เครื่องบินไฮเปอร์โซนิค

นาวาเอก รองศาสตราจารย์ มนต์ชัย กาทอง
ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

เมื่อประมาณต้นเดือน มิถุนายน ๒๕๔๔ มีข่าวสั้นๆ ในหนังสือพิมพ์บางฉบับ เกี่ยวกับการทดลองเครื่องบินความเร็วเหนือเสียงขององค์การ NASA ซึ่งไม่ประสบความสำเร็จ หากมองโดยผิวเผินแล้วอาจเห็นว่าข่าวนี้ไม่น่าจะเป็นข่าว เพราะเป็นเรื่องปกติที่การทดลองทางวิศวกรรมอาจประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว อย่างไรก็ดีก่อนหน้านี้เป็นที่คาดหวังกันในหมู่นักวิทยาศาสตร์ด้านการบินว่าการทดลองดังกล่าวจะเป็นการเปิดประวัติศาสตร์หน้าใหม่ของการบิน โดยที่ผลการทดลองจะสามารถนำไปพัฒนาเครื่องบินเจ็ทที่สามารถทำสถิติความเร็วขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะมีความเร็วอยู่ในย่านที่เรียกในทางอากาศพลศาสตร์ว่าไฮเปอร์โซนิค (Hypersonic)* เครื่องบินที่มีสถิติความเร็วสูงสุดในปัจจุบันได้แก่เครื่องบิน X-15 ซึ่งขับเคลื่อนด้วยจรวดและทำความเร็วได้ ๖.๗ มัค ส่วนเครื่องบินเจ็ทที่ทำความเร็วสูงสุดได้แก่เครื่องบิน SR-71 Blackbird ทำความเร็วได้ ๓.๒ มัค เครื่องบินทดลองนี้มีชื่อเรียกว่าเครื่องบิน X-43 โดยองค์การ NASA ตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะทำการทดลองที่ ๗ มัคสองครั้งภายในปี พ.ศ. ๒๕๔๔ และที่ ๑๐ มัค อีกหนึ่งครั้งในปี ๒๕๔๕

แม้ว่าการทดลองครั้งแรกจะไม่ประสบความสำเร็จแต่เครื่องบิน X-43 มีข้อเด่นที่นับว่าอาจสร้างประวัติศาสตร์การบินขึ้นใหม่ได้ก็คือเครื่องบิน X-43 จะเป็นเครื่องแรกที่สามารถทำความเร็วในย่านไฮเปอร์โซนิคโดยไม่ได้ใช้จรวดในการขับเคลื่อน แต่ใช้เครื่องยนต์ SCRamjet ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศ (เรียก Air-Breathing Engine) เช่นเดียวกับเครื่องยนต์เจ็ท เพียงแต่ระบบการอัดอากาศนั้นแตกต่างกับเครื่องยนต์เจ็ทตามปกติโดยสิ้นเชิง

ความร่วมมือระหว่างศูนย์วิจัยขององค์การ NASA และบริษัทเอกชน

การทดลองเครื่องบิน X-43 เป็นส่วนหนึ่งของโครงการเครื่องบิน Hyper-X ซึ่งรื้อฟื้นมาจากโครงการเครื่องบิน National Aero-Space Plane ซึ่งเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. ๒๕๒๙ โดยประธานาธิบดี โรนัลด์ เรแกน ได้อนุมัติงบประมาณ ๒,๕๐๐ ล้านเหรียญสหรัฐฯ ภายหลังจากการระเบิดของกระสวยอวกาศ Challenger ได้ไม่ถึงสัปดาห์ แต่ต่อมาโครงการนี้ต้องถูกยกเลิกไปเนื่องจากสภาวะตกต่ำทางเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกา

---

* ในทางอากาศพลศาสตร์ได้แยกแยะย่านการไหลโดยใช้เลขไร้มิติเรียกเลขมัค (Mach Number) Ma = V/a, V = ความเร็วในการไหล, a = ความเร็วเสียง

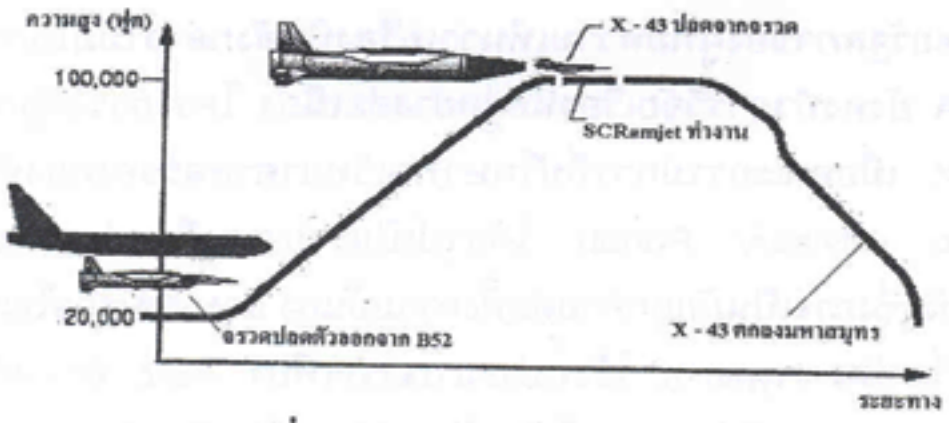
การไหลที่ความเร็วต่ำกว่าเสียงหรือมีเลขมัคต่ำกว่า 1 เรียก Subsonic Flow
การไหลที่มีเลขมัคอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 เรียก Supersonic Flow
การไหลที่มีเลขมัคมากกว่า 5 เรียก Hypersonic Flow

และจากการกดดันต่อรัฐสภาของผู้ที่มีความเห็นว่าเครื่องบินดังกล่าวไม่มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ดี ทางองค์การ NASA ยังคงทำการวิจัยเรื่องนี้อยู่อย่างต่อเนื่อง โครงการได้ถูกรื้อฟื้นกลายมาเป็นโครงการเครื่องบิน Hyper-X เมื่อคณะกรรมการที่ปรึกษาทางวิทยาศาสตร์ของกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา (Air Force's Scientific Advisory Panel) ได้สรุปเป็นรายงานเตือนว่าหลายประเทศกำลังทำการพัฒนาเครื่องบินไฮเปอร์โซนิคซึ่งอาจเป็นภัยคุกคามต่อทั้งความมั่นคง และเศรษฐกิจในเชิงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกา

โครงการเครื่องบิน Hyper-X ใช้งบประมาณรวมเพียง ๑๘๕ ล้านเหรียญสหรัฐฯ เป็นการร่วมมือระหว่างองค์การ NASA และบริษัทเอกชนในสหรัฐอเมริกา ตัวเครื่องบินออกแบบโดยบริษัท Boeing และสร้างโดยบริษัท Micro Craft โดยศูนย์วิจัย Langley ขององค์การ NASA (NASA Langley Research Center) ในรัฐเวอร์จิเนีย เป็นผู้รับผิดชอบการทดสอบระบบเครื่องยนต์ SCRamjet (ย่อมาจากคำว่า Supersonic-Combustion Ramjet) ในอุโมงค์ลมความเร็วสูง ส่วนศูนย์วิจัยการบิน Dryden ขององค์การ NASA (NASA Dryden Flight Research Center) ในรัฐแคลิฟอร์เนียเป็นผู้รับผิดชอบต่อการทดสอบการบิน

เป้าหมายหลักของการทดลองคือการทดสอบการสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์ SCRamjet ซึ่งนอกจากจะเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีใหม่แล้ว ตัวเครื่องบินและเครื่องยนต์จะมีรูปทรงสัมพันธ์กันซึ่งเป็นแนวความคิดใหม่แหวกแนวในการออกแบบเครื่องบิน (ในปัจจุบันการออกแบบตัวเครื่องบินและเครื่องยนต์แยกจากกัน) ตัวเครื่องบินเองจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องยนต์ โดยส่วนหัวเป็นช่องอากาศเข้าส่วนท้ายเป็นนอซเซิล (Nozzle) ระบบการเผาไหม้ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง ผลการทดลองจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการยืนยันความถูกต้องของผลจากการทดลองในอุโมงค์ลม และเป็นข้อมูลสนับสนุนการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

ในการทดลองเครื่องบิน X-43 จะผูกติดกับจรวดปีกาซัส (Pegasus) ซึ่งติดอยู่ใต้ปีกเครื่องบิน B-52 ขององค์การ NASA โดยเครื่องบิน B-52 บินขึ้นจากฐานทัพอากาศ Edward ในรัฐแคลิฟอร์เนีย เมื่อถึงความสูง ๖,๑๐๐ เมตร (๒๐,๐๐๐ ฟุต) จรวดปีกาซัสจะถูกจุดและปลดออกจากปีกเครื่องบิน B-52 โดยจรวดจะทะยานขึ้นถึงระดับความสูง ๒๙,๐๐๐ เมตร (๙๕,๐๐๐ ฟุต) เครื่องบิน X-43 จะแยกตัวออกจากจรวด เครื่องยนต์ SCRamjet จะทำงานและบินอยู่ในอากาศด้วยความเร็วข้างต้นเป็นระยะเวลาหนึ่งและหล่นลงสู่มหาสมุทรแปซิฟิกในเวลาต่อมา รูปที่ ๑ แสดงกราฟเส้นทางการบินของเครื่องบิน X-43 องค์การ NASA แถลงว่าความไม่สำเร็จในการทดลองครั้งแรกนั้นสืบเนื่องมาจากการที่จรวดปีกาซัสพุ่งออกนอกทิศทางที่กำหนดไว้ เจ้าหน้าที่จึงต้องตัดสินใจทำลายจรวดพร้อมกับเครื่องบิน X-43 อย่างไรก็ตาม องค์การ NASA ยังจะไม่ล้มเลิกโครงการที่จะทดลองเครื่องบิน X-43 นี้ต่อไป

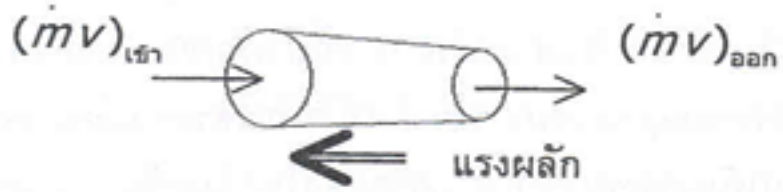


รูปที่ ๑ *การทดลองเครื่องบิน X – 43*

การขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ที่ใช้อากาศในการเผาไหม้

เครื่องยนต์ SCRamjet เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้อากาศในการเผาไหม้ (Air-Breathing Engine) ดังนั้น ก่อนที่จะพิจารณาหลักการทำงานของเครื่องยนต์ SCRamjet จะต้องทำความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องยนต์เจ็ทและเครื่องยนต์ Ramjet เสียก่อน

เครื่องยนต์เจ็ท



รูปที่ ๒ *หลักการทำงานของเครื่องยนต์เจ็ท*

การขับเคลื่อนโดยระบบเจ็ทนั้นมีหลักการมาจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

