บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์สำหรับซ่อมบำรุงผิวทางโดยใช้แรงดันจากท่อไอเสียของรถบรรทุก 6 ล้อในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์ฯ จากเอกสาร ตำรา บทความทางอินเตอร์เน็ต รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการ ดังนี้

1. กิจกรรมงานบำรุงรักษาทาง
    1.1 ความหมายของงานบำรุงรักษาทาง
    1.2 ปริมาณความเสียหาย ของเส้นทาง
    1.3 การจำแนกกิจกรรมงานบำรุงรักษาทาง
2. ศาสตร์ของแรงลม
    2.1 Pipeline
    2.2 Air activated gravity
    2.3 Tube
3. ศาสตร์การไหล
    3.1 ลักษณะการไหลชนิดต่าง ๆ
    3.2 การเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อ
4. เครื่องสเปรย์ยางที่มีใช้ในปัจจุบัน
    4.1 สมมติฐานต่อกระบวนการทำงานของเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์สำหรับซ่อมบำรุงผิวทางโดยใช้แรงดันจากท่อไอเสียของรถบรรทุก 6 ล้อ
    4.2 เครื่องสเปรย์ยางที่มีใช้ในปัจจุบัน
    4.3 ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสเปรย์ยางที่มีอยู่ในปัจจุบัน (เดิม)
    4.4 การเติมยางลงในถัง
    4.5 การเดินยางเวียนในถัง
    4.6 การพ่นยางด้วยแฮนด์สเปรย์

5. วัสดุที่ใช้พัฒนาเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์
    5.1 หัวฉีด
    5.2 วัสดุเชื่อมต่อ
    5.3 ข้อต่อแบบต่างๆ
    5.4 เข็มขัดรัด
    5.5 ประเภทท่อ
6. ยางแอสฟัลท์
    6.1 ชนิดของยางแอสฟัลท์แบ่งตามแหล่งกำเนิด
    6.2 ยางแอสฟัลท์ในงานก่อสร้างผิวจราจร
    6.3 ประเภทของยางแอสฟัลท์
    6.4 ปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร
7. การซ่อมบำรุงผิวทาง
    7.1 ประเภทและชนิดความเสียหายของผิวทางแอสฟัลท์
    7.2 วิธีการซ่อมบำรุงถนนผิวทางแอสฟัลท์
    7.3 การซ่อมบำรุงผิวทางขนาดเล็กจนถึงปานกลาง
    7.4 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงผิวทาง
    7.5 การยุบตัวเป็นแอ่ง
    7.6 รอยร่องล้อ
8. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
    8.1 ความหมายของประสิทธิภาพ
9. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
    9.1 ความหมายของความพึงพอใจ
    9.2 การวัดความพึงพอใจ
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลต์
    10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

1. กิจกรรมงานบำรุงรักษาทาง

1.1 ความหมายของงานบำรุงรักษาทาง งานบำรุงรักษาทาง หมายถึง งานที่ต้องดำเนินการในการดูแลรักษาซ่อมแซมทางหลวง เพื่อให้ทางหลวงยังคงสภาพเหมือนงานก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ เป็นงานที่ต้องทำเป็นกิจวัตร เพื่อรักษาเส้นทางหลวงภายใต้ภาวะปกติของการจราจรและธรรมชาติ ให้มีสภาพใกล้เคียงกับเมื่อแรกสร้างของสายทางสายนั้นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ยังรวมถึงกิจกรรมในการเสริมความแข็งแรง การยืดอายุบริการ การติดตั้ง และการเสริมแต่งในสิ่งที่ไม่ได้ก่อสร้างไว้ เพื่อให้ ทางหลวงมีสภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีความสะดวก และปลอดภัยแก่ผู้ใช้เส้นทาง ในบางลักษณะต้องกระทำต่อเนื่องกันตลอดปี บางลักษณะต้องกระทำตามช่วงเวลา และบางลักษณะต้องกระทำโดยฉับพลัน

1.2 ปริมาณความเสียหาย ของเส้นทาง ปริมาณความเสียหาย ของเส้นทางที่เกิดขึ้นในแต่ละปีแต่ละแห่งมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน แต่ที่พบโดยส่วนใหญ่และมีการซ่อมบำรุงบูรณะกันอย่างสม่ำเสมอนั้น โดยมากแล้วจะเป็นความเสียหายที่มีปริมาณความกว้างของพื้นที่ที่ชำรุดเป็นบริเวณไม่กว้าง เป็นเพียงจุดความเสียหายที่มีขนาดเล็กถึงปานกลางเท่านั้น หากแต่มีความจำเป็นที่ต้องมีการซ่อมบำรุงซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดเป็นปัญหาการชำรุดเสียหายมากกว่าเดิมจนกลายเป็นปัญหาใหญ่ การซ่อมบำรุงจะใช้เวลาและงบประมาณเป็นจำนวนมาก และกลายเป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้เส้นทางได้

1.3 การจำแนกกิจกรรมงานบำรุงรักษาทาง กรมทางหลวงได้จำแนกกิจกรรมงานบำรุงรักษาทางออกเป็นกิจกรรมต่างๆ คือ งานบำรุงปกติ งานบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา งานบำรุงพิเศษ และงานบำรุงฉุกเฉิน ดังนี้

งานบำรุงปกติ (Routine Maintenance) หมายถึง การบำรุงรักษาทางอยู่เป็นประจำ เพื่อให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี ทำให้ผู้ใช้ถนนได้รับความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยในการขับขี่และเพื่อป้องกันมิให้ความเสียหายลุกลามแผ่กว้างออกไป เช่น งานกวาดเกลี่ยหรือขึ้นรูปบดทับใหม่สำหรับผิวทางลูกรัง งานอุดรอยแตก (Sealing) งานฉาบผิว (Seal Coat) งานปะซ่อมผิวทาง (Skin Patch) งานขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patch) ของผิวลาดยาง และงานอุดรอยต่อของผิวคอนกรีต เป็นต้น

งานบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance) หมายถึง การบำรุงรักษาทางตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อเป็นการต่ออายุให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้นานขึ้น เช่น งานเสริมผิวลูกรัง, งานฉาบผิวทางลาดยาง งานเสริมผิวแอสฟัลท์ติก คอนกรีต เป็นต้น

งานบำรุงพิเศษ (Special Maintenance) หมายถึง การบำรุง เสริมแต่ง และปรับปรุงทางที่ชำรุด เสียหายเกินกว่าที่จะทำการซ่อมบำรุงโดยวิธีปกติ ให้กลับสู่สภาพเดิม รวมทั้งแก้ไขปรับปรุงหรือเพิ่มเติมสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้การใช้ทางหลวงเป็นไปด้วยความปลอดภัย เช่น งานซ่อมสร้างทาง งานปรับปรุงไหล่ทางงานปรับปรุงคอสะพาน งานซ่อมไหล่ทาง งานซ่อมสะพาน งานแก้ไขน้ำท่วมทางงานก่อสร้างทางระบายน้ำถาวร และงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น

งานซ่อมฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) การซ่อมบำรุงทางที่เกิดความเสียหายขึ้นโดยฉับพลัน ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ให้สามารถเปิดการจราจรได้ในขั้นแรกก่อน เช่น การเกิดอุทุกภัย ทำให้ถนนขาดหรือลื่นไถล (Slide) หรือเกิดวาตภัย ทำให้ต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ล้มลงมาปิดกันการจราจร หินหรือดินบนภูเขาถล่มลงมากองบนถนนทำให้ยวดยานไม่สามารถสัญจรไปมาได้ เป็นต้น

2. ศาสตร์ของแรงดันลม

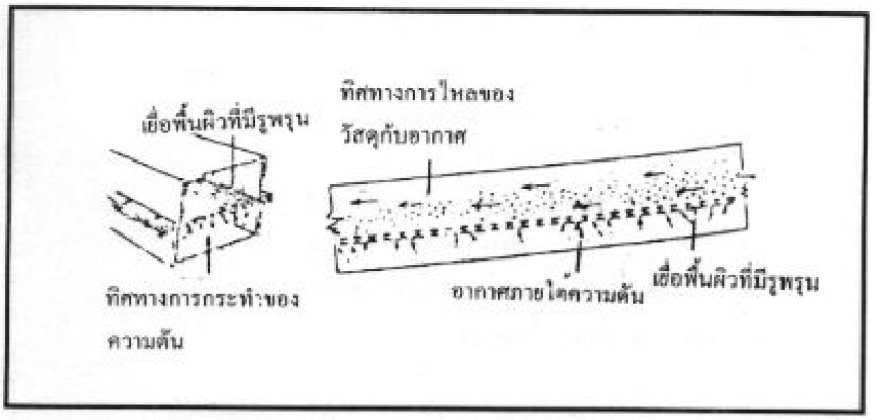
การขนถ่ายวัสดุด้วยแรงดันลม (Pneumatic Conveyor) เป็นวิธีการขนถ่ายวัสดุชนิดหนึ่งที่ต้องใช้ทักษะหรือศิลปะมาประกอบกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ (มนตรี โชติวรวิทย์, 2545, หน้า 7) เพราะโดยหลักการต้องทำให้อากาศภายในท่อมีแรงดันสูงกว่าบรรยากาศปกติ (14.7 PSI. ที่ 70 องศา ณ ระดับ น้ำทะเล) หรือลดแรงดันที่ปลายด้านให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ตามวิธีดังกล่าวจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ และทำให้เกิดความดันสมบูรณ์ขึ้นจำนวนหนึ่ง เมื่ออากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่พอเหมาะสมจะพาให้วัสดุในท่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่พอเหมาะก็จะพาให้วัสดุในท่อเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการที่วัสดุ จะเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนการที่วัสดุจะเคลื่อนที่ได้มากหรือน้อย ย่อมขึ้นอยู่กับ ชนิด น้ำหนัก ความหนาแน่น และองค์ประกอบอื่น ๆ ของวัสดุ ซึ่งแตกต่างกันออกไปวิธีการขนถ่ายวัสดุนี้ ได้เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1866 คือคนเราเริ่มรู้จักนำพัดลม (Fan) เป่าลมเข้าไปในท่อพอประมาณปีค.ศ. 1890 ได้มีการใช้ท่อลมเพื่อลำเลียงแจ้งยอดการขายในห้างสรรพสินค้า และต่อมาได้มีการดัดแปลงหลักการนี้ ใช้สำหรับขนวัสดุ ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน แต่การใช้งานยังจำกัดอยู่ เพราะใช้ขนวัสดุได้เฉพาะพวกวัสดุเบา ๆ เช่น ขี้เลื่อยฝุ่นผง ภายหลังได้มีการพัฒนาใช้ระบบสุญญากาศ ร่วมกับระบบความดัน ทำให้ใช้ท่อขนาดเล็กลง และสามารถขนถ่ายได้ระยะทางไกล ๆ โดยใช้ท่อขนาดเล็กได้ เครื่องมือที่ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุด้วยลมนี้เรียกว่า นิวเมติคคอนเวเยอร์ (Pneumatic Conveyor) ความหมายของคำว่า “นิวเมติคคอนเวเยอร์” คือ เครื่องมือขนถ่ายวัสดุชนิดหนึ่งใช้สำหรับลำเลียงวัสดุ ที่มีลักษณะเป็นเมล็ด หรือเป็นกลุ่มก้อน หรือลักษณะอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน โดยวัสดุเหล่านี้ จะอยู่ในสภาพแห้ง สามารถลอยตัวได้ง่ายและเป็นอิสระในการ

เคลื่อนที่ วัสดุเหล่านี้จะถูกลำเลียงอยู่ในท่อทาง โดยใช้แรงดันของกระแสอากาศ สุญญากาศ หรือแรงดึงดูดของโลกโดยทั่ว ๆ ไป จะแบ่ง นิวเมติคคอนเวเยอร์ เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

2.1 Pipeline เป็นระบบที่ใช้ความดัน หรือสุญญากาศ หรือใช้ทั้งสองแบบรวมกัน

2.2 Air Activated Gravity เป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม เอียงทำมุมต่าง ๆ กัน ทำงานด้วยแรงดึงดูดของโลก

2.3 Tube เป็นระบบท่อ (Tubular System) ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ จนถึง 15 ตารางนิ้ว ใช้ในโรงงาน, ห้องเครื่องมือ, ธนาคาร, โรงพยาบาล ฯลฯ ใช้สำหรับลำเลียงอะไหล่และเครื่องมือขนาดเล็ก, เงิน, แบบพิมพ์เขียว ฯลฯ



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ลำเลียงแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

ที่มา : (กีรติ ลีวัจนกุล, 2550)

ปกติเราสามารถใช้นิวเมติคคอนเวเยอร์ ขนถ่ายวัสดุได้ทั้งแนวดิ่ง, แนวระดับ, เอียงทำมุม หรือแนวโค้งได้ นอกจากนี้ยังเหมาะสมสำหรับขนวัสดุจากที่สูงลงข้างล่าง (Unloading) และสามารถใช้ขนวัสดุที่เป็นหน่วย (Unit Handling) ได้ด้วย เช่น ไปรษณียาภัณฑ์ต่าง ๆ

3. ศาสตร์การไหล

พื้นฐานของการวิเคราะห์การไหล (Foundations of Flow Analysis) (ชลศาสตร์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, 2550, หน้า 4) โดยทั่วไปคนเราสามารถบอกความแตกต่างได้ว่าอะไรเป็นของแข็ง อะไรเป็นของไหล แต่ถ้าให้บอกถึงนิยามมักจะตอบไม่ได้ ในทางวิศวกรรมตัวแปรที่ใช้แยกความแตกต่างระหว่างของไหลและของแข็งคือ ความเค้นเฉือน (Shear Stress) เมื่อมีความเค้นเฉือน

เล็กน้อยกระทำต่อวัตถุของแข็ง จะทำให้วัตถุเกิดการเสียรูปร่างที่คงที่ แต่ไม่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น (Static Deformation) แต่สำหรับของไหลแล้ว ความเค้นเฉือนทำให้ของไหลเสียรูปร่างอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่ ของไหลที่อยู่นิ่งจะไม่มีความเค้นเฉือนมากระทำอย่างเด็ดขาด

3.1 ลักษณะการไหลชนิดต่าง ๆ

ชนิดของการไหลสามารถแบ่งแยกย่อยได้หลายประเภทดังนี้

3.1.1 แบ่งตามความหนืด เราสามารถแบ่งการไหลตามความหนืดเป็นการไหลแบบมีความหนืด (Viscous Flow) และแบบไม่มีความหนืด (In Viscous Flow) การไหลแบบมีความหนืด คือการไหลเมื่อความหนืดของของไหลมีผลต่อความเร็ว

3.1.2 แบ่งตามความราบเรียบของการไหล เราสามารถแบ่งการไหลตามความราบเรียบของการไหล โดยแบ่งเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) การไหลแบบราบเรียบนั้น โครงสร้างของการไหลจะมีลักษณะเป็นการเคลื่อนที่ของแต่ละชั้นของของไหลอย่างราบเรียบ

3.1.3 แบ่งตามความสามารถในการอัดตัว เราสามารถแบ่งการไหลตามความสามารถในการอัดตัว โดยแบ่งเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flow) และการไหลแบบอัดตัวได้ (Compressible Flow) ในการไหลแบบอัดตัวไม่ได้นั้น การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นจะมีผลน้อยมากจนสามารถประมาณได้ว่า ความหนาแน่นมีค่าคงที่ตลอดการไหล สำหรับของเหลวถือได้ว่าเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ยกเว้นปรากฏการณ์ค้อนน้ำ (Water Hammer) และคาวิเตชั่น (Cavitation)

3.1.4 แบ่งตามขอบเขตของการไหล เราสามารถแบ่งการไหลตามขอบเขตของการไหล โดยแบ่งเป็น การไหลภายนอก(External Flow) และการไหลภายใน (Internal Flow) ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าของไหลถูกปิดล้อมหรือไม่ ถ้าหากถูกปิดล้อมมีขอบเขตก็ถือว่าเป็นการไหลภายใน มิเช่นนั้นก็เป็นการไหลภายนอก

3.1.5 แบ่งตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เราสามารถแบ่งการไหลตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยแบ่งเป็น การไหลแบบคงที่(Steady Flow) และการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) ในการไหลแบบคงที่นั้นคุณลักษณะของการไหลจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเวลา ส่วนในการไหลแบบไม่คงที่นั้นคุณสมบัติของการไหลจะมีการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาภาพรวมของการแบ่งลักษณะของการไหลแบบชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.2 การเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อ

กระแสของไหล การส่งกำลังระบบไฮดรอลิกส์ แนวความคิดของการไหลของของเหลวภายในท่อเป็นแบบเส้นตรง (ไมนตรี โชติวรวิทย์, 2538, หน้า 16) เพราะว่าทุกส่วนของการไหลเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นขนาน ระหว่างที่เกิดการไหล ชั้นของของไหลจะไหลไปบนพื้นผิวของท่ออย่างช้าๆ เพราะมีแรงเสียดทานของของไหลกับผนังท่อ แต่ละชั้นของของไหลจะเลื่อนตามต่อๆ กันไปโดยมีแรงเสียดทานน้อยที่สุดจนกระทั่งของไหลในชั้นที่ใกล้กับศูนย์กลางไหลได้เร็วที่สุด เมื่อของไหลต้องไหลผ่านไปในท่อที่ลดขนาด การจำกัดการไหลควรจะเกิดขึ้นทีละน้อยเท่าที่จะเป็นไปได้ จำนวนของไหลที่ไหลผ่านท่อลดขนาดจะค่อยๆ เพิ่มความเร็วขึ้น

4. การสเปรย์ยางในปัจจุบัน

4.1 สมมติฐานต่อกระบวนการทำงานของเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์สำหรับซ่อมบำรุงผิวทางโดยใช้แรงดันจากท่อไอเสียของรถบรรทุก 6 ล้อ

4.1.1 แรงดันจากท่อไอเสียผ่านเข้าสายยางที่เชื่อมต่อเข้ากับสามทางซึ่งเชื่อมต่อกับถังยางแอสฟัลท์ขนาด 200 ลิตร แรงดันจากท่อเมื่อรวมตัวกันในปริมาณที่มากพอจะขับดันยางแอสฟัลท์ที่อยู่ข้างในออกมาทางปากถังขาออกอีกด้านหนึ่ง

4.1.2 ยางแอสฟัลท์ที่ถูกแรงดันดันออกมาจะไหลตามสายยางแล้วผ่านท่อประปาเหล็กออกมาทางหัวสเปรย์

4.1.3 ในการควบคุมแรงดันของไอเสียรถบรรทุก 6 ล้อ จะถูกควบคุมโดยยูเนียน 2 ตัว ที่เชื่อมต่ออยู่กับสามทาง ยูเนียนด้านขาเข้าเป็นตัวควบคุมการเข้าของแรงดันท่อไอเสีย ส่วนอีกด้านหนึ่งจะปิดไว้ในขณะที่ใช้งานการสเปรย์ยาง และจะเปิดออกเพื่อพักการใช้งานเพื่อให้แรงดันออกผ่านไปนอกตัวถังยางแอสฟัลท์

4.2 เครื่องสเปรย์ยางที่มีใช้ในปัจจุบัน

เครื่องสเปรย์ยางที่มีอยู่ในปัจจุบัน (เดิม) (ข้อกำหนดมาตรฐานงานทาง, 2549, หน้า 2) เครื่องสเปรย์ยาง (Asphalt Distributor) ตัวเดิมหรือปัจจุบัน เป็นเครื่องสเปรย์ชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง โดยมีถังบรรจุยางแอสฟัลท์ติดตั้งบนรถบรรทุกหรือรถพ่วง และประกอบด้วยอุปกรณ์จำเป็นในการใช้งานดังนี้

1. ไม้วัด (Dipstick) หรือเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลท์ในถัง
2. หัวเผาให้ความร้อนแอสฟัลท์ (Burner)
3. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแอสฟัลท์ (Thermometer)

4. ปั๊มแอสฟัลท์ (Asphalt Pump)

5. เครื่องต้นกำลังหรือเครื่องท้าย (Power Unit)

6. ท่อพ่นแอสฟัลท์ (Spray Bar) พร้อมหัวฉีด (Nozzle)

7. ท่อพ่นแอสฟัลท์แบบมือถือ (Hand Spray)

8. อุปกรณ์วัดปริมาณการพ่นแอสฟัลท์ (Bitumeter)

9. ถังบรรจุแอสฟัลท์บนรถ (Asphalt Tank)

4.3 ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสเปรย์ยางที่มีอยู่ในปัจจุบัน (เดิม)

1. สามารถดูดแอสฟัลท์ที่เตรียมไว้แล้วเข้าถังบรรจุแอสฟัลท์บนรถได้

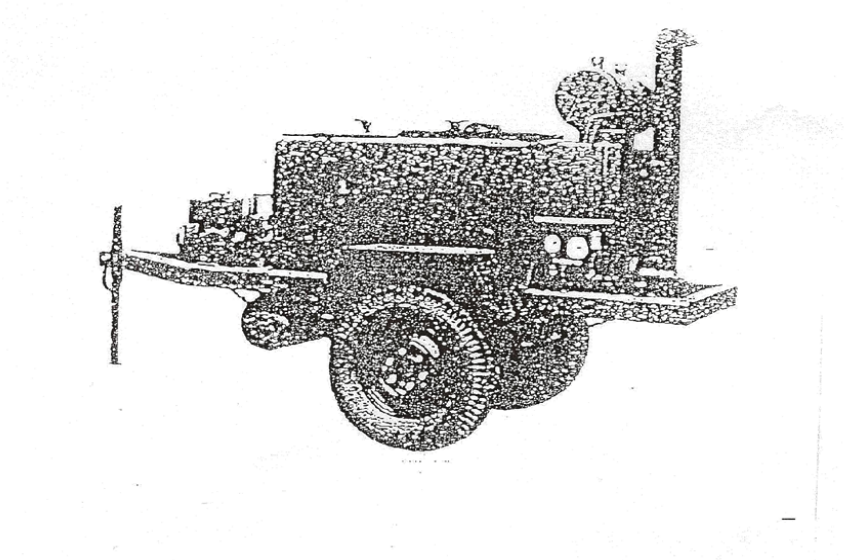
2. สามารถหมุนเวียนแอสฟัลท์ในท่อพ่นแอสฟัลท์ และในถังบรรจุแอสฟัลท์บนรถได้

3. พ่นแอสฟัลท์ผ่านทางท่อพ่นแอสฟัลท์ และท่อพ่นแอสฟัลท์แบบมือถือได้

4. ดูดแอสฟัลท์จากท่อพ่นแอสฟัลท์หรือท่อพ่นฟัลท์แบบมือถือกลับสู่ถังบรรจุแอสฟัลท์บนรถได้

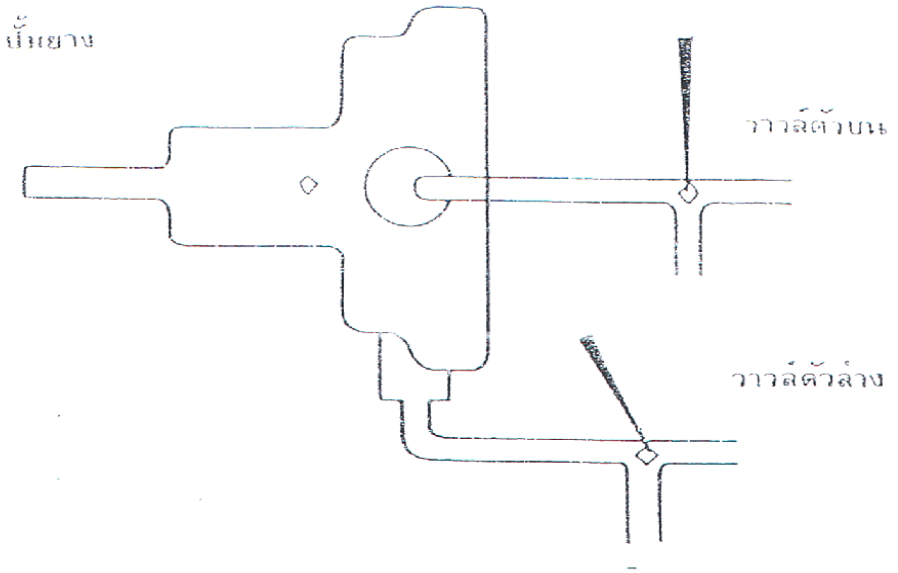
5. ดูดแอสฟัลท์จากถังบรรจุแอสฟัลท์บนรถไปยังถังเก็บแอสฟัลท์ภายนอกได้

6. ปริมาณแอสฟัลท์ที่พ่น เท่ากับ 1.2 ลิตร / 1 ตารางเมตร



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทั่วไปของเครื่องสเปรย์ยางที่ใช้ในปัจจุบัน

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 3)



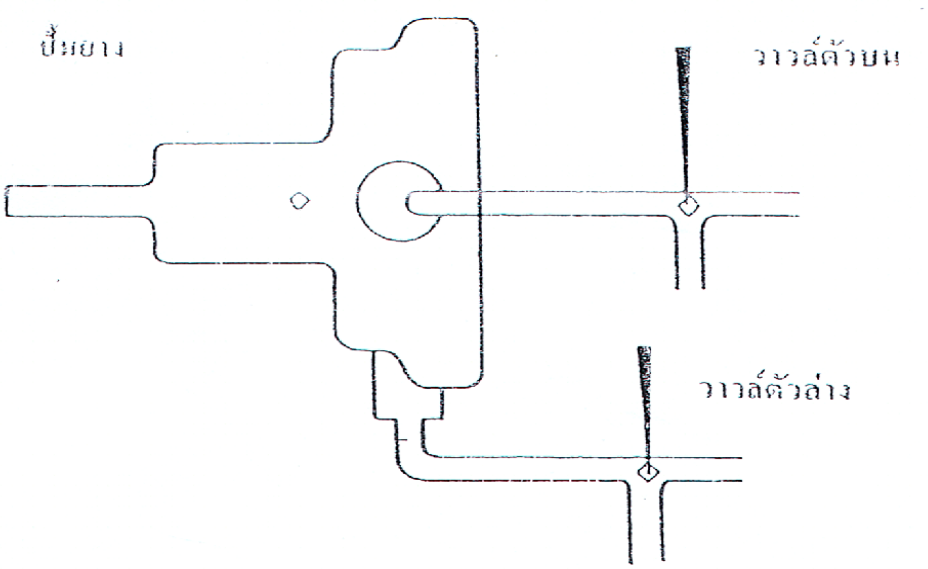
ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของวาล์วในการใช้งาน

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 4)

ตามรูปจะเห็นว่าวาล์วสำหรับควบคุมการ เปิด – ปิด ของยางไปตามตำแหน่งการใช้งาน อยู่ 2 ตัว วาล์วตัวบนและวาล์วตัวล่าง ซึ่งจะมีตำแหน่ง เปิด – ปิด ตามตารางที่แสดงไว้

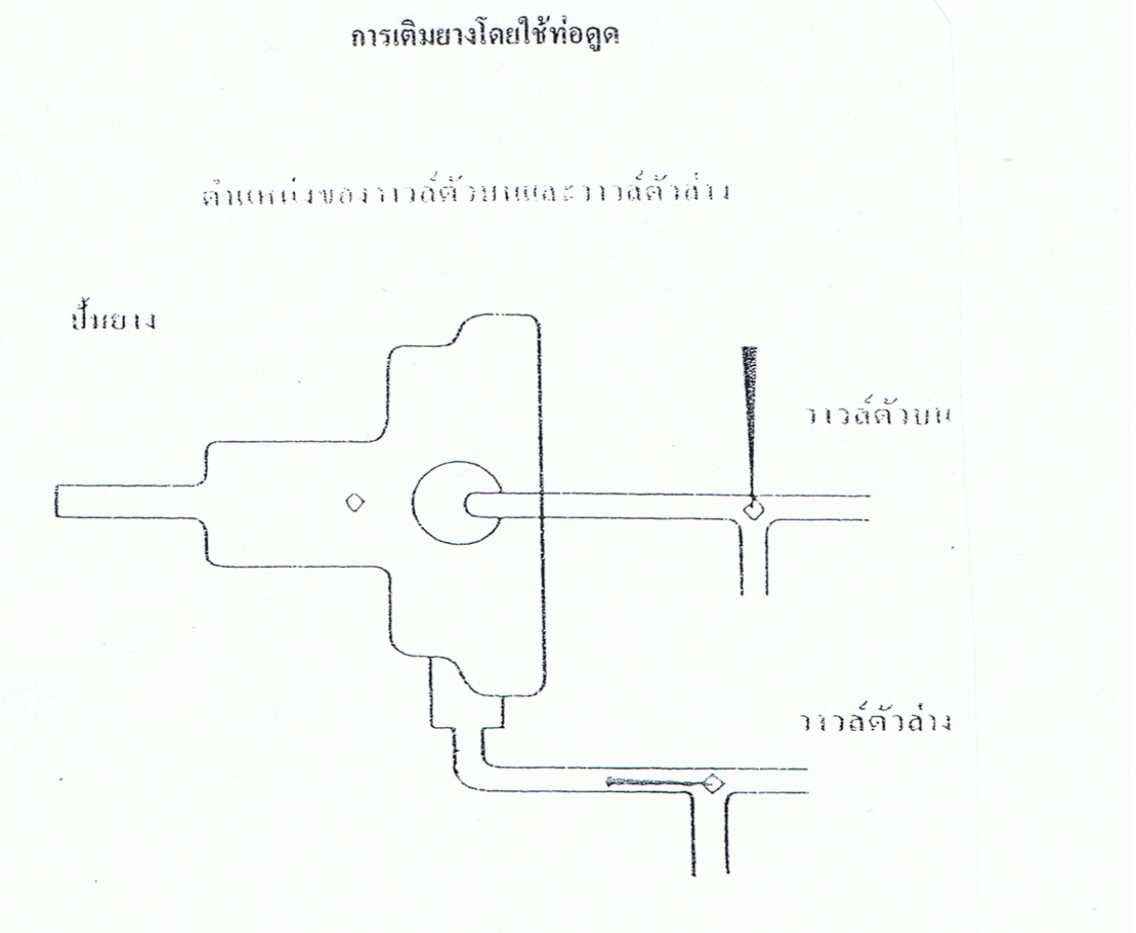
4.4 การเติมยางลงในถัง

การเติมยางลงในถัง อาจกระทำได้ 2 วิธี คือ เทลงทางฝาถัง (Manhole) และผ่านท่อดูดยาง (Suction Line)



ภาพที่ 4 แสดงการเติมทางฝาถังตำแหน่งของวาล์วตัวบนและตัวล่าง (เทลงทางฝาถัง)

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 5)

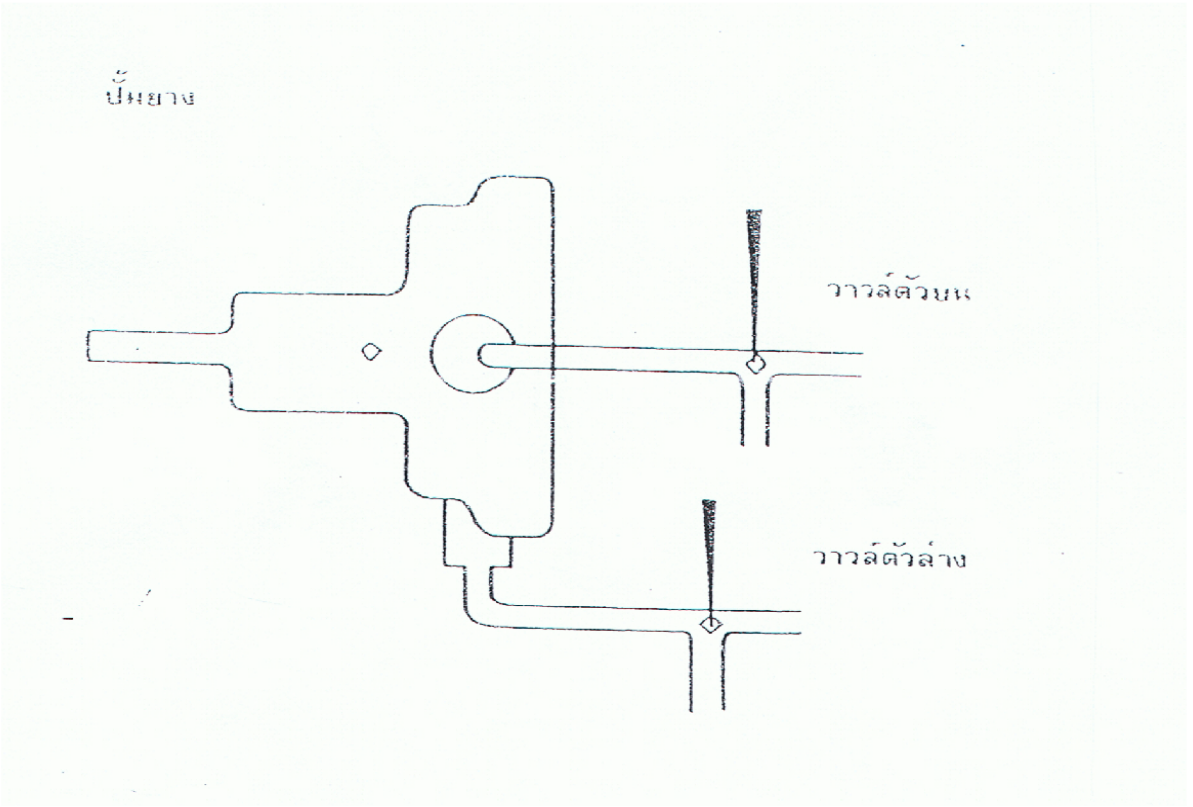


ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งของวาล์วตัวบนและตัวล่างของการเติมยางโดยใช้ท่อดูด
ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 6)

1. นำสายดูดยางมาต่อเข้ากับท่อดูดยางขันข้อต่อให้แน่น
2. ยางที่จะดูดใส่ถัง ควรอุ่นให้ร้อน
3. หมุนวาล์วตัวบนและตัวล่างไปยังตำแหน่งดูดยาง
4. สตาร์ทเครื่องยนต์แล้วเข้าเกียร์ปั๊มยางนำสายดูดยางจุ่มลงถังยางที่ดูด จรได้ปริมาณยางที่ต้องการแล้วจึงปลดคลัช

4.5 การเดินยางเวียนในถัง (Circulating)

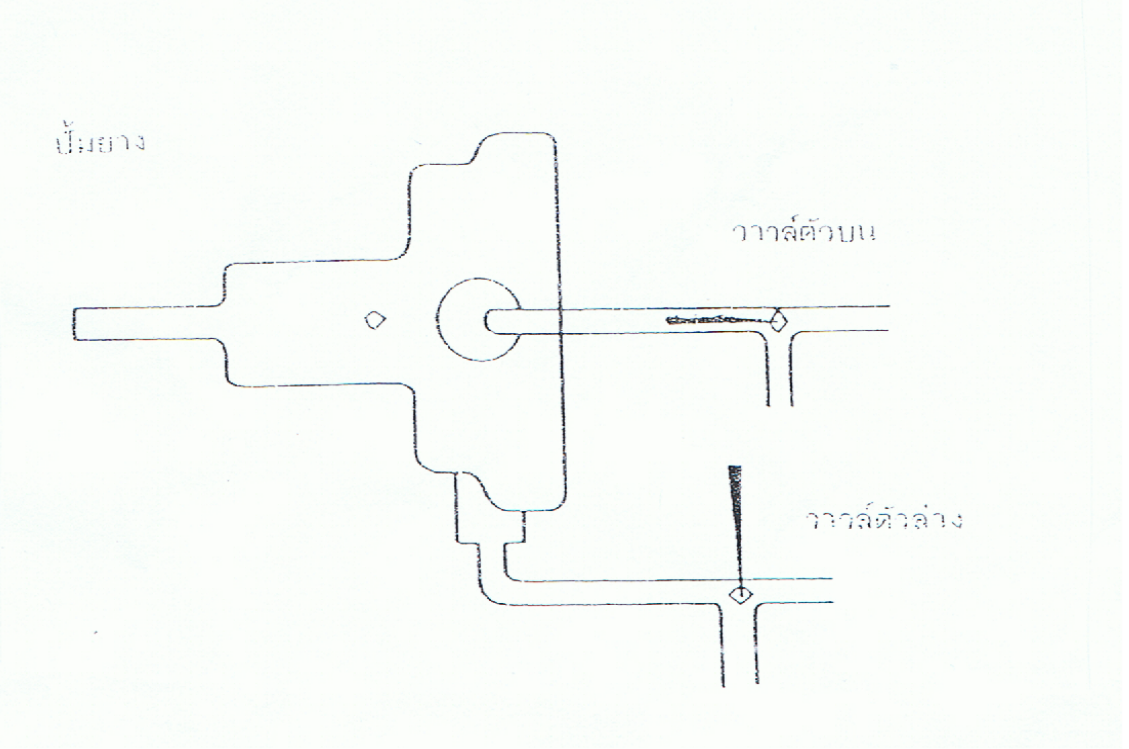
การเดินยางเวียนในถัง (Circulating) โดยหมุนวาล์วตัวบนและตัวล่างไปยังตำแหน่งเวียนยางในถัง (Circulating) ต้องเวียนยางในถังให้นานพอสมควรเพื่อเป็นการอุ่นวาล์วและปั๊มให้ร้อนตลอดเวลาก่อนจะเริ่มใช้แฮนด์สเปรย์ การเวียนยางจะใช้รอบปั๊มช้า ๆ



ภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งของวาล์วตัวบนและตัวล่างของการเดินยางเวียนในถัง

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 8)

4.6 การพ่นยางด้วยแฮนด์สเปรย์ (Hand Spraying)



ภาพที่ 7 แสดงตำแหน่งของวาล์วตัวบนและตัวล่างการพ่นยางด้วยแฮนด์สเปรย์
ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 9)

1. ต่อสายแฮนด์สเปรย์พร้อมด้ามสเปรย์เข้ากับท่อพ่นยาง โดยมีกรองติดตั้งอยู่
2. ปิดวาล์วที่ด้ามถือแฮนด์สเปรย์
3. หมุนวาล์วจากตำแหน่ง (Circulating) มาเป็น (Spraying)
4. ปรับปริมาณของยางที่พ่นออกจากการเร่งเครื่องยนต์ หรือวาล์วที่ด้ามมือ
5. เมื่อต้องการไล่ยางที่ค้างในสายแฮนด์สเปรย์ออกให้หมุนวาล์วไปยังตำแหน่ง ล้างยางที่ค้างอยู่ในสายจะถูกพ่นออก ในขณะเดียวกันก็สามารถทำการล้างปั๊มและสายแฮนด์สเปรย์ได้

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์ที่ใช้ในปัจจุบัน และข้อมูลของการซ่อมบำรุงทางจากประชากรกลุ่มตัวอย่าง (เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการด้านการซ่อมบำรุงผิวทาง หมวดการทางพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์) ทำให้รับรู้ถึงที่มาของปัญหาคือ หน่วยงานขาดแคลนเครื่องสเปรย์ยาง เนื่องจากเครื่องสเปรย์ยาง (Asphalt Distributor) ตัวเดิมหรือที่มีใช้ในปัจจุบันมี

ราคาสูง คุณสมบัติเหมาะสำหรับงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงทางที่มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการซ่อมบำรุงทางขนาดเล็กจนถึงปานกลางที่มีการซ่อมบำรุงอยู่เป็นประจำ เพราะการใช้งานของการซ่อมบำรุงทางขนาดเล็กจนถึงปานกลางนั้นจะใช้งานในคุณสมบัติบางอย่างที่มีในเครื่องสเปรย์ยาง (Asphalt Distributor) ตัวเดิมหรือปัจจุบันเท่านั้น คือ พ่นแอสฟัลท์ผ่านทางท่อพ่นแอสฟัลท์ และท่อพ่นแอสฟัลท์แบบมือถือได้ ในส่วนคุณสมบัติการทำงานข้ออื่น ๆ การซ่อมบำรุงทางขนาดเล็กจนถึงปานกลาง จะไม่ได้นำมาใช้งานแต่อย่างใด

5. วัสดุที่ใช้พัฒนาเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลท์

5.1 หัวฉีด (ชาญ ถนัดงาน, 2523,หน้า 12) คือ อุปกรณ์ที่ฉีดพ่นของเหลวให้เป็นฝอย ของเหลวจะแตกตัวเป็นละอองเล็ก ๆ และฟุ้งกระจายเป็นละอองได้ต้องใช้พลังงาน ดังนั้น หัวฉีดจึงถูกแบ่งออกตามประเภทของพลังงานที่ก่อให้เกิดละออง หัวฉีดโดยทั่ว ๆ ไป จะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) ทำให้สารแตกกระจายเป็นละอองสาร
2) ควบคุมการกระจายของละอองสาร
3) ควบคุมอัตราการไหลของสาร

5.1.1 ประเภทของหัวฉีด หัวฉีดถูกแบ่งออกตามประเภทของพลังงานที่ก่อให้เกิดละอองได้ดังนี้ คือ

1) หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว
2) หัวฉีดใช้แรงลม
3) หัวฉีดใช้แรงเหวี่ยง
4) หัวฉีดใช้ความร้อน
5) หัวฉีดใช้ประจุไฟฟ้า

ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะหัวฉีดใช้แรงดันของเหลว หัวฉีดใช้แรงลม และหัวฉีดใช้แรงเหวี่ยง หัวฉีดใช้แรงดันของเหลวแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ หัวฉีดแบบแรงปะทะ หัวฉีดแบบรูปพัด และหัวฉีดแบบรูปกรวย

5.1.1.1 หัวฉีดแบบแรงปะทะ เป็นหัวฉีดสำหรับใช้พ่นสารกำจัดวัชพืช โดยเฉพาะทำด้วยโลหะหรือพลาสติกแข็งเป็นชิ้นเดียวกันมีรูขนาดเล็กตรงกลาง ของเหลวที่ไหลผ่านรูนี้จะปะทะกับแผ่นกั้นแล้วกระจายตัวออกเป็นละอองสารในลักษณะรูปพัด อาจจะมีมุมระหว่าง 25-180 องศา ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ แต่โดยทั่วไป หัวฉีดแบบนี้จะใช้แรงดันต่ำประมาณ

4-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งจะให้ละอองสารที่หยาบจะได้ไม่ปลิวไปถูกพืชอื่นที่อยู่ข้างเคียงพื้นที่ที่ละอองสารตกลงดินจะเป็นรูปวงรีแคบ ๆ บริเวณปลายทั้งสองข้างจะโตเล็กน้อย

5.1.1.2 หัวฉีดแบบรูปพัด หัวฉีดแบบนี้ทำด้วยวัตถุชิ้นเดียว มีลักษณะกลมแบบตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็ก ๆ ให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของเหลวที่ไหลผ่านรูฉีดด้วยแรงดันสูงจะแผ่นเป็นรูปพัด มีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่าง ๆ กันระหว่าง 65 - 80 องศา อัตราการไหลมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูฉีดและแรงดันหัวฉีดชนิดนี้ใช้ในงานป้องกันกำจัดวัชพืชด้วยแรงดันต่ำประมาณ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เพื่อให้มีละลองสารหยาบจะได้ไม่ปลิวไม่ถูกพืชข้างเคียง นอกจากนั้นยังใช้พ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูในพืชเตี้ย ๆ และ สม่ำเสมอ เช่นถั่วลิสง พืชผัก หรือใช้งานสาธารณสุขเพื่อพ่นสารกำจัดยุงด้วยแรงดันสูงประมาณ 40-60 ปอนด์/ตารางนิ้ว เพื่อให้ได้ ละอองสารที่ละเอียด

5.1.1.3 หัวฉีดแบบรูปกรวย เป็นหัวฉีดที่ใช้กันมากในการกำจัดศัตรูพืช ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ชิ้น คือ รูฉีด ทำด้วยโลหะหรือ วัสดุแข็งเป็นแผ่นแบน ๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวน ด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าเป็นรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีด แบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูฉีดและแผ่นทำให้เกิดกระแสวนให้เลือกหลายขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหลและขนาดของ ละอองสารที่ต้องการ มักจะใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไป

5.1.2 หัวฉีดใช้แรงดันของเหลว เป็นหัวฉีดของเครื่องพ่นสารชนิดต่าง ๆ ทั้งขนาดเล็กที่ใช้ไม่ใช้เครื่องยนต์และขนาดใหญ่ที่ใช้ เครื่องยนต์ หัวฉีดแบบนี้มีหลักการง่าย ๆ คือ ใช้แรงดันบังคับให้ของเหลวไหลผ่านรูฉีดขนาดเล็ก ของเหลวที่หลุดพ้นจากรูฉีดออก ไปจะแตกตัวเป็นละอองขนาดต่าง ๆ กัน มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่มีความแตกต่างกันมาก ขนาดของละอองสารจะเล็กหรือใหญ่ ขึ้นอยู่กับแรงดันและขนาดของ รูฉีดก็เช่นกัน รูฉีดขนาดใหญ่ให้ละอองสารหยาบ รูฉีดเล็กให้ละอองสารละเอียด

5.1.3 หัวฉีดใช้แรงลม เป็นหัวฉีดของเครื่องพ่นสารประเภทเครื่องยนต์แบบใช้แรงลมสะพายหลัง มีพัดลมเป่าตามท่อด้วยความเร็วสูง ของเหลวที่ไหลจากถังบรรจุสารถูกบังคับให้ไหลน้อยลงตรงหัวฉีด และพ่นลงสู่กระแสลมที่ผ่านมาในท่อ ของเหลวนั้นจะแตกตัวเป็น ละอองสารขนาดเล็กและถูกพัดพาไปกับกระแสลมของเครื่องไปยังที่หมาย ขนาดของละอองสารจะละเอียดหรือหยาบขึ้นอยู่กับความ เร็วลมปลายท่อและอัตราการไหลของของเหลวถ้าความเร็วและแรงอัตราการไหลน้อยละอองสารจะละเอียด และตรงกันข้ามถ้าความเร็ว ลมอ่อนอัตราการไหลมากละอองสารจะหยาบ

5.1.4 หัวฉีดใช้แรงเหวี่ยง เป็นหัวฉีดที่ให้ละอองละเอียดขนาดสม่ำเสมอดีกว่าหัวฉีดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา มีหลักการให้สารของเหลว จำนวนน้อยหยดลงบนจานที่หมุนด้วยความเร็วสูง ของเหลวจะถูกสลัดออกโดยรอบขอบจานซึ่งมีฟันคมรอบขอบจาน หัวฉีดนี้ใช้กับ เครื่องพ่นแบบจานหมุนหรือเครื่องพ่นสาร ยู.แอล.วี ขนาดละอองจะหยาบหรือละเอียดขึ้นอยู่ที่รอบของหัวฉีด ถ้ารอบสูงละอองจะ ละเอียด รอบต่ำละอองจะหยาบ

5.2 วัสดุเชื่อมต่อ

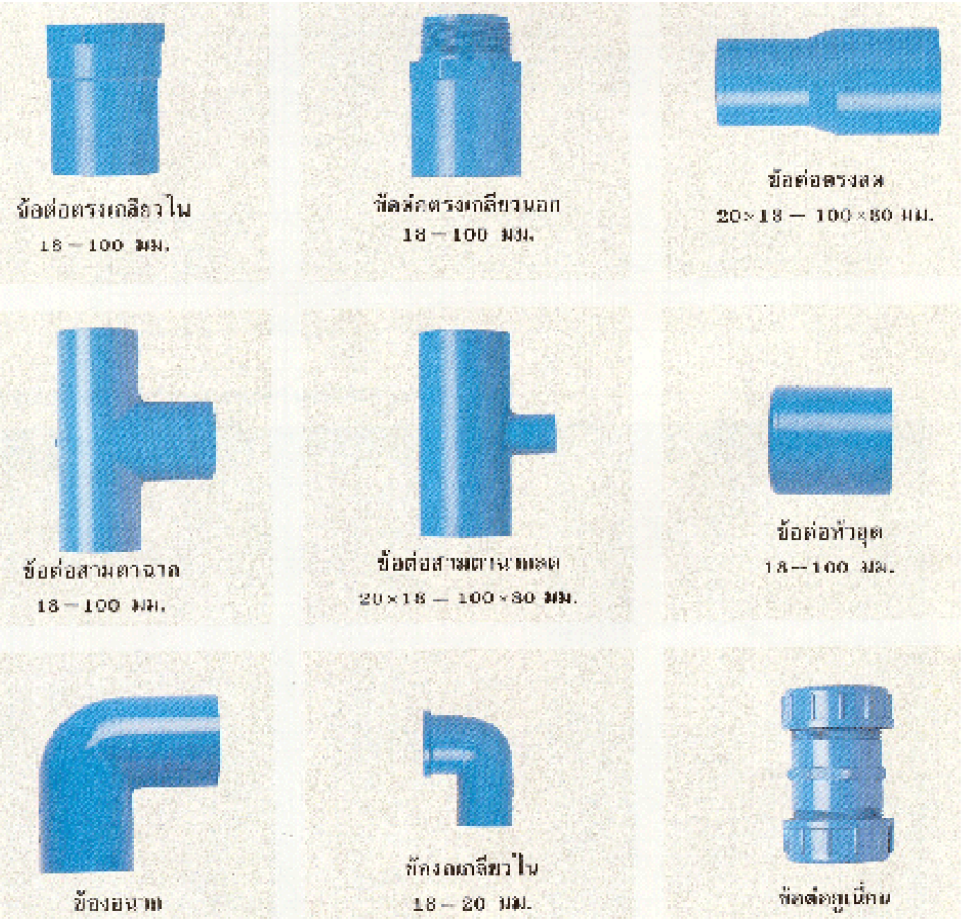
5.2.1 บรอนวาล์ว (ชาญ ถนัดงาน, 2523, หน้า 16) คือตัววาล์วจะเป็นลูกกลมมีรูตรงกลางเท่ากับรูในท่อน้ำ ตัววาล์วจะหมุนอยู่ในบ่าวาล์ว0-90องศา เป็นตัวกำหนดอัตราการไหลออกของของเหลวเมื่อหมุนน้อยน้ำจะผ่านน้อย หมุนมากน้ำจะผ่านมาก

ภาพที่ 8 แสดงรูปแบบบอลวาล์ว

ที่มา : (ชาญ ถนัดงาน, 2523, หน้า 16)

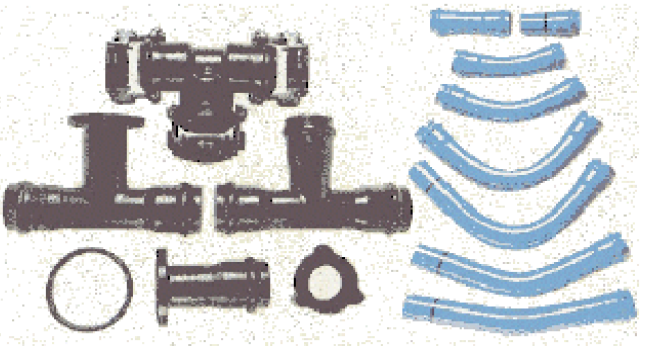
5.3 ข้อต่อแบบต่างๆ มีดังนี้

ข้อต่อ (Fitting) ข้อต่อที่ใช้สำหรับระบบประกอบไปด้วย ข้อต่อตรง ข้องอฉาก ข้อต่อสามตาฉาก ข้อลด สามตาลด ข้อโค้ง เลือกใช้ตามมุมโค้งที่ต้องการ ซึ่งอาจจะใช้ข้อต่อตามชนิดของวัสดุที่ผลิตท่อก็ได้หรืออาจจะใช้ผสมกันตามความเหมาะสมก็ได้



ภาพที่ 9 แสดงรูปแบบข้อต่อชนิดต่าง ๆ

ที่มา : (ชาญ ถนัดงาน, 2523, หน้า 32)



ภาพที่ 10 ข้อต่อท่อชนิดต่างๆ

ที่มา : (ชาญ ถนัดงาน, 2523, หน้า 33)

5.4 เข็มขัดรัด

เข็มขัดรัด (ชาญ ถนัดงาน, 2523, 66) คือวัสดุที่ใช้ในการรัดและยึดให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกันมีความแน่นหนา และคงทนต่อการใช้งาน

ภาพที่ 11 แสดงรูปแบบเข็มขัดรัด
ที่มา : (ชาญ ถนัดงาน, 2523, 66)

5.5 ประเภทท่อ

5.5.1 ท่อพีวีซี (PVC) (จรีวัฒน์ ไชยจารุวณิช, 2551) เป็นท่อพลาสติกยาวท่อนละ 4 เมตร ไม่ทนต่อแสงอุลตร้าไวโอเล็ต แตกหักได้ง่ายหากกระทบกระเทือนหรือโดนรถเหยียบ แบ่งตามชนิดการใช้งานได้ 3 ประเภทคือ

5.5.1.1 ท่อพีวีซีสีเทา ใช้ในงานส่งน้ำทางการเกษตรซึ่งไม่ต้องการแรงดันมาก มีความหนาของท่อน้อย

5.5.1.2 ท่อพีวีซีสีเหลือง ใช้ในงานร้อยสายไฟฟ้าทนต่อความร้อนและไฟได้ดี

5.5.1.3 ท่อพีวีซีสีฟ้า ใช้ในงานส่งน้ำประปาและการเกษตร มีความหนามากกว่าแบบอื่น ทนแรงดันได้ดีกว่า แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ (Class) โดยจะมีความหนาและสามารถทนแรงดันได้แตกต่างกัน คือ

1. ชั้น 5 หมายถึงใช้งานที่แรงดัน 5 บาร์
2. ชั้น 8.5 หมายถึงใช้งานที่แรงดัน 8.5 บาร์
3. ชั้น 13.5 หมายถึงใช้งานที่แรงดัน 13.5 บาร์

5.5.2 ท่อเหล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลายขนาดให้เลือกใช้ ผลิตจากเหล็กอาจจะอาบสังกะสีเพื่อป้องกันสนิม นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ผลิตจากเหล็กหล่อ ท่อเหล็กจะทนแรงดันได้สูงมากจึงเหมาะสำหรับเป็นท่อส่งน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำ

5.5.3 ท่ออลูมิเนียม ทนแรงดันได้สูง มีน้ำหนักเบาใช้เป็นท่อส่งน้ำสำหรับระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ทำให้ประหยัดท่อ

5.5.4 ท่อซีเมนต์ใยหิน ผลิตจากซีเมนต์ผสมกับใยหิน ทนแรงดันได้สูง มีขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับเป็นท่อส่งน้ำที่ต้องการปริมาณน้ำมากๆ

6. ยางแอสฟัลท์

ยางแอสฟัลท์ หรือที่เรียกว่า ยางมะตอย (ชาญ ถนัดงาน, 2523, หน้า 8) หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากมายหลายชนิด และสารอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งเรียกรวมกันว่า สารบิทูเมน (Bitumen) มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด หรือกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว สีดำ หรือสีน้ำตาลแก่ ทั้งที่เกิดเองตามธรรมชาติ และได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ 4 ประการ คือ

1. เป็นตัวยึดและประสาน
2. ป้องกันน้ำซึม
3. สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลว หรืออ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อถูกความเย็น
4. ทนกรดและด่างอ่อนๆ

ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว แอสฟัลท์ จึงนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ทำผิวจราจร ดาดคลอง ชลประทาน อ่างเก็บน้ำ สระน้ำ ดาดผิวหน้าเขื่อนดินป้องกันน้ำซึม ทำสีกันสนิม กระดาษกันซึม กระเบื้องยางปูพื้น เคลือบท่อน้ำ เป็นต้น

6.1 ชนิดของยางแอสฟัลท์แบ่งตามแหล่งกำเนิด ดังนี้

ยางแอสฟัลท์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามแหล่งกำเนิด

6.1.1 ยางแอสฟัลท์ ที่เกิดตามธรรมชาติ พบแทรกอยู่ใน ชั้นหินที่เรียกว่า หินยางแอสฟัลท์ (Rock Asphalt) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูนที่มียางแอสฟัลท์ ซึมอยู่อิ่มตัว

6.1.2 ยางแอสฟัลท์ จากส่วนเหลือ จากการกลั่นน้ำมันดิบ หรือที่เรียกว่า “Topped Crude” มีลักษณะค่อนข้างเหลว เมื่อแยกน้ำมันออกไป จะได้ยางแอสฟัลท์ที่มีความข้นเหลว หรือแข็ง แตกต่างกันไปตามความต้องการ

6.2 ยางแอสฟัลท์ในงานก่อสร้างผิวจราจร

ยางแอสฟัลท์ ที่ใช้ในงานก่อสร้างผิวจราจร มี 2 ชนิด คือ แอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) และยางแอสฟัลท์ชนิดเหลว

6.2.1 แอสฟัลท์ซีเมนต์ มีลักษณะครึ่งอ่อนครึ่งแข็ง ที่อุณหภูมิปกติ มีสีดำ หรือสีน้ำตาลปนดำ การใช้งาน ต้องต้มให้เหลวโดยใช้อุณหภูมิ 200-300 องศาฟาเรนไฮต์ แบ่งได้ 3 ชนิด ตามการผลิต คือ

1. Penetration Grade ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบโดยตรง
2. Blown Grade ได้จากการนำเอา ยางแอสฟัลท์ชนิดแรกไปเป่าลมใส่ที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 250-300 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้แข็งและทนความร้อนได้ดีขึ้น
3. Hard Grade ได้จากการ นำเอายางแอสฟัลท์ ชนิดแรกไปกลั่น ต่อภายใต้สุญญากาศ ที่ อุณหภูมิสูง เพื่อทำให้ได้ยางแอสฟัลท์ที่มีความแข็งมากขึ้น

6.2.2 แอสฟัลท์ชนิดเหลว แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. Cutback Asphalt มีลักษณะเหลวในอุณหภูมิธรรมดา หลังจาก บดอัดแล้วทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายระเหยไป จะเหลือแต่แอสฟัลท์ซีเมนต์ ได้จากแอสฟัลท์ซีเมนต์ ไปละลายในตัวละลาย ประเภทน้ำมันต่าง ๆ ที่เรียกรวมว่า Dituent หรือ Culter Stock เช่น Neptha Kerosine และ Diesel Oil แบ่งได้ 3 ประเภทตามชนิดตัวทำละลาย คือ ชนิดแข็งตัวเร็ว แข็งตัวปานกลาง และแข็งตัวช้า
2. Emulsified Asphalt ผลิตจากการนำเอา แอสฟัลท์ซีเมนต์ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ผสมกับน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 170 องศาเซลเซียส โดยใช้สารเคมี ซึ่งเรียกว่า Emulsifier เติมลงไปเล็กน้อย ช่วยให้อนุภาคของยางแอสฟัลท์กระจายตัว แล้วนำไปตีด้วยเครื่อง Colloidal Mill ให้ยางแอสฟัลท์แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ในน้ำ

6.3 ประเภทของยางแอสฟัลท์ (Asphalt)

ยางแอสฟัลท์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก ดังนี้

6.3.1 Asphalt Cement เรียกย่อว่า AC ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ จะเป็นส่วนที่ข้นและหนักที่สุด ซึ่งก็จะมีหลายเกรดตามความอ่อน แข็ง ราคาถูก

6.3.2 Asphalt Emulsion หรือยางแอสฟัลท์น้ำ คือยางแอสฟัลท์ที่ผลิตจากการนำยางแอสฟัลท์ มาตีให้กระจายเป็นอนุภาคเม็ดเล็กๆ อยู่ในน้ำ และเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้สารเคมีประเภทอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) หลังจากใช้งาน น้ำในแอสฟัลท์อิมัลชัน จะระเหยไป คงเหลือไว้แต่แอสฟัลท์ ให้เกาะตัวกันเป็นฟิล์มต่อเนื่อง เคลือบหุ้มวัสดุมวลรวมหรือพื้นผิวทาง

6.3.3 Cut-back Asphalt ได้จากการผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) กับ สารละลาย (Solvent) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อแข็งตัว สารละลายจะระเหยไป เหลือแต่แอสฟัลท์ซีเมนต์ Cut-back Asphalt ปกติใช้ในงานรองพื้น (Prime Coat) ก่อนที่จะลาดยาง เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำลงไปที่พื้นดินที่อัดไว้ก่อนหน้านี้

6.3.4 Polymer Modified Asphalt โพลิเมอร์โมดิฟายส์แอสฟัลท์ คือ ยางแอสฟัลท์เกรดพิเศษ ได้จากการผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) กับโพลิเมอร์ชนิด SBS เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำมาผสมเป็นผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตชนิดผสมร้อน ผิวทางแอสฟัลท์จะให้คุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. มีความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance) ที่ดีกว่า
2. มีความต้านทานสูงต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร (Pavement Deformation)
3. มีความยืดหยุ่นสูงที่อุณหภูมิต่ำมาก หรือสูงมาก
4. มีความต้านทานต่อการบิดตัว ระหว่างวัสดุมวลรวม กับวัสดุเชื่อมประสาน (Reveling)
5. มีความต้านทานต่อการหลุดลอก (Stripping Resistance) ที่ดีกว่า
6. ไม่มีการไหลเยิ้ม(Bleeding Resistance) ของวัสดุเชื่อมประสาน

6.4 ปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร ,อุณหภูมิของยางขณะพ่น 275-350 องศาฟาเรนไฮต์

ขนาดหินและลำดับการก่อสร้าง	หน่วย	ชนิดและความหนา			
		6 ซม.	5 ซม.	7 ซม.	5.5 ซม.
เกลี่ยหินรองพื้น					
หิน 2”-1”	(กก.)	116-145	-	116-145	-
หิน 1”-1/2”	(กก.)	-	87-116	-	87-116
พ่นยางครั้งที่ 1	(ลิตร)	4.5-6.8	3.4-5.4	4.5-6.8	3.4-6.4

ตารางที่ 1 (ต่อ)

เกลี่ยหินชั้นสอง					
ขนาดหินและลำดับการก่อสร้าง	**หน่วย**	**ชนิดและความหนา**			
		6 ซม.	5 ซม.	7 ซม.	5.5 ซม.
หิน 3/4"	(กก.)	12-20	-	12-20	-
หิน 1/2"	(กก.)	-	9-15	-	9-15
พ่นยางครั้งที่ 2	(ลิตร)	2.3-3.1	1.3-2.3	2.3-3.1	1.3-2.3
เกลี่ยหินชั้นสาม					
หิน 1/2"	(กก.)	9-12	-	9-12	-
หิน 3/8"	(กก.)	-	9-12	-	9-12
พ่นยางครั้งที่ 3	(ลิตร)	-	-	0.9-1.1	0.8-1.0
เกลี่ยหินเกล็ด	(กก.)	-	-	9-12	9-12
รวม					
หิน	(กก.)	133-177	105-143	146-189	114-155
ยาง	(ลิตร)	6.8-9.9	4.7-7.7	7.7-11.0	5.5-8.7

ที่มา : (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542)

7. หลักการซ่อมบำรุงผิวทาง

การซ่อมบำรุงผิวทาง (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 17) เป็นงานที่ต้องดำเนินการในการดูแลรักษาซ่อมแซม เพื่อให้ผิวทางยังคงสภาพเหมือนงานก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ เป็นงานที่ต้องทำเป็นกิจวัตร เพื่อรักษาเส้นทางภายใต้ภาวะปกติของการจราจรและธรรมชาติ ให้มีสภาพใกล้เคียงกับเมื่อแรกสร้างของสายทางสายนั้นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ความชำรุดเสียหายของผิวทาง มาจากปัจจัยหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการจราจรที่หนาแน่น การเสื่อมสภาพของวัสดุที่ถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน รวมถึงปัจจัยภัยทางธรรมชาติด้วย การซ่อมบำรุงผิวทางจึงมีทั้งการซ่อมบำรุงในงานขนาดเล็กถึงปานกลาง และงานซ่อมบำรุงขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยการจ้างเหมาผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะ

ในการซ่อมบำรุงผิวทางขนาดเล็กจนถึงปานกลาง จะใช้เครื่องจักรกลขนาดเล็กในการใช้งานซ่อมบำรุงผิวทาง แต่ในบางกรณีอาจต้องใช้แรงงานคนเพื่อทำการเทยางแอสฟัลท์โดยการใช้อุปกรณ์ตักและเทลาดแทน เนื่องจากขาดแคลนเครื่องจักรกล ทำให้การซ่อมบำรุงทางเกิดความล่าช้า

7.1 ประเภทและชนิดความเสียหายของผิวทางแอสฟัลท์ (คู่มือซ่อมบำรุงทางหลวง, 2550, หน้า 4) จำแนกลักษณะความเสียหายของผิวทางแอสฟัลท์ ออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก คือ

7.1.1 รอยแตก (Crack)

7.1.1.1 รอยแตกหนังจระเข้

7.1.1.2 รอยแตกตามขอบ

7.1.1.3 รอยแตกสะท้อน

7.1.1.4 รอยแตก เป็นตาราง หรือ รอยแตกจากการหดตัว

7.1.1.5 รอยแตกเลื่อนไถล

7.1.1.6 รอยแตกตรงขอบรอยต่อ

7.1.1.7 รอยแตกระหว่างช่องจราจร

7.1.1.8 รอยแตกการขยายคันทาง

7.1.2 การเสียรูปร่าง หรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

7.1.2.1 ร่องล้อ

7.1.2.2 ผิวขรุขระเป็นลูกคลื่นคล้ายลูกระนาด

7.1.2.3 การปูดนูน

7.1.2.4 การบวมตัว

7.1.2.5 การยุบตัวเป็นแอ่ง

7.1.2.6 การทรุดตัวขุดฝังสาธารณูปโภค

7.1.3 รอยตำหนิบนผิวทาง

7.1.3.1 ผิวมวลรวมถูกขัดสีเป็นมัน

7.1.3.2 การเยิ้ม

7.1.3.3 การหลุดร่อน

7.1.3.4 หลุมบ่อ

7.1.3.5 รอยปะซ่อม

7.1.4 ความเสียหายอื่น ๆ

7.1.4.1 ความเสียหายตามขอบ

7.1.4.2 การทรุดตัวต่างระดับของไหล่ทาง

7.2 วิธีการซ่อมบำรุงถนนผิวทางแอสฟัลท์

จากการศึกษาถึงวิธีการซ่อมบำรุงถนนผิวทางแอสฟัลท์ที่ได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน และจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 3) สามารถสรุปวิธีดำเนินการได้ทั้งหมด 7 วิธี ดังนี้

7.2.1 วิธีการอุดรอยแตก (Crack Filling)

7.2.2 วิธีการฉาบผิวทางแบบฟ็อกซีล (Fog Seal)

7.2.3 วิธีการฉาบผิวทางแบบชิพซีล (Chip Seal)

7.2.4 วิธีการฉาบผิวทางแบบสเลอรีซีล (Slurry Seal)

7.2.5 วิธีการปะซ่อมผิวทาง (Skin Patching)

7.2.6 วิธีการขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patching)

7.2.7 วิธีการเสริมผิวแอสฟัลท์ (Asphalt Overlay)

7.3 การซ่อมบำรุงผิวทางขนาดเล็กจนถึงปานกลาง ประเภทความเสียหายที่ต้องพบและซ่อมบำรุงอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งานของผิวทางมีดังนี้

ผิวทางหลุดร่อนเป็นการที่ Aggregate ในผิวทางแยกตัวออกจากกันจากผิวบนลงถึงชั้นล่าง หรือจากขอบพื้นทางเข้ามา โดยทั่วไป Aggregate ที่ละเอียดจะหลุดออกมาก่อน ส่วนที่เหลือจะมีลักษณะที่เรียกว่าเป็นหน้าข้าวตัง และเมื่อการหลุดร่อนนี้ดำเนินไปเรื่อยๆ Aggregate ชิ้นใหญ่ๆ ขึ้นจะค่อยๆ หลุดออกเพิ่มขึ้นทุกทีและในไม่ช้าจะปรากฏให้เห็นถึงการชำรุดของผิวทางมีสภาพขรุขระมาก ผิวทางหลุดร่อนเกิดขึ้นจากการที่ไม่ได้รับการบดอัดแน่นพอ หรือการทำการก่อสร้างใน

ขณะที่อากาศชื้นหรือเย็น หรือเกิดจากการ Aggregate สกปรกและเปื่อยยุ่ย หรือจากการผสมแอสฟัลท์น้อยเกินไป หรือเกิดจากการที่ส่วนผสมแอสฟัลท์ได้รับความร้อนมากเกิน ผิวทางหลุดร่อน หากมีสภาพแห้งและมีรูพรุนทั่วๆ ไป จำเป็นต้องซ่อมโดยการทำผิวทางใหม่ แบบ Surface Treatment

วิธีการซ่อมบำรุง สามารถทำการซ่อมบำรุงได้โดยวิธีการฉาบผิว ซึ่งสามารถทำการฉาบผิวได้ 2 รูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.3.1 การฉาบผิวโดยวิธี Seal Coat เป็นการฉาบผิวทางเดิมที่แตกหรือสึกหรอ โดยการลาดยางแอสฟัลต์แล้วปิดทับด้วย Aggregate เพื่ออุดรอยแตก และปรับปรุงผิวทางที่สึกหรอ โดยมีขั้นตอนการฉาบผิวโดยวิธี Seal Coat ดังนี้

7.3.1.1 ทำความสะอาดผิวทางที่ชำรุดให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

7.3.1.2 ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อม โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เสียหายอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน

7.3.1.3 พ่นยางแอสฟัลต์ ลงบนบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วยเครื่องพ่นยาง หรือ การรดน้ำ แสดงดังภาพที่ 1

7.3.1.4 โรยหินเกล็ดลงบนบริเวณที่พ่นยางไว้ แล้วเกลี่ยแต่งให้หินมีความหนาเสมอกัน แสดงดังภาพที่ 2 15

ภาพที่ 12 แสดงรูปการพ่นยางแอสฟัลต์ ลงบนบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วย เครื่องพ่นยาง

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 9)

ภาพที่ 13 แสดงการโรยหินเกล็ดลงบนบริเวณที่พ่นยางไว้
ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 9)

7.3.2 การฉาบผิวโดยวิธี Slurry Seal เป็นการฉาบผิวทางเดิมที่แตกหรือสึกหรอด้วยวัสดุผสมระหว่างยางแอสฟัลต์เหลว โดยการเติมน้ำเข้าไปในส่วนผสมเพื่อให้เกิดความข้นเหลว มีลักษณะเหมือนแป้งกวน เพื่อปรับระดับผิวทางหลุดร่อน โดยมีขั้นตอนการฉาบผิวโดยวิธี Slurry Seal ดังนี้

7.3.2.1 ทำความสะอาดบริเวณรอยแตกให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

7.3.2.2 ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อม โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เสียหายอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน

7.3.2.3 อุดรอยแตกด้วย Slurry ซึ่งผสมในอัตราส่วน 3 : 10 ระหว่างยางแอสฟัลต์กับทราย โดยในการผสมบนรถเข็นแต่ละครั้งใช้ Emulsified Asphalt 6 ลิตร ทราย 20 ลิตร

7.3.2.4 เท Slurry ลงบนพื้นที่ ที่จะทำการซ่อมแล้วใช้ไม้กวาดยาง กวาดเกลี่ยให้ไหลลงอุดรอยแตก

7.4 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงผิวทาง

7.4.1 รอยแตกหนังจระเข้

การแตกร้าวที่ต่อเนื่องกันเป็นตารางเล็กๆคล้ายหนังจระเข้หรือลวดตาข่ายเกิดจากการทรุดตัวมากเกินไปของผิวทางซึ่งอยู่บนดินคันทาง (Sub Grade) หรือบนชั้นส่วนล่างของพื้น

ทางที่ไม่อยู่ตัวความไม่อยู่ตัวและรับน้ำหนักไม่ได้นั้นเป็นผลเนื่องมาจากพื้นทางและดินคันทางอิ่มตัว ส่วนมากแล้วบริเวณที่ชำรุดจะไม่ใหญ่นักแต่ในบางครั้งก็อาจจะเต็มหน้าถนนซึ่งในกรณีเช่นนี้แสดงถึงน้ำหนักรถที่ผ่านไปมาในบริเวณนั้นๆ สูงเกินกว่าความสามารถของพื้นทางนั้นจะรับได้

วิธีการซ่อมบำรุง เนื่องจากการแตกร้าวแบบหนังจระเข้ เป็นผลเนื่องจากพื้นฐานหรือคันทางอิ่มตัวด้วยน้ำ การแก้ไขจึงต้องเอาวัสดุที่อิ่มน้ำออก และจัดระบบการระบายน้ำใหม่ การใช้วัสดุผสมซึ่งผสมจากโรงผสมถมตลอดความลึกของหลุมที่จะซ่อม จะได้พื้นทางที่แข็งแรงดีมาก (อาจเป็นการซ่อมที่ประหยัดที่สุดเพราะเป็นการซ่อมที่ใช้วัสดุในการซ่อมอย่างเดียวและเป็นการทำงานครั้งเดียว)

7.4.1.1 รอยแตกกว้างไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

7.4.1.1.1 การปะซ่อมผิว (Skin Patch)

1. ทำเครื่องหมายที่เกิดรอยแตกหนังจระเข้เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อมบำรุงให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน

2 . ขุดผิวทางที่ทำเครื่องหมายออก แล้วปัดกวาดให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาด หรือเครื่องอัดลม

3. ทำ Tack Coat บริเวณก้นหลุมและขอบหลุม

4. ปูวัสดุ Premix ลงในบริเวณหลุมแล้วกวาดเกลี่ยให้ได้ระดับ

5. บดทับรอยปะซ่อมด้วยเครื่องบดอัดสั่นสะเทือน หรือตีนช้างจนกว่าจะได้ระดับใกล้เคียงกับผิวทางเดิม

7.4.1.1.2 การฉาบผิวโดยวิธี Seal Coat เป็นการฉาบผิวทางเดิมที่แตกหรือสึกหรอโดยการลาดยางแอสฟัลต์แล้วปิดทับด้วย Aggregate เพื่ออุดรอยแตก และปรับปรุงผิวทางที่สึกหรอ โดยมีขั้นตอนการฉาบผิวโดยวิธี Seal Coat ดังนี้

1. ทำความสะอาดผิวทางที่ชำรุดให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

2. ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อม โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เสียหายอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน

3. พ่นยางแอสฟัลต์ ลงบนบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วยเครื่องพ่นยาง หรือการรดน้ำ

4. โรยหินเกล็ดลงบนบริเวณที่พ่นยางไว้ แล้วเกลี่ยแต่งให้หินมีความหนาเสมอกัน

7.4.1.1.3 การฉาบผิวโดยวิธี Slurry Seal เป็นการฉาบผิวทางเดิมที่แตกหรือสึกหรอด้วยวัสดุผสมระหว่างยางแอสฟัลต์เหลวโดยการเติมน้ำเข้าไปในส่วนผสมเพื่อให้เกิดความข้นเหลวมีลักษณะเหมือนแป้งกวน โดยมีขั้นตอนการฉาบผิวโดยวิธี Slurry Seal ดังนี้

1. ทำความสะอาดบริเวณรอยแตกให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

2. ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อม โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เสียหายอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน

3. อุดรอยแตกด้วย Slurry ซึ่งผสมในอัตราส่วน 3 : 10 ระหว่างยางแอสฟัลต์กับทราย โดยในการผสมบนรถเข็นแต่ละครั้งใช้ Emulsified Asphalt 6 ลิตร ทราย 20 ลิตร

4. เท Slurry ลงบนพื้นที่ ที่จะทำการซ่อมแล้วใช้ไม้กวาดยางกวาดเกลี่ยให้ไหลลงอุดรอยแตก

7.4.1.2 รอยแตกกว้างเกิน 3 มิลลิเมตร และแตกลึกลงไปถึงชั้นโครงสร้างทาง

7.4.1.2.1 การขุดซ่อม (Deep Patch)

1. การเตรียมพื้นที่ ขุดผิวทางและชั้นทางที่ชำรุดออกจนถึงชั้นดินแข็งและขุดให้กว้างกว่าบริเวณที่เกิดรอยแตกอย่างน้อยข้างละ30 เซนติเมตรโดยการขุดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนนและขุดลึกเป็นแนวดิ่งให้ได้ฉากกวาดเศษวัสดุและทำความสะอาดหลุม

2. ถ้าน้ำเป็นสาเหตุแห่งการชำรุดให้จัดระบบการระบายน้ำใหม่

3. ทำ Tack Coat ฉาบผนังรอบหลุมที่จะปะซ่อมเพื่อให้เกิดการยึดเกาะระหว่างผิวเดิมกับวัสดุ Premix

4. กรณีหลุมที่จะปะซ่อมลึก หากใช้ Premix ปะซ่อมทั้งหมดจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงให้ใช้วัสดุทำพื้นทางพวก Granular Base ลงไปก่อนความหนาชั้นละไม่เกิน 15 เซนติเมตร ทำการบดอดแต้ละชั้นให้แน่นด้วยเครื่องมือบดอัด เช่น เครื่องบดอัดแบบสั่นสะเทือน แล้วจึงทำ Prime Coat ก่อนปูทับด้วยวัสดุ Premix

5. การปู Premix

6. ตัก Premix จากกองที่เทจากรถลงหลุม

7. การตัก Premix ใส่หลุมให้ใส่จากขอบทุกด้านมาเรื่อยๆ จนเต็ม ไม่ควรตักกองไว้กลางหลุมแล้วค่อยเกลี่ยให้ถึงขอบ

8. ไม่ให้นำ Premix ที่ใส่ไว้ในหลุมก่อนแล้วมาเสริมแต่งขอบ ถ้าต้องการเสริมแต่งขอบให้ใช้ Premix ใหม่มาเสริมแต่งส่วนที่เหลือกวาดทิ้งด้วยคราด

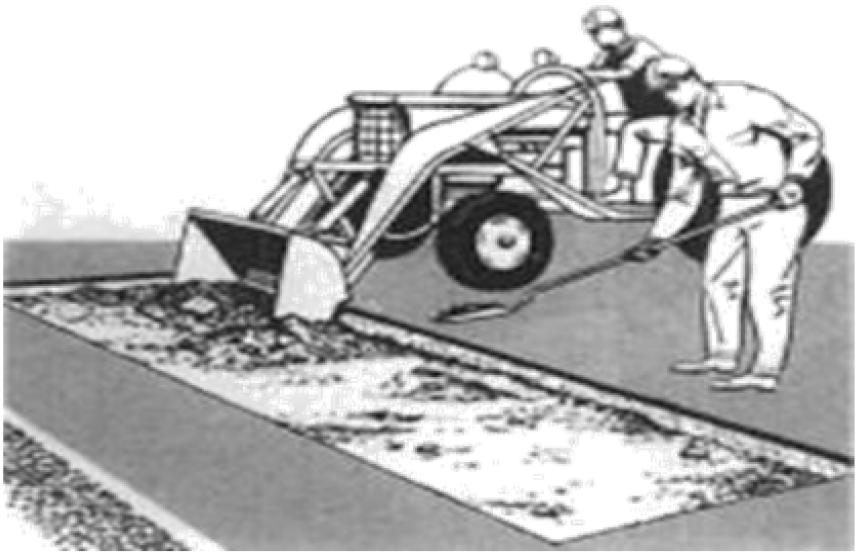
9. ปริมาณ Premix ที่ใช้ในการปะซ่อมจะต้องมากพอสำหรับการบดอัดหลังจากบดอัดแล้วบริเวณที่ปะซ่อมจะต้องไม่ต่ำกว่าระดับผิวทางเดิม

10. เมื่อใส่ Premix ลงในหลุมตามที่ต้องการแล้วใช้รถบดหรือเครื่องบดสั่นสะเทือนบดทับ

11. ถ้าบดทับ Premix ด้วยเครื่องมือชนิดเบาเช่นตีนช้างหรือตุ้มไม้จะต้องเผื่อผิวที่บดทับไว้ให้สูงกว่าระดับผิวข้างเคียงเล็กน้อยสำหรับการบดทับที่จะเกิดขึ้นต่อเนื่องจากการจราจร

12. ถ้าใช้ Premix ปริมาณมากเกินไป จะทำให้บริเวณปะซ่อมนูนขึ้นมา ถ้าเป็นเช่นนี้จะต้องใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบของพื้นช่วยการปรับระดับผิวหน้าให้เรียบ

13. ใช้ไม้บรรทัด หรือเชือกระดับตรวจสอบความเรียบร้อยของผิวหน้า และแนวขอบรอยซ่อม



ภาพที่ 14 แสดงการขุดผิวและพื้นทาง

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 13)

ภาพที่ 15 แสดงการพ่นแอสฟัลท์ Tack Coat รอบๆ ผนังหลุมที่จะซ่อม

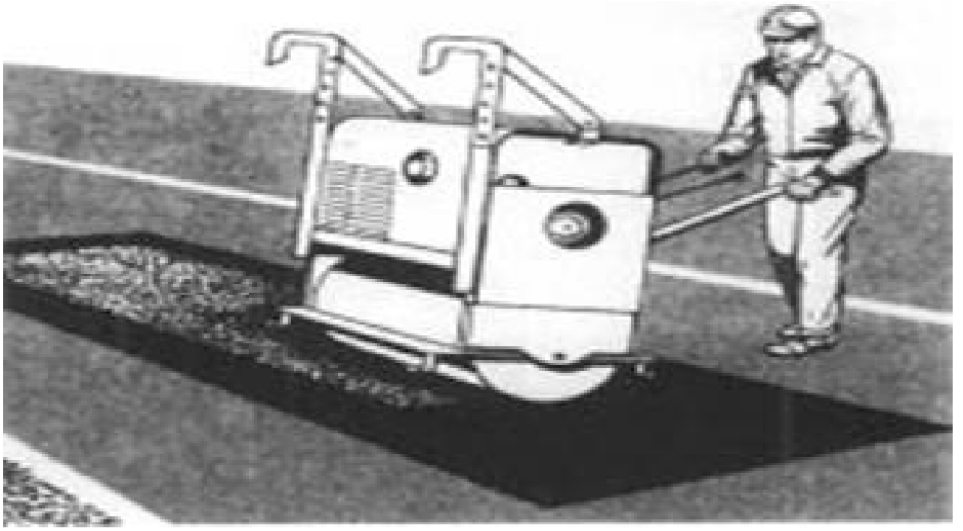
ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 13)

ภาพที่ 16 แสดงการตักวัสดุ Premix จากกองที่เทจากรถลงหลุม

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 14)

ภาพที่ 17 แสดงการเกลี่ยแต่งวัสดุ Premix

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 14)



ภาพที่ 18 แสดงการบดทับ Premix ด้วยเครื่องมือชนิดเบา

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 15)

ภาพที่ 19 แสดงการใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบของพื้นช่วยการปรับระดับผิวหน้าให้เรียบ
ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 15)

7.4.2 รอยปะซ่อม

ลักษณะความเสียหายที่เกิดจากการซ่อมแซมผิวทางตามแนววางท่อ หรือในระบบสาธารณูปโภคบดอัดวัสดุถมกลับที่ไม่ได้คุณภาพ ทำให้ระดับของรอยปะซ่อมไม่สม่ำเสมอกับถนนวิธีการซ่อมบำรุง สามารถทำการซ่อมบำรุงได้ด้วยวิธีการปะซ่อมผิว (Skin Patch) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.4.2.1 การปะซ่อมผิว (Skin Patch)

7.4.2.1.1 ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตบริเวณที่จะทำการซ่อมบำรุงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกับแนวของถนน ขุดผิวรอยปะซ่อมที่ไม่สม่ำเสมอกับถนนออก แล้วปัดกวาดให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

1. ทำ Tack Coat ก้นหลุมและขอบหลุม
2. ปูวัสดุ Premix ลงในหลุมแล้วกวาดเกลี่ยให้ได้ระดับ
3. บดทับรอยปะซ่อมด้วยเครื่องบดอัดสั่นสะเทือน หรือตีนช้างจนกว่าจะได้ระดับใกล้เคียงกับผิวทางเดิม

7.4.3 รอยแตกตามยาว / ขวาง เกิดจากการเคลื่อนที่ทางแนวดิ่งหรือทางแนวราบของผิวเดิมภายใต้การเสริมผิวทางส่วนนั้นและเป็นผลให้เกิดการแตกร้าวถึงชั้นบนด้วยการขยายตัว

และหดตัวจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น หรืออาจเกิดขึ้นได้จากการจราจรหรือแผ่นดินไหว

วิธีการซ่อมบำรุง สามารถทำได้ดังนี้

7.4.3.1 การอุดรอยแตก (Sealing) เป็นวิธีการซ่อมบำรุงผิวทางที่เกิดรอยแตกในลักษณะเป็นรอยแตกโดดๆ (Isolated Cracks) ตามแนวยาวหรือขวางของถนนโดยไม่ได้แตกต่อเชื่อมกันเป็นตารางหรือรูปเหลี่ยม ได้แก่ รอยแตกที่เกิดตามแนวที่ขยายผิวทาง รอยแตกที่เกิดจากการปูผิวทางแอสฟัลต์ทับบนผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือรอยแตกตามของถนนเป็นแนวยาวห่างจากขอบถนนประมาณ 30 เซนติเมตร เป็นต้น โดยขั้นตอนการอุดรอยแตก ดังนี้

7.4.3.1.1 ทำความสะอาดรอยแตกด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม แสดงดังภาพที่ 20

7.4.3.1.2 อุดรอยแตกด้วย Cutback Asphalt หรือยางแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยใช้กาหลอด แสดงดังภาพที่ 21

7.4.3.1.3 โปรยทรายแห้งปิดหน้ารอยซ่อม เพื่อป้องกันไม่ให้ยางแอสฟัลต์ติดล้อ แสดงดังภาพที่ 22

ภาพที่ 20 แสดงการทำความสะอาดรอยแตกด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 18)

ภาพที่ 21 แสดงการอุดรอยแตกโดยใช้กาหลอด

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 18)

ภาพที่ 22 แสดงการโปรยทรายแห้งปิดหน้ารอยซ่อม

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 19)

7.5 การยุบตัวเป็นแอ่ง

การทรุดตัวต่ำกว่าระดับปกติ อาจจะไม่มีรอยแตกร้าวรวมอยู่ด้วย เนื่องจากรถที่วิ่งผ่านไปมาหนักเกินกว่าที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบ หรือการทรุดองพื้นทางชั้นล่าง หรือการก่อสร้างที่ไม่ถูกต้อง

วิธีการซ่อมบำรุง วิธีการซ่อมบำรุงความเสียหายผิวทางประเภทยุบตัวเป็นแอ่ง สามารถทำได้โดยวิธีการปรับระดับผิวทาง ซึ่งแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.5.1 การปรับระดับผิวทาง (Leveling) เป็นการบำรุงผิวทางที่ทรุดหรือยุบด้วยวัสดุผสมแอสฟัลต์ เช่น Premix โดยมีขั้นตอนการปรับระดับผิวทาง ดังนี้

1. วัดขนาดและบริเวณของยุบตัวเป็นแอ่งด้วยไม้บรรทัดหรือเชือกขึงระดับทำเครื่องหมายรอบๆ บริเวณให้ชัดเจน

2. ทำความสะอาดบริเวณที่จะซ่อมบำรุงให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาด หรือเครื่องอัดลม

3. ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตที่จะทำการซ่อมบำรุงด้วยชอล์ก โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เกิดการยุบตัวเป็นแอ่งอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร

4. ทำ Tack Coat ด้วยการพ่นยางแอสฟัลต์ชั้นบางๆ ลงบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วยเครื่องพ่นยางหรือการรดน้ำ

5. ปูวัสดุ Premix ลงไปในบริเวณที่ทำ Tack Coat โดยให้สูงกว่าบริเวณข้างเคียงเพื่อบดทับ

6. บดทับด้วยเครื่องบดอดสั่นสะเทือน รถบด หรือตีนช้าง จนได้ระดับใกล้เคียงกับผิวทางเดิม

7.6 รอยร่องล้อ

เป็นการอัดตัว หรือการเคลื่อนออกข้างๆ ของวัสดุในชั้นที่อยู่ใต้ผิวทาง ซึ่งอาจจะมีชั้นเดียวหรือหลายชั้น เมื่อมีการจราจรวิ่งผ่านหรืออาจจะเกิดจากแรงกดของน้ำหนักของผิวทางเอง แม้แต่ถนนลาดยางที่สร้างเสร็จใหม่ ก็อาจจะเกิดขึ้นได้หากการบดทับในระหว่างการก่อสร้างน้อยไป นอกจากนี้อาจจะเกิดจากวัสดุในชั้นใต้ทางมีการยืดหยุ่นอยู่เสมอไม่อยู่ตัว ทำให้รับน้ำหนักไม่ได้

วิธีการซ่อมบำรุง ในความเสียหายประเภทร่องล้อ สามารถทำการซ่อมบำรุงผิวทางได้ด้วยวิธีการซ่อมบำรุง ในรูปแบบเดียวกับความเสียหายประเภทยุบตัวเป็นแอ่ง คือ การปรับระดับผิวทาง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.6.1 การปรับระดับผิวทาง (Leveling) เป็นการบำรุงผิวทางที่ทรุดหรือยุบด้วยวัสดุผสมแอสฟัลต์ เช่น Pre – Mix โดยมีขั้นตอนการปรับระดับผิวทาง ดังนี้

1. วัดขนาดและบริเวณของร่องล้อด้วยไม้บรรทัดหรือเชือกขึงระดับทำเครื่องหมายรอบๆ บริเวณให้ชัดเจน

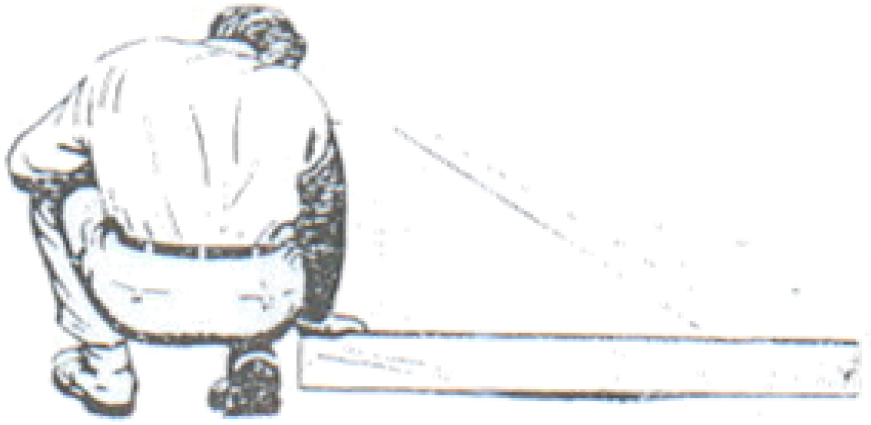
2. ทำความสะอาดบริเวณที่จะซ่อมบำรุงให้สะอาดและแห้งด้วยไม้กวาดหรือเครื่องอัดลม

3. ทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงขอบเขตที่จะทำการซ่อมบำรุงด้วยชอล์ก โดยให้กว้างกว่าบริเวณที่เกิดการยุบตัวเป็นแอ่งอย่างน้อยข้างละ 30 เซนติเมตร

4. ทำ Tack Coat ด้วยการพ่นยางแอสฟัลต์ชั้นบางๆ ลงบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วยเครื่องพ่นยางหรือการรดน้ำ

5. ปูวัสดุ Premix ลงไปในบริเวณที่ทำ Tack Coat โดยให้สูงกว่าบริเวณข้างเคียงเพื่อบดทับ

6. บดทับด้วยเครื่องบดอดสั่นสะเทือน รถบด หรือตีนช้าง จนได้ระดับใกล้เคียงกับผิวทางเดิม



ภาพที่ 23 แสดงการวัดขนาดและบริเวณของร่องล้อด้วยไม้บรรทัด

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 21)

ภาพที่ 24 แสดงการทำความสะอาดบริเวณที่จะซ่อมบำรุงให้สะอาดและแห้งด้วยเครื่องอัดลม

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 21)

ภาพที่ 25 แสดงการทำ Tack Coat ด้วยการพ่นยางแอสฟัลต์ชั้นบางๆ

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 22)

ภาพที่ 26 แสดงการปูวัสดุ Premix ลงไปในบริเวณที่ทำ Tack Coat

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 22)

ภาพที่ 27 แสดงการบดทับด้วยเครื่องบดอัดสั่นสะเทือน

ที่มา : (กรมทางหลวง, 2549, หน้า 23)

8. ประสิทธิภาพ

8.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ เป็นปัจจัยนำเข้า ซึ่งพิจารณาถึงความพยายาม ความพร้อม ความสามารถ ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงาน โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับต้นทุนหรือปัจจัยการนำเข้าให้น้อยที่สุดและประหยัดเวลามากที่สุด มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542, 2546, หน้า 667)

ทิพาวดี เมฆสวรรค์ (2538, หน้า 2) กล่าวว่า ประสิทธิภาพในระบบราชการมีความหมายรวมถึงผลิตภาพ และประสิทธิภาพ โดยประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่วัดได้หลายมิติ ตามแต่วัตถุประสงค์ที่ต้องการพิจารณา คือ

1. ประสิทธิภาพในมิติของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนการผลิต (Input) ได้แก่การใช้ทรัพยากร

2. การบริหาร คือ คน เงิน วัสดุ เทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างประหยัด คุ้มค่า และเกิดการสูญเสียน้อยที่สุดประสิทธิภาพใน และใช้เทคโนโลยีที่สะดวกกว่าเดิม

3. ประสิทธิภาพในมิติของผลผลิตและผลลัพธ์ ได้แก่ การทำงานที่มีคุณภาพ เกิดประโยชน์ต่อสังคม เกิดผลกำไร ทันเวลา ผู้ปฏิบัติงานมีจิตสำนึกที่ดีต่อการทำงานและบริการ เป็นที่พอใจของลูกค้าหรือผู้มารับบริการ

ชุบ กาญจนประกร (2502, หน้า 40) กล่าวว่า ประสิทธิภาพเป็นแนวความคิดหรือความมุ่งมาดปรารถนาในการบริหารงานในระบอบประชาธิปไตย ในอันที่จะทำให้การบริหารราชการได้ผลสูงสุด คุ้มกับที่ได้ใช้จ่ายเงินภาษีอากรในการบริหารงานประเทศและผลสุดท้ายประชาชนได้รับความพึงพอใจ

ธงชัย สันติวงษ์ (2526, หน้า 198) นิยามว่าประสิทธิภาพ หมายถึง กิจกรรมทางด้านการบริหารบุคคลที่ได้เกี่ยวข้องกับวิธีการ ซึ่งหน่วยงานพยายามที่จะกำหนดให้ทราบแน่ชัดว่า พนักงานของตนสามารถปฏิบัติงานได้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

วิรัช สงวนวงศ์วาน (2531, หน้า 86) กล่าวว่า ประสิทธิภาพการบริหารงาน จะเป็นเครื่อง ชี้วัดความเจริญก้าวหน้า หรือความล้มเหลวขององค์กร ผู้บริหารที่เชี่ยวชาญจะเลือกการบริการที่เหมาะสมกับองค์กรของตน และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อุทัย หิรัญโต (2525, หน้า 123) กล่าวว่า ประสิทธิภาพในทางราชการหมายรวมถึงผลการปฏิบัติงานที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจ และประโยชน์แก่มวลมนุษย์ (human satisfaction and benefit produced) และยังต้องพิจารณาถึงคุณค่าทางสังคมด้วย โดยการนำเวลาเข้ามาพิจารณาด้วย

เอลมอร์ ปีเตอร์สันและอี กลอสวีนอร์ พลอแมน (Elmore Peterson and E. Grosvenor Plawmam, 1953, p. 433, อ้างถึงใน กฤษณา บำรุงศิลป์, 2550, หน้า 19) กล่าวว่า ประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารงานทางธุรกิจ หมายถึง ความสามารถในการผลิตสินค้า หรือความสามารถบริการในปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมและต้นทุนน้อยที่สุด โดยคำนึงถึงองค์ประกอบ 5 ประการ คือ ต้นทุน (Cost) คุณภาพ (Quality) ปริมาณ (Quantity) เวลา (Time) วิธีการ (Method) ในการผลิต

จอห์น ดี.มิลเล็ท (John D. Millet, 1954, p 4, อ้างถึงใน วิรัช สงวนวงศ์วาน, 2531, หน้า 92) ให้นิยามว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลงานปฏิบัติงานที่ทำให้เกิดความพึงพอใจและได้รับผลกำไรจากการปฏิบัติงาน ซึ่งความพึงพอใจหมายถึง ความพึงพอใจในการบริการให้กับประชาชนโดยพิจารณาจาก

1. การให้บริการอย่างเท่าเทียมกัน (Equitable Service)
2. การให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา (Timely Service)
3. การให้บริการอย่างเพียงพอ (Ample Service)
4. การให้บริการอย่างต่อเนื่อง (Continuous Service)
5. การให้บริการอย่างก้าวหน้า (Progression Service)

เฮอร์เบิร์ต เอ. ไซมอน (Herbert A. Simon, 1960, pp. 180-181, อ้างถึงใน กฤษณา บำรุงศิลป์, 2550, หน้า 20) กล่าวว่า ถ้างานใดมีประสิทธิภาพสูงสุด ให้ดูจากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) กับผลิตผล (Output) ที่ได้รับออกมา ซึ่งสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพเท่ากับผลผลิต

ถ้าเป็นหน่วยงานราชการของรัฐ จะบวกความพึงพอใจของผู้รับบริการเข้าไปด้วย เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$E = (O-I) + S$$

E = ประสิทธิภาพของงาน (Efficient)

O = ผลผลิตหรือผลงานที่ได้รับออกมา (Output)

I = ปัจจัยนำเข้าหรือทรัพยากรทางการบริหารที่ใช้ไป (Input)

S = ความพึงพอใจในผลงานที่ออกมา (Satisfaction)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าประสิทธิภาพ เป็นการพิจารณาความสามารถ ความคล่องตัวในการทำงานของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบจากการสังเกตระหว่างสิ่งที่มีอยู่เดิมกับสิ่งที่ผลิตขึ้นใหม่ด้าน ต่าง ๆ เช่น ต้นทุน วัสดุ ระยะเวลาในการผลิตชิ้นงานในปริมาณมากที่สุด ลดจำนวนแรงงาน ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ไม่ยุ่งยากในการใช้งาน ไม่ยุงยากในการดูแลรักษา

9. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จของงานที่บรรลุเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลจากการได้รับการตอบสนองต่อแรงจูงใจหรือความต้องการของแต่ละบุคคลในแนวทางที่เขาประสงค์ หากบุคคลใดได้รับความพึงพอใจสูงก็จะทำให้บุคคลนั้นจะอุทิศแรงกายแรงใจที่จะปฏิบัติหน้าที่อย่างเต็มกำลังความสามารถ จนบรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การ ความพึงพอใจโดยทั่วไปตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Satisfaction มีผู้ให้ความหมายคำว่า “ความพึงพอใจ” พอสรุปได้ดังนี้

9.1 ความหมายของความพึงพอใจ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542, หน้า 775) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง พอใจ ชอบใจ

มณีรัตน์ ธงชัย (2542, หน้า 7) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจว่าเป็นความรู้สึกหรือ ทัศนคติ ทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่าง หรือ หมายถึง ความรัก ชอบ ประทับใจ หรือ ทัศนคติของบุคคลหนึ่งมีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งในเชิงประเมินค่าได้ ซึ่งความพึงพอใจนี้จะเกิดจากสิ่งเร้าต่าง ๆ

กาญจนา อรุณสุขรุจี (2546, หน้า 35) กล่าวว่า ความพึงพอใจของมนุษย์เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน และต้องมีสิ่งเร้าที่ตรง

วิรุฬ พรรณเทวี (2542, หน้า 68) กล่าวว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกภายในจิตใจของมนุษย์ที่ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหมายกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดี จะมีความพึงพอใจมากแต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่งเมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่าจะมีมากหรือน้อย

วิธวดี หล่อตระกูล (2545, หน้า 7) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจว่าหมายถึงความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาจจะเป็นไปในเชิงประเมินค่าว่าความรู้สึกหรือทัศนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดนั้น เป็นไปในทางบวกหรือทางลบ

สุรชัย เลศะวานิช (2544, หน้า 6) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจว่า คือความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด หรือความกระวนกระวายหรือภาวะไม่ได้ดุลยภาพในร่างกาย ซึ่งเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวได้แล้ว มนุษย์ย่อมได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่ตนต้องการ

จรัส ธรรมธนารักษ์ (2541, หน้า 10) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจว่า หมายถึง ความรู้สึกรัก ชอบ ยินดี เต็มใจหรือมีเจตคติที่ดีของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับผลตอบสนองความต้องการทั้งทางด้านวัตถุและจิตใจ

ศุภสร ทรงกลด (2541, หน้า 17) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจว่า เป็นความรู้สึกส่วนตัวที่รู้สึกเป็นสุขหรือยินดีที่ได้รับการตอบสนองความต้องการในสิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ทำให้เกิดความไม่สมดุล ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมที่จะแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมใด ๆ นั้น

โสภาพรรณ นิ่มมณี (2540, หน้า 29) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจว่า หมายถึงทัศนคติหรือระดับความพึงพอใจของบุคคลต่อกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมนั้น ๆ โดยเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ ค่านิยม และประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ ระดับของความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อกิจกรรมนั้น ๆ สามารถตอบสนองความต้องการแก่บุคคลนั้นได้

สุวัฒนา ใบเจริญ (2540, หน้า 27) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความต้องการหรือเจตคติที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ เมื่อบุคคลอุทิศแรงกาย แรงใจ และสติปัญญาเพื่อกระทำในสิ่งนั้น ๆ

สุขใจ รัตนบรรณสกุล (2548, หน้า 24) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือ เจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งที่เขาทำอยู่ เกิดจากการได้รับการตอบสนองความต้องการทางด้านวัตถุและจิตใจถ้าบุคคลใดมีความพึงพอใจมากก็จะกระตือรือร้นเต็มใจปฏิบัติงานและทำงานด้วยความอุตสาหพยายาม แต่ในทางตรงข้าม ถ้าบุคคลไม่เกิดความพึงพอใจสภาวะการทำงานอย่างกระตือรือร้นหรืออุตสาหะย่อมลดลง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีความสุข ความอิ่มเอมใจ ของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับทัศนคติซึ่งเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ เมื่อได้รับการตอบสนองต่อความต้องการหรือได้รับสิ่งตอบแทนตามที่คาดหวังไว้

9.2 การวัดความพึงพอใจ

เนื่องจากความพึงพอใจเป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรมและค่อนข้างซับซ้อน จึงสามารถวัดได้โดยทางอ้อมโดยวัดความคิดเห็นของบุคคลนั้นแทน ทั้งนี้การแสดงความคิดเห็นของบุคคลนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงจะสามารถวัดความพึงพอใจได้ มิฉะนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในการวัดความพึงพอใจได้

ภณิดา ชัยปัญญา (2541, หน้า 3) กล่าวว่า มีวิธีที่สามารถวัดความพึงพอใจได้ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้ออกแบบสอบถามจัดทำแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น สามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ ซึ่งคำถามดังกล่าวอาจถามความพอใจในด้านต่าง ๆ

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยตรงซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3. การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมายไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจังและสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

เดย์ (Day, 1997, p. 54, อ้างถึงใน ภณิดา ชัยปัญญา, 2541, หน้า 5) ได้เสนอแนวความคิด ในการประเมินผลความพึงพอใจไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การประเมินผลทางจิตวิทยา (Psychological Interpretation of Satisfaction) แนวทางนี้มอง Satisfaction ว่าเป็นการยืนยัน (Confirmation) ของความคาดหวังที่เกิดขึ้น(Prior Expectation) ความพึงพอใจหรือไม่พอใจขึ้นกับการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ได้รับ ซึ่งก็คือแนวทางของ Disconfirmation Process

2. การประเมินผลตามทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory Interpretation of Satisfaction) เป็นการอ้างอิงทฤษฎีในด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีสมมุติฐานว่าผู้บริโภคที่มีเหตุผล (Rational Consumer) ซึ่งต้องการทำให้ตนบรรลุความพอใจสูงสุด เมื่อเกิดอรรถประโยชน์สูงสุดและทำให้เกิด Ideal Point ว่าน้อยกว่า เท่ากับหรือมากกว่า และระยะห่างมากน้อยเพียงใด โดยการนำมาเปรียบเทียบกับความคาดหวัง (Expectation) และการรับรู้ (Perception)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ในการศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจนั้น โดยทั่วไปนิยมศึกษากันในสองมิติ คือ มิติความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงาน และมิติความพึงพอใจในการรับบริการเป็นสำคัญ

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสเปรย์ยางแอสฟัลต์

สัญชัย ราชวงษ์ และคนอื่น ๆ (2544, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาโครงการเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องพ่นเกล็ดน้ำแข็งแห้งโดยการอาศัยแรงดันลมเป็นตัวนำพาเกล็ดน้ำแข็งแห้งไปพ่นทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และเพื่อเป็น การลดต้นทุนการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง วัตถุประสงค์ของการออกแบบเครื่องพ่นเกล็ดน้ำแข็งแห้งซึ่งมี ขนาด 600 มม. x 850 มม. x 600 มม. จากผลการทดลองพ่นทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานทดสอบขนาด 300 มม. x 300 มม. ใช้เวลา 3.9 นาที ใช้ปริมาณลม 1.5 - 2 ม.^{3}/นาที ใช้น้ำแข็งแห้ง 0.375 - 0.5 กิโลกรัมต่อนาที การทำงานของเครื่องเป็นไปตามขอบเขตที่วางไว้ แต่ไม่สามารถพ่นทำความสะอาดต่อเนื่องได้เนื่องจากปริมาณลมไม่เพียงพอ

เพียงพบ มนต์นวลปรางค์ (2544, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขสำหรับปัญหาการไหลผ่านของของไหลอุดมคติที่ยุบตัวไม่ได้เป็นการเสนองานวิจัยเกี่ยวกับ ขั้นตอนวิธีการเชิงตัวเลข สำหรับการไหลของของไหลอุดมคติที่ยุบตัวไม่ได้ที่ไหลผ่านตลอด โดเมน ซึ่งมีช่องการไหลเข้า ไหลออก และส่วนที่ของไหลไม่สามารถไหล ซึมผ่านขอบเขตของโดเมน กับสมการออยเลอร์ โดยใช้วิธีผลต่างสืบเนื่อง สำหรับผลงานวิจัยฉบับนี้ ได้แสดงผลการวิจัยด้วยรูปภาพ ให้เห็นถึงรูปทรง ต่าง ๆ กับเงื่อนไขขอบเขตสำหรับการไหลของของไหลที่แตกต่างกัน 3 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 เมื่อกำหนดตัวประกอบเส้นสัมผัสของความเร็วหมุนวน และตัวประกอบแนวฉาก ของเวกเตอร์ความเร็ว ในส่วนของขอบเขตของ โดเมนที่ของไหลมีการไหลเข้า และตัวประกอบแนวฉากของความเร็ว ในส่วนของขอบเขตของโดเมนที่ของไหลมีการไหลออก กรณีที่ 2 เมื่อกำหนดตัวประกอบทั้งหมดของเวกเตอร์ความเร็ว ในส่วนของขอบเขตของโดเมนที่ของไหลมีการไหลเข้า และตัวประกอบ แนวฉากของเวกเตอร์ความเร็ว ในส่วนของขอบเขตของโดเมนที่ของ ไหลมีการไหลออก กรณีที่ 3 เหมือนกับกรณีที่ 2 เมื่อกำหนดตัวประกอบทั้งหมดของ เวกเตอร์ความเร็ว ในส่วนของขอบเขตของโดเมนที่ของไหลมีการไหล เข้า และความดัน ในส่วนของขอบเขตของโดเมนที่ของไหลมีการไหล ออก

สาโรช ช่างชุม (2544, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการวัดสมบัติการไหลของพอลิเมอร์หลอมในกระบวนการเอ็กซ์ทรูด การวัดสมบัติการไหลของพอลิเมอร์หลอมในกระบวนการแปรรูป (In-Line Rheometry) ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูดโดยออกแบบอุปกรณ์รองรับไดน์ชนิดพิเศษที่ยึดกับเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่มีอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู (L/D Ratio) เท่ากับ 25:1 ซึ่งมีตำแหน่งสำหรับสอดใส่หัววัดความดันและหัววัดอุณหภูมิของพอลิเมอร์หลอม ทำการตรวจวัด

ข้อมูลการไหลของพอลิเมอร์หลอมได้แก่ ความดันและอุณหภูมิ แปรข้อมูลและบันทึกโดยระบบเก็บข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ สมบัติการไหลแบบเฉือนคำนวณโดยใช้สมการทั่วไปของการไหลและข้อมูลความดัน ทำให้ข้อมูลเป็นค่าจริงโดยใช้หลักการแก้ไขของ Bagley สมบัติการไหลแบบยืดคำนวณจากหลักการไหลเข้าหากันของ Cogswell นำสมบัติการไหลที่วัดได้จากหัวไดน์เครื่องเอ็กซ์ทรูดเปรียบเทียบกับสมบัติที่วัดจากเครื่องรีโอมิเตอร์แบบคาปิลลารีกระบอกเดียว ผลที่ได้พบว่าสมบัติการไหลแบบเฉือนที่วัดได้จากทั้ง 2 วิธีนี้มีค่าสอดคล้องกันสูง ชี้ให้เห็นว่าประวัติการแปรรูปได้แก่ อุณหภูมิ รูปทรงของไดน์ และวิธีการแปรรูป ไม่มีผลต่อสมบัติการไหลแบบเฉือน สมบัติการไหลแบบยืดที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธีมีค่าที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ความแตกต่างของสมบัติการไหลแบบยืดที่ได้จากทั้ง 2 วิธีนี้คาดว่าเนื่องจากประวัติการแปรรูปและธรรมชาติของการไหลที่แตกต่างกัน โดยที่ HDPE มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด และความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นใน LDPE และ LLDPE ตามลำดับ นอกจากนี้ LDPE จะแสดงให้เห็นสมบัติที่เรียกว่าการแข็งขึ้นของความเค้น แต่สมบัตินี้จะไม่พบในกรณีของ HDPE และ LLDPE

ธีชวัน ศรีสุวรรณ (2537, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการประมาณค่าอัตราการไหลเชิงมวลของของไหลในท่อโดยการวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการประมาณค่าอัตราการไหลของของไหลอุณหภูมิสูงที่ไหลอยู่ภายในท่อโดยอาศัยการวิเคราะห์ความร้อนที่สูญเสียออกจากการไหล โดยที่วิธีการประมาณอัตราการไหลลักษณะนี้ไม่จำเห็นต้องสอดอุปกรณ์ตรวจวัดเข้าไปรบกวนการไหลภายในท่อเลย ซึ่งการประมาณวิธีนี้ต้องอาศัยการลดลงของอุณหภูมิผิวท่อและอุณหภูมิผิวฉนวนตามแนวยาว ตลอดจนอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกท่อมาวิเคราะห์ ผลการทดสอบลงพบว่าความแม่นยำในการประมาณค่าอัตราการไหลมีความสัมพันธ์กับกลุ่มตัวแปรไร้มิติคือ (Tw1-Ta)/(Tw2-Ta)โดยที่ Tw1 กับ Tw2 คืออุณหภูมิผิวท่อด้านนอกที่ตำแหน่งต้นทางและปลายทางของท่อที่สนใจตามลำดับ และ Ta คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกท่อ จากผลการทดสอบพบว่าการประมาณจะให้ความแม่ยำมากขึ้นเมื่อตัวแปรไร้มิติ (Tw1-Ta)/(Tw2-Ta) มีค่ามากขึ้น เนื่องจากการที่เราไม่สามารถกำหนด Ta ได้ ดังนั้น ถ้าท่อตรงยาวๆเราควรเลือกเริ่มวัดอุณหภูมิผิวท่อที่ตำแหน่งต้นทางการไหลให้มากที่สุดเพื่อ Tw1 จะมีค่ามากและควรเลือกตำแหน่งวัดอุณหภูมิ Tw2 ให้ห่างออกไปมากๆ จนกระทั่งทำให้ค่าตัวแปรไร้มิติ (Tw1-Ta)/(Tw2-Ta) มีค่ามากพอที่จะทำให้การประมาณอัตราการไหลมีความแม่นยำเพียงพอตามต้องการ

สายัณห์ สุยพงษ์พันธ์ (2537, บทคัดย่อ) ศึกษาความหนืดคุณลักษณะเฉพาะของของไหล การศึกษาพบว่า ความหนืด คือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล เมื่อมีแรงมากระทำ ของไหลที่มีความหนืดสูง จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำ จะมีค่าความ ต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำ จะมีค่าความต้านทานต่อ

การไหลต่ำ ของไหลธรรมดา สามารถที่จะแสดงค่าความหนืดสัมบูรณ์ได้แต่ในขณะที่ของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจะมีลักษณะการไหลที่ซับซ้อนและไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้การวัดความหนืดทำได้โดยการวัดแรงต้านทานการไหลภายในของของไหล เมื่อมีแรงมากระทำในแนวขนานกับพื้นผิว เรียก แรงต้านที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงเฉือน เมื่อพิจารณาถึงก้อนของไหลซึ่งประกอบด้วยแผ่นโมเลกุลที่ขนานกัน ชั้นที่อยู่ล่างสุดของของไหล จะถูกยึดไว้ถ้าแผ่นด้านบนของของไหล ได้รับแรงกระทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แผ่นด้านล่างถัดลงไปจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางจากแผ่นของไหลชั้นล่างสุดที่ไม่เคลื่อนที่ ความแตกต่างของ ความเร็ว ระหว่างของไหลสองแผ่นกับระยะทางที่เปลี่ยนไป ก็คืออัตรา ที่อยู่ในเทอมของค่าแรงต่อหน่วยพื้นที่ ที่ทำให้เกิดการไหล เรียกว่า แรงเฉือนต่อหน่วยพื้นที่ ถ้าของไหลมีความหนืดสูงขึ้น ก็ต้องใช้แรงเฉือนที่สูงขึ้นเพื่อให้ได้ อัตราเฉือนเท่าเดิม ดังนั้น อัตราเฉือนจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ แรงเฉือน

10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ศิริลักษณ์ รัศมีเวียงชัย (2546, บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่อง ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดที่มีต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ผลการศึกษา พบว่า พนักงานบริษัทฯ ที่เข้ามาใช้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบส่วนใหญ่มีความต้องการสอบเทียบเครื่องวัดอยู่ในระดับค่อนข้างมาก มีค่าเฉลี่ย 2.81 เรื่องความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดที่มีต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานในด้านต่าง ๆ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานอยู่ในระดับค่อนข้างมาก มีค่าเฉลี่ย 3.00 โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือด้านความเท่าเทียมกัน ด้านความก้าวหน้าทันสมัยของการบริการ ด้านการบริการอย่างต่อเนื่อง ด้านบริการอย่างเพียงพอ และด้านความรวดเร็วตรงเวลาในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดที่มีต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน วิทยุการบินฯ พบว่าปัจจัยอายุ ตำแหน่งงาน ระดับการศึกษากองที่สังกัด และประสบการณ์การรับบริการ ไม่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดที่มีต่อการให้บริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานบริษัท วิทยุการบินฯข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา ครั้งนี้ คือ 1) ควรมีความรวดเร็วและกระชับในขั้นตอนการรับ-ส่งเครื่อง และระยะเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบ 2) ควรมีประชาสัมพันธ์ให้กับผู้ใช้บริการเรื่องความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 3) ควรปรับปรุงความรู้ความสามารถของเจ้าหน้าที่ให้ได้มาตรฐานสามารถบริการได้อย่างรวดเร็ว

ดวงธิดา ปันตา (2548, บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่อง ความพึงพอใจของผู้ประกอบการด้านอาหารต่องานควบคุมผลิตภัณฑ์อาหารก่อนออกสู่ตลาดของกลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภค

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจ ต่องานควบคุมผลิตภัณฑ์อาหารก่อนออกสู่ตลาด ของกลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภค สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ ในภาพรวมร้อยละ 75.80 สำหรับรายด้านที่มีความพึงพอใจเกินร้อยละ 75 ได้แก่ ด้านความสะดวกด้านสถานที่ด้านอัธยาศัย และความสนใจของเจ้าหน้าที่ ด้านการให้คำปรึกษาอนุญาต ด้านการติดต่องานด้านเอกสาร ด้านการพิจารณาฉลาก และด้านการตรวจสถานประกอบการ(ร้อยละ76.10 78.26 79.43 77.31 78.24 และ 81.28 ตามลำดับ) ส่วนด้านการส่งมอบใบอนุญาตและค่าธรรมเนียมใบอนุญาตผู้ประกอบการ มีความพึงพอใจต่ำสุด คือร้อยละ 74.09

สมมนัส เจริญสุข (2549, บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่อง ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 1900 MHz. ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 1900 MHz. ในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาดโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อส่วนประสมทางการตลาด จำแนกตามลักษณะประชากรศาสตร์ พบว่า ผู้ใช้บริการที่มีอายุและอาชีพแตกต่างกันมีความพึงพอใจโดยรวมแตกต่างกัน และด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านส่งเสริมการตลาด แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ส่วนการตัดสินใจของผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 1900 MHz. เพราะค่าบริการมีราคาถูก ร้อยละ 34.6 ระยะเวลาในการใช้มากกว่า 1 ปี ร้อยละ 44.0 ตัดสินใจใช้บริการด้วยตนเอง ร้อยละ 50.3 ใช้บริการติดต่อเพื่อน ร้อยละ 47.9 เวลาที่ใช้ต่อครั้งน้อยกว่า 15 นาที ร้อยละ 59.6 ใช้บริการบริษัท AIS ร้อยละ 35.4 ปัญหาคือ สัญญาณในการใช้ ร้อยละ 41.4

ชะเล อินเกตุ (2551, หน้า 138 - 139) ได้ศึกษาความพึงพอใจจากผู้ใช้เครื่องฉายทึบแสงเอนกประสงค์ ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องฉายทึบแสงเอนกประสงค์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านสภาพการทำงานและคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อการเรียนรู้ (X = 4.74) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ ด้านกายภาพของเครื่องฉายทึบแสงเอนกประสงค์เพื่อการเรียนรู้ (X = 4.64) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจตามลำดับดังนี้

1. ด้านความพึงพอใจในการพัฒนาเครื่องฉายทึบแสงเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ ด้านสภาพการทำงานและคุณสมบัติของเครื่องฉาย เอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.74) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อที่ 12 เครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาให้ภาพที่ชัดเจน ปรับขยายภาพได้ ปรับความคมชัดได้, ข้อที่ 14 ลดภาระการผลิตสไลด์และแผ่นโปร่งใส ($\overline{X}$ = 5.00) รองลงมาตามลำดับความสำคัญ ดังนี้ คือ ข้อ 5 แสดงภาพได้ตามความเป็นจริง, ข้อ 11 เครื่องฉาย

เอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ใช้ได้กับสื่อได้หลายประเภทเช่นนำเสนอเอกสาร,บทความ, สิ่งตีพิมพ์,วัตถุ3มิติ,เขียนภาพกราฟิก,รับรายการจากโทรทัศน์,MP3,MP4,CVD,DVD, Flash Memory, ภาพ JPG และแสดงภาพได้เหมือนจริง ($\overline{X}$ = 4.90) ข้อที่ 1 เครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนามีความเหมาะสมสำหรับการใช้ ในสถานศึกษา เช่น ห้องเรียน/ห้องประชุม/ห้องสัมมนา ขนาดมีผู้เข้าร่วมประชุม 5 - 60 คน ข้อ 2 มีความคล่องตัวในการขนย้าย และใช้งานง่ายสะดวกในการพกพา, ข้อ 3 มีขนาดและการใช้งานที่เหมาะสม, ข้อ 9 ปรับแก้เนื้อหาได้ง่าย และสร้างแรงดึงดูดความสนใจให้กับนักเรียน ($\overline{X}$ = 4.80) ข้อที่ 4 มีอัตราการขยายเสียงสูง (เสียงผู้บรรยายชัดเจน) ($\overline{X}$ = 4.70) ข้อที่ 8 เขียนงานกราฟิกได้หลายชนิด ข้อที่ 10 เหมาะสำหรับการเรียนตั้งแต่กลุ่มเล็กถึงกลุ่มใหญ่ ,ข้อที่ 13 ผู้สอนหรือผู้บรรยายควบคุมชั้นเรียนได้ดีเพราะหันหน้าเข้าหาผู้เรียน , ข้อที่ 15 สร้างแรงดึงดูดความสนใจให้กับนักเรียน($\overline{X}$ = 4.60) ข้อที่ 6 การการบำรุงรักษาน้อย เก็บรักษาง่าย ใช้สะดวก , ข้อที่ 7 สร้างความเข้าใจตามลำดับเนื้อหา($\overline{X}$ = 4.50)

2. ด้านความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเครื่องฉายทึบแสง

เอนกประสงค์เพื่อการจัดการเรียนรู้ด้านกายภาพของเครื่องฉายทึบ แสงเอนกประสงค์ เพื่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.64) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อที่ 5ใช้ผู้ควบคุมคนเดียวกับผู้นำเสนอ (ผู้ควบคุม 1 คน) ($\overline{X}$ = 5.00) รองลงมาตามลำดับสำคัญดังนี้ คือ ข้อที่ 1เครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาใช้เวลาในการติดตั้งน้อย ข้อที่ 3 ถ้าอุปกรณ์บางชุดหนึ่งชุดใดเสียหายช่างอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปสามารถถอดเปลี่ยน แก้ไข หรือตรวจซ่อมได้โดยง่าย และอุปกรณ์ที่ใช้มีทั่วไปตามท้องตลาด, ($\overline{X}$ = 4.70) ข้อที่ 4 เครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนามีอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย ($\overline{X}$ = 4.50) ข้อที่ 2 เครื่องฉายเอนกประสงค์เพื่อจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนามีความแข็งแรงและคงทนต่อสภาพแวดล้อม ($\overline{X}$ = 4.30)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่าการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการพัฒนาเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น พบว่าในการผลิตลูกชิ้นเนื้อหมูและเนื้อวัวนั้นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่ช่วยในการผลิตเพื่อลดแรงงานคนในการผลิต เพื่อให้ได้ชิ้นเนื้อที่มีขนาดพอเหมาะสม่ำเสมอ การพัฒนาเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อผลิตลูกชิ้น นับเป็นการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก เนื่องจากทำให้ประหยัดเวลา ประหยัดแรงงานและทำได้ต่อเนื่องสม่ำเสมอ สามารถลดต้นทุนของผู้ผลิตได้อย่างมาก และมีความปลอดภัย

เฉลียว ขอจิตต์ (2551, หน้า 78-79) ได้ศึกษาความพึงพอใจจากผู้ใช้เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้าน

กายภาพของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น รองลงมา ด้านสภาพการทำงานของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น และด้านคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น โดยพิจารณาเป็นรายด้านดังนี้

4.1 ด้านสภาพการทำงานของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นใช้เวลาในกระบวนการผลิตที่เหมาะสม รองลงมาเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นเหมาะสำหรับการใช้ในงานอุตสาหกรรมครัวเรือน, เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นมีความสะดวกและใช้งานง่าย และเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นมีขนาดและกำลังขับที่เหมาะสม

4.2 ด้านคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นประหยัดเวลาในการผลิต รองลงมา เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นชิ้นเนื้อที่ตัดมีขนาดตามต้องการ และเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นการบำรุงรักษาง่าย ไม่ยุ่งยาก ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นคงทน ใช้งานได้นานคุ้มค่า

4.3 ด้านกายภาพของเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นใช้อุปกรณ์ เครื่องมือในการประดิษฐ์ง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากรองลงมาเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นสนองความต้องการของตลาด และเครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นมีความปลอดภัยในการใช้งาน ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ เครื่องตัดชิ้นเนื้อเพื่อการผลิตลูกชิ้นมีรูปแบบที่ทันสมัยนิยม