *Mater Chem and Phys.* 162, 216-221.
- [2] Meng F., Liang B., and Wang M. (2013). "Investigation of formation mechanism of Ti_3SiC_2 by self-propagating high-temperature synthesis" *IJRMHM.* 41, 152-161.
- [3] Niyomwas S. (2009). "Synthesis and Characterization of Silicon-Silicon Carbide Composites from Rice Husk Ash via Self-Propagating High Temperature Synthesis" *JMMM.* 19(2), 21-25.
- [4] Moore J. and Feng H. (1995). "Combustion synthesis of advance materials: part I. reaction parameter" *Prog Mater Sci.* 39, 243-273.