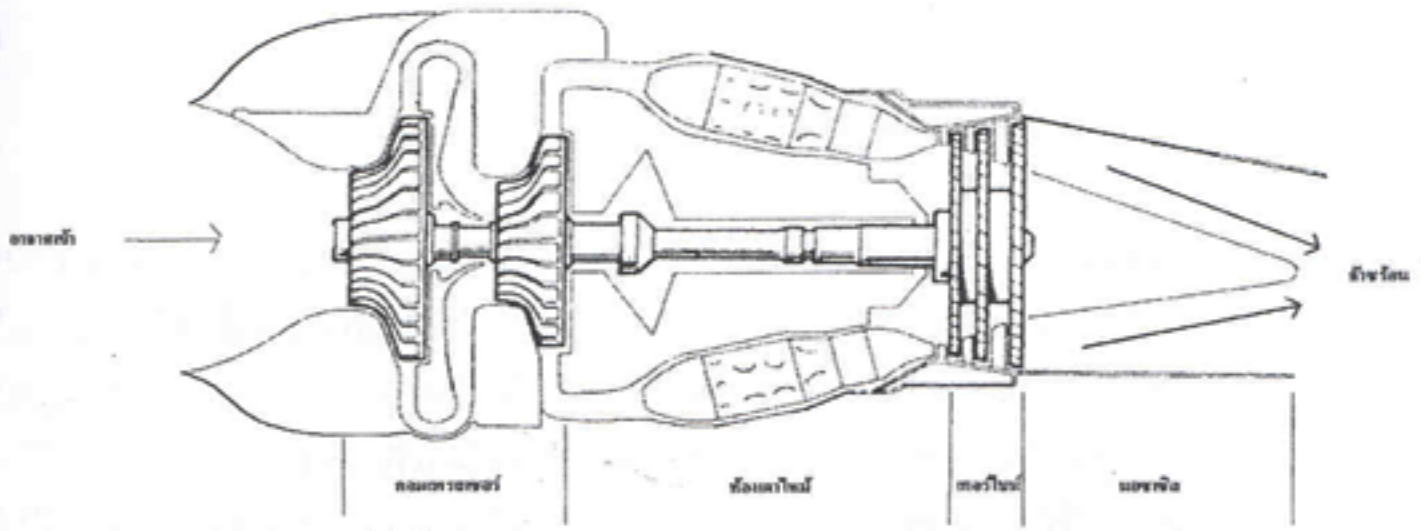
$$\sum F = m\frac{dV}{dt} = (\dot{m}V)_{out} - (\dot{m}V)_{in} \qquad (๑)$$

โดยที่ $\sum F$ คือผลรวมของแรงที่กระทำ และ $(\dot{m}V)_{out} - (\dot{m}V)_{in}$ คือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของกระแสของไหล ($\dot{m}$ คืออัตราการไหลเชิงมวลและ V คือความเร็วของไหล)

เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับปริมาตรควบคุมที่จำลองมาจากเครื่องยนต์เจ็ทดังในรูปที่ ๒ จะพบว่าแรงผลักที่ทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในกระแสของไหล การที่จะทำให้เกิดแรงผลักมากจะต้องทำให้โมเมนตัมของกระแสของไหลที่ทางออกมีค่าสูงกว่าที่ทางเข้ามากโดยการเร่งของไหลให้มีความเร็วสูงที่ทางออก เครื่องยนต์เจ็ทอาศัยนอซเซิลที่ด้านท้ายของเครื่องเป็นตัวเร่งความเร็วของไหล ซึ่งก็คือการเพิ่มพลังงานจลน์ให้ของไหลนั่นเอง พลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นนี้ถูกแปลงมาจากพลังงานภายในของของไหล โดยในแง่ของกฎทรงพลังงานของไหลที่ทางเข้า จะมีค่าพลังงานภายในสูงและพลังงานจลน์ต่ำ โดยที่ทางออกของนอซเซิลจะมีค่าพลังงานภายในต่ำและพลังงานจลน์สูง ดังนั้นจะต้องมีวิธีทำให้ของไหลมีพลังงานภายในสูงมากก่อนที่ส่งเข้าสู่นอซเซิลเพื่อที่มันจะสามารถ

เร่งของไหลให้มีความเร็ว (พลังงานจลน์) สูง เครื่องยนต์เจ็ทใช้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เพื่อจุดประสงค์นี้ และก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งมีพลังงานภายในสูงนี้จะถูกส่งเข้ามายังนอซเซิลเพื่อแปลงพลังงานภายในให้เป็นพลังงานจลน์อีกทีหนึ่ง อย่างไรก็ดีอากาศจากภายนอกที่ส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะต้องถูกกดอัดให้มีความดันสูงเสียก่อน โดยในเครื่องยนต์เจ็ทนั้นใช้ใบพัดเรียกคอมเพรสเซอร์เป็นตัวกดอัด คอมเพรสเซอร์ถูกขับโดยกังหันเทอร์ไบน์ซึ่งหมุนโดยก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้และต่อเป็นเพลาเดียวกับคอมเพรสเซอร์ รูปที่ ๓. แสดงภาพตัดของเครื่องกังหันก๊าซเทอร์โบเจ็ท

การที่เครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ทต้องมีกังหันเทอร์ไบน์นั้นมีข้อด้อยอยู่หลายประการ ประการแรกคือทำให้เครื่องบินมีน้ำหนักมาก ประการที่สองคืออุปกรณ์ส่วนหมุนมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเค้นที่เกิดจากการหมุน (Centrifugal Stress) และประการที่สามทำให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนถูกจำกัดโดยความทนความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำปีกกังหัน (Turbine Blades) ข้อด้อยประการหลังนี้ทำให้ค่าของพลังงานภายในของก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้ถูกจำกัดไปด้วย ส่งผลให้พลังงานจลน์ของก๊าซร้อนที่ออกจากนอซเซิลมีค่าจำกัด เครื่องบินที่ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ทจึงทำความเร็วได้สูงสุดประมาณ ๓ มัค ในปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะแก้ข้อด้อยนี้โดยการใช้สารเซรามิกเคลือบที่ปีกกังหันเพื่อให้สามารถทนความร้อนได้สูงขึ้นแต่ก็ยังทนได้ไม่สูงมากนักและยังมีปัญหาเรื่องของความเปราะของใบกังหันเพิ่มขึ้นมา ดังนั้นวิธีเดียวที่จะเพิ่มความเร็วของเครื่องยนต์ให้สูงกว่า ๓ มัค คือจะต้องพัฒนาเครื่องยนต์แบบใหม่และพัฒนาวัสดุทนความร้อนสูง เช่น ไททาเนียม (Titanium) และอัลลอยของมัน



รูปที่ ๓ *ภาพตัดของเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท*

เครื่องยนต์ Ramjet

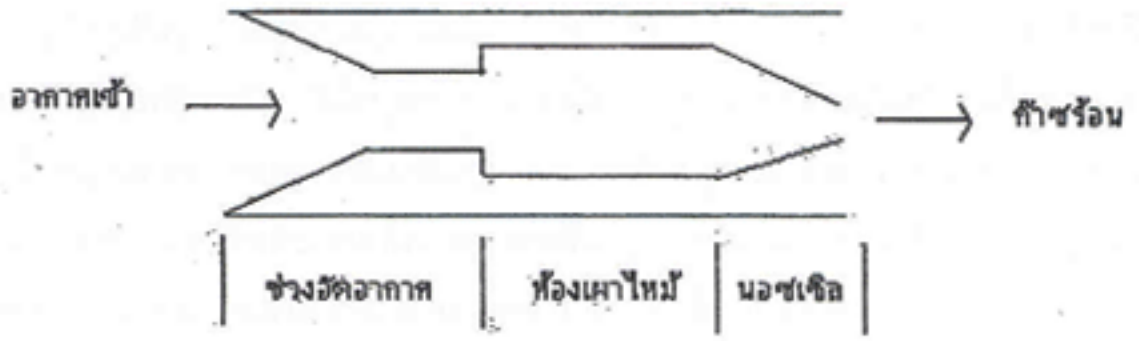
แม้ว่าเครื่องบินที่ขับเคลื่อนด้วยจรวดจะสามารถทำความเร็วได้ถึง ๖ มัคแต่ก็ยังไม่เหมาะที่จะนำมาพัฒนาเป็นเครื่องบินที่มีผู้โดยสาร ทั้งนี้เพราะการเผาไหม้เชื้อเพลิงของจรวดจะต้องใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ ไม่สามารถใช้ออกซิเจนที่ปนอยู่กับก๊าซอื่นๆ ในอากาศ จรวดจึงต้องบรรทุกออกซิเจนขึ้นไปด้วยทำให้เป็นการเพิ่มน้ำหนักของเครื่องบิน ภาระบรรทุก (Payload) เช่น ผู้โดยสาร อาวุธ ฯลฯ จึงมีได้จำกัด เครื่องยนต์ที่ใช้อากาศในการเผาไหม้ (Air-Breathing Engines) จึงน่าจะเป็นระบบขับเคลื่อนเครื่องบินที่

เหมาะสมที่สุดสำหรับเทคโนโลยีในปัจจุบัน

เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ทเห็นได้ว่ากังหันเทอร์ไบน์มีความจำเป็นเพียงเพื่อการขับคอมเพรสเซอร์อัดอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้เท่านั้น ถ้ามีวิธีอัดอากาศโดยไม่ต้องอาศัยคอมเพรสเซอร์ ส่วนที่เป็นกังหันเทอร์ไบน์ก็จะไม่มีความจำเป็นและข้อด้อยทั้งสามประการของเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ทก็จะลดน้อยลงไป เครื่องยนต์ Ramjet จึงถูกค้นคิดขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ดังกล่าว การอัดอากาศในเครื่องยนต์ Ramjet ใช้หลักที่เรียกว่า "Ram Effect" กล่าวคือเมื่ออากาศที่ความเร็วเหนือกว่าเสียงไหลเข้าปะทะกับพื้นผิวที่เป็นของแข็งจะทำให้เกิดย่านในของไหลที่มีการเปลี่ยนคุณสมบัติโดยฉับพลันเรียก "คลื่นช็อค (Shock Wave)" ซึ่งเมื่อข้ามคลื่นนี้ความเร็วของไหลจะเปลี่ยนจากเหนือเสียงเป็นต่ำกว่าเสียงโดยฉับพลันและความดันจะเพิ่มขึ้นโดยฉับพลัน การเกิดคลื่นช็อคนี้เป็นเช่นเดียวกับการเกิด "Sonic Boom" ของเครื่องบินที่บินด้วยความเร็วเหนือเสียง (รูปที่ ๔) ซึ่งสามารถพิจารณาได้ราวกับว่าเครื่องบินอยู่กับที่และอากาศไหลเข้ามาปะทะที่ความเร็วเหนือเสียง

รูป ๔ *การเกิดคลื่นช็อคของเครื่องบินความเร็วเหนือเสียง*

ดังนั้นเครื่องยนต์ Ramjet จึงไม่ต้องมีทั้งคอมเพรสเซอร์และเทอร์ไบน์แต่อาศัยรูปทรงของช่องอากาศเข้าเครื่องเป็นตัวทำให้เกิดคลื่นช็อคเพื่ออัดอากาศ (รูปที่ ๕) ซึ่งเป็นการลดน้ำหนักของเครื่องยนต์และลดปัญหาการจำกัดอุณหภูมิเนื่องจากความทนความร้อนของปีกกังหัน อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ Ramjet สามารถทำความเร็วสูงสุดได้ไม่เกิน ๕ มัค ทั้งนี้เพราะก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้มีความเร็วต่ำกว่าเสียงซึ่งส่งผลให้ก๊าซร้อนนี้มีอุณหภูมิสูง และถูกจำกัดโดยความทนทานของวัสดุที่ใช้ทำผนังเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นการจำกัดพลังงานภายในของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้และจำกัดความเร็ว (พลังงานจลน์) ของก๊าซที่ออกจากนอซเซิลทำนองเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น



