Dissertation Title	Synthesis, Structures and Properties of Titanium Aluminides
Dissertation Credits	42
Candidate	Mr. Santirat Nansaarng
Dissertation Advisor	Asst. Prof. Dr. Panya Srichandr
Program	Doctor of Philosophy
Field of Study	Materials Technology
Division	Materials Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2555

Abstract

The research aim of this work was to synthesize and study the microstructures and properties of titanium aluminides. This work was divided into two parts. The first part developed a technique for the synthesis of titanium aluminides from pure titanium and aluminum ingot available locally. The titanium and aluminum were melted to obtain the starting alloy compositions of Ti-46 at.% Al and Ti-48 at.% Al. Additions of ternary and quaternary alloying elements, which included 4.0, 5.0, and 10.0 at.% Nb, 2.0 at.% Cr and 2.0 at.% Mo, were subsequently performed. All of the melting was performed in an arc melting furnace with a non-consumable tungsten electrode under high purity argon (99.995%) atmosphere. The as-cast microstructure, the crystal structure and the microhardness were examined. The second part of this work focused on the effects of alloying elements, heat treatment process (solution treatment) and various cooling rates (cooled by water, oil, air and furnace cooled) on properties, microstructures, crystal structure, and phase orientation.

The results of the first part indicated that local raw materials could be used to synthesize titanium aluminides. A smaller quantity of Al resulted in a reduced grain size in the alloys, which is a primarily lamellar γ-TiAl phase. The duplex lamellar structure, γ-TiAl + α_2-Ti_3Al were observed in the microstructures when sufficiently high amounts of the Nb addition were added. The higher microhardness values were observed in the alloys with smaller quantities of Al and Nb addition.

The effects of alloying elements, heat treatment process, and various cooling rates on structures were as follows: a lamellar structure consisting of γ and α_2 phases with a small amount of the β phase was distributed along the grain boundaries after the solution treatment in alloy with the Mo addition. The lamellar duplex phase (γ-TiAl + α_2-Ti_3Al) was found to be fairly uniformly distributed throughout the matrix for the alloys cooled in air and in the furnace. A massive-γ transformation from α-phase was observed for the alloys that were cooled by water or oil quenching. The massive-γ phase indicated that the transformation started at the grain boundary of the α/α parent phase. Detailed observations of the orientation relationship, made with Kikuchi patterns and pole figures, revealed that the massive-γ transformation structure and the α_2 matrix had an orientation relationship in accordance with that of the γ-lamellar and parent α matrix. Finally, ternary alloys with Mo or Cr that were cooled in air, oil, and water exhibited the higher values of microhardness.

Keyword: Titanium Aluminides/Titanium Alloys/Intermetallics/High Temperature Material/Massive Transformation

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์ โครงสร้างและสมบัติของไทเทเนียมอะลูมิไนด์
หน่วยกิต	42
ผู้เขียน	นายสันติรัฐ นันสะอาง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.ปัญญา ศรีจันทร์
หลักสูตร	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
สายวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2555

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ไทเทเนียมอะลูมิไนด์และเพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติของไทเทเนียมอะลูมิไนด์ งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาวิธีการสังเคราะห์ไทเทเนียมอะลูมิไนด์จากวัตถุดิบภายในประเทศให้มีส่วนประกอบของเศษโลหะไทเทเนียมและ อินกอตอลูมิเนียมบริสุทธิ์ให้ได้ส่วนผสม Ti-46Al(ร้อยละโดยอะตอม) และ Ti-48Al (ร้อยละโดยอะตอม) เพื่อเป็นวัสดุตั้งต้น จากนั้นจึงมีการเติมธาตุผสมอื่นๆ ได้แก่ ธาตุไนโอเบียม 4.0 5.0 และ 10.0 (ร้อยละโดยอะตอม) ธาตุโมลิบดีนัม 2.0 (ร้อยละโดยอะตอม) และธาตุโครเมียม 2.0 (ร้อยละโดยอะตอม) การผลิตวัสดุตั้งต้นและการเติมธาตุผสมดำเนินการโดยการหลอมด้วยระบบการอาร์คโดยใช้ทังสเตนอิเลคโทรดชนิดไม่สิ้นเปลืองภายใต้การปกคลุมด้วยก๊าซอาร์กอนบริสุทธิ์ (99.995%) จากนั้นจึงศึกษาโครงสร้างจุลภาค โครงสร้างผลึกและสมบัติด้านความแข็งของไทเทเนียมอะลูมิไนด์ที่ผลิตได้ งานวิจัยส่วนที่สองเป็นการศึกษาอิทธิพลของธาตุผสมต่อโครงสร้างจุลภาค และผลกระทบของกรรมวิธีทางความร้อนและอัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำ น้ำมัน อากาศและเตา ต่อลักษณะของเฟส โครงสร้างจุลภาคโครงสร้างผลึกและการวางตัวของเฟสในไทเทเนียมอะลูมิไนด์

จากผลการทดลองพบว่า สามารถสังเคราะห์ไทเทเนียมอะลูมิไนด์จากวัตถุดิบภายในประเทศ เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างพบว่าโลหะที่มีปริมาณอลูมิเนียมน้อยจะได้เกรนขนาดเล็กกว่าโลหะที่มีส่วนผสมของอลูมิเนียมมาก โครงสร้างที่ได้เบื้องต้นประกอบด้วย γ-TiAl เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ lamellar เมื่อเติมธาตุ Nb พบว่าโลหะมีโครสร้างเป็นลักษณะ duplex lamellar ซึ่งประกอบด้วยเฟส γ-

TiAl + α_2-Ti_3Al นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อเติมธาตุ Nb ในโลหะที่มีปริมาณอลูมิเนียมน้อยจะให้ค่าความแข็งสูงขึ้น

เมื่อศึกษาผลกระทบของธาตุผสม กรรมวิธีทางความร้อนและอัตราการเย็นตัว พบว่าการทำ Solution treatment ส่งผลต่อการเกิดเฟส βและพบว่าในโลหะที่เติม Mo เมื่อทำให้เย็นตัวผ่านอากาศและในเตาโลหะมีโครงสร้างลักษณะ lamellar กระจายตัวอยู่ทั่วไป โครงสร้างดังกล่าวประกอบด้วยเฟส γ-TiAl + α_2-Ti_3Al ส่วนโลหะที่ทำให้เย็นตัวในน้ำมันและน้ำจะพบโครงสร้างลักษณะ massive-γ ก่อตัวที่ขอบเกรนของโครงสร้างพื้น α/α เมื่อวิเคราะห์ Kikuchi patterns และ pole figures จะพบว่าโครงสร้าง massive-γ และα_2-matrix จะมีความสัมพันธ์ด้านการวางตัวสอดคล้องกับโครงสร้างของ γ-lamellar และโครงสร้างพื้น α นอกจากนั้นยังพบว่าโลหะที่เติมธาตุผสม Cr หรือ Mo เป็นธาตุลำดับ 3 และเย็นตัวใน อากาศ น้ำมันและน้ำมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ไทเทเนียมอะลูมิไนด์/ไทเทเนียมผสม/สารประกอบอินเตอร์เมทัลลิก/วัสดุทนอุณหภูมิสูง/การเปลี่ยนเฟสแบบแมสสีพ