บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมาย

ครีมงา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำงาดำหรืองาขาวมาล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง คั่วให้สุก บดให้ละเอียด นำไปให้ความร้อนอีกครั้ง เติมส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำผึ้ง สารทำให้คงสภาพผสมให้เข้ากัน อาจแต่งสี กลิ่น หรือ รส บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที ใช้ทาขนมปังหรือผสมในอาหารและเครื่องดื่มก็ได้

รูปที่ 2.1 ครีมงา

งา (Sesame,Teel,Benne,Gingelly) เป็นพืชขนาดเล็ก ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1 เมตร ลำต้นเป็นสี่เหลี่ยมมีร่องตามยาว และมีขนปกคลุม ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือรูปใบหอก เรียงตรงข้ามหรือสลับกัน ดอกเป็นดอกเดี่ยว กลีบดอกเป็นสีขาวหรือสีชมพูและมีสีม่วงแดงแซมบางๆ ออกที่ซอกใบ ออกโดยรอบลำต้นตอนบนแต่จะบิดดอกมาบานในแนวเดียวกัน ผลเป็นผลแห้งแตกได้ มี 4 พู เมื่อแก่จัดจะแตกออก ภายในมีเมล็ดจำนวนมาก เมล็ดรูปไข่แบน สีดำ เรียก งาดำ หรือสีนวลเรียก งาหม่น หรืองาขาว

น้ำมันงามีสารอาหารที่สำคัญได้แก่ Sesamin , Sesamolin , Sesamol และกรดไขมันอื่นๆ น้ำมันที่ได้จากงาใช้ทาผิวให้ผิวหนังชุ่ม สวยงาม หรือใช้หมักผม ทำให้ผมดกดำ

รูปที่ 2.2 งามก.18

2.2 คุณลักษณะที่ต้องการของครีมงา

- **ลักษณะทั่วไป** ต้องเป็นของเหลวข้น ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น อาจมีน้ำมันลอยอยู่บางได้เล็กน้อย
- **สี** ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของครีมงา
- **กลิ่นรส** ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของครีมงาปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม รสเฝื่อน

2.3 ความสำคัญและคุณค่าทางโภชนาการของงา

งามีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่า Sesame และมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Sesamum Indicum L. อยู่ในวงศ์ Pealiacae เป็นพืชชนิดหนึ่งที่เก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์รู้จัก พบหลักฐานที่หุบเขา Harappa ในคาบสมุทรอินเดีย เมื่อ 5500 ปี ก่อนคริสต์กาล งาเป็นพืชที่มีการปลูกและบริโภคมานาน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกงาทั่วโลกประมาณ 40.2 ล้านไร่ โดยประเทศอินเดียมีการปลูกมากที่สุด ส่วนประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 410000 ไร่

น้ำมันงา ช่วยบรรเทาอาการผิวหนังไหม้แดด และช่วยเสริมกระบวนการหายของแผล นอกจากนี้ยังช่วยลบริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้าด้วย เห็นประโยชน์อันมากมายของงาแล้ว ดังนั้น นักมังสวิรัติ จึงไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเนื้อสัตว์เลย เพราะคุณค่า และสารอาหารที่มีอยู่มากมายในงาสามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้

เมล็ดงา โดยนำเมล็ดงามาเลือกกรวด ทราย และสิ่งสกปรกออก ล้างให้สะอาด (แต่ปัจจุบันนี้ในซุปเปอร์มาเก็ตทั่ว ๆ ไป มีงาที่สะอาดให้เลือกแล้วบรรจุในซองสุญญากาศ ใช้ได้ทันที) นำไปคั่วจนสุก สังเกตได้จากกลิ่นหอมที่ระเหยออกมา ชิมดูจะกรอบ หอมมัน ถ้าไม่สุกจะเหนียว และเหม็นเขียว จากนั้นนำไปบดหรือตำเสียก่อน มิฉะนั้นร่างกายจะดูดซึมสารอาหารไม่ได้ดี

เมล็ดงามีปริมาณน้ำมันสูงประมาณ 34-50 % ของน้ำหนักเมล็ด งาเป็นพืชอาหารที่มีคุณภาพดีหลายประการ เช่น น้ำมันงามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ที่สำคัญคือ กรดโอลิอิก (Oleic acid) และกรดไลโนลิอิก(Linileic Acid) เมล็ดงามีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมีสารเยื่อใย ธาตุอาหารต่างๆ เช่น แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส เหล็ก โซเดียม โปแทสเซี่ยม และซีรีเนียม วิตามินบี1 บี2 แคโรทีนและไนอะซีน นอกจากนี้ในเมล็ดงายังมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระกลุ่มลิกแนน(Lignans Antioxidant) ที่สำคัญได้แก่ Sesamin และ Sesamolin ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านทานการเกิดออกซิเดชั่น จากการศึกษาพบว่าสารลิกแนนในงาช่วยชะลอความแก่ ลดคอเรสเตอรอล ช่วยให้ระบบการหมุนเวียนดีและช่วยลดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะทำให้เกิดมะเร็งใน ปัจจุบันได้มีบริษัทเอกชนในญี่ปุ่น และอเมริกา ผลิตแคปซูลที่มีสารเหล่านี้ ไปทำเป็นอาหารสุขภาพ และกระทรวงสาธารณสุขญี่ปุ่น ยังยอมรับว่างาเป็นอาหารสุขภาพ และสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งชาติแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มโครงการศึกษาเกี่ยวกับสารป้องกันมะเร็งในงาอีกด้วย

งาเป็นพืชที่ทนแล้งและทนทานต่อแมลงได้ดี การปลูกงาต้องการน้ำประมาณครึ่งหนึ่งของการปลูกฝ้าย ประมาณ 1 ใน 3 ของการปลูกข้าวฟ่าง และ1 ใน 4 ของการปลูกข้าวโพด และงายังมีราคาดีมาตลอด

งา นอกจากจะมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายแล้ว ยังมีโปรตีนอีกถึง 20% ซึ่งเป็นโปรตีนที่จำเป็นสำหรับ "นักมังสวิรัติ" ด้วย นักมังสวิรัติ จะได้รับโปรตีนจากอาหารหลักคือ ถั่วต่างๆ โดยเฉพาะ ถั่วเหลือง ถือว่าเป็นราชาโปรตีน เพราะมีคุณค่าอาหารมากที่สุดและมากกว่าเนื้อสัตว์ถึงเท่าตัว โปรตีนของคนเราประกอบด้วย กรดอะมิโนประมาณ 22 ชนิด แต่มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายสร้างขึ้นเองไม่ได้ ต้องอาศัยจากการกินอาหาร มีอยู่ 9 ชนิด ซึ่งมีอยู่ในถั่วเกือบครบถ้วน จะขาดแต่กรดอะมิโนจำเป็น ที่ชื่อ เมทไธโอนีน และทริปโตเฟน (Aminomethionine & Tryptophan) ที่มีอยู่น้อย ไม่พอเพียง แต่กลับมีมากในเมล็ดงา ดังนั้นถ้ากินถั่วพร้อมกับงา ก็จะได้โปรตีนครบถ้วน เมธไธโอนีนนี้ยังพบมากในโปรตีนของข้าวกล้อง และข้าวโพด ฉะนั้น นักมังสวิรัติจึงต้องกินข้าวกล้อง และ+ ถั่ว (โดยเฉพาะถั่วเหลือง) + งา (โดยเฉพาะงาดำ) พร้อมกัน และถ้าได้ข้าวโพดเสริมด้วยยิ่งดี จะได้โปรตีนที่สมบูรณ์ครบพร้อม ช่วยให้สุขภาพแข็งแรง ห่างไกลโรคภัย

การชะลอความแก่ (ใช้คุณสมบัติ Anti-Aging)

วิตามินอีในงามีผลในการชะลอความแก่ ความแก่มี 4 นัยที่คนทั่วไปสังเกตได้ คือ อาการเหี่ยวย่นบนผิวหนัง การทำงานของหัวใจ ความจำและสายตา อาการเหี่ยวย่นบนผิวหนัง ปรากฏได้ทั้งคนหนุ่มและคนแก่ การรักษาก็ใช้น้ำมันงาทา วิตามินอีจะซึมเข้าสู่ผิวหนัง สำหรับการทำงานของหัวใจ เราสามารถรับประทานงาเป็นประจำ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์ทั่วไป

รักษาอาการสมองเสื่อม

อาการสมองเสื่อมเกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสมอง และเซลล์ประสาทถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ เมื่อร่างกายขาดวิตามินอี เซลล์ที่ได้รับการกระทบกระเทือนจากอนุมูลอิสระง่ายที่สุดคือเซลล์ประสาท ควันบุหรี่ สารเคมี เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกทำลายโดยวิตามินอี ที่ผนังเซลล์

ทางการแพทย์แนะนำให้ทานวิตามินอี ในการรักษา และพบว่าถึงแม้จะไม่สามารถรักษาโรคพาร์กินสันได้ แต่สามารถลดความรุนแรงของโรคลงได้

บรรเทาอาการมะเร็ง

โรคมะเร็งมีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระที่ร่างกายไม่สามารถต้านได้ เพราะวิตามิน อี ในร่างกายมีน้อย ไม่พอที่จะต้านอนุมูลอิสระที่มีมากได้ ความทรมานไม่ได้เกิดจากโรคอย่างเดียว ขบวนการรักษาโดยเฉพาะเคโม ก็สร้างความเจ็บปวดพอๆกัน ถ้ามีวิตามินอี เข้าสู่ร่างกายสม่ำเสมอและพอเพียง อาการของมะเร็งก็จะไม่มีจุดเริ่มต้น ดังนั้นการรับประทานงาเป็นประจำจะเป็นการป้องกันและกำจัดอนุมูลอิสระตั้งแต่เริ่มต้น

กระดูกแกร่งด้วยงา

งา เป็นอาหารที่มีแร่ธาตุมาก คือ มีอยู่ 4.1-6.5% ที่สำคัญ คือ ธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด ธาตุไอโอดีน ป้องกันโรคคอพอก ธาตุสังกะสีบำรุงผิวหนัง แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส บำรุงกระดูก-ฟัน และทำให้ไม่เป็นตระคริวง่าย นมพร่องมันเนย 1 แก้ว มีแคลเซี่ยม 316.3 มิลลิกรัม Whole Milk 1 แก้ว มีแคลเซี่ยม 291 มิลลิกรัม งา 1 แก้ว มีแคลเซี่ยม 1,404.0 มิลลิกรัม

สมองแจ่มใสด้วยงา

งา เป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี จริง ๆ คือ นอกจากมี บี 1, บี2 , บี 9, ไอโอดิน, โคลิน, ไอโนสิตอล, กรดพารา, อะมิโนเบนโซอิค (ชื่อแปลก ๆ พวกนี้เป็นวิตามินบีทั้งนั้น) เนื่องจากกลุ่มวิตามินบี ช่วยบำรุงประสาท ดังนั้น ผู้ที่มีอาการไม่สบายต่าง ๆ ที่เกิดจากระบบประสาท เช่น นอนไม่หลับ อ่อนเปลี้ยเพลียแรง เป็นเหน็บชา ปวดเส้นตามตัว แขน ขา เบื่ออาหาร ท้องผูก เมื่อยสายตา ควรหันมากินงาเป็นประจำ แม้ผู้ที่แข็งแรงอยู่แล้ว ก็จะช่วยบำรุงระบบประสาท สมองจะปลอดโปร่ง แจ่มใส ความจำดีขึ้น งา มีวิตามินบีเกือบครบ ขาดไปชนิดเดียวคือ วิตามินบี 12 ซึ่งมีในอาหารหมัก เช่น ถั่วหมัก กะปิเจ ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว ฯลฯ (ถ้าขาดวิตามินบี 12 จะเป็นโรคโลหิตจาง และระบบประสาทผิดปกติ เช่น แขนขาแข็ง กระวนกระวาย งุนงง) งา ช่วยในการย่อย กระตุ้น การไหลเวียนโลหิต และระบบประสาท งาเป็นอาหารต้านมะเร็งด้วย นักวิทยาศาสตร์บางคนเชื่อว่า สารเซซามอลที่มีอยู่ในงา จะสามารถป้องกันมะเร็งได้ สารเซซามินอลและเซซามินในงา ช่วยเสริมคุณสมบัติของวิตามินอี ในการปกป้องร่างกายจากการทำลายของอนุมูลอิสระ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบดงา

2.4.1พลังงานไฟฟ้า

ค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับเราสามารถหาได้จาสมการ

$$P = IV\cos\theta \tag{2.1}$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า

I คือค่ากระแสไฟฟ้า

V คือค่าแรงดันไฟฟ้า

cosθ คือ ค่า Power Facter

เมื่อคิดเป็นวัตต์-ชั่วโมง โดยคิดจากสมการ

$$\text{วัตต์-ชั่วโมง} \quad (\ Wh\ ) = p.t \tag{2.2}$$

และสามารถคิดเป็นค่าไฟฟ้าได้จาก

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{W x(ราคาค่าไฟต่อหน่วย)} \tag{2.3}$$

2.4.2 ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย

ถ้ามีทอร์กกระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตุหมุนด้วยอัตราเร่งเชิงมุม α ดังสมการ

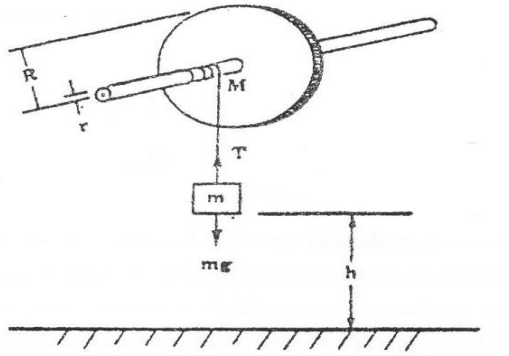
$$\tau = I\alpha \tag{2.4}$$

โดยที่ I คือโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) ทำนองเดียวกับกรณีที่มีแรง F กระทำต่อวัตถุมวล m ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัจตราเร่งเชิงเส้น a ดังสมการ

$$F = ma \tag{2.5}$$

พิจารณาเปรียบเทียบสมการทั้งสองสมการ จะเห็นว่ามวล m ของวัตถุเป็นปริมาณที่กำหนดความต้านทานต่อการถูกเร่งต่อแรงเร่งเชิงเส้น F ในขณะที่โมเมนต์ความเฉื่อย I เป็นปริมาณที่กำหนดความต้านทานต่อการถูกเร่งต่อการหมุนโดยทอร์ก τ ปริมาณทั้งสองคือ m และ I เป็นปริมาณที่บอกถึงความเฉื่อยของวัตถุต่อลักษณะการเคลื่อนที่

การทดลองวัดโมเมนต์ความเฉื่อยของล้อและเพลา โดยการให้ล้อและเพลาหมุนด้วยทอร์กเนื่องจากแรงดึงในเส้นเชือกที่พันรอบเพลาและถ่วงด้วยมวล m ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย

เมื่อปล่อยมวล m เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง มวลถ่วงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่ง a ดังสมการ

$$Mg - T = ma$$

$$T = m(g - a) \qquad (2.6)$$

เมื่อแรง T คือแรงดึงในเส้นเชือก และ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ขณะเดียวกัน ล้อและเพลาจะถูกบิดให้หมุนด้วยทอร์ก ซึ่งเกิดจากแรงดึงในเส้นเชือก T ถ้าเพลารัศมี r จะได้

$$\tau = \mathrm{Tr} \qquad (2.7)$$

และอัตราเร่งเชิงมุม α มีความสัมพันธ์กับความเร่งเชิงเส้น a ดังสมการ

$$a = \alpha r$$

ซึ่งอัตราเร่งเชิงเส้น a หาได้จากการทดลองจับเวลาการเคลื่อนที่ของมวล m โดยปล่อยให้มวลถ่วงเคลื่อนที่ลงจากหยุดนิ่งเป็นระยะทาง h จะได้

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

หรือ

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

แต่เมื่อคิดรวมความเสียดทานต่อการหมุนที่เรียกว่า ทอร์กเนื่องจากแรงเสียดทาน (Frictional Torque, τ_f) ด้วย จะได้

$$\tau - \tau_f = I\alpha$$

หรือ $\tau = I\alpha + \tau_f$

จากสมการข้างบน เมื่อนำมาเขียนกราฟระหว่าง τ กับ α โดยให้ τ อยู่ในแกนตั้งและ α อยู่ในแกนนอน จะได้กราฟที่มีความชันเท่ากับ I แต่โมเมนต์ความเฉื่อยของล้อและเพลาทางทฤษฎี คือ

$$I = \tfrac{1}{2}MR^2 + \tfrac{1}{2}M'r^2 \qquad (2.8)$$

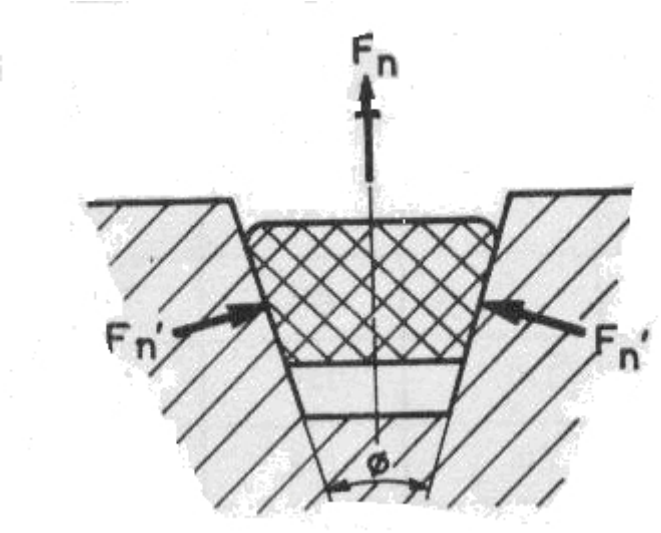
เมื่อ M คือมวลล้อ R คือ รัศมีล้อ

M' คือมวลเพลา r คือ รัศมีเพลา

2.4.3 ความเค้นในสายพาน

ส่วนต่างๆบนสายพานจะอยู่ภายใต้แรงเค้นที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วความเค้นจะประกอบด้วย ความเค้นดึงเนื่องจากแรงดึงชั้นต้น(Initial Tension) ความเค้นเนื่องจากการส่งกำลังและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และความเค้นดัดเนื่องจากสายพานเคลื่อนที่ผ่านล้อสายพาน

สำหรับสายพานแบบ V-Belts แรงปฏิกริยาระหว่าง สายพานกับล้อสายพาน จะอยู่ในทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป



รูปที่ 2.4 ความเค้นในสายพาน

ให้ Fn' เป็นแรงปฏิกริยาระหว่างสายพานกับล้อสายพาน ดังนั้นจะได้สมการ

$$2fF_{n'} = dF$$

แรงปฏิกิริยารวมของแรง $F_{n'}$ ทั้งสองแรงคือ

$$Fn = 2F_{n'} \sin\left[\frac{\phi}{2}\right]$$

หรือ

$$F_{n'} = \frac{F_n}{2\sin\left[\frac{\phi}{2}\right]}$$ แทนค่า $F_{n'}$ จะได้

$$\frac{fF_n}{\sin\left[\frac{\phi}{2}\right]} = dF$$

เมื่อพิจารณารูป และรวมแรงในแนวดิ่ง จะได้

$$F_c + F_n = \left(F + \frac{1}{2}dF\right)d\theta$$

เมื่อกำจัด F_n ออกทั้งสองสมการนี้จะได้

$$df = \frac{f\left\{F + 1dF - wAv^2\right\}d\theta}{\sin\left[\frac{\phi}{2}\right]2g}$$

และกำลังที่ส่งได้โดยสายพาน หาค่าได้จาก

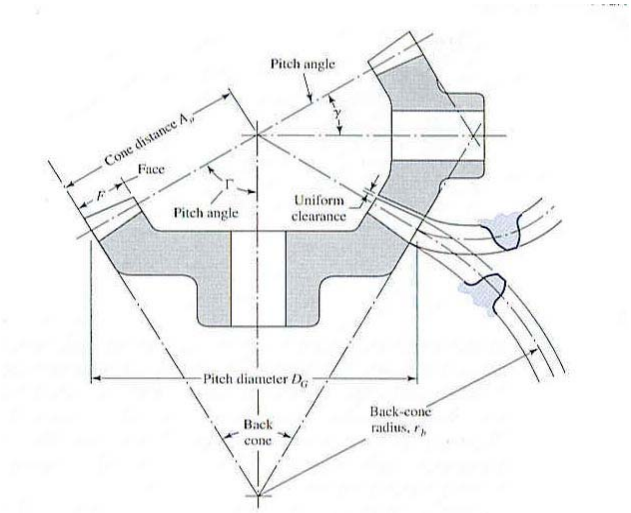
$$W_p = Z\left(F_1 - F_2\right)V \qquad (2.9)$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของสายพาน (m/s)

Z คือ จำนวนสายพาน

2.4.4 เฟือง

เฟืองเป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังและการเคลื่อนที่ ที่เหมาะสมสำหรับกรณีที่กำลังการถ่ายทอดมีค่าสูง ฟันเฟืองที่ขับกันจะเป็นส่วนช่วยไม่ให้เกิดการไถลขึ้นในขณะถ่ายทอดกำลัง สำหรับเฟืองที่ขับกันคู่หนึ่ง เฟืองตัวเล็กจะเรียกว่า Pinion ส่วนเฟืองตัวใหญ่จะเรียกว่า Gear วงกลมสัมผัสกันดังรูปที่ 2.7 เรียกว่า Pitch Circle มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเรียกว่า Pitch Diameter , D_G และขนาดเส้นรัศมี r_b เรียกว่า Pitch Radius



รูปที่ 2.5 ลักษณะการขับกันของเฟือง

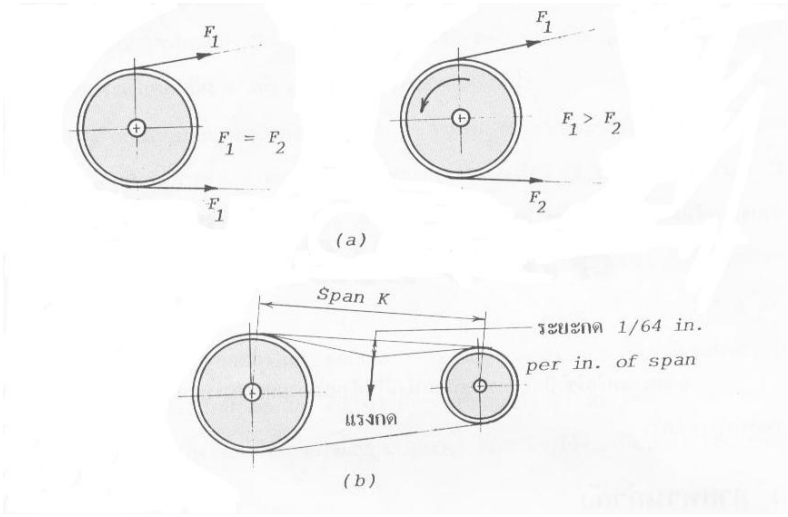
2.4.5 สายพานและพูเล่

สายพานเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับการถ่ายทอดการหมุนและกำลังระหว่างเพลา 2 เพลาหรือมากกว่า โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่างสายพานกับพูเล่ อัตราส่วนความเร็วรอบของพู่เล่คู่หนึ่งที่ถ่ายทอดกำลังด้วยสายพานคือ

$$m_w = \frac{D_{p,2}}{D_{p,1}} = \frac{rpm_1}{rpm_2} \tag{2.10}$$

โดย $D_{p,1}$ และ $D_{p,2}$ คือ Pitch Diameter ของพูเล่ หรือก็คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Pitch Cylinder จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่หน้าตัดของส่วนเสริมความแข็งแรงของสายพาน เช่น ลวดเหล็กเหนียวหรือไฟเบอร์กลาสหรือจุดเซนทรอยด์ของพื้นที่หน้าตัดสายพาน(ในกรณีที่ไม่มีส่วนเสริมความแข็งแรง)จะอยู่บนผิวของ Pitch Diameter

ในขณะที่อยู่นิ่งความตึงของสายพานทั้งสองข้างของพูเล่จะมีค่าเท่ากันคือ $F_1=F_2$ และเมื่อมีการหมุนและถ่ายทอดกำลัง F_1 จะมีค่ามากกว่า F_2 ดังรูปที่ 2.6(a) การตั้งความตึงของสายพานโดยทั่วไปจะตั้งไว้ที่ระยะกด 1/64 นิ้วต่อนิ้วของช่วงเพลา (Span , K) ดังรูปที่ 2.6(b)



รูปที่ 2.6 ความตึงในสายพานและการตั้ง

สำหรับขนาดของมอเตอร์ที่กำหนด การใช้พูเล่ที่เล็กลงจะทำให้แรงฉุด F_1 เพิ่มขึ้นเป็นผลให้โมเมนต์ดัดบนเพลามอเตอร์และภาระของรองลื่นในมอเตอร์เพิ่มขึ้น ดังนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จึงได้มีการกำหนดขนาดที่เล็กที่สุดของพูเล่ที่จะใช้กับมอเตอร์ขนาดต่างๆ

สายพานมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ สายพานแบน สายพานวี(V-belt)และสายพานเฟือง (Timing Belt) ในปัจจุบันสายพานวีและสายพานฟันเฟืองได้ถูกนำมาใช้แทนสายพานแบนเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากสายพานแบนมีการลื่นไถลสูง รองลื่นต้องรับภาระมาก มีเสียงดังและกินเนื้อที่ในแนวแกนมาก ส่วนสายพานวีจะมีข้อดีคือ สามารถรับภาระการกระตุก(Shock)ได้ดี ต้องการการบำรุงรักษาน้อย สำหรับพื้นที่ผิวสัมผัสที่เท่ากันจะมีขนาดแคบกว่าแต่มีขนาดหนากว่าสายพานแบน สำหรับความดันในแนวตั้งฉากกับพูเล่ที่เท่ากันจะเกิดความดันต่อรองลื่นน้อยกว่าสายพานแบน มีความเสียดทานภายในสูงกว่าเนื่องจากมีความหนามากกว่า และมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยสูงถึง 95%

2.4.6 เหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดเฟอริติก (Ferritic Stainless Steel) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมอีกประเภทหนึ่งที่ผสมโครเมียมในปริมาณสูงถึง 10.5 - 30 % และมีโครงสร้างผลึกแบบ Body - Centered Cubic (BCC) ซึ่งในบางเกรดอาจผสม Mo, Si, Al, Ti และ Nb เข้าไปด้วย และยังสามารถเติม S หรือ Se เพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึงไส

เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดเฟอริติกมีสมบัติเป็น Ferromagnetic เช่นเดียวกับเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดมาเทนซิติก โดยมีลักษณะเด่นคือ มีความเหนียวในการยืดตัว (Ductility) และมีความสามารถ

ในการขึ้นรูป (Formability) ได้ดี แต่สมบัติด้านความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงจะด้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กออสเทนเนติก และมีข้อจำกัดด้านความแข็งแกร่งที่อุณหภูมิต่ำและในส่วนของชิ้นงานที่มีความหนา (Heavy Section)

เหล็กกล้าไร้สนิมมาเทนซิติก (Martensitic Stainless Steel) เป็นโลหะผสมโครเมียมคาร์บอนชนิดพิเศษที่มีโครงสร้างผลึกเป็น BCC ที่บิดเบี้ยว (Distorted Body - Centered Cubic) เหล็กกล้าชนิดนี้มีสมบัติเป็นแบบ Ferromagnetic ที่สามารถทำผิวให้แข็ง (Herdenable) ด้วยกรรมวิธีทางความร้อนและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนในบรรยากาศปกติได้

ปริมาณโครเมียมที่ผสมจะอยู่ในช่วง 10.5 -18 % และอาจจะมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 1.2% โดยที่ปริมาณ Cr และ C ต้องมีอยู่อย่างสมดุลเพื่อคงโครงสร้างของมาเทนไซต์ไว้หลังการชุบผิวแข็ง ปริมาณคาร์ไบด์ที่มากเกิน (Excess Carbide)จะช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อการสึกหรอ (Wear Resistance) และช่วยรักษาความคมใบมีด (Cutting Edges) ได้ สำหรับธาตุอื่น ๆ เช่น Nb, Si, W และ V อาจได้รับการผสมเข้าไปเพื่อช่วยให้การอบคืนไฟ (Tempering) ทำได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถเติม Ni ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อช่วยปรับปรุงความสามารถ ในการต้านทานการกัดกร่อนในบางบรรยากาศได้ รวมทั้งความเหนียว (Toughness) ด้วย นอกจากนี้ยังอาจเติม Si และ Se เพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึงไสของเหล็กบางเกรด

2.4.7 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

ในการศึกษาว่าโครงการใดน่าลงทุนหรือไม่นั้น จำเป็นต้องทราบขั้นตอนการวิเคราะห์รูปแบบของปัญหา ค่าที่เป็นเครื่องวัดในการตัดสินใจและแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ขั้นตอนการวิเคราะห์สามารถสรุป 8 ข้อดังนี้

1. กำหนดรูปแบบของปัญหา โดยต้องศึกษาข้อมูลขั้นต้นเสียก่อนว่าอะไรเป็นสิ่งที่กำหนดให้เป็นปัญหา อะไรเป็นผลลัพธ์ อะไรเป็นสิ่งที่ต้องตัดสินใจ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการเข้าใจตรงกัน
2. สร้างบรรทัดฐานในการประมาณค่าที่ใช้วัด การวิเคราะห์ทางเลือกหลายๆทางนั้นจะต้องสร้างเกณฑ์ในการวัด เช่น ค่าใช้จ่าย กำไร ในการวัด
3. สร้างทางเลือกหลายๆทางเลือก ไม่ควรรีบด่วนสรุปก่อนที่จะมีการตัดสินใจ
4. สร้างความเข้าใจกับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ของทางเลือกนั้นๆ เช่น การคำนวณเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ การศึกษารายละเอียด (Catalog) จากตัวแทนฝ่ายขายต่างๆ หรือการคำนวณค่าแรง เป็นต้น

5. ทำการประมาณผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือก โดยประเมินค่าใช้จ่าย ผลกำไร รายได้ อรรถประโยชน์ แล้ววิเคราะห์โดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์
6. เลือกทางเลือกที่ชอบมากกว่าทางเลือกอื่น ถ้าในกรณีที่ได้ผลลัพธ์ของ 2 โครงการเท่ากันจะต้องทำข้อที่ 7 ต่อไป
7. การวิเคราะห์ความไว เพื่อดูผลกระทบของโครงการว่าเป็นอย่างไร ถ้าค่าที่ประมาณไว้เปลี่ยนแปลงไป
8. ตัดสินใจลงทุน โดยมีการแสดงเหตุผลสนับสนุนการลงทุนด้วย

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Peroid)

ในการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนนอกจากจะพิจารณาอัตราผลตอบแทนการลงทุนแล้ว บางครั้งยังต้องการทราบว่าจะคืนทุนด้วยระยะเวลาเท่าไร ซึ่งการคำนวณอย่างง่าย คือ การนำมูลค่าของต้นทุนของโครงการหารด้วยผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนรายปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนจะต้องน้อยกว่าอายุการใช้งานของอุปกรณ์

ระยะเวลาคืนทุน = การลงทุน (บาท) / ผลตอบแทนต่อปี (บาท/ปี) (2.11)

2.4.8 ความเสียหายจากการสึกหรอ (Wear)

ความเสียหายจากการสึกหรอ (Wear) สามารถเกิดได้ทั้งบริเวณผิวหน้าภายนอกและผิวหน้าภายในซึ่งมักจะมีสาเหตุจากปฏิกิริยาทางกลและปฏิกิริยาเคมีระหว่างวัตถุแข็ง 2 ชนิดที่มาสัมผัสกัน เช่น ของแข็งเคลื่อนที่บนของแข็ง หรืออนุภาคแข็งเคลื่อนที่ในของไหล(ของเหลวหรือก๊าซ) เข้ามาปะทะผิวแข็ง โดยลักษณะและขอบเขตความเสียหายขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้

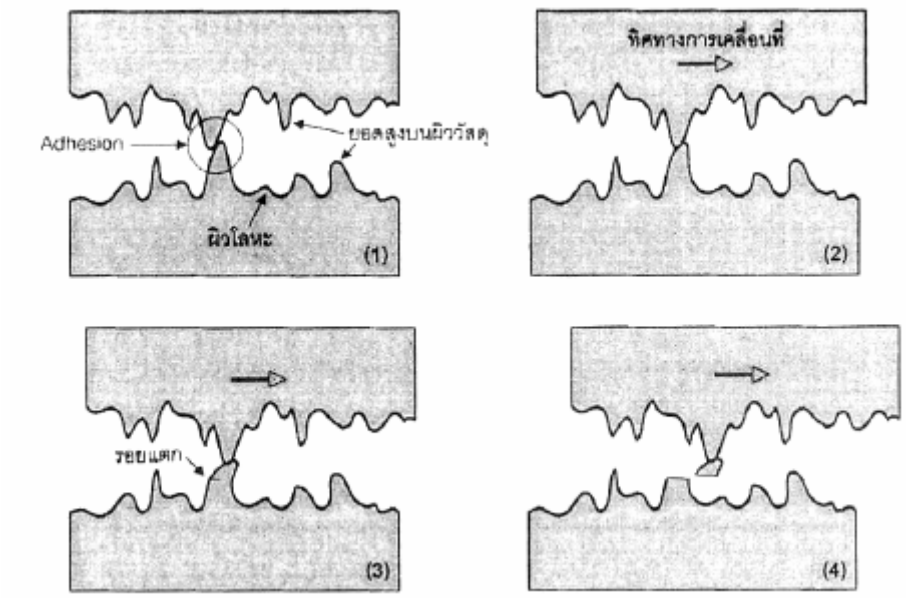
1. โครงสร้างทางจุลภาค และโครงสร้างของเนื้อชิ้นงาน ของวัสดุแข็งทั้ง 2 ชนิด
2. ชนิดของเนื้อวัสดุ ลักษณะของผิวสัมผัส และอัตราการหล่อลื่นระหว่างกัน
3. การเคลื่อนที่สัมผัส
4. แรงกระทำที่บริเวณสัมผัส
5. สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและสภาพทางเคมี

โดยปัจจัยข้างต้นก็ส่งผลกระทบถึงความแข็งและความเสียดทาน โดยวัสดุคู่สัมผัสที่มีค่าความเสียดทานต่ำและมีความแข็งสูง ก็จะส่งผลให้มีอัตราการสึกหรอต่ำ (อัตราการลดลงของปริมาณต่อระยะการเคลื่อนที่ของผิวสัมผัส) ความเสียดทานและอัตราการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสบางประเภทสามารถแสดงในตาราง ข 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและอัตราการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสบางประเภท

โดยทั่วไปการสึกหรอจะทำให้เกิดการคลายตัวของอุปกรณ์ที่สวมอัดกัน หรืออาจส่งผลให้เกิดบริเวณที่มีความเข้มข้นของความเค้นสูง(High Stress Concentration) ซึ่งนำไปสู่การเกิดการขยายตัวของรอยร้าว และการแตกหักในที่สุด โดยทั่วไปความเสียหายประเภทนี้มักเกิดกับบริเวณที่มีการสวมอัด เช่นการสวมเพลาในแบริ่ง สกัด ลิ่ม หมุดย้ำ บริเวณสัมผัสของลวดและมัดลวด และแบริ่งที่มีการสั้นสะเทือนเป็นต้น บริเวณเหล่านี้สามารถพบได้ทั่วไปใน รถยนต์ เรือ เครื่องบิน ระบบส่งกำลัง เครื่องมือวัด ฯลฯ การออกแบบและใช้งานระบบเหล่านี้อย่างมีความรู้ความเข้าใจในกลไกของการสึกหรอจะส่งผลให้เกิดการใช้งานและออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดหรือหลีกเลี่ยงความเสียหายประเภทนี้ได้ ซึ่งกลไกพื้นฐานของการสึกหรอในกรณีผิวแข็งเคลื่อนที่บนผิวแข็ง สามารถแบ่งได้เป็น

การแตกหัก(Fracture)ของบริเวณยอดสูงของพื้นผิววัสดุ

โดยผิวหน้าของโลหะ 2 ผิวหน้าเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันภายใต้แรงกด พันธะทางโลหะจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัส โดยเฉพาะบริเวณยอดสูงของผิววัสดุ (Surface Asperity) ดังรูปที่ 2.7 โดยเมื่อผิวสัมผัสเคลื่อนที่ออกจากกัน พันธะเหล่านี้อาจจะหลุดจากกันในกรรีที่ยอดสูงของพื้นผิวมีความแข็งแรงกว่าพันธะ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสึกหรอนั้นเอง



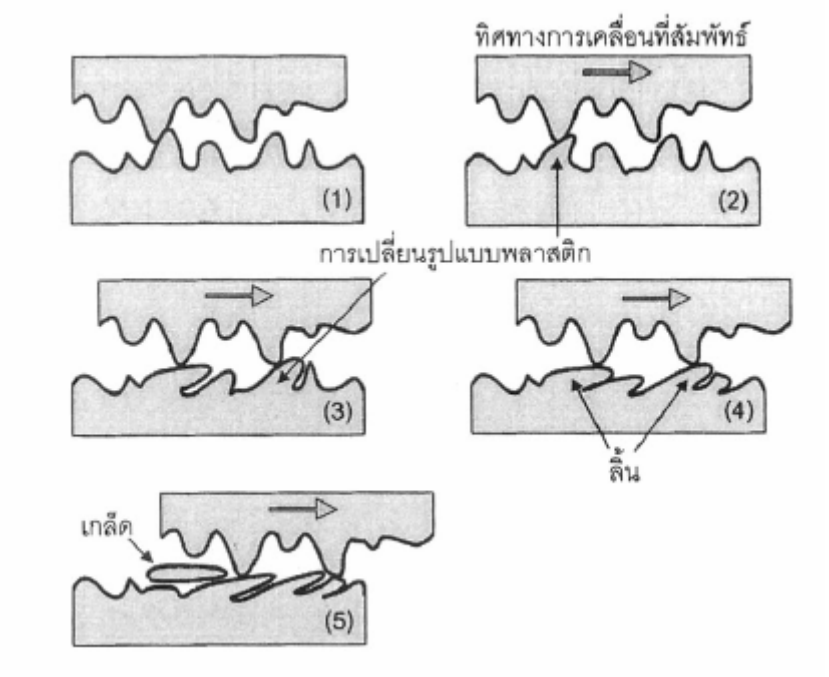
รูปที่ 2.7 การแตกหัก(Fracture)ของบริเวณยอดสูงของพื้นผิววัสดุ

ในกรณีที่วัสดุคู่สัมผัสเป็นวัสดุที่ต่างชนิดกัน ผิวของวัสดุที่อ่อนจะแตกหัก และสร้างพันธะบนพื้นผิวของวัสดุที่แข็งแรงกว่า ซึ่งการเกิดออกซิเดชั่นจะเกิดได้ง่ายกับรอยแตกหักและเศษพื้นผิวที่หลุดออกมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพที่อุณหภูมิสูงจากการเสียดสีกันของผิวสัมผัส เนื่องจาก

ออกไซด์ของโลหะมีความเปราะและมีพันธะกับผิวชิ้นงานที่ไม่แข็งแรงนัก ดังนั้นจึงเกิดการแตกหักและหลุดออกจากผิวง่าย ทำให้อัตราการสึกหรอสูง

การล้า(Fatigue)ของบริเวณยอดสูงของผิววัสดุ

เมื่อผิวหน้าของโลหะ 2 ผิวหน้า เลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันภายใต้แรงกด พันธะทางโลหะจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัส โดยเฉพาะบริเวณยอดสูงของผิววัสดุ (Surface Asperity) โดยเมื่อผิวสัมผัสเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ยอดสูงของผิววัสดุที่มีความเหนียวอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบพลาสติก(Plastic Deformation) และเมื่อถูกกระทำซ้ำในลักษณะเดิมยอดผิวของพื้นผิวเหล่านี้ก็อาจแตกออกจากพื้นผิวเนื่องจากการล้าได้ ซึ่งนำไปสู่การสึกหรอ เรียกพฤติกรรมเหล่านี้ว่า การลอกล่อน(Delamination) กระบวนการดังกล่าวข้างต้นสามารถแสดงดังรูป 2.8 ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอขึ้นอยู่กับ ความแข็ง ความคราก (Yield Strength) และความต้านทานการล้า



รูปที่ 2.8 การล้า(Fatigue)ของบริเวณยอดสูงของผิววัสดุ

การเกิดออกซิเดชั่น (Oxidation) และการกัดกร่อน (Corrosion)

โดยทั่วไปผิวสัมผัสของวัสดุจะถูกปกคลุมด้วยออกไซด์ ซึ่งถ้าออกไซด์มีความหนาและแรงยึดเกาะสูง จะทำให้โอกาสเกิดพันธะระหว่างยอดสูงของคู่ผิวสัมผัสลดลงและส่งผลให้อัตราการสึกหรอลดลง แต่ถ้าชั้นของออกไซด์นี้เกิดการแตกหัก จะทำให้เนื้อของวัสดุบริเวณรอยแตกเกิดการสัมผัสกัน และเกิดพันธะ ซึ่งจะทำให้การสึกหรอเพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดได้ดีในสภาพ

ที่มีอุณหภูมิสูง จึงสามารถกล่าวได้ว่า ความสามารถในการต้านการสึกหรอของวัสดุขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของพื้นผิว ที่สามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชั่น(Oxidation)และการกัดกร่อน (Corrosion) ได้