รูป ๕ *ภาพตัดของเครื่องยนต์ Ramjet*

เครื่องยนต์ SCRamjet

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้สามารถอธิบายได้โดยกฎทรงพลังงาน (กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์) สำหรับการไหลแบบคงตัว (Steady Flow) ซึ่งเมื่อไม่คิดการสูญเสียสรุปได้เป็น

$$c_p T + (V^2/2) = \text{Constant} \qquad (๒)$$

โดยที่ c_p คือ ความร้อนจำเพาะ T คือ อุณหภูมิ และ V คือ ความเร็วของกระแสของไหล

จากสมการข้างต้นสังเกตได้ว่ากระแสของไหลที่มีความเร็วต่ำจะมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นวิธีหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้กระแสของไหลมีอุณหภูมิสูงเกินไปก็คือคงความเร็วของไหลไม่ให้ต่ำมากไป เครื่องยนต์ SCRamjet จึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ดังกล่าว โดยมีหลักการในการอัดอากาศโดยใช้คลื่นช็อคเช่นเดียวกับเครื่องยนต์ Ramjet แต่มีการออกแบบช่องอากาศเข้าให้มีรูปทรงเหมาะสมเพื่อให้การไหลของก๊าซมีความเร็วเหนือเสียงตลอด (ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ Supersonic-Combustion Ramjet) เครื่องยนต์ SCRamjet จึงเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่จะทำให้การบินในย่านไฮเปอร์โซนิคเป็นไปได้ นักวิจัยได้ตั้งความหวังไว้ว่าเครื่องบินที่ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ SCRamjet นี้จะสามารถทำความเร็วได้ถึง ๒๕ มัค ซึ่งจะย่นระยะเวลาในการบินจากนิวยอร์คถึงโตเกียวจาก ๑๐ ชั่วโมงในปัจจุบันลงมาเป็นไม่ถึงครึ่งชั่วโมง

การทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ SCRamjet เป็นสิ่งที่ท้าทายเพราะการทดสอบบนพื้นดินทำได้จำกัด เครื่องยนต์ Ramjet และ SCRamjet มีข้อด้อยสำคัญคือทั้งสองแบบทำงานที่ความเร็วเหนือเสียง โดยคลื่นช็อคที่ใช้ในการอัดอากาศนั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อเครื่องบินมีความเร็วเหนือเสียง ดังนั้นในขณะการบินขึ้น (Take-off) และลงจอด (Landing) เครื่องยนต์ทั้งสองแบบจึงยังไม่สามารถทำงาน โดยจะต้องใช้ระบบอื่นช่วยในการขับเคลื่อนในช่วงดังกล่าว เครื่องบิน X-43 จึงไม่สามารถบินขึ้นได้ด้วยตนเอง ในการทดลองจึงต้องติดเครื่องบิน X-43 เข้ากับจรวดปีกาซัสซึ่งติดกับเครื่องบิน B-52 ซึ่งใช้ในการบินขึ้น

เครื่องบินในอนาคตหรือเรื่องเพ้อฝัน

การที่จะพัฒนาเครื่องยนต์ SCRamjet มาใช้เป็นระบบขับเคลื่อนเครื่องบินได้สำเร็จหรือไม่นั้นคงยังไม่อาจคาดการณ์ได้ สำหรับผู้ที่ตั้งความหวังเอาไว้สูงว่าจะมีโอกาสได้นั่งเครื่องบินโดยสารไฮเปอร์โซนิค

คงจะต้องรอไปอีกสักระยะหนึ่งก่อน เพราะเครื่องบิน X-43 ยังเป็นเพียงเครื่องบินทดลองซึ่งที่จริงแล้วยังห่างไกลจากการเป็นเครื่องบินที่สามารถบรรทุกน้ำหนักบรรทุกได้ เครื่องบินนี้ไม่มีหน้าต่าง ไม่มีนักบิน มีขนาดยาว ๔ เมตร กว้าง ๑.๖ เมตร และสูงเพียง ๖๐ เซนติเมตร และการทดลองเมื่อต้นเดือนมิถุนายน ที่ไม่ประสบผลสำเร็จก็ทำให้กำหนดการต่างๆ ถูกเลื่อนออกไปเพราะจะต้องมีการตรวจหาสาเหตุก่อนที่จะทำการทดลองครั้งต่อไป (องค์การ NASA อ้างว่าความล้มเหลวครั้งนั้นเป็นผลมาจากการทำงานที่ผิดพลาดของจรวดบีกาซัสไม่ใช่เครื่องยนต์ SCRamjet และจะไม่ล้มเลิกการทดลองครั้งต่อๆ ไป) โดยเมื่อทดลองได้ข้อมูลที่เพียงพอแล้วขั้นต่อไปจึงจะเป็นการพิจารณาถึงระบบการบินขึ้นและลงจอด ตลอดจนระบบการควบคุมต่างๆ และถ้าผลการทดสอบต่างๆ เป็นไปด้วยดีองค์การ NASA คาดการณ์ว่าจะสร้างเครื่องบินที่มีนักบินได้ในราว พ.ศ. ๒๕๕๓ – ๒๕๕๘ และคาดหวังว่าในอนาคตอาจนำเครื่องบินไฮเปอร์โซนิคมาใช้แทนกระสวยอวกาศ ส่วนในทางทหารนั้นอาจนำมาใช้เป็นเครื่องบินจารกรรม หรือเครื่องบินทิ้งระเบิดที่มีความเร็วมากจนฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถตรวจจับได้ การนำมาพัฒนาเป็นเครื่องบินโดยสารนั้นคงจะเริ่มหลังจากนั้น ดังนั้นแม้ว่าทุกอย่างดำเนินไปด้วยดีก็คงต้องใช้เวลาอีกไม่ต่ำกว่า ๒๕ ปีก่อนที่เราจะมีโอกาสได้เห็นเครื่องบินโดยสารไฮเปอร์โซนิค

นักวิจารณ์หลายท่านได้ลงความเห็นว่าเครื่องบินไฮเปอร์โซนิคเป็นสิ่งที่เพ้อฝันไม่อาจเกิดขึ้นจริงได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาประกอบกับเทคโนโลยีปัจจุบันจะเห็นได้ว่าคำวิจารณ์ดังกล่าวมีส่วนจริงอยู่ไม่น้อย ทั้งนี้เพราะรูปร่างและขนาดของเครื่องบินทดลอง X-43 ไม่เรียกได้ว่าเป็น "เครื่องบิน" ดังที่เราเคยเห็นกันทั่วๆไป นอกจากนั้นเครื่องบิน X-43 (หากการทดลองครั้งต่อไปประสบผลสำเร็จ) จะใช้เวลาอยู่บินโดยการขับเคลื่อนด้วย SCRamjet เพียง ๑๐ - ๑๕ วินาที ก่อนที่จะดิ่งลงสู่มหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งอาจจัดไม่ได้ว่าเป็นการ "บิน" ตามที่เข้าใจกัน แต่หากมองในแง่ดีโดยเทียบกับการบินครั้งแรกของพี่น้องตระกูลไรท์ซึ่งสร้างประวัติศาสตร์การบินโดยที่เครื่องบินของเขา "บิน" อยู่ในอากาศเพียง ๑๒ วินาที ครอบคลุมระยะทางเพียง ๑๒๐ ฟุต โดยก่อนหน้านั้นมีการทดลองบินที่ไม่ประสบความสำเร็จอยู่มากมาย การทดลองครั้งต่อไปของเครื่องบิน X-43 อาจเป็นการเปิดประวัติศาสตร์หน้าใหม่ของการบินก็ได้

บรรณานุกรม

๑. มนต์ชัย กาทอง, น.ท.รศ. **เทอร์โมไดนามิกส์ ๒,** สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ, โรงเรียนนายเรือ, ๒๕๓๗, บทที่ ๑๐

๒. Anderson, John D. **Introduction to Flight,** New York : McGraw-Hill Inc., 1989, P. 504-505.

๓. TIME Magazine, New York, April 16, 2001.

๔. www.fas.org/spp/guide/usa/launch/x-43.htm

๕. www.latimes.com/business/updates/lat_hyper010410.htm