

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีทั่วไปเกี่ยวกับผ้าเบรก[5]

ระบบห้ามล้อส่วนใหญ่ในยานพาหนะถูกออกแบบให้อาศัยแรงเสียดทานโดยเปลี่ยนพลังงานกลในทิศทางการหมุนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งใช้ผ้าเบรกเป็นอุปกรณ์ในการชะลอหรือหยุดเพลาล้อเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน หน้าที่ของผ้าเบรกคือสร้างแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกและจานเบรกเพื่อให้เกิดแรงเบรกที่ใช้ในการชะลอหรือหยุดเพลาล้อ ดังนั้นผ้าเบรกจึงต้องสามารถตอบสนองการใช้งานได้ถูกต้องโดยปราศจากการสั่นไถลที่มากเกินไป ความต้องการระหว่างการทำหน้าที่ชะลอหรือหยุดเพลาล้อ การสั่นไถลแบบชั่วขณะเกิดขึ้นที่หน้าสัมผัสระหว่างผ้าเบรกและจานเบรกตลอดกระบวนการทำงานนี้ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสประมาณ 80 ถึง 300 องศาเซลเซียส(ขึ้นอยู่กับการใช้งาน) ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบห้ามล้อ ดังนั้นสมรรถนะของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นผ้าเบรคนั้นจะต้องรักษาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และมีค่ามากพอต่อความต้องการในสภาวะการทำงานอย่างสม่ำเสมอด้วย การลดลงอย่างรวดเร็วของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ปรารถนา การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างช่วงการทำงานหรือจากการสึกหรอของวัสดุจะต้องมีข้อจำกัด

นอกเหนือจากอุณหภูมิที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลแล้ว ยังมีความสัมพันธ์จากวัสดุที่นำมาใช้ ความสัมพันธ์ทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่กลไกเหล่านี้ซับซ้อนและไม่สามารถกำหนดได้ ในเชิงปฏิบัติผลกระทบเหล่านี้จะพบได้ทั่วไปส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไม่คงที่ การที่จะทำให้รถหยุดนั้นต้องมีความผิดที่สัมผัสจากผ้าเบรกกับจานเบรกผลก็ทำให้เกิดการสึกหรอที่ผ้าเบรกและความร้อนที่เกิดขึ้นดังนั้นสิ่งที่ถูกนำมาทำเป็นผ้าเบรกต้องเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อน การสึกหรอ และป้องกันความชื้น รวมทั้งต้องมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมากเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการของพฤติกรรมรถขับขึ้น ซึ่งในปัจจุบันผ้าเบรกถูกผลิตจากสารเอสเบทตอสผสมกับฟิลเลอร์ และผงเรซิน โดยคลุกเคล้าให้เข้ากันและผ่านกระบวนการความร้อนและความดันเพื่อหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ส่วนการยัดผ้าเบรกกับฝักเบรกมีทั้งวิธียัดด้วยกาวและยัดด้วยรีเว็ตซึ่งวิธีที่นิยมอย่างมากคือการยัดด้วยกาวเพราะกาวสามารถยัดผ้าเบรกได้บางกว่ารีเว็ตมากวิธีการผลิตก็คือ แต่ละบริษัทที่ได้เตรียมสูตรของตนเองไว้ก็นำสารเคมีต่างๆมาผสมกันขณะเดียวกันก็เตรียมแผ่นเหล็กที่จะนำมาเป็นเหล็กที่เตรียมไว้ไปพ่นกาวแล้วอบให้แห้งเพื่อรอกระบวนการขึ้นรูปมีสองวิธีอีกเหมือนกันคือการขึ้นรูปเย็น(Press Forming) โดยการเทผงผ้าเบรกลงบนแม่พิมพ์แล้ววางเหล็กทรงไว้ด้านบนแล้วอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกส์แรงกดประมาณ 160 ตัน แล้วนำชิ้นงานที่ได้เข้าเตาอบส่วนใหญ่ผ้าเบรกประเภทนี้จะถูกผลิตเข้าสู่ตลาดหลังการขาย(After market)หรือร้านอะไหล่ทั่วไป อีกวิธีประเภทขึ้นรูปร้อนจะคล้ายๆกันใช้ความร้อนในการเทผงผ้าเบรกและมีการไล่ความชื้นเข้าไปด้วยเมื่อเสร็จแล้วผ้าเบรก

ประเภทนี้จะเป็นผ้าเบรกที่ติดตั้งมาจากโรงงานแล้วในแต่ละยี่ห้อก็จะมีสูตรของตัวเองที่โฆษณาว่าจะใช้กับรถประเภทต่างๆ เช่น รถมาตรฐานจากโรงงานม รถยนต์วิบาก และรถแข่งทางเรียบ ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีภาระทนความร้อนสูงต่างกันไป ชนิดของผ้าเบรกรถยนต์แบ่งตามลักษณะการใช้งาน โรงงานผลิตผ้าเบรกรถยนต์ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายเกรด เกรดผ้าเบรกแต่ละโรงงานมีมาตรฐานที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายและทิศทางการทำธุรกิจของโรงงานนั้นผู้ผลิตผ้าเบรกรถยนต์มี 2 ประเภท คือ ผู้ผลิตสำหรับค้าปลีกโดยเฉพาะและผู้ผลิตสำหรับอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ OEM ผู้ผลิตผ้าเบรกสำหรับค้าปลีกมีการผลิตผ้าเบรกรออกมาหลากหลายเกรด หลายคุณภาพ และหลากหลายราคาออกสู่ตลาดบางผู้ผลิตอาจผลิตสินค้าโดยบรรจุในหลากหลายยี่ห้อเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้จำหน่ายและผู้ใช้อย่างมากที่สุด ผู้ผลิตกลุ่มนี้จะเน้นราคาเป็นหลักในการทำตลาดกลุ่มเป้าหมายจะเป็นลูกค้าปลีกทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่นำออกจำหน่ายจะอยู่ตั้งแต่กลุ่มตลาดล่างจนถึงกลุ่มตลาดขนาดกลางผู้ผลิตผ้าเบรกสำหรับอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์, OEM ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นสินค้าเกรด, OEM ผู้ผลิตมุ่งเน้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานอะไหล่สำหรับรถยนต์ใหม่กลุ่มเป้าหมายจะเป็นโรงงานผลิตรถยนต์รวมทั้งศูนย์บริการรถยนต์ชั้นนำ, OES ผลิตภัณฑ์ที่นำออกจำหน่ายในตลาดค้าปลีกจะอยู่ในกลุ่มตลาดรถที่มีมาตรฐานสูงเท่านั้นหากเราจำแนกชนิดของผ้าเบรกตามเกรดผู้ผลิตสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้ชนิดผ้าเบรกแบ่งตามลักษณะการใช้งานต่างๆ

2.1.1 ประเภทผ้าเบรก : OEM Pad ผ้าเบรกเกรดโรงงานผลิตรถยนต์

คุณสมบัติ-เป็นผ้าเบรกเกรดมาตรฐานเพื่อโรงงานผลิต รถยนต์ คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดต้องตรงตามข้อกำหนดของผู้ผลิตรถยนต์ ในเรื่องเคมี ประสิทธิภาพการเบรกและการทำงานร่วมกับจานเบรก ปัจจุบันนิยมใช้ผ้าเบรกไร้สารใยหินชนิดมีโลหะต่ำเหมาะสำหรับรถยนต์ใหม่และการขับขี่ทั่วไป จนถึงการใช้งานหนักไม่มีการจำหน่ายในท้องตลาด

2.1.2 ประเภทผ้าเบรก : OES Pad ผ้าเบรกเกรดของแท้ห้าง (Genuine)

คุณสมบัติ-เป็นผ้าเบรกเกรดมาตรฐานเพื่อเป็นอะไหล่ใช้ทดแทนคุณสมบัติของอะไหล่จะแตกต่างตามแต่ผู้ผลิตรถยนต์จะกำหนดขึ้นอยู่กับต้นทุนและการแข่งขัน ผู้ประกอบรถจะขายในรูปอะไหล่แท้เกรดหนึ่งยี่ห้อเดียวกับรถยนต์ผู้ผลิตรถยนต์บางรายอาจผลิตอะไหล่เกรดรองออกจำหน่ายเพื่อรักษารฐานลูกค้าที่มีกำลังซื้อต่ำและเพื่อการแข่งขันในเรื่องราคาในตลาดอะไหล่เหมาะสำหรับ ผู้ใช้รถทั่วไปที่ต้องการอะไหล่คุณภาพเดียวกับรถยนต์ใหม่หาซื้อได้ตามศูนย์บริการรถยนต์ทั่วไปหรือร้านค้าอะไหล่

2.1.3 ประเภทผ้าเบรก : Racing Pad ผ้าเบรกสำหรับรถแข่ง

คุณสมบัติ-เป็นผ้าเบรกเกรดเพื่อการแข่งขันวัตถุดิบในการผลิตจะเน้นหนักเพื่อประสิทธิภาพการหยุดรถโดยเฉพาะรองรับการขับด้วยอัตราความเร็วสูงและการถ่ายเทความร้อนในระบบเบรกเหมาะสำหรับการขับขี่เพื่อการแข่งขันและใช้ความเร็วสูงในการขับขี่เป็นประจำผ้าเบรกชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับการขับขี่ทั่วไปหรือการใช้งานหนักและบรรทุกสินค้า ผ้าเบรกชนิดนี้มีอัตราการทำลายจานเบรกค่อนข้างสูงเพราะส่วนผสมมีโลหะในอัตราที่สูง

2.1.4 ประเภทผ้าเบรก : Standard Pad ผ้าเบรกทั่วไป

คุณสมบัติ-เป็นผ้าเบรกเกรดมาตรฐานสำหรับการขับขี่ทั่วไปหรือใช้งานหนักบ้างเป็นครั้งคราววัตถุดิบในการ ผลิตจะมีคุณสมบัติเท่ากับหรือต่ำกว่าผ้าเบรกเพื่อโรงงานผลิตรถยนต์, OEM

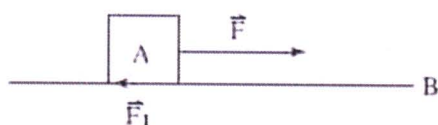
ผ้าเบรกชนิดนี้มีหลากหลายแบบและหลากหลายวัตถุดิบด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกันผู้บริโภคต้องใช้ วิจารณ์ฐานในการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติผลิตภัณฑ์เพราะมีการแข่งขันสูงจากโรงงาน นอกจากนี้ มีสินค้าปลอมจากโรงงานผลิตอะไหล่ปลอมชั้นนำของประเทศออกมาแข่งขันในตลาด อะไหล่เหมาะสำหรับการขับรถทั่วไปหรือใช้งานเป็นครั้งคราว การเลือกใช้ควรดูชนิดผ้าเบรกเป็นแบบ ผ้าเบรกโลหะหรือผ้าเบรกกลุ่ม NAO แต่ละชนิดมีผลดีและผลเสียแตกต่างกันอันมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง[6]

2.2.1 แรงเสียดทาน (friction) เป็นแรงที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหนึ่งพยายามเคลื่อนที่หรือกำลัง เคลื่อนที่ไปบนผิวของอีกวัตถุ เนื่องจากมีแรงมากระทำ มีลักษณะที่สำคัญดังนี้

2.2.1.1 เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ

2.2.1.2 มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่วัตถุเคลื่อนที่หรือตรงข้ามทิศทางของแรงที่ พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุ[6]

ถ้าวาง A อยู่บนวัตถุ B ออกแรง F ลากวัตถุ A จะเคลื่อนที่หรือไม่ก็ตามจะมีแรงเสียด ทานเกิดขึ้นระหว่างผิวของ A และ B แรงเสียดทานมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรง F ที่พยายามต่อต้าน การเคลื่อนที่ของ A

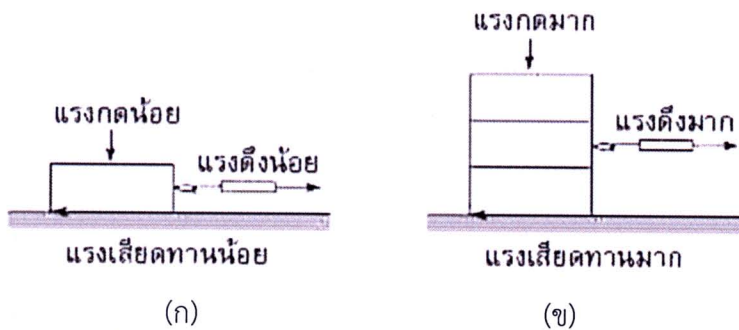
2.2.2 ประเภทของแรงเสียดทานแรงเสียดทานมี 2 ประเภทคือ

2.2.2.1 แรงเสียดทานสถิต (static friction) คือแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่าง ผิวสัมผัสของวัตถุในสถานะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วอยู่นิ่ง

2.2.2.2 แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่าง ผิวสัมผัสของวัตถุในสถานะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

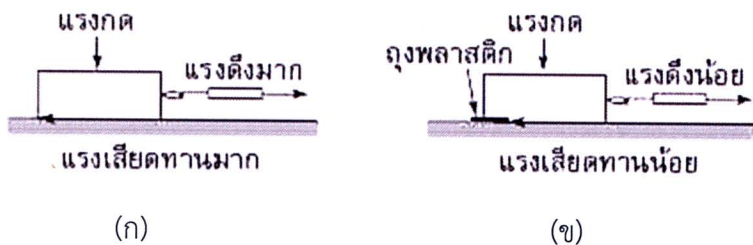
2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ

2.2.3.1 แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสมากจะเกิดแรงเสียด ทานมากถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสน้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส(ก) แรงเสียดทานน้อย (ข) แรงเสียดทานมาก[6]

2.2.3.2 ลักษณะของผิวสัมผัสถ้าผิวสัมผัสหยาบขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมาก ดังรูป 2.3 ส่วนผิวสัมผัสเรียบลื่นจะเกิดแรงเสียดทานน้อยดังรูป 2.3 ข

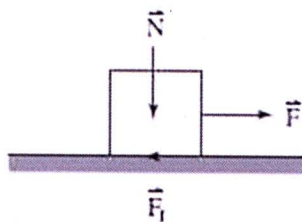


รูปที่ 2.3 ลักษณะของผิวสัมผัส (ก) แรงเสียดทานมาก (ข) แรงเสียดทานน้อย[6]

2.2.3.3 ชนิดของผิวสัมผัสเช่น คอนกรีตกับเหล็กเหล็กกับไม้ จะเห็นว่าผิวสัมผัสแต่ละคู่ มีความหยาบ ขรุขระ หรือเรียบลื่นเป็นมันแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงเสียดทานไม่เท่ากัน

2.2.4 การคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน

สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆคือ อัตราส่วนระหว่างแรงเสียดทานต่อแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส



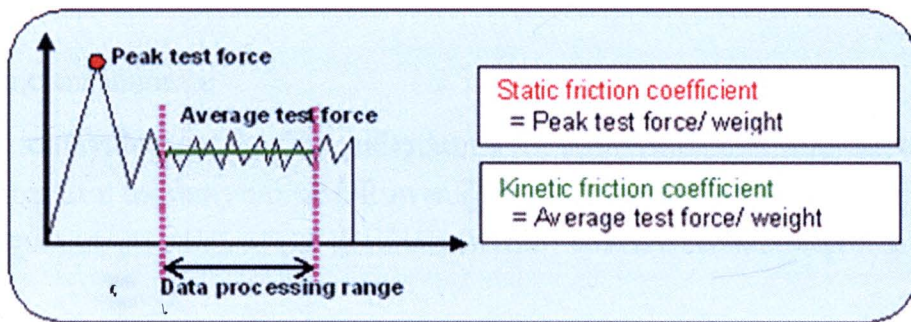
รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของวัตถุนบนระนาบ[6]

กำหนดให้	$\vec{F}$	=	แรงลากวัตถุ
	$\vec{F}_r$	=	แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส
	$\vec{N}$	=	แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส
	μ	=	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน

∴ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานหาได้จากสูตร

$$\mu = \frac{\vec{F_r}}{\vec{N}} \quad (2.1)$$

โดยที่การทดลองของโครงการจะนำค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบ(Universal Test Machine) มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์และความเสียดทานจลน์ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟที่ได้จากเครื่องทดสอบ[3]

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากผลการศึกษาวิธีการทดสอบพฤติกรรมกลิ้งไถบนผิววัสดุความเสียดทาน หลายมาตรฐานของการทดสอบถูกจัดทำขึ้น เช่น Raybestos tests[7] ของยุโรป, JIS D4311[4] ของญี่ปุ่น และ SAE J661[8] ของอเมริกา แต่ส่วนใหญ่ของการทดสอบเหล่านี้มีขั้นตอนที่ยาวนานและลงทุนสูง ทำให้ยากต่อการวิจัยและพัฒนา ดังนั้นจึงควรปรับปรุงขั้นตอนให้เหมาะสมกับลักษณะวัสดุที่จะทำการทดสอบ อย่างไรก็ตามการทดสอบพื้นฐานที่สัมพันธ์กับการใช้งานจริงจึงเหมาะกับการประยุกต์ใช้งานของผลิตภัณฑ์ เพราะช่วยให้การทดสอบง่ายขึ้นและเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานการศึกษาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและพฤติกรรมการสึกหรอ

อย่างไรก็ตามการทดสอบหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในกรณีที่เป็นวัสดุควบคู่กัน[9,10,11] การทดสอบแบบ Pin-on-disc เป็นหนึ่งในการทดสอบที่สามารถนำไปใช้งานได้ และผลที่ได้รับเป็นที่เชื่อถือได้ อีกทั้งยังสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและการสึกหรอได้ในเวลาอันสั้น