ผลการวิเคราะห์ความเสียหายของเรือ TITANIC

แปลและเรียบเรียง โดย.
สุริยา โชคสวัสดิ์ * อภิชาติ อาจนาเสียว* จรวยพร แสนทวีสุข*
หมวดวิชา โลหะวิทยาและวิศวกรรมวัสดุ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กล่าวนำ

คงไม่สายเกินไปที่จะหยิบยกเอาเรื่องราวที่เกี่ยวกับเรือ TITANIC ที่ถูกนำมาสร้างเป็นภาพยนต์ จนได้ครองตำแหน่งอันดับหนึ่งของภาพยนต์ที่ทำรายได้สูงสุดเป็นประวัติการณ์ โดยยังไม่มีภาพยนต์เรื่องใด มาทำลายสถิติลงได้ จึงอดใจไว้ไม่ได้ ที่จะนำเรื่องราวที่เป็นความคืบหน้า ของการศึกษาการวิเคราะห์ความเสียหายของเรือ ไททานิค ซึ่งในแง่มุมของนักโลหะวิทยายังติดใจสงสัยอยู่ว่า โลหะ อันเป็นวัสดุหลักที่ใช้สร้างเรือ ไททานิค มีคุณสมบัติที่ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ หรือ อาจจะพูดว่าที่เรือไททานิคหัก และจมลงสู่ก้นทะเลลึกเกิดจากความผิดพลาด ของการเลือกใช้โลหะไม่ถูกต้องและเหมาะสม

บทความที่จะกล่าวต่อไปนี้ เขียนขึ้นโดย Professor H.P.Leighly,Jr. ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโลหการ เป็นผู้ศึกษาและทดลอง อยู่ที่ University of Missouri-Rolla.โดยมี A.Jankovic เป็นวิศวกรทดสอบวัสดุ และมีผู้ช่วยที่เป็นนักศึกษาคือ Mr.Katherine Felkins บทความของเขานำมาตีพิมพ์ลงในวารสาร JOM,Volume 50,Number 1,หน้า 12-18 ประจำเดือน JANUARY 1998 โดยจั่วหัวเรื่องตัวโตๆว่า " ***The Royal Mail Ship Titanic*** " ***Did a Metallurgical Failure Cause a Night to Remember?*** โดยในบทความได้พูดถึงประวัติโดยย่อของเรือ ไททานิค โครงสร้าง การจม และผลการวิเคราะห์โครงสร้างและคุณสมบัติของเหล็กที่นำมาสร้างเรือไททานิค เปรียบเทียบกับเหล็กมาตรฐานอื่นที่มีส่วนประกอบและคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน เมื่ออ่านจบแล้วหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงทำให้ นักโลหะวิทยาอย่างเราๆท่านๆ หายสงสัยไปได้ และหากยังมีสิ่งใดที่ยังข้องใจในตอนท้ายคณะผู้แปล มีเบอร์โทร, Fax และ e-mail มาฝากให้ติดต่อสอบถามโดยตรงกับ Professor Leighly และทีมงานวิจัย

ประวัติความเป็นมาเรือไททานิค

ในช่วงต้นของศตวรรษนี้ การเดินทางหรือการขนส่งต่างๆระหว่างยุโรปกับอเมริกาเหนือมีเพียงวิธีเดียวคือ การเดินทางทางเรือ ในปี 1907 Cunard Steamship Company ได้ต่อเรือจักรไอน้ำที่มีขนาดใหญ่และมีความเร็วมากที่สุด เพื่อที่จะให้บริการในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ นั่นคือ เรือ Lusitania และเรือ Mauritania โดยแต่ละลำมีน้ำหนักสุทธิ 31,000 ตัน ความเร็วสูงสุด 26 นอต และในปีนั้นเอง Lord William James Pirrie ซึ่งเป็นผู้อำนวยการฝ่ายบริหารและประธานฝ่ายควบคุมของบริษัท Irish Shipbuilding Company Harland and Wolff ได้ร่วมมือกับ J.Bruce Ismay ซึ่งเป็นผู้อำนวยการฝ่ายบริหารของบริษัท Oceanic Steam Navigation Company ที่รู้จักกันดีในนาม White Star Line จากความร่วมมือข้างต้น จึงได้ข้อสรุปว่าจะมีการต่อเรือที่มีขนาดมหึมาและมีความสวยงามหรูหรามากขึ้นมา 3 ลำ เพื่อที่จะนำมาแข่งขันกับเรือ Lusitania และเรือ Mauritania ที่กำลังให้บริการกับผู้โดยสารและการขนส่งต่างๆ ระหว่างเมือง Southampton, England และ New York City ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ เรือ 2 ลำแรกที่ถูกสร้างขึ้นมาคือ เรือ Royal Mail Ship (RMS) Olympic และเรือ RMS Titanic ส่วนเรือลำที่ 3 ที่สร้างต่อมา คือ เรือ RMS Britannic

เรือ Olympic ได้ให้บริการแก่ผู้โดยสารและการขนส่งต่างๆ ระหว่างเมือง Southampton กับ New York City มากกว่า 500 เที่ยว ก่อนที่จะหยุดการให้บริการในปี 1935 และสุดท้ายก็ถูกทำลายในปี 1937 ในช่วงปี 1919 เรือ Olympic เป็นเรือที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ที่เปลี่ยนจากใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นการใช้น้ำมันแทน จนวันที่ 15 พฤษภาคม 1934 ขณะที่เรือ Olympic เดินทางใกล้จะถึง New York City ก็เกิดอุบัติเหตุชนกับ Nantucket Light Ship ท่ามกลางหมอกที่หนาทึบ มีผลทำให้เรือ Olympic ขาดออกเป็น 2 ท่อน ลูกเรือ 4 ใน 10 ส่วนจมน้ำตาย และอีก 3 ส่วนได้รับบาดเจ็บสาหัส และอีก 3 ส่วนที่เหลือสามารถรอดชีวิตมาได้

เรือ Titanic เริ่มออกเดินทางจากเมือง Southampton, England ไปสู่ New York City ในเวลาก่อนเที่ยงของวันที่ 10 เมษายน 1912 หลังจากนั้นอีก 2 วันต่อมา เมื่อเวลา 23.40 น. ตามเวลาใน Greenland เรือ Titanic ได้เกิดประสบอุบัติเหตุ โดยชนกับภูเขาน้ำแข็งขนาดมหึมาที่มีมวลมากกว่าเรือ Titanic 3-6 เท่า มีผลทำให้บริเวณภายในเรือที่แบ่งออกเป็นสัดส่วนหลายๆ ส่วนถูกทำลายไป โดยทำลายไป 6 ส่วนที่อยู่ด้านหน้าของเรือ เพียงแค่นั้นก็เพียงพอแล้วที่จะทำให้เรือ Titanic จมลงไปสู่ก้นมหาสมุทรภายในเวลา 2 ชั่วโมง 40 นาที พร้อมกับผู้โดยสารมากกว่า 1,500 ชีวิต ที่ต้องสังเวยให้กับโศกนาฏกรรมครั้งนั้น และเรื่องราวในครั้งนั้นถือว่าเป็นประวัติศาสตร์หน้าหนึ่งที่บุคคลทั่วไปให้ความสนใจไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งยังมีข้อถกเถียงกันอยู่ตลอดว่า อะไรเป็นสาเหตุที่

ทำให้เรือ Titanic จมลงไป สาเหตุหนึ่งที่ทุกคนกล่าวถึงกันจนถึงปัจจุบันมากที่สุด คือ คุณภาพของเหล็กกล้าที่นำมาใช้ในการต่อเรือ ดังนั้นจึงได้มีการนำเหล็กกล้าที่ใช้ในการต่อเรือ Titanic มาทำการวิเคราะห์ทางโลหะวิทยาเพื่อที่จะให้เกิดความกระจ่างเกี่ยวกับประเด็นนี้

ส่วนเรือ Britannic มีอายุการใช้งานสั้นมาก ซึ่งขณะที่เรือ Britannic อยู่ในระหว่างการต่อเรือ เรือ Titanic ก็ประสบอุบัติเหตุล่ม จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบโครงสร้างของเรือ โดยการเพิ่มเหล็กกล้าที่ใช้ต่อลำตัวเรืออีกชั้นหนึ่ง และเหล็กกล้าที่ใช้ปิดกั้นส่วนต่างๆ ก็ได้มีการขยายเพิ่มไปจนถึงด้านบนของดาดฟ้าเรือ แต่ก่อนที่เรือ Britannic จะเสร็จสมบูรณ์ สงครามโลกครั้งที่ 1 ก็เกิดขึ้น เรือ Britannic จึงถูกดัดแปลงไปเป็นเรือบรรเทาทุกข์ ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 1916 เรือ Britannic ได้ออกเดินทางไปทางเหนือไปสู่ Aegean Sea East of Greece และก็เกิดชนกับระเบิดประกอบกับอากาศที่อบอุ่นจึงทำให้หน้าต่างของเรือแตกเสียหาย ดังนั้นน้ำทะเลจึงเข้าไปท่วมเรืออย่างรวดเร็ว เรือจมภายในเวลา 50 นาที ส่วนผู้เสียชีวิตมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

โครงสร้างของเรือ

เรือจักรไอน้ำ White Star Line ทั้ง 3 ลำ มีขนาดความยาว 269.1 เมตร ความกว้าว 28.2 เมตร และมีความสูงจากระดับน้ำถึงพื้นดาดฟ้าเรือ 18 เมตร หรือมีความสูงจากกระดูกงูของเรือถึงปลายของปล่องไฟด้านบน 55 เมตร มีน้ำหนักสุทธิ 46,000 ตัน แต่เนื่องจากเรือที่จะสร้างขึ้นนั้นมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถทำการต่อเรือได้ในอู่ต่อเรือของ Harland and Wolff Shipyard ในเมือง Belfast, Ireland ดังนั้นจึงได้มีการดัดแปลงอู่ต่อเรือขึ้นมาใหม่ โดยแต่เดิมอู่ต่อเรือถูกแบ่งเป็น 3 ส่วนก็ถูกดัดแปลงมาเป็น 2 ส่วน จากนั้นก็ทำการต่อโครงสร้างตามแบบที่จะใช้ในการต่อเรือ ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าแต่เดิม เพื่อที่จะทำให้การต่อเรือที่มีขนาดใหญ่ดำเนินไปอย่างราบรื่น ดังรูปที่ 1 แสดงเรือ Titanic ขณะที่อยู่ในระหว่างการต่อเรือในอู่ต่อเรือ

เรือทั้ง 3 ลำ ถูกออกแบบให้มีจำนวนห้องมากกว่าเรือ Cunard แต่มีความเร็วน้อยกว่า ในการนำเรือลงน้ำครั้งแรกต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดี โดยใช้ทั้งคน ม้า อูฐ และเครื่องทุ่นแรงต่างๆ มากมาย ซึ่งการปฏิบัติการทั้งหมดอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางโครงสร้าง ภายในเรือประกอบด้วยห้องต่างๆ มากมาย ซึ่งห้องโถงสำหรับผู้โดยสารชั้นหนึ่งนั้นมีขนาดใหญ่โตกว้างขวางและตกแต่งอย่างหรูหราด้วย Wood Paneling, Stained-Glass Windows, ฟอร์นิเจอร์ที่อำนวยความสะดวกสบาย และพรมชั้นดีราคาแพง ส่วนการตกแต่งในห้อง

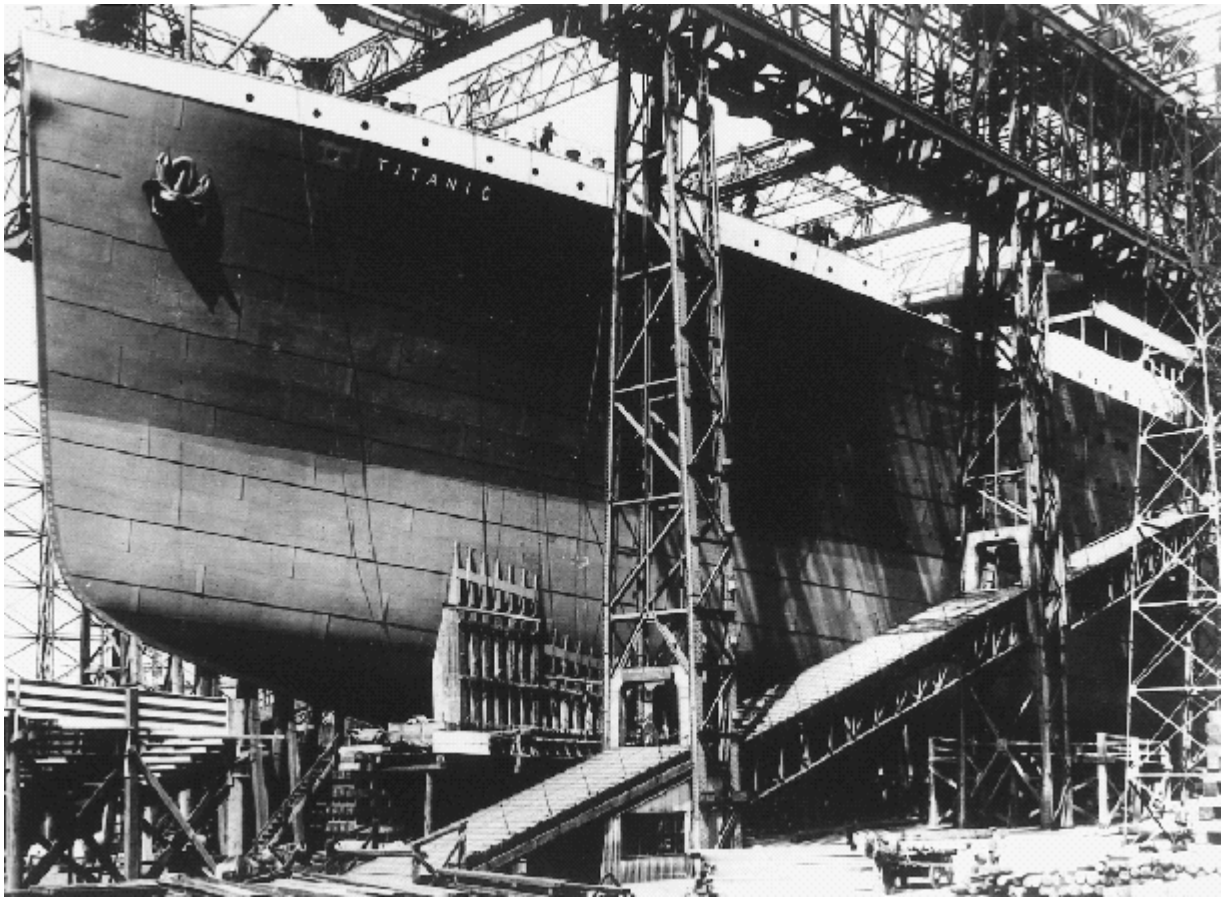


Figure 1. The *Titanic* under construction at the Harland and Wolff shipyard in Ireland. (Photo courtesy of the Titanic Historical Society.)

ส่วนบุคคลของผู้โดยสารชั้นหนึ่งนั้นจะถูกตกแต่งอย่างหรูหรามาก ซึ่งแต่ละห้องจะถูกตกแต่งไม่เหมือนกัน และที่พิเศษอีกอย่างในเรือ Titanic คือมี Caf? Parisienne ที่มีอาหารชั้นเลิศคอยให้บริการแก่ผู้โดยสารด้วย

เรือถูกออกแบบให้มีความเร็ว 21-22 นอต โดยใช้ Propellers 3 ตัว ตำแหน่งของ Propeller 2 ตัวที่อยู่ด้านข้างถูกขับเคลื่อนโดย Separate 4-Cylinder, Triple Expansion และ Reciprocating Steam Engine ส่วน Propeller ตัวกลางถูกขับเคลื่อนโดย Low Pressure Steam Turbine ซึ่งใช้ Exhaust Steam จาก Reciprocating Engine 2 ตัว โรงจักรต้นกำลังของเรือมีขนาด 51,000 I.H.P. และการที่จะเตรียมไอน้ำให้เพียงพอกับการใช้งานในโรงจักรต้นกำลังไอน้ำมากขนาดนั้นจะต้องใช้หม้อไอน้ำ 29 ตัว และต้องใช้เตาเผา 159 ตัว เพื่อให้ความร้อนกับหม้อไอน้ำทั้ง 29 ตัว ไอน้ำซึ่งนอกจากจะใช้ในการขับเคลื่อนเรือแล้ว ยังต้องถูกนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเรือทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการผลิตน้ำบริสุทธิ์ การแช่แข็งเพื่อถนอมอาหาร การทำ

อาหาร และการทำความร้อนภายในเรือ ถ่านหินจะถูกเผาเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณ 650 ตันต่อวัน ซึ่งในขณะที่เรืออยู่ในระหว่างการเดินทาง การเติมถ่านหินจากโรงเก็บถ่านหินไปยังเตาเผาใช้เพียงแรงงานคนเท่านั้น ส่วนโรงเก็บถ่านหินจะมีถ่านหินเพียงพอสำหรับการเดินทางประมาณ 10 วัน

อู่ต่อเรือที่ Harland and Wolff ซึ่งถูกดัดแปลงขึ้นใหม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการต่อเรือที่มีโครงสร้างเหมือนกันเพียง 2 ลำ เท่านั้น กระดูกงูของเรือ Olympic ถูกสร้างขึ้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 1908 ส่วนของเรือ Titanic ถูกสร้างขึ้นเมื่อวันที่ 31 มีนาคม 1909 และเรือ Olympic เริ่มลงมือต่อเรือเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 1910 ส่วนเรือ Titanic เริ่มเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม 1911 ในช่วงก่อนศตวรรษที่ 20 เรือถูกสร้างขึ้นโดยใช้หัวหมุดเหล็กที่ใช้เย็บต่อส่วนต่างๆ (Wrought-Iron Rivet) เพื่อที่จะเชื่อมต่อแผ่นเหล็กของลำตัวเรือเข้าด้วยกันหรือเชื่อมต่อแผ่นเหล็กเข้ากับโครงเหล็กของเรือ และโครงเหล็กของเรือแต่ละส่วนจะต้องถูกเชื่อมต่อด้วยหัวหมุดเหล็กที่เหมือนกัน ส่วนรูที่จะเจาะเพื่อให้หัวหมุดเหล็กสอดเข้าไปเพื่อเชื่อมต่อแผ่นเหล็กหรือโครงเหล็กของเรือจะต้องมีการกำหนดจุดที่จะเจาะในแผ่นเหล็กหรือโครงเหล็กให้มีความเหมาะสม หัวหมุดเหล็กแต่ละตัวจะต้องถูกทำให้ร้อนจนกว่าอุณหภูมิจะอยู่ในช่วงที่เหล็กที่ใช้ทำหัวหมุดเหล็ก มีโครงสร้างเปลี่ยนเฟสเป็น Austenite แล้วจึงนำไปสอดในรูที่เจาะไว้เพื่อเชื่อมต่อแผ่นเหล็กหรือโครงเหล็ก จากนั้นก็กดอัดอีกครั้งด้วยเครื่องระบบ Hydraulic เพื่อย้ำหัวหมุด เป็นอันเสร็จสิ้นขบวนการ ซึ่งการต่อเรือทั้งลำใช้หัวหมุดเหล็กทั้งหมดประมาณ 3 ล้านตัว

ในการต่อเรือ Titanic ต้องล่าช้าออกไปเพราะเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับเรือ Olympic ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเดินทางครั้งที่ 5 เรือได้ชนกับเรือรบอังกฤษ HMS Hawke ทำให้ตัวเรือทางด้านซ้ายของส่วนหัวเกิดความเสียหาย เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 1911 ที่ Solent, Southampton จากนั้นเรือ Olympic ถูกนำกลับมายัง Belfast เพื่อทำการซ่อมแซม ซึ่งคนงานต่อเรือส่วนหนึ่งที่กำลังต่อเรือ Titanic ต้องถูกนำตัวไปซ่อมแซมเรือ Olympic เพื่อให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด และนำกลับไปให้บริการตามปกติ

ในวันที่ 2 เมษายน 1912 เรือ Titanic ถูกนำออกจากอู่ต่อเรือใน Belfast มุ่งไปสู่เมือง Southampton โดยผ่านทาง Irish Sea หลังจากนั้นอีก 2 วัน เรือ Titanic ก็เดินทางถึงเมือง Southampton และทอดสมอเรือที่ Ocean Dock เมื่อวันที่ 4 เมษายน และในระหว่างนั้นลูกเรือได้ทำการจัดหาเสบียงอาหาร และเตรียมความพร้อมต่างๆเพื่อที่จะออกเดินทางต่อไป

<u>การเดินทางของเรือ Titanic</u>

ตอนเช้าของวันที่ 10 เมษายน 1912 ผู้โดยสารและลูกเรือทั้งหมดเดินทางมาที่ Ocean Dock เพื่อที่จะเดินทางไปกับเรือ Titanic ก่อนเที่ยงของวันนั้นเพียงเล็กน้อย เรือ Titanic ได้ถอนสมอเรือและก็เกือบจะชนกับเรือโดยสาร New York ที่จอดทอดสมอเรืออยู่ที่ท่าเรือ แต่คลื่นยักษ์ที่

เกิดจากการเคลื่อนที่ของเรือ Titanic ก็ทำให้เรือ New York ชนกับสายเคเบิลที่ยึดเรือเอาไว้ ในขณะที่เรือ Titanic จะออกจากน่านน้ำของเมือง Southampton เพื่อมุ่งหน้าไปสู่ Solent และช่องแคบอังกฤษต่อไป และในเย็นของวันที่ 10 เมษายน เรือ Titanic ก็หยุดพักที่ Cherbourg ในฝรั่งเศส และหยุดพักอีกครั้งที่ Queenstown (ซึ่งในปัจจุบันคือเมือง Cobh) ใน Ireland เช้าของวันต่อมาเรือ Titanic ก็ได้รับผู้โดยสารและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เพิ่ม จากนั้นก็มุ่งหน้าไปทางตะวันตกตามเส้นทาง Great Circle Route ไปสู่ Nantucket Light Ship ที่อยู่ห่างออกไป 68 กิโลเมตร ทางใต้ของ Nantucket Island ซึ่งอยู่ที่ชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของ Massachusetts โดยที่เรือ Titanic เริ่มออกเดินทางจาก Irish Coast เมื่อตอนพลบค่ำของวันที่ 11 เมษายน

ในช่วงบ่ายกว่าๆ ของวันที่ 12 เมษายน เรือโดยสารประจำทางของฝรั่งเศส La Touraine ได้ส่งคำเตือนว่ามีน้ำแข็งปรากฏอยู่ในเส้นทางการเดินเรือ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่ค่อยจะเกิดขึ้นในภาวะปกติของช่วงเดือนเมษายน คำเตือนนี้ถูกส่งไปเกือบจะ 60 ชั่วโมงก่อนที่เรือ Titanic จะชนกับภูเขาน้ำแข็ง ขณะที่การเดินทางยังคงดำเนินต่อไป คำเตือนเกี่ยวกับภูเขาน้ำแข็งถูกส่งมาจากเรือลำอื่นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ ๆ และคำเตือนเหล่านั้นยังบอกถึงตำแหน่งของภูเขาน้ำแข็งซึ่งปรากฏว่ามีขนาดใหญ่มากและที่สำคัญอยู่ในเส้นทางเดินเรือด้วย จากรายงานเบื้องต้นหลังจากที่เกิดอุบัติเหตุบอกว่า ภูเขาน้ำแข็งมีความยาว 120 กิโลเมตร มีความกว้าง 20 กิโลเมตร และมีหลักฐานยืนยันว่าเรือ Titanic มีความพยายาม 2 ครั้งที่จะหลบภูเขาน้ำแข็ง โดยหันหางเสือของเรือบังคับให้เรือมุ่งไปทางใต้ในขณะที่เรือมีความเร็ว 21.5 นอต

ในคืนเดือนมืดของวันที่ 14 เมษายน ท่ามกลางท้องทะเลที่เงียบสงบ เวลา 23.40 น. ตามเวลา Greenland ผู้สังเกตการณ์ที่อยู่บนเสากระโดงเรือมองเห็นภูเขาน้ำแข็งก้อนมหึมาปรากฏอยู่ข้างหน้าในระยะกระชั้นชิดมาก สัญญาณเตือนภัยดังขึ้นมาจากหอบังคับการเรือ เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบได้พยายามบังคับเรือให้หลบไปทางซ้าย และบังคับเครื่องยนต์ให้ทำงานย้อนกลับเต็มกำลัง ได้ผลภายในเวลา 40 วินาที เรือ Titanic เริ่มเปลี่ยนทิศทางตามคำสั่ง แต่นั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เรือ Titanic รอดพ้นจากการชนกับภูเขาน้ำแข็งขนาดมหึมาที่มีน้ำหนักประมาณ 150,000-300,000 ตัน โดยที่ภูเขาน้ำแข็งชนกับหัวเรือ Titanic ทางด้านขวาประมาณ 4 เมตร เหนือกระดูกงูของเรือ เป็นเวลากว่า 10 วินาที ที่ภูเขาน้ำแข็งเบียดไถลไปตามลำตัวเรือทางด้านขวาประมาณ 100 เมตร ทำให้แผ่นเหล็กที่ใช้ทำลำตัวเรือและหัวหมุดเหล็กหลุดออกมา 6 ใน 16 ส่วนที่ใช้ต่อเรือ ซึ่งประตูที่ใช้ปิดกั้นส่วนต่างๆ ตามแนวขวางของเรือต้องถูกปิดกั้นเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำทะลักเข้าไปในอีก 10 ส่วนที่เหลือของเรือ และจากการตรวจสอบประเมินการณ์เบื้องต้นหลังจากการชนโดยกัปตันเรือ Edward Smith และ Thomas Andrews ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารของ Harland and Wolff และหัวหน้าวิศวกรฝ่ายออกแบบของเรือ Titanic ทำให้ทราบว่าเรือ Titanic ได้รับความ

เสียหายอย่างรุนแรง ซึ่งกำลังจะจมลงในอีกไม่ช้านี้ และเมื่อเวลา 2.20 น. ของวันที่ 15 เมษายน 1912 เรือ Titanic ก็จมลงสู่ก้นมหาสมุทรพร้อมกับการสูญเสียชีวิตมากกว่า 1,500 ชีวิต

การจมลงของเรือ Titanic

ในการศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เรือ Titanic จมลงในตอนแรกคิดกันว่า ความเสียหายที่ลำตัวเรือมีความยาวติดต่อกันถึง 100 เมตร ตามแนวยาวของเรือ ซึ่งเกิดขึ้นจากการชนกับภูเขาน้ำแข็ง แต่เมื่อเร็วๆนี้ พบว่าความเสียหายไม่ได้เกิดต่อเนื่องกันตลอดทั้งความยาว 100 เมตร แต่เกิดขึ้นเป็นส่วนๆ ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นมากน้อยไม่เท่ากัน หลังจากที่เรือ Titanic จมลง Edward Wilding วิศวกรออกแบบของ Harland and Wolff ประเมินว่าการชนทำให้ลำตัวเรือเกิดช่องว่างมีพื้นที่ 1.115 ตารางเมตร โดยที่การประเมินนี้ใช้ข้อมูลจากอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้ามาในเรือตามคำบอกเล่าของผู้ที่รอดชีวิต ซึ่งความเสียหายที่ลำตัวเรือเพียงแค่นี้ก็มากพอที่จะทำให้เรือ Titanic จมลงได้ จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์เมื่อเร็วๆ นี้ โดย Hackett and Bedford ซึ่งใช้ข้อมูลจากการบอกเล่าของผู้รอดชีวิตเหมือนกัน แต่แยกความเสียหายที่เกิดขึ้นกับส่วนต่างๆ ทั้ง 6 ส่วนที่ได้รับความเสียหายได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าความเสียหายทั้งหมดมีพื้นที่ 1.171 ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าการประเมินของ Wilding เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table I. A Summary of Damaged Areas in Hull by Compartment*[6]

Compartment	Computer Calculations (m^2)
Fore Peak	0.056
Cargo Hold 1	0.139
Cargo Hold 2	0.288
Cargo Hold 3	0.307
Boiler Room 6	0.260
Boiler Room 5	0.121
Total Area	1.171

*The compartments are listed in order from the bow toward the stern.

ตารางที่ 1 Summary of Damaged Areas in the Hull by Compartment

ในขณะที่เรือ Titanic กำลังจะจม มีความคิดที่ขัดแย้งกันในระว่างผู้รอดชีวิตทั้งหลายว่าเรือ Titanic ก่อนที่จะจมได้แยกออกเป็น 2 ส่วน หรือจมไปทั้งลำโดยไม่แยกออกจากกัน เมื่อวันที่ 1 กันยายน 1985 Robert Ballard ค้นพบซากเรือ Titanic จมอยู่ใต้ท้องทะเลที่ความลึก 3,700

เมตร เรือแยกออกเป็น 2 ส่วน และอยู่ห่างกัน 600 เมตร โดยที่ทั้ง 2 ส่วนสามารถที่จะพบเห็นซากชิ้นส่วนต่างๆ ของเรือได้ เช่น ชิ้นส่วนของเหล็กที่เสียหายตามลำตัวเรือ ผนังกั้นที่แบ่งส่วนต่างๆ ของเรือ ห้องอาหาร มีด ภาชนะ เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ที่อยู่ในห้องส่วนตัวและบนดาดฟ้าเรือ รวมถึงซากต่างๆ มากมาย แต่ก็มีวัสดุบางอย่างที่ทำมาจากโลหะหรือเซรามิกยังคงสภาพอยู่ได้ ส่วนวัสดุที่ทำมาจากอินทรีย์สารจะอยู่ได้ไม่นานและถูกย่อยสลายไปหมดแล้วจากแบคทีเรียหรือสัตว์ต่างๆ ใต้ท้องทะเล ยกเว้นวัสดุที่ทำมาจากหนังสัตว์ เช่น รองเท้า กระเป๋า ถุงใส่ไปรษณีย์ภัณฑ์ ซึ่งการฟอกหนังทำให้วัสดุเหล่านี้ยังคงสภาพอยู่ได้ และจะถูกนำออกมาจากเรือและเก็บรักษาไว้ต่อไป

เหล็กกล้าที่ใช้สร้างเรือ Titanic

ส่วนประกอบทางเคมี

ในระหว่างการเดินทางไปสำรวจซากเรือ Titanic ใน North Atlantic เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 1996 นักสำรวจได้นำเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือมาเพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ทางโลหะวิทยาที่ University of Missouri-Rolla ซึ่งสิ่งแรกที่ต้องการทราบคือ ส่วนประกอบของเหล็กกล้า และจากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเหล็กกล้า ได้ส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเหล็กกล้ามีปริมาณไนโตรเจนน้อยมาก นั่นแสดงให้เห็นว่าเหล็กนี้ไม่ได้ถูกผลิตด้วยขบวนการ Bessemer Process ซึ่งถ้าเหล็กกล้าที่ผ่านขบวนการนี้แล้วจะมีปริมาณไนโตรเจนสูง และจะมีผลทำให้เหล็กกล้ามีสภาพความแข็งแต่เปราะ (Brittle) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุณหภูมิต่ำ ซึ่งในช่วงก่อนศตวรรษที่ 20 ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่จะผลิตเหล็กกล้า คือขบวนการที่เรียกว่า Open-hearth Process และการที่เหล็กกล้ามีปริมาณ ออกซิเจนที่สูงและซิลิกอนที่ต่ำ แสดงว่าเหล็กกล้าได้ถูกออกซิไดซ์เพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้ได้เป็นเหล็กกล้าประเภท Semikilled Steel ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสมีมากกว่าปกติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ขณะที่ปริมาณ ซัลเฟอร์มีสูง และปริมาณแมงกานีสต่ำ ซึ่งถ้านำมาเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง Mn:S จะได้เท่ากับ 6.8:1 จะเห็นเป็นอัตราส่วนที่ต่ำกว่ามาตรฐานมากและการที่เหล็กกล้ามีปริมาณ ฟอสฟอรัส ออกซิเจน และซัลเฟอร์ในปริมาณที่มาก จะทำให้เหล็กกล้ามีแนวโน้มที่แตกหักได้ง่าย ในอุณหภูมิที่ต่ำๆ

Mr. Davies ได้แสดงให้เห็นว่า ในตอนนั้น เรือ Titanic ประมาณ 2 ใน 3 ส่วนถูกสร้างขึ้นจากเหล็กกล้าประเภท Open-Hearth Steel ซึ่งผลิตในอังกฤษ ที่หลอมในเตาที่มี Acid-Lining อยู่ด้วย จึงมีความน่าจะเป็นอย่างมากที่เหล็กกล้าซึ่งใช้ต่อเรือ Titanic จะถูกหลอมในเตาแบบ Acid-Lining Open-Hearth Furnace ที่สามารถกำจัดปริมาณ ฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ออกไปได้ โดยที่ Lining ในเตาแบบ Basic Open-Hearth Furnace จะไปทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ทำให้สามารถกำจัดฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ออกไปจากเหล็กกล้าได้ จึงมีความเป็นไปได้สูงที่ว่าเหล็กกล้าทั้งหมดหรือเกือบจะทั้งหมดน่าจะเป็นเหล็กกล้าที่มาจาก Glasgow, Scotland

Table II. The Composition of Steels from the *Titanic*, a Lock Gate, and ASTM A36 Steel

	C	Mn	P	S	Si	Cu	O	N	MnS: Ratio
***Titanic* Hull Plate**	0.21	0.47	0.045	0.069	0.017	0.024	0.013	0.0035	6.8:1
Lock Gate*	0.25	0.52	0.01	0.03	0.02	—	0.018	0.0035	17.3:1
ASTM A36	0.20	0.55	0.012	0.037	0.007	0.01	0.079	0.0032	14.9:1

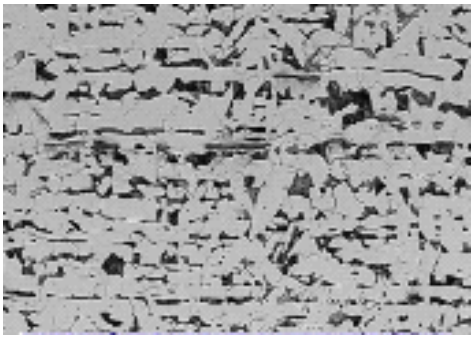
*Steel from a lock gate at the Chittenden ship lock between Lake Washington and Puget Sound, Seattle, Washington.

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าที่ได้จากเรือ Titanic เหล็กกล้า Lock Gate และเหล็กกล้าตามมาตรฐาน ASTM A36

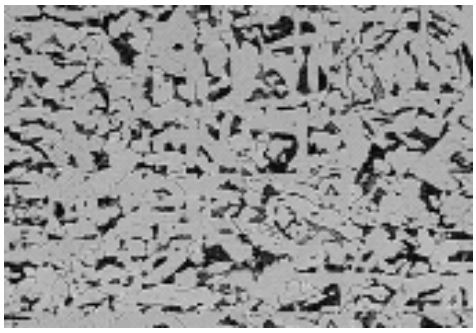
ในตารางที่ 2 ยังแสดงส่วนประกอบของเหล็กกล้าประเภทอื่นอีก 2 ชนิด คือ เหล็กกล้าที่ใช้สร้าง Lock Gate at the Chittenden Ship Lock between Lake Washington and Puget Sound at Seattle, Washington และเหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 โดยที่ Ship Lock ถูกสร้างขึ้นมาประมาณปี 1912 และมีอายุมากพอๆ กับเหล็กกล้าที่ใช้สร้างเรือ Titanic

โครงสร้างจุลภาคของเหล็กล้าที่ใช้ต่อเรือ Titanic

การเตรียมตัวอย่างชิ้นทดสอบตามมาตรฐานที่กำหนด (Standard Metallographic Techniques) โดยนำตัวอย่าง (Specimen) ที่ได้มาจากแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือ Titanic นำมาผ่านขั้นตอนการตัด ขัดหยาบ ขัดละเอียด และการกัดด้วยกรด 2% Nital แล้วจึงนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในงานทางโลหะวิทยา และจากผลงานของ Brigham และ Lafreniere ที่ได้ทำมาก่อนแล้วแสดงให้ว่าเห็นเหล็กกล้าผ่านการรีดแบนอย่างรุนแรง ตัวอย่างที่ใช้เพื่อทดสอบถูก ตัดมาจากแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือทั้งในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางและตามแนวยาว



(a)

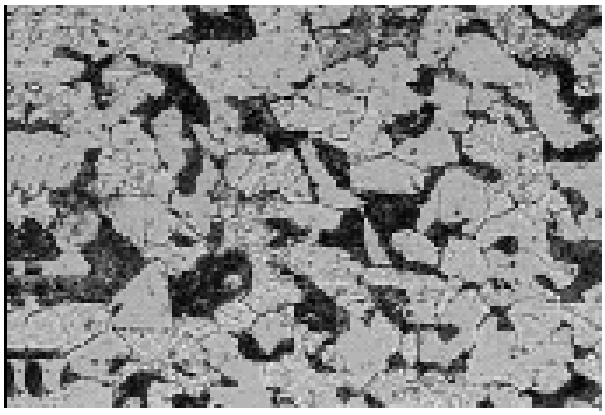


(b)

รูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าที่ได้มาจากเรือ Titanic ดังแสดงในรูป a และ b แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้าที่ผ่านการรีดทั้งในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางและตามแนวยาว แม้ว่าการรีดแบนจะปรากฏให้เห็นแนวรีดในแผ่นเหล็กกล้าที่มีทิศทางภาคตัดตามแนวยาว และในแนวภาคตัดนี้จะมีปริมาณ MnS มากและ MnS จะถูกยืดตัวตามทิศทางของแนวการรีดให้แบนยาว เส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของเกรน คือ 60.40 μm. ในโครงสร้างจุลภาคของแผ่นเหล็กกล้าที่มีทิศทางภาคตัดตามแนวยาว และ 41.92 μm. ในโครงสร้างจุลภาคของแผ่นเหล็กกล้าที่มีทิศทาง

ภาคตัดตามแนวขวางและรูปโครงสร้างทั้งรูป a และ b ไม่สามารถแยกแยะ Pearlite ให้เห็นอย่างชัดเจน ส่วนรูปที่ 3 แสดงโครงสร้างของเหล็กกล้า ASTM A36 ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของเกรนเท่ากับ 26.173 μm.



รูปที่ 3 **Figure 3.** The microstructure of ASTM A36 steel showing ferrite and pearlite. The mean grain diameter is 26.173 μm. Etchant is 2% Nital.

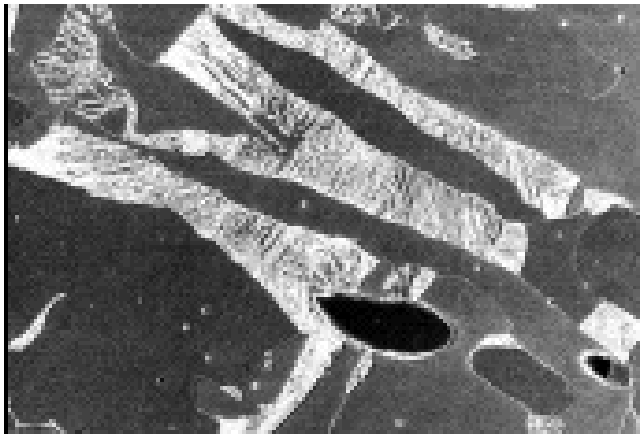


Figure 4. A scanning electron micrograph of the etched surface of the *Titanic* hull steel showing pearlite colonies, ferrite grains, an elongated MnS particle, and nonmetallic inclusions. Etchant is 2% Nital.

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าที่ได้มาจากเรือ Titanic และผ่านการขัดและกัดด้วยกรด 2% Nital โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) จากรูปโครงสร้างสามารถเห็น Pearlite ที่ถูกแยกแยะออกมาเห็นได้ชัด พื้นที่สีเทาเข้มคือ Ferrite ส่วนพื้นที่สีดำที่เป็นวงรีคือ MnS ซึ่งโครงสร้างที่ได้มาจากการวิเคราะห์โดยการใช้วิธี Energy-Dispersive X-Ray Analysis (EDAX) ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะถูกยืดออกไปตามทิศทางของการรีดแบนของเหล็กกล้า และยังพบว่ามีการรวมตัวของธาตุอโลหะบ้างเล็กน้อย อีกทั้งยังมีขอบเกรนของ Ferrite ปรากฏให้เห็นอยู่บ้าง

การทดสอบแรงดึง

แผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือ Titanic มีความหนา 1.875 cm. ส่วนแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้แบ่งกั้นเรือออกเป็นส่วนๆ มีความหนา 1.25 cm. แต่เนื่องจากเหล็กถูกน้ำทะเลกัดกร่อน ดังนั้นเพื่อที่จะลดความคลาดเคลื่อนจากส่วนที่เกิดจากการกัดกร่อน จึงทำตัวอย่างทดสอบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางให้เล็กลงเป็น 0.625 cm. และยาว 2.5 cm. ผลการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 3 และข้อมูลเหล่านี้ได้นำมาเปรียบเทียบกับเหล็กกล้ามาตรฐาน SAE 1020 ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน ผลปรากฏว่าเหล็กกล้าจากเรือ Titanic จะมี Yield Strength ต่ำกว่า ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ามีขนาดของเกรนใหญ่กว่าก็ได้ และค่า Elongation ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยถ้าขนาดของเกรนใหญ่ขึ้น

Table III. A Comparison of Tensile Testing of *Titanic* Steel and SAE 1020		
	Titanic	**SAE 1020**[11]
Yield Strength	193.1 MPa	206.9 MPa
Tensile Strength	417.1 MPa	379.2 MPa
Elongation	29%	26%
Reduction in Area	57.1%	50%

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลของการทดสอบแรงดึงของเหล็กกล้าจากเรือ Titanic และ เหล็กกล้าตามมาตรฐาน SAE 1020

การทดสอบการกระแทก

Charpy Impact Tests กำหนดช่วงการทดสอบให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –55°C ถึง 179°C โดยใช้ตัวอย่างทดสอบ 3 ชุด ชุดแรกเป็นตัวอย่างทดสอบที่ทำจากแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือ Titanic ในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวของเรือ ชุดที่สองเป็นตัวอย่างทดสอบที่ทำจากแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำลำตัวเรือ Titanic ในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางของเรือ และชุดสุดท้ายทำมาจากเหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 ในการทดสอบเหล็กกล้าใช้เครื่อง Tinius Olsen Model 84 Universal Impact Tester โดยทำการทดสอบในห้องทดลองที่มีเตาอบและห้องเย็น เพื่อทำให้ตัวอย่างทดสอบมีอุณหภูมิตามกำหนด ซึ่งต้องวางตัวอย่างทดสอบไว้ที่อุณหภูมิตามที่กำหนดอย่างน้อย 20 นาที การทดสอบจะใช้ตัวอย่างทดสอบ 2 ชิ้น ทดสอบที่อุณหภูมิระดับเดียวกัน

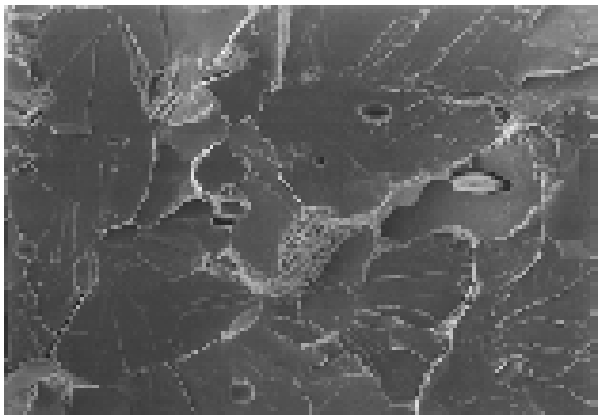


Figure 5. A scanning electron micrograph of a Charpy impact fracture surface newly created at 0°C, showing cleavage planes containing ledges and protruding MnS particles.

รูปที่ 5 คือ รูปโครงสร้างบริเวณผิวรอยแตกของตัวอย่างทดสอบ ที่ได้จากแผ่นเหล็กลำตัวเรือ Titanic ในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวที่ผ่านการทดสอบการกระแทก โดยใช้เครื่องมือ SEM ซึ่งเป็นบริเวณที่มีรอยแตกหักใหม่ๆ และทดสอบที่อุณหภูมิ 0°C ระนาบที่แตกหักจะปรากฏให้เห็นอยู่หลายระนาบ เช่น ระนาบ (100) ของเฟส Ferrite และแต่ละพื้นผิวรอยแตกของระนาบที่แตกต่างกันจะปรากฏให้เห็นเป็นแนวเส้นตรง เส้นตรงเหล่านี้มีลักษณะเป็นชั้นๆ ที่ขนานกับระนาบที่แตกหัก และขอบของระนาบเหล่านี้จะขนานกันในทิศทาง [010] พื้นที่ผิวของโครงสร้างผลึกที่เกิดขึ้นจะอยู่ในระนาบ (001) และจะมีเส้นโค้งที่เลื่อนไปปรากฏบนระนาบที่เกิดการแตกหัก

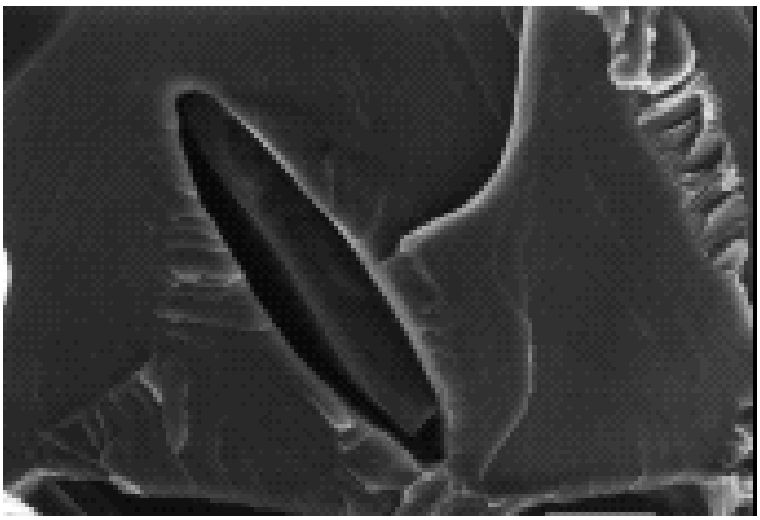


Figure 6. A scanning electron micrograph showing a fractured MnS particle protruding edge-on from the fracture surface.[13]

เมื่อใช้วิธี EDAX ก็จะสามารถสังเกตเห็นอนุภาคของ MnS ได้ โดยที่อนุภาคของ MnS บางส่วนจะปรากฏนูนยื่นออกมาอย่างชัดเจนจากระนาบพื้นผิวที่แตกหักของตัวอย่างทดสอบ แต่ก็จะมีบางส่วนที่ยังคงเหลืออยู่ฝังลึกลงไปในพื้นผิว หลังจากที่อนุภาคของ MnS ถูกดึงออกไปจากพื้นผิวที่รอยแตกหัก สำหรับ Pearlite บางส่วนที่อยู่บนพื้นผิวที่รอยแตกหักจะมีการบิดตัวเบี่ยงเบนทำให้เฟส Ferrite และ Cementite ที่เป็นแผ่นแยกออกจากกันได้ รูปที่ 6 แสดงรอยแตกของอนุภาค MnS ซึ่งปรากฏเป็นขอบยื่นขึ้นมาจากพื้นผิวที่รอยแตกหัก และมีแนวเส้นเลื่อนไถลเป็นมุมเอียงที่มีจุดเริ่มต้นจากรอยต่อของอนุภาคของ MnS

รูปที่ 7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานการกระแทก (Impact Energy) กับอุณหภูมิ ของตัวอย่างทดสอบ 3 ชุด พบว่า ที่อุณหภูมิสูงตัวอย่างทดสอบที่นำมาจากแผ่นเหล็กกล้าบริเวณลำตัวของเรือ Titanic ในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวของเรือ (แนวรีดของเหล็กกล้าแผ่น) มีค่า พลังงานการกระแทก มากกว่า ตัวอย่างทดสอบ ที่นำมาจากแผ่นเหล็กกล้า

บริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางของเรือมาก และที่อุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างทดสอบที่นำมาจากแผ่นเหล็กกล้าบริเวณลำตัวของเรือทั้งในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวและแนวขวางมีค่าพลังงานการกระแทกเท่ากัน ตัวอย่างทดสอบที่เป็นเหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 มีคุณสมบัติในการต้านทานการกระแทกได้ดีที่สุด ค่า Ductile – Brittle Transition Temperature ซึ่งถูกกำหนดที่ค่าพลังงานการกระแทก เท่ากับ 20 จูล มีค่าเท่ากับ –27°C สำหรับเหล็กกล้าตามมาตรฐาน ASTM A36 และ 32°C สำหรับ ตัวอย่างทดสอบ ที่นำมาจากแผ่นเหล็กกล้าบริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวของเรือ และ 56 °C สำหรับ ตัวอย่างทดสอบ ที่นำมาจากแผ่นเหล็กกล้าบริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางของเรือ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเหล็กกล้าที่ใช้ต่อเรือ Titanic ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในอุณหภูมิต่ำๆ และอุณหภูมิของน้ำทะเลในขณะเกิดอุบัติเหตุ คือ –2 °C

เมื่อทำการเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าจากเรือ Titanic และเหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 จะพบว่า เหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 มีปริมาณแมงกานีสมากกว่า ส่วนปริมาณ ซัลเฟอร์ จะมีน้อยกว่า และถ้านำมาเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนระหว่าง Mn:S จะพบว่า ยิ่งถ้าอัตราส่วนระหว่าง Mn:S มีค่ามากเท่าไร ค่า Ductile – Brittle Transition Temperature ก็จะต่ำตามไปด้วย Mr. Jankovic พบว่าค่า Ductile – Brittle Transition Temperature ของเหล็กกล้า Chittenden Lock Gate ที่ผลิตในอเมริกามีค่าเท่ากับ 33°C ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า Ductile – Brittle Transition Temperature ของเหล็กกล้าที่ได้จากลำตัวเรือ Titanic ในทิศทางภาคตัดตามแนวยาว

<u>การแตกหักแบบเฉือน</u>

ที่อุณหภูมิต่ำๆ ค่าพลังงานการกระแทก ที่จะทำให้ตัวอย่างทดสอบแตกหัก จะมีค่าน้อยมาก บริเวณพื้นผิวของระนาบที่รอยแตกหักของตัวอย่างทดสอบ จะปรากฏมีเฟส Ferrite อยู่ ซึ่ง Ferrite จะเป็นตัวกำหนดว่าการแตกหักเป็นการแตกหักแบบเปราะ ส่วนที่อุณหภูมิสูงขึ้นไป ค่าพลังงานการกระแทก ที่จะทำให้ตัวอย่างทดสอบ แตกหักก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งทำให้การแตกหักกลายเป็นการแตกหักแบบเหนียว ดังแสดงในรูปที่ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Shear Fracture Percent กับอุณหภูมิ ซึ่งมีลักษณะของเส้นกราฟใกล้เคียงกับเส้นกราฟในรูปที่ 7 จะแตกต่างก็เฉพาะวิธีการทดสอบเท่านั้น ส่วนสภาวะที่ใช้ทดสอบก็ใช้สภาวะเดียวกัน โดยจะใช้จุดอ้างอิงที่ 50% Shear Fracture Area ซึ่งจากกราฟจะพบว่า เหล็กกล้ามาตรฐาน ASTM A36 ที่จุด 50% Shear Fracture Area จะมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ –3 °C ในขณะที่เหล็กกล้าที่ได้จากเรือ Titanic บริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวของเรือมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ

49 °C และเหล็กที่ได้จากเรือ Titanic บริเวณลำตัวเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางของเรือมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 59 °C และที่อุณหภูมิสูงๆ สำหรับเหล็กกล้าที่ได้จากเรือ Titanic บริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวของเรือมีค่าพลังงานการกระแทก มากกว่าเหล็กกล้าที่ได้จากเรือ Titanic บริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวขวางของเรือมาก ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนความแตกต่างของ Shear Fracture Percent ของเหล็กกล้าที่ได้จากเรือ Titanic บริเวณลำตัวของเรือในทิศทางภาคตัดตามแนวยาวและตามแนวขวางมีค่าน้อยมาก นั่นแสดงว่า ในขบวนการรีดแบนมีผลกระทบต่อค่าพลังงานการกระแทก มากกว่าค่า Shear Fracture Percent

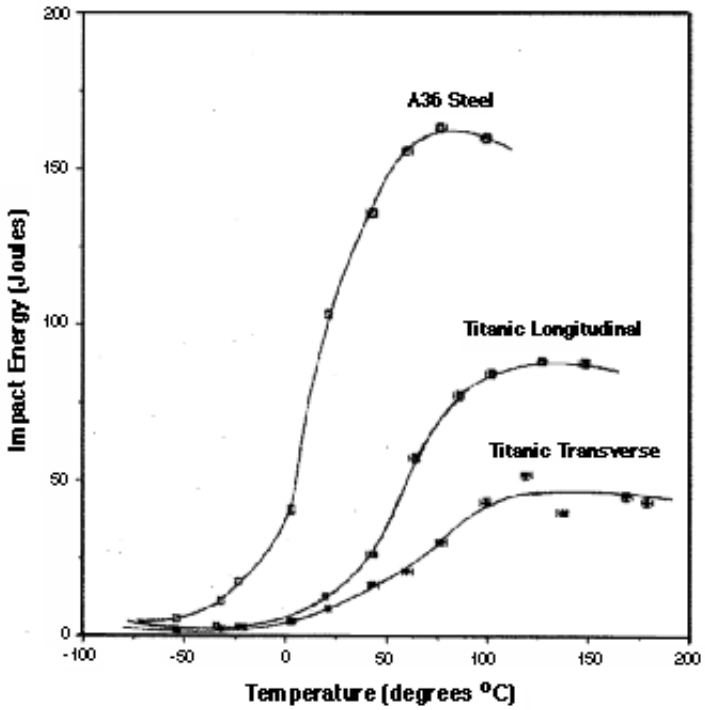


Figure 7. Charpy impact energy versus temperature for longitudinal and transverse *Titanic* specimens and ASTM A36 steel.

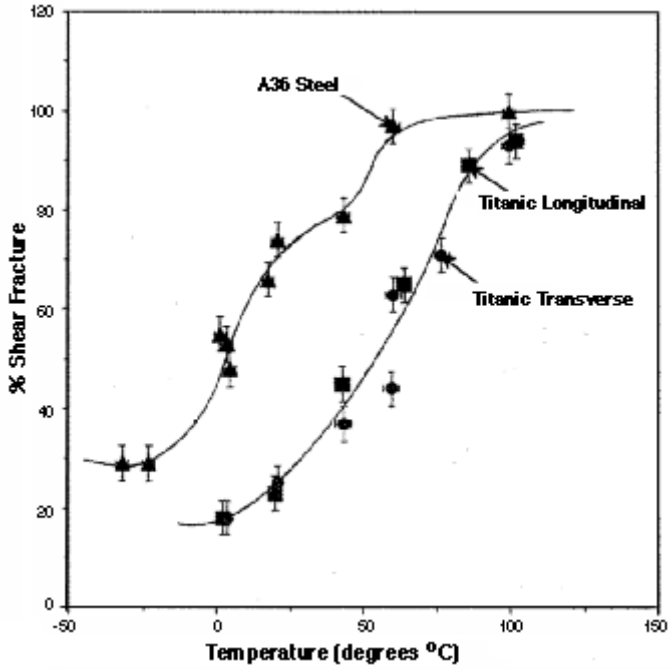


Figure 8. Shear fracture percent from Charpy impact tests versus temperature for longitudinal and transverse *Titanic* specimens and ASTM A36 steel.

สรุปผลการวิเคราห์

เหล็กกล้าที่ใช้ในการต่อเรือ Titanic เป็นเหล็กกล้าที่มีคุณภาพดีที่สุดเท่าที่จะหาได้ในช่วงปี 1909-1911 แต่ปัจจุบันไม่เหมาะสมที่จะนำมาต่อเรือแล้ว แต่ก็ยังไม่แน่ว่าเรือสมัยใหม่เมื่อประสบปัญหาเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นกับเรือ Titanic แล้วจะได้รับความเสียหายน้อยกว่า แต่ที่แน่ใจได้ก็คือ การเดินเรือในปัจจุบันมีอุปกรณ์ช่วยเหลือมากกว่าสมัยก่อนมาก ซึ่งถ้าเกิดมีภูเขาน้ำแข็งอยู่ข้างหน้า เจ้าหน้าที่บนเรือจะสามารถมองเห็นได้แต่ไกลและมีเวลาเพียงพอที่จะหลบหลีกออกไปได้ แต่ถ้าเรือ Titanic ไม่ชนกับภูเขาน้ำแข็งเสียก่อน เรือ Titanic ก็คงจะมีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี เหมือนกับเรือ Olympic ซึ่งเรือทั้ง 2 ลำ สร้างมาจากเหล็กชนิดเดียวกัน อู่ต่อเรือเดียวกันและถูกออกแบบเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือ เรือ Titanic โชคร้ายมากกว่า ที่ไปประสบกับภูเขาน้ำแข็งที่มีขนาดมหึมาเท่านั้นเอง

The Titanic in the Arts

The Royal Mail Ship *Titanic:*
Did a Metallurgical Failure
Cause a Night to Remember?

นับตั้งแต่เกิดโศกนาฏกรรมทางเรือในปี 1912 เรือ Titanic ได้รับความสนใจไปทั่วโลก จากเหตุการณ์ในครั้งนั้น มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 1,500 คน เรือ Titanic ถูกกล่าวขานว่าเป็นเรือที่ไม่มีวันจม แต่เมื่อเรือ Titanic เกิดอุบัติเหตุขึ้น ผู้ที่รอดชีวิตจากอุบัติเหตุครั้งนั้นซึ่งประมาณในตอนแรกคือ 700 คน ได้มีการถกเถียงกันอย่างกว้างขวางถึงสาเหตุของอุบัติเหตุในครั้งนั้น และต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันทั้งเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ หรือแม้แต่ตำนานเรื่องเล่าเกี่ยวกับเรือ Titanic ลูกเรือ และผู้โดยสารเรือ ยังคงอยู่ในความทรงจำของบุคคลทั่วไปตลอด และยังมีการถ่ายทอดประสบการณ์เหล่านั้นออกมาเป็นภาพยนตร์อีกด้วย

เรื่องราวมากมายที่เกี่ยวกับเรือ Titanic ,Olympic และ Britannic ซึ่งเป็นเรือที่มีแบบโครงสร้างเหมือนกัน ได้ถูกนำมาตีพิมพ์เมื่อ 80 ปีก่อน โดยที่มีทั้งเรื่องราวที่เกิดขึ้นจริงและที่ถูก

แต่งเติมขึ้นตามความเหมาะสม เรื่องราวหนึ่งที่ไม่ได้มีรายงานในที่ใดมาก่อน และได้รับความสนใจมากคือ A night to remember ที่เขียนขึ้นในปี 1955 โดย Walter Lord ซึ่งเขียนขึ้นจากประสบการณ์จริงของลูกเรือที่รอดชีวิต , พยานที่เห็นเหตุการณ์ และหลักฐานทางวัตถุหลายอย่าง ซึ่งกล่าวถึงเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นในวันที่เรือ Titanic จะจมลง

Titanic ถูกนำมาสร้างเป็นภาพยนตร์ ซึ่งมีทั้งภาพยนตร์ในแนวความรักโรแมนติก และโศกนาฏกรรม ภาพยนตร์เรื่องแรกถูกสร้างขึ้นในปี 1926 และหลังจากนั้น 16 ปี Herbert Selpin ผู้กำกับชาวเยอรมันก็สร้างภาพยนตร์ขึ้นมาอีก แต่เรื่องราวที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ Titanic ที่สร้างขึ้นในปี 1953 ซึ่งกำกับโดย Jean Negulesco โดยในปีนั้นภาพยนตร์ที่เขาสร้างขึ้นนี้ก็ได้รับรางวัล Academy Awards 2 รางวัล คือ รางวัล Best Art Direction และ Best Original Screenplay ซึ่งภาพยนตร์เรื่องนี้นำแสดงโดย Barbara Stanwyck และ Clifton Webb ซึ่งถือว่าเป็นภาพยนตร์โศกนาฏกรรมที่สมบูรณ์มากที่สุดนับตั้งแต่มีการสร้างมาในอเมริกา ส่วนในยุโรป ผู้สร้างภาพยนตร์ชาวอังกฤษได้นำเรื่องราวในหนังสือเรื่อง A Night to remember ของ Walter Lord มาสร้างเป็นภาพยนตร์โดยใช้ชื่อเรื่องเหมือนชื่อหนังสือ แต่ไม่ใช่ในแนวความรักโรแมนติกเหมือนที่สร้างในอเมริกา โดยที่ William MacQuitty ผู้อำนวยการสร้างและ Eric Ambler ผู้กำกับจะเน้นหนักไปทางให้ความสมจริงมากที่สุด โดยการทำ Special effect มาช่วยในการถ่ายทำ ไม่ว่าจะเป็นตัวนักแสดงที่อยู่บนเรือในขณะที่เรือกำลังจะจม ซึ่งใช้ Hydraulic jacks เพื่อทำให้เรือเอียง และมีเสียงดังต่างๆในขณะเกิดเหตุด้วย

ต่อมาในปี 1985 Robert Ballard และคณะสำรวจชาวฝรั่งเศส-อเมริกา ได้ค้นพบตำแหน่งที่เรือ Titanic จมอยู่ ความสนใจที่เกี่ยวกับเรือ Titanic ก็ได้เพิ่มขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง มีการส่งหุ่นยนต์ลงไปสำรวจสภาพของเรือที่จมอยู่ใต้ทะเลหลังจากที่เรือ Titanic เกิดอุบัติเหตุเมื่อ 70 ปีก่อน ในปัจจุบันมี Vedio , CD-rom หรือแม้แต่เกมคอมพิวเตอร์ที่สมมุติให้คนเล่นเป็นผู้โดยสารที่อยู่บนเรือ Titanic ด้วย ความสนใจที่เกี่ยวกับเรือ Titanic แพร่ขยายไปทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพ , ภาพยนตร์ , เพลง , เรื่องราวทางประวัติศาสตร์ และทางสื่อต่างๆ

เรื่องราวของเรือ Titanic ถูกนำมาทำเป็นบทละครและจัดการแสดงทั่วอเมริกา ทั้งในโรงละครธรรมดาไปจนถึง Great White Way-Broadway ในปี 1997 Broadway musical Titanic ชนะเลิศรางวัล Tony award และเป็นอัลบัมเพลงที่ติดอันดับขายดี อีกทั้งตั๋วละครที่ Broadway ก็ถูกจองเต็มหมดจนต้องมีการเสริมกันทุกรอบ

และเมื่อไม่นานมานี้ Titanic ได้ถูกนำมาสร้างเป็นภาพยนตร์อีกครั้ง โดย Twentieth Century Fox and Paramount Pictures ซึ่งเป็นเรื่องราวความรักของหนุ่มสาวผู้โดยสารบนเรือ 2 คน และภาพยนตร์เรื่องนี้ถูกนำมาออกฉายเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 1997 ซึ่งภาพยนตร์เรื่องนี้เป็น

ภาพยนตร์ที่ใช้เงินทุนในการสร้างมากถึง 200 ล้านเหรียญสหรัฐ และเพื่อที่จะให้มีความคลาดเคลื่อนทางประวัติศาสตร์น้อยที่สุด นักประวัติศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเรือ Titanic จึงถูกเชิญมาเป็นทีมที่ปรึกษาช่วยเหลือทีมงานในการสร้างภาพยนตร์ ซึ่งรวมไปถึง Dan Lynch นักประวัติศาสตร์ที่มีความรู้เกี่ยวกับเรือ Titanic เป็นอย่างดี , Ken Marschall จิตรกรผู้มีชื่อเสียง , Harland และ Wolff บริษัทต่อเรือ ได้มีการจัดเตรียมหาแบบพิมพ์เขียวต้นแบบของเรือ Titanic และหนังสือของ Thomas Andrews ที่บอกถึงแบบโครงสร้างของเรือ ส่วนในการผลิตพรมต้นแบบนั้นได้นำพรมในยุคปัจจุบันมาทำการย้อมสีให้เหมือนกับพรมต้นแบบ เพื่อที่จะสร้างเรือให้คล้ายกับของจริงมากที่สุด ผู้กำกับ James Cameron จึงได้ว่าจ้างเรือดำน้ำรัฐเซียและดำน้ำลงไป 12 ครั้ง ตรงจุดที่เรือล่มเพื่อทำการบันทึกภาพภายในของเรือ หน้าต่าง โคมไฟ ประตู ทองเหลือง หรือแม้แต่เตาผิง โดยใช้กล้อง off-the-shelf 35 mm. ซึ่งถูกบรรจุไว้ภายในกล่อง Titanium ซึ่ง Cameron กล่าวว่า “ เราสามารถเก็บภาพที่ตื่นตาตื่นใจกลับมาด้วย โดยการส่งหุ่นยนต์ที่บังคับด้วยremote เข้าไปทำการสำรวจภายในตัวเรือ และเราก็ได้เห็นสิ่งต่างๆอย่างแท้จริงที่ไม่เคยมีใครได้เห็นนับตั้งแต่เรือได้จมลงในปี 1912 และเราได้ทำการถ่ายทอดสิ่งต่างๆเหล่านี้ลงในแผ่นฟิล์มที่จะดึงดูดอารมณ์ของผู้ชมให้อยู่กับสิ่งที่ได้เห็นในแผ่นฟิล์ม”

แบบจำลองของเรือถูกสร้างขึ้นเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 1996 ที่ Fox Baja Studios ใน Mexico และแล้วเสร็จในอีก 100 วันต่อมา แบบจำลองนี้มีลักษณะเป็น tank ที่สามารถบรรจุน้ำได้ 64.2 ล้านลิตร ซึ่งเป็นtankที่ใหญ่ที่สุดในโลก ขณะที่ภาพยนต์ที่สร้างเมื่อปี 1953 เป็นแบบจำลองเรือขนาด 8.5 เมตร แต่ในปี 1997 เรือถูกสร้างให้มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด

คือ ยาว 236 เมตร และสูงจากระดับน้ำไปจนถึงพื้นดาดฟ้าเรือ 14 เมตร และมีปล่องไฟที่สูง 16 เมตร อีก 4 ตัวด้วย

ในขณะที่เรือกำลังจะจม พื้นที่บริเวณทั้งข้างนอกและข้างในของ tank จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด ห้องโถงที่ใช้เป็นห้องรับประทานอาหารของผู้โดยสารชั้นหนึ่ง และชุดบันไดใหญ่ 3 ชุด ถูกสร้างขึ้นบน Hydraulic platform ที่วางบนพื้นของพื้นที่ภายในของเรือที่มีความยาว 9 เมตร ซึ่งออกแบบให้สามารถทำให้เอียงและทำให้ถูกน้ำท่วมได้ โดยใช้น้ำประมาณ 19 ล้านลิตรที่ดูดมาจากทะเล ในการถ่ายทำฉากตอนที่เรือกำลังจะแตกหักออกเป็น 2 ส่วน กล้องที่ใช้ในการถ่ายทำถูกติดตั้งไว้บน Cranes และ Jacks ที่ถูกวางไว้ที่ด้านบนของเรือ ส่วนด้านหน้าของเรือครึ่งหนึ่งถูกทำให้จมไปในน้ำ 12 เมตร โดยใช้ระบบ Hydraulics

ภาพยนตร์เรื่องนี้ได้รับการคาดหมายและวิจารณ์กันมากมายในช่วงต้นเดือนธันวาคม ก่อนที่ภาพยนตร์จะออกฉายว่า Titanic เป็นภาพยนตร์ที่สมบูรณ์แบบและติดอันดับ top ten ในหลาย ๆ ด้านของปี 1997 ซึ่งในจำนวนนี้มี Rolling Stone Magazine รวมอยู่ด้วย Hollywood

Reporter บอกว่าภาพและspecial effect ของแบบจำลองเรือ Titanic ทำได้ดีกว่าแบบจำลองของเรือทุกลำที่เคยสร้างกันมา และคาดหมายว่าน่าจะถูกเสนอชื่อให้เข้ารับรางวัล Oscar ในหลายๆ รางวัล และยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ว่า Titanicจะเป็นภาพยนตร์เรื่องสุดท้ายที่เกี่ยวกับโศกนาฏกรรมทางเรือหรือไม่ เพราะหลายๆปีที่ผ่านมานี่ เรื่องราวของ Titanic ได้รับการถ่ายทอดอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นเพลง บทกวี เรื่องราวทางประวัติศาสตร์ หรือแม้กระทั่งนวนิยายต่างๆ

โศกนาฏกรรมของเรือ Titanic คือ เรื่องราวที่ยังตราตรึงอยู่ในใจของทุกๆคน Cameron กล่าวว่า Titanic ไม่เพียงแต่เป็นเรื่องราวที่เป็นสิ่งเตือนใจเราทุกคนว่าอย่าตกอยู่ในความประมาท และยังเป็นการกล่าวถึงความเห็นแก่ตัวของมนุษย์ , เกียตริยศ ,ความกล้าหาญ , ความเสียสละ และเหนือสิ่งอื่นใด คือ ความรัก

ติดต่อขอทราบข้อมูลได้ที่. H.P.Leighly, Jr., Department of Metallurgical Engineering, University of Missouri-Rolla, Rolla, Missouri 65409-0340; (573) 341-4735; fax (573) 341-6934; e-mail hpl@ umr.edu.

References

1. New York Times, 83 (May 16,1934), p.1:4, 3:1, 3:5.
2. Ocean Liners of the Past: The White Star Triple Screw Atlantic Liners (New York: Ameron House, 1995).
3. T.E.Bonsall, Titanic (Baltimore, MD:Bookman Publishing Co., 1987), p.32.
4. C. Pellogrino, Her Name, Titanic (New York: Avon Books, 1988), p.124.
5. R.B.Ballard with Rick Archbold, The Discouery of the Titanic (New York: Warner Books, 1987).
6. C. Hackett and J.G. Bedford, The Sinking of the Titanic. Investigated by Modern Technigues (The Northern Ireland Branch of the Institute of Marine Engineers and the Royal Institution of Naval Architects, March 26,1996).
7. R.Davies, Historical Metallurgy, 29 (1995), p.34.
8. A.Jankovic, Did Metallurgy Sink the Titanic (Senior project Report, Department of Metallurgical Engineering, University of Washington, Seattle, November 1991).
9. R.J. Brigham and Y.A. Lafreniere, Titanic Specimens, 92-32(TR) (Ottawa, Canada : Metals Technology Laboratories, CANMET, 1992).
10. Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

(Philadelphia, PA:ASTM A370-95a, 1995), p. 2.

11. Metals Handbook, 1(8) (Metals Park, Ohio:ASM, 1961), P.188.
12. Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (Philadelphia, PA: ASTM A370-95a, 1995), p.7.
13. Figure 6 provided by T.Foecke Gaithersburg, MD:Metallurgy Division, NIST).