

Thesis Title	Microstructures of Carbides in High Chromium Cast Irons	
Author	Mrs. Amporn Wiengmoon	
Degree	Doctor of Philosophy (Materials Science)	
Thesis Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Torranin Chairuangstri	Chairperson
	Dr. John Thomas Harry Pearce	Member
	Assoc. Prof. Dr. Narin Sirikulrat	Member

ABSTRACT

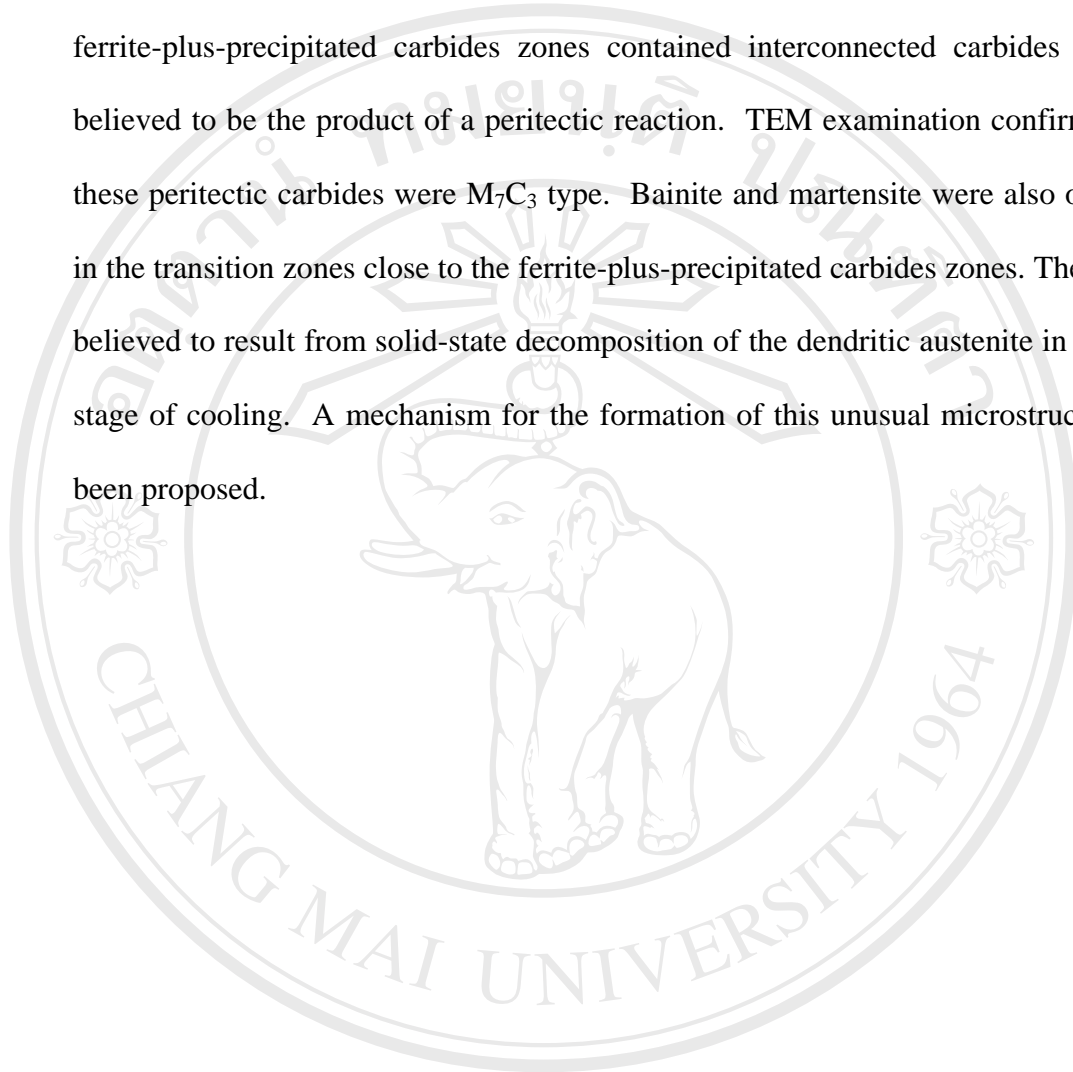
The microstructure and crystallography of carbides in 30wt%Cr-2.3wt%C cast irons with up to 3.7wt%V additions have been studied by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM). An as-cast 30wt%Cr-2.3wt%C cast iron was destabilised in the temperature range of 900-1100°C for 2-8 hours, followed by air cooling to room temperature. It was found that, after destabilisation, $M_{23}C_6$ secondary carbides were precipitated within the prior austenite dendritic matrix and that duplex core-shell structures were formed in the eutectic carbides. Higher destabilisation temperatures resulted in fewer numbers of coarser secondary carbides, but with comparable volume fractions to those produced at lower destabilisation temperature. The volume fraction of $M_{23}C_6$ within the duplex structure was also increased with increasing destabilisation temperature and time. The results from hardness measurement revealed that the overall macrohardness of the iron was increased with increasing the destabilisation

temperature up to about 770 HV at 1,025°C, with the microhardness of the dendritic regions also reaching a maximum value of 800 HV at 1,025°C. The $M_{23}C_6$ secondary carbide possessed the Kurdjumov-Sachs orientation relationship with the martensite matrix suggesting a possible cube-cube orientation relationship between the $M_{23}C_6$ carbide and the prior austenite matrix with $\langle 110 \rangle_{M_{23}C_6} // \langle 110 \rangle_{\gamma}$ growth direction. The results from electron energy loss spectroscopy (EELS) and electron probe microanalysis (EPMA) suggest that the stoichiometry of eutectic carbides in the as-cast condition and of the secondary carbides is close to M_7C_3 and $M_{23}C_6$, respectively. Likewise, the core and outer-shell regions of the duplex eutectic carbides formed during destabilisation are close to M_7C_3 and $M_{23}C_6$, respectively.

The reasons for addition of vanadium are to investigate the refining effect of V on the eutectic carbide and to study the influence of V on the precipitation of secondary carbides. It was found that vanadium additions to the 30wt%Cr-2.3wt%C cast irons produced ferritic matrix structures. Increasing the V content gave finer eutectic carbide structures, and also increased their volume fraction. Additions of up to 4wt%V gave no improvement on the hardness and no precipitation of secondary carbide in as-cast microstructures. The results from EELS and EPMA suggest that the stoichiometry of eutectic carbides in irons with vanadium addition is also close to M_7C_3 as in the vanadium-free irons.

An unusual microstructure was observed in an as-cast 30wt%Cr-2.3wt%C iron. It was unusual in that the microstructure varied significantly with positions in the bottom filled cast bar. In the upper part of the cast bar where the cooling rate was faster, the matrix was essentially austenite with some patches of ferrite-plus-precipitated carbides as dendritic regions. In the central and the lower parts of the

cast bar where cooling rates were slower, there was less austenite with greater amount of ferritic zones. The microstructure of core regions at the centre of the dendritic ferrite-plus-precipitated carbides zones contained interconnected carbides that are believed to be the product of a peritectic reaction. TEM examination confirmed that these peritectic carbides were M_7C_3 type. Bainite and martensite were also observed in the transition zones close to the ferrite-plus-precipitated carbides zones. These were believed to result from solid-state decomposition of the dendritic austenite in the later stage of cooling. A mechanism for the formation of this unusual microstructure has been proposed.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

770 HV ที่อุณหภูมิ 1,025°C และความแข็งจุลภาคภายในบริเวณเดนไดรต์มีค่าสูงสุด 800 HV ที่อุณหภูมิ 1,025°C คาร์ไบด์ทุกุญมิ $M_{23}C_6$ มีความสัมพันธ์ของทิศทางการวางตัวกับเมทริกซ์ มาร์เทนไซต์แบบเคิร์ดจุ่มออฟ-ซาคส์ และเป็นไปได้ที่จะมีความสัมพันธ์ของทิศทางการวางตัวกับ เมทริกซ์ออสเทนไนต์แต่เดิมเป็นแบบ คิวบ์-คิวบ์ โดยมีทิศการโต $\langle 110 \rangle_{M_{23}C_6} // \langle 110 \rangle_{\gamma}$ ผลจากสเปกโทรสโกปีการสูญเสียพลังงานของอิเล็กตรอน (อีอีแอลเอส) และจุลภาควิเคราะห์ด้วย โพรบอิเล็กตรอน (อีพีเอ็มเอ) ชี้แนะว่าปริมาณสัมพันธ์ของคาร์ไบด์ยูเทกติกในสภาพหล่อและของ คาร์ไบด์ทุกุญมิใกล้เคียงกับ M_7C_3 และ $M_{23}C_6$ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันปริมาณสัมพันธ์ของ คาร์ไบด์บริเวณคอร์และเซลล์ภายนอกของโครงสร้างคาร์ไบด์ยูเทกติกดูเพล็กซ์ ที่เกิดขึ้นระหว่าง ดิสเตปปีไลเซชันใกล้เคียงกับ M_7C_3 และ $M_{23}C_6$ ตามลำดับ

เหตุผลของการเติมธาตุวานาเดียม คือ เพื่อตรวจสอบผลของวานาเดียมต่อการทำให้ โครงสร้างคาร์ไบด์ยูเทกติกละเอียดขึ้น และเพื่อศึกษาอิทธิพลของวานาเดียมต่อการตกตะกอนของ คาร์ไบด์ทุกุญมิ โดยพบว่าการเติมธาตุวานาเดียมในเหล็กหล่อ 30wt%Cr-2.3wt%C ทำให้ได้ โครงสร้างเมทริกซ์เป็นเฟอร์ไรต์ การเพิ่มปริมาณวานาเดียมทำให้ได้โครงสร้างคาร์ไบด์ยูเทกติกที่มี ขนาดเล็กลง และเศษส่วนโดยปริมาตรของคาร์ไบด์เหล่านี้จะเพิ่มขึ้นด้วย การเติมวานาเดียมจนถึง ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ไม่มีผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นและไม่พบการตกตะกอนของคาร์ไบด์ทุกุญมิ ในโครงสร้างหล่อ ผลจากอีอีแอลเอสและอีพีเอ็มเอชี้แนะว่าปริมาณสัมพันธ์ของคาร์ไบด์ยูเทกติก ในเหล็กที่เติมวานาเดียมใกล้เคียงกับ M_7C_3 เช่นเดียวกับในเหล็กที่ไม่ได้เติมวานาเดียม

นอกจากนี้ได้สังเกตเห็นโครงสร้างผิดปกติในสภาพหล่อของเหล็กหล่อ 30wt%Cr-2.3wt%C ความผิดปกติที่ว่า คือ โครงสร้างจุลภาคแปรผันอย่างมีนัยสำคัญกับตำแหน่งในแท่งงาน หล่อที่มี ระบบการไหลของน้ำโลหะจากด้านล่างสู่ด้านบน ในบริเวณด้านบนของแท่งงานหล่อที่มี

อัตราการเย็นตัวเร็วกว่า จะมีเมทริกซ์เป็นออสเทนไนต์และมีบริเวณเดนไดรต์ของเฟอร์ไรต์ที่มีคาร์ไบด์ที่ตกตะกอนอยู่ ในส่วนกลางและส่วนล่างของแท่งงานหล่อที่มีอัตราการเย็นตัวช้ากว่าจะมีปริมาณออสเทนไนต์ลดลงแต่มีบริเวณเฟอร์ไรต์เพิ่มขึ้น โครงสร้างจุลภาคของบริเวณแกนกลางของเดนไดรต์เฟอร์ไรต์ที่มีคาร์ไบด์ตกตะกอนอยู่ จะมีคาร์ไบด์เชื่อมต่อกันซึ่งเชื่อว่าเป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเพอริเทกติก การวิเคราะห์ด้วยทีอีเอ็มยืนยันว่าคาร์ไบด์เพอริเทกติกเหล่านี้เป็นชนิด M_7C_3 และพบเบนไนต์และมาร์เทนไซต์ในบริเวณทรานซิชั่นใกล้กับบริเวณของเฟอร์ไรต์ที่มีคาร์ไบด์ตกตะกอนอยู่ด้วยซึ่งเชื่อว่าเป็นผลมาจากการสลายตัวในสถานะของแข็งของเดนไดรต์ออสเทนไนต์ในช่วงการทำให้เย็น และได้นำเสนอกลไกการเกิดขึ้นของโครงสร้างผิดปกตินี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved