บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

5.1 ผลการทดลอง

เครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้างเรียบร้อยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 - 5.5 ซึ่งจากการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบในหัวข้อ 4.5 สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังนี้

1. ที่ค่าอุณหภูมิในทรงกระบอกร้อน 200 C° ค่าความดันที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ประมาณ 220 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าจากแอมป์มิเตอร์ประมาณ 6.5 แอมป์

2. หลังจากทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้าที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 15-20 นาที สังเกตเห็นไอของอากาศร้อนออกมาบริเวณ Cover plate ของทรงกระบอกร้อน , บริเวณที่ทรงกระบอกร้อนวางอยู่บน Master plate และบริเวณก้านสูบของ displacer โดยเมื่อทดลองหมุนล้อช่วยแรงอย่างต่อเนื่อง พบว่าเครื่องยนต์มีความฝืดมาก ไม่สามารถหมุนต่อไปได้เอง หลังจากการปล่อยมือจากการหมุน

3. เนื่องจากเกิดรอยรั่วซึมของอากาศร้อนตามบริเวณที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้จัดทำซีลลักษณะเป็นแหวนโลหะเพิ่มบริเวณส่วนหัวและท้ายของทรงกระบอกร้อน ดังแสดงในรูปที่ 5.6 และ 5.7 นอกเหนือจากการใส่ประเก็นทนไฟที่บริเวณดังกล่าว และทดลองนำทรงกระบอกร้อนตัวในที่มี displacer เคลื่อนที่อยู่ไปเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 ซม. เพิ่มบริเวณด้านล่างของทรงกระบอกที่วางอยู่บน Master plate โดยรอบ เพื่อเพิ่มทางเดินให้กับอากาศในเครื่องยนต์

4. หลังจากเพิ่มซีลในบริเวณที่กล่าวมาข้างต้น จึงทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้า ที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดพบว่าไม่มีไอของอากาศร้อนพุ่งออกมาจากบริเวณรอยต่อข้างต้น จึงดำเนินการทดลองต่อตามข้อ 3.1 หัวข้อ 4.5 โดยการเริ่มหมุนล้อช่วยแรงอย่างต่อเนื่อง แต่กลับพบว่า ยังได้ยินเสียงของอากาศรั่วออกมาจากบริเวณก้านสูบของ displacer ของเครื่องยนต์อยู่ แต่ไม่มากเหมือนกับใน

ครั้งแรก และเมื่อเปรียบเทียบกับการที่เครื่องยนต์ยังไม่ได้มีการทำแหวนบริเวณรอยต่อ และ ไม่ได้มีการเจาะรูบริเวณทรงกระบอกร้อนตัวในพบว่าการเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์มีความคล่องตัวกว่าเดิมมาก เครื่องยนต์สามารถหมุนต่อไปได้เองประมาณ 1-2 รอบแล้วจึงหยุด จากนั้นจึงลองเพิ่มความดันให้กับอากาศภายในเครื่องยนต์ที่ประมาณ 2 bar ซึ่งอ่านค่าได้จากมาตรวัดความดันที่ใส่ไว้ที่ Master plate บริเวณหัวของกระบอกสูบเย็นที่มีการเจาะรูเกลียวไว้ แล้วทดลองทำการหมุนเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดีขึ้นมาก เปรียบเทียบกับเมื่อยังไม่ได้มีการเพิ่มความดัน เครื่องยนต์สามารถหมุนไปได้เองประมาณ 2-3 รอบ แล้วจึงหยุด สังเกตุว่าเนื่องจากความดันที่เพิ่มไว้ในตัวเครื่องยนต์ได้ลดลงอย่างรวดเร็ว

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

การที่เครื่องยนต์จะสามารถหมุนได้อย่างต่อเนื่อง จำเป็นที่จะต้องเอาชนะแรงเสียดทานทั้งที่เกิดขึ้นภายในตัวเครื่องยนต์ และ ในระบบชุดขับเคลื่อนบริเวณกลไกลูกเบี้ยว รวมทั้งแรงเฉื่อยที่เกิดจากน้ำหนักของชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่งยนต์ ในการประเมินค่าแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ที่ได้มีการจัดทำในครั้งนี้ นับว่าเป็นการยาก เนื่องจากเมื่ออากาศเคลื่อนตัวผ่าน regenerator ซึ่งมีลักษณะเป็นฝอย ไม่มีรูปทรงที่แน่นอนนั้น การคำนวณเพื่อหาลักษณะการไหลของอากาศขณะเคลื่อนตัวผ่าน หรือ หลังออกจาก regenerator ว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ (laminar) หรือ ปั่นป่วน (turbulence) จะมีผลต่อเนื่องต่อการคำนวณหาลักษณะการไหลของอากาศ เมื่อมีการเคลื่อนที่ต่อไป ดังนั้น ในการที่เครื่องยนต์ไม่สามารถหมุนต่อได้เองหลังจากปล่อยมือที่ล้อช่วยแรง จึงต้องรวบรวมสาเหตุที่มีโอกาศเป็นไปได้ โดยสาเหตุที่รวบรวมไว้นี้ อาจจะเป็นผลร่วมกัน หรือ อาจจะเกิดจากสาเหตุนั้นเพียงอย่างเดียว การแก้ไข จึงต้องเป็นการแก้ปัญหาทุกจุดไปพร้อม ๆ กัน แต่บางปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้ง่าย เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนหลักที่ใช้ในเครื่องยนต์ ที่ไม่สามารถแก้ไขขนาดได้ นอกเสียจากการจัดทำขึ้นมาใหม่ ซึ่งสาเหตุที่ได้รวบรวมไว้มีดังนี้

1. เครื่องยนต์มีค่าปริมาตรที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อระบบค่อนข้างมาก เนื่องจาก การคำนวณโดยสมการ Schmidt analysis ในบทที่ 4 ตอนที่ 4.4 พบว่าค่าพารามิเตอร์ χ มีค่าถึง 0.977 ซึ่งหมายความว่า ปริมาตรที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อระบบ หรือ dead volume มีค่าเกือบเท่ากับค่าปริมาตรสูงสุดที่ displacer สามารถกวาดได้ในทรงกระบอกร้อน ซึ่งจากคำแนะนำตามวิธี Schmidt analysis ค่าพารามิเตอร์ χ ควรจะมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดระหว่างการออกแบบที่ได้กล่าวไว้ ในบทที่ 4 ข้อที่ 4.2 จึงไม่สามารถลดพื้นที่ dead space ลงไป

ได้อีก หากจำเป็นจะต้องมีการแก้ไข เพื่อให้ระยะสั้นลง จะต้องมีการหล่อชิ้นส่วน Master plate ขึ้นมาใหม่ และ เปลี่ยนการหล่อเย็นจากวิธีการระบายความร้อนสู่อากาศโดยตรง มาเป็นการหล่อเย็นด้วยน้ำ เพื่อให้อากาศสามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น แต่นับว่ามีความยุ่งยากมากในการจัดทำจริง จึงควรทดลองแก้ปัญหาอื่น ๆ ในข้อต่อมาก่อน

2. การรั่วซึมของอากาศจากเครื่องยนต์ นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากหากมีการรั่วซึมจะทำให้ความดัน และ อุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้น ในระหว่างกระบวนการอัดตัว และ กระบวนการให้ความร้อนไม่สามารถคงอยู่ได้นานภายในเครื่องยนต์ ทำให้งานที่ได้จากการขยายตัวของอากาศลดลงไปด้วย โดยบริเวณที่ยังมีปัญหาอยู่ คือ บริเวณก้านสูบของ displacer ซึ่งสาเหตุที่ทำให้มีการรั่วซึมของอากาศ จากการตรวจสอบบริเวณก้านสูบ พบว่าการกลึงก้านสูบยังไม่มีความเรียบพอ การแก้ปัญหาขณะนี้จึงได้นำก้านสูบไปทำการกลึงใหม่ รวมทั้งใส่แหวนเพิ่มที่บริเวณรูก้านสูบสอดผ่าน

3. ความร้อนที่ได้จากขดลวดความร้อนไม่เพียงพอเนื่องจากข้อจำกัดระหว่างการออกแบบที่ได้มีการกล่าวไว้ ในบทที่ 4 ข้อที่ 4.2 เช่นเดียวกัน ในการจัดทำเครื่องยนต์ขึ้นมาใหม่นี้ จึงได้มีการออกแบบให้มีการถอดและเปลี่ยนขดลวดความร้อนได้ง่าย เนื่องจากฝาของกระบอกสูบร้อนที่มีการติดตั้งขดลวดความร้อน ไม่ได้มีการเชื่อมติดไว้กับทรงกระบอก นอกจากนี้ หากมีการเพิ่มอุณหภูมิในทรงกระบอกร้อนแล้ว ควรจะมีการเปลี่ยนชนิดของ displacer ให้เป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนขนาดสูง ๆ ได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

1. เมื่อสามารถแก้ไขปัญหาจนเครื่องยนต์สามารถเดินได้แล้ว ควรมีการวัดค่าต่าง ๆ เพิ่มดังนี้

1.1 ทำการวัดอุณหภูมิของอากาศ ขณะเคลื่อนตัวใน regenerator เนื่องจากค่าอุณหภูมิในregenerator มีการใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ ใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในทรงกระบอกร้อน และ ทรงกระบอกเย็น และ อีกวิธีหนึ่งคือ ใช้ค่า log mean temperature ของ อุณหภูมิในทรงกระบอกร้อนและทรงกระบอกเย็น (Collie , 1979) การตรวจสอบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง จึงเป็นการตรวจสอบวิธีทั้งสองดังกล่าวมาข้างต้นด้วย

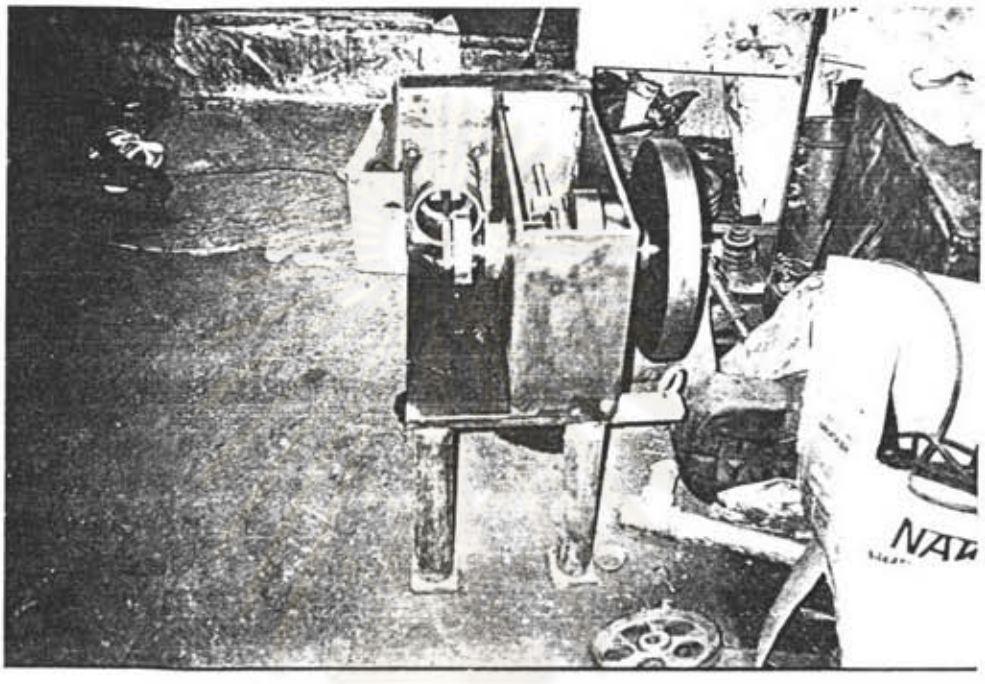
1.2 บริเวณฝาของทรงกระบอกร้อนที่มีการเจาะรูไว้สำหรับวัดอุณหภูมิในเครื่องยนต์ อาจจะมีการใส่มาโนมิเตอร์เพื่อใช้หาความดันที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบอย่างละเอียด เพื่อนำมาเขียนแผนภาพ P - V ที่ได้จากเครื่องยนต์ และ นำมาคำนวณหางานที่ได้จากเครื่องยนต์อย่างแท้จริง เนื่องจากในการทำงานจริงของเครื่องยนต์ ไม่ได้มีการแบ่งเป็นกระบวนการย่อย ๆ ที่เห็นได้ชัดเจนเหมือนในทฤษฎี แต่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง

2. ปัญหาในการซีลไม่ให้อากาศรั่วออกจากเครื่องยนต์ เป็นปัญหาที่มีความสำคัญมากต่อการทำงานของเครื่องยนต์สเตอลิงค์ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการจัดสร้างเครื่องยนต์ให้มีค่ากำลังที่สูงขึ้นซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มความดันให้กับสารทำงานในเครื่องยนต์ จึงควรพิจารณาเรื่องซีลเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะมีการกำหนดว่า จะทำการจัดสร้างเครื่องยนต์ที่ขนาดกำลังที่เท่าไร

3. การคำนวณน้ำหนักถ่วงบนเพลา มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ เนื่องจากเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และ การสั่นสะเทือน

4. นอกจากแรงเสียดทานแล้ว แรงเฉื่อยเนื่องจากน้ำหนักของชิ้นส่วนเคลื่อนที่ ซึ่งต้านทานการเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์เป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบเครื่องยนต์ ไม่เช่นนั้นจะทำให้กำลังที่ได้จากการคำนวณมากเกินความเป็นจริง

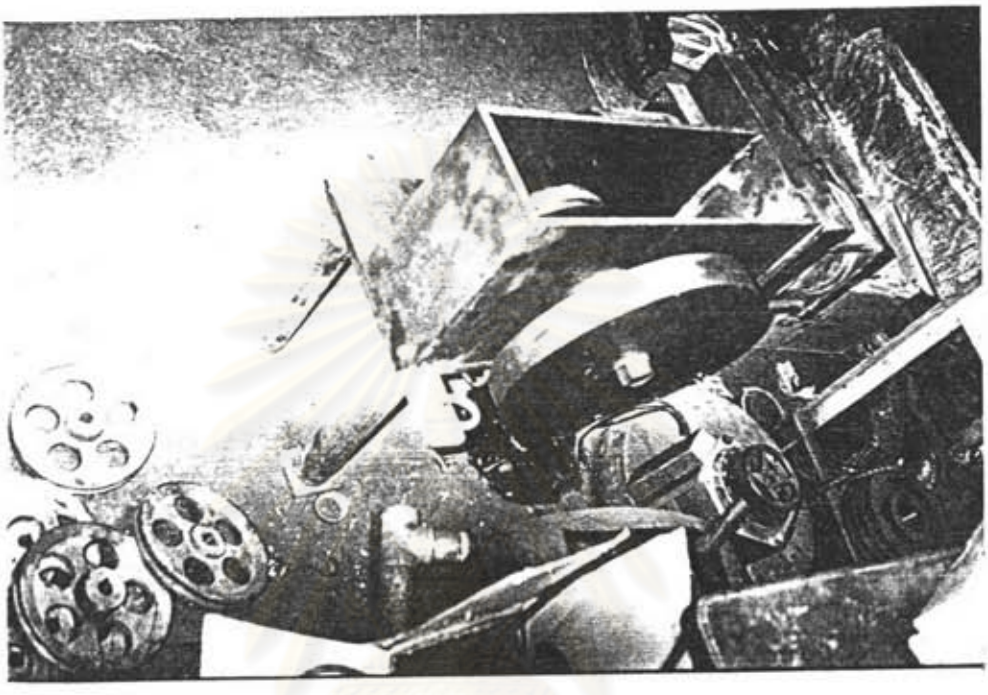
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1

แสดงเครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้าง (1)

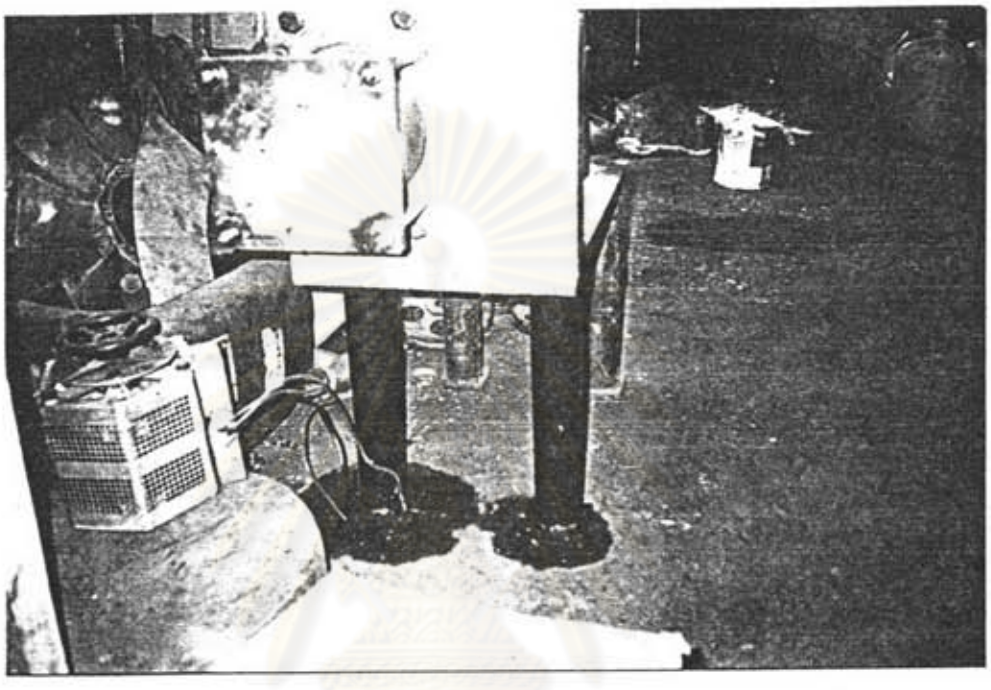
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2

แสดงเครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้าง (2)

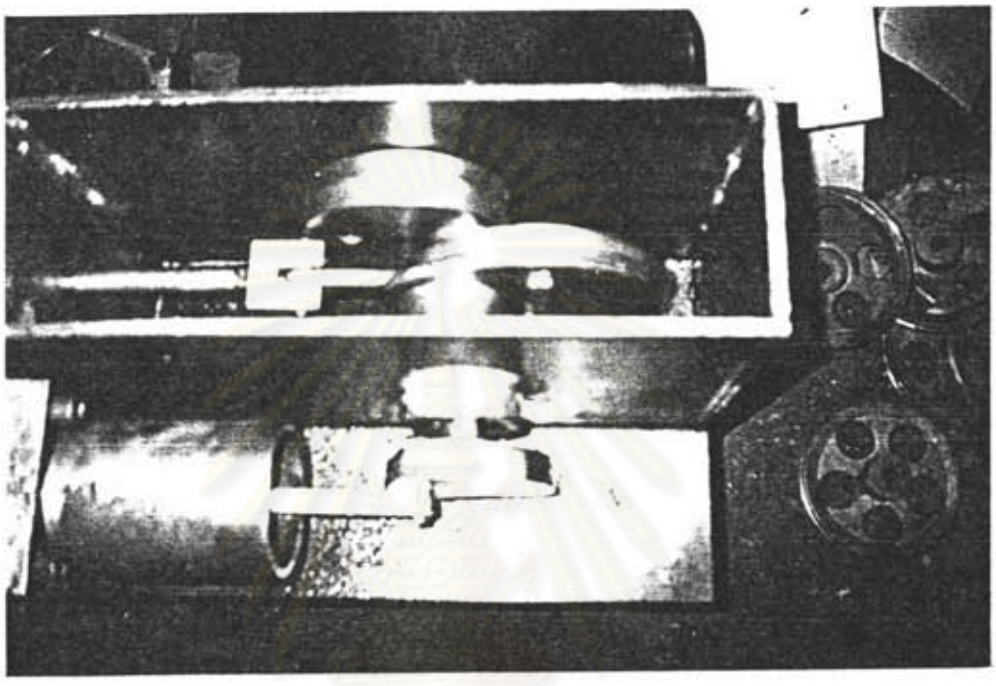
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3

แสดงเครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้าง (3)

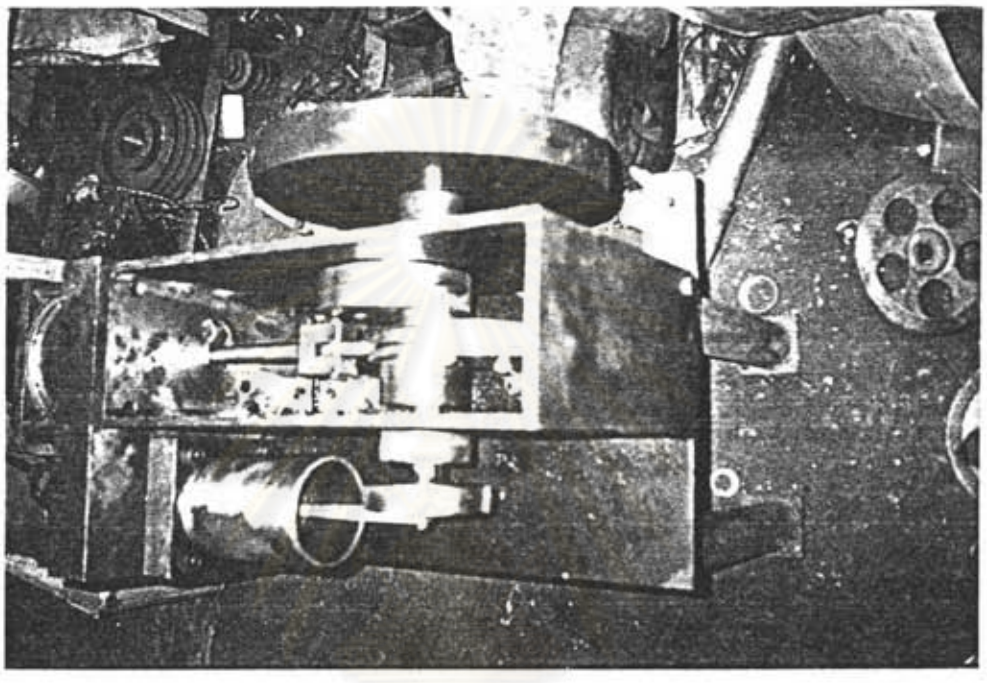
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4

แสดงเครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้าง (4)

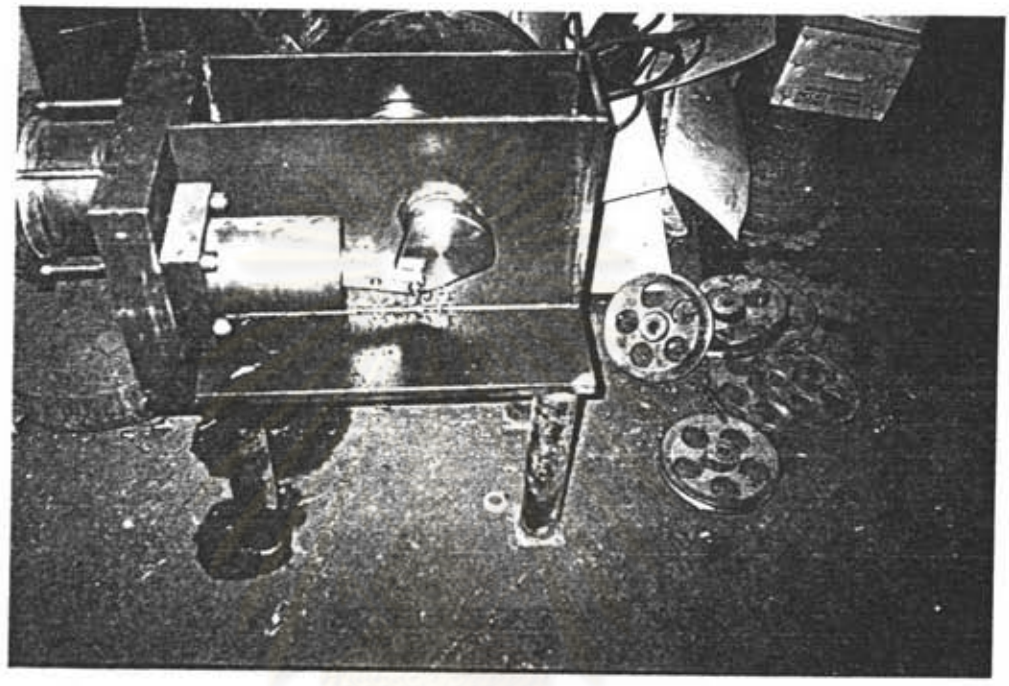
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5

แสดงเครื่องยนต์สเตอลิงค์ที่ทำการจัดสร้าง (5)

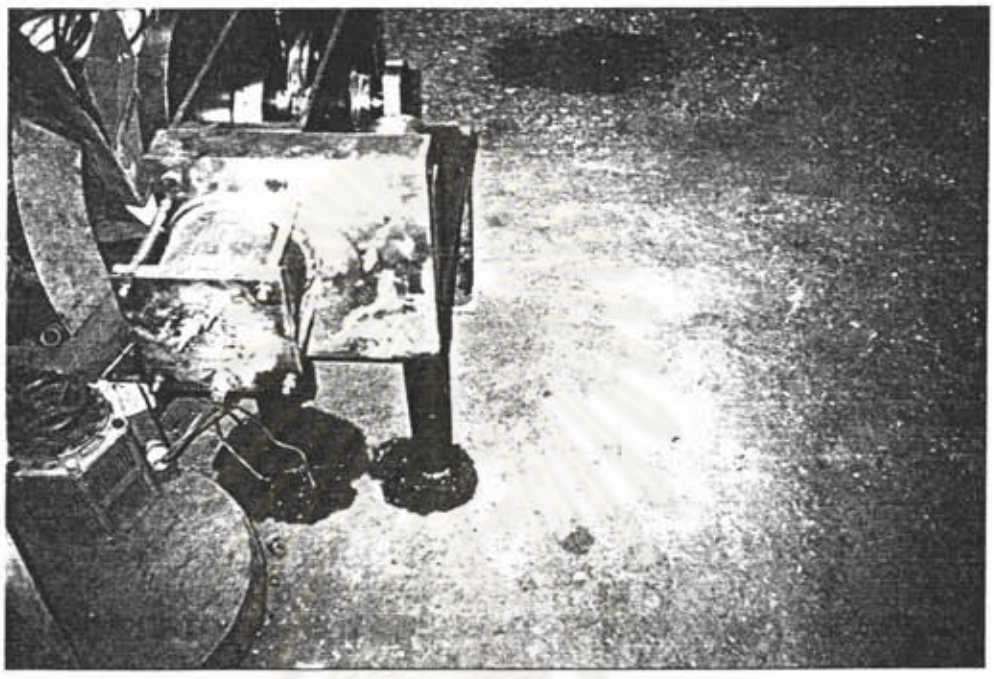
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6

แสดงซีลที่จัดทำเพิ่มบริเวณหัวของทรงกระบอกร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7

แสดงซีลที่จัดทำเพิ่มบริเวณส่วนท้ายของทรงกระบอกร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย