บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการศึกษาและออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กแบบพกพา เพื่อสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ สำหรับเจ้าหน้าที่หน่วยควบคุมไฟป่า ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการควบคุมไฟป่า กรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องบดย่อยขนาดเล็กแบบพกพา เพื่อสนับสนุนภารกิจสร้างแนวกันไฟ โดยได้นำเสนอไว้จำแนกดังนี้

2.1 ประเภทป่าไม้ในประเทศไทย
2.2 สาเหตุที่สำคัญของวิกฤตการณ์ป่าไม้ในประเทศไทย
2.3 ศึกษาข้อมูลลักษณะของปุ๋ยชีวภาพ
2.4 ศึกษาข้อมูลลักษณะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์
2.5 ศึกษาข้อมูลชนิดและลักษณะของการใช้งานของเฟืองและสายพาน
2.6 ศึกษาข้อมูลวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่ใช้ในการออกแบบ
2.7 ศึกษาข้อมูลหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
2.8 ศึกษาข้อมูลด้านจิตวิทยาสีเพื่อการออกแบบ
2.9 ศึกษาข้อมูลพฤติกรรมของมนุษย์กับการออกแบบ
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทป่าไม้ในประเทศไทย

ในส่วนของประเภทป่าไม้จะขึ้นอยู่กับการกระจายของฝนและระยะเวลาที่ฝนตกรวมทั้งปริมาณน้ำฝนที่ทำให้ป่าแต่ละแห่งมีความชุ่มชื้นต่างกัน สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (Evergreen)

ข. ป่าประเภทที่ผลัดใบ (Deciduous)

2.1.1 ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (Evergreen)

ป่าประเภทนี้มองดูเขียวชอุ่มตลอดปี เนื่องจากต้นไม้แทบทั้งหมดที่ขึ้นอยู่เป็นประเภทที่ไม่ผลัดใบป่าชนิดสำคัญซึ่งจัดอยู่ในประเภทนี้ ได้แก่

2.1.1.1 ป่าดงดิบ (Tropical Evergreen Forest or Rain Forest) ป่าดงดิบที่มีอยู่ทั่วในทุกภาคของประเทศ แต่ที่มีมากที่สุด ได้แก่ ภาคใต้และภาคตะวันออก ในบริเวณนี้มีฝนตกมากและมีความชื้นมากในท้องที่ภาคอื่น ป่าดงดิบมักกระจายอยู่บริเวณที่มีความชุ่มชื้นมาก เช่น ตามหุบเขาริมแม่น้ำลำธาร ห้วย แหล่งน้ำ และบนภูเขา ซึ่งสามารถแยกออกเป็นป่าดงดิบชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- ป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest) เป็นป่ารกทึบมองดูเขียวชอุ่มตลอดปีมีพันธุ์ไม้หลายร้อยชนิดขึ้นเบียดเสียดกันอยู่มักจะพบกระจัดกระจายตั้งแต่ความสูง 600 เมตร จากระดับน้ำทะเล ไม้ที่สำคัญก็คือ ไม้ตระกูลยาง เช่น ยางนา ยางเสียน ส่วนไม้ชั้นรอง คือ พวกไม้กอ เช่น กอน้ำ กอเดือย

- ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) เป็นป่าที่อยู่ในพื้นที่ค่อนข้างราบมีความชุ่มชื้นน้อย เช่น ในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300-600 เมตร ไม้ที่สำคัญได้แก่ มะค่าโมง ยางนา พยอม ตะเคียนแดง กระเบากลัก และตาเสือ

- ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าชนิดนี้เกิดขึ้นในพื้นที่สูง ๆ หรือบนภูเขาตั้งแต่ 1,000-1,200 เมตร ขึ้นไปจากระดับน้ำทะเล ไม้ส่วนมากเป็นพวก Gymonosperm ได้แก่ พวกไม้ขุนและสนสามพันปี นอกจากนี้ยังมีไม้ตระกูลกอขึ้นอยู่ พวกไม้ชั้นที่สองรองลงมา ได้แก่ เป้ง สะเดาช้างและชมิ้น

2.1.1.2 ป่าสนเขา (Pine Forest) ป่าสนเขามักปรากฏอยู่ตามภูเขาสูงส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งมีความสูงประมาณ 200-1800 เมตร ขึ้นไปจากระดับน้ำทะเลในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางทีอาจปรากฏในพื้นที่สูง 200-300 เมตร จากระดับน้ำทะเลในภาคตะวันออกเฉียงใต้ ป่าสนเขามีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญของป่าชนิดนี้คือ สนสองใบ และสนสามใบ ส่วนไม้ชนิดอื่นที่ขึ้นอยู่ด้วยได้แก่พันธุ์ไม้ป่าดิบเขา เช่น กอชนิดต่างๆหรือพันธุ์ไม้ป่าแดงบางชนิด คือ เต็ง รัง เหียง พลวง เป็นต้น

2.1.1.3 ป่าชายเลน (Mangrove Forest) บางทีเรียกว่า "ป่าเลนน้ำเค็ม" หรือป่าเลน มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่นแต่ละชนิดมีรากค้ำยันและรากหายใจ ป่าชนิดนี้ปรากฏอยู่ตามที่ดินเลนริมทะเลหรือบริเวณปากน้ำแม่น้ำใหญ่ ๆ ซึ่งมีน้ำเค็มท่วมถึงในพื้นที่ภาคใต้มีอยู่ตามชายฝั่งทะเลทั้งสองด้าน ตามชายทะเลภาคตะวันออกมีอยู่ทุกจังหวัดแต่ที่มากที่สุดคือ บริเวณปากน้ำเวฬุ อำเภอลุง จังหวัดจันทบุรี พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ตามป่าชายเลน ส่วนมากเป็นพันธุ์ไม้ขนาดเล็กใช้ประโยชน์สำหรับการเผาถ่านและทำฟืนไม้ชนิดที่สำคัญ คือ โกงกาง ประสัก ถั่วขาว ถั่วขำ โปรง ตะบูน แสมทะเล ลำพูนและลำแพนฯลฯ ส่วนไม้พื้นล่างมักเป็นพวก ปรงทะเลเหงือกปลายหมอ ปอทะเลและเป้ง เป็นต้น

2.1.1.4 ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด (Swamp Forest) ป่าชนิดนี้มักปรากฏในบริเวณที่มีน้ำจืดท่วมมาก ๆ ดินระบายน้ำไม่ดีป่าพรุในภาคกลาง มีลักษณะโปร่งและมีต้นไม้ขึ้นอยู่ห่างๆ เช่น ครอเทียน สนุ่น จิก โมกบ้าน หวายน้ำ หวายโปร่ง ระกำ อ้อ และแขม ในภาคใต้ป่าพรุมีขึ้นอยู่ตามบริเวณที่มีน้ำขังตลอดปีดินป่าพรุที่มีเนื้อที่มากที่สุดอยู่ในบริเวณจังหวัดนราธิวาสดินเป็นพีท ซึ่งเป็นซากพืชผุสลายทับถมกัน เป็นเวลานานป่าพรุแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ตามบริเวณซึ่งเป็นพรุน้ำกร่อยใกล้ชายทะเลต้นเสม็ดจะขึ้นอยู่หนาแน่นพื้นที่มีต้นกกชนิดต่าง ๆ เรียก "ป่าพรุเสม็ด หรือ ป่าเสม็ด" อีกลักษณะเป็นป่าที่มีพันธุ์ไม้ต่าง ๆ มากชนิดขึ้นปะปนกันชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญของป่าพรุ ได้แก่ อินทนิล น้ำหว้า จิก โสกน้ำ กระทุ่มน้ำภันเกรา โงงงันกะทังหัน ไม้พื้นล่างประกอบด้วย หวาย ตะค้าทอง หมากแดง และหมากชนิดอื่น ๆ

2.1.1.5 ป่าชายหาด (Beach Forest) เป็นป่าโปร่งไม่ผลัดใบขึ้นอยู่ตามบริเวณหาดชายทะเล น้ำไม่ท่วมตามฝั่งดินและชายเขาริมทะเล ต้นไม้สำคัญที่ขึ้นอยู่ตามหาดชายทะเล ต้องเป็นพืชทนเค็ม และมักมีลักษณะไม้เป็นพุ่มลักษณะต้นคดงอ ใบหนาแข็ง ได้แก่ สนทะเล หูกวาง โพธิ์ทะเล กระทิง ตีนเป็ดทะเล หยีน้ำ มักมีต้นเตยและหญ้าต่าง ๆ ขึ้นอยู่เป็นไม้พื้นล่าง ตามฝั่งดินและชายเขา มักพบไม้เกตลำบิด มะคาแต้ กระบองเพชร เสมา และไม้หนามชนิดต่างๆ เช่น ชิงชี่ หนามหัน กำจาย มะดันขอ เป็นต้น

2.1.2 ป่าประเภทที่ผลัดใบ (Declduous)

ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าประเภทนี้เป็นจำพวกผลัดใบแทบทั้งสิ้น ในฤดูฝนป่าประเภทนี้จะมองดูเขียวชอุ่มพอถึงฤดูแล้งต้นไม้ ส่วนใหญ่จะพากันผลัดใบทำให้ป่ามองดูโปร่งขึ้น และมักจะเกิดไฟป่าเผาไหม้ใบไม้และต้นไม้เล็ก ๆ ป่าชนิดสำคัญซึ่งอยู่ในประเภทนี้ ได้แก่

2.1.2.1 ป่าเบญจพรรณ (Mixed Declduous Forest) ป่าผลัดใบผสมหรือป่าเบญจพรรณมีลักษณะเป็นป่าโปร่งและยังมีไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไปพื้นที่ดินมักเป็นดินร่วนปนทราย ป่าเบญจพรรณ ในภาคเหนือมักจะมีไม้สักขึ้นปะปนอยู่ทั่วไปครอบคลุมลงมาถึงจังหวัดกาญจนบุรี ในภาคกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก มีป่าเบญจพรรณน้อยมากและกระจัดกระจายพันธุ์ไม้ ได้แก่ สัก ประดู่แดง มะค่าโมง ตะแบก เสลา อ้อยช้าง ส้าน ยม หอม ยมหิน มะเกลือ สมพง เก็ดดำ เก็ดแดง ฯลฯ นอกจากนี้มีไม้ไผ่ที่สำคัญ เช่น ไผ่ป่า ไผ่บง ไผ่ซาง ไผ่รวก ไผ่ไร่ เป็นต้น

2.1.2.2 ป่าเต็งรัง (Declduous Dipterocarp Forest) เรียกกันว่าป่าแดง ป่าแพะ ป่าโคก ลักษณะทั่วไปเป็นป่าโปร่ง ตามพื้นป่ามักจะมีโจด ต้นแปรงและหญ้าเพ็ก พื้นที่แห้งแล้งดินร่วนปนทรายหรือกรวด ลูกรัง พบอยู่ทั่วไปในที่ราบและที่ภูเขา ในภาคเหนือส่วนมากขึ้นอยู่บนเขาที่มีดินตื้นและแห้งแล้งมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีป่าแดงหรือป่าเต็งรังนี้มากที่สุด ตามเนินเขาหรือที่ราบดินทรายชนิดพันธุ์ไม้ในป่าแดงหรือป่าเต็งรัง ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง กราด พะยอม ติ้ว แต้ว มะค่าแต ประดู่ แดง สมอไทย ตะแบก เลือดแสลงใจ รกฟ้า ฯลฯ ส่วนไม้พื้นล่างที่พบมาก ได้แก่ มะพร้าวเต่า ปุ่มแป้ง หญ้าเพ็ก โจด ปรงและหญ้าชนิดต่างๆ

2.1.2.3 ป่าหญ้า (Savannas Forest) ป่าหญ้าที่อยู่ทุกภาคบริเวณป่าที่ถูกแผ้วถางทำลายบริเวณพื้นดินที่ขาดความสมบูรณ์และถูกทอดทิ้งหญ้าชนิดต่างๆ จึงเกิดขึ้นทดแทนและพอถึงหน้าแล้งก็เกิดไฟไหม้ทำให้ต้นไม้บริเวณข้างเคียงล้มตาย พื้นที่ป่าหญ้าจึงขยายมากขึ้นทุกปี พืชที่พบมากที่สุดในป่าหญ้าก็คือ หญ้าคา หญ้าขนตาช้าง หญ้าโขมง หญ้าเพ็กและปุ่มแป้ง บริเวณที่พอจะมีความชื้นอยู่บ้างและการระบายน้ำได้ดีก็มักจะพบพงและแขมขึ้นอยู่และอาจพบต้นไม้ทนไฟขึ้นอยู่ เช่น ตับเต่า รกฟ้าตานเหลือ ติ้วและแต้ว

2.2 สาเหตุสำคัญของวิกฤตการณ์ป่าไม้ในประเทศไทย

1. การลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ตัวการของปัญหานี้คือนายทุนพ่อค้าไม้ เจ้าของโรงเลื่อย เจ้าของโรงงานแปรรูปไม้ ผู้รับสัมปทานทำไม้และชาวบ้านทั่วไป ซึ่งการตัดไม้เพื่อเอาประโยชน์จากเนื้อไม้ทั้งวิธีที่ถูกและผิดกฎหมาย ปริมาณป่าไม้ที่ถูกทำลายนี้นับวันจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราเพิ่มของจำนวนประชากร ยิ่งมีประชากรเพิ่มขึ้นเท่าใด ความต้องการในการใช้ไม้ก็เพิ่มมากขึ้น เช่น ใช้ไม้ในการปลูกสร้างบ้านเรือน เครื่องมือเครื่องใช้ในการเกษตรกรรมเครื่องเรือนและถ่านในการหุงต้ม เป็นต้น

2. การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเข้าครอบครองที่ดิน เมื่อประชากรเพิ่มสูงขึ้น ความต้องการใช้ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัยและที่ดินทำกินก็อยู่สูงขึ้น เป็นผลผลักดันให้ราษฎรเข้าไปบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ แผ้วถางป่าหรือเผาป่าทำไร่เลื่อนลอย นอกจากนี้ยังมีนายทุนที่ดินที่จ้างวานให้ราษฎรเข้าไปทำลายป่าเพื่อจับจองที่ดินไว้ขายต่อไป

3. การส่งเสริมการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการส่งออก เช่น มันสำปะหลัง ปอ เป็นต้น โดยไม่ส่งเสริมการใช้ที่ดินอย่างเต็มประสิทธิภาพที่พื้นที่ป่าบางแห่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเกษตร

4. การกำหนดแนวเขตพื้นที่ป่ากระทำไม่ชัดเจนหรือไม่กระทำเลยในหลาย ๆ พื้นที่ ทำให้ราษฎรเกิดความสับสนทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนา ทำให้เกิดการพิพาทในเรื่องที่ดินทำกินและที่ดินป่าไม้อยู่ตลอดเวลา และมักเกิดการร้องเรียนต่อต้านในเรื่องกรรมสิทธิ์ที่ดิน

5. การจัดสร้างสาธารณูปโภคของรัฐ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ เส้นทางคมนาคม การสร้างเขื่อนขวางลำน้ำจะทำให้พื้นที่เก็บน้ำหน้าเขื่อนที่อุดมสมบูรณ์ถูกตัดโค่นมาใช้ประโยชน์ ส่วนต้นไม้ขนาดเล็กหรือที่ทำการย้ายออกมาไม่ทันจะถูกน้ำท่วมยืนต้นตาย เช่น การสร้างเขื่อนรัชประภาเพื่อกั้นคลองพระแสงอันเป็นสาขาของแม่น้ำพุมดวง-ตาปี ทำให้น้ำท่วมบริเวณป่าดงดิบซึ่งมีพันธุ์ไม้หนาแน่นประกอบด้วยสัตว์นานาชนิดนับแสนไร่ ต่อมาจึงเกิดปัญหาน้ำเน่าไหลลงลำน้ำพุมดวง

6. ไฟไหม้ป่ามักจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งอากาศแห้งและร้อนจัด ทั้งโดยธรรมชาติและจากการกระทำของมะม่วงที่อาจลักลอบเผาป่าหรือเผลอ จุดไฟทิ้งไว้โดยเฉพาะในป่าไม้เป็นจำนวนมาก

7. การทำเหมืองแร่ แหล่งแร่ที่พบในบริเวณที่มีป่าไม้ปกคลุมอยู่ มีความจำเป็นที่จะต้องเปิดหน้าดินก่อนจึงทำให้ป่าไม้ที่ขึ้นปกคลุมถูกทำลายลง เส้นทางขนย้ายแร่ในบางครั้งต้องทำลายป่าไม้ลงเป็นจำนวนมาก เพื่อสร้าง ถนน การระเบิดหน้าดิน เพื่อให้ได้มาซึ่งแร่ธาตุ ส่งผลถึงการทำลายป่า

2.2.1 การควบคุมไฟป่า (forest fire control)

การควบคุมไฟป่า (forest fire control) หมายถึง ระบบการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับไฟป่าอย่างครบวงจร กล่าวคือ เริ่มต้นจากการป้องกันไม่ให้เกิดไฟป่า โดยศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดของไฟป่าในแต่ละท้องที่แล้ววางแผนป้องกัน หรือกำจัดสาเหตุนั้น(ธานี, 2544) โดยมีทฤษฎีในการควบคุมไฟป่า (สันต์ และคณะ, 2534) ดังนี้

1. การป้องกันไฟป่า (forest fire prevention) คือ ความพยายามในทุกวิถีทางที่ไม่ให้เกิดไฟป่าขึ้น ในทางทฤษฎี คือ การแยกองค์ประกอบของการเกิดไฟป่าออกจากกัน ในทางปฏิบัติได้ดำเนินการดังนี้

1) การให้การศึกษา เป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับป่าไม้และไฟป่า แก่ประชาชนทุกชั้นอายุ ทั้งคนที่อาศัยอยู่ในเมืองและชนบท โดยใช้สื่อต่าง ๆ เช่น สิ่งตีพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ การสาธิต และการติดต่อส่วนตัว (Brown and Davis, 1973) เป็นต้น

2) การออกกฎหมาย เนื่องจากกิจกรรมหลายอย่างของมนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยการให้การศึกษา จึงต้องออกกฎหมายเพื่อเป็นเครื่องมือในการป้องกันไฟป่า

3) การจัดการป่าไม้ ในการทำ ไม้โดยพิจารณาความต้องการทางด้านเศรษฐกิจและวนวัฒนวิทยา ควบคู่กัน การปฏิบัติงานตามแผนการจัดการที่เหมาะสมควรประกอบด้วย

- วิธีการที่เหมาะสมสำ หรับการตัดฟัน
- การสร้างถนน
- การปลูกชนิดไม้ที่ทนไฟ และไม่ปลูกป่าล้วน
- การแบ่งพื้นที่ย่อยในป่าเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เลี้ยงสัตว์
- แผนการเลี้ยงสัตว์ในป่า

4) การลดอันตรายของไฟป่า โดยการลดเชื้อเพลิง และกำจัดเชื้อเพลิง

2. การเตรียมการดับไฟป่า (forest fire pre - suppression) คือ การเตรียมความพร้อมเพื่อดับไฟป่าก่อนหน้าที่จะถึงฤดูไฟป่า ซึ่งต้องเตรียมการใน 3 ทางด้วยกัน คือ

1) เตรียมคน จัดองค์กรดับไฟป่า เตรียมความพร้อมของพนักงานดับไฟป่า ด้วยการจัดกำลังคนเตรียมพร้อมในการดับไฟป่า

2) เตรียมเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องมือดับไฟป่าทุกชนิด รวมทั้งอุปกรณ์สื่อสาร และยานพาหนะ ให้สามารถใช้การได้ตลอดเวลา

3) การฝึกอบรม คือ การเตรียมพนักงานดับไฟป่าให้มีความรู้ และทักษะในการใช้อุปกรณ์ดับไฟป่า ตลอดจนยุทธวิธีในการดับไฟป่า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานดับไฟป่า

3. การตรวจหาไฟ (forest fire detection) เป็นระบบการตรวจหาไฟ ในช่วงฤดูไฟป่า เพื่อให้ทราบว่ามีไฟไหม้ป่าขึ้นที่ใด โดยการลาดตระเวน ด้วยการเดิน การใช้รถจักรยานยนต์หรือรถยนต์ การสังเกตการณ์จากหอดูไฟ และการตรวจหาไฟทางอากาศโดยใช้เครื่องบินหรือเฮลิคอปเตอร์

4. การดับไฟป่า (forest fire suppression) เป็นการดับไฟป่าที่เกิดขึ้น ทำได้ 3 วิธี คือ

1) วิธีสู้ไฟและควบคุมไฟโดยวิธีสร้างแนวควบคุมไฟ (control line method) ประกอบด้วย

- วิธีสู้ไฟโดยตรง (direct attack method) เมื่อไฟมีความรุนแรงน้อย และมีการลุกลามช้า โดยพนักงานสามารถดับไฟที่ขอบไฟส่วนหน้า
- วิธีสู้ไฟขนาน (parallel attack method) เมื่อการสู้ไฟโดยตรงไม่ได้ผล แต่อัตราการลุกลามยังช้า โดยการทำแนวควบคุมไฟจากส่วนหลังไฟ ขนานกับขอบไฟส่วนข้าง จนกระทั่งไฟอยู่ในวงล้อม และเผาโต้กลับก่อนที่ไฟจะลุกลามถึง- วิธีสู้ไฟโดยทางอ้อม (indirect attack method) เมื่อไฟมีการลุกลามเร็วและขนาดใหญ่ โดยการทำแนวควบคุมไฟป่าจากส่วนหลังไฟขนานไปกับขอบไฟส่วนหลัง พร้อมกับจุดไฟโต้กลับ (burn fire) จากแนวควบคุมไฟป่า และต้องทำแนวกันไฟอย่างดีไว้เบื้องหน้าไฟแล้วเผากลับ (back firing) เพื่อกำจัดเชื้อเพลิง

2) วิธีการดับไฟทั่วพื้นที่ (area method) เป็นการดับไฟด้วยน้ำหรือสารเคมีด้วยการพ่นจากเครื่องบินให้ทั่วพื้นที่

3) วิธีการสู้ไฟแบบเผากลับ (back firing method) เป็นการดับไฟที่ใช้ควบคู่กับวิธีดับไฟทางอ้อม และใช้ในที่ราบ เป็นวิธีการกำ จัดเชื้อเพลิงก่อนที่ไฟจะลุกลามมาถึง เป็นหลักการสู้ไฟด้วยไฟ

2.2.2 กระบวนการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่า

กระบวนการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่ามีขั้นตอนดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลไฟป่า ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ปฏิบัติ สถิติไฟป่า สภาพปัญหาไฟป่า และพฤติกรรมของไฟป่า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการสำรวจในพื้นที่ และจากการศึกษาวิจัย ข้อมูลไฟป่าเหล่านี้จะนำมาใช้ในการวางแผนงานควบคุมไฟป่า

2. การจัดทำแผนงานควบคุมไฟป่า โดยครอบคลุมกิจกรรมหลัก 2 กิจกรรม คือ การป้องกันไฟป่า และการดับไฟป่า พร้อมทั้งกิจกรรมอื่น ๆ ที่เป็นส่งเสริมให้การปฏิบัติงานกิจกรรมหลักทั้งสองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การปฏิบัติตามแผน เป็นการดำ เนินการไปพร้อม ๆ กันทั้งแผนป้องกันไฟป่าและแผนดับไฟป่า ซึ่งหากแผนและการปฏิบัติงานตามแผนป้องกันไฟป่ามีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ ก็จะไม่เกิดไฟป่า จึงไม่ต้องดับไฟป่า แต่ในความเป็นจริงไม่ว่าแผนงานและการปฏิบัติงานตามแผนป้องกันไฟป่าจะมีประสิทธิภาพมากเพียงใด ก็ยังมีโอกาสเกิดไฟป่าขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องเข้าปฏิบัติงานตามแผนดับไฟทันที

4. การประเมินผล เป็นการประเมินผลงานการปฏิบัติงานทุกขั้นตอน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน และประสิทธิผลที่เกิดจากการปฏิบัติงาน แล้วนำ มาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงแผนงานควบคุมไฟป่าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2.3 สถิติการเกิดไฟป่าในประเทศไทยโดยแยกตามภาคต่างๆ

1. พื้นที่การเกิดไฟป่า ภาคกลาง จำนวน 15 จังหวัด (2552. ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักงานป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า)

ตารางที่ 2.1 สถิติการเกิดไฟป่า พื้นที่ภาคกลาง

ลำดับการเกิดไฟป่า	จังหวัด	ดับไฟป่า (ครั้ง)	พื้นที่เสียหาย (ไร่)
1	ประจวบคีรีขันธ์	106	2,150
2	กาญจนบุรี	78	809
3	เพชรบุรี	67	1,601
4	ราชบุรี	56	761
5	ชลบุรี	49	539
6	สุพรรณบุรี	22	408
7	จันทบุรี	16	323
8	ปราจีนบุรี	15	687
9	สระบุรี	12	203
10	นครนายก	11	200
11	สระแก้ว	10	297
12	ลพบุรี	9	166
13	ฉะเชิงเทรา	1	65
14	ระยอง	1	50
15	ตราด	1	4
รวม		**454**	**8,263**

จากตารางพบว่า พื้นที่ภาคกลางมีอัตราการเกิดไฟป่าจำนวนมาก ในพื้นที่ 5 จังหวัด คือ ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี เพชรบุรี ราชบุรีและชลบุรี ทำให้สูญเสียพื้นที่ป่าเป็นจำนวน 5,860 ไร่ ซึ่งถือได้ว่ามีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเข้าศึกษาพื้นที่ป่า ของจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ป่าโดยมากจะประกอบด้วยป่าไผ่ ที่มีปริมาณสะสมของเชื้อเพลิง (เศษใบไม้และกิ่งไม้) ต่อหนึ่งตารางเมตร จำนวนมาก และเมื่อเกิดไฟป่าขึ้นจะทำให้ไฟป่ามีอัตราการลุกลามที่รวดเร็วเนื่องจากเศษเชื้อเพลิงที่สะสมในพื้นที่ป่ามีความแห้งและติดไฟง่ายเนื่องจากมีลักษณะที่เบา และง่ายต่อการติดไฟ จึงทำให้อัตราการเกิดไฟป่าในพื้นที่ค่อนข่างจะรุนแรงกว่าในพื้นที่ภาคอีสาน ที่มีลักษณะเศษเชื้อเพลิงขนาดใหญ่และมีจำนวนเชื้อเพลิงสะสมไม่มากนัก

2. พื้นที่การเกิดไฟป่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 จังหวัด (2553. ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักงานป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า)

ตารางที่ 2.2 สถิติการเกิดไฟป่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลำดับการเกิดไฟป่า	จังหวัด	ดับไฟป่า (ครั้ง)	พื้นที่เสียหาย (ไร่)
1	ชัยภูมิ	316	6,131
2	อุดรธานี	295	3,595
3	เลย	183	2,054
4	กาฬสินธุ์	144	1,015
5	หนองคาย	106	1,180
6	ขอนแก่น	97	1,088
7	นครพนม	71	879
8	สกลนคร	67	213
9	มุกดาหาร	52	235
10	นครราชสีมา	44	2,175
11	สุรินทร์	44	538
12	อุบลราชธานี	31	205
13	บุรีรัมย์	30	360
14	อำนาจเจริญ	29	316
15	ร้อยเอ็ด	26	266
16	มหาสารคาม	13	118
17	หนองบัวลำภู	12	80
18	ยโสธร	11	117
19	ศรีสะเกษ	6	24
20	บึงกาฬ	-	-
รวม		**1,577**	**20,589**

จากตารางพบว่า พื้นที่การเกิดไฟป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการเกิดไฟป่าที่สูงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน ซึ่งประกอบด้วย 5 จังหวัด คือ ชัยภูมิ อุดรธานี เลย กาฬสินธุ์และหนองคาย โดยมีอัตราการเกิดไฟป่ารวมกัน 1,044 ครั้ง เปรียบได้ ร้อยละ 70 ของอัตราการเกิดไฟป่าทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่า 13,975 ไร่ เปรียบได้ ร้อยละ 67.87 ของอัตราการเกิดไฟป่าทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งถือว่ามีอัตราการเกิดไฟป่าค่อนข้างมาก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่รวบรวมข้อมูลของกระบวนการควบคุมไฟป่า ในพื้นที่ของจังหวัดนครราชสีมา พบว่า เนื่องจากพื้นที่ป่าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ป่าจำนวนมากและมีภูมิอากาศที่แห้งแล้ง รวมทั้งป่าโดยมากจะเป็นป่าเต็งรัง ทำให้ต้นไม้จะมีการพลัดใบในช่วงฤดูหนาวเข้าฤดูร้อน ทำให้ไฟป่าเกิดในช่วงนี้ค่อนข้างมากกว่าในระยะเวลาปกติของปี โดยความรุนแรงของไฟไม่มากนักแต่จะเกิดขึ้นบ่อยและถี่กว่าในพื้นที่ภาคกลาง

3. พื้นที่การเกิดไฟป่า ภาคใต้ จำนวน 14 จังหวัด (2553. ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักงานป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า)

ตารางที่ 2.3 สถิติการเกิดไฟป่า พื้นที่ภาคใต้

ลำดับการเกิดไฟป่า	จังหวัด	ดับไฟป่า (ครั้ง)	พื้นที่เสียหาย (ไร่)
1	นครศรีธรรมราช	333	19,240
2	สุราษฎร์ธานี	32	1,078
3	ชุมพร	21	851
4	นราธิวาส	12	1,021
5	สงขลา	10	109
6	กระบี่	6	150
7	พัทลุง	5	120
8	ระนอง	4	112
9	ตรัง	3	110
10	สตูล	3	55
11	ภูเก็ต	2	38
12	ยะลา	1	300
13	ปัตตานี	1	4
14	พังงา	1	3
รวม		**434**	**23,191**

จากตารางพบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราช มีอัตราการเกิดไฟป่ามากที่สุดและมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าจำนวนมากที่สุดของภาคใต้ โดยมีอัตราการความถี่ในการเกิดไฟป่า 333 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 76.72 และมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่า 19,240 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 82.96 ถือเป็นอัตราการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าจำนวนมากที่สุดของภาคใต้ เนื่องจากพื้นที่ป่าของจังหวัดนครศรีธรรมราชนั้นมีพื้นที่ป่าพรุจำนวนมากกว่าจังหวัดอื่นๆ ซึ่งพื้นที่ป่าพรุมีความรุนแรงและอัตราการเกิดไฟป่าได้ง่ายและมากกว่าป่าแบบต่างๆของภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน เนื่องจากมีการดับไฟป่าแบบป่าพรุที่ยากและไม่สามารถดับได้สนิท และสามารถเกิดไฟป่าได้เสมอ ซึ่งในพื้นที่ป่าภาคใต้ เนื่องจากพื้นที่ป่าพรุไม่สามารถนำยานยนต์ในรูปแบบขับเคลื่อนประเภท 4 ล้อขนาดใหญ่ลงพื้นที่เพื่อปฏิบัติการได้สะดวกเนื่องจากข้อจำกัดในด้านพื้นที่ป่า ที่มีโคลนเลนและมีการทับถมของเชื้อไฟเป็นเวลานานและจำนวนมาก ยานยนต์จึงไม่สามารถปฏิบัติงานในพื้นที่ป่าพรุได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับการใช้

เจ้าหน้าที่เดินเท้าเข้าสู่พื้นที่ไฟป่าและควบคุมโดยอุปกรณ์ที่เป็นไม้ตบไฟจะมีประสิทธิภาพกว่าสำหรับการดับไฟป่าประเภทป่าพรุ

4. พื้นที่การเกิดไฟป่า ภาคเหนือ จำนวน 14 จังหวัด (2553. ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักงานป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า)

ตารางที่ 2.4 สถิติการเกิดไฟป่า พื้นที่ภาคเหนือ

ลำดับการเกิดไฟป่า	จังหวัด	ดับไฟป่า (ครั้ง)	พื้นที่เสียหาย (ไร่)
1	เชียงใหม่	1,633	11,128
2	ลำพูน	497	3,796
3	แม่ฮ่องสอน	361	2,091
4	พิษณุโลก	295	2,793
5	ลำปาง	272	1,638
6	ตาก	268	1,894
7	เชียงราย	179	987
8	เพรชบูรณ์	122	1,026
9	พะเยา	117	536
10	แพร่	100	686
11	อุทัยธานี	84	2,977
12	สุโขทัย	83	823
13	อุตรดิตถ์	56	350
14	กำแพงเพชร	64	593
15	น่าน	39	517
16	นครสวรรค์	28	525
รวม		**4,198**	**32,359**

จากตารางพบว่า จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราการเกิดไฟป่ามากที่สุดและมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าจำนวนมากที่สุดของภาคเหนือ โดยมีอัตราการความถี่ในการเกิดไฟป่า 1,633 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 38.89 และมีอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่า 11,128 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.38 ถือเป็นอัตราการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าจำนวนมากที่สุดของภาคเหนือ ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่ป่ามีจำนวนมากแต่มีอัตราการสูญเสียเนื้อที่ป่าอนุรักษ์จำนวนน้อยเป็นผลมาจากพื้นที่ป่ามีความสมบูรณ์และเจ้าหน้าที่ควบคุมไฟป่าที่มีประสิทธิภาพพร้อมทั้งมีอุปกรณ์ที่ครบถ้วน จึงทำให้เกิดการสูญเสียที่น้อยกว่าภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2.4 ความรู้เบื้องต้นของไฟป่า

นิยามของไฟ “ไฟ” เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากขบวนการทางเคมี เมื่อองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน มารวมตัวกันในสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการสันดาป (Combustion) และทำให้การสันดาปสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง การสันดาปเป็นปรากฏการณ์ในทางตรงกันข้ามกับการสังเคราะห์แสง Photosynthesis) โดยที่การสังเคราะห์แสงเป็นการสะสมพลังงานอย่างช้าๆ ในขณะที่การสันดาปเป็นการปลดปล่อยพลังงานอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถเปรียบเทียบให้เห็นได้อย่างชัดเจนจากสมการเคมี ดังนี้ การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) $CO2 + H2O + Solar\ Energy \rightarrow (C6H12O5)$

n+ O2 การสันดาป (Combustion) (C6H12O5) n + O2 + Kindling Temperature ® CO2 + H2O + Heat นิยามของไฟป่า US Forest Service อ้างโดย Brown and Davis (1973) ให้คำจำกัดความของไฟป่า ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายว่า "ไฟที่ปราศจากการควบคุม ลุกลามไปอย่างอิสระ แล้วเผาผลาญเชื้อเพลิงธรรมชาติในป่า ได้แก่ ดินอินทรีย์ ใบไม้แห้ง หญ้า กิ่งก้านไม้แห้ง ท่อนไม้ ตอไม้ วัชพืช ไม้พุ่ม ใบไม้สด และในระดับหนึ่งสามารถเผาผลาญต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ โดยลักษณะสำคัญที่แยกแยะไฟป่าออกจากไฟที่เผาตามกำหนด (Prescribe Burning) คือ ไฟป่ามีการลุกลามอย่างอิสระ ปราศจากการควบคุม ในขณะที่ไฟที่เกิดจากการเผาตามกำหนดจะมีการควบคุมการลุกลามให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดเอาไว้เท่านั้น สำหรับประเทศไทย เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาและขอบเขตการจัดการไฟป่า จึงกำหนดคำนิยามของไฟป่าว่า "ไฟที่เกิดจากสาเหตุใดก็ตาม แล้วลุกลามไปได้โดยอิสระปราศจากการควบคุม ทั้งนี้ไม่ว่าไฟนั้นจะเกิดขึ้นในป่าธรรมชาติหรือสวนป่า" องค์ประกอบของไฟป่า (สามเหลี่ยมไฟ) เช่นเดียวกับการเกิดไฟโดยทั่วไป ไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ คือเชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน มารวมตัวกันในสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการสันดาป (Combustion) และทำให้การสันดาปสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม สำหรับไฟป่าแล้วองค์ประกอบทั้ง 3 ประการดังนี้ 1. เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงในการเกิดไฟป่า ได้แก่ อินทรียสารทุกชนิดที่ติดไฟได้ ได้แก่ ต้นไม้ ไม้พุ่ม กิ่งไม้ ก้านไม้ ตอไม้ กอไผ่ ลูกไม้เล็กๆ หญ้า วัชพืช รวมไปถึงดินอินทรีย์ (Peat Soil) และชั้นถ่านหินที่อยู่ใต้ผิวดิน (Coal Seam) 2. ออกซิเจน ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศโดยทั่วไป ในป่าจึงมีออกซิเจนกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศในป่า ณ จุดหนึ่งๆ อาจผันแปรได้บ้างตามการผันแปรของความเร็วและทิศทางลม 3. ความร้อน แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่าแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งความร้อนจากธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า การเสียดสีของกิ่งไม้ การรวมแสงอาทิตย์ผ่านหยดน้ำค้าง ภูเขาไฟระเบิด และแหล่งความร้อนจากมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการจุดไฟในป่าด้วยสาเหตุต่างๆกัน องค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ เรียกว่าสามเหลี่ยมไฟ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้น หรือไฟป่าที่เกิดขึ้นแล้วและกำลังลุกลามอยู่ก็จะดับลง ความรู้เรื่องสามเหลี่ยมไฟในข้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องนำมาใช้ในการวางแผนปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าทั้งวงจร ชนิดของไฟป่า การแบ่งชนิดของไฟป่าที่ได้รับการยอมรับและใช้กันมายาวนานนั้น ถือเอาการไหม้เชื้อเพลิงในระดับต่างๆในแนวดิ่ง ตั้งแต่ระดับชั้นดินขึ้นไปจนถึงระดับยอดไม้ เป็นเกณฑ์ การแบ่งชนิดไฟป่าตามเกณฑ์ดังกล่าวทำให้แบ่งไฟป่าออกเป็น 3 ชนิด คือ ไฟใต้ดิน ไฟผิวดิน และไฟเรือนยอด (Brown and Davis,1973) 1. ไฟใต้ดิน (Ground Fire) คือไฟที่ไหม้อินทรียวัตถุที่อยู่ใต้ชั้นผิวของพื้นป่า เกิดขึ้นในป่าบางประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าในเขตอบอุ่นที่มีระดับความสูงมากๆ ซึ่งอากาศหนาวเย็นทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุต่ำ จึงมีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมอยู่บนหน้าดินแท้ (Mineral soil) ในปริมาณมากและเป็นชั้นหนา โดยอินทรียวัตถุดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของ duff, muck, หรือ peat ในบริเวณที่ชั้นอินทรียวัตถุหนามาก ไฟชนิดนี้อาจไหม้แทรกลงไปใต้ผิวพื้นป่า (Surface Litter)ได้หลายฟุตและลุกลามไปเรื่อยๆใต้ผิวพื้นป่าในลักษณะการครุกรุ่นอย่างช้าๆ ไม่มีเปลวไฟและมีควันน้อยมาก จึงเป็นไฟที่ตรวจพบหรือสังเกตพบได้ยากที่สุดและเป็นไฟที่มีอัตราการลุกลามช้าที่สุด แต่เป็นไฟที่สร้างความเสียหายให้แก่พื้นที่ป่าไม้มากที่สุด เพราะไฟจะไหม้ทำลายรากไม้ ทำให้ต้นไม้ใหญ่น้อยทั้งป่าตายในเวลาต่อมา ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นไฟที่ควบคุมได้ยากที่สุดอีกด้วย ไฟใต้ดินโดยทั่วไปมักจะเกิดจากไฟผิวดินก่อนแล้วลุกลามลงใต้ผิวพื้นป่า ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนไม่สับสน ในที่นี้จึงขอแบ่งไฟใต้ดินออกเป็น 2 ชนิดย่อย คือ 1.1 ไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบ (True Ground Fire) คือไฟที่ไหม้อินทรียวัตถุอยู่ใต้ผิวพื้นป่าจริงๆ ดังนั้นเมื่อยืนอยู่บนพื้นป่าจึงไม่สามารถตรวจพบไฟได้ ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ เช่นเครื่องตรวจจับความร้อน เพื่อตรวจหาไฟชนิดนี้ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนของไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบ คือ ไฟที่ไหม้ชั้นถ่านหินใต้ดิน (Coal

Seam Fire) บนเกาะกาลิมันตันของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงการเกิดปรากฏการณ์ เอล นีนโญ่ ในปี ค.ศ. 1982 ไฟถ่านหินดังกล่าวครุกรุ่นกินพื้นที่ขยายกว้างออกไปเรื่อยๆ สร้างความยากลำบากในการตรวจหาขอบเขตของไฟและยังไม่สามารถควบคุมไฟได้ทั้งหมดจนถึงปัจจุบันนี้ ในบางพื้นที่กว่าจะทราบว่าไฟดังกล่าวไหม้ผ่านก็ต่อเมื่อไฟไหม้ผ่านไปแล้วเกือบสองปีและต้นไม้ที่ถูกไฟไหม้ทำลายระบบรากเริ่มยืนแห้งตายพร้อมกันทั้งป่า สำหรับประเทศไทยยังไม่เคยพบไฟใต้ดินสมบูรณ์แบบเช่นนี้มาก่อน 1.2 ไฟกึ่งผิวดินกึ่งใต้ดิน (Semi-Ground Fire) ได้แก่ไฟที่ไหม้ในสองมิติ คือส่วนหนึ่งไหม้ไปในแนวระนาบไปตามผิวพื้นป่าเช่นเดียวกับไฟผิวดิน ในขณะเดียวกันอีกส่วนหนึ่งจะไหม้ในแนวดิ่งลึกลงไปในชั้นอินทรียวัตถุใต้ผิวพื้นป่า ซึ่งอาจไหม้ลึกลงไปได้หลายฟุต ไฟดังกล่าวสามารถตรวจพบได้โดยง่ายเช่นเดียวกับไฟผิวดินทั่วๆไป แต่การดับไฟจะต้องใช้เทคนิคการดับไฟผิวดินผสมผสานกับเทคนิคการดับไฟใต้ดิน จึงจะสามารถควบคุมไฟได้ ตัวอย่างของไฟชนิดนี้ได้แก่ไฟที่ไหม้ป่าพรุในเกาะสุมาตรา และเกาะกาลิมันตัน ของประเทศอินโดนีเซีย และไฟที่ไหม้ป่าพรุโต๊ะแดงและป่าพรุบาเจาะ ในจังหวัดนราธิวาส ของประเทศไทย 2. ไฟผิวดิน (Surface Fire) คือไฟที่ไหม้ลุกลามไปตามผิวดิน โดยเผาไหม้เชื้อเพลิงบนพื้นป่า อันได้แก่ ใบไม้ กิ่งก้านไม้แห้งที่ตกสะสมอยู่บนพื้นป่า หญ้า ลูกไม้เล็กๆ ไม้พื้นล่าง กอไผ่ ไม้พุ่ม (ภาพที่ 1.2) ไฟชนิดนี้เป็นไฟที่พบมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในแทบทุกภูมิภาคของโลก ความรุนแรงของไฟจะขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเชื้อเพลิง โดยทั่วไปไฟชนิดนี้จะไม่ทำอันตรายต้นไม้ใหญ่ถึงตาย แต่จะทำให้เกิดรอยแผลไฟไหม้ ซึ่งมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ลดลง คุณภาพของเนื้อไม้ลดลง ไม้มีรอยตำหนิ และทำให้ต้นไม้อ่อนแอจนโรคและแมลงสามารถเข้าทำอันตรายต้นไม้ได้โดยง่าย สำหรับประเทศไทย ไฟป่าส่วนใหญ่จะเป็นไฟชนิดนี้ โดยจะมีความสูงเปลวไฟ ตั้งแต่ 0.5 - 3 เมตร ในป่าเต็งรังจนถึงความสูงเปลวไฟ 5 - 6 เมตร ในป่าเบญจพรรณที่มีกอไผ่หนาแน่นไฟป่าชนิดนี้ หากสามารถตรวจพบได้ในขณะเพิ่งเกิด และส่งกำลังเข้าไปควบคุมอย่างรวดเร็ว ก็จะสามารถควบคุมไฟได้โดยไม่ยากลำบากนัก แต่หากทอดเวลาให้ยืดยาวออกไปจนไฟสามารถแผ่ขยายออกเป็นวงกว้างมากเท่าไร การควบคุมก็จะยากขึ้นมากเท่านั้น 3. ไฟเรือนยอด (Crown Fire) คือไฟที่ไหม้ลุกลามจากยอดของต้นไม้หรือไม้พุ่มต้นหนึ่งไปยังยอดของต้นไม้หรือไม้พุ่มอีกต้นหนึ่ง (ภาพที่ 1.3) ส่วนใหญ่เกิดในป่าสนในเขตอบอุ่น ไฟชนิดนี้มีอัตราการลุกลามที่รวดเร็วมาก และเป็นอันตรายอย่างยิ่งสำหรับพนักงานดับไฟป่า ทั้งนี้เนื่องจากไฟมีความรุนแรงมากและมีความสูงเปลวไฟประมาณ 10 - 30 เมตร แต่ในบางกรณีไฟอาจมีความสูงถึง 40 - 50 เมตร โดยเท่าที่ผ่านมาปรากฏว่ามีพนักงานดับไฟป่า จำนวนไม่น้อยถูกไฟชนิดนี้ล้อมจนหมดทางหนีและถูกไฟครอกตายในที่สุด ไฟเรือนยอดโดยทั่วไปอาจต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อไม่มากก็น้อย ดังนั้น เพื่อความชัดเจน จึงสามารถแบ่งไฟเรือนยอดออกเป็น 2 ชนิดย่อย ได้ดังนี้ 3.1 ไฟเรือนยอดที่ต้องอาศัยไฟผิวดินเป็นสื่อ (Dependent Crown Fire) คือไฟเรือนยอดที่ต้องอาศัยไฟที่ลุกลามไปตามผิวดินเป็นตัวนำเปลวไฟขึ้นไปสู่เรือนยอดของต้นไม้อื่นที่อยู่ใกล้เคียง ไฟชนิดนี้มักเกิดในป่าที่ต้นไม้ไม่หนาแน่น เรือนยอดของต้นไม้จึงอยู่ห่างกัน แต่บนพื้นป่ามีเชื้อเพลิงอยู่หนาแน่นและต่อเนื่อง การลุกลามของไฟจากยอดไม้ต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่งต้องอาศัยไฟที่ลุกลามไปตามผิวดินเป็นตัวนำเปลวไฟไปยังต้นไม้ จนต้นไม้ที่ไฟผิวดินลุกลามไปถึงแห้งและร้อนจนถึงจุดสันดาป ลักษณะของไฟชนิดนี้จะเห็นไฟผิวดินลุกลามไปก่อนแล้วตามด้วยไฟเรือนยอด 3.2 ไฟเรือนยอดที่ไม่ต้องอาศัยไฟผิวดิน (Running Crown Fire) เกิดในป่าที่มีต้นไม้ที่ติดไฟได้ง่ายและมีเรือนยอดแน่นทึบติดต่อกัน เช่นในป่าสนเขตอบอุ่น การลุกลามจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและรุนแรงจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่อีกเรือนยอดหนึ่งที่อยู่ข้างเคียงได้โดยตรง จึงเกิดการลุกลามไปตามเรือนยอดอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน ลูกไฟจากเรือนยอดจะตกลงบนพื้นป่าก่อให้เกิดไฟผิวดินไปพร้อมๆกันด้วย ทำให้ป่าถูกเผาผลาญอย่างราบพนาสูญ การดับไฟทำได้ยากมาก จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลหนัก และการดับไฟทางอากาศเข้าช่วย สำหรับประเทศไทย โอกาสเกิดไฟเรือนยอดเป็นไปได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับชนิดไม้ป่าส่วนใหญ่ลำต้นไม่มี

น้ำมันหรือยาง ซึ่งจะทำให้ติดไฟได้ง่ายเหมือนไม้สนในเขตอบอุ่น อย่างไรก็ตาม ในภาคเหนือของประเทศ ซึ่งมีการปลูกสวนป่าสนสามใบอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานาน จนในปัจจุบันต้นสนเจริญเติบโตจนเรือนยอดแผ่ขยายมาชิดติดกัน ดังนั้นหากเกิดไฟไหม้ในสวนป่าดังกล่าวในช่วงที่อากาศแห้งแล้งอย่างรุนแรง โอกาสที่จะเกิดเป็นไฟเรือนยอด ก็มีความเป็นไปได้สูง รูปร่างของไฟป่า ตามทฤษฎีแล้ว เมื่อเกิดไฟไหม้ป่าขึ้น หากไฟนั้นเกิดบนที่ราบ ไม่มีลม และเชื้อเพลิงมีปริมาณและการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ไฟป่าก็จะลุกลามออกไปในทุกทิศทุกทางโดยมีอัตราการลุกลามที่เท่ากันในทุกทิศทาง ทำให้ไฟป่ามีรูปร่างเป็นวงกลมที่ขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ผ่านไป โดยจุดศูนย์กลางของวงกลมคือจุดที่เริ่มเกิดไฟป่าขึ้น นั้นเอง แต่ในความเป็นจริง พื้นที่ป่ามักเป็นที่ลาดชันสลับซับซ้อน ปริมาณและการกระจายของเชื้อเพลิงไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับเมื่อเกิดไฟป่าจะทำให้อากาศในบริเวณนั้นร้อนขึ้นและลอยตัวขึ้นเหนือกองไฟ อากาศเย็นในบริเวณข้างเคียงจะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นระบบลมของไฟป่านั้นๆ ดังนั้น ไฟป่าในความเป็นจริงจะไม่มีรูปร่างเป็นวงกลม แต่มักจะเป็นรูปวงรี เนื่องจากอัตราการลุกลามของไฟในแต่ละทิศทางจะไม่เท่ากัน ทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลของลม หรืออิทธิพลของความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งแล้วแต่กรณี โดยรูปร่างของไฟที่ไหม้ไปตามทิศทางของลม จะเป็นไปในทำนองเดียวกับไฟที่ไหม้ขึ้นไปตามลาดเขา ส่วนต่างๆ ของไฟ ประกอบด้วย

1. หัวไฟ (Head) คือส่วนของไฟที่ลุกลามไปตามทิศทางลม หรือลุกลามขึ้นไปตามความลาดชันของภูเขา เป็นส่วนของไฟที่มีอัตราการลุกลามรวดเร็วที่สุด มีเปลวไฟยาวที่สุด มีความรุนแรงของไฟมากที่สุด จึงเป็นส่วนของไฟที่มีอันตรายมากที่สุดด้วยเช่นกัน

2. หางไฟ (Rear) คือส่วนของไฟที่ไหม้ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับหัวไฟ คือไหม้สวนทางลมหรือไหม้ลงมาตามลาดเขา ไฟจึงลุกลามไปอย่างช้าๆ เป็นส่วนของไฟที่เข้าควบคุมได้ง่ายที่สุด

3. ปีกไฟ (Flanks) คือส่วนของไฟที่ไหม้ตั้งฉากหรือขนานไปกับทิศทางหลักของหัวไฟ ปีกไฟแบ่งเป็นปีกซ้ายและปีกขวา โดยกำหนดปีกซ้ายปีกขวาจากการยืนที่หางไฟแล้วหันหน้าไปทางหัวไฟ ปีกไฟโดยทั่วไปจะมีอัตราการลุกลามและความรุนแรงน้อยกว่าหัวไฟ แต่มากกว่าหางไฟ

4. นิ้วไฟ (Finger) คือส่วนของไฟที่เป็นแนวยาวแคบๆ ยื่นออกไปจากตัวไฟหลัก นิ้วไฟแต่ละนิ้วจะมีหัวไฟและปีกไฟของมันเอง นิ้วไฟเกิดจากเงื่อนไขของลักษณะเชื้อเพลิง และลักษณะความลาดชันของพื้นที่

5. ขอบไฟ (Edge) คือขอบเขตของไฟป่านั้นๆ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งอาจจะเป็นช่วงที่ไฟกำลังไหม้ลุกลามอยู่ หรือเป็นช่วงที่ไฟนั้นได้ดับลงแล้วโดยสิ้นเชิง

6. ง่ามไฟ (Bay) คือส่วนของขอบไฟที่อยู่ระหว่างนิ้วไฟ ซึ่งจะมีอัตราการลุกลามช้ากว่านิ้วไฟ ทั้งนี้เนื่องจากเงื่อนไขของลักษณะเชื้อเพลิง และลักษณะความลาดชันของพื้นที่

7. ลูกไฟ (Jump Fire or Spot Fire) คือส่วนของไฟที่ไหม้นำหน้าตัวไฟหลัก โดยเกิดจากการที่สะเก็ดไฟจากตัวไฟหลักถูกลมพัดให้ปลิวไปตกหน้าแนวไฟหลักและเกิดลุกไหม้กลายเป็นไฟป่าขึ้นอีกหนึ่งไฟ สำหรับประเทศไทย ศิริ (2531) ได้ศึกษารูปร่างและอัตราการลุกลามของส่วนต่างๆของไฟในป่าเบญจพรรณ ซึ่งพบว่า บนพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย ไฟจะมีรูปทรงรีกว้าง ค่อนไปทางวงกลม ในทางตรงกันข้ามบนพื้นที่ลาดชันสูง ไฟจะมีรูปทรงรีที่แคบและเรียวยาว สำหรับอัตราการลุกลามของไฟนั้น พบว่าหัวไฟจะมีอัตราการลุกลามที่รวดเร็วกว่าปีกไฟและหางไฟมาก โดยหัวไฟมีอัตราการลุกลามเป็น 7.45 เท่า และ 8.72 เท่า ของปีกไฟและหางไฟตามลำดับ ส่วนปีกไฟมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าหางไฟเล็กน้อย คือมีอัตราการลุกลามเป็น 1.25 เท่าของหางไฟ สำหรับในป่าเต็งรังนั้น ศิริ (2532) พบว่าหัวไฟมีอัตราการลุกลามเป็น 4.90 เท่า และ 7.50 เท่า ของปีกไฟและหางไฟตามลำดับ ส่วนปีกไฟมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าหางไฟเล็กน้อย คือมีอัตราการลุกลามเป็น 1.50 เท่าของหางไฟ พฤติกรรมของไฟป่า พฤติกรรมของไฟป่า (Forest Fire Behavior) เป็น

คำที่ใช้พรรณนาลักษณะการลุกลามและขยายตัวของไฟป่าภายหลังจากการสันดาปซึ่งจะเป็นไปตามสภาวะแวดล้อมในขณะนั้น ทำให้ไฟป่าที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน การผันแปรของพฤติกรรมไฟป่าดังกล่าว ทำให้พนักงานดับไฟป่าที่มีประสบการณ์สูงส่วนมากมักจะกล่าวว่า ไม่มีไฟป่าใดๆที่แสดงพฤติกรรมเหมือนกันเลย พฤติกรรมของไฟป่าที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการลุกลามของไฟ (Rate of Spread) ความรุนแรงของไฟ (Fire Intensity) และความยาวเปลวไฟ (Flame Length)

1. อัตราการลุกลามของไฟ วัดเป็นหน่วยระยะทางต่อเวลา เช่น เมตร/นาที หรือวัดเป็นหน่วยพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ต่อระยะเวลา เช่น ไร่/นาที

2. ความรุนแรงของไฟ เป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากเชื้อเพลิงที่ถูกไฟไหม้ โดยทั่วไปนิยมคำนวณค่าความรุนแรงของไฟจากสูตรสำเร็จของ Byram ซึ่งเป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่อหน่วยระยะทางการลุกลามของแนวหัวไฟ (Btu/ft/sec or kw/m) หรือสูตรสำเร็จของ Rothermel ซึ่งเป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ (Btu/ft2/sec or kj/m2/min)

3. ความยาวเปลวไฟ คือระยะจากกึ่งกลางฐานของไฟซึ่งติดกับผิวดินถึงยอดของเปลวไฟ มีหน่วยวัดเป็นเมตรหรือฟุต ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟป่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่า มีอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่ ลักษณะเชื้อเพลิง ลักษณะอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ

1. ลักษณะเชื้อเพลิง

1.1 ขนาดของเชื้อเพลิง ขนาดของเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยที่กำหนดอัตราการสันดาปของเชื้อเพลิง โดยถ้าเชื้อเพลิงมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรมาก อัตราการสันดาปจะช้ากว่าเชื้อเพลิงที่มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรน้อย ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็ก เช่น ใบไม้แห้ง กิ่งก้านไม้แห้ง และหญ้าจะติดไฟง่ายกว่าและลุกลามได้รวดเร็วกว่า ในทางตรงข้ามเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ เช่น กิ่งก้านไม้ขนาดใหญ่ ท่อนไม้ ตอไม้ ไม้ยืนตาย จะติดไฟยากกว่า และลุกลามไปอย่างช้าๆ แต่มีความรุนแรงมากกว่า

1.2 ปริมาณหรือน้ำหนักของเชื้อเพลิง ปริมาณหรือน้ำหนักของเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่มีผลโดยตรงต่อความรุนแรงของไฟ โดยหากมีเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่มาก ไฟก็จะมีความรุนแรงมาก และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมามากด้วยเช่นกัน ปริมาณของเชื้อเพลิงมีการผันแปรอย่างมากตามความแตกต่างของชนิดป่า และความแตกต่างของพื้นที่ เช่น ปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนคร เท่ากับ 4,133 กิโลกรัม/เฮกแตร์ (ศุภรัตน์, 2535) ในขณะที่ป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณเชื้อเพลิง ถึง 5,190 กิโลกรัม/เฮกแตร์ (ศิริ และ สานิตย์, 2535) และในป่าเบญจพรรณ จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีปริมาณเชื้อเพลิง 5,490 กิโลกรัม/เฮกแตร์ (ศิริ, 2537)

1.3 ความหนาของชั้นเชื้อเพลิง หากเชื้อเพลิงมีการสะสมตัวกันมาก ชั้นของเชื้อเพลิงจะมีความหนามาก ทำให้เกิดน้ำหนักกดทับให้เชื้อเพลิงเกิดการอัดแน่นตัว มีปริมาณเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่มาก ทำให้ไฟที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ถ้าชั้นของเชื้อเพลิงหนาเกินไปมีการอัดแน่นจนไม่มีช่องให้ออกซิเจนแทรกตัวเข้าไป การลุกลามก็จะเป็นไปได้ยากและเป็นไปอย่างช้าๆในขณะเดียวกัน ความหนาของชั้นเชื้อเพลิงมีผลโดยตรงต่อความยาวเปลวไฟ คือถ้าชั้นเชื้อเพลิงหนามาก ความยาวเปลวไฟก็จะยาวมากตามไปด้วย

1.4 การจัดเรียงตัวและความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดอัตราการลุกลามและความต่อเนื่องของการลุกลามของไฟ หากเชื้อเพลิงมีการกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันทั่วพื้นที่ ไฟก็จะสามารถลุกลามไปได้อย่างต่อเนื่องด้วยความรวดเร็ว แต่ถ้าหาก

เชื้อเพลิงมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ กระจัดกระจายเป็นหย่อมๆ การลุกลามของไฟก็จะหยุดชะงักเป็นช่วงๆ และไฟเคลื่อนที่ไปได้ค่อนข้างช้า ความชื้นของเชื้อเพลิง มีอิทธิพลต่อการติดไฟและการลุกลามของไฟ คือถ้าเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงจะติดไฟยากและการลุกลามเป็นไปอย่างช้าๆ ในทางตรงข้ามถ้าเชื้อเพลิงมีความชื้นต่ำก็จะติดไฟง่ายและลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม พบว่าถ้าความชื้นของเชื้อเพลิงต่ำกว่า 5 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงนั้นไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กก็จะมีอัตราการลุกลามเท่ากัน แต่ที่ถ้าเชื้อเพลิงมีความชื้นอยู่ระหว่าง 5 - 15 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงนั้นที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ สำหรับที่ระดับความชื้นของเชื้อเพลิงมากกว่า 15 % ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะยังคงลุกไหม้และลุกลามต่อไปได้ ในขณะที่ไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงขนาดเล็กจะดับลงด้วยตัวเอง จากการศึกษาในป่าเต็งรัง

1. ลักษณะอากาศ ลักษณะอากาศเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้พฤติกรรมของไฟป่าผันแปรอยู่ตลอดเวลาตามไปด้วย ดังนั้นในการคาดคะเนพฤติกรรมไฟป่า จะต้องมีการตรวจวัดลักษณะอากาศอย่างต่อเนื่อง จึงจะสามารถคาดคะเนพฤติกรรมไฟป่าในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นอก จากนี้พฤติกรรมของไฟป่ายังเป็นผลลัพธ์จากปฏิกริยาร่วมของปัจจัยลักษณะอากาศหลายๆ ปัจจัย ดังนั้น การคาดคะเนพฤติกรรมไฟป่าจะใช้เกณฑ์จากปัจจัยลักษณะอากาศเพียงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งไม่ได้ ปัจจัยลักษณะอากาศที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่าเป็นอย่างมาก

2.ความชื้นสัมพัทธ์ โดยทั่วไปแล้วความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคตรงกับความชื้นของเชื้อเพลิง ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูง ความชื้นของเชื้อเพลิงก็จะสูงตามไปด้วย จึงติดไฟยาก การลุกลามไปได้ช้า และมีความรุนแรงน้อย แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความชื้นของเชื้อเพลิงก็จะต่ำตามไปด้วย ทำให้เชื้อเพลิงนั้นติดไฟง่าย การลุกลามรวดเร็ว และมีความรุนแรงมาก พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่ถึงร้อยละ 54.31 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนครถึงร้อยละ 89.00 ยิ่งไปกว่านั้น ยังพบว่าในทุ่งหญ้าซึ่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงเบานั้น ความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟมากที่สุด คือมีอิทธิพลถึงร้อยละ 82.98 กำหนด Rules of Thumb ในเรื่องความชื้นสัมพัทธ์นี้ว่า

(1) เมื่ออุณหภูมิลดลงทุกๆ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าตัว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงครึ่งหนึ่ง

(2) ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 30 % ถือเป็นจุดอันตรายของไฟป่า

(3) ถ้าระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 30 % จะควบคุมไฟได้ไม่ยากนัก แต่ถ้าระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 30 % จะควบคุมไฟได้ค่อนข้างยาก

(4) ความชื้นสัมพัทธ์ผันแปรไปตามช่วงเวลาของวัน ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงสุดในช่วงเช้ามืด และต่ำสุดในช่วงบ่าย 2.2 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อความชื้นของเชื้อเพลิง อุณหภูมิยิ่งสูงเชื้อเพลิงยิ่งแห้งและยิ่งติดไฟง่ายขึ้น การศึกษาที่ป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนครพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจากการศึกษา พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของไฟในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่มากที่สุด นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอีกด้วย ลม ลมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่าในหลายทางคือ เป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่ไฟป่า เป็นตัวการทำให้เชื้อเพลิงแห้งอย่างรวดเร็ว พัดลูกไฟไปตกหน้าแนวไฟเดิม เกิดเป็นไฟป่าขึ้นใหม่ และเป็นตัวกำหนดและเปลี่ยนแปลงทิศทางและอัตราการลุกลามของไฟไปตามทิศทางและความเร็วของลม ในกรณีของไฟเรือนยอด หรือไฟในทุ่งหญ้า หรือไฟผิวดินในป่าที่ค่อนข้างโล่ง ลมโดยเฉพาะลมบนจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมความรุนแรงของไฟเป็นอย่างมาก แต่สำหรับไฟผิว

ดินในป่าที่มีต้นไม้ค่อนข้างแน่นทึบ ลมบนแทบจะไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่าเลย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อลมพัดผ่านเข้าไปในป่า จะถูกต้นไม้ปะทะเอาไว้ทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านป่าที่ระดับใกล้ผิวดินลดลงมาก และมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ ความเร็วลมจะมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน และลดลงในเวลาเย็น สำหรับพื้นที่ที่เป็นลาดเขา ลมจะพัดขึ้นเขาในเวลากลางวัน และพัดลงเขาในเวลากลางคืน นอกจากนั้นเพื่อความปลอดภัยในระหว่างปฏิบัติงานดับไฟป่า พนักงานดับไฟป่าจะต้องคำนึงไว้เสมอว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า อัตราการลุกลามของไฟตามทิศทางลมจะเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าเสมอ ลมที่พัดขึ้นไปตามร่องเขา จะมีกำลังและความเร็วสูงกว่าลมที่พัดขึ้นไปตามลาดเขาปกติมาก ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากปรากฏการณ์ ปล่องควันไฟ (Chimney Effect) ซึ่ง สันนิษฐานว่าน่าจะเป็นสาเหตุการเสียชีวิตของพนักงานดับไฟป่า จำนวน 5 นาย ที่จังหวัดเชียงราย ในปี พ.ศ. 2539 ซึ่งถือเป็นโศกนาฏกรรมครั้งยิ่งใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์ของงานควบคุมไฟป่าในประเทศไทย ภาพที่ 1.6 อิทธิพลของลมทำให้ไฟป่ามีความรุนแรงมากกว่าปกติ 2.4 ปฏิกิริยาร่วมของปัจจัยลักษณะอากาศ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าพฤติกรรมของไฟป่าเป็นผลลัพธ์จากปฏิกิริยาร่วมของปัจจัยลักษณะอากาศหลายๆ ปัจจัยรวมกัน จึงทำให้สรุปได้ว่า

(1) ไฟป่าจะมีอันตรายมากที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ระหว่างเวลา 10.00 น. ถึง 18.00 น. เพราะเป็นช่วงที่ความเร็วลมสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอุณหภูมิสูง

(2) ไฟป่าจะมีอันตรายน้อยที่สุดในช่วงเวลากลางคืน ระหว่างเวลา 02.00น. ถึง 06.00 น. เพราะเป็นช่วงที่ความเร็วลมต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูง และอุณหภูมิต่ำ

(3) ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด จึงเป็นปัจจัยที่ค่อนข้างคงที่ ลักษณะภูมิประเทศมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมของไฟป่า โดยมีผลต่อเชื้อเพลิงและลักษณะอากาศ ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่าเป็นอย่างมาก ได้แก่

3.1 ความลาดชัน (Slope) ความลาดชันมีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและอัตราการลุกลามของไฟ ไฟที่ลุกลามขึ้นไปตามลาดเขาจะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วและมีความรุนแรงกว่าไฟบนที่ราบเป็นอย่างมาก ยิ่งความลาดชันมากเท่าไร อัตราการลุกลามของไฟก็ยิ่งมากตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากมีการพาความร้อนผ่านอากาศขึ้นไปทำให้เชื้อเพลิงด้านบนแห้งไว้ก่อนแล้วจึงติดไฟได้รวดเร็ว และแนวของเปลวไฟก็อยู่ใกล้เชื้อเพลิงที่อยู่ข้างหน้ามากกว่า จากการศึกษา พบว่า ที่ความลาดชัน 15-17 % ถ้าความลาดชันเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 % อัตราการลุกลามของไฟจะเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัวของอัตราการลุกลามที่ความลาดชัน 15-17 % นั้น ไฟที่ไหม้ขึ้นไปตามลาดเขาจะมีรูปร่างและพฤติกรรมคล้ายกับไฟที่ไหม้ไปตามอิทธิพลของลม โดยทั่วไปไฟจะไหม้ขึ้นเขาในเวลากลางวัน และไหม้ลงเขาในเวลากลางคืน ตามทิศทางการพัดของลมภูเขา ในกรณีที่เกิดไฟไหม้ขึ้นเขาในเวลากลางคืน จะพบว่าอัตราการลุกลามช้ากว่าไฟไหม้ขึ้นเขาในเวลากลางวันมาก ทั้งนี้เนื่องจากไฟต้องไหม้ทวนทิศทางลม ในทางตรงกันข้าม ไฟที่ไหม้ลงเขาในเวลากลางคืน จะมีอัตราการลุกลามรวดเร็วกว่าไฟไหม้ลงเขาในเวลากลางวันมาก ทั้งนี้เนื่องจากไฟจะไหม้ไปตามทิศทางลม

3.2 ทิศด้านลาด (Aspect) คือการบอกทิศทางของพื้นที่ที่มีความลาดชันนั้นๆ ว่าหันไปทางทิศใด พื้นที่ลาดชันที่หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จะรับแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันทำให้พื้นที่มีความแห้งแล้งกว่าพื้นที่ในทิศด้านลาดอื่นๆ เชื้อเพลิงจึงแห้ง ติดไฟง่ายและไฟลุกลามได้รวดเร็วกว่าบนทิศด้านลาดอื่นๆ นอกจากนี้แล้ว ปัจจัยภูมิประเทศอื่นๆ ก็มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของไฟป่าด้วย เช่น ระดับความสูงของพื้นที่มีผลต่ออุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน และชนิดของพืชพรรณ ภูมิประเทศที่ไม่สม่ำเสมอ เช่นหุบเขาทำให้เกิดลักษณะอากาศเฉพาะที่ (Microclimate) ทำให้กระแสลมปั่นป่วน ทำให้เกิดลมหมุนและลมหวน หุบเขาแคบๆ หรือร่องเขาทำหน้าที่คล้ายปล่องควันที่ช่วยเร่งความเร็วของกระบวนการพาความร้อน อันเป็นการเร่งอัตราการสันดาปอีกทอดหนึ่ง (ข้อมูล หนังสือการควบคุมไฟป่าในประเทศไทย ศิริ อัคคะอัคร)

2.2.5 หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปรามและควบคุมไฟป่า

วิสัยทัศน์ คือ คุ้มครองและฟื้นฟูสมดุลของระบบนิเวศป่าไม้และความหลากหลายทางชีวภาพด้วยการบริหารจัดการองค์ประกอบด้านไฟป่าบนพื้นฐานการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อให้ป่าไม้เป็นฐานทรัพยากรที่เหมาะสมในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

พันธะกิจ คือ บริหารจัดการและแก้ไขปัญหาไฟป่า เพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้

ยุทธศาสตร์ คือ

1. บริหารจัดการไฟป่าโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนตามแนวทางของภูมิปัญญาท้องถิ่น

2. เปลี่ยนความขัดแย้งในปัญหาไฟป่าให้เป็นความร่วมมือ บนพื้นฐานของความเข้าใจอันดีและการประสานผลประโยชน์ร่วมกัน

3. พัฒนาเทคโนโลยีการใช้ไฟให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการรักษาสมดุลตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าไม้

ตารางที่ 2.5 แสดงงานและโครงการที่เป็นหน้าที่หลักของส่วนควบคุมไฟป่า

งานและโครงการ	ผลผลิตหลัก	ตัวชี้วัด
1. กิจกรรมการควบคุมไฟป่า	ทรัพยากรป่าไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีความหลากหลายทางชีวภาพ	- จำนวนครั้งที่เกิดไฟป่า - จำนวนเนื้อที่เกิดไฟป่า - พื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์มากขึ้น
2. โครงการจัดทำแนวกั้นไฟป่าลงสู่ท้องถิ่น	ความร่วมมือของประชาชนในการแก้ไขปัญหาไฟป่า	- จำนวนอาสามสมัคร - จำนวนเครือข่ายอาสาสมัคร

2.2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์การดับไฟป่า

ทหารหาญที่เข้าสู่สมรภูมิรบจำเป็นต้องมีอาวุธเพื่อใช้ต่อกรกับอริราชศัตรู อาวุธที่ทรงอานุภาพประกอบกับความชำชองเชี่ยวชาญในการใช้อาวุธนั้น คือปัจจัยสำคัญที่นำมาซึ่งชัยชนะเหนือข้าศึก ในทำนองเดียวกัน พนักงานดับไฟป่าที่เข้าสู่สมรภูมิไฟป่าก็จำเป็นต้องมีอาวุธเพื่อใช้ในการต่อกรกับไฟป่าเช่นกัน โดยอาวุธที่ใช้เรียกว่า เครื่องมือและอุปกรณ์ดับไฟป่า ซึ่งเช่นกัน พนักงานดับไฟป่าจะต้องเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม ประกอบกับต้องมีทักษะและความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์นั้น จึงจะสามารถกำชัยชนะเหนือไฟป่าได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้จะต้องระลึกไว้เสมอว่า แม้ว่าเครื่องมือจะทรงอานุภาพอย่างไรก็ตาม หากอยู่ในมือของผู้ไร้ความสามารถ เครื่องมือนั้นก็ไร้ค่าไร้ประโยชน์ ดังนั้นพนักงานดับไฟป่าทุกคนจะต้องมีความรู้ในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดับไฟป่าเป็นอย่างดี กับทั้งจะต้องฝึกฝนทักษะความชำนาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อผลสำเร็จของงานและความปลอดภัยของตนเอง เพราะนอกจากเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดับไฟป่าจะใช้ในการดับไฟป่าแล้ว ก็มีบ่อยครั้งที่สามารถใช้เพื่อป้องกันตัวของพนักงานดับไฟป่าเองให้รอดพ้นอันตรายจากไฟป่า เครื่องมือดับไฟป่าดับไฟป่าแบ่งกว้างๆ ออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือพื้นฐาน (Hand tool) ซึ่งส่วนใหญ่จะพัฒนาหรือปรับปรุงมาจากเครื่องมือการเกษตร และเครื่องจักรกล (Machinery) โดยแต่ละชนิดแต่ละประเภท จะมีความเหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานที่แตกต่างกันออกไป เครื่องมือดับไฟป่ามีดังนี้

ก. ที่ตบไฟ (Fire swatter or Fire beater) เป็นเครื่องมือดับไฟป่าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการแยกออกซิเจนออกจากองค์ประกอบของสามเหลี่ยมไฟ โดยการตบคลุมไฟป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาสันดาป ไฟก็จะดับลง ที่ตบไฟนี้พัฒนามาจากการภูมิปัญญาชาวบ้านที่ใช้กิ่งไม้ซึ่งมีใบหนาแน่นมาตบดับไฟ ลักษณะของที่ตบไฟคล้ายกับไม้กวาด ประกอบด้วยส่วนหัว ซึ่งทำจากผ้าใบหนาเคลือบด้วยยาง (ส่วนใหญ่ใช้สายพานลำเลียงมาตัดให้ได้ขนาดความยาวที่เหมาะแก่การใช้งาน) มีขนาดประมาณ 30 x 40 ซม. โดยต่อกับส่วนที่เป็นด้ามยาวประมาณ 2-2.5 เมตร

การใช้งาน ใช้ในการดับไฟทางตรง โดยการตบคลุมลงไปบนเปลวไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับไฟ เปลวไฟก็จะดับลง เหมาะสำหรับการดับไฟที่ไหม้เชื้อเพลิงเบา ได้แก่ หญ้าและใบไม้แห้ง

การบำรุงรักษา ตรวจสอบให้เหล็กประกับที่ยึดแผ่นตบไฟให้ติดกับตัวด้ามมีความมั่นคงแน่นหนาอยู่เสมอ และแผ่นตบไฟที่ใช้งานมานานจะบางลงและอ่อนนิ่มจนลดประสิทธิภาพในการทำงาน ต้องเปลี่ยนใหม่ตามความเหมาะสม และด้ามของที่ตบไฟอาจทำด้วยไม้จริง ไม้ไผ่ หรือหวาย ต้องตรวจสอบให้อยู่ในสภาพที่มั่นคงแข็งแรงอยู่เสมอ หากพบรอยแตกร้าวหรือถูกมอดเจาะ ต้องเปลี่ยนด้ามใหม่ทันที ด้ามที่ทำจากไม้ไผ่จะมีความยืดหยุ่นและใช้งานได้ดีกว่าด้ามไม้ แต่มีความคงทนถาวรน้อยกว่า ดังนั้นก่อนใช้จึงควรนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันมอดกัดกิน หลังจากนั้นนำมาปิ้งไฟพอเกรียมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงก่อนนำไปใช้ ส่วนด้ามที่ทำจากหวายจะมีคุณภาพดีที่สุดทั้งในด้านความยืดหยุ่นและความคงทนถาวร แต่มีปัญหาคือราคาแพงและหายากมาก

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ SWOT เครื่องมือที่ตบไฟ

Analysis เครื่องมือที่ตบไฟป่า	
S : Strengths (จุดแข็ง)	1. สามารถดับไฟทางตรงได้ เหมาะสมใช้ดับไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงเบา 2. น้ำหนักเบา ขนส่งและลำเลียงง่าย , ราคาถูก
W : Weaknesses (จุดอ่อน)	1. ไม่มีความแข็งแรงและคงทน อาจจะมีการบิดร้าวหรืองอในส่วนของมือจับ 2. ด้ามจับมีราคาแพงและต้องหมั่นตรวจสอบอยู่เสมอ
O : Opportunities (โอกาส)	1. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของด้ามจับให้มีน้ำหนักที่เบา มีการซ่อมบำรุงที่น้อย 2. มีการปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสมกับการขนส่งที่ประหยัดเนื้อที่และเหมาะสมกับร่างกายของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งาน
T : Threats (อุปสรรค)	1. มีการขนส่งที่ยุ่งยากสิ้นเปลืองเนื้อที่ต้องใช้แรงคนในการแบกเข้าสู่พื้นที่ไฟไหม้ 2. ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่องและราคาแพง

ข. ถังฉีดน้ำดับไฟป่า น้ำเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาถูกที่สุด จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ในการดับไฟป่า แต่การลำเลียงน้ำเข้าไปในพื้นที่ไฟไหม้ที่เป็นป่าเขาสลับซับซ้อนเป็นเรื่องยากลำบาก จึงต้องออกแบบถังบรรจุน้ำสำหรับสะพายหลังเพื่อความสะดวกในการเดินทางไกล โดยทั่วไปแล้วถังฉีดน้ำดับไฟป่า (Backpack pump or Knapsack sprayer) มี 2 ประเภท คือ

- ประเภทถังแข็งคงรูป ทำจากอลูมิเนียมหรือพลาสติก โดยทรงถังจะโค้งเข้ารูปกับแผ่นหลัง มีสายสะพายสำหรับสะพายคล้องไหล่ ด้านล่างของถังหรือที่ฐานของถังจะมีรูให้น้ำออกเพื่อต่อเชื่อมด้วยสายยางมายังที่สูบมือ ด้านบนถังจะมีฝาเปิด-ปิด ใช้สำหรับเป็นช่องทางในการเติมน้ำ โดยปกติถังจะออกแบบให้บรรจุน้ำได้ประมาณ 15-20 ลิตร และที่สูบมือสามารถฉีดน้ำไปได้ไกลประมาณ 5-8 เมตร โดยทั่วไปสามารถนำถังที่ใช้พ่นยาฆ่าแมลงหรือพ่นปุ๋ยเคมีในทางการเกษตรมาใช้แทนถังน้ำดับไฟป่าได้

- ประเภทถังอ่อนพับเก็บได้ ตังถังทำจากแผ่นยาง หรือแผ่นผ้าใบเคลือบยาง จึงมีลักษณะเหมือนถุงใส่น้ำที่จะโป่งออกเมื่อเติมน้ำเต็ม แต่จะแฟบลงเมื่อน้ำหมด จึงสามารถม้วนหรือพับให้เหลือขนาดเล็กสำหรับเก็บหรือเพื่อความสะดวกในระหว่างการขนย้ายเคลื่อนที่

การใช้งาน ใช้สำหรับฉีดลดความร้อนของไฟในการดับไฟทางตรง เพื่อให้เครื่องมือดับไฟป่าชนิดอื่นสามารถเข้าไปทำงานที่ขอบของไฟได้ และใช้ในการกวาดเก็บ โดยฉีดพรมแนวดำ ฉีดดับไฟที่ยังเหลือค้างอยู่ในโพรงไม้ ในรอยแตกของไม้ หรือในฐานกอไผ่ ที่เครื่องมืออย่างอื่นเข้าไปทำงานไม่ได้ รวมทั้งใช้เป็นที่สำรองน้ำสำหรับการยังชีพในป่าของพนักงานดับไฟป่า

การบำรุงรักษา ต้องหมั่นตรวจสอบรอยต่อของสายยางกับตัวถัง และรอยต่อของสายยางกับที่สูบมือ ให้แน่นสนิทไม่รั่วซึม ตรวจสอบลูกยาง แผ่นปะเก็นในกระบอกของที่สูบมือเปลี่ยนใหม่ทันทีเมื่อชำรุดหรือหมดอายุการใช้งาน และหากคันชักของที่สูบมือเริ่มฝืด จะต้องชโลมด้วยน้ำมันหล่อลื่นทันที ควรที่จะตรวจสอบตัวถังฉีดน้ำ เพื่อหารอยรั่ว หรือรอยแตกร้าว อันจะทำให้น้ำรั่วซึมออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถังอ่อนแบบพับได้ ซึ่งมีโอกาสถูกหนามหรือหินแหลมคมเกี่ยวขาดหรือเจาะทะลุเป็นรูได้ง่าย การวางถังฉีดน้ำที่ทำจากพลาสติกในขณะที่มีน้ำเต็ม ต้องวางด้วยความระมัดระวัง เพราะหากวางกระแทกกับพื้นโดยแรงทำให้แตกได้ง่ายและสำหรับถังพลาสติกห้ามนั่งบนถังโดยเด็ดขาด เพราะจะทำให้คอถังบริเวณช่องเปิดเติมน้ำแตกร้าวได้โดยง่ายและสำหรับถังอ่อนแบบพับได้ ในกรณีที่บรรจุน้ำแล้ว ห้ามวางลงบนพื้นป่าเพราะอาจถูกหนาม ตอไม้ หิน ทิ่มตำจนขาดหรือเป็นรู การวางถังจะต้องใช้วิธีแขวนให้ตัวถังลอยจากพื้นเท่านั้น

ตารางที่ 2.7 การวิเคราะห์ SWOT เครื่องมืองังฉีดน้ำดับไฟป่า

Analysis เครื่องมือถังฉีดน้ำดับไฟป่า	
S : Strengths (จุดแข็ง)	1. สามารถใส่น้ำที่ผสมสารเคมีในการดับไฟป่ามีความเหมาสมในการนำมาดับไฟป่า 2. น้ำหนักเบา ขนส่งและลำเลียงง่าย , ราคาถูก
W : Weaknesses (จุดอ่อน)	1. ไม่มีความแข็งแรงและคงทน อาจจะมีการแตกหักในส่วนถังที่เป็นพลาสติก 2. ต้องใช้แรงคนในการสูบและฉีดน้ำด้วยคันชัก (มือโยก) 3. เมื่อใส่น้ำเต็มความจุถังจะมีน้ำหนักมาก ต้องใช้แรงคนในการแบกเข้าสู่พื้นที่ไฟป่า 4. การเก็บรักษามีความยากลำบากเนื่องจากต้องมีการซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง
O : Opportunities (โอกาส)	1. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของตัวถังให้มีความคงทนแข็งแรงมากยิ่งขึ้น 2. มีการปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสมกับการขนส่งที่ประหยัดเนื้อที่และเหมาะสมกับร่างกายของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานอีกทั้งยังสามารถพ่วงเข้ากับยานยนต์เอนกประสงค์ที่พัฒนา ได้เพื่อเป็นหน่วยกระจายน้ำดับขนาดเล็กในพื้นที่ปราศจากแหล่งน้ำ 3. ควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติของถังใส่น้ำให้มีความคงทนแข็งแรง
T : Threats (อุปสรรค)	1. มีการขนส่งที่ยุ่งยากสิ้นเปลืองเนื้อที่ต้องใช้แรงคนในการแบกเข้าสู่พื้นที่ไฟไหม้ 2. ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่องและราคาแพง

ค. ครอบไฟป่า (Rake-hoe or Macleod) เป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในงานดับไฟป่าโดยเฉพาะ โดยการนำเครื่องมือทางการเกษตรสองชนิด คือคราดและจอบมาเชื่อมต่อให้เป็นเครื่องมือชิ้นเดียวกัน ทั้งนี้โดยส่วนหัวของเครื่องมือด้านหนึ่งมีลักษณะเป็นหน้าจอบ ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นคราด จึงทำให้เครื่องมือดังกล่าวสามารถทำงานที่ต้องใช้ทั้งจอบและคราดในเวลาเดียวกันได้อย่างรวดเร็วขึ้น อนึ่ง ยังไม่สามารถค้นหาเอกสารอ้างอิงได้แน่นอนว่าใครเป็นผู้ประดิษฐ์อุปกรณ์ชนิดนี้ แต่ส่วนใหญ่จะเชื่อว่าเป็นการประดิษฐ์คิดค้นของ Mr. J.C. Macleod ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญไฟป่าชาวแคนาดา ดังนั้นจึงมีผู้ที่เรียกชื่อเครื่องมือดังกล่าวว่า Macleod ตามชื่อของ Mr. J.C. Macleod

การใช้งาน ใช้ในการทำแนวกันไฟ ซึ่งเป็นภารกิจที่เครื่องมือชนิดนี้ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยใช้ด้านที่เป็นจอบในการถาก ถาง ขุด ตัด สับ เชื้อเพลิงที่เป็นวัชพืช ใบไม้ กิ่งไม้ ลูกไม้กอหญ้า ตอไม้ และรากไม้ จากนั้นจึงใช้ด้านที่เป็นคราด คราดเอาเชื้อเพลิงเหล่านี้ออกไปทิ้งนอกแนวกันไฟ ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วกว่าการใช้จอบและคราดแยกกัน และใช้ในการรวมกองเชื้อเพลิงเพื่อเผากำจัด โดยใช้ด้านจอบถากถางเชื้อเพลิง และใช้ด้านคราด คราดเชื้อเพลิงมารวมกองเพื่อเผากำจัดทิ้ง

การบำรุงรักษา ตรวจสอบให้ส่วนหัวของเครื่องมือติดยึดกับส่วนด้ามอย่างมั่นคงแน่นหนาอยู่เสมอ ส่วนคมของเครื่องมือ ทั้งด้านที่เป็นจอบ และที่ซี่คราด จะต้องหมั่นลับให้คมอยู่เสมอ และตรวจสอบด้ามเครื่องมือให้มีความมั่นคงแข็งแรงอยู่เสมอ หากพบรอยแตกร้าวหรือถูกมอดเจาะ จะต้องรีบเปลี่ยนด้ามทันที หลังการใช้งานทุกครั้งจะต้องทำความสะอาด เช็ดให้แห้ง แล้วชโลมด้วยน้ำมันเพื่อป้องกันสนิม

ตารางที่ 2.8 การวิเคราะห์ SWOT เครื่องมือครอบไฟป่า

Analysis เครื่องมือครอบไฟป่า	
S : Strengths (จุดแข็ง)	1. สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วกว่าการใช้คราดและจอบแยกชนิดกัน 2. น้ำหนักเบา ขนส่งและลำเลียงง่าย , ราคาถูก 3. ใช้ถาก สับเศษวัชพืชที่แห้งออกจากแนวไฟ เพื่อกำจัดเชื้อเพลิงที่ติดได้ในแนวไฟป่า
W : Weaknesses (จุดอ่อน)	1. ไม่มีความแข็งแรงและคงทน อาจจะมีการแตกหักในส่วนด้ามจับ 2. ส่วนหัวที่ครอบไฟมีส่วนยึดติดที่สั่นคลอนง่าย 3. ด้ามจับมีการแตกหักหรือร้าวได้ง่าย 4. การเก็บรักษามีความยากลำบากเนื่องจากต้องมีการซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง
O : Opportunities (โอกาส)	1. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของด้ามจับให้มีความคงทน 2. มีการปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสมกับการขนส่งที่ประหยัดเนื้อที่และเหมาะสมกับร่างกายของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานอีกทั้งยังสามารถพ่วงเข้ากับยานยนต์เอนกประสงค์ที่พัฒนา 3. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของหัวที่ครอบไฟให้ซ่อมบำรุงได้ง่ายยึดติดได้แน่น
T : Threats (อุปสรรค)	1. มีการขนส่งที่ยุ่งยากสิ้นเปลืองเนื้อที่ต้องใช้แรงคนในการแบกเข้าสู่พื้นที่ไฟไหม้ 2. ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง

ง. พลั่วไฟป่า (Fire shovel) เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจากพลั่วที่ใช้งานในการเกษตรหรืองานก่อสร้างทั่วไป โดยดัดแปลงให้ใช้เหล็กที่หนากว่า ใบพลั่วมีลักษณะเรียวเล็กลงและใบพลั่วเป็นรูปคล้ายใบโพธิ์หรือรูปหัวใจ คือตรงปลายจะเรียวแหลม และมีคมสามด้าน คือ ด้านข้างทั้งสองด้านและด้านปลายแหลม พลั่วไฟป่าสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางทั้งเพื่อการทำแนวกันไฟและใช้ในการดับไฟป่าโดยตรง

การใช้งาน ใช้สำหรับขุด ใช้ในการขุดร่องสนามเพาะทำแนวกันไฟเพื่อการดับไฟป่าพรุหรือไฟใต้ดิน และขุดดินหรือทรายเพื่อตักสาดดับไฟ โดยกดด้านปลายแหลมของใบพลั่วปักลงไปในดิน และ

ใช้เท้ากดลงไปที่สันของใบพลั่วเพื่อให้ใบพลั่วจมลึกลงไปในดิน จากนั้นจึงกดปลายด้ามพลั่วลงเพื่อให้ใบพลั่วงัดดินหรือทรายขึ้นมา และสามารถตัด โดยใช้ด้านข้างทั้งสองด้านของใบพลั่วที่มีความคมในการตัดต้นไม้เล็กๆ กอหญ้า หรือรากไม้เล็กๆ เพื่อแยกเชื้อเพลิงในการทำแนวกันไฟ และการถาก โดยใช้ด้านคมด้านข้างถากส่วนของต้นไม้ ขอนไม้ ตอไม้ หรือรากไม้ที่ยังติดไฟอยู่ออก เพื่อการกวาดเก็บไฟให้ดับสนิท อีกทั้งตักและสาด โดยการใช้ตักดินหรือทรายสาดกลบให้ไฟดับ ทั้งนี้สามารถใช้สาดดินได้ไกลประมาณ 5-10 เมตร โดยใช้วิธีเหวี่ยงจากด้านข้างลำตัว หรือเหวี่ยงกลับหลัง และตบไฟ โดยใช้ใบพลั่วตบดับไฟในทำนองเดียวกับการใช้ที่ตบไฟสำหรับการดับเปลวไฟเล็กๆ น้อยๆ ที่กระจัดกระจายกันอยู่ ใช้ในการขุดหลุมบุคคลสำหรับเป็นที่หลบกำบังจากไฟป่าในกรณีฉุกเฉิน การบำรุงรักษา ปฏิบัติเหมือนกับการบำรุงรักษาครอบไฟป่า

ตารางที่ 2.9 การวิเคราะห์ SWOT เครื่องมือพลั่วไฟป่า

Analysis เครื่องมือพลั่วไฟป่า	
S : Strengths (จุดแข็ง)	1. สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วกว่าการใช้คราดและจอบแยกชนิดกัน 2. น้ำหนักเบา ขนส่งและลำเลียงง่าย , ราคาถูก 3. ใช้ถาก สับเศษวัชพืชที่แห้งออกจากแนวไฟ เพื่อกำจัดเชื้อเพลิงที่ติดได้ในแนวไฟป่า
W : Weaknesses (จุดอ่อน)	1. ไม่มีความแข็งแรงและคงทน อาจจะมีการแตกหักในส่วนด้ามจับ 2. ส่วนหัวที่ครอบไฟมีส่วนยึดติดที่สันคลอนง่าย 3. ด้ามจับมีการแตกหักหรือร้าวได้ง่าย 4. การเก็บรักษามีความยากลำบากเนื่องจากต้องมีการซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง
O : Opportunities (โอกาส)	1. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของด้ามจับให้มีความคงทน 2. มีการปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสมกับการขนส่งที่ประหยัดเนื้อที่และเหมาะสมกับร่างกายของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานอีกทั้งยังสามารถพ่วงเข้ากับยานยนต์เอนกประสงค์ที่พัฒนา 3. ควรมีการปรับปรุงในส่วนของหัวที่ครอบไฟให้ซ่อมบำรุงได้ง่ายยึดติดได้แน่น
T : Threats (อุปสรรค)	1. มีการขนส่งที่ยุ่งยากสิ้นเปลืองเนื้อที่ต้องใช้แรงคนในการแบกเข้าสู่พื้นที่ไฟไหม้ 2. ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง

2.3 ศึกษาข้อมูลลักษณะของปุ๋ยชีวภาพ

2.3.1 คำนิยามปุ๋ย ความหมายโดยทั่วไป

ปุ๋ย หมายถึง วัตถุหรือสารที่เราใส่ลงไปในดิน โดยมีความประสงค์ที่จะให้ธาตุอาหาร เพิ่มเติมแก่พืช ให้มีปริมาณที่เพียงพอ และสมดุลตามที่พืชต้องการใน พรบ.ปุ๋ย ปี 2518 ได้ให้คำจำกัดความปุ๋ยไว้ว่าหมายถึง สารอินทรีย์ หรือ อนินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดิน เพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช

ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ที่สามารถสร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช หรืออาจเรียกว่า ปุ๋ยจุลินทรีย์ (ยุทธศาสตร์ปุ๋ยชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. 2548-2553)

ปุ๋ยชีวภาพ (ข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตร) ปุ๋ยเป็นยุทธปัจจัยที่สำคัญ ในการผลิตพืช เนื่องจากปุ๋ยเป็นอาหารของพืช สามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี ในการเลือกใช้ปุ๋ยนั้น เกษตรกรควรศึกษา ข้อดี และข้อเสีย ของปุ๋ยแต่ละประเภท ก่อนเลือกใช้ปุ๋ยแต่ละชนิด ปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การเลือกใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับชนิดและอายุของพืช

ความชื้นในดิน คุณสมบัติของดิน และวิธีการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสาน จะเป็นแนวทางที่สามารถช่วยให้เกษตรกรได้รับทั้งผลตอบแทนที่สูงสุด เสริมสร้างระบบการผลิตพืชแบบยั่งยืนและความปลอดภัยให้กับสภาพแวดล้อม

2.3.2 ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพ

ช่วยทดแทนปุ๋ยเคมีในพืชตระกูลถั่ว ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี ใส่เพียงครั้งเดียวตลอดชีวิตพืช ช่วยสร้างความสมดุลของธาตุอาหารพืช ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ราคาถูก 2.3.3 E.M. (อี.เอ็ม.) E.M. ย่อมาจากคำว่า Effective Micro-organisms หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพคิดค้นพบโดย ศาสตราจารย์ ดร.เทรโอะ ฮิงะ (TEROU HIGA) แห่งมหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิคทางชีวภาพ รวบรวมเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ หมวดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ช่วยปรับปรุงสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น จุลินทรีย์หมวดสร้างสรรค์ที่มีใน EM ได้แก่ กลุ่มจุลินทรีย์แสง แลกโตบาซิรัส เพนนิซีเลี่ยม ไตรโคเดอมา ฟูเซเลียม สเตปโตไมซิส อโซเบคเตอ ไรโซเบียม ยีสต์รา รูปเส้นใย จุลินทรีย์ใน EM ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ และมีพลัง “แอนติออกซิเดชั่น” ซึ่งเป็นพลังสร้างสรรค์ของชีวิต ป้องกันมิให้มีการทำลายชีวภาพที่สำคัญของเซลล์ได้ป้องกันฤทธิ์ของสารพิษได้หลายชนิด รักษาสภาพธรรมชาติของเซลล์ ได้มิให้เสื่อมสภาพรักษาสุขภาพของคนและสัตว์ มิให้เป็นโรคหรือเจ็บป่วยได้ง่าย

ลักษณะโดยทั่วไปของ EM เป็นของเหลวสีน้ำตาลกลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน (เกิดจากการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ ใน E.M.) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้ ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืช และแมลงที่เป็นประโยชน์ ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ ที่ทุกคนสามารถนำไปเพาะขยายเพื่อช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ลักษณะการผลิต เพาะขยายจากจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มากกว่า 80 ชนิด จากกลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 1) กลุ่มจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติค 2) กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน 3) กลุ่มจุลินทรีย์เอคทีโนมัยซีทส์ 4)กลุ่มจุลินทรีย์ยีสต์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาตินำมาเพาะเลี้ยงและขยายให้จุลินทรีย์ขยายตัวด้วยปริมาณที่สมดุลกันด้วยเทคโนโลยีพิเศษ โดยใช้อาหารจากธรรมชาติ เช่น โปรตีน รำข้าวและสารประกอบอื่นๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ในส่วนประโยชน์ของจุลินทรีย์โดยทั่วไป

- ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในดินและน้ำ
- ช่วยแก้ปัญหาจากแมลงศัตรูพืชและโรคระบาดต่างๆ
- ช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำและอากาศผ่านได้ดี
- ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ เพื่อให้เป็นปุ๋ย (อาหาร) แก่อาหารพืชดูดซึมไปเป็นอาหารได้ดี ไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์
- ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช พืชให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีขึ้น
- ช่วยให้ผลผลิตคงทน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีประโยชน์ต่อการขนส่งไกล ๆ เช่น ส่งออกต่างประเทศ
- ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มปศุสัตว์ ไก่และสุกร ได้ภายในเวลา 24 ชม.
- ช่วยกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1 – 2 สัปดาห์
- ช่วยกำจัดแมลงวัน โดยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวันไม่ให้เข้าแมลงวัน
- ช่วยป้องกันอหิวาห์และโรคระบาดต่าง ๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะและอื่น ๆ ได้
- ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรงมีความต้านทานโรคสูง ให้ผลผลิตสูง อัตราการตายต่ำ

2.4 ศึกษาข้อมูลลักษณะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์

2.4.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ

2.4.2 การจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

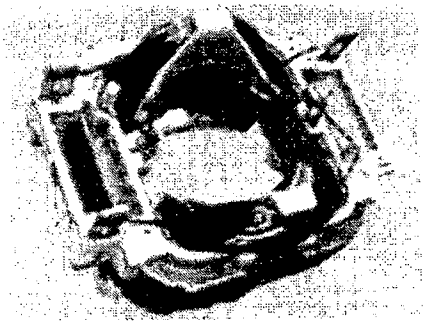
2.4.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1) ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

- เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

ภาพที่ 2.1 ขั้วแม่เหล็ก (Pole) (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)



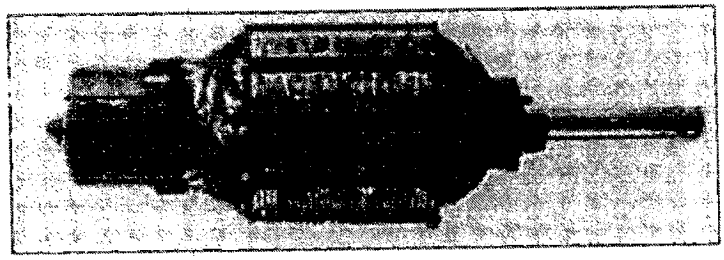
ภาพที่ 2.2ขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)

- ส่วนแรกแกนขั้ว(Pole Core)ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวน ประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes)มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน(Torque)

ภาพที่ 2.3 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)

- ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

- ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงาน มีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน(Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย(End Plate) ของมอเตอร์



ภาพที่ 2.4 ตัวหมุน (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

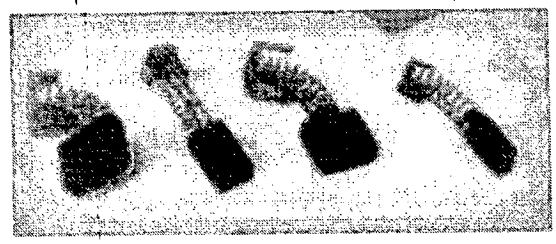
- แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Croe)ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

- แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

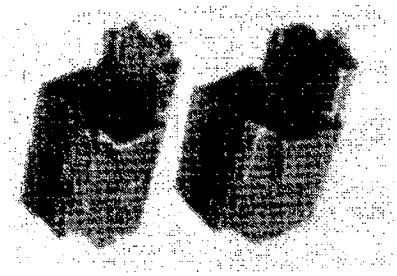
- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์พื่อสร้างเส้น

แรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้ว เรียกว่า ปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ละจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ



ภาพที่ 2.5 แปลงถ่าน (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)



ภาพที่ 2.6 ซองแปลงถ่าน (ที่มา : http://edu.e-tech.ac.th/)

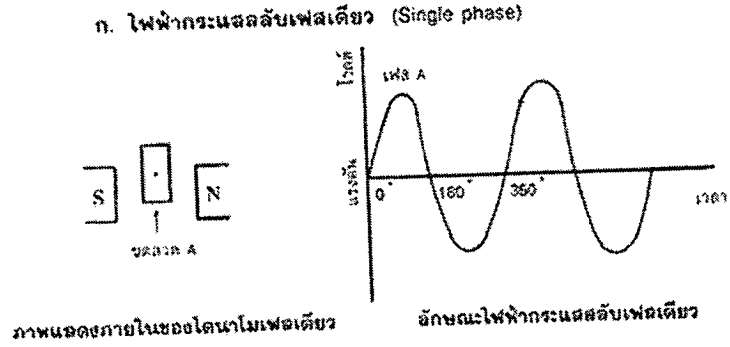
ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมพื้นผ้าในซองแปรงมีสปิงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กังวจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action) หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming'left hand rule)

2.4.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

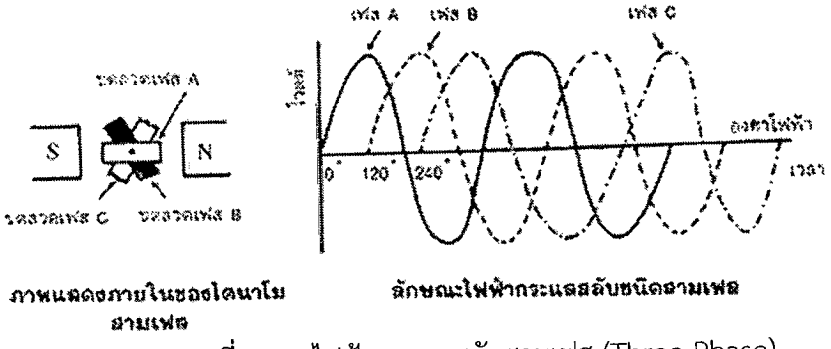
ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) เป็นไฟฟ้ากระแสที่มีทิศทางการเคลื่อนที่กัน โดยกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิดคือ ไฟฟ้ากระแสสลับ เฟสเดียว สองเฟส และสามเฟส ในปัจจุบันนิยมใช้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ "กระแสไฟฟ้าสลับเฟสเดียวกับสามเฟส" ลักษณะการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ขดลวดชุดเดียวหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็ก เกิดแรงดักระแสไฟฟ้าทำให้กระแสไหลไปยังวงจรภายนอก โดยผ่านวงแหวน และแปลงถ่านดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อออกแรงหมุนลวดตัวนำได้ 1 รอบ จะได้กระแสไฟฟ้าชุดเดียวเท่านั้น ถ้าต้องการให้ได้ปริมาณกระแสไฟฟ้า

เพิ่มขึ้น ก็ต้องใช้ลวดตัวนำหลายชุดไว้บนแกนที่หมุน ดังนั้นในการออกแบบขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับถ้าหากออกแบบชุดขดลวดบนแกนให้เพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด แล้วจะได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.7 แสดงไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (Single Phase)

ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase) เป็นการพัฒนามาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสองเฟส โดยการออกแบบจัดวางขดลวดบนแกนที่หมุนของเครื่องกำเนิดนั้น เป็น 3 ชุด ซึ่งแต่ละชุดนั้นวางห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้าไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในบ้านพักอาศัย ส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว (SinglePhase)ระบบการส่งไฟฟ้าจะใช้

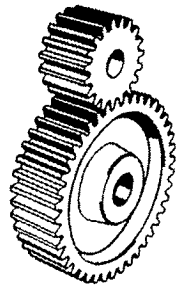


ภาพที่ 2.8 ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three Phase)

2.5 ศึกษาข้อมูลชนิดและลักษณะของการใช้งานของเฟืองและสายพาน

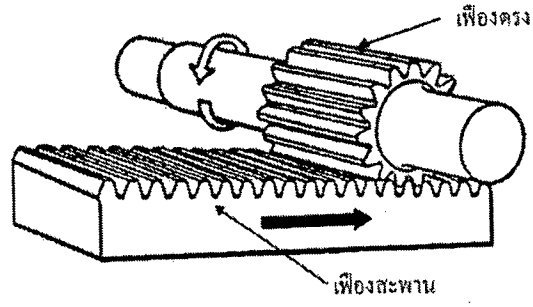
2.5.1 เฟือง

เฟืองที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะทำหน้าที่ส่งกำลังให้กับชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องจักรกลต่อไป เฟืองจะตรง ความตรงของฟันเฟืองจะขนานกับรูเพลา เฟืองตรงจะมีลักษณะ



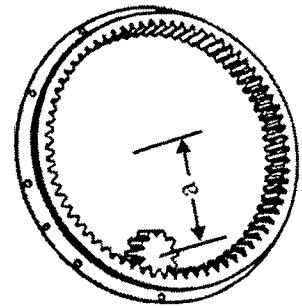
ภาพที่ 2.9 เฟืองตรง

เฟืองสะพาน (RACK GEARS) เป็นเฟืองตรงชนิดนี้ มีลักษณะรูปร่างยาวเป็นเส้นตรงเหมือนสะพาน ฟันเฟืองทำมุมกับลำตัว 90 องศา โดยประมาณ และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงเฟืองสะพานที่ใช้งานกันทั่วไปมีรูปร่างลักษณะ



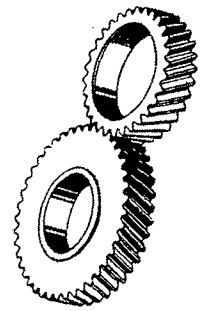
ภาพที่ 2.10 เฟืองสะพาน

เฟืองวงแหวน (INTERNAL GEARS) เป็นเฟืองตรงชนิดหนึ่งมีรูปร่างลักษณะกลมเช่นเดียวกับเฟืองตรง แต่ฟันเฟืองจะอยู่ด้านบนของวงกลม และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่มีขนาดเล็กกว่าขบอยู่ภายในเฟืองวงแหวนจะมีรูปร่างลักษณะ



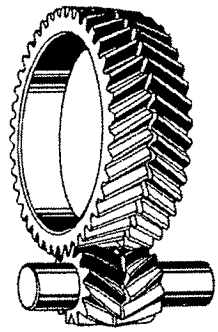
ภาพที่ 2.11 เฟืองวงแหวน

เฟืองเฉียง (HELICAL GEARS) จะมีลักษณะรูปร่างคล้ายเฟืองตรง คือ จะเป็นล้อกลมเช่นกัน แต่เฟืองเฉียงฟันของเฟืองจะเอียงไปมุมทำที่ต้องการ อาจเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาขึ้นกับใช้การใช้งาน เฟืองเฉียงจะมีรูปร่างลักษณะ



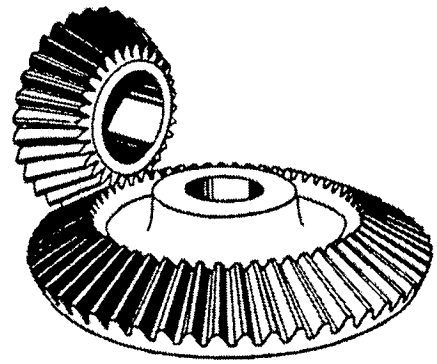
ภาพที่ 2.12 เฟืองเฉียง

เฟืองเฉียงก้างปลา (HERRINGBONE GEARS) เป็นเฟืองที่มีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรงแต่ของเฟืองจะเอียงสลับกันเป็นฟันปลาเฟืองชนิดนี้จะมีรูปร่าง



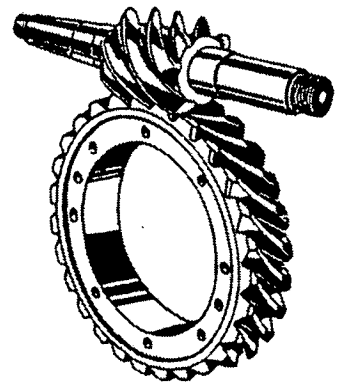
ภาพที่ 2.13 เฟืองเฉียงก้างปลา

เฟืองดอกจอก (BEVEL GEARS) ลักษณะของเฟืองคล้ายกับกรวยฟันของเฟืองดอกจอกมีทั้งแบบตงและแบบเฉียง เฟืองดอกจอกมีลักษณะ ดังรูป



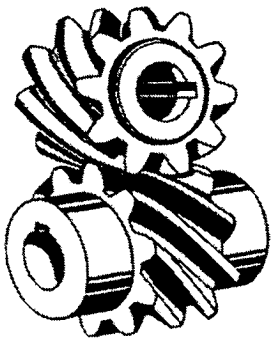
ภาพที่ 2.14 เฟืองดอกจอก

เฟืองหนอน (WORM GEARS) เป็นชุดเฟืองประกอบด้วยเกลียวและเฟืองที่ใช้ในการส่งกำลัง รูปร่างลักษณะของเฟืองหนอนจะรูปร่าง



ภาพที่ 2.15 เฟืองหนอน

เฟืองเกลียวสกรู (SPIRAL GEARS) เป็นเฟืองเกลียวที่ใช้ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุม 90 องศา เฟืองเกลียวชนิดนี้มีลักษณะ

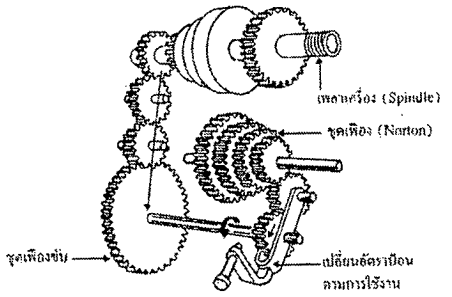


ภาพที่ 2.16 เฟืองเกลียวสกรู

2.5.2 หน้าที่ใช้งานของเฟือง

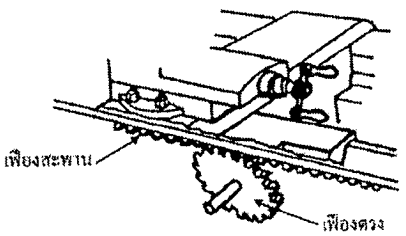
เฟืองแต่ละชนิดมีหน้าที่หลักที่เหมือนกัน คือ ใช้ในการส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน แต่การใช้งานของเฟืองแต่ละชนิดจะมีหน้าที่รองต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองตรง เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกัน เฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ หรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดลองของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดลองของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำๆ ข้อดีของเฟืองตรงขณะใช้งานจะไม่เกินแรงในแนวแกน ประสิทธิภาพในการทำงานสูง หน้ากว้างของเฟืองตรงสามารถเพิ่มได้เพื่อให้เกิดผิวสัมผัสที่มากขึ้น เพื่อลดการสึกหรอให้น้อยลง ข้อเสียของเฟืองตรงขณะใช้งาน คือ ขณะที่เฟืองหมุนตัวอย่างการใช้งานของเฟือง



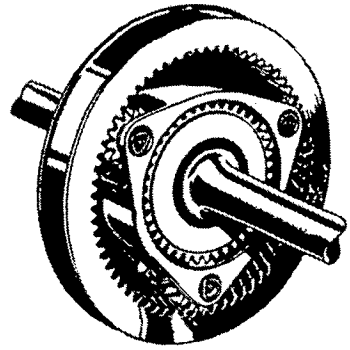
ภาพที่ 2.17 การใช้งานของเฟืองตรง

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองสะพาน ในการใช้งานของเฟืองสะพาน(RACK) จะต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่ เรียกว่า พินเนียน(PINNION)เสมอก็จะสามารถทำการส่งกำลังได้ ลักษณะการใช้งานของเฟืองสะพาน ตัวอย่างเช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงยันศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลาเครื่องเจาะให้ขึ้นลง ดังรูป



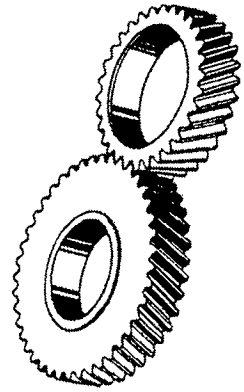
ภาพที่ 2.18 การใช้งานของเฟืองสะพาน

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองวงแหวน เฟืองชนิดนี้เป็นเฟืองเฉพาะอย่าง ที่ใช้งานกับเครื่องจักรกล เช่นเป็นเฟืองสำหรับปั๊มเฟืองสำหรับปั๊มน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ โดยที่เฟืองตัวเล็กที่อยู่ภายในเป็นตัวขับส่วนตัวใหญ่จะหมุนในลักษณะการเยื้องศูนย์ เพื่อดูดน้ำมันเครื่องส่งไปใช้งาน



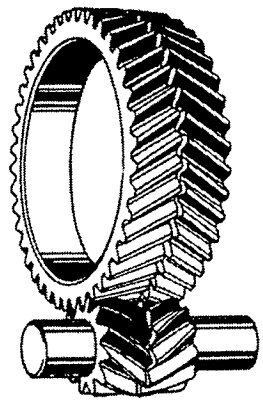
ภาพที่ 2.19 การใช้งานของเฟืองวงแหวน

- หน้าที่การใช้งานเฟืองเฉียง เฟืองเฉียงมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกับเฟืองตรงทุกอย่าง แต่มีข้อดีกว่าเฟืองตรงทุกอย่าง แต่มีข้อดีกว่าเฟืองตรงที่เมื่อส่งกำลังด้วยความเร็วรอบสูงๆแล้วจะไม่เกิดเสียงเฟืองตรง ลักษณะการใช้งานของเฟืองเฉียง



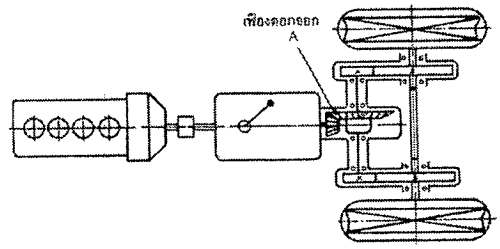
ภาพที่ 2.20 การใช้งานของเฟืองเฉียง

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองก้างปลา เฟืองก้างปลาเป็นเฟืองที่ออกแบบมาเพื่อ ลบล้างแรงดันที่ปลายฟันเฟือง เนื่องจากเฟืองก้างปลาเป็นเฟืองเฉียงที่สร้างมาให้คู่ติดกัน เฟืองก้างปลาใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกันเท่านั้น ข้อดีของเฟืองชนิดนี้ คือ เฟืองจะเลื่อนออกจากกันไม่ได้ ลักษณะการใช้งาน ดังรูป



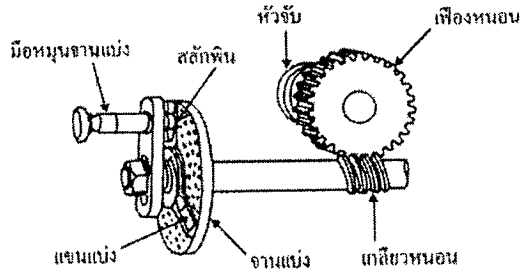
ภาพที่ 2.21 การใช้งานของเฟืองก้างปลา

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองตอกจอก เฟืองตอกจอกเป็นที่ใช้ส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางของเพลา หรือเพลาสามารถทำมุมได้ 90 องศา และเป็นเฟืองที่ให้กำลังในการส่งมาก ส่วนใหญ่เป็นเฟืองของรถยนต์ เฟืองเกียร์รถยนต์



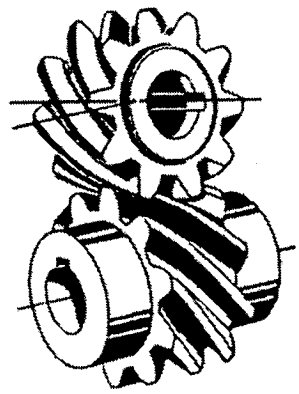
ภาพที่ 2.22 การใช้งานของเฟืองดอกจอก

- หน้าที่การใช้งานของเฟืองหนอน เฟืองหนอนประกอบด้วยเกลียวหนอนเพื่อให้เฟืองหนอนส่งกำลังไป เฟืองหนอนเป็นการส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกัน 90 องศา เป็นการส่งกำลังจากความเร็วรอบสูงให้มาเป็นความเร็วรอบต่ำ การส่งกำลังของชุดเฟืองหนอนของชุดหัวแบ่งเพื่อเฟืองของเครื่องกัด ลักษณะการใช้งาน



ภาพที่ 2.23 การใช้งานของเฟืองหนอน

- หน้าที่การใช้งานเฟืองสกรูเกลียว เป็นเฟืองที่ทำหน้าที่ใช้เพื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางของเพลาให้ทำมุมกัน 90 องศา คล้ายกับชุดเฟืองหนอน แต่สามารถส่งกำลังได้น้อยเนื่องจากด้านข้างของฟันมีพื้นที่สัมผัสกันน้อยมาก สามารถให้อัตราทดได้ระหว่าง 1 ถึง 5 ลักษณะการทำงาน



ภาพที่ 2.24 การใช้งานเฟืองสกรูเกลียว

2.6 ศึกษาข้อมูลวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่ใช้ในการออกแบบ

2.6.1 วัสดุประเภทโลหะ

คุณสมบัติทั่วไปของโลหะ

โลหะแบ่งเป็น - Metal - fur us

- Alloy - Non - Fur us

Fur us - คือโลหะที่มีเหล็ก (Fe) เป็นส่วนสำคัญ หรือมีโลหะอื่นผสมด้วย

Non-Fur us - มีเหล็กผสมเล็กน้อย หรือไม่มีเลยก็ได้ เช่น ทองแดง (Fe)

2.6.1.1 คุณสมบัติของโลหะ

ก) Hardness ความแข็งของโลหะ โลหะแต่ละชนิดมีความแข็งไม่เท่ากัน เพราะโลหะจะทำให้อ่อนหรือแข็งได้โดยวิธี

- Wok hardening การทุบ การอัด
- Heat treating โดยใช้ความร้อน

ข) Brittleness ความเปาะของโลหะ โลหะแต่ละอย่างมีไม่เท่ากัน ความแข็งความเปราะมีความเกี่ยวโยงกัน แข็งมากก็เปราะมาก

ค) Malleability จะตีหรือม้วน ดัดแปลงได้ง่าย

ง) Ductility ความอ่อนตัวของโลหะทำให้สามารถยืดได้

จ) Elasticity มีความยืดหยุ่นในตัวเอง สามารถกลับคืนรูปเดิมได้

ฉ) Fusibility การหลอมเหลวสามารถทำให้การเชื่อมมีประสิทธิภาพ

ช) Mach inability ความเหมาะสมในการใช้เครื่องจักร เช่น เครื่องมือกลจากโลหะ

2.6.1.2 การทดสอบคุณสมบัติของโลหะ

ก) ทดสอบด้วยการดึง

ข) ทดสอบในการหดแรงอัด เหล็กจะทนกว่าทองแดง

ค) ทดสอบโดยการรับแรงเฉื่อยมากน้อยเพียงใด

ง) การรับแรงกระทบ การตีโลหะด้วยค้อนตามแนวนอน

จ) ทนต่อแรงล้า

2.6.1.3 โลหะที่ใช้ผสม

ก) นิเกิล (Nical) ผสมเพื่อเพิ่มความแข็ง, ความเหนียว ไม่เป็นสนิมง่าย

ข) โครเมียม เพื่อความแข็ง, เหนียว, ยืด ใช้ในการทำ Gear, เพลาจะใช้ chrom-nical

ค) Tangatain ใช้ร่วมกับโครเมียม หรือ Vanadium หรือ Molybdenum ใช้ในการทำ High speed steel ใช้ทำ Harding tool ดอกสว่าน เครื่องมือกล

ง) Molybdenum เพิ่มความเหนียวแข็ง

จ) Vanadium เพิ่มโลหะให้มี fread มากขึ้น

ฉ) Tangatain ใช้ร่วมกับโครเมียม หรือ Vanadium หรือ Molybdenum ใช้ในการทำ High speed ใช้ทำ steel harding too ดอกสว่าน เครื่องมือกล

ช) Vanadium เพิ่มให้โลหะให้มี grade มากขึ้น ใช้ทำอุปกรณ์ที่ต้องการความเหนียวเป็นพิเศษ เช่น Gear เพลาใช้ร่วมกับโครเมียม เป็น chrome vanadium steel จะแข็งมากทนต่อการบิดตัวอย่างกะทันหันได้ดี

2.6.1.4 กรรมวิธีการผลิตวัสดุประเภทเหล็ก

กรรมวิธีการผลิตวัสดุประเภทเหล็ก มีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการตัด
2) ขั้นตอนการเชื่อมติด
3) ขั้นตอนการขึ้นรูป
4) ขั้นตอนการตกแต่ง

1) ขั้นตอนการตัด แบ่งเป็น 10 ประการคือ

- เลื่อย คือ การแยกชิ้นงานออกจากกัน หรือใช้เครื่องมือที่มีฟันตามขอบเคลื่อนที่ผ่านในชิ้นงาน เช่น ใบเลื่อยวงเดือน
- การตัด คือ การตัดโดยใช้วัสดุที่มีขอบแข็งคม เฉือนงานที่เป็นชิ้นออกจากกัน เช่น กรรไกรตัดโลหะ
- การเจาะตัด คือ การใช้แรงเฉือน แต่เป็นการกดออกมา โดนชิ้นงานจะหลุดออกมาเลยเพียงครั้งเดียว
- การเจาะรู คือ การเจาะรูโดนใช้ดอกสว่าน เช่น การเจาะด้วยสว่าน แท่นกลึงงาน หมุนดอกสว่านคงที่
- การขัด คือ การใช้โลหะวัสดุที่มีความแข็งกว่าขัดออก หรือถูออก โดยตัวขัดที่แข็งจะขัดวัสดุที่อ่อนกว่า เช่น การะดาษทราย
- การไส คือ การใช้เครื่องขูดในชิ้นงาน ในการไสชิ้นงาน เป็นที่นิยมกันมากตามโรงงานที่ต้องการใช้กับงานที่เป็นเส้นตรง
- Milling ใช้กันมาก โดนการใช้โลหะแผ่นบาง โดยมีใบคัตเตอร์ตัดชิ้นงาน มีลักษณะคล้ายกับเลื่อยวงเดือย
- Twinge เป็นการทำงานโดยใช้เครื่องกลึง งานที่ออกมาจะเป็นรูปวงกลม
- Thermal cutting โดยการให้ความร้อนหลอมละลาย เช่น ใช้แก๊สตัด หรือแสงเลเซอร์
- Chemical Cutting ใช้ปฏิกิริยาทางเคมี ส่วยมากใช้กับงานตัดผิวโลหะโดยใช้กรด เช่น การทำแผ่น Print อาจมีการใช้ไฟฟ้ามาเกี่ยวข้อง

2) การขึ้นรูป การขึ้นรูป (Forming) โดยวิธีการใช้ความร้อนหรือไม่ก็ตาม มักขึ้นอยู่กับวัตถุโดยต้องมีคุณสมบัติ เช่น Cold form ใช้กับพวกทองแดง ทองเหลือง แต่เหล็กบางอย่างต้องใช้ Hof form แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือ และการประหยัดทางอุตสาหกรรม และประสิทธิภาพของ Product ดังนี้

- Casting การหลอมโลหะที่หลอมลงในแบบ ปล่อยให้เย็น แล้วจึงแกะแบบการใช้ sandcasting ถ้าต้องการงานชิ้นใหญ่มากใช้ Extruding โดยใช้กับงานที่ไม่ต้องการความร้อนสูง เช่น อลูมิเนียม Mass Product

- Bending เป็นการขึ้นรูปนการพับ ซึ่งต้องการให้ชิ้นงานนั้นมีแรงดึงมากขึ้นโดยมาก เป็นงานที่ออกมาเป็นเส้นตรง

- Forging เป็นการขึ้นรูปโดนใช้แรงอัด และบีบ ให้โลหะถูกกดเป็นรูปร่างต้องมี die หลาย ๆ ตัวที่มีความแข็งแรงมาก โดยที่มีการ die เป็นขั้นตอน เช่น เพลารถ พวงสกัดต่าง ๆ โดยทำโลหะให้ร้อนก่อนใส่ในเครื่องจักร เครื่องจักรจะบีบโลหะให้เป็นรูป

- Pressing เป็นการอัดพวก Sheet Metter โดยมี mold 2 ตัว อัดบีบโลหะให้ขึ้นรูปร่าง เช่น การทำถาด จานคล้าย ๆ Bending แต่ Pressing มีหลายทิศทาง

- Drawing เป็นการฉีดโลหะจาก die โดยที่ต้องให้ความร้อนแก่โลหะจนอ่อนตัว แล้วใส่ลงในรูบังคับ รีดออกมาเป็นรูปแบบตายตัว

- Extruding เป็นการฉีดโลหะหลอมเหลวเข้าไปในแบบที่ทำเอาไว้เป็นหลักใช้กับงานอุตสาหกรรมที่ต้องการผลิตงานจำนวนมาก

- Foiling เป็น hot forming คล้าย ๆ bending โดยใช้ลูกกลิ้งรีดโลหะให้เป็นฉากวงกลมและสี่เหลี่ยม โดยป้อนโละระหว่างช่องรีดเหล็กออกมา

- Spinning เป็นกรรมวิธีคล้ายๆ กลึง ใช้กับรางที่มีรูปร่างกลม โดยมีแบบไม้ก่อนเอาแผ่นเหล็กใส่ในแม่แบบ คล้ายกับการขึ้นรูปของเซรามิค

3) การทำให้ติดกัน การทำให้ติดกัน (Fastening) เป็นการเชื่อมโลหะตั้งแต่สองแผ่นขึ้นไป จะใช้ทาง Mechanical หลอมเหลวก็ได้ดังนี้

- Riveting เป็นวิธีทาง Mechanical โดยใช้การ Pin ที่มีด้านหนึ่งเป็นหัว

- Threading คล้าย ๆ กับ Rivet แต่แทนที่จะเป็น Pin กลับใช้ nut แทนแบบกึ่งถาวรและถอดได้

- Seaming เป็นการพับตะเข็บ เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กับตัวของมันยึดอยู่ด้วยกัน

- Cementing การเชื่อมโดยถาวร ใช้ Mechanical Adhesive คล้ายกับกาวติดไม้ แต่กาวนี้มีแรงจับสูงพิเศษ เช่น Epoxy ใช้กับ Sheet Metal

- Soldering และ bearing เป็นการเชื่อมถาวร ต่างจาก welding ตรงที่ต้องใส่โลหะอื่นเป็นตัวเชื่อม

- Welding เป็นกรรมวิธีอย่างถาวร โดยการหลอมละลายโลหะให้ติดกันโดยใช้ Mel ten Metal เช่นลวดเชื่อมโลหะต่าง ๆ

4) การตกแต่ง การตกแต่ง (Finishing) ขบวนการป้องกันผิวหน้าโลหะ ทำให้ชิ้นงานนั้นเกิดความสวยงาม ดึงดูดความสนใจมากขึ้น ดังนี้

- Buffing เป็นการขัดผิวหน้าให้เรียบขึ้นเงา อาจใช้หิน หรือผ้ากระดาษทรายเพื่อช่วยให้เกิดความเรียบ

- Texturing เป็นวิธีการสำคัญในการตกแต่ง วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การใช้ค้อนทุบโลหะให้เป็นลายต่าง ๆ ทำให้ดูน่าใช้ขึ้น ประโยชน์ใช้สอยคือ ผิวหยาบ ไม่หลุดมือ

- การใช้สี (Coloring) อาจใช้โดยวิธี Technical ความร้อนเพื่อทำให้โลหะเกิด Oxide เคลือบผิวโลหะอีกที เช่น การชุบ

- การเคลือบ (Coating) เป็นการทำผิวโลหะให้ดูสวยขึ้น ป้องกันผิวหน้า อาจทำได้โดยการพ่น หรือทาก็ได้ เช่นการใช้ Lacquer เคลือบ หรือใช้ Wax, Plastic coating หรือ Enameling

2.6.1.5 เหล็ก เหล็กบริสุทธิ์มีความเหนียว อ่อนตัวสูง มีความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20 °C เท่ากับ 7.87 กรัม/ลบ.ซม หลอมเหลวที่ 1539°C และจะเดือดเป็นไอที่ 2540°C ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 65 แคลลอรี่/กรัม ถ้าอุณหภูมิของเหล็กสูง 768°C แม่เหล็กจะดูดไม่ติดทั้งนี้ เหล็กมีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งคือ มีความสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ดี จึงไม่มีคุณสมบัติในการต้านทานสนิม

ก) ชนิดของเหล็กที่ผลิตออกมาสู่ตลาด ได้แก่

1. เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบ มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาว สีเทา คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กมีความแข็งสูงมาก จนเปราะแตกง่าย และเหล็กหล่อเหนียวมาก ส่วนเหล็กหล่อพิเศษจะมีความเหนียวมาก สามารถรับแรงได้สูง

2. เหล็กอ่อน สามารถเป็นรูปได้ง่าย

3. เหล็กกล้ามี 3 ชนิดคือ

3.1 เหล็กกล้าชนิดอ่อน ได้แก่ เหล็กเส้นก่อสร้าง ตัวถังรถยนต์

3.2 เหล็กกล้าปกติ ใช้ทำเครื่องมือช่างไม้ เครื่องจักรรถเทรคเตอร์

3.3 เหล็กกล้าแข็ง ใช้ทำมีดกลึง ตะไบ เหล็กสกัดเหล็กคาร์บอนและเหล็กผสม มีความแข็งแกร่งมากน้อยแล้วแต่ส่วนผสมในเนื้อเหล็ก เช่น มีส่วนผสมของ คาร์บอน – ทำให้แข็งแรง , นิเกิล – ทำให้เหนียว แข็ง ทนความร้อน , โครเมียม – ช่วยป้องกันสนิม , แมงกานิส – ช่วยทำให้แข็งแรง ทนแรงกระแทกและสึกหรอ

ข) รูปแบบของเหล็กที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

1. เหล็กเส้นกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/16 - 9 นิ้ว ยาว 6 เมตร
2. เหล็กแผ่นหนา 1/32 - 4 นิ้ว ขนาด 1.2 - 2.4 เมตร
3. เหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยมกว้าง $\frac{1}{4}$ - $4\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6 เมตร
4. เหล็กกลมกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 6 เมตร
5. เหล็กมีดหนา $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ นิ้ว กว้าง $\frac{1}{4}$ - 4 นิ้ว ยาว 6 เมตร
6. เหล็กรูปตัว U และ L

2.6.1.6 เหล็กท่อ เหล็กท่อ เป็นเหล็กที่รีดเป็นแผ่นแล้วนำมาพับหรือม้วนเป็นท่อตามความต้องการในการใช้งานเหล็กหล่อถูกสร้างมาให้ใช้งานในด้านเป็นโครงสร้างเหล็กกล้าในการผลิตตามมาตรฐานของอังกฤษ เหล็กหล่อที่ใช้งานพิเศษอาจจะผสมธาตุอื่นเข้าไป เช่น ผสมคาร์บอนเหล็กที่นำมาพิจารณาใช้ได้แก่

- ท่อเหล็กแป๊ป ท่อเหล็กกล้าประเภทนี้ทำจากเหล็กกล้าตามมาตรฐานอังกฤษ ที่มีความต้านทานต่อแรงดึงตั้งแต่ 33 - 47 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร และได้ตรวจสอบจากแรงอัดของเหลวมีความต้านทานถึง 50 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรหรือประมาณ 700 ปอนด์/ตารางนิ้ว ท่อเหล็กกล้าชนิดนี้มีทั้งชนิดชุบสังกะสีและไม่ชุบสังกะสี มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ “จนถึง 6” ทั้งชนิดธรรมดา และหนา มีความยาวท่อละ 6 เมตร และท่อเหล็กกล้าชนิดชุบสังกะสีมีเกลียวทั้งสองข้างและทำตามมาตรฐานของอังกฤษและเกลียวทั้งสองข้างจะมีต่อข้างหนึ่ง ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั่วไป เช่น ในการลำเลียงน้ำมัน แก๊สและไอน้ำ การประปา การชลประทาน หรือประจุใช้เป็นโครงสร้างทั่วไปก็ได้

- ท่อเหล็กกล้าเฟอร์นิเจอร์ ท่อเหล็กกล้าเฟอร์นิเจอร์ สำหรับใช้ในการเฟอร์นิเจอร์และงานโครงสร้างทั่วๆไปมีทั้งชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม ทำจากเหล็กรีดเย็นที่มีคุณภาพสูง ผิวท่อเรียบสวยงามทำให้สามารถชุบโครเมียมได้อย่างดี และง่ายต่อการตัดโค้งได้ถึง 90 โดยไม่ทำผิวหน้าแตกหรือเสียหายแต่

อย่างไร จึงเหมาะสำหรับใช้งานเฟอร์นิเจอร์และวงการทั่วไปท่อนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด “ถึง 3” และความหนา 0.9 ม.ม. ถึง 3.2 ม.ม.

ตารางที่ 2.10 มิติสัดส่วนของเหล็กทรงกลม

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) มม.	ความหนา (D) มม.	น้ำหนัก (T) มม.	พื้นที่ภาคตัดขวาง (A) ตร.ซม.
15	21.3	2.0	0.95	1.21
20	26.9	2.3	1.40	1.78
25	33.7	2.6	1.99	2.54
32	42.4	2.6	2.55	3.25
40	48.3	2.9	3.25	4.14
50	60.3	2.9	4.11	5.23
65	16.1	3.2	5.75	7.33
80	88.9	3.2	6.76	8.62
100	144.3	3.6	9.83	12.52
		4.5	12.19	15.52
125	139.7	4.0	13.39	17.05
		5.0	17.30	21.19
150	165.1	4.5	17.82	22.70
		6.0	25.05	30.00
175	193.7	5.0	23.27	29.64
		6.0	27.77	35.38

- โลหะแผ่น โลหะแผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการทำงานแต่ละประเภทจำเป็นต้องศึกษา และเลือกใช้วัสดุหรือโลหะให้เหมาะสมกับคุณภาพของงาน และคุณสมบัติของโลหะด้วย จึงทำให้ผลงานที่ได้เป็นที่น่าพอใจและมีคุณค่ามายิ่งขึ้นโลหะแผ่นที่นำมาใช้งานส่วนมากได้แก่ เหล็ก ซึ่งรัดออกมาเป็นแผ่นๆมีขนาดความหนาหลายขนาดต่างๆ กัน และยังมีการเคลือบผิวด้วยโลหะต่างๆอาทิเช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น โลหะแผ่นโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โลหะแผ่นเปลือย
2. โลหะแผ่นเคลือบ

- โลหะแผ่นเปลือย ส่วนมากจะเป็นโลหะแผ่นประเภทไม่ใช่เหล็ก เช่น แผ่นทองแดง แผ่นอลูมิเนียม และแผ่นทองเหลือง เป็นต้น

- โลหะแผ่นเคลือบ ส่วนมากเป็นโลหะประเภทเหล็ก และนำไปเคลือบด้วยผิวโลหะตามที่ต้องการ เช่น เหล็กอาบสังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกร่อน ซึ่งจะทำให้โลหะนั้นมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น ดังนั้น การใช้งานโลหะแผ่นเคลือบโลหะกับแผ่นเปลือย จึงต่างกันมาก การนำโลหะแผ่นไปใช้งานอื่นๆ เช่น นำไปเชื่อม ขัดผิว ตะไบ หรือกระบวนการอื่นๆแต่สำหรับโลหะเคลือบแล้ว ผิวหน้าของงานไม่ควรได้รับอันตรายใดๆเลย เพราะหากผิวของโลหะเสียหาย โลหะที่เคลือบผิวอยู่หลุดออกไปแล้ว จะเป็นเหตุให้โลหะนั้นสูญเสียคุณสมบัติในด้านของความทนทาน และการกัดกร่อนได้ง่าย น้ำหนักของโลหะแผ่นโดยทั่วไป จะมีหน่วยวัดเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต โลหะแต่ละชนิดก็จะมีน้ำหนักแตกต่างกันออกไป ตามความถ่วงจำเพาะของโลหะนั้นๆดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.11 แสดงน้ำหนัก (ออนซ์/ตารางฟุต) ของโลหะแผ่นชนิดต่าง ๆ

ขนาด	เหล็กรีดเย็น	เหล็กเคลือบ	อลูมิเนียม	สแตนเลส	ทองแดง
30	0.550	0.656	0.141	0.525	-
28	0.625	0.781	0.177	0.656	-
26	0.750	0.906	0.224	0.788	14
24	1.000	1.156	0.282	1.050	16
22	1.250	1.406	0.352	1.313	20
20	1.500	1.656	0.451	1.575	28
18	2.000	2.156	0.563	2.100	36
16	2.500	2.656	0.718	2.625	48

ข้อดีและข้อเสียของโลหะ (เหล็ก)

ข้อดี

1. หาซื้อง่าย
2. ราคาถูก
3. ตกแต่งและขึ้นรูปได้ดี

ข้อเสีย

1. เป็นสนิมง่าย
2. มีน้ำหนักมาก
3. ไม่ทนทานต่อสารเคมีบางชนิด

2.7.1.7 การเชื่อมไฟฟ้า

การเชื่อมไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ทำให้โลหะติดกันด้วยการหลอมละลาย โดยอาศัยความร้อนจากการอาร์คที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะที่เป็นชิ้นงานกับลวดเชื่อม อุณหภูมิในการอาร์คโดยเฉลี่ยประมาณ 5000 องศา F - 10,000 องศา F ซึ่งภายใต้ความร้อนแรงที่เกิดจากการอาร์คนี้ เนื้อที่บริเวณนั้นของแผ่นโลหะหรือชิ้นงานที่ถูกเชื่อม จะหลอมละลายชั่วครู่ ในขณะเดียวกันปลายของลวดเชื่อมก็จะหลอมละลายเช่นเดียวกัน เพื่อเป็นตัวเชื่อมประสานชิ้นงานทั้งสองชิ้น และเมื่อเคลื่อนลวดไปตามรอยต่อ โดยจ่อปลายลวดเชื่อมให้อยู่ใกล้ๆกับชิ้นงาน เราสามารถที่จะบังคับลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วหยดลงไปบนชิ้นงานได้ ในการเชื่อมควรรักษาระยะความยาวของอาร์คให้มีระยะสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลาที่ทำการเชื่อมและควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วย เพื่อที่แนวเชื่อมจะได้ฝังตัวลงในชิ้นงานได้ดี ก่อนที่จะทำการเชื่อม ควรจะทำความสะอาดตรงริมแผ่นโลหะอย่าให้มีสิ่งสกปรก และควรจะเอาเศษสนิมเหล็กออกเสียก่อน เพื่อว่าน้ำเหล็กของลวดเชื่อมจะได้แทรกซึมลงลงถึงก้นแผ่นชิ้นงาน

เพื่อให้การหลอมละลายทั่วถึงโดยตลอด แนวการเชื่อมแต่ละแนว เมื่อทำการเชื่อมแล้ว ใช้เหล็กเคาะขี้ฟลักซ์ออกให้หมด แล้วเอาแปรงลวดขัดให้สะอาดก่อนที่จะทำการเชื่อมแนวใหม่ทับลงไปวิธีการเชื่อมและสภาวะต่างๆสามารถแปรผันได้ จะให้ได้แนวเชื่อมที่ถูกต้องและแข็งแรงต้องควบคุมทั้งกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อน ความเร็วในการเคลื่อนที่ ลวดเชื่อมต่างขนาด ความหนา ความบางของเหล็ก ตำแหน่งของลวดเชื่อม การส่ายหรือการเคลื่อนที่แนวเชื่อม ถ้าไม่ควบคุมด้วยการระมัดระวังให้ดี การเชื่อมจะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร อุปกรณ์ทั่วไปในการเชื่อมไฟฟ้า

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
3. หัวจับลวดเชื่อม
4. หมวกหน้ากาก หรือหน้ากากแบบถือ
5. ถุงมือหนัง
6. เหล็กเคาะฟลักซ์

ข้อควรระวัง

1. สวมแว่นตาขณะใช้ค้อนเคาะผิวหน้าเหล็ก ขี้ฟลักซ์ที่แนวเชื่อ หรือในเวลาขัดผิวของโลหะที่รอยแนวเชื่อม
2. อย่าเชื่อมโดยปราศจากหน้ากาก เพื่อป้องกันสายตาเสียก่อน
3. น้ำวัสดุที่ติดไฟง่ายออกไปให้ห่าง จากบริเวณที่ทำการเชื่อม
4. ติดตั้งเครื่องดับเพลิงไว้ ในที่ที่สามารถหยิบใช้ได้ทันที
5. อย่าทำการเชื่อมภาชนะที่ถูกปิดผนึกไว้โดยรอบ
6. ก๊าซเชื้อเพลิง จาระบี น้ำมัน หรือสิ่งหล่อลื่นต้องนำออกให้พ้น
7. อย่าทำการเชื่อมบนถังที่มีก๊าซบรรจุอยู่

2.7 ศึกษาข้อมูลหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบ มีผู้ที่นิยมความหมายนี้ไว้หลายความหมาย อาทิ

1. การออกแบบคือการจัดระเบียบหรือวางผังอย่างตั้งใจสำหรับที่ว่าง เรื่องราวหรือกิจกรรมตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด
2. การออกแบบคือการเสนอแนะเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น
3. การออกแบบคือการสร้างความคิดขึ้นสำหรับชิ้นงานหรือระบบหรือการแสดงออกของความคิดให้มีรูปทรงเป็นตัวตน

นวลน้อย บุญวงษ์ (2539 : 2) กล่าวว่า คำจำกัดความที่นำมาส่วนหนึ่งนี้ เป็นการให้ความหมายของ Design หรือ การออกแบบของผู้รู้ในด้านต่าง ๆ และสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

1. งานออกแบบหมายถึงเฉพาะสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเท่านั้น
2. การออกแบบ เป็นความพยายามสร้างให้เกิดความเปลี่ยนแปลง โดยการจัดระเบียบด้วยความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหา และเพื่อสนองประโยชน์ทั้งของตนเองและของสังคม
3. กระบวนการออกแบบซึ่งยังอยู่ในรูปของแนวคิด แบบร่างตลอดจนต้นแบบ และจากกระบวนการผลิตซึ่งอยู่ในรูปของผลผลิตที่เป็นวัตถุสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ ข้อมูลเกี่ยวกับการตลาด แล้วนำมาออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอสมควรวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นวิชาที่ถือปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ และการปรับปรุง ผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้ได้รูปร่างที่ถูกต้องแน่นอนก่อนที่จะลงทุนจำนวนมาก

2.7.1 การจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏ แบ่งงานออกเป็น 2 ประเภท

1. งานออกแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Design) ได้แก่ งานออกแบบที่ให้ความ สำคัญเฉพาะกับลวดลายและสีสันบนพื้นผิวซึ่งรับรู้ได้ด้วยประสาทตา เป็นงานที่เน้นความงามจากการมองเห็นและการสื่อสารความหมายในเนื้อหาตามการรับรู้จากภาพนั้น งานออกแบบประเภทนี้แม้จะมีการสื่อได้จำกัดเฉพาะลวดลายบนพื้นผิวแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่แก้ปัญหาให้ได้ครบถ้วนตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบ

2. งานออกแบบ 3 มิติ (Three-Dimensional Design) ได้แก่งานออกแบบผลิตภัณฑ์ นานาชนิดที่มีความหมายในด้านขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กเช่นเครื่องประดับ ไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น ยานพาหนะ งานออกแบบประเภทนี้จึงเป็นงานที่มีเนื้อหารายละเอียดเพิ่มมากขึ้นนอกจากสนองการรับรู้ ทางประสาทตาแล้วยังมีเพิ่มประสาทสัมผัสซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะรูปทรงและพื้นผิวอีกด้วย ตัวอย่าง งานออกแบบเสื้อผ้า เครื่องปั้นดินเผา เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเรือน เป็นต้น

2.7.2 ประเภทผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ผลิตภัณฑ์อุปโภค หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผู้อุปโภคบริโภคหาซื้อมาเพื่อใช้สอยอำนวยความสะดวกแก่ตนเองหรือครอบครัว โดยอาจจะมีการใช้สอยตามสถานที่หรือส่วนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1.1 ใช้สอยภายในบ้านหรือครัวเรือน
1.2 ใช้สอยในร่ายกาย
1.3 ใช้สอยในพาหนะ
1.4 เครื่องกีฬา
1.5 ของเล่นสำหรับเด็ก
1.6 เครื่องดนตรี

2. ผลิตภัณฑ์บริการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทางด้านการค้าหรือ การบริการ สำนักงาน สถานที่ทำงาน คือผู้อุปโภคบริโภคส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคนจัดซื้อมา แต่จะมีการจัดซื้ออยู่แล้วเพื่อส่วนร่วมเช่น เครื่องพิมพ์ดีด เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

3. ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล หมายถึง ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้การผลิต เช่น จักรเย็บผ้า จักรยาน มอเตอร์ไซด์ ฯลฯ

4. ผลิตภัณฑ์ขนส่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นพาหนะ เช่น รถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่องบิน ฯลฯ

2.7.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. ผลิตภัณฑ์เลียนแบบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด โดยผลิตภัณฑ์ที่นำออกมาใหม่นี้มีความคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ในตลาด

2. ผลิตภัณฑ์ใหม่ หมายถึง การพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่วางอยู่ในตลาดแล้วให้มีคุณภาพดีขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้

3. นวัตกรรมใหม่ หมายถึง การประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา แล้วนำออกสู่ตลาดครั้งแรก

2.7.4 หลักการออกแบบอุตสาหกรรม การออกแบบโดยเฉพาะทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบจะต้องพิจารณาด้านต่างๆ ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร . 2549 : 10 – 12)

1. หน้าที่ใช้สอย (Function) การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์ จะต้องเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการใช้งาน เช่น โทรศัพท์มือถือ จะต้องสะดวกพก และนำพา ตลอดจนเสียงฟังชัดเจน เพราะหน้าที่ของโทรศัพท์คือติดต่อสื่อสารทางเสียง

2. ความปลอดภัย (Safety) ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องด้วย ความปลอดภัยทั้งการใช้งานและหลังการใช้งาน ไม่สร้างมลพิษให้กับสังคมโลก นักออกแบบต้องคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยรวม เพราะทุกวันนี้ นักออกแบบบางครั้งเกิดความรู้ไม่ทันกับความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี เพราะเกิดการ80
แข่งขันสูง มองผลประโยชน์มากกว่าความปลอดภัยของผู้ใช้ และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม

3. ความแข็งแรงทนทาน (Durability) ต้องสนองต่อหน้าที่ได้เป็นเวลานาน ตามที่กำหนดไว้ในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ คือ สิ่งที่สร้างต้องแข็งแรง ทนทาน ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า วัสดุและอุปกรณ์ที่เลือกใช้ที่ดี

4. ความประหยัด (Economic) สามารถที่จะผลิตได้ในระบบการเศรษฐศาสตร์ หมายความว่า จะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัด และเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน โดยที่ราคาไม่แพง มันจะเป็นการสูญเปล่าที่จะนำสิ่งของให้มีความทนทานมากกว่าหน้าที่ของมัน ความต้องการของงานทางด้านการประหยัดนั้นต้องการวัสดุที่หาได้ง่าย ผลิตได้ง่าย และสามารถถอดประกอบเข้าด้วยกันได้

5. วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน มีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป มีความสวยงามในตัวมันเอง เช่น ทองแดง ทองเหลือง สเตนเลส และอะลูมิเนียม ต่างก็มีพื้นผิวงามตามธรรมชาติ ก่อนนำโลหะมาใช้ ท่านต้องแน่ใจว่า วิธีการที่ไม่ยุ่งยาก วิธีการนำไปใช้ การขึ้นรูป การทำโค้ง ทารูปร่างและเชื่อม

6. โครงสร้าง (Construction) วิธีการทำโครงสร้างของเฟอร์นิเจอร์แต่ละชนิด ควรทาให้เหมาะกับงาน มีความทนทาน ประหยัด และใช้วัสดุที่เหมาะสม และการออกแบบนี้เป็นอมตะ ที่เรารู้จักวิธีเลือกใช้ง่ายๆ ในการทำ จะทำให้มีความเหมาะสมกว่า วิธีการยุ่งยาก และควรจะเป็นวิธีการที่เหมาะแก่วัสดุที่ใช้ด้วย

7. ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic) หมายถึง ต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งาน ขนาดความสูง และการออกแบบนี้เป็นอมตะ

8. ความสวยงาม (Aesthetic) เมื่อมันมีรูปร่างและขนาดเหมาะกับการใช้งาน ขนาดความสูง กว้าง ยาว และขีดจำกัดของประกอบการออกแบบ เช่น การหยิบใช้คล่อง

9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality) อาจจะได้คะแนนสูงในเรื่องของคุณภาพ แต่จริงๆ แล้วยังขาดในเรื่องลักษณะเฉพาะของมัน การมีลักษณะเฉพาะจะมีความรู้สึกกับนักออกแบบที่เขาได้ทำการออกแบบขึ้นมาด้วยตนเอง มีลักษณะเป็นอิสระ เพื่อจะได้แสดงว่า นักออกแบบได้วิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจัง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของงาน ถ้าขาดคุณสมบัตินี้แล้ว

10. กรรมวิธีการผลิต (Production) เมื่อทำการออกแบบแล้วสามารถจะทำการผลิตได้ง่าย การผลิตโครงการที่ท่านทำในโรงงานปฏิบัติงานโลหะแต่ละชิ้นส่วน ควรรวมเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

11. การซ่อมบำรุงรักษา (Easy of Maintenance) เมื่อนาไปใช้งาน ได้รับ ความเสียหาย ควรสามารถแก้ไขและซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหาย ค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอต่ำ

12. การขนส่ง (Transportation) นักออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ค่าขนส่ง จะขนส่งสะดวกหรือไม่ใกล้ไกล ขนส่งทางบก ทางน้ำ หรือทางอากาศ ต้องบรรจุหีบห่ออย่างไรที่จะไม่ทาให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย ขนาดของรถตู้บรรทุกสินค้ากว้าง ยาว สูงเท่าไร เป็นต้น

2.7.5 กระบวนการออกแบบ กระบวนการออกแบบถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบ และจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว กระบวนการออกแบบมีหลายวิธีแต่สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา เริ่มจากการตั้งปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ วิเคราะห์และสรุปประเด็นของปัญหา

2. ขั้นการออกแบบ เป็นขั้นตอนการแก้ไขปัญหา โดยศึกษาวิธีการแก้ปัญหาหลายแนวทางเลือก ในรูปของโครงร่าง Sketch design เพื่อวิเคราะห์และตัดสินรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

3. ขั้นดำเนินการ คือ เป็นขั้นตอนการผลิตตามแบบเพื่อทำการผลิตจริง โดยเริ่มจากการเขียนแบบ และการทำหุ่นจำลอง

4. ขั้นการประเมินผล คือ การนำเอาข้อมูลต่างๆ รูปแบบที่ได้รับการพัฒนาและแก้ปัญหาแล้วนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์จริง

2.8 ศึกษาข้อมูลด้านจิตวิทยาสีเพื่อการออกแบบ

2.8.1 ข้อมูลด้านสีเพื่อการออกแบบ

ความหมายของสี สี หมายถึง ลักษณะความเข้มของแสงสว่างที่ปรากฏต่อสายตา สีมีอิทธิพลต่อจิตใจมนุษย์ สีแต่ละสีให้ความรู้สึกที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งบางครั้งทำให้เกิดความรู้สึกสงบ บางทีทำให้เกิดความรู้สึกตื่นเต้น ร้อนแรง ในการใช้สีให้มีอิทธิพลต่อจิตใจมนุษย์นั้น จำเป็นต้องใช้ให้เหมาะสมกับอิทธิพลของสีแต่ละสี ตอลดทั้งเวลาและโอกาส วัฒนธรรม ประเพณี สภาพดินฟ้าอากาศและความเป็นอยู่ สมัยนิยมเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญทาให้เกิดการนิยมของสีซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตามนิสัยและการศึกษา ตัวอย่างชาวชนบทมักจะชอบใช้สีที่สดใสเป็นผลสืบเนื่องมาจากอิทธิพลทาง 60 ธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะอย่างเดียวกันเป็นต้นว่า สีจาพวกสีร้อนย่อมจะให้ความรู้สึกที่ก่อให้เกิดพลังวังชา ส่วนจาพวกสีเย็นนั้นให้ความรู้สึกสงบเยือกเย็นและสบายใจ

2.8.2 ข้อมูลจิตวิทยาสี

จิตวิทยาสี นักออกแบบผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องเรียนรู้ทฤษฎีเป็นอย่างดี จึงสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในขั้นปฏิบัติได้อย่างดีและเหมาะสมกับงานนั้นๆ เป็นที่ทราบกันแล้วว่า บรรดาสีทั้งหลายที่มีอยู่บนโลกนี้ มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ตั้งแต่แรกเกิดและจำความได้ สีมีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

- สีแดง ให้ความรู้สึกร้อน รุนแรง กระตุ้น ท้าทาย เคลื่อนไหว ตื่นเต้น เร้าใจ มีพลัง ความอุดมสมบูรณ์ ความมั่งคั่ง ความรัก ความสำคัญ อันตราย

- สีส้ม ให้ความรู้สึก ร้อน ความอบอุ่น ความสดใส มีชีวิตชีวา วัยรุ่น ความคึกคะนอง การปลดปล่อย ความเปรี้ยว การระวัง

- สีเหลือง ให้ความรู้สึกแจ่มใส ความสดใส ความร่าเริง ความเบิกบานสดชื่น ชีวิตใหม่ ความสด ใหม่ ความสุกสว่าง การแผ่กระจาย อำนาจบารมี

- สีเขียว ให้ความรู้สึก สงบ เงียบ ร่มรื่น ร่มเย็น การพักผ่อน การผ่อนคลาย ธรรมชาติ ความปลอดภัย ปกติ ความสุข ความสุขุม เยือกเย็น

- สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึกสงบ สุขุม สุภาพ หนักแน่น เคร่งขรึม เอาการเอางาน ละเอียด รอบคอบ สง่างาม มีศักดิ์ศรี สูงศักดิ์ เป็นระเบียบถ่อมตน

- สีม่วง ให้ความรู้สึก มีเสน่ห์ น่าติดตาม เร้นลับ ซ่อนเร้น มีอำนาจ มีพลังแฝงอยู่ ความรัก ความเศร้า ความผิดหวัง ความสงบ ความสูงศักดิ์

- สีฟ้า ให้ความรู้สึก ปลอดโปร่งโล่ง กว้าง เบา โปร่งใส สะอาด ปลอดภัย ความสว่าง ลมหายใจ ความเป็นอิสรเสรีภาพ การช่วยเหลือ แบ่งปัน

- สีขาว ให้ความรู้สึก บริสุทธิ์ สะอาด สดใส เบาบาง อ่อนโยน เปิดเผย การเกิด ความรัก ความหวัง ความจริง ความเมตตา ความศรัทธา ความดีงาม

- สีดำ ให้ความรู้สึก มืด สกปรก ลึกลับ ความสิ้นหวัง จุดจบ ความตาย ความชั่ว ความลับ ทารุณ โหดร้าย ความเศร้า หนักแน่น เข้มแข็ง อดทน มีพลัง

- สีชมพู ให้ความรู้สึก อบอุ่น อ่อนโยน นุ่มนวล อ่อนหวาน ความรัก เอาใจใส่ วัยรุ่น หนุ่มสาว ความน่ารัก ความสดใส

- สีเทา ให้ความรู้สึก เศร้า อาลัย ท้อแท้ ความลึกลับ ความหดหู่ ความชรา ความสงบ ความเงียบ สุภาพ สุขุม ถ่อมตน

- สีทอง ให้ความรู้สึก ความหรูหรา โอ่อ่า มีราคา สูงค่า สิ่งสำคัญ ความเจริญรุ่งเรือง ความสุข ความมั่งคั่ง ความร่ำรวย การแผ่กระจาย

2.8.3 การใช้สี

- สีแดง มีความอบอุ่น ร้อนแรง เปรียบดังดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังแสดงถึง ความมีชีวิตชีวา ความรัก ความปรารถนา เช่นดอกกุหลาบแดงวัน วาเลนไทน์ ในทางจราจรสีแดงเป็นเครื่องหมายประเภทห้าม แสดง ถึงสิ่งที่อันตราย เป็นสีที่ต้องระวัง เป็นสีของเลือด ในสมัยโรมัน สีของราชวงศ์เป็นสีแดง แสดงความมั่งคั่งอุดมสมบูรณ์และอำนาจ

- สีเขียว แสดงถึงธรรมชาติสีเขียว ร่มเย็น มักใช้สื่อความหมายเกี่ยวกับการ อนุรักษ์ธรรมชาติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม การเกษตร การเพาะปลูก การเกิดใหม่ ฤดูใบไม้ผลิ การงอกงาม ในเครื่องหมายจราจรหมาย ถึงความปลอดภัย ในขณะเดียวกัน อาจหมายถึงอันตราย ยาพิษ เนื่องจากยาพิษ และสัตว์มีพิษ ก็มักจะมีสีเขียวเช่นกัน

- สีเหลือง แสดงถึงความสดใส ความเบิกบาน โดยเรามักจะใช้ดอกไม้สีเหลือง ในการไปเยี่ยมผู้ป่วย และแสดงความรุ่งเรืองความมั่งคั่ง และฐานันดร ศักดิ์ ในทางตะวันออกเป็นสีของกษัตริย์ จักรพรรดิของจีนใช้ฉลอง พระองค์สีเหลือง ในทางศาสนาแสดงความเจิดจ้า ปัญญา พุทธศาสนา และยังหมายถึงการเจ็บป่วย โรคระบาด ความริษยา ทรยศ หลอกลวง

- สีน้ำเงิน แสดงถึงความเป็นสุภาพบุรุษ มีความสุขุม หนักแน่น และยังหมายถึง ความสูงศักดิ์ ในธงชาติไทย สีน้ำเงินหมายถึงพระมหากษัตริย์ ในศาสนา คริสต์เป็นสีประจำตัวแม่พระ โดยทั่วไป สีน้ำ

เงินหมายถึงโลก ซึ่งเราจะ เรียกว่า โลกสีน้ำเงิน (Blue Planet) เนื่องจากเป็นดาวเคราะห์ที่มองเห็น จากอวกาศโดยเห็นเป็นสีน้ำเงินสดใส เนื่องจากมีพื้นน้ำที่กว้างใหญ่

- สีม่วง แสดงถึงพลัง ความมีอำนาจ ในสมัยอียิปต์สีม่วงแดงเป็นสีของกษัตริย์ ต่อเนื่องมาจนถึงสมัยโรมัน นอกจากนี้ สีม่วงแดงยังเป็นสีชุดของพระ สังฆราช สีม่วงเป็นสีที่มีพลังหรือการมีพลังแอบแฝงอยู่ และเป็นสีแห่ง ความผูกพัน องค์การลูกเสือโลกก็ใช้สีม่วง ส่วนสีม่วงอ่อนมักหมายถึง ความเศร้า ความผิดหวังจากความรัก

- สีฟ้า แสดงถึงความสว่าง ความปลอดโปร่ง เปรียบเหมือนท้องฟ้า เป็นอิสระ เสรี เป็นสีขององค์การสหประชาชาติ เป็นสีของความสะอาด ปลอดภัย สีขององค์การอาหารและยา (อย.) แสดงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การ ใช้พลังงานอย่างสะอาด แสดงถึงอิสรภาพ ที่สามารถโบยบินเป็นสีแห่ง ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่ไม่มีขอบเขต

- สีทอง มักใช้แสดงถึง คุณค่า ราคา สิ่งของหายาก ความสำคัญ ความสูงส่ง สูงศักดิ์ ความศรัทธาสูงสุด ในศาสนาพุทธ หรือ เป็นสีกายของพระ พุทธรูป ในงานจิตรกรรมเป็นสีกายของพระพุทธเจ้า พระมหากษัตริย์ หรือเป็นส่วนประกอบของเครื่องทรง เจดีย์ต่าง ๆ มักเป็นสีทอง หรือ ขาว และเป็นเครื่องประกอบยศศักดิ์ ของกษัตริย์และขุนนาง

- สีขาว แสดงถึงความสะอาด บริสุทธิ์ เหมือเด็กแรกเกิด แสดงถึงความว่างเปล่า ปราศจากกิเลส ตัณหา เป็นสีอาภรณ์ของผู้ทรงศีล ความเชื่อถือ ความดีงาม ความศรัทธา และหมายถึงการเกิดโดยที่แสงสีขาว เป็นที่กำเนิดของแสงสี ต่าง ๆ เป็นความรักและความหวัง ความห่วงใยเอื้ออาทรและเสียสละของ พ่อแม่ ความอ่อนโยน จริงใจ บางกรณีอาจหมายถึง ความอ่อนแอ ยอมแพ้

- สีดำ แสดงถึงความมืด ความลึกลับ สิ้นหวัง ความตายเป็นที่สิ้นสุดของทุกสิ่ง โดยที่สีทุกสีเมื่ออยู่ในความมืด จะเห็นเป็นสีดำ นอกจากนี้ยังหมายถึง ความชั่วร้าย ในคริสต์ศาสนาหมายถึง ซาตาน อาถรรพ์เวทมนต์ มนต์ดำ ไสยศาสตร์ ความชิงชัง ความโหดร้าย ทำลายล้าง ความลุ่มหลงเมามัว แต่ยังหมายถึงความอดทน กล้าหาญ เข้มแข็ง และเสียสละได้ด้วย

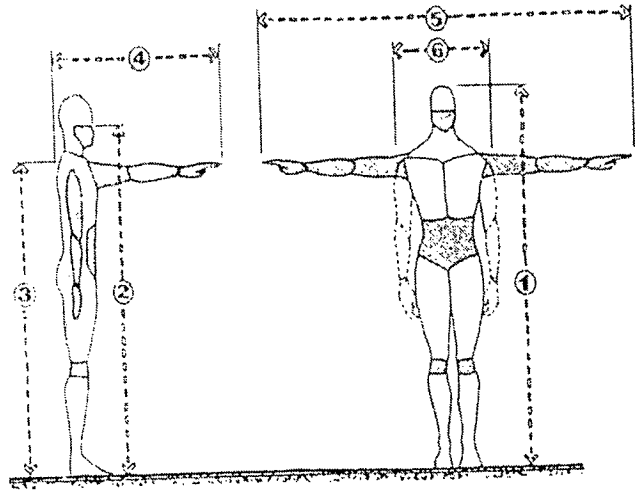
- สีชมพู แสดงถึงความอบอุ่น อ่อนโยน ความอ่อนหวาน นุ่มนวล ความน่ารัก แสดงถึงความรักของมนุษย์โดยเฉพาะรุ่นหนุ่มสาว เป็นสีของความ เอื้ออาทร ปลอบประโลม เอาใจใส่ดูแล ความปรารถนาดี และอาจ หมายถึงความเป็นมิตร เป็นสีของวัยรุ่น โดยเฉพาะผู้หญิง และนิยม ใช้กับสิ่งของเครื่องใช้ของเด็กวัยรุ่นเป็นส่วนใหญ่

2.9 ศึกษาข้อมูลพฤติกรรมของมนุษย์กับการออกแบบ

2.9.1 ส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ตารางที่ 2.12 การแสดงส่วนต่างๆ ของร่างกาย (อุดมศักดิ์ สาริบุตร , 2549 : 75)

หมายเลข	มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	138.36	149.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.81	143.29
4	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.07
5	ความกว้างกางแขน	151.56	164.13	177.08
6	ความกว้างของไหล่	37.51	40.63	43.83



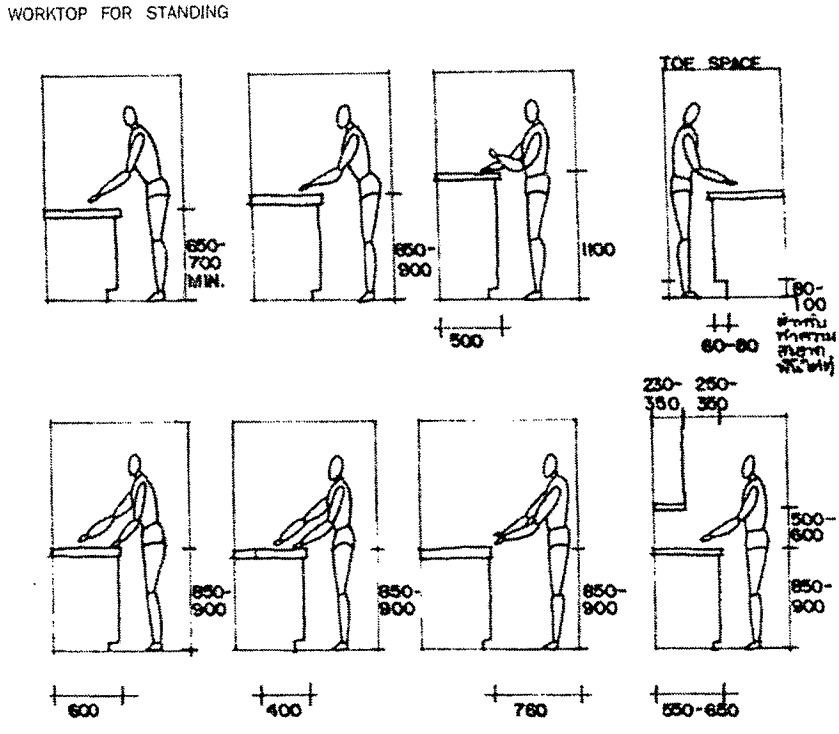
ภาพที่ 2.25 การแสดงภาพส่วนต่างๆ ของร่างกายขนาดสัดส่วนของมนุษย์
(อุดมศักดิ์ สาริบุตร , 2549 : 75)

ตารางที่ 2.13 แสดงตัวเลขขนาดของนิ้วมือและมือในมิติต่างๆ

ลำดับ	ขนาดสัดส่วน นิ้วมือและมือ	ผู้หญิง			
		P5	P50	P95	SD
1	ความยาวของมือ	159	174	189	9
2	ความยาวของฝ่ามือ	89	97	105	5
3	ความยาวของนิ้วโป้ง	40	47	53	4
4	ความยาวของนิ้วชี้	60	70	74	4
5	ความยาวของนิ้วกลาง	69	77	84	5
6	ความยาวของนิ้วนาง	59	66	73	4
7	ความยาวของนิ้วก้อย	43	54	57	4

ตารางที่ 2.13 แสดงตัวเลขขนาดของนิ้วมือและมือในมิติต่างๆ (ต่อ)

ลำดับ	ขนาดสัดส่วน นิ้วมือและมือ	ผู้หญิง			
		P5	P50	P95	SD
8	ความกว้างของนิ้วโป้ง	17	19	21	2
9	ความหนาของนิ้วโป้ง	15	18	20	2
10	ความกว้างของนิ้วชี้	16	18	20	1
11	ความหนาของนิ้วชี้	14	16	18	1
12	ความกว้างของฝ่ามือ	69	76	83	4
13	ความกว้างของฝ่ามือถึงข้อมือนิ้วโป้ง	84	92	99	5
14	ความกว้างของฝ่ามือที่แคบที่สุด	63	71	79	5
15	ความหนาของนิ้วมือ	24	28	33	3
16	ความหนาของมือ	40	45	50	3
17	เส้นรอบวงในมือจับวัตถุ	43	48	53	3
18	ความยาวสุดปลายนิ้วขณะกางนิ้วมือ	165	190	215	15
19	ระยะของนิ้วมือที่สามารถจับยึดได้ด้วยนิ้วโป้งและนิ้วนาง	109	127	145	11
20	ขนาดของนิ้วมือที่สามารถสอดผ่านพื้นที่สี่เหลี่ยม	50	58	67	5



ภาพที่ 2.42 การแสดงลักษณะส่วนต่างๆ ของร่างกายในลักษณะ Worktop for standing (กิติ สินธุเสก, 2551 : 46)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจษฎาพล กิตติพัฒนวิทย์ท (2548 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องบดย่อยเศษพืช ที่มีความสามารถในการบดย่อยเศษพืชแบบสด เศษพืชที่นำมาเป็นตัวอย่างการทดสอบได้แก่ ทางมะพร้าว,กิ่งมะม่วง,กิ่งส้มเขียวหวาน ซึ่งผลของเศษพืชที่ได้ออกมานั้นเป็นตามเกณฑ์มาตรฐานและคุณลักษณะที่เหมาะสมกับงานทางด้านการเกษตรกรรม หรือการทำปุ๋ยพืชสด และศึกษาความคิดเห็นที่ต่อเครื่องบดย่อยเศษพืชที่สร้างและพัฒนาขึ้น คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสะบาย และด้านความปลอดภัยในการใช้งาน โดยมีกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือกลุ่มเกษตรกร ผู้เลี้ยงสัตว์และปลูกพืชเป็นอาชีพหลัก อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 30 คน

ผลสรุปจากการทดสอบประสิทธิภาพเศษพืชทั้ง 3 ชนิด โดยมี ทางมะพร้าว,กิ่งมะม่วง,กิ่งส้มเขียวหวาน ได้ผลออกมาว่า ขนาดความหนาและความกว้างของเศษพืชที่ได้จากกระบวนการบดย่อยโดยมีเครื่องบดย่อยโดยเครื่องบดย่อยเศษพืช ที่สร้างและพัฒนาขึ้น มีขนาดความหนาและความกว้างของเศษพืชนั้นเป็นไปตามเกณฑ์และคุณลักษณะที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเกษตรกรรม เช่นทำปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมัก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยเศษพืชกับตัวอย่างเศษพืชที่ได้รับการบดย่อยนั้น ได้ออกมาดังนี้ ทางมะพร้าว จำนวน 1 กิโลกรัม โดยการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยรวมของเวลาเท่ากับ 3.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.62 กิ่งส้มเขียวหวาน จำนวน 1 กิโลกรัม โดยการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยรวม 2.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17 จึงแสดงได้ว่าเศษพืชที่ผ่านกระบวนการบดย่อยจากเครื่องบดย่อยเศษพืชที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยเฉลี่ยมีขนาดที่ละเอียดมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานและ ใช้เวลาน